

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Household refrigerating appliances – Characteristics and test methods –
Part 3: Energy consumption and volume**

**Appareils de réfrigération à usage ménager – Caractéristiques et méthodes
d'essai –
Partie 3: Consommation d'énergie et volume**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2015 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 15 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

More than 60 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 15 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

Plus de 60 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Household refrigerating appliances – Characteristics and test methods –
Part 3: Energy consumption and volume**

**Appareils de réfrigération à usage ménager – Caractéristiques et méthodes
d'essai –
Partie 3: Consommation d'énergie et volume**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 97.030

ISBN 978-2-8322-2229-4

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD.....	8
INTRODUCTION.....	11
1 Scope.....	12
2 Normative references	12
3 Terms, definitions and symbols.....	12
3.1 Terms and definitions.....	12
3.2 Symbols.....	13
4 Applicable test steps for determination of energy and volume.....	13
4.1 Setup for energy testing.....	13
4.2 Steady state power consumption.....	13
4.3 Defrost and recovery energy and temperature change	13
4.4 Defrost frequency	13
4.5 Number of test points and interpolation	13
4.6 Load processing efficiency.....	14
4.7 Specified auxiliaries.....	14
4.8 Volume determination	14
5 Target temperatures for energy determination	14
5.1 General.....	14
5.2 Temperature control settings for energy consumption test	15
6 Determination of energy consumption.....	15
6.1 General.....	15
6.2 Objective	16
6.3 Number of test runs	17
6.4 Steady state power consumption.....	17
6.5 Defrost and recovery energy and temperature change	17
6.6 Defrost interval	18
6.7 Specified auxiliaries.....	18
6.8 Calculation of energy consumption	18
6.8.1 General.....	18
6.8.2 Daily energy consumption.....	18
6.8.3 Interpolation	19
6.8.4 Specified auxiliaries.....	19
6.8.5 Total energy consumption.....	20
7 Circumvention devices.....	20
8 Uncertainty of measurement.....	21
9 Test report.....	21
Annex A (normative) Set up for energy testing	22
A.1 General.....	22
A.2 Additional set up requirements for energy testing.....	22
A.2.1 Ice making trays	22
A.2.2 User adjustable controls	22
A.2.3 Ambient temperature	22
A.2.4 Accessories and shelves	22
A.2.5 Anti-condensation heaters	23
A.2.6 Automatic icemakers – ice storage bins	23

Annex B (normative) Determination of steady state power and temperature	26
B.1 General.....	26
B.2 Setup for testing and data collection	26
B.3 Case SS1: no defrost control cycle or where stability is established for a period between defrosts	26
B.3.1 Case SS1 approach.....	26
B.3.2 Case SS1 acceptance criteria.....	29
B.3.3 Case SS1 calculation of values.....	30
B.4 Case SS2: steady state determined between defrosts	30
B.4.1 Case SS2 approach.....	30
B.4.2 Case SS2 acceptance criteria.....	32
B.4.3 Case SS2 calculation of values.....	33
B.5 Correction of steady state power.....	34
Annex C (normative) Defrost and recovery energy and temperature change	36
C.1 General.....	36
C.2 Setup for testing and data collection	36
C.3 Case DF1: where steady state operation can normally be established before and after defrosts.....	37
C.3.1 Case DF1 approach.....	37
C.3.2 Case DF1 acceptance criteria.....	39
C.3.3 Case DF1 calculation of values.....	40
C.4 Number of valid defrost and recovery periods	42
C.5 Calculation of representative defrost energy and temperature.....	42
Annex D (normative) Defrost interval	44
D.1 General.....	44
D.2 Elapsed time defrost controllers.....	44
D.3 Compressor run time defrost controllers.....	45
D.4 Variable defrost controllers	47
D.4.1 General	47
D.4.2 Variable defrost controllers – declared defrost intervals.....	48
D.4.3 Variable defrost controllers – no declared defrost intervals (demand defrost).....	48
D.4.4 Variable defrost controllers – non compliant	49
Annex E (normative) Interpolation of results.....	50
E.1 General.....	50
E.2 Temperature adjustment prior to interpolation	51
E.3 Case 1: linear interpolation – two test points	51
E.3.1 General	51
E.3.2 Requirements	51
E.3.3 Calculations.....	51
E.4 Case 2: triangulation – three (or more) test points.....	55
E.4.1 General	55
E.4.2 Requirements for two (or more) compartment triangulation	56
E.4.3 Calculations for two compartment triangulation – manual interpolation	59
E.4.4 Calculations for two compartment triangulation – matrices.....	60
E.4.5 Checking temperature validity where there are more than two compartments for triangulation.....	62
E.4.6 Calculations for three compartment triangulation – matrices	63
Annex F (normative) Energy consumption of specified auxiliaries	67

F.1	Purpose	67
F.2	Ambient controlled anti-condensation heaters	67
F.2.1	Outline of the method	67
F.2.2	Measurement procedure	67
F.2.3	Data requirements	68
F.2.4	Regional weather data	68
F.2.5	Calculation of power consumption	68
F.2.6	Where anti-condensation heater(s) cannot be disabled but their power consumption can be measured directly	69
F.2.7	Where anti-condensation heater(s) cannot be disabled and their power consumption cannot be measured directly	70
F.2.8	Where anti-condensation heater(s) has a user-adjustable setting	70
F.3	Automatic icemakers – energy to make ice	70
F.3.1	General	70
F.3.2	Tank type automatic icemakers	70
Annex G (normative)	Determination of load processing efficiency	77
G.1	Purpose	77
G.2	General description	77
G.3	Setup, equipment and preparation	78
G.3.1	General	78
G.3.2	Equipment	79
G.3.3	Quantity of water to be processed	79
G.3.4	Position of the water load in compartments	80
G.3.5	Temperature of the water to be processed	83
G.4	Load processing efficiency test method	84
G.4.1	Commencement of the load processing efficiency test	84
G.4.2	Placement of the load	84
G.4.3	Measurements to be taken	85
G.4.4	Conclusion of load processing efficiency test	85
G.5	Determination of load processing efficiency	86
G.5.1	General	86
G.5.2	Quantification of input energy	87
G.5.3	Quantification of additional energy used to process the load	88
G.5.4	Load processing efficiency	89
G.5.5	Load processing multiplier	90
G.5.6	Addition of user related loads into daily energy	91
Annex H (normative)	Determination of volume	93
H.1	Scope	93
H.2	Total volume	93
H.2.1	Volume measurements	93
H.2.2	Determination of volume	93
H.2.3	Volume of evaporator space	93
H.2.4	Two-star sections and/or compartments	94
H.3	Key for Figures H.1 through H.5	94
Annex I (informative)	Worked examples of energy consumption calculations	98
I.1	Example calculation of daily energy consumption	98
I.2	Variable defrost – calculation of defrost intervals	99
I.3	Examples of Interpolation	100
I.3.1	General	100

1.3.2	Linear interpolation	100
1.3.3	Two compartments – manual triangulation	109
1.3.4	Two compartments – triangulation using matrices	113
1.3.5	Three compartments – triangulation using matrices	115
1.4	Calculating the energy impact of internal temperature changes	117
1.4.1	General	117
1.4.2	One compartment	117
1.4.3	Triangulation	118
1.5	Automatically controlled anti-condensation heater(s)	119
1.6	Calculation of load processing efficiency	121
1.7	Determination of annual energy consumption	123
1.8	Examples of determination of power and temperature from raw data	124
1.8.1	Manual review of data	124
1.8.2	Review of data and selection of minimum spread using bespoke software	144
Annex J (informative) Development of the IEC global test method for refrigerating appliances		146
J.1	Purpose	146
J.2	Overview	146
J.3	Test method objective	146
J.4	Description of key components of energy consumption	147
Annex K (normative) Analysis of a refrigerating appliance without steady state between defrosts		149
K.1	Purpose	149
K.2	Products with regular characteristics but without steady state operation	149
K.2.1	General	149
K.2.2	Special case DF2 approach	149
K.2.3	Case DF2 acceptance criteria	150
K.2.4	Case DF2 calculation of values	150
Annex L (informative) Derivation of ambient temperature correction formula		152
L.1	Purpose	152
L.2	Background	152
L.3	Approach	153
Figure B.1 – Illustration of a test period made of blocks of 5 temperature control cycles – temperatures for Case SS1		27
Figure B.2 – Illustration of a test period made of blocks of 5 temperature control cycles – power for Case SS1		28
Figure B.3 – Case SS2 – typical operation of a refrigerating appliance with a defrost control cycle		31
Figure C.1 – Conceptual illustration of the additional energy associated with a defrost and recovery period		37
Figure C.2 – Case DF1 with steady state operation before and after a defrost		38
Figure E.1 – Interpolation where temperatures change in multiple compartments (compartment D critical)		54
Figure E.2 – Interpolation with valid results in both Compartment A and B		54
Figure E.3 – Interpolation with no valid results		55
Figure E.4 – Schematic representation of interpolation by triangulation		57
Figure G.1 – Conceptual illustration of the load processing efficiency test		78

Figure G.2 – Shelf locations and loading sequence (example showing 10 PET bottles)	81
Figure G.3 – Ice cube tray locations and clearances	83
Figure G.4 – Representation of the additional energy to process the added load	87
Figure G.5 – Case where a defrost and recovery period occurs during load processing	89
Figure H.1 – Basic view of top mounted freezer appliance	95
Figure H.2 – Automatic ice-maker dispenser and chute	96
Figure H.3 – Automatic ice-making compartment	96
Figure H.4 – Rail of drawer type shelves or baskets	97
Figure H.5 – Rotary divider of fresh food compartment for French Doors	97
Figure I.1 – Example linear interpolation two compartments (Compartment B critical)	102
Figure I.2 – Example linear interpolation two compartments (Compartment B critical)	103
Figure I.3 – Example Interpolation where both test points have both compartments below target (two valid results)	104
Figure I.4 – Example Interpolation where both test points have both compartments below target (two valid results)	105
Figure I.5 – Example Interpolation where neither test point has both compartments below target (no valid results)	106
Figure I.6 – Example Interpolation where neither test point has both compartments below target (no valid results)	107
Figure I.7 – Example Interpolation for 4 compartments	109
Figure I.8 – Example of triangulation (temperatures)	111
Figure I.9 – Example of triangulation (temperature and energy)	112
Figure I.10 – An example of power and temperature data	125
Figure I.11 – Example of finding a test period with minimum spread in power	145
Figure K.1 – Special Case SS2 – where steady state operation is never reached between defrost and recovery periods and Annex C stability may not be established	149
Table 1 – Target temperatures for energy determination by compartment type	15
Table B.1 – Assumed ΔCOP adjustment	35
Table F.1 – Format for temperature and humidity data – ambient controlled anti-condensation heaters	69
Table I.1 – Example of linear interpolation, single compartment	100
Table I.2 – Example 1 of linear interpolation, two compartments	101
Table I.3 – Example 2 of linear interpolation, two compartments	103
Table I.4 – Example 3 of linear interpolation, two compartments	105
Table I.5 – Example of linear interpolation, test data for four compartments	107
Table I.6 – Example of linear interpolation, results for four compartments	109
Table I.7 – Example of triangulation, two compartments	110
Table I.8 – Example of triangulation, three compartments	115
Table I.9 – Example of population-weighted humidity probabilities and heater wattages at 16 °C, 22 °C and 32 °C	120
Table I.10 – An example of calculation of energy, power and temperature for each temperature control cycle (TCC)	126
Table I.11 – An example of calculation of energy, power and temperature for all possible blocks (size = 3 TCC)	128

Table I.12 – An example of calculation of energy, power and temperature for all possible test periods (3 blocks each of 3 TCC)	130
Table I.13 – An example of calculation of energy, power and temperature for all possible blocks (size = 5 TCC).....	133
Table I.14 – An example of calculation of energy, power and temperature for all possible blocks (size = 9 TCC).....	135
Table I.15 – An example of calculation of energy, power and temperature for all possible test periods (3 blocks each of 5 TCC)	137
Table I.16 – An example of calculation of energy, power and temperature for all possible test periods (3 blocks each of 9 TCC)	139
Table I.17 – Determination of defrost validity DF1	141
Table I.18 – Determination of steady state values using SS2	143
Table L.1 – Assumed relative insulation value for multi-compartment products	155

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62552-3:2015

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

HOUSEHOLD REFRIGERATING APPLIANCES – CHARACTERISTICS AND TEST METHODS –

Part 3: Energy consumption and volume

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 62552-3 has been prepared by subcommittee 59M: Performance of electrical household and similar cooling and freezing appliances, of IEC technical committee 59: Performance of household and similar electrical appliances

IEC 62552-1, IEC 62552-2 and IEC 62552-3 cancel and replace the first edition of IEC 62552 published in 2007. IEC 62552-1, IEC 62552-2 and IEC 62552-3 together constitute a technical revision and include the following significant technical changes with respect to IEC 62552:2007:

- a) All parts of the standard have been largely rewritten and updated to cope with new testing requirements, new product configurations, the advent of electronic product controls and computer based test-room data collection and processing equipment.
- b) In Part 1 there are some changes to test room equipment specifications and the setup for testing to provide additional flexibility especially when testing multiple appliances in a single test room.

- c) For more efficient analysis and to better characterise the key product characteristics under different operating conditions, the test data from many of the energy tests in Part 3 (this part) is now split into components (such as **steady state** operation and defrost and recovery). The approach to determination of energy consumption has been completely revised, with many internal checks now included to ensure that data complying with the requirements of the standard is as accurate as possible and of high quality.
- d) Part 3 (this part) now provides a method to quantify each of the relevant energy components and approaches on how these can be combined to estimate energy under different conditions on the expectation that different regions will select components and weightings that are most applicable when setting both their local performance and energy efficiency criteria while using a single set of global test measurements.
- e) For energy consumption measurements in Part 3 (this part), no thermal mass (test packages) is included in any compartment and compartment temperatures are based on the average of air temperature sensors (compared to the temperature in the warmest test package). There are also significant differences in the position of temperature sensors in unfrozen compartments.
- f) The energy consumption test in Part 3 (this part) now has two specified ambient temperatures (16°C and 32°C).
- g) While, in Part 2 test packages are still used for the storage test to confirm performance in different operating conditions, in Part 1 they have been standardised to one size (100 mm × 100 mm × 50 mm) to simplify loading and reduce test variability. A clearance of at least 15 mm is now specified between test packages and the compartment liner.
- h) A load processing energy efficiency test has been added in Part 3 (this part).
- i) A tank-type ice making energy efficiency test has been added in Part 3 (this part).
- j) A cooling capacity test has been added in Part 2.
- k) A pull-down test has been added in Part 2.
- l) Shelf area and storage volume measurement methods are no longer included. In Part 3 the volume measurement has been revised to be the total internal volume with only components necessary for the satisfactory operation of the refrigeration system considered as being in place.
- m) Tests (both performance (Part 2) and energy (Part 3 – this part)) have been added for wine storage appliances.

The following print types are used in this international standard:

- requirements: in roman type;
- test specifications: in *italic type*;
- notes: in small roman type.
- Words in **bold** are defined in IEC 62552-1:2015, Clause 3 or in this part.

The text of this standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
59M/63/FDIS	59M/66/RVD

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

A list of all parts in the IEC 62252 series, published under the general title *Household refrigerating appliances – characteristics and test methods*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62552-3:2015

INTRODUCTION

IEC 62552 is split into 3 parts as follows:

- IEC 62552-1: Scope, definitions, instrumentation, test room and set up of refrigerating products;
- IEC 62552-2: General performance requirements for **refrigerating appliances** and methods for testing them;
- IEC 62552-3: **Energy consumption** and **volume** determination (this part).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62552-3:2015

HOUSEHOLD REFRIGERATING APPLIANCES – CHARACTERISTICS AND TEST METHODS –

Part 3: Energy consumption and volume

1 Scope

This part of IEC 62552 specifies the essential characteristics of household and similar **refrigerating appliances** cooled by internal natural convection or forced air circulation, and establishes test methods for checking these characteristics.

This part of IEC 62552 describes the methods for the determination of **energy consumption** characteristics and defines how these can be assembled to estimate **energy consumption** under different usage and climate conditions. This part of IEC 62552 also defines the determination of **volume**.

2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 62552-1:2015, *Household refrigerating appliances – Characteristics and test methods – Part 1: General requirements*

IEC 62552-2:2015, *Household refrigerating appliances – Characteristics and test methods – Part 2: Performance requirements*

3 Terms, definitions and symbols

3.1 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 62552-1, as well as the following apply.

3.1.1 specified auxiliaries

functions or features that affect the **energy consumption** of a **refrigerating appliance** and where their actual **energy consumption** depends on the conditions of use or operation

Note 1 to entry: This standard makes optional provision for determining the **energy consumption** impacts of these functions or features in accordance with regional requirements.

Note 2 to entry: Test requirements for specified auxiliaries, where applicable, are set out in Annex F and their application specified in 6.8.4. The only specified auxiliaries in this edition of the standard are ambient controlled anti-condensation heaters and tank type automatic icemakers.

3.1.2 defrost interval

the measured or estimated length of a **defrost control cycle**, starting from the point of initiation of one **defrost control cycle** to the point of initiation of the subsequent **defrost control cycle**, expressed in hours of elapsed (clock) time

3.2 Symbols

For the purposes of this document, the following symbols apply.

E	electrical energy consumption over a specified period (day, year, etc.) in Wh or kWh
P	average steady power consumption over a defined period in W
T	compartment temperature average over a specified period in degrees Celsius (°C)
TMP_n	temperature measurement position of a specific temperature sensor
t	time at a specific moment
Δt	time interval in hours between two defined times or for a defined period
ΔE_{df}	additional energy associated with a defrost and recovery period , over and above the relevant steady state power consumption at the same temperature control settings , in Wh
ΔTh_{df-i}	the accumulated temperature difference over time (relative to the steady state temperature) during a defrost and recovery period in Kh for compartment i
Rt	actual compressor run time in hours for a defined period (actual compressor on period)
CRt	percentage of compressor run time for a defined period ($Rt/\text{total time interval}$ as %)
P_{Hi}	average heater power associated with an ambient controlled anti-condensation heater at a specified temperature and humidity in W (Annex F)
M	mass of water used for a processing load (Annex G) or the mass of water or ice during an ice making test (Annex F)

4 Applicable test steps for determination of energy and volume

4.1 Setup for energy testing

Prior to the measurement of **energy consumption** for a **refrigerating appliance**, it shall be set up in a test room as specified in Annex A.

4.2 Steady state power consumption

The **steady state power consumption** of the **refrigerating appliance** shall be determined in accordance with Annex B.

4.3 Defrost and recovery energy and temperature change

For products with one or more defrost systems (each with its own **defrost control cycle**), the incremental **defrost and recovery** energy for a representative number of **defrost and recovery periods** shall be determined in accordance with Annex C for each system. The temperature change associated with **defrost and recovery** shall also be determined in accordance with Annex C for each system.

4.4 Defrost frequency

For products with one or more defrost systems (each with its own **defrost control cycle**), the **defrost interval** for each system shall be determined in accordance with Annex D, depending on the control type.

4.5 Number of test points and interpolation

Where the **energy consumption** of a **refrigerating appliance** is interpolated in accordance with Clause 6, one of the methods specified in Annex E shall be used.

4.6 Load processing efficiency

Where the **load processing efficiency** of a **refrigerating appliance** is claimed or determined, it shall be measured in accordance with the method specified in Annex G.

4.7 Specified auxiliaries

Where a **refrigerating appliance** contains a specified auxiliary, the energy impact of this auxiliary shall be determined in accordance with Annex F.

4.8 Volume determination

The **volume** of each **compartment** of the **refrigerating appliance** shall be determined in accordance with Annex H.

5 Target temperatures for energy determination

5.1 General

The **energy consumption** of an appliance is determined from measurements taken when tested as specified in Clause 6 in an **ambient temperature** of 32 °C and an **ambient temperature** of 16 °C. The value for **energy consumption** determined in accordance with this standard shall be for a **temperature control setting** (or equivalent point) where all average **compartment** air temperatures are at or below the **target temperatures** specified in Table 1 for each **compartment** type claimed by the supplier. Values above and below **target temperatures** may be used to estimate the **energy consumption** at the **target temperature** for each relevant **compartment** by interpolation, as specified in Clause 6.

NOTE Refer to the requirements in IEC 62552-1:2015 Annex B for **variable temperature compartments**. For energy testing, these are operated on the function (continuous temperature operating range) that uses the most energy.

IECNORM.COM : Click to view the full pdf of IEC 62552-3:2015

Table 1 – Target temperatures for energy determination by compartment type

Compartment type	Target average air temperature °C
Pantry	17
Wine storage	12
Cellar	12
Fresh food	4
Chill	2
Zero-star	0
One-star	–6
Two-star	–12
Three-star and Four-star	–18

For energy testing, each **compartment** shall be operated as the claimed **compartment** type, except as set out below.

If a **compartment** operating range spans none of the **target temperatures** for the defined **compartment** types in Table 1 at either an **ambient temperature** of 16 °C or 32 °C (because it has no **user-adjustable temperature control** or a limited range of active control), then it shall be classified as the **compartment** type with the next warmest **target temperature** (based on the warmest test result for both **ambient temperatures**) and operated at its warmest setting while still staying at or below the **target temperature** of the next warmest **target temperature** (where adjustable) for the energy test at both **ambient temperatures**. The test report shall note that the claimed **compartment** type and the **compartment** type assumed for energy testing.

Where the **compartment** is a **variable temperature compartment** type (that spans the operating range of several compartment types), the primary configuration for energy testing shall be the **compartment** type that has the highest **energy consumption**. A **variable temperature compartment** can be set and tested as other **compartment** types, if required, in addition to the primary configuration for energy testing. The test report shall note that the **compartment** is the **variable temperature compartment** type and the **compartment** type selected for each energy test.

5.2 Temperature control settings for energy consumption test

When tested for **energy consumption** in accordance with Clause 6, the **refrigerating appliance** shall have at least one **temperature control setting** (or combination of **temperature control settings**) at which the average temperatures of each **compartment** is concurrently at or below the **energy consumption target temperatures** specified in Table 1. The data points used for **energy consumption** determination should demonstrate that the product is capable of meeting this requirement, but this specific point need not be measured directly.

Where an appliance has no **user-adjustable temperature controls**, **energy consumption** shall be determined from the results of one measurement test run of the appliance as supplied.

6 Determination of energy consumption

6.1 General

The key **energy consumption** components as specified in Clause 6 shall be determined for each **refrigerating appliance** tested in accordance with this standard. This shall be based on data measured in accordance with Annexes B to H, as applicable.

Clause 6 also specifies the method to be used to determine the components of **energy consumption** for a **refrigerating appliance** when tested in accordance with this standard.

The main components of **energy consumption** determined in accordance with this standard are:

- **Steady state power consumption** – this is determined at **ambient temperatures** of 16 °C and 32 °C – see Annex B.
- **Defrost and recovery** energy and temperature change – for products with one or more defrost systems (each with its own **defrost control cycle**), the **defrost and recovery** energy for a representative number of **defrost and recovery periods** for each system shall be determined – see Annex C.
- Defrost frequency – for products with one or more defrost systems (each with its own **defrost control cycle**), the **defrost interval** shall be determined for each system under a range of conditions – see Annex D.
- Specified auxiliaries – Where a **refrigerating appliance** contains a specified auxiliary, the energy impact of this auxiliary shall be determined – see Annex F.
- **Load processing efficiency** – where a **load processing efficiency** is measured or claimed, the specified method shall be used – see Annex G.

The lowest conceivable value of **energy consumption** for a **refrigerating appliance** under this standard (i.e. the theoretical optimum), is the value where the temperature of every **compartment** is exactly equal to its **target temperature** for **energy consumption** (see Clause 5). Not every appliance is capable of operating at this condition, nor is it practicable for a laboratory to continue testing in an attempt to precisely obtain this condition during a specific set of tests. Under this standard there is the option of undertaking several tests with different **temperature control settings** (where available). This is to facilitate interpolation to estimate the **energy consumption** for a point where all **compartments** are at or below their relevant target for **energy consumption** (see 6.3).

6.2 Objective

In order to determine the characteristics of a household **refrigerating appliance** in accordance with this standard, it is necessary to measure the temperature and **energy consumption** for a representative period of **steady state** operation that complies with the relevant requirements (i.e. **compartment** temperatures at or below their target for **energy consumption**). Several test points at different **temperature control settings** may be required to obtain the most favourable (optimal) result for **energy consumption**.

In the case of products with **automatic defrost** functions that affect the power consumption of the product (i.e. has a **defrost control cycle**), the incremental energy during **defrost and recovery** (i.e. the additional energy ΔE_{df} over and above the underlying **steady state** power) shall be determined for a specified number of representative and valid **defrost and recovery periods**.

These values are measured at each of the specified **ambient temperatures** for energy determination.

To assess whether a proposed period of test data is acceptable for the determination of **energy consumption**, the data are analysed and examined to assess whether changes in internal temperatures and power consumption are within acceptable limits. In terms of energy assessments, there are two alternative approaches to the determination of **steady state** power consumption:

- **SS1: Steady state** power and internal temperature determination where there is no **defrost control cycle** or where **steady state** conditions according to Annex B can be established between **defrost and recovery periods** (generally where defrost events are widely spaced);
- **SS2: Steady state** power and internal temperature determination where **steady state** conditions according to Annex B cannot be established between **defrosts and recovery periods** (generally where defrost events are more closely spaced).

The incremental **energy consumption** and temperature change during a **defrost and recovery period** also needs to be assessed (relative to the **steady state** power and internal temperatures before and after the **defrost and recovery period**).

In each case, criteria are established to determine whether the periods are representative of the operation of the appliance.

6.3 Number of test runs

The **energy consumption** shall be determined at **ambient temperatures** of 16 °C and 32 °C either:

- a) directly from the results of a single test run during which the temperatures of all **compartments** of the appliance are at or below the **target temperatures** specified in Table 1; or
- b) by interpolation between the results of two or more test runs, conducted at different settings of one or more **user-adjustable temperature controls**, as follows:
 - Where results have been measured at two **temperature control settings**, interpolation in accordance with Clause E.3.
 - Where the appliance has at least two independent **user-adjustable temperature controls** and results have been measured at three **temperature control setting combinations**, interpolation in accordance with Clause E.4.
 - Options for interpolating using three or more independent **user-adjustable temperature controls** are also set out in Clause E.4.

In the case of b) above, test results shall demonstrate that the temperatures of all **compartments** in the **refrigerating appliance** are at or below the **target temperatures** specified in Table 1 at the point of interpolation. There are several requirements associated with interpolation to ensure that this has been achieved.

6.4 Steady state power consumption

For a **refrigerating appliance** that does not have a **defrost control cycle**, the **steady state** power consumption at each **temperature control setting** selected and for each **ambient temperature** shall be determined in accordance with Annex B.

For a **refrigerating appliance** with one or more **defrost control cycles**, the **steady state** power consumption between **defrost and recovery periods** at each **temperature control setting** selected and for each **ambient temperature** shall be determined in accordance with Annex B.

The **steady state** power consumption is reported in watt (W).

6.5 Defrost and recovery energy and temperature change

For a **refrigerating appliance** with one or more defrost systems (each with its own **defrost control cycle**), the additional energy and temperature change associated with **defrost and recovery** shall be determined for each system for a representative number of **defrost and recovery periods** in accordance with Annex C, at **ambient temperatures** of both 16 °C and 32 °C.

Where there is more than one defrost system (each with its own **defrost control cycle**), the characteristics of each system shall be documented.

The additional energy associated with **defrost and recovery** is reported in watt-hour (Wh).

The temperature change associated with **defrost and recovery** is reported in degree Kelvin-hour (Kh).

6.6 Defrost interval

For a **refrigerating appliance** with one or more defrost systems (each with its own **defrost control cycle**), the estimated **defrost interval** shall be determined in accordance with Annex D at an **ambient temperature** of 16 °C and at an **ambient temperature** of 32 °C.

Where there is more than one defrost systems (each with its own **defrost control cycle**), the **defrost interval** for each system shall be documented.

The **defrost interval** shall be expressed in hours, rounded to the nearest 0,1 h. Depending on the defrost control type, the **defrost interval** may be a function of a number of parameters.

6.7 Specified auxiliaries

Where the **refrigerating appliance** contains a specified auxiliary, the impact of this device shall be determined in accordance with Annex F.

The impact of specified auxiliaries is expressed in watt or watt-hour for a range of ambient conditions. These values are then weighted in accordance with regional requirements and conditions in order to provide a relevant estimate of energy associated with the auxiliary.

6.8 Calculation of energy consumption

6.8.1 General

The individual components of **energy consumption** and **steady state** power measured in accordance with this standard shall be combined using the following rules.

6.8.2 Daily energy consumption

All values of **energy consumption** and power shall be converted to daily **energy consumption** values in accordance with the following equations for each **temperature control setting** and **ambient temperature**.

For **refrigerating appliances** without a **defrost control cycle**, the daily **energy consumption** for each **ambient temperature** and each **temperature control setting** is given by:

$$E_{\text{daily}} = P \times 24 \quad (1)$$

Where

E_{daily} is the energy in Wh over a period of 24 h

24 is h/d

P is the **steady state** power in watt for the selected **temperature control setting** as per Annex B.

The measured **steady state** temperature for each **compartment** shall be recorded with this value (for the test report and/or for interpolation).

For **refrigerating appliances** with one defrost system (with its own **defrost control cycle**), the daily **energy consumption** for each **ambient temperature** and each **temperature control setting** is based on the **steady state** power consumption as determined in accordance with Annex B, the incremental **defrost and recovery** energy determined in accordance with Annex C and the **defrost interval** determined in accordance with Annex D as follows:

$$E_{\text{daily}} = P \times 24 + \frac{\Delta E_{df} \times 24}{\Delta t_{df}} \quad (2)$$

Where

E_{daily} is the energy in Wh over a period of 24 h

24 is h/d

P is the **steady state** power in watt for the selected **temperature control setting** as per Annex B.

ΔE_{df} is the representative incremental energy for **defrost and recovery** in Wh in accordance with Annex C (see C.5).

Δt_{df} is the estimated **defrost interval** in hours in accordance with Annex D.

Where there are additional defrost systems (each with its own **defrost control cycle**), the value of term based on ΔE_{df} and Δt_{df} is also added in Formula (2) for each additional defrost system.

The average temperature for each **compartment** for this **temperature control setting** and **energy consumption** is given by:

$$T_{\text{average}} = T_{ss} + \frac{\Delta Th_{df}}{\Delta t_{df}} \quad (3)$$

Where

T_{average} is the average temperature for the **compartment** over a complete **defrost control cycle**.

T_{ss} is the average **steady state** temperature in the **compartment** for the **temperature control setting** in ° C in accordance with Annex B.

ΔTh_{df} is the representative accumulated temperature difference over time for **defrost and recovery** (relative to the **steady state** temperature) in degree Kelvin-hour (Kh) for the relevant **compartment** in accordance with Annex C (see Clause C.5).

Δt_{df} is the estimated **defrost interval** in hours in accordance with Annex D.

The value of ΔTh_{df} may be positive (if the temperature is warmer during **defrost and recovery**) or negative (if it is cooler, due to a pre-cool and low heat leakage during defrost).

Where there are additional defrost systems (each with its own **defrost control cycle**), the value of term based on ΔTh_{df} and Δt_{df} is also added in Formula (3) for each additional defrost system.

6.8.3 Interpolation

Where interpolation is performed in order to obtain a more optimum estimate of the daily **energy consumption** for a given **ambient temperature**, the calculations for each **compartment** temperature and **energy consumption** determined in accordance with 6.8.2 shall be used as set out in Annex E.

6.8.4 Specified auxiliaries

Where the **refrigerating appliance** contains specified auxiliaries, the increase in **energy consumption** associated with these auxiliaries is calculated according to the relevant local regional operating schedule specified and using the parameters set out in Annex F. The impact of these auxiliaries is typically estimated over a year, so care is required when attempting to add these to other energy values calculated in this standard – annual values need to be determined for the other energy values before these figures can be added.

6.8.5 Total energy consumption

The total **energy consumption** of an appliance can be estimated from the following values:

E_{daily16C} at an **ambient temperature** of 16 °C

E_{daily32C} at an **ambient temperature** of 32 °C

The value of E_{daily} at **ambient temperatures** of 16 °C and 32 °C may be calculated by interpolation in accordance with Annex E. Annex I provides some examples of how these two values can be combined to provide an annual energy estimate.

E_{aux} expressed as an integrated energy value over a year.

NOTE 1 The ice-making test is performed at **ambient temperatures** of 16 °C and 32 °C so E_{aux} is a regional function of $f\{E_{\text{aux16C}}, E_{\text{aux32C}}\}$.

The total annual **energy consumption** of a **refrigerating appliance** can be given by:

$$E_{\text{total}} = f\{E_{\text{daily16C}}, E_{\text{daily32C}}\} + E_{\text{aux}} \quad (4)$$

Where

f is a regional function to give the annual energy based on daily energy at 16 °C and 32 °C. This function is not defined in this standard and may vary by region. See Annex I for examples.

NOTE 2 Energy associated with load processing arising from user interactions is not included in these calculations. See Annex G for measurements and associated energy calculations.

7 Circumvention devices

A circumvention device is any control device, software, component or part that alters the refrigerating characteristics during any test procedure, resulting in measurements that are unrepresentative of the appliance's true characteristics that may occur during **normal use** under comparable conditions. Generally, circumvention devices save energy during an energy test but not during **normal use**. Examples of circumvention may include, without limitation, any variation to normal operation when the appliance is subjected to testing, and includes devices that

- alter **compartment** temperature set points during the test; or
- activate or de-activate heaters or other energy-consuming devices during the test; or
- manipulate compressor cycle time or other operating parameters during the test; or
- manipulate the **defrost interval**.

Devices that operate over a restricted range of conditions and which are:

- required for the maintenance of satisfactory food preservation temperatures within **compartments** (e.g. temperature compensation heaters in **fresh food compartments** that operate at low ambient conditions); or
- intended to reduce **energy consumption** during **normal use**

will generally not be treated as circumvention devices where the legitimate basis for their operation during **normal use** and under the test procedure for **energy consumption** is declared and can be demonstrated by the supplier.

Where the operation of a circumvention device is suspected, a laboratory should subject the appliance to measures such as door openings or other appropriate actions in an attempt to detect presence and operation of any such devices. Details of any such action and their effect

shall be included in the test report. Where a circumvention device is suspected or detected during testing, a laboratory shall report that information to the client.

Circumvention devices, where present, may be subject to regional regulations and requirements. Such devices may be prohibited in some jurisdictions. Other jurisdictions may require the circumvention device to be defeated for energy tests or the product to be tested in such a way to obtain an assessment of the energy impact of the circumvention device operation. Any additional **energy consumption** associated with the circumvention device may be added to the measured **energy consumption** and there may be penalty factors associated with the additional energy associated with the circumvention device.

8 Uncertainty of measurement

For all energy measurements, the uncertainty of measurement of the measured value should be determined and stated with the measured result.

Where less stringent validity criteria have been applied to obtain an approximate result in a shorter time, the resulting increase in uncertainty shall be taken into account in any statement of uncertainty.

Verification tests should take into consideration the measurement uncertainty when assessing the energy result against any relevant validity criteria.

NOTE The calculation of uncertainty of measurement is not specified in this standard. Further guidance on this issue can be obtained from the ISO/IEC Guide 98-3:2008, *Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)*.

9 Test report

A test report that includes all of the relevant information listed in IEC 62552-1:2015 Annex F for tests undertaken in accordance with this standard should be prepared.

Annex A (normative)

Set up for energy testing

A.1 General

For the purposes of energy determination in accordance with this standard, the **refrigerating appliance** shall be set up as specified below.

The **refrigerating appliance** shall be installed in a test room and with instrumentation as specified in IEC 62552-1:2015, Annex A.

The **refrigerating appliance** shall be prepared and set up in accordance with the requirements of IEC 62552-1:2015, Annex B.

The **refrigerating appliance** shall have air temperature sensors installed at the positions specified in IEC 62552-1:2015, Annex D. The determination of **compartment** air temperature during energy testing shall be as specified in IEC 62552-1:2015, Annex D.

A.2 Additional set up requirements for energy testing

A.2.1 Ice making trays

Any **ice cube trays** with a dedicated position, as specified in the instructions, shall remain in place but shall be empty for energy tests (except as specified in Annex G).

A.2.2 User adjustable controls

User-adjustable temperature control(s) that are not used for energy interpolations in accordance with Annex E shall be set in a single position that meets the relevant **compartment** temperature requirements set out in Clause 5 (**target temperatures**) for all test runs. Where interpolation between the results of two or more test runs is to be performed in accordance with Annex E, the only setting(s) to be changed between test runs shall be the relevant **user-adjustable temperature control(s)** used for interpolation. The position of all baffles and **user-adjustable temperature control(s)** not used for interpolation shall be recorded in the test report.

Where a **wine storage compartment** has setting options for both uniform temperature and multiple temperature zones, the uniform temperature setting shall be selected for testing.

A.2.3 Ambient temperature

For **energy consumption** determination, the nominal test room temperatures are 16 °C and 32 °C. The operational requirements for test room **ambient temperatures** are specified in IEC 62552-1.

A.2.4 Accessories and shelves

Any accessories, loose trays, bins or containers that have no dedicated position or essential function during **normal use**, as specified in the instructions, shall be removed.

Any thermal storage devices (e.g. ice-bricks or similar) that are removable without the use of a tool shall be removed for all tests, irrespective of instructions.

A.2.5 Anti-condensation heaters

Anti-condensation heaters which are permanently on during **normal use** shall be tested with the heater(s) operating for all energy tests.

Anti-condensation heaters that can be switched 'on' or 'off' by the user shall be tested at both the 'on' and 'off' setting.

Anti-condensation heaters that have a number of possible settings that can be selected by the user shall be tested at both the 'highest energy' and the 'lowest energy' setting.

Sufficient data shall be collected so that the additional power consumption associated with the anti-condensation heater(s) at each specified setting can be estimated with the **compartment(s)** operating at the same temperature(s). The additional power consumed by the **refrigerating appliance** when the anti-condensation heater(s) are operating at each **ambient temperature** shall be determined. Energy test values shall be separately reported for each specified setting.

NOTE A number of possible approaches can be used to determine the incremental impact of manually switched anti-condensation heater(s) as set out in Annex F (for example, measure energy without heaters then add calculated energy, measure energy with heaters then subtract actual energy before adding calculated energy). If there is any doubt about the most expedient method, the optimum energy in accordance with Annex B (using interpolation where necessary) should be determined with and without the anti-condensation heater(s) operating in order to determine this value (noting that their operation may have a small impact on **compartment** temperatures).

Anti-condensation heaters which are automatically controlled and vary in response to ambient conditions (e.g. temperature and/or humidity) are classified as specified auxiliaries and shall be tested in accordance with Annex F.

Anti-condensation heaters which are automatically controlled and vary in response to ambient conditions but are configured so that the user can select the underlying or base level of heater power shall be tested at highest and lowest user setting in accordance with Annex F (refer F.2.8).

A.2.6 Automatic icemakers – ice storage bins

A.2.6.1 General

Where an appliance includes an automatic ice-making feature that produces, harvests and stores ice, the space that the ice storage bin occupies shall be specifically treated as a separate **sub-compartment** for the purposes of energy testing.

Any automatic ice-making bin shall be separately declared under '**Compartment** Details' in the test report.

For all energy tests, the ice delivery mechanism shall remain functional, i.e. all chutes and throats required for the delivery of ice shall be free of packing, covers or other blockages that may be fitted for shipping or when the ice-maker is not in use.

Where the ice storage space occupies a complete **compartment**, the temperature sensor placements shall be in accordance with IEC 62552-1:2015 Annex D (not A.2.6.5 of this part).

A.2.6.2 Intent and overview for energy testing

The intent is to make sure that during an **energy consumption** test to this standard the automatic ice-maker and its associated equipment behaves in a manner that is consistent with a value that would be obtained while the system is running but is not making new ice.

In order to achieve this condition during an energy test, automatic ice-makers shall function normally but shall not produce any new ice (but should be in a state that would automatically

produce new ice on demand without any user intervention if some ice were removed). Only devices or components directly associated with the production or harvesting of new ice shall be inoperative during the energy test. All components not explicitly associated with the production or harvesting of new ice shall operate normally during the energy test and shall be energized in a manner consistent with the duty cycle necessary to perform their respective functions. The cooling of the icemaker area(s) shall remain unchanged from normal ice-storage conditions.

Other than for verification tests as specified in A.2.6.4, connection to a water supply may be omitted if it can be demonstrated that the absence or presence of a connection to a water supply will make no difference to the measured **energy consumption**.

A.2.6.3 Ice storage bin configuration

The ice storage bin shall remain in place and empty for all energy testing, except where otherwise specified in A.2.6.4. The automatic ice-making bin shall be treated as a **sub-compartment** and shall be fitted with a temperature sensor as specified in A.2.6.5.

Any action taken by the test laboratory (including settings or configuration) during the energy test to make the automatic ice-maker operative but to cease production of ice due to an ice-bin-full condition in accordance with A.2.6 shall be included in the test report.

A.2.6.4 Verification of energy consumption with an automatic ice-maker

For the purposes of verification of **energy consumption** of an appliance, the setup of the automatic icemaker should be configured in accordance with the setup specified by the manufacturer.

In order to detect whether there are any undeclared circumvention devices in operation during an energy test, irrespective of instructions, a test laboratory may undertake tests, including the test as set out below to assess the normal operation of the automatic ice-maker and its associated controls against the requirements of Clause 7 and the intent of A.2.6.2.

The purpose of this test, where undertaken, is to assess the normal operation of the automatic ice-maker against the configuration used for energy testing as set out in A.2.6.4. The ice-maker is connected to a water supply, the ice-making function is operated until the bin is full and ice production has automatically stopped under its own control prior to commencing an energy test. To shorten the test time, pre-made ice cubes may be used to partially fill the ice storage bin before the start of the test, but only to a level that allows the icemaker to continue producing ice to fill the bin.

The automatic ice-making bin shall be fitted with a temperature sensor as specified in A.2.6.5.

The temperature in the ice-making storage bin should remain well below freezing during all stages of operation. As a guide, the **energy consumption** with the ice storage bin full of ice under this clause should not exceed by 2 % the **energy consumption** measured during energy testing for the same (or equivalent) **temperature control settings** and internal temperatures but with the ice storage bin empty.

A.2.6.5 Position of the temperature sensor in automatic ice-makers

An automatic ice-maker bin shall have a single additional temperature sensor located in the position specified as follows for all energy tests:

- a) Vertical placement: Approximately 50 mm below the top of the estimated maximum ice storage level while maintaining at least 20 mm clearance from the base of the bin.
- b) Horizontal placement: Approximately 20 mm clearance from the vertical centre line of the side of the bin that is closest to an external surface or warmer **sub-compartment** (e.g. door or wall or gasket or **sub-compartment**) or, where the bin is more than 50 mm from

an external surface, approximately 20 mm clearance from the vertical centre line of the largest side of the bin (i.e. where the bin is wholly within the **compartment**).

- c) Where the position specified in b) is affected by a direct air stream, it shall, as far as possible, be relocated to an alternative position that has 20 mm clearance from the side of the bin but away from a direct air stream that is colder than the bin contents.

If the position of the temperature sensor is moved so that it is away from the preferred positions specified in a) and b) above, the position of the sensor shall be noted in the test report.

NOTE In a verification test in accordance with A.2.6.4, ice will usually touch the temperature sensor in the storage bin. See A.2.6.1 regarding the placement of temperature sensors in separate **compartments** that are dedicated to ice storage.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62552-3:2015

Annex B (normative)

Determination of steady state power and temperature

B.1 General

This Annex specifies the method to be used to determine the power consumption and temperature for a **refrigerating appliance** during stable operation that is tested in accordance with this standard.

B.2 Setup for testing and data collection

The objective is to select a representative period of operation in order to determine the average power and average internal temperatures (for all relevant **compartments**) for the selected **temperature control setting** and test **ambient temperature**.

The **refrigerating appliance** under test shall be set up and operated in accordance with Annex A.

There are two possible cases with respect to the determination of **steady state** power consumption:

- Case SS1 (see Clause B.3) applies to products without a **defrost control cycle** and products with a defrost system (with its own **defrost control cycle**) where the **defrost control cycle** is long and the **steady state** test period of interest may not be bounded by **defrost and recovery periods**. Quite stringent internal validity criteria are applied to the data to ensure that a representative period of operation is selected.
- Case SS2 (see Clause B.4) applies to products with a defrost system (with its own **defrost control cycle**) where the **steady state** test period of interest commences with a valid **defrost and recovery period**. Case SS2 shall be used where stability between defrosts cannot be established using Case SS1. In Case SS2 the whole period from defrost to defrost is used to determine the **steady state** power consumption by deduction of initial incremental **defrost and recovery** energy (see DF1 in Annex C). In Case SS2, the **steady state** operation before the initial defrost and before the following defrost are compared and they shall meet the relevant stability criteria. The initial defrost shall also meet the validity requirement of DF1 as specified in Annex C.

B.3 Case SS1: no defrost control cycle or where stability is established for a period between defrosts

B.3.1 Case SS1 approach

Case SS1 applies to all products without a **defrost control cycle**. It also can apply to products with a defrost system (with its own **defrost control cycle**) where the **defrost control cycle** is long and the **steady state** test period of interest is not bounded by **defrost and recovery periods**. In this case, no **defrost and recovery period** (or part thereof) shall occur during the selected test period under Case SS1.

Where the **steady state** power is determined under Case SS1, a **steady state** test period that is made up of 3 internal blocks of test data is selected that are adjacent but not overlapping. Each block of test data shall contain an equal number (n) of whole **temperature control cycles**. The minimum number of **temperature control cycles** per block is 1. A test period is selected where all relevant criteria for internal spread and slope for temperature and power can be established.

A block size of 1 **temperature control cycle** will have a total test period of 3 **temperature control cycles**, a block size of 2 **temperature control cycles** will have a test period of 6 **temperature control cycles**, and so on. The definition of **temperature control cycle** in IEC 62552-1:2015 should be considered carefully. It is generally recommended that for more complex refrigeration systems alternative **temperature control cycles** based on temperature maxima in each **compartment** be examined in addition to compressor cycles (where present) to see which one provides the most stable estimate of power over time. Selecting the most stable **temperature control cycle** can shorten the required testing time to achieve a valid result.

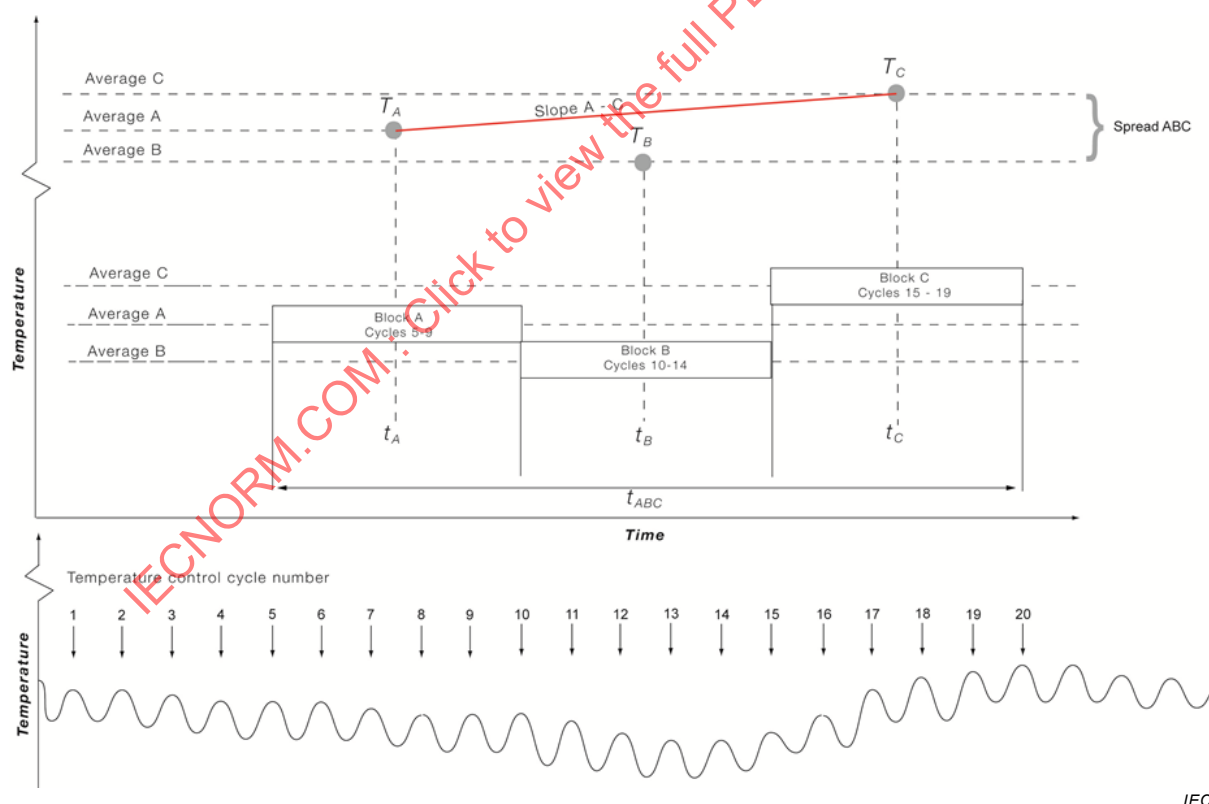
Where there are no discernable changes in temperature or power consumption over time, a test period that is made up of 3 internal blocks of test data is selected. Each block of test data shall be equal in length, adjacent and no less than 4 h in duration.

As an alternative to using **temperature control cycles**, fixed length periods may be used (referred to as fixed time slices) to make up each block.

A trial test period shall be made up of 3 blocks of data called A, B and C.

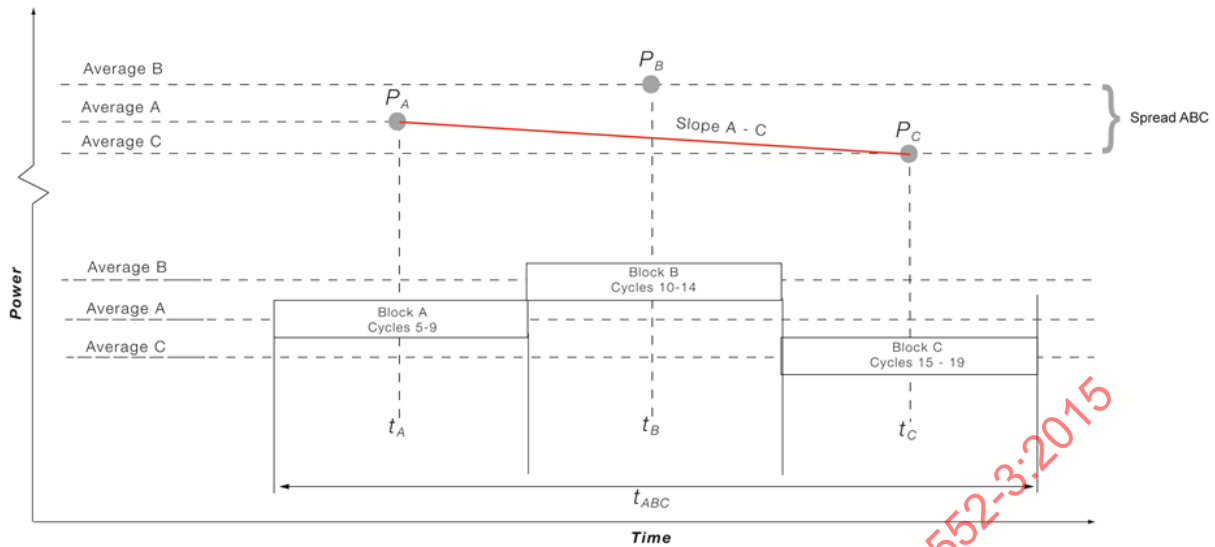
NOTE There is no maximum number of **temperature control cycles** per block, but a value of 10 is considered to be unusually long.

An example test period made up of blocks of 5 **temperature control cycles** is illustrated in Figure B.1.



IEC

Figure B.1 – Illustration of a test period made of blocks of 5 temperature control cycles – temperatures for Case SS1



IEC

Figure B.2 – Illustration of a test period made of blocks of 5 temperature control cycles – power for Case SS1

For each block of data (A, B and C), calculate the average power and the average temperature in each relevant **compartment**.

Calculate the following characteristics across the test Blocks A, B and C:

- Spread of temperature for each **compartment**: calculated as the difference between the average temperature of the warmest Block (A, B or C) and the average temperature of the coldest Block (A, B or C). All temperature differences (spread) are in K. Refer to Equation (5).
- Slope of temperatures from Block A to Block C: calculated as [the absolute value of the difference between the average temperature of Block A and the average temperature of Block C] divided by [the test time at the middle of Block C minus the test time at the middle of Block A]. All temperature slopes are in K/h. Refer to Equation (6).
- Spread of power (watt): calculated as the difference between the average power of the highest power Block (A, B or C) and the average power of the lowest power Block (A, B or C) divided by [the average power for the whole test period (A, B and C)], expressed as a percentage. Refer to Equation (7).
- Slope of power from Block A to Block C: calculated as [the absolute value of the difference between the average power of Block C and the average power of Block A] divided by [the test time at the middle of Block C minus the test time at the middle of Block A] and divided by [the average power for the whole test period (A, B and C)]. All power slopes are expressed as a percentage per hour (%/h). Refer to Equation (8).

$$\text{Spread of temperature} = T_{\max(A,B,C)} - T_{\min(A,B,C)} \text{ (K)} \quad (5)$$

$$\text{Slope of temperature} = \frac{ABS[T_C - T_A]}{[t_C - t_A]} \text{ (K/h)} \quad (6)$$

$$\text{Spread of power} = \frac{P_{\max(A,B,C)} - P_{\min(A,B,C)}}{P_{av(A,B,C)}} \text{ (%) } \quad (7)$$

$$\text{Slope of power} = \frac{ABS[P_C - P_A]}{[t_C - t_A] \times P_{av(A,B,C)}} \quad (\%/h) \quad (8)$$

Where for each block A, B and C:

T is the temperature

t is the test time (the centre point of the block)

P is the power

% is the result of the quotient (expressed as a percentage, where 1,0 = 100 %)

B.3.2 Case SS1 acceptance criteria

Based on the characteristics calculated in B.3.1, assess the validity of the whole test period (made up of 3 blocks, each consisting of n **temperature control cycles**). The test period shall be valid if all of the following criteria are met:

- Total test period t_{ABC} (sum of length of Blocks A, B and C) is no less than 6 h where there are **temperature control cycles** and no less than 12 h where there are no **temperature control cycles** (or where fixed time slices are used);
- Spread of temperature (across Blocks A, B, C) is less than 0,25 K for each **compartment**;
- Slope of temperature (from Block A to Block C) is less than 0,025 K/h for each **compartment**;
- Spread of power (across Blocks A, B, C) where **temperature control cycles** are present is less than: for a total test period t_{ABC} of 12 h or less, a spread of not more than 1 %; for a total test period t_{ABC} from 12 to 36 h, a spread of not more than 1 % + $(t_{ABC} - 12) / 1\,200$; for a total test period t_{ABC} of 36 h or more, a spread of not more than 3 %;
- Spread of power (across Blocks A, B, C) where no **temperature control cycles** are present or where fixed time periods are selected is less than 1 %, irrespective of the total test period;
- Slope of power (from Block A to Block C) is less than 0,25 %/h;
- Where **temperature control cycles** are present, the two comparable test periods that start one and two **temperature control cycles** earlier than the period selected also meet all of the above criteria (i.e. the selected test period is the third possible period that meets all other validity criteria);
- Where **temperature control cycles** are not present (or where fixed time slices are used), the two comparable test periods that start one hour and two hours earlier than the period selected also meet all of the above criteria.

The requirement for the test period to remain valid when moved along for 3 consecutive **temperature control cycles** ensures that compliance with all criteria for the selected period is not a chance or random occurrence. In the example illustrated in Figure B.1, if the test period starting at **temperature control cycle** 5 and ending at **temperature control cycle** 20 was the first period to meet the above criteria 1 to 5, the test period from 6 to 21 and 7 to 22 would also have to meet all criteria. In this case the test period from 7 to 22 is the first valid test period.

NOTE 1 The full set of criteria above were developed on the basis of extensive testing and review of data for more than 100 **refrigerating appliances**.

The **temperature control setting(s)** shall remain unchanged for all the test period used to determine the value for SS1 (Blocks A, B and C).

Where there are more than two **compartments**, assessment of temperature stability as set out above is required for:

- The largest **unfrozen compartment** and largest **frozen compartment** (where applicable), or
- The largest two **compartments** (where all **compartments** are **frozen** or **unfrozen**).

In addition, temperature stability shall be achieved as specified above for all **compartments** that are used for interpolation for **energy consumption** in accordance with Annex E.

If the above criteria cannot be met, the size of n is increased (and therefore the length of the test period is increased) and/or more test data is collected until all criteria can be met simultaneously.

The recommended approach during the collection of test data is to continually look (backwards) at all of the data collected to that moment in order to assess all possible test periods for all possible block sizes (n) to establish the earliest possible point in the test data that can meet the above validity criteria. While it is not generally recommended that data from a warm start (pull down when the power is first connected) be included in these assessments, these criteria should ensure that any pull down prior to the establishment of stable operation is automatically excluded from a valid test period.

Where there are a number of possible test periods that meet the above criteria, the test period with the minimum spread of power from the available test data should be selected.

Where the criteria of power spread cannot be met by extending the total test period (with or without **temperature control cycles**), a valid result may be obtained by using 3 blocks of data with each block no less than 36 h in length (total test period no less than 108 h).

NOTE 2 A worked example to select the optimum test period characteristics is included in Annex I.

B.3.3 Case SS1 calculation of values

Where a test period, made up of Blocks A, B and C, meets the relevant acceptance criteria in B.3.2, then the temperature T_i for each **compartment** i and the average power P_{SS1} is determined as the average of all measured values included in the time period covered by Blocks A, B and C.

The **steady state** power used for subsequent energy calculations P_{SS} is determined by modifying the value of P_{SS1} using Formula (15) in Clause B.5 where the measured **ambient temperature** is not equal to the nominal **ambient temperature** during the test.

The total test time for Blocks A, B and C shall be reported.

The **steady state** compressor run time CRt_{SS} is calculated as the percentage of time that the compressor is on during the total time for all **temperature control cycles** in Blocks A, B and C.

B.4 Case SS2: steady state determined between defrosts

B.4.1 Case SS2 approach

Case SS2 applies to products with one or more defrost systems (each with its own **defrost control cycle**) where the **steady state** test period of interest is bounded by **defrost and recovery periods**. While it may be used for all products with one or more defrost systems, Case SS2 shall be used if stability cannot be established using Case SS1.

For products with long **defrost intervals**, the use of Case SS1 may considerably shorten the required test time.

Case SS2 uses all data between the start of two **defrost and recovery periods** to calculate the **steady state** power (see Formula (12)). Checks are undertaken to compare the characteristics of the **steady state** operation prior to each **defrost and recovery period** (Periods X and Y in Figure B.3) to ensure that they meet the relevant stability requirements before undertaking any further analysis. The initial **defrost and recovery period** within the test period SS2 shall comply with the validity requirements of Annex C and the incremental energy associated with this **defrost and recovery period** shall be determined in accordance with Annex C (DF1) in order to determine the value for P_{SS2} (which is the whole test period less the value for DF1).

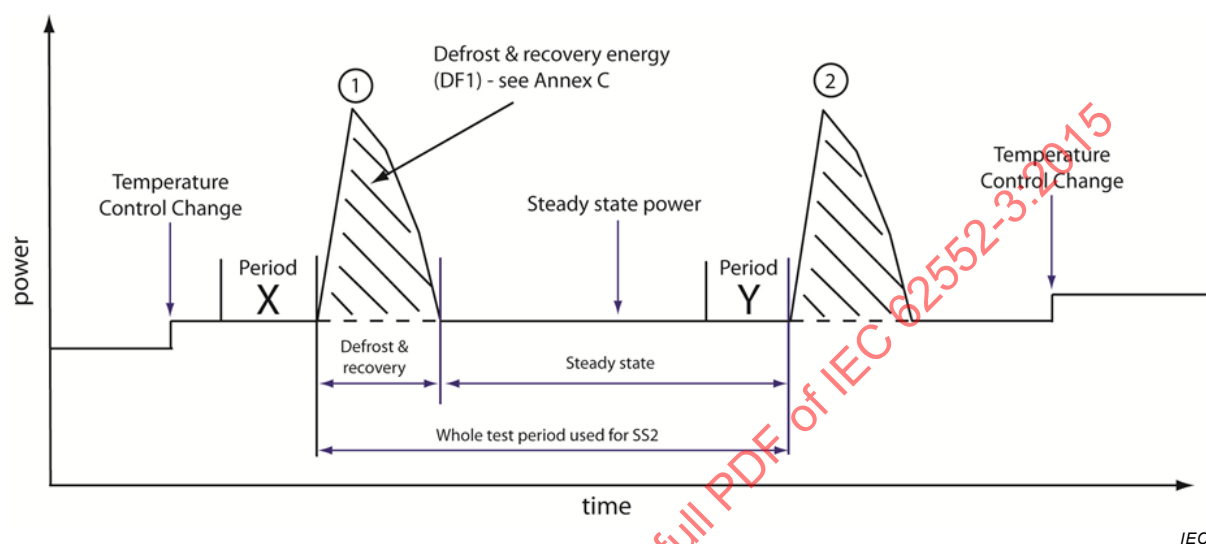


Figure B.3 – Case SS2 – typical operation of a refrigerating appliance with a defrost control cycle

A period of **steady state operation** (called Period X), ending at the start of a **defrost and recovery period** and made up of no less than 4 whole **temperature control cycles** (where **temperature control cycles** are present) and no less than 4 h in length, is selected. A second period of **steady state** operation (called Period Y), ending at the start of the next **defrost and recovery period** and made up of no less than 4 whole **temperature control cycles** (where **temperature control cycles** are present) and no less than 4 h in length, is selected. Periods X and Y shall always consist of the same number of **temperature control cycles** (where **temperature control cycles** are present) and should be approximately the same length. Periods X and Y shall be exactly the same length where no **temperature control cycles** are present.

Where no subsequent **defrost and recovery period** has been initiated within 48 h, Period Y may be selected at a point during **steady state** operation where the elapsed time from the end of Period X to the end of Period Y exceeds 48 h but where Period Y is not adjacent to a subsequent **defrost and recovery period**. Where Period Y is selected in this manner, it shall be noted in the test report.

The temperature in each **compartment** and power for Period X are then compared to the temperature in each **compartment** and power for Period Y.

Calculate the following characteristics across the Periods X and Y:

- Spread of temperature for each **compartment**: calculated as the difference between the average temperature of the warmer period (X or Y) minus the average temperature of the colder period (X or Y). All temperature differences (spread) are in degrees K. Refer to Equation (9).
- Spread of power: calculated as the difference between the average power of the higher power period (X or Y) minus the average power of the lower power period (X or Y) divided

by the average power for the Periods X and Y. The spread of power is expressed as both a percentage and as an absolute spread (W). Refer to Equations (10) and (11).

$$\text{Spread of temperature} = T_{\max(X,Y)} - T_{\min(X,Y)} \text{ (K)} \quad (9)$$

$$\text{Spread of power} = \frac{P_{\max(X,Y)} - P_{\min(X,Y)}}{P_{av(X,Y)}} \text{ (%) } \quad (10)$$

$$\text{Spread of power} = P_{\max(X,Y)} - P_{\min(X,Y)} \text{ (W)} \quad (11)$$

Where for each period X and Y:

T is the temperature

P is the power in W

% is the result of the quotient (expressed as a percentage, where 1,0 = 100 %)

B.4.2 Case SS2 acceptance criteria

For the period selected for determination of P_{SS2} **steady state** power to be valid, the following criteria shall be met:

- Period X and Y shall be made up of no less than 4 whole **temperature control cycles** (where **temperature control cycles** are present) and shall have the same number of **temperature control cycles**. Where no **temperature control cycles** are present (or where fixed time slices are used), X & Y shall be the same length.
- Period X and Y shall not be less than 4 h in length.
- The ratio of the total length of Period X (in hours) to the total length of Period Y (in hours) shall be in the range 0,8 to 1,25 where **temperature control cycles** are present.
- The spread of temperature of the two selected Periods X and Y shall be less than 0,5 K for each **compartment**;
- The spread of power of the two selected Periods X and Y shall be less than 2 % or less than 1 W, whichever is the greater value.
- The initial **defrost and recovery period** which is included in period SS2 shall qualify as a valid **defrost and recovery period** in accordance with Annex C.
- The value of ΔE_{df} for the initial **defrost and recovery period** which is included in period SS2 shall be determined in accordance with Annex C.

The **temperature control setting** shall remain unchanged for all the test period used to determine the value for SS2, including the period used to determine the incremental **defrost and recovery** energy (ΔE_{df} for DF1) specified in Annex C (including all of Periods X and Y).

Where the initially selected Period X and Period Y do not comply with the acceptance criteria specified above, the minimum length of time for Period X and Y shall both be increased in steps of 1 **temperature control cycle** (in 1 h steps where there are no **temperature control cycles** or where fixed time slices are used) to see if there are any possible complying periods. Where the size of X and Y are increased, the first valid value using the sequence specified above shall be used. The length of X and Y shall not exceed 50 % of the defrost interval or 8 h, whichever is the longer.

Where there are more than two **compartments**, assessment of temperature stability as set out above is required for:

- The largest **unfrozen compartment** and largest **frozen compartment** (where applicable), or
- The largest two **compartments** (where all **compartments** are **frozen** or **unfrozen**).

In addition, temperature stability shall be achieved as specified above for all **compartments** that are used for interpolation for **energy consumption** in accordance with Annex E.

In rare cases where there is no **steady state** operation between defrosts, it may not be possible to ever confirm the validity of the initial **defrost and recovery period** at the start of SS2 in accordance with Annex C. An alternative approach to deal with such cases is outlined in Annex K, but this should only be used if compliance with Annex C can never normally be achieved.

B.4.3 Case SS2 calculation of values

Where the acceptance criteria in B.4.2 have been met, the determination of **steady state** power and **steady state** temperature in each **compartment** are calculated from the whole test period used for SS2 (including the initial **defrost and recovery period**) as set out in Formula (12) and Formula (13) below. The calculation determines the **energy consumption** over whole **defrost control cycle** and subtracts the incremental defrost and recovery energy in accordance with Annex C in order to determine the **steady state** power consumption P_{SS2} . Similarly, each **compartment** temperature is determined over the whole **defrost control cycle** and the accumulated temperature difference during the **defrost and recovery period** in each **compartment** (in accordance with Annex C) is subtracted in order to determine the **steady state** temperature in each **compartment** T_{SS2-i} .

The average power during the **steady state** period shall be calculated from the whole test period used for SS2 as follows:

$$P_{SS2} = \frac{(E_{end-Y} - E_{end-X}) - \Delta E_{df}}{(t_{end-Y} - t_{end-X})} \quad (12)$$

Where

P_{SS2} is the **steady state** power for the selected **defrost control cycle** in W

E_{end-X} is the accumulated energy reading at the end of Period X in Wh

E_{end-Y} is the accumulated energy reading at the end of Period Y in Wh

t_{end-X} is the test time at the end of Period X in h

t_{end-Y} is the test time at the end of Period Y in h

ΔE_{df} is the incremental **defrost and recovery** energy in Wh in accordance with Annex C for the **defrost and recovery period** commencing at the end of Period X.

The length of the test period used ($t_{end-Y} - t_{end-X}$) shall be separately reported. Where applicable, it shall be noted whether Period Y was adjacent to a subsequent defrost.

The **steady state** power used for subsequent energy calculations P_{SS} is determined by modifying the value of P_{SS2} using the formula in B.5 where the measured **ambient temperature** is not equal to the nominal **ambient temperature** during the test.

The average temperature during the **steady state** period shall be calculated from the whole test period used for SS2 as follows:

$$T_{SS2-i} = (T_{av-endX-endY-i}) - \left[\frac{\Delta Th_{df-i}}{(t_{end-Y} - t_{end-X})} \right] \quad (13)$$

Where

- T_{SS2-i} is the **steady state** temperature in **compartment** i that occurs in the whole test period used for SS2 in degrees C
- $T_{av-endX-endY-i}$ is the average temperature in **compartment** i over the period from the end of Period X to the end of Period Y in degrees C
- ΔTh_{df-i} is the accumulated temperature difference over time in each **compartment** i in Kh as determined in accordance with Annex C for the **defrost and recovery period** commencing at the end of Period X
- t_{end-X} is the test time at the end of Period X in h
- t_{end-Y} is the test time at the end of Period Y in h

For products with a compressor run time defrost controller, the **steady state** compressor run time Crt_{SS} is calculated as the percentage of time that the compressor is on for the whole **defrost control cycle** less the value for Δt_{dr} determined in Annex C as set out in Equation (14).

$$Crt_{SS2} = \frac{Rt_{end-Y} - Rt_{end-X} - \Delta t_{dr}}{(t_{end-Y} - t_{end-X})} \quad (14)$$

Where

- Crt_{SS2} is the average percentage compressor run time that occurs in **steady state** in %
- Rt_{end-X} is the total accumulated compressor run time (on period) at the end of period X in h
- Rt_{end-Y} is the total accumulated compressor run time (on period) at the end of period Y in h
- Δt_{dr} is the additional compressor run time associated with a **defrost and recovery** in h in accordance with Annex C
- t_{end-X} is the test time at the end of the Period X in h
- t_{end-Y} is the test time at the end of the Period Y in h

Care is required not to count defrost heater on time as compressor on time in these calculations (although it is possible that some controllers include the defrost heater operation as run time – each product should be checked to see how it is configured).

B.5 Correction of steady state power

The **steady state** power used for subsequent energy calculations P_{ss} is based on the measured **steady state** power (B.3 or B.4 as applicable) after adjustment using Formula (15) below. This adjustment takes into account the difference between the measured **ambient temperature** during the test and the nominal ambient test temperature.

$$P_{SS} = P_{SSM} \times \left(1 + [T_{at} - T_{am}] \times \frac{\sum_{i=1}^n \left[\frac{V_i}{(c_I \times (18 + T_{it}) + c_2)} \right]}{\sum_{i=1}^n \left[\frac{V_i \times (T_{am} - T_{im})}{(c_I \times (18 + T_{it}) + c_2)} \right]} \right) \times \frac{1}{[1 + (T_{at} - T_{am}) \times \Delta COP]} \quad (15)$$

Where

- P_{SSM} is the measured **steady state** power for the period in W as specified in B.3 (P_{SS1}) or B.4 (P_{SS2}) as applicable
- T_{at} is the target test room **ambient temperature**
- T_{am} is the measured test room **ambient temperature** during the test period
- V_i is **rated volume** of **compartment** i (for **compartments** 1 to n)

- T_{im} is the measured temperature in **compartment** i to n during the test period
- T_{it} is the **target temperature** for **energy consumption** in **compartment** i to n (refer Table 1)
- c_1 is a constant given as 0,011 364
- c_2 is a constant given as 1,25
- ΔCOP is the adjustment given in Table B.1 for the product type and test condition.

All temperatures are in degrees Celsius (°C).

Table B.1 – Assumed ΔCOP adjustment

Product Type	ΔCOP adjustment at 16 °C	ΔCOP adjustment at 32 °C
Two or more compartments	0,000 per K increase	–0,014 per K increase
One compartment	–0,004 per K increase	–0,019 per K increase

This formula is not valid for corrections that are outside the permitted ambient test temperature range specified in IEC 62552-1:2015 (nominally $\pm 0,5$ K). This correction is only applied to the **steady state** power. No correction is applied to measured temperatures or any **defrost and recovery** calculations in Annex C. The value(s) of **volume** that are used in the correction equation are the **rated** values in accordance with this standard as specified in the instructions or other product literature. More information on the derivation of this equation is included in Annex L.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62552-3:2015

Annex C (normative)

Defrost and recovery energy and temperature change

C.1 General

This Annex specifies the method to be used to determine the additional energy associated with **defrost and recovery periods** that occur in **refrigerating appliances** with one or more **defrost control cycles**. It also specifies the determination of the temperature change by **compartment** that is associated with those **defrost and recovery periods**. Normally, test data for these calculations is collected as part of the testing for **steady state** power consumption in Annex B. Individual **defrost and recovery periods** that occur at any time during the normal testing program can be used as long as these meet the relevant validity criteria. Where there is more than one defrost system (with its own **defrost control cycle**), the characteristics of each shall be separately determined (or in combination, where appropriate).

NOTE As **cyclic defrost** systems do not have a **defrost control cycle**, Annex C is only applicable to **compartments** or **refrigerating appliances** with **automatic defrost** systems other than **cyclic defrost**.

C.2 Setup for testing and data collection

The objective is to measure and select a number of representative **defrost and recovery periods** in order to determine a representative value for the additional (incremental) energy associated with **defrost and recovery** (over and above the **steady state power** consumption) and the change in average internal temperatures (for each relevant **compartment**) associated with **defrost and recovery** (relative to the **steady state** temperature) for each test **ambient temperature**.

The **refrigerating appliance** under test shall be set up and operated in accordance with Annex A. Where the cumulative time that the **refrigerating appliance** under test has been disconnected from power exceeds 6 h during the 24 h prior to the occurrence of a **defrost and recovery period**, then data from that **defrost and recovery period** shall be deemed invalid and shall not be used to determine representative values for incremental **defrost and recovery** energy and temperature change in accordance with Annex C.

To characterise the additional energy required, and the average temperature change, during a **defrost and recovery period** (relative to **steady state** conditions) at each test **ambient temperature**, a specified number of representative **defrost and recovery periods** need to be measured. In order to be considered representative, the **steady state power** and temperature before and after the **defrost and recovery period** shall meet the relevant stability or acceptance criteria. The number of **defrost and recovery periods** to be measured at each **ambient temperature** is specified in this Annex. A minimum of one **defrost and recovery period** is required for each test point used for energy determination for each **ambient temperature** condition. Alternatively, at least four **defrost and recovery periods** are required and at least half of all **defrost and recovery periods** have to have the coldest **compartment** at or below **target temperature** for each **ambient temperature**.

Conceptually, the additional energy associated with **defrost and recovery**, over and above the underlying **steady state** power consumption, is determined as illustrated in Figure C.1.

The main case considered is called Case DF1, where the **refrigerating appliance** can demonstrate **steady state** operation before and after the **defrost and recovery period**.

In rare cases (called DF2) it may not be possible to reliably demonstrate **steady state** operation before and after the **defrost and recovery period** for any defrost. Only in this case, may the methodology set out in Annex K be used.

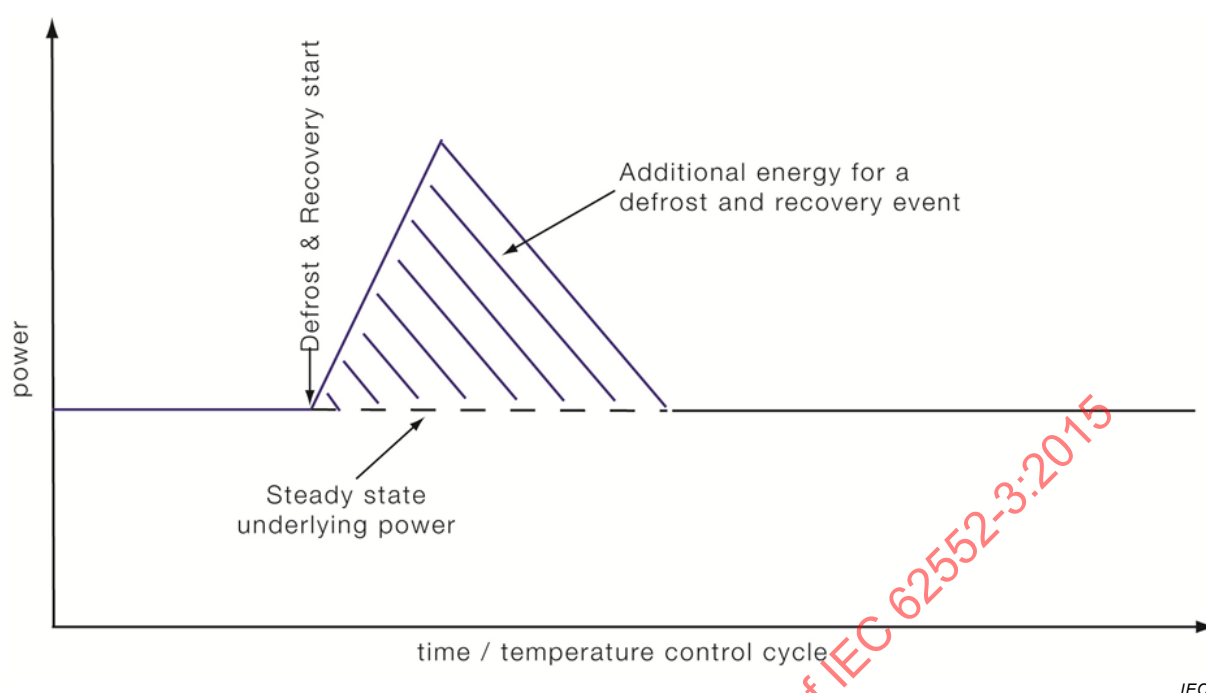


Figure C.1 – Conceptual illustration of the additional energy associated with a defrost and recovery period

C.3 Case DF1: where steady state operation can normally be established before and after defrosts

C.3.1 Case DF1 approach

Case DF1 is where the **refrigerating appliance** normally operates in a **steady state** condition prior to defrost and returns to **steady state** operation some time after the defrost. Effectively, **steady state** operation occurs on either side of a **defrost and recovery period**. Each **defrost and recovery period** is examined in isolation. This approach is used for all types of **refrigerating appliances** that have one or more **compartments** with a defrost system (with its own **defrost control cycle**).

A period of **steady state** operation (called Period D), ending well before the start of a **defrost and recovery period** is selected to be the minimum possible size that meets the criteria set out in C.3.2. A period of **steady state** operation (called Period F), starting well after the end of the same **defrost and recovery period** is selected to be the minimum possible size that meets the criteria set out in C.3.2.

For the purposes of validity assessment in C.3.2, the nominal centre of the **defrost and recovery period** is defined as 2 h after the initiation of the defrost heater or, in the case where there is no defrost heater, after the interruption of the refrigeration system related to the **automatic defrost**. This is illustrated in Figure C.2 – time interval Δt_{DI} and time interval Δt_{FI} shall be approximately the same, but will vary depending on the exact time of the selected **temperature control cycle** (where applicable) at the end of Period D and the start of Period F.

NOTE C.3.2 sets out cases where the length of Periods D and F and time for Δt_{DI} and Δt_{FI} can be adjusted in order to find complying values.

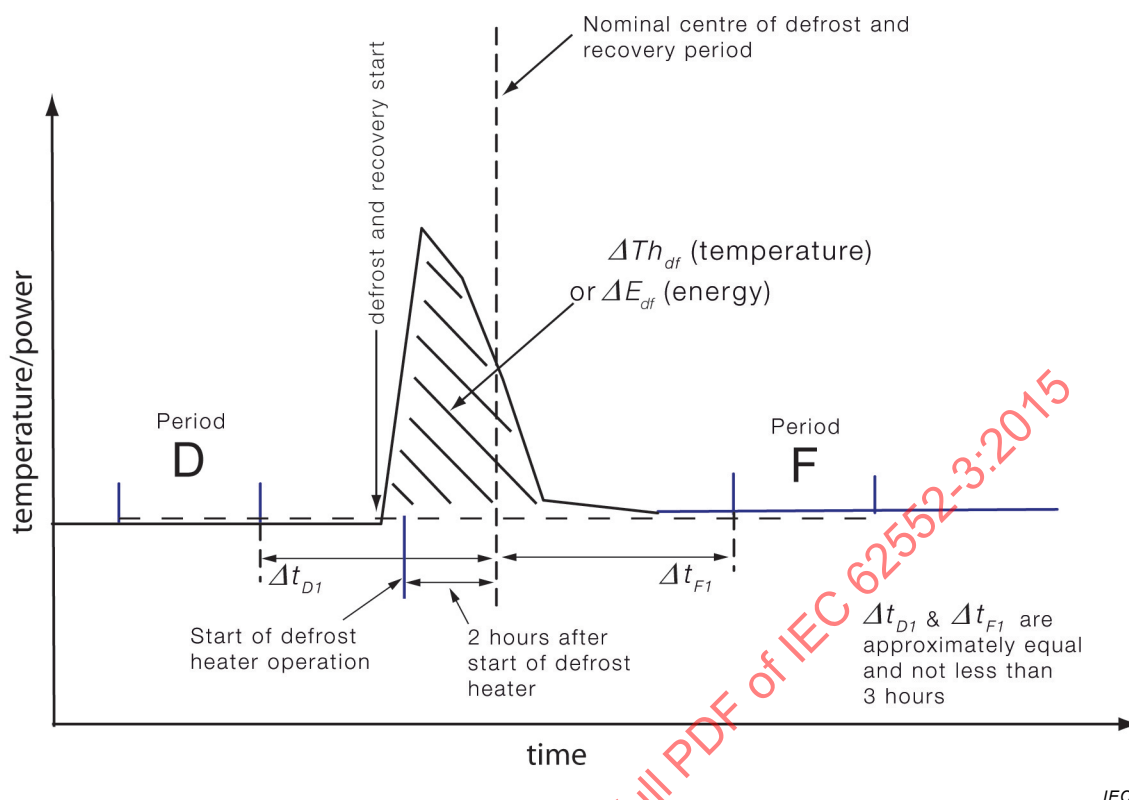


Figure C.2 – Case DF1 with steady state operation before and after a defrost

The temperature in each **compartment** and the power for Period D are then compared to the temperature in each **compartment** and power for Period F and assessed in accordance with C.3.2.

It is important to note that the average power for Period D will never be exactly equal to the average power for Period F (as illustrated above in Figure C.2). By spacing Periods D and F evenly around the nominal centre of the **defrost and recovery period**, the average power for Periods D and F provides a reasonable estimate of the underlying **steady state** power during the **defrost and recovery period**. This methodology allows individual **defrost and recovery periods** to be examined in isolation, which makes testing faster and more convenient.

Strict validity limits on the differences between Periods D and F are required to ensure that there are no significant changes in product behaviour during the assessment period (set out in C.3.2). Such differences may be due to a range of causes such as: **user-adjustable temperature control** change just before Period D or before Period F, inclusion of some residual pull down (from a warm start), some residual **processing load** in the **defrost and recovery period** (and in Period D) or automatic changes in the operation of the product (e.g. step changes in inverter speed, change in heater operation, significant temperature or power drift etc. that may give significantly different values in Period D and F). In all of these cases, the validity criteria should correctly reject the selected defrost, so it cannot be used for energy calculations. In this case testing has to continue until another **defrost and recovery period** is recorded.

Calculate the following characteristics across the Periods D and F:

- Spread of temperature for each **compartment**: calculated as the difference between the average temperature of the warmer period (D or F) minus the average temperature of the colder period (D or F). All temperature differences (spread) are in degrees K. Refer to Equation (16).

- Spread of power: calculated as the difference between the average power of the higher power period (D or F) minus the average power of the lower power period (D or F) divided by the average power for the Periods D and F. The spread of power is expressed as both a percentage and as an absolute spread (W). Refer to Equation (17) and Equation (18).

$$\text{Spread of temperature} = T_{\max(D,F)} - T_{\min(D,F)} \text{ (K)} \quad (16)$$

$$\text{Spread of power} = \frac{P_{\max(D,F)} - P_{\min(D,F)}}{P_{av(D,F)}} \text{ (%) } \quad (17)$$

$$\text{Spread of power} = P_{\max(D,F)} - P_{\min(D,F)} \text{ (W)} \quad (18)$$

Where for periods D and F:

T is the temperature

P is the power

% is the result of the quotient (expressed as a percentage, where 1,0 = 100 %).

C.3.2 Case DF1 acceptance criteria

For the **defrost and recovery period** to be valid, the following criteria shall be met:

- Period D and F shall be made up of no less than 3 whole number of **temperature control cycles** (where **temperature control cycles** are present) and shall have the same number of **temperature control cycles**. Where no **temperature control cycles** are present or where fixed time slices are used, Periods D and F shall be the same length.
- Period D and F shall not be less than 3 h in length.
- Period D shall finish no less than 3 h before the nominal centre of the current **defrost and recovery period** ($\Delta t_{DI} \geq 3 \text{ h}$).
- Period F shall start no less than 3 h after the nominal centre of the **defrost and recovery period** ($\Delta t_{FI} \geq 3 \text{ h}$).
- The spread of temperature for Periods D and F shall be less than 0,5 K for each **compartment**.
- The spread of power for Periods D and F shall be less than 2 % or less than 1W, whichever is the greater value.
- The ratio of the total length of Period D (in hours) to the total length of Period F (in hours) shall be in the range 0.8 to 1.25 where **temperature control cycles** are present.
- The start of any selected Period D shall be no less than 5 h after the initiation of the previous defrost heater on or, in the case where there is no defrost heater, no less than 5 h after the interruption of the refrigeration system related to the **automatic defrost**.
- The end of any selected Period F shall not be after the initiation of the subsequent **defrost and recovery period**.

NOTE In this case, spread is the difference between the average values for Period D and F. Refer to B.3.1 for more information on the term spread.

Where the initially selected Period D and Period F do not comply with the acceptance criteria specified above, the minimum length for Periods D and F shall both be increased in steps of 1 **temperature control cycle** (in 1 h steps where there are no **temperature control cycles** or where fixed time slices are used) to see if there are any possible complying periods with Δt_{DI} and Δt_{FI} set to a minimum of 3 h.

Where it is not possible to find complying periods D and F (e.g. because the **defrost and recovery period** is long), the minimum size of interval Δt_{DI} and Δt_{FI} (see points c) and d) above) shall be increased in 30 min steps and validity for varying sizes of Periods D and F reassessed for each increase.

Where the size of Periods D and F are increased or the length of Δt_{DI} and Δt_{FI} increased, the first valid value using the sequence specified above shall be used.

Where no complying selections for Periods D and F can be found using the above sequence, the distance from the initiation of the defrost heater or, in the case where there is no defrost heater, after the interruption of the refrigerating system related to the **automatic defrost**, to the nominal centre of the **defrost and recovery period** may be adjusted from the default value of 2 h. The adjusted value shall not be less than 1 h and not more than 4 h and shall be a multiple of 30 min.

EXAMPLE If the distance from the start of the **defrost and recovery period** to the nominal centre of the **defrost and recovery period** was set to 3 h in order to obtain complying data (because the **defrost and recovery period** was long), the **defrost and recovery period** is considered to start at the same time as before but the nominal centre of the **defrost and recovery period** is set at 1 h later.

Where any non-standard parameters are used to select Periods D and F (i.e. they vary from the requirements specified in C.3.1), then this shall be noted in the test report.

Where there are more than two **compartments**, assessment of temperature stability as set out above is required for:

- The largest **unfrozen compartment** and largest **frozen compartment** (where applicable), or
- The largest two **compartments** (where all **compartments** are **frozen** or **unfrozen**).

In cases where there is no **steady state** operation between defrosts, it may not be possible to ever confirm the validity of the **defrost and recovery period** by examining symmetrically placed Periods D and F. An alternative approach (DF2) to deal with such cases is outlined in Annex K, but this should only be used if compliance with Clause C.3 can not normally be achieved.

C.3.3 Case DF1 calculation of values

Where the acceptance criteria in C.3.2 have been met, the determination of additional energy associated with each **defrost and recovery period** is calculated as set out below.

$$\Delta E_{dfj} = (E_{end-F} - E_{start-D}) - \frac{(P_{SS-D} + P_{SS-F})}{2} \times (t_{end-F} - t_{start-D}) \quad (19)$$

where

ΔE_{dfj}	is the additional energy consumed by the refrigerating appliance for defrost and recovery period j in Wh
$E_{start-D}$	is the accumulated energy reading at the start of Period D in Wh
E_{end-F}	is the accumulated energy reading at the end of Period F in Wh
P_{SS-D}	is the average power consumption for Period D in W
P_{SS-F}	is the average power consumption for Period F in W
$t_{start-D}$	is the test time at the start of Period D in h
t_{end-F}	is the test time at the end of Period F in h

NOTE In the above equation, the power for Period D and the power for Period F are averaged. A time weighted average for both periods is not used.

The determination of the temperature change in each **compartment** i associated with the **defrost and recovery period** j is calculated as follows:

$$\Delta Th_{dfj-i} = (t_{end-F} - t_{start-D}) \times \left[(T_{av-startD-endF-i}) - \frac{(T_{av-D-i} + T_{av-F-i})}{2} \right] \quad (20)$$

where

ΔTh_{dfj-i}	is the accumulated temperature difference over time in compartment i (for 1 to n compartments) associated with defrost and recovery in Kh (note that this term may be positive or negative) for defrost and recovery period j
$T_{av-startD-endF-i}$	is the time weighted average temperature in compartment i over the period from the start of Period D to the end of Period F in degrees C (including the defrost and recovery temperature impacts)
T_{av-D-i}	is the average temperature in compartment i that occurs during Period D in degrees C
T_{av-F-i}	is the average temperature in compartment i that occurs during Period F in degrees C
$t_{start-D}$	is the test time at the start of Period D in h
t_{end-F}	is the test time at the end of Period F in h.

For products with a compressor run time defrost controller, the additional compressor run-time associated with **defrost and recovery period** j (over and above the **steady state** run time) (in hours) is calculated as follows:

$$\Delta t_{drj} = (Rt_{end-F} - Rt_{start-D}) - \frac{[(Rt_{end-F} - Rt_{start-F}) + (Rt_{end-D} - Rt_{start-D})]}{(t_{end-F} - t_{start-F}) + (t_{end-D} - t_{start-D})} \times (t_{end-F} - t_{start-D}) \quad (21)$$

where

Δt_{drj}	is the additional compressor run time associated with defrost and recovery period j in h (over and above the steady state compressor run time that would have occurred)
$Rt_{start-D}$	is the total accumulated compressor run time (on period) at the start of period D in h
$Rt_{start-F}$	is the total accumulated compressor run time (on period) at the start of Period F in h
Rt_{end-D}	is the total accumulated compressor run time (on period) at the end of Period D in h
Rt_{end-F}	is the total accumulated compressor run time (on period) at the end of Period F in h
$t_{start-D}$	is the test time at the start of the Period D in h
$t_{start-F}$	is the test time at the start of the Period F in h
t_{end-D}	is the test time at the end of the Period D in h
t_{end-F}	is the test time at the end of the Period F in h.

Care is required not to count defrost heater on time as compressor on time in these calculations (although it is possible that some controllers include the defrost heater operation as run time – each product should be checked to see how it is configured). The value of Δt_{dr} could be zero or negative for continuously running products.

C.4 Number of valid defrost and recovery periods

For Case DF1 and Case DF2 the minimum number of valid **defrost and recovery periods** required for each ambient test temperature in order to calculate a representative value for **defrost and recovery** energy and temperature change is specified below:

Option 1: A valid value of ΔE_{df} shall be determined for each **temperature control setting** used for an energy determination on a single appliance in accordance with 6.8.2 and 6.8.3. The **defrost and recovery period** selected for each **temperature control setting** shall be adjacent to the **steady state** period used for energy determination in Annex B (this may occur before or after the **steady state** period for Case SS1; it shall be before the **steady state** period for Case SS2). The representative value for ΔE_{df} for the appliance shall be the average of all valid values for test points used for energy determination.

Option 2: Where there is more extensive data available for a particular model (either through longer tests or tests on several units of the same model), then the representative value for ΔE_{df} for the appliance shall be the average of at least 4 valid values. In this case at least 50 % of all values of ΔE_{df} shall have the coldest **compartment** at or below **target temperature**. A separate value for ΔE_{df} shall be determined for each **ambient temperature**.

Subject to regional regulations and requirements, Option 1 or 2 may be used.

C.5 Calculation of representative defrost energy and temperature

Calculations of a representative value for **defrost and recovery** energy and **defrost and recovery** temperature changes are given as follows:

$$\Delta E_{df} = \frac{\sum_{j=1}^m \Delta E_{dfj}}{m} \quad (22)$$

where

ΔE_{df} is the representative incremental energy for **defrost and recovery** for the test **ambient temperature**

m is the number of valid **defrost and recovery periods** specified in C.4

ΔE_{dfj} is the incremental energy for each **defrost and recovery period** j (from 1 to m)

$$\Delta Th_{df-i} = \frac{\sum_{j=1}^m \Delta Th_{dfj-i}}{m} \quad (23)$$

where

ΔTh_{df-i} is the representative temperature difference for **defrost and recovery** in **compartment** i (from 1 to n) for the test **ambient temperature**

m is the number of **defrost and recovery periods** specified in C.4

ΔTh_{dfj-i} is the accumulated temperature difference over time for each **defrost and recovery period** j (from 1 to m) in **compartment** i (from 1 to n)

For products with a compressor run time defrost controller, the representative additional compressor run-time associated with a **defrost and recovery period** is calculated as follows:

$$\Delta t_{dr} = \frac{\sum_{j=1}^m \Delta t_{drj}}{m} \quad (24)$$

where

Δt_{dr} is the representative additional compressor run-time associated with a **defrost and recovery period** for the test **ambient temperature**

m is the number of valid **defrost and recovery periods** specified in C.4

Δt_{drj} is the additional compressor run-time associated with **defrost and recovery period** j (from 1 to m)

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62552-3:2015

Annex D (normative)

Defrost interval

D.1 General

This Annex specifies the method to be used to determine the **defrost interval** for **refrigerating appliances** where there are one or more **defrost control cycles**.

The three main types of defrost controllers are as follows:

- Elapsed time – the **defrost interval** is largely independent of ambient conditions or the load on the refrigeration system. These types are less common and the controls for them may be mechanical or electronic.
- Compressor run time – the **defrost interval** is dependent on the hours of operation of the compressor (i.e. a proxy for the load in the refrigeration system). These are relatively common and controllers for these are usually mechanical and only operate effectively where a single speed compressor is used.
- Variable – the **defrost interval** is adjusted under **normal use** by an automatic process that uses an operating condition variable (or variables) other than, or in addition to, elapsed time or compressor run time in order to better match the frost load on the **evaporator** arising from **normal use**. These types are now common and controls for these are usually electronic.

NOTE A defrost controller that directly measures the frost load on the **evaporator** is classified as a **variable defrost** controller.

The intent of this Annex is to establish the basis for operation of the defrost control and to then determine a representative **defrost interval** for each **ambient temperature**. In the case of compressor run time controllers, the **defrost interval** will also be partly affected by the **temperature control setting** when testing at a specified **ambient temperature**. The value determined in accordance with this Annex is then used for the determination of **energy consumption** in accordance with Clause 6.

D.2 Elapsed time defrost controllers

For these controllers, the **defrost interval** remains relatively fixed (in hours) under a wide range of operating conditions. While these types of controls are fairly unusual, they are found in some markets. In most cases the **defrost interval** is less than 24 h.

If the elapsed time controller is accessible, direct measurements may be undertaken in order to determine the actual elapsed time value of the controller. Acceptable tests to directly determine the elapsed time defrost controller period include:

- Direct measurement of the operation of the controller in the product (e.g. measurement of time that voltage is present)
- Operating the run time controller on the bench when removed from the product.

The value marked on an elapsed time controller may not be relevant, for example if a controller is **rated** at 60 Hz and the product operates on 50Hz. Elapsed time controllers of the same **rated** value can vary, but as they are generally a synchronous motor that operates on mains frequency, each controller should be very consistent once the interval has been determined.

If the elapsed time controller is not accessible (or where it is not clear whether the controller is an elapsed time controller) or where the laboratory is not able to directly measure the

controller operation, the value shall be estimated by testing as set out below. Sufficient data shall be collected during tests in accordance with Annex B and C in order to establish a representative average **defrost interval** as set out below. Initially a **defrost interval** is determined for a single test condition, which can be taken at any **ambient temperature** and any **temperature control setting**. At least two additional **defrost intervals** are then determined at other **ambient temperatures** and/or **temperature control settings**. Values for at least three **defrost intervals** shall be determined, with at least one value at an **ambient temperature** of 16 °C and one value at an **ambient temperature** of 32 °C.

Irrespective of whether the time of the elapsed time defrost controller is directly measured or determined via a whole product test, some additional testing should be undertaken at other **ambient temperatures** and/or **temperature control settings**. During these tests the **refrigerating appliance** may be subjected to some user related loads such as door openings and small **processing loads** during these tests. The observed **defrost interval** should be consistent with the measured elapsed time, otherwise it shall be classified as a **variable defrost** controller.

NOTE 1 These tests are to detect whether the elapsed time controller is over-ridden by some other control mechanism during **normal use** conditions.

To qualify as an elapsed time controller, the coefficient of variation (standard deviation divided by the mean) of all measured **defrost intervals** shall be less than 10 % for the three or more **defrost intervals** determined. Where the product does not comply with this requirement, it shall be classified as a **variable defrost** controller.

Care is required to determine whether or not the elapsed time controller advances while the defrost heater is activated – this can depend on individual product design.

NOTE 2 The same timers could be used as used as compressor run time controllers or as elapsed time controllers, depending on how they are configured in the **refrigerating appliance**.

D.3 Compressor run time defrost controllers

For these controllers, the **defrost interval** is defined by the compressor run time alone (or in some cases compressor run time plus time for defrost heater operation). For these controllers, a single speed compressor is used. The **defrost interval** is therefore approximately inversely proportional to the total heat load on the refrigeration system (**ambient temperature** and user loads). The most common defrost run time defrost controllers range from 6 h to 12 h of compressor run time (typically this would result in **defrost intervals** of the order of 12 to 30 h (elapsed time) at elevated **ambient temperatures** and somewhat longer at lower **ambient temperatures**).

If the run time controller is accessible, direct measurements may be undertaken in order to determine the actual run-time value of the controller. Acceptable tests to directly determine the run time defrost controller period include:

- Direct measurement of the operation of the controller in the product (e.g. measurement of time that voltage is present)
- Operating the run time controller on the bench when removed from the product.

The value marked on a compressor run time controller may not be relevant, for example if a controller is **rated** at 60 Hz and the product operates on 50 Hz. Run time controllers of the same **rated** value can vary, but as they are generally a synchronous motor that operates on mains frequency, each controller should be very consistent once the interval has been determined.

NOTE 1 The same timers could be used as used as compressor run time controllers or as elapsed time controllers, depending on how they are configured in the **refrigerating appliance**.

If the run time controller is not accessible (or where it is not clear whether the controller is a run time controller) or where the laboratory is not able to directly measure the controller operation, the value shall be estimated by testing as set out below.

Tests shall be undertaken over a whole **defrost control cycle**, at least one at each **ambient temperature**, in order to verify that it is a run time controller and estimate the value of Δt_{rt} . The period selected shall comply with the following requirements:

- The first defrost shall qualify as a valid defrost as specified in C.3
- The test period shall include at least part of the subsequent **defrost and recovery period** that is initiated automatically without any intervention
- The **temperature control settings** are not changed during the test period
- The appliance is not subjected to any **processing load** or door openings during the test period.

The estimated run time of the compressor run time defrost controller for a given set of test data that complies with these requirements is given by:

$$\Delta t_{rtj} = \Delta t_{crtj} + \Delta t_{dhj} \quad (25)$$

where

Δt_{rtj} is the estimated run time of the compressor run time defrost controller for the test period starting with **defrost and recovery period** j in h

Δt_{crtj} is the measured compressor run time in h from the initiation of **defrost and recovery period** j to the initiation of the subsequent **defrost and recovery period** $j + 1$

Δt_{dhj} if the timer advances during **defrost and recovery period** j , the time in h from when the compressor stops until it restarts during that **defrost and recovery period**; otherwise if the timer does not advance during the **defrost and recovery period**, a value of zero.

Care is required to determine whether or not the compressor run time controller advances while the defrost heater is activated – this can depend on individual product design. If the controller is accessible, this can be checked by measuring the voltage at the run time controller motor while the defrost heater is activated.

Irrespective of whether the run time of the compressor run time defrost controller is directly measured or determined via a whole product test, some additional testing should be undertaken at other **ambient temperatures** and/or **temperature control settings**. During these tests the **refrigerating appliance** may be subjected to some user related loads such as door openings and small **processing loads** during these tests. The observed **defrost interval** should be consistent with the measured run time, otherwise it shall be classified as a **variable defrost** controller.

NOTE 2 These tests are to detect whether the run time controller is over-ridden by some other control mechanism during **normal use** conditions.

Where the value of the run time of the compressor run time defrost controller is directly measured, the measured value of Δt_{rt} shall be used in subsequent calculations.

Otherwise, to qualify as a compressor run time defrost controller, the coefficient of variation (standard deviation divided by the mean) of the estimated values for compressor run time Δt_{rtj} shall be less than 10 % for the **defrost intervals** examined. Where the product does not comply with this requirement, it shall be classified as a **variable defrost** controller. Where the run time is estimated, the value of Δt_{rt} used in subsequent calculations shall be the average of all measured values.

Once confirmed, this value can be used to calculate the actual **defrost interval** for any **temperature control setting**, **ambient temperature** and load processing condition, as a function of the compressor run time. For all **refrigerating appliances** with compressor run time defrost controllers, the percentage run time shall be reported for **steady state** conditions in Annex B and the extra compressor run time (in hours) shall be calculated for **defrost and recovery periods** (in Annex C).

The **defrost interval** for each test condition and **temperature control setting** is given by:

$$\Delta t_{df} = \frac{\Delta t_{rt} - \Delta t_{dr} - \Delta t_{dh}}{CRt_{ss}} + \Delta t_{dxy} \quad (26)$$

where

Δt_{df} is the estimated **defrost interval** (elapsed time) for each **temperature control setting** and **ambient temperature** under test in hours, including the impact of **defrost and recovery**

Δt_{rt} is the stated, measured or estimated run time of the compressor run time defrost controller (in hours)

CRt_{ss} is the compressor run time (as a percentage) during the **steady state** operation for each **temperature control setting** and **ambient temperature** under test as determined in B.3.3 or B.4.3

Δt_{dr} is the representative incremental compressor run time (in hours) for **defrost and recovery** in accordance with Annex C (Clause C.5)

Δt_{dh} is a representative defrost heater on time in h during a **defrost and recovery period** where the timer advances when the defrost heater is operating, otherwise a value of zero

Δt_{dxy} is equal to Δt_{dh} where this is greater than zero, otherwise a representative compressor off time during a **defrost and recovery period**.

D.4 Variable defrost controllers

D.4.1 General

For this type of controller, the **defrost interval** is varied in proportion to the frost load on the **evaporator**. Most systems do not measure the frost load on the **evaporator** directly (but this is possible), so these types of systems are usually controlled by software which uses a number of parameters to indirectly estimate the frost load and adjust the **defrost interval** progressively. After the operation of the defrost heater, the system looks backwards at the relevant parameters during the previous usage period and adjusts the next **defrost interval**, if required, to optimise it and hence minimise the extra energy associated with defrosting. The product therefore may go through a learning sequence during test which progressively adjusts the **defrost interval**.

The intent of Clause D.4 is to estimate a representative **defrost interval** during **normal use** based on a range of parameters declared by the supplier.

Variable defrost controls should have available a range of possible **defrost intervals** that reflect the frost build up on the **evaporator**. If the **defrost interval** is consistently too short, energy is wasted. If the **defrost interval** is too long, the system may have increased **energy consumption** due to the poor heat transfer on the frosted-up **evaporator** and may even have problems removing all frost from the **evaporator**, leading to long term ice accumulation and performance degradation.

For a product to qualify as **variable defrost** under this standard, the **defrost interval** shall vary over a continuum of values (or a significant number of steps, appropriately spaced) that

reflect the frost load on the **evaporator** when subjected to a range of actions associated with **normal use**, subject to any learning period for the **variable defrost** controller.

Variable defrost is a defined term in this standard. Products with defrost controls that exhibit significantly different characteristics during **normal use** from those exhibited under comparable test conditions may be considered to have circumvention devices.

D.4.2 Variable defrost controllers – declared defrost intervals

For the purposes of this standard, the **defrost interval** for these types of controllers is based on a calculation, which is a function of the declared shortest possible **defrost interval** and the declared longest possible **defrost interval** at an **ambient temperature** of 32 °C.

The defrost interval for a variable defrost system is given by:

$$\Delta t_{df32} = \frac{\Delta t_{d-max} \times \Delta t_{d-min}}{[0,2 \times (\Delta t_{d-max} - \Delta t_{d-min}) + \Delta t_{d-min}]} \quad (27)$$

where

Δt_{df32} is the **defrost interval** for an **ambient temperature** of 32 °C

Δt_{d-max} is maximum possible **defrost interval** at an **ambient temperature** of 32 °C as specified by the manufacturer, in hours of elapsed time

Δt_{d-min} is minimum possible **defrost interval** at an **ambient temperature** of 32 °C as specified by the manufacturer, in hours of elapsed time

The following limits are placed on the input variable Δt_{d-max} and Δt_{d-min} , irrespective of instructions:

- Δt_{d-min} is normally greater than 6 h and shall not exceed 12 h at an **ambient temperature** of 32 °C (elapsed time).
- Δt_{d-max} shall not exceed 96 h at an **ambient temperature** of 32 °C (elapsed time).
- Δt_{d-max} shall be greater than Δt_{d-min} at an **ambient temperature** of 32 °C.

The basis for the claim of the minimum possible **defrost interval** Δt_{d-min} shall be the shortest conceivable **defrost interval** under heavy usage conditions (i.e. heavy use, frequent door openings and high humidity) at an **ambient temperature** of 32 °C. Tests under heavy usage conditions to verify the claimed value may be undertaken. The value claimed for the maximum possible **defrost interval** Δt_{d-max} shall be achievable under test conditions with all **compartment** temperatures at or below **target temperatures** in **steady state** (see Annex B) at an **ambient temperature** of 32 °C. Manufacturers shall specify any special conditions required to achieve the claimed value.

Testing at other **ambient temperatures** and with some **processing load** (e.g. door openings) may be undertaken to verify that the defrost controller operates over a continuum of values, or a significant number of steps, appropriately spaced.

The value for Δt_{df16} at an **ambient temperature** of 16 °C shall be double the value of Δt_{df32} .

D.4.3 Variable defrost controllers – no declared defrost intervals (demand defrost)

Where a system is **variable defrost** but where no values for Δt_{d-max} and Δt_{d-min} can be declared by the manufacturer because the defrost controller has a form of demand defrost that directly measures the frost thickness on the **evaporator**, the default values are:

- Δt_{d-min} is 6 h at an **ambient temperature** of 32 °C (elapsed time).
- Δt_{d-max} is 96 h at an **ambient temperature** of 32 °C (elapsed time).

This gives a default value for Δt_{df32} of 24 h and Δt_{df16} of 48 h in Formula (27) and D.4.2 for **variable defrost** controllers that are of the demand defrost type.

NOTE This calculation procedure is used even though the system initiates a defrost solely on the amount of frost built up on the **evaporator** (rather than the use of a timing algorithm).

To qualify as a demand defrost system, the defrost controller shall operate over a continuum of **defrost intervals** in response to changes in the frost load. To qualify for the use of these values, suppliers may be asked to supply technical information on how the demand defrost system operates.

D.4.4 Variable defrost controllers – non compliant

Where a system is nominally **variable defrost** but where:

- no values for Δt_{d-max} and Δt_{d-min} have been provided/stated by the manufacturer and there is no evidence that the controller is demand defrost, or
- a product does not comply with the requirements for a **variable defrost** controller because it does not operate over a continuum of **defrost intervals** (or does not have a significant number of steps, appropriately spaced), or
- the declared values are found to be inconsistent with tested values.

In this case the values for Δt_{df32} and Δt_{df16} are:

- Δt_{df32} is the average of 3 observed **defrost intervals** at an **ambient temperature** of 32 °C with not more than one door opening per hour, but not exceeding 10,0 h
- Δt_{df16} is the average of 3 observed **defrost intervals** at an **ambient temperature** of 16 °C with not more than one door opening per hour, but not exceeding 20,0 h.

Annex E (normative)

Interpolation of results

E.1 General

This Annex specifies the methods that shall be used where two or more results are interpolated in order to estimate a more optimum value of **energy consumption** that would occur if all the **compartments** had been at or below the **target temperatures** specified in Clause 6.

NOTE Interpolation is optional under this standard. A valid value for **energy consumption** can be determined from a single test run with all **compartments** at or below the specified **target temperatures** as specified in 6.3 a).

Two cases for interpolation are permitted in this standard:

- Case 1: linear interpolation between two test points, generally where one **user-adjustable temperature control** is adjusted (more than one control may be adjusted, but in this case there are special checks as set out in Clause E.3).
- Case 2: triangulation using three (or more) test points, where two (or more) **user-adjustable temperature controls** are adjusted.

Both Case 1 and Case 2 have validity requirements associated with them.

The objective of interpolation is to estimate the most optimum **energy consumption** using the information from the test points selected for analysis (the measured energy and **compartment temperatures**). Where there are additional controls that are not used for interpolation, then it may be possible that the resulting estimate of **energy consumption** may not be the most optimum possible. As a general recommendation, **user-adjustable temperature controls** that affect the **compartments** with the largest **volume** or the **compartment** that is the coldest should be used for interpolation in order to obtain the most optimum value for **energy consumption** (the temperature of the largest or coldest **compartment** tends to dominate the **energy consumption**). Where there are two or more **user-adjustable temperature controls** that affect two or more **compartments**, triangulation under Case 2 will generally provide a more optimum estimate of **energy consumption** than linear interpolation under Case 1.

Special conditions apply to the use of both Case 1 and Case 2. These are specified in Clause E.3 and Clause E.4 respectively. Extrapolation to estimate energy values at the **target temperature** where that point does not lie between or enclose the test points selected is not permitted.

Where interpolation is used, the following additional information shall be reported:

- Where results have been measured at two **temperature control settings** for interpolation in accordance with Clause E.3, the **compartment** that is used for interpolation (where interpolation gives a valid result) and the energy-temperature slope of that **compartment** S_i as defined in E.3.3;
- Where results of a product with two **user-adjustable temperature controls** have been measured at three **temperature control setting** combinations for interpolation in accordance with Clause E.4, the value of the coefficients E_0 , A and B (or equivalent);
- Where results of a product with three **user-adjustable temperature controls** have been measured at four **temperature control setting** combinations for interpolation in accordance with Clause E.4, the value of the coefficients E_0 , A , B and C .

E.2 Temperature adjustment prior to interpolation

Where a **refrigerating appliance** has one or more defrost systems (each with its own **defrost control cycle**), the average **compartment** temperature shall be determined in accordance with Formula (3) taking into account the impact of all defrost systems, prior to interpolation.

Calculate the daily **energy consumption** and average temperature in each **compartment** as set out in 6.8.2 for each test point. These resulting values are then used in the interpolation between test points.

E.3 Case 1: linear interpolation – two test points

E.3.1 General

This Clause sets out the method for determining a value of **energy consumption** of a **refrigerating appliance** by interpolation between the results of two test runs where the setting of one or more **user-adjustable temperature controls** are adjusted. The controls adjusted may affect the temperatures of several **compartments** at the same time, so each possible combination shall be checked for validity. Interpolation is performed mathematically.

The value determined by this method is an approximation of the value that would be obtained when the control(s) concerned is (are) adjusted to a setting that brings the temperatures of the **compartments** affected as close as possible to, while not above, the specified **target temperatures** for the **compartment** types for all **compartments**. Where the temperature in several **compartments** change together, the point selected for interpolation is where the first one reaches its **target temperature** (moving from colder to warmer settings).

E.3.2 Requirements

Linear interpolation using results for only two test runs may be undertaken where at least one **compartment** has one test point with a measured temperature that lies above the relevant **target temperature** while the other test point lies below the relevant **target temperature**. During the process of interpolation for two test runs, the temperature in all **compartments** is calculated as each **compartment**, in turn, is set to its **target temperature**. For interpolation to be valid, all **compartments** shall be at or below the **target temperature** at the point of interpolation.

For linear interpolation to be valid, the temperature difference between test runs in each **compartment** used for interpolation shall not exceed 4 K.

For linear interpolation, there are in principle no specific requirements to the relative position of the test points used for interpolation. In all cases, the point of interpolation shall lie between the two measured values for all parameters (energy and temperature). Extrapolation is not permitted under any circumstances. This means that not all combinations of two test points may provide a valid interpolation result. It is therefore good and prudent practice to select one test point with all **compartments** below their **target temperature**. This will ensure a valid result for linear interpolation where a second point is selected with at least some **compartments** temperatures above their **target temperature**.

E.3.3 Calculations

The general approach used for this method of interpolation is to interpolate each **compartment** at its **target temperature** and then to calculate the temperature at that point in all the remaining **compartments**. This process is then applied in turn to each additional **compartment**. The results when each **compartment** is at its **target temperature** are then reviewed and valid interpolation points can be selected where all **compartments** are at or below the **target temperature** for the particular interpolation point.

It is useful to plot the interpolation procedure to better understand the calculation approach. An example is shown in Figure E.1 for a cabinet with four **compartments** with a single result. Figure E2 illustrates an example with two valid values for interpolation while Figure E.3 illustrates an example with no valid values for interpolation.

The following calculation process shall be performed for each **compartment** i , where i runs from letter A, B, C etc. to n and n is the number of **compartments** for test Points 1 and 2.

- 1) Check that $\text{ABS}(T_{i1} - T_{i2})$ is 4 K or less. Where this condition is not met, linear interpolation is not permitted on this **compartment** (points may still be used if both T_{i1} and T_{i2} are below their **target temperature**).
- 2) Calculate the **compartment** interpolation factor f_i for each **compartment** as follows:

$$f_i = \frac{(T_{i-tar} - T_{i1})}{(T_{i2} - T_{i1})} \quad (28)$$

Where

T_{i1} is the measured temperature at test Point 1 in **compartment** i
 T_{i2} is the measured temperature at test Point 2 in **compartment** i
 T_{i-tar} is the **target temperature** for **compartment** type i as set out in Table 1.

In the case f_i is less than 0 or where f_i greater than 1, no valid interpolation on **compartment** i is possible with the combination of test Point 1 and 2. Another combination of test points may be required if T_{i1} and T_{i2} are not both below their **target temperature**.

- 3) Calculate for each of the other **compartments** 1 to j (from letter A, B, C to n) the interpolated temperature T_j , where **compartment** i is at its **target temperature** by:

$$T_j = T_{j1} + f_i \times (T_{j2} - T_{j1}) \quad (29)$$

Where

T_j is the interpolated temperature in **compartment** j when **compartment** i is at target
 T_{j1} is the measured temperature at test Point 1 in **compartment** j
 T_{j2} is the measured temperature at test Point 2 in **compartment** j
 f_i is **compartment** interpolation factor for **compartment** i

- 4) If all T_j values (from letter A, B, C to n) are at or below their respective target values ($T_j \leq T_{j-tar}$) then calculate the interpolated **energy consumption** where **compartment** i is at its **target temperature** by:

$$E_{i-tar} = E_1 + f_i \times (E_2 - E_1) \quad (30)$$

Where

E_{i-tar} is the interpolated **energy consumption** from test Points 1 & 2 when **compartment** i is at its **target temperature**
 E_1 is the measured **energy consumption** at test Point 1 (**temperature control setting** combination 1)
 E_2 is the measured **energy consumption** at test Point 2 (**temperature control setting** combination 2)
 f_j is **compartment** interpolation factor for **compartment** i

After completion of the previous procedure for each **compartment** i there are three possibilities:

- a) For none of the **compartments**, a valid interpolated **energy consumption** has been calculated. This means that Point 1 and 2 do not form a valid combination for interpolation and another combination of test points needs to be measured.
- b) There is one valid interpolated **energy consumption** value found. This value represents the interpolated **energy consumption**.
- c) There are two or more valid interpolated **energy consumption** values found. The minimum value of these represents the interpolated **energy consumption**:

$$E_{linear} = \min_{i=1}^n [E_{i-tar}] \quad (31)$$

Where

E_{linear} is the **energy consumption** determined by linear interpolation

E_{i-tar} is the interpolated **energy consumption** for **compartment** i as given above (invalid values are ignored)

NOTE 1 Where one point has all **compartments** below their **target temperature** and the second point has all **compartments** above their **target temperature**, there can only be a single solution (possibility (b) above). Two solutions can occur, for example, when one point has **compartment** A below its **target temperature** and **compartment** B is above its **target temperature**, and where the second point has **compartment** A above its target and **compartment** B is below its target. The case of two (or more) valid solutions for linear interpolation of two points is relatively unusual. See examples in Annex I for a range of cases.

Where a valid value for interpolation E_{linear} is found using the above method, the following additional information shall be reported with the interpolated energy value:

- The **compartment** i that is used to give a valid value for E_{i-tar} and E_{linear}
- The energy-temperature slope S_i of that **compartment** as given below.

$$S_i = \frac{(E_2 - E_1)}{(T_2 - T_1)} \quad (32)$$

NOTE 2 The value of S_i is normally negative, but this depends on the arrangement of test Points 1 and 2.

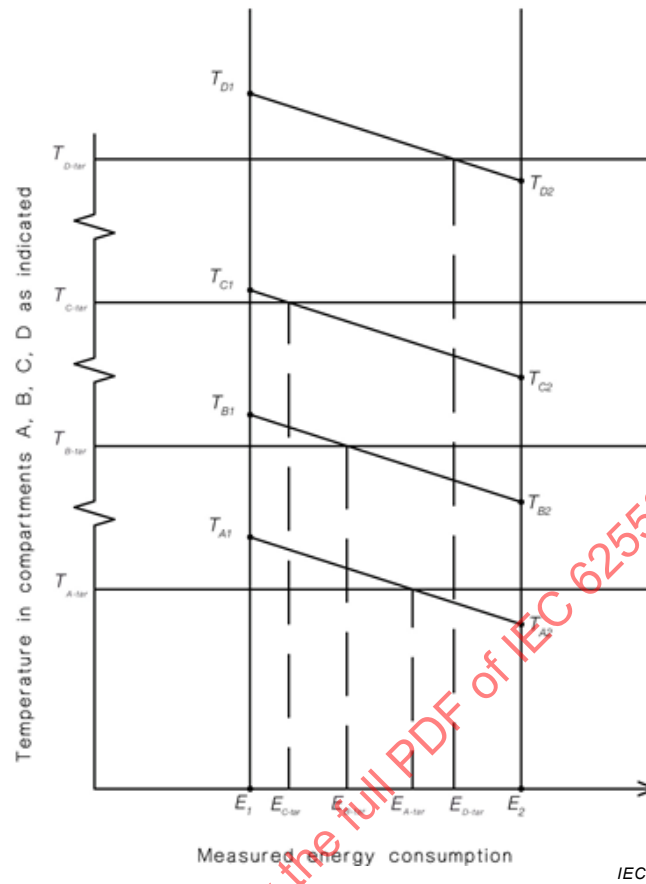


Figure E.1 – Interpolation where temperatures change in multiple compartments (compartment D critical)

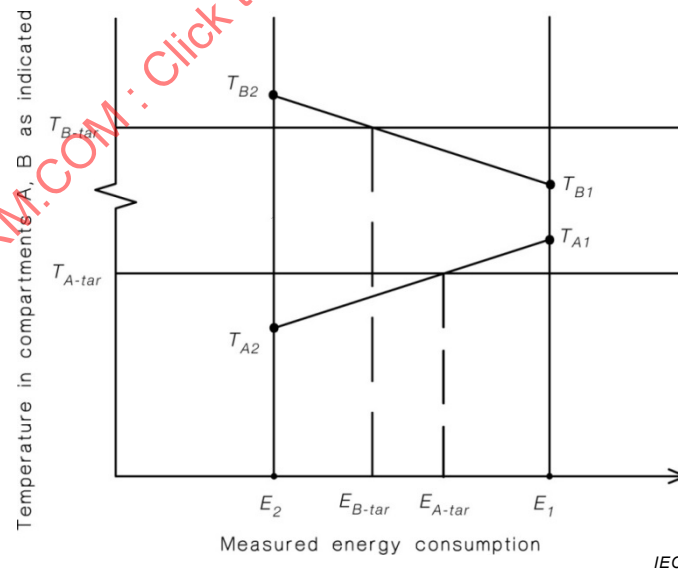


Figure E.2 – Interpolation with valid results in both Compartment A and B

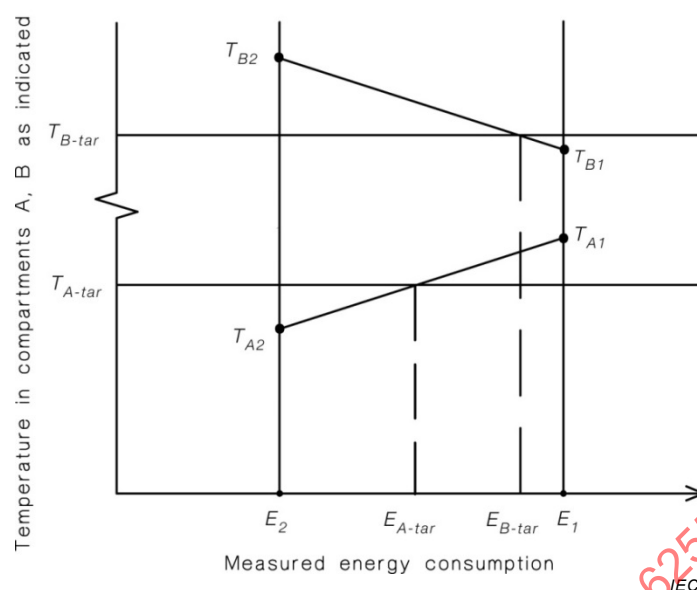


Figure E.3 – Interpolation with no valid results

E.4 Case 2: triangulation – three (or more) test points

E.4.1 General

This Clause sets out the method for determining a more optimum value of **energy consumption** of a **refrigerating appliance** by interpolation using triangulation of three (or more) test runs where the setting of two or more **user-adjustable temperature controls** are adjusted. The controls adjusted may affect the temperatures of several **compartments**, so each possible combination shall be checked for validity. Interpolation is performed mathematically.

The principle is that the three test points selected shall surround the intersection of the **target temperature** locus for both **compartments** being examined, called Point Q, which is the point where the optimum **energy consumption** will be obtained (for the two **compartments** in question). An estimate of the **energy consumption** at Point Q is obtained by a series of linear interpolations.

The value determined by this method is an approximation of the value that would be obtained when the two **compartments** concerned are adjusted to a setting that brings the temperatures of the **compartments** affected as close as possible to, while not above, the specified **target temperatures** for the **compartment** types (at Point Q).

Multi-dimensional triangulation can be performed on three or more **compartments** in a similar fashion, but the mathematics using manual interpolation (as set out in E.4.3) is complicated and is not documented in this standard. However, three or more **compartments** can be interpolated using matrices as set out in E.4.6. Generally, the improvement of the estimate of optimum energy is only small where three or four **compartments** are interpolated as the energy impact of smaller **compartments** usually becomes very small. The likely small improvements in optimum energy have to be weighed against the significant marginal cost obtaining 4 or 5 complying and suitable energy test points (which are required for interpolation on 3 and 4 **compartments** with independent **user-adjustable temperature controls** respectively).

E.4.2 Requirements for two (or more) compartment triangulation

E.4.2.1 General requirements

The temperature in each **compartment** used in interpolation shall lie within the range $T_{tar} \pm 4$ K for all **temperature control setting** combinations selected.

E.4.2.2 Triangulation for a refrigerating appliance with two compartments

The requirements for interpolation using triangulation on a **refrigerating appliance** with only two **compartments** (Case 2-0) are as follows:

- The **refrigerating appliance** shall have two **user-adjustable temperature controls** that affect the temperature in two compartments.
- There shall be a minimum of three **energy consumption** measurements (test points) at three combinations of the **temperature control settings** being adjusted.
- The test points selected for analysis shall form a triangle which encloses the intersection of the **target temperatures** for those two **compartments** (see Figure E.4, Point Q, Formula (33)).

Where these conditions are met, triangulation in accordance with E.4.3 or E.4.4 shall be undertaken.

To verify that Point Q lies inside the triangle enclosed by the three test points, the following values *Check1* and *Check2* are calculated:

$$Check1 = [(T_{B-tar} - T_{B1}) \times (T_{A2} - T_{A1}) - (T_{A-tar} - T_{A1}) \times (T_{B2} - T_{B1})] \times [(T_{B-tar} - T_{B2}) \times (T_{A3} - T_{A2}) - (T_{A-tar} - T_{A2}) \times (T_{B3} - T_{B2})]$$

$$Check2 = [(T_{B-tar} - T_{B2}) \times (T_{A3} - T_{A2}) - (T_{A-tar} - T_{A2}) \times (T_{B3} - T_{B2})] \times [(T_{B-tar} - T_{B3}) \times (T_{A1} - T_{A3}) - (T_{A-tar} - T_{A3}) \times (T_{B1} - T_{B3})]$$

where

- T_{A1} is the measured temperature at test Point 1 in **Compartment A**
- T_{A2} is the measured temperature at test Point 2 in **Compartment A**
- T_{A3} is the measured temperature at test Point 3 in **Compartment A**
- T_{A-tar} is the **target temperature** for **Compartment A**
- T_{B1} is the measured temperature at test Point 1 in **Compartment B**
- T_{B2} is the measured temperature at test Point 2 in **Compartment B**
- T_{B3} is the measured temperature at test Point 3 in **Compartment B**
- T_{B-tar} is the **target temperature** for **Compartment B**

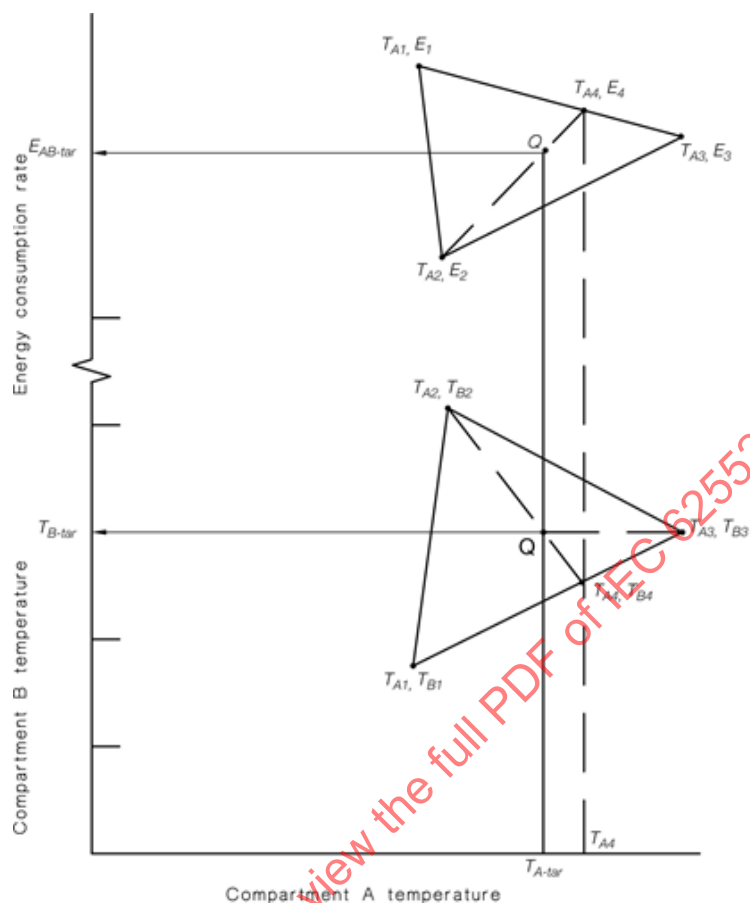
Point Q lies within the triangle formed by Points 1, 2 and 3 if the following inequality is true:

$$IF \{[Check1 \geq 0] \text{ AND } [Check2 \geq 0]\} = \text{TRUE} \quad (33)$$

NOTE This verification procedure is based on the Barycentric coordinate system. It is recommended that these equations be entered into a spreadsheet for regular use to avoid errors. A value of 0 for *Check1* or *Check2* indicates that the Point Q lies exactly on one of the triangle sides and that linear interpolation could yield the same result with less data.

Plotting the test values with the two **compartment** temperatures on the orthogonal axes is recommended and is a useful way of quickly checking that the **target temperature** (Point Q) is within the triangle formed by the three test points. Where any doubt exists, the

mathematical validity set out in Formula (33) takes precedence over any graphical verification procedure.



NOTE Calculation of values for Point 4 is only required in the case of manual interpolation on 2 **compartments**.

Figure E.4 – Schematic representation of interpolation by triangulation

E.4.2.3 Triangulation for a refrigerating appliance with more than two compartments

Where there are more than two **compartments** in a **refrigerating appliance**, there are several possible cases that may apply, depending on the product configuration, the **temperature control setting** combinations selected and the data available.

Case 2-0: Three test points, triangulation on two compartments

See E.4.2.2.

Case 2-1: Three test points, triangulation on two compartments, additional compartments always below target temperature

Where three test points have been selected such that two of the **compartments** meet the requirements of E.4.2.2 and the temperature of all additional **compartments** remain at or below **target temperature** for all three test points, then triangulation in accordance with E.4.2.2 shall be used and no further checks are required.

Case 2-2: Three test points, triangulation on two compartments, additional compartments not always below target temperature

Where three test points have been selected such that two of the **compartments** meet the requirements of E.4.2.2 but the temperature of one or more additional **compartments** does not remain below **target temperature** for all three test points, then the following procedure shall be undertaken:

- a) There shall be three **energy consumption** measurements (test points) at three combinations of the **temperature control settings** being adjusted; and.
- b) The test points for the **compartments** selected for triangulation shall form a triangle which encloses the intersection of the **target temperatures** (see Figure E.4, Point Q, Formula (33)); and
- c) Triangulation of the **compartments** selected shall be in accordance with E.4.4; and
- d) The calculated temperature of all additional **compartments** at Point Q are at or below their relevant **target temperature** as specified in E.4.5 (the temperature in **Compartment C, D** etc. is calculated at Point Q and checked).

Where the above requirements are not met, the following options may yield complying results from the available data:

- e) Select different **compartment** combinations for triangulation and check that the calculated temperature of all additional **compartments** at Point Q are at or below **target temperature** in accordance with a) to d) above; or
- f) Undertake additional testing to obtain more test data that complies with the requirements of Case 2-1 or Case 2-2; or
- g) Undertake linear interpolation in accordance with E.3 for each pair of test points. Where more than one valid result can be obtained using this approach, the minimum value may be selected. While linear interpolation may yield a valid result, this may not be close to the optimum energy (depending on the available data).

Case 2-3: Four test points, triangulation on three compartments, no additional compartment(s) or additional compartment(s) always below target

Where four test points have been selected such that three **compartments** meet the following requirements:

- h) The **refrigerating appliance** shall have three **user-adjustable temperature controls** that affect the temperature in three or more **compartments**; and
- i) There shall be four **energy consumption** measurements (test points) at four combinations of the **temperature control settings** being adjusted; and
- j) The test points selected for analysis shall form a three dimensional triangular pyramid which encloses the intersection of the **target temperatures** for those three **compartments**); and
- k) Triangulation shall be performed using matrices as set out in E.4.6.

Case 2-4: Four test points, triangulation on three compartments, additional compartment(s) not always below target

Where four test points have been selected such that three **compartments** meet the following requirements:

- l) The **refrigerating appliance** shall have three **user-adjustable temperature controls** that affect the temperature in three or more **compartments**; and
- m) There shall be four **energy consumption** measurements (test points) at four combinations of the **temperature control settings** being adjusted; and

- n) The test points selected for analysis shall form a three dimensional triangular pyramid which encloses the intersection of the **target temperatures** for those three **compartments**; and
- o) The calculated temperature of all additional **compartments** at Point Q are at or below their relevant **target temperature** as specified in E.4.6 (the temperature in **Compartment D, E** etc. is calculated at Point Q and checked); and
- p) Triangulation shall be performed using matrices as set out in E.4.6.

E.4.3 Calculations for two compartment triangulation – manual interpolation

The approach used for this method is to undertake a series of linear interpolations to estimate the **energy consumption** at Point Q, where both **compartments** are at their **target temperatures** for **energy consumption** (T_{tar}) as specified in Table 1. Test Points 1, 2 and 3 used for these calculations shall surround the intersection of the **target temperatures** (T_{tar}) for each **compartment**, called Point Q.

An alternative approach using matrices is set out in E.4.4. This does not require the calculation of values for Point 4.

Three steps are manually undertaken in this process:

- Step 1: Calculate the temperature of a new Point 4, which lies at the intersection of the line through Point 2 and Point Q and the line from Point 1 and Point 3.
- Step 2: Calculate the **energy consumption** at Point 4 by linear interpolation of energy between Point 1 and Point 3 (temperatures in **compartment A** or **B** may be used – **compartment A** has been used in the equations below).
- Step 3: Calculate the **energy consumption** at Point Q by linear interpolation of energy between Point 4 and Point 2 (temperatures in **compartment A** or **B** may be used – **compartment A** has been used in the equations below).

The calculations for these three steps are set out below.

The terms used in the following formulae are:

T_{i-tar}	target temperature in compartment i (temperature at Point Q)
T_{i1}	temperature of Point 1 in compartment i (measured value)
T_{i2}	temperature of Point 2 in compartment i (measured value)
T_{i3}	temperature of Point 3 in compartment i (measured value)
T_{i4}	temperature of Point 4 in compartment i (calculated value)
E_1	energy consumption measures at Point 1 (measured value)
E_2	energy consumption measures at Point 2 (measured value)
E_3	energy consumption measures at Point 3 (measured value)
E_4	energy consumption measures at Point 4 (calculated value)

Step 1

For two **compartments A** and **B**, the calculated temperature at Point 4 in **compartment A** is:

$$T_{A4} = \frac{\left[T_{B-tar} - \frac{T_{A-tar} \times (T_{B2} - T_{B-tar})}{(T_{A2} - T_{A-tar})} - T_{B1} + \frac{T_{A1} \times (T_{B3} - T_{B1})}{(T_{A3} - T_{A1})} \right]}{\left[\frac{(T_{B3} - T_{B1})}{(T_{A3} - T_{A1})} - \frac{(T_{B2} - T_{B-tar})}{(T_{A2} - T_{A-tar})} \right]} \quad (34)$$

Care is required if undertaking this calculation by hand. It is recommended to enter these equations into a spreadsheet. The spreadsheet can then be checked using the examples in Annex I before use on test data.

Normally, Formula (33) or a graphical approach is used to check that Point Q lies within the triangle formed by Points 1, 2 and 3. An alternative for manual interpolation check is to ensure that the **target temperature** T_{A-tar} lies between T_{A2} and T_{A4} plus T_{A4} lies between T_{A1} and T_{A3} . Mathematically, this is represented by:

- $T_{A4} < T_{A-tar} < T_{A2}$ or
- $T_{A4} > T_{A-tar} > T_{A2}$

and

- $T_{A1} < T_{A4} < T_{A3}$ or
- $T_{A1} > T_{A4} > T_{A3}$

Step 2

The calculated **energy consumption** at Point 4 using temperature data for Point 4 calculated in Step 1 and test Points 1 and 3 is determined as follows (**compartment A** temperatures are used):

$$E_4 = E_1 + (E_3 - E_1) \times \frac{(T_{A4} - T_{A1})}{(T_{A3} - T_{A1})} \quad (35)$$

Step 3

The calculated **energy consumption** at the **target temperature** using temperature and energy data for Point 4 (calculated in Steps 1 and 2) and test Point 2 is determined as follows (**compartment A** temperatures are used):

$$E_{AB-tar} = E_2 + (E_4 - E_2) \times \frac{(T_{A-tar} - T_{A2})}{(T_{A4} - T_{A2})} \quad (36)$$

E_{AB-tar} is the **energy consumption** at the **target temperature** of **compartments A** and **B** using triangulation.

The order of **compartments A** and **B** does not affect the calculations. Examples are set out in Annex I.

E.4.4 Calculations for two compartment triangulation – matrices

A more efficient mathematical approach to determine the optimum **energy consumption** using interpolation for 3 test points in E.4.3 (manual triangulation) is by the use of matrices. This allows a fast solution and the approach automatically determines the energy – temperature coefficients for each **compartment** (i.e. the energy impact per degree K internal temperature change for each **compartment**, yielding more useful information). This approach can also be used to solve multi-dimensional interpolation for three or more **compartments** as set out in E.4.6.

The first step is to confirm that the data meets the validity requirements for triangulation i.e. the intersection of **target temperatures** for **Compartment A** and **Compartment B** (Point Q) lies within the triangle formed by test Points 1, 2 and 3. This is done using Formula (33) as set out in E.4.2.2.

The basic premise for using matrices for triangulation on two **compartments** is to assume that we have 3 simultaneous equations to describe the 3 test points as follows:

$$E_0 + A \times T_{A1} + B \times T_{B1} = E_1$$

$$E_0 + A \times T_{A2} + B \times T_{B2} = E_2$$

$$E_0 + A \times T_{A3} + B \times T_{B3} = E_3$$

where

T_{Ak} is the temperature in **compartment A** for test point k (1 to 3)

T_{Bk} is the temperature in **compartment B** for test point k (1 to 3)

E_k is the **energy consumption** for test point k (1 to 3)

E_0 is a constant value for the **refrigerating appliance** at the ambient test temperature (in theory this is the **energy consumption** when both **compartments** are at 0 °C, but in practice this is not normally possible to achieve nor accurate) – variable to be solved

A is a constant value for the **refrigerating appliance** at the ambient test temperature that provides an estimate of the influence of the temperature in **compartment A** on the energy consumption – variable to be solved

B is a constant value for the **refrigerating appliance** at the ambient test temperature that provides an estimate of the influence of the temperature in **compartment B** on the energy consumption – variable to be solved

These values can be organised into a matrices as follows:

$$[M_{33}] \times [C_{3I}] = [E_{3I}] \quad (37)$$

where

$[M_{33}]$ is a 3×3 matrix of value of “1” (constant), T_A and T_B for each test point

$[C_{3I}]$ is a 3×1 matrix of E_0 , A and B (constants to be solved)

$[E_{3I}]$ is a 3×1 matrix of E_1 , E_2 and E_3

In longhand this is set out as follows:

$$\begin{bmatrix} 1 & T_{A1} & T_{B1} \\ 1 & T_{A2} & T_{B2} \\ 1 & T_{A3} & T_{B3} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} E_0 \\ A \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \\ E_3 \end{bmatrix}$$

To solve for the unknown constants matrix $[C_{3I}]$, find the solution to the matrix multiplication

$$[M_{33}]^{-1} \times [E_{3I}] = [C_{3I}]$$

The inverse of a 3×3 matrix can be readily programmed into most spreadsheets. Solving for constants A , B and E_0 allows the energy consumption to be estimated for any compartment temperatures (with the proviso that the temperature combination lies inside the triangle). For the **target temperature** in **compartment A** and **compartment B** the energy consumption is given as:

$$E_{AB-tar} = E_0 + A \times T_{A-tar} + B \times T_{B-tar}$$

E.4.5 Checking temperature validity where there are more than two compartments for triangulation

Where a **refrigerating appliance** has more than two **compartments** as specified in E.4.2.3 Case 2-2 (where the temperature of at least one of the additional **compartments** is above its **target temperature** for at least one of the 3 test points), the temperature of these additional **compartments** at the point of interpolation shall be checked for validity prior to the calculation of **energy consumption**.

The validity of the points selected for **Compartments** A and B selected for triangulation shall be checked as specified in E.4.2.2 Formula (33) (i.e. that points surround Q).

The approach shall use matrices for triangulation on the primary two **Compartments** A and B to estimate the temperature in each additional **compartment** at the point of interpolation (Point Q). For the first additional **compartment** (**Compartment** C) the 3 simultaneous equations to describe the 3 test points are as follows:

$$K_C + L_C \times T_{A1} + M_C \times T_{B1} = T_{C1}$$

$$K_C + L_C \times T_{A2} + M_C \times T_{B2} = T_{C2}$$

$$K_C + L_C \times T_{A3} + M_C \times T_{B3} = T_{C3}$$

where

T_{Ak} is the temperature in **Compartment** A for test point k (1 to 3)

T_{Bk} is the temperature in **Compartment** B for test point k (1 to 3)

T_{Ck} is the temperature in **Compartment** C for test point k (1 to 3)

K_C , L_C and M_C are constants to be estimated for **Compartment** C.

$$[M_{33}] \times [C_{C3I}] = [T_{C3I}] \quad (38)$$

where

$[M_{33}]$ is a 3×3 matrix of value of "1" (constant), T_A and T_B for each test point

$[C_{C3I}]$ is a 3×1 matrix of constants for **Compartment** C – K_C , L_C and M_C (constants to be solved)

$[T_{C3I}]$ is a 3×1 matrix of T_{C1} , T_{C2} and T_{C3}

In longhand this is set out as follows:

$$\begin{bmatrix} 1 & T_{A1} & T_{B1} \\ 1 & T_{A2} & T_{B2} \\ 1 & T_{A3} & T_{B3} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} K_C \\ L_C \\ M_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_{C1} \\ T_{C2} \\ T_{C3} \end{bmatrix}$$

To solve for the unknown constants matrix $[C_{C3I}]$, find the solution to the matrix multiplication:

$$[M_{33}]^{-1} \times [T_{C3I}] = [C_{C3I}]$$

The temperature in **Compartment** C is calculated when **Compartment** A and **Compartment** B are at their respective **target temperatures** as follows:

$$T_{Cx} = K_C + L_C \times T_{A-tar} + M_C \times T_{B-tar}$$

For triangulation on **Compartment A** and **Compartment B** to be valid, the following requirement shall be met:

$$T_{C-tar} \geq T_{Cx}$$

Where there are more than 3 **compartments** (**Compartments A, B and C**), the values for each additional **compartment** (**Compartment D, E, F etc.** as applicable) are substituted for **Compartment C** in the above equations and specific values for *K*, *L* and *M* for each additional **compartment** are calculated.

For triangulation on **Compartment A** and **Compartment B** to be valid, the temperature in each additional **compartment** (**Compartment C, D, E, F etc.**) shall be at or below their respective **target temperatures** when **Compartment A** and **Compartment B** are at their respective **target temperatures**.

NOTE It is only necessary to perform checks on **compartments** that have a measured temperature that is above its **target temperature** for one or two of the three test points. **Compartments** that are above their **target temperature** for all three test points will never give a valid result.

E.4.6 Calculations for three compartment triangulation – matrices

The approach with matrices can be readily expanded to cover three dimensional triangulation as well. Where temperatures in *n* **compartments** are simultaneously interpolated, there shall be *n* + 1 test points that surround the intersection of all relevant **target temperatures** for each **compartment** in *n* dimensional space.

Where a **refrigerating appliance** has three **compartments** and four test points obtained from four **temperature control setting** combinations as specified in E.4.2.3 Case 2-3, analysis shall be undertaken using matrices. This approach also applies where all additional **compartments** are at or below their **target temperature** for all four test points (additional **compartments** can be ignored in this case).

For three **compartments**, the test data required would be:

$$E_0 + A \times T_{A1} + B \times T_{B1} + C \times T_{C1} = E_1$$

$$E_0 + A \times T_{A2} + B \times T_{B2} + C \times T_{C2} = E_2$$

$$E_0 + A \times T_{A3} + B \times T_{B3} + C \times T_{C3} = E_3$$

$$E_0 + A \times T_{A4} + B \times T_{B4} + C \times T_{C4} = E_4$$

T_{Ak} is the temperature in **compartment A** for test point *k* (1 to 4)

T_{Bk} is the temperature in **compartment B** for test point *k* (1 to 4)

T_{Ck} is the temperature in **compartment C** for test point *k* (1 to 4)

E_k is the **energy consumption** for test point *k* (1 to 4)

E_0 is a constant value for the **refrigerating appliance** at the ambient test temperature (in theory this is the **energy consumption** when all three **compartments** are at 0 °C, but in practice this is not normally possible to achieve nor accurate) – variable to be solved

A is a constant value for the **refrigerating appliance** at the ambient test temperature that provides an estimate of the influence of the temperature in **compartment A** on the energy consumption – variable to be solved

B is a constant value for the **refrigerating appliance** at the ambient test temperature that provides an estimate of the influence of the temperature in **compartment B** on the energy consumption – variable to be solved

C is a constant value for the **refrigerating appliance** at the ambient test temperature that provides an estimate of the influence of the temperature in **compartment C** on the energy consumption – variable to be solved

These values can be organised into matrices as follows:

$$[M_{44}] \times [C_{41}] = [E_{41}] \quad (39)$$

$[M_{44}]$ is a 4×4 matrix of 1 (constant), T_A , T_B and T_C for each test point

$[C_{41}]$ is a 4×1 matrix of E_0 , A , B and C (constants to be solved)

$[E_{41}]$ is a 4×1 matrix of E_1 , E_2 , E_3 and E_4 .

Solving for constants A , B , C and E_0 allows the energy consumption to be estimated for any compartment temperatures (with the proviso that the temperature combination lies inside the triangular prism). For the **target temperature** in **compartment A**, **compartment B** and **compartment C** the energy consumption is given as:

$$E_{ABC-tar} = E_0 + A \times T_{A-tar} + B \times T_{B-tar} + C \times T_{C-tar}$$

Checks are required to ensure that all 4 points fully surround the Point Q in three dimensional space. The approach below sets out a mathematical way to confirm that the data is valid.

Firstly, we define the 4 vertices of the tetrahedron in 3 dimensional space as a function of the 4 sets of temperature measurements as follows:

Vertex 1 = T_{A1} , T_{B1} , T_{C1}

Vertex 2 = T_{A2} , T_{B2} , T_{C2}

Vertex 3 = T_{A3} , T_{B3} , T_{C3}

Vertex 4 = T_{A4} , T_{B4} , T_{C4}

We want to check that Point Q (in this case, T_{A-tar} , T_{B-tar} , T_{C-tar}) is inside the tetrahedron.

To do this, calculate the Determinant of each of the following five matrices:

$$D_0 \text{ for } \begin{vmatrix} T_{A1} & T_{B1} & T_{C1} & 1 \\ T_{A2} & T_{B2} & T_{C2} & 1 \\ T_{A3} & T_{B3} & T_{C3} & 1 \\ T_{A4} & T_{B4} & T_{C4} & 1 \end{vmatrix}$$

$$D_1 \text{ for } \begin{vmatrix} T_{A-tar} & T_{B-tar} & T_{C-tar} & 1 \\ T_{A2} & T_{B2} & T_{C2} & 1 \\ T_{A3} & T_{B3} & T_{C3} & 1 \\ T_{A4} & T_{B4} & T_{C4} & 1 \end{vmatrix}$$

$$D_2 \text{ for } \begin{vmatrix} T_{A1} & T_{B1} & T_{C1} & 1 \\ T_{A-tar} & T_{B-tar} & T_{C-tar} & 1 \\ T_{A3} & T_{B3} & T_{C3} & 1 \\ T_{A4} & T_{B4} & T_{C4} & 1 \end{vmatrix}$$

$$D_3 \text{ for } \begin{vmatrix} T_{A1} & T_{B1} & T_{C1} & 1 \\ T_{A2} & T_{B2} & T_{C2} & 1 \\ T_{A\text{-tar}} & T_{B\text{-tar}} & T_{C\text{-tar}} & 1 \\ T_{A4} & T_{B4} & T_{C4} & 1 \end{vmatrix}$$

$$D_4 \text{ for } \begin{vmatrix} T_{A1} & T_{B1} & T_{C1} & 1 \\ T_{A2} & T_{B2} & T_{C2} & 1 \\ T_{A3} & T_{B3} & T_{C3} & 1 \\ T_{A\text{-tar}} & T_{B\text{-tar}} & T_{C\text{-tar}} & 1 \end{vmatrix}$$

NOTE The Determinant of a matrix can be readily programmed into most spreadsheets (for example the function MDETERM in Excel calculates this value).

As a check $D_0 = D_1 + D_2 + D_3 + D_4$

If D_1 and D_2 and D_3 and D_4 are the same sign as D_0 , then Point Q is inside of the tetrahedron.

If $D_0 = 0$ then the points are a plane (not a tetrahedron)

If D_1, D_2, D_3 or $D_4 = 0$ then Q lies on that face of the tetrahedron (this is still a valid result).

The general approach can be expanded to apply to five points for four compartments.

The approach can also be contracted to assess three points for two compartments as follows (this is technically the same approach as set out in E.4.2.2, but in a long hand form):

To do this, calculate the Determinant of each of the following four matrices:

$$D_0 \text{ for } \begin{vmatrix} T_{A1} & T_{B1} & 1 \\ T_{A2} & T_{B2} & 1 \\ T_{A3} & T_{B3} & 1 \end{vmatrix}$$

$$D_1 \text{ for } \begin{vmatrix} T_{A\text{-tar}} & T_{B\text{-tar}} & 1 \\ T_{A2} & T_{B2} & 1 \\ T_{A3} & T_{B3} & 1 \end{vmatrix}$$

$$D_2 \text{ for } \begin{vmatrix} T_{A1} & T_{B1} & 1 \\ T_{A\text{-tar}} & T_{B\text{-tar}} & 1 \\ T_{A3} & T_{B3} & 1 \end{vmatrix}$$

$$D_3 \text{ for } \begin{vmatrix} T_{A1} & T_{B1} & 1 \\ T_{A2} & T_{B2} & 1 \\ T_{A\text{-tar}} & T_{B\text{-tar}} & 1 \end{vmatrix}$$

As a check $D_0 = D_1 + D_2 + D_3$

If D_1 and D_2 and D_3 are the same sign as D_0 , then Point Q is inside of the triangle.

If $D_0 = 0$ then the points are a line (not a triangle).

If D_1, D_2 or $D_3 = 0$ then then Point Q lies on that side of the triangle.

Where a **refrigerating appliance** has more than three **compartments** and these are not always at or below their **target temperature** as specified in E.4.2.3 Case 2-4, the temperature of these additional **compartments** at the point of interpolation shall be checked for validity prior to the calculation of **energy consumption**. The general approach is similar to that set out in E.4.5.

The approach shall use matrices for triangulation on the primary three **Compartments** A, B and C to estimate the temperature in each additional **compartment** at the point of interpolation (Point Q). For the first additional **compartment** to be checked (**Compartment D**) the 4 simultaneous equations to describe the 4 test points are as follows:

$$K_D + L_D \times T_{A1} + M_D \times T_{B1} + N_D \times T_{C1} = T_{D1}$$

$$K_D + L_D \times T_{A2} + M_D \times T_{B2} + N_D \times T_{C2} = T_{D2}$$

$$K_D + L_D \times T_{A3} + M_D \times T_{B3} + N_D \times T_{C3} = T_{D3}$$

$$K_D + L_D \times T_{A4} + M_D \times T_{B4} + N_D \times T_{C4} = T_{D4}$$

Matrices are then used to solve for constants K_D , L_D , M_D and N_D . The temperature of **Compartment D** is then checked when **Compartments** A, B and C are at their **target temperatures**. **Compartment D** must be at or below **target temperature** at this point for the triangulation to be valid. This process is then undertaken on any additional **Compartments** E, F etc. that are not always below their **target temperature** for all test points.

In theory, the general approach of using matrices could be expanded to cover 4 or 5 dimension interpolations (requiring 5 or 6 suitable test points). In practical terms, there is likely to be little additional value beyond interpolation for 2, or sometimes 3, **compartments**.

Examples of calculations for triangulation are set out in Annex I.

Annex F (normative)

Energy consumption of specified auxiliaries

F.1 Purpose

This Annex sets out the requirements for the determination of **energy consumption** of specified auxiliaries. The auxiliaries that are specified in this standard are ambient controlled anti-condensation heaters and tank-type automatic icemakers.

NOTE Other types of specified auxiliaries may be included in future.

Where a **refrigerating appliance** does not contain specified auxiliaries, no testing in accordance with this Annex is required.

F.2 Ambient controlled anti-condensation heaters

F.2.1 Outline of the method

The power consumption of the appliance is measured as specified in this Annex with any automatically controlled electric anti-condensation heaters switched off or otherwise disabled, where possible.

The supplier declares that an ambient controlled anti-condensation heater is included in the **refrigerating appliance** and provides data regarding the heater operation as a function of a wide range of ambient humidity and **ambient temperature** conditions, as applicable, as set out in Table F.1. Where a product has a user-adjustable setting that can change the power of the automatic ambient controlled anti-condensation heater, values at the highest and lowest power shall be reported as set out in F.2.8.

If a product has any ambient controlled anti-condensation heater which is not declared by the manufacturer, these may be treated as circumvention devices.

For declared auxiliaries, the power that the heater would use under local regional operating conditions can be synthesized using the distribution of these ambient conditions over a year (share of time at each combination of conditions, based on analysis of regional climate data). The resulting average annual power consumption is multiplied by a system loss factor to compensate for the extra refrigeration power that would be required to remove a portion of the heat from the heater that leaks into the **refrigerating appliance**. The total energy (corrected by the system loss factor) is then added to the estimated annual **energy consumption** for the region. The assumed system loss factor in this standard is 1,3.

NOTE The system loss factor is based on empirical measurements.

The operation of the anti-condensation heater can be verified through specific tests in a range of conditions to ensure that the manufacturer declaration is accurate.

Laboratories should check that the measured or implied values of heater power for different temperatures and humidity levels are consistent with the claimed heater power provided by the manufacturer in Table F.1.

F.2.2 Measurement procedure

Where specific measurements are required to confirm or check the operation of ambient controlled anti-condensation heater, these shall generally be conducted in accordance with Annex A and Annex B.

F.2.3 Data requirements

For products with an ambient controlled anti-condensation heater, the manufacturer is required to hold documentation on the operation of the heater power as a continuous or step function of **ambient temperature** and ambient humidity.

In order to calculate the energy impact of ambient controlled anti-condensation heaters in accordance with this international standard, the data on the operation of the heater power has to be converted into power data for a range of ambient humidity and temperature values. Typically this is in the format of a table of average power of the anti-condensation heater for each of the specified 10 humidity bands and the 3 specified **ambient temperatures**. If other factors in addition to humidity and/or temperature can affect the operation of the ambient controlled anti-condensation heater(s), these parameters are also required.

The **ambient temperature** values for calculation of anti-condensation heater energy in this international standard are 16 °C, 22 °C and 32 °C.

While the specified core ambient conditions are considered adequate to accurately estimate the **energy consumption** of such heaters under most conditions, some regions may wish to specify additional temperatures. The core temperatures are of most interest because at 16 °C and 32 °C they are energy test temperatures (and represent range of typical usage in many regions) and 22 °C is a typical indoor temperature for conditioned spaces.

An example of the format of the product heater data to be provided for the core **ambient temperatures** is set out in the last three columns of Table F.1.

F.2.4 Regional weather data

In order to undertake the required calculations for the operation of the ambient controlled anti-condensation heater(s), regions are required to prepare a map of probability of temperature and humidity data which is relevant for their local indoor conditions. Population-weighted probabilities should be used where possible. The intent is to provide a distribution that is most representative of annual indoor operating conditions that the **refrigerating appliance** is likely to encounter during **normal use**.

NOTE Obtaining representative indoor temperature and humidity data for a region can be onerous. The temperature distribution depends on the climate and the extent of indoor climate control used (heating and/or cooling). Some analysis has shown that indoor absolute humidity levels are broadly equivalent to outdoor absolute humidity levels (noting that these need to be corrected for temperature differences when calculating relative humidity levels).

An example of the format of the regional indoor data to be provided is set out in columns three, four and five of Table F.1.

Regions may choose to not use all of the three **ambient temperatures** specified in Table F.1. Regions may use additional **ambient temperatures** beyond those specified in Table F.1.

F.2.5 Calculation of power consumption

The data as set out in Table F.1 should be supplied.

NOTE Regional values (R_1 to R_{30}) are normally defined by the relevant regional authority. Power values that are specific to these regional values (P_{H1} to P_{H30} for bins R_1 to R_{30}) are normally provided by the product supplier or manufacturer.

It is generally recommended that the values of all humidity bins across all indoor **ambient temperatures** sum to a value of 1 (100 %) to assist in checking of data (i.e. sum of R_1 to R_{30} = 1). This requires the humidity bins at each **ambient temperature** to be weighted by the share of time at each **ambient temperature**.

Table F.1 – Format for temperature and humidity data – ambient controlled anti-condensation heaters

Relative Humidity	RH band mid-point	Probability at 16 °C	Probability at 22 °C	Probability at 32 °C	Heater W at 16 °C	Heater W at 22 °C	Heater W at 32 °C
0 to 10 %	5 %	R_1	R_{11}	R_{21}	P_{H1}	P_{H11}	P_{H21}
10 to 20 %	15 %	R_2	R_{12}	R_{22}	P_{H2}	P_{H12}	P_{H22}
20 to 30 %	25 %	R_3	R_{13}	R_{23}	P_{H3}	P_{H13}	P_{H23}
30 to 40 %	35 %	R_4	R_{14}	R_{24}	P_{H4}	P_{H14}	P_{H24}
40 to 50 %	45 %	R_5	R_{15}	R_{25}	P_{H5}	P_{H15}	P_{H25}
50 to 60 %	55 %	R_6	R_{16}	R_{26}	P_{H6}	P_{H16}	P_{H26}
60 to 70 %	65 %	R_7	R_{17}	R_{27}	P_{H7}	P_{H17}	P_{H27}
70 to 80 %	75 %	R_8	R_{18}	R_{28}	P_{H8}	P_{H18}	P_{H28}
80 to 90 %	85 %	R_9	R_{19}	R_{29}	P_{H9}	P_{H19}	P_{H29}
90 to 100 %	95 %	R_{10}	R_{20}	R_{30}	P_{H10}	P_{H20}	P_{H30}

The heater power can be calculated as follows:

$$W_{heaters} = \left[\sum_{i=1}^k (R_i \times P_{Hi}) \right] \times 1,3 \quad (40)$$

where

$W_{heaters}$ is the annual average additional power consumption associated with the ambient controlled anti-condensation heater

R_i is a regional factor to indicate the probability of the i th temperature and humidity bin in Table F.1

P_{Hi} is the average heater power associated with the i th temperature and humidity bin in Table F.1

k is the total number of temperature and humidity bins used (= 30 if all bins in Table F.1 are used)

1,3 is the assumed loss factor (is the energy used by the heater (1,0) plus a loss component of 0,3 to account for heat leakage into the **compartment** and its subsequent removal by the refrigeration system)

Some regions may wish to specify fewer or additional **ambient temperature** bins.

F.2.6 Where anti-condensation heater(s) cannot be disabled but their power consumption can be measured directly

The measured power of the automatically controlled anti-condensation heater(s) from the test run(s) when the **compartment** temperatures were closest to target shall be multiplied by 1,3 (the system loss factor) and shall be deducted from the interpolated energy test result. The power that the heater(s) would use at the required **ambient temperatures** and humidity levels is then synthesized and added to the test result in exactly the same way as for models where the heater(s) have been disabled.

Laboratories should check that the measured values of heater power for different temperatures and humidity levels are consistent with the claimed heater power provided by the manufacturer in Table F.1.

F.2.7 Where anti-condensation heater(s) cannot be disabled and their power consumption cannot be measured directly

The relative humidity of the test room shall be measured during an energy test. The claimed wattage of the automatically controlled anti-condensation heater(s) at that ambient and humidity shall be multiplied by 1,3 (the system loss factor) and shall be deducted from the interpolated energy test result. The power that the heater(s) would use at 16 °C, 22 °C and 32 °C and ten humidity band mid-points is then synthesized and added to the test result in exactly the same way as for models where the heater(s) have been disabled.

Laboratories should check that the implied values of heater power for different temperatures and humidity levels are consistent with the claimed heater power provided by the manufacturer in Table F.1.

F.2.8 Where anti-condensation heater(s) has a user-adjustable setting

Where the product has a user-adjustable setting that affects the power used by the anti-condensation heaters, which are otherwise automatically controlled in response to ambient conditions, the **energy consumption** at the highest and lowest energy value selectable by the user (in accordance with the rules for a manually switched heater) shall be calculated and separately reported. The approach set out in F.2.5, F.2.6 or F.2.7, as applicable, shall be used to determine the highest and lowest values for the anti-condensation heaters.

F.3 Automatic icemakers – energy to make ice

F.3.1 General

Automatic icemakers are split into two different types:

- Mains water connected – where fresh water from an external source is connected to the **refrigerating appliance**;
- Tank type – where fresh water is used from an internal tank which is filled by the user when it is empty.

NOTE Test methods for mains water connected ice makers are under consideration.

F.3.2 Tank type automatic icemakers

F.3.2.1 Purpose

The purpose of this test is to quantify the incremental energy required to make a defined quantity of ice in a tank type automatic icemaker. This subclause F.3.2 sets out:

- A description of the procedure
- Defines the preparation set up and starting conditions
- Assessment of when the test is completed
- Measurements and calculations to be performed
- Values to be reported.

Conceptually this test is similar to the **load processing efficiency** test defined in Annex G, but it only covers the ice making component for products that have an automatic ice maker and that use a tank water supply.

Where the **energy consumption** to make ice is stated or claimed for a tank type automatic ice maker in accordance with this standard, the procedure specified in this Annex shall be used.

F.3.2.2 General description

Tank type icemakers have a water storage tank in an **unfrozen compartment**. The icemaker continues to make ice until either the ice making bin (often configured as a separate external drawer) is full or the tank reaches its minimum water level (no more water can be pumped out beyond this level). For the ice making test, the ice making bin is emptied and a small amount of water is added to the tank so it makes ice and the water falls to the minimum water level of its own accord. The appliance is then operated under **steady state** conditions. At the start of the test, a specified amount of water at **ambient temperature** is added (default is 300 g or 0,300 kg). The appliance makes ice automatically until the minimum water level is again reached of its own accord. Measurements during this test are used to determine the additional energy used to make ice.

F.3.2.3 Test conditions

This test is undertaken in accordance with the requirements for a normal energy test, except that the product is configured to permit the making of ice in its automatic icemaker. This test is usually undertaken adjacent to (following or prior to) a normal **energy consumption** test. The test is conducted at **ambient temperatures** of 16 °C and 32 °C.

F.3.2.4 Set-up, equipment and preparation

Where a tank type automatic ice making test is used as the basis for a manufacturer claim, the average temperature of all **compartments** that are used to store water and make/store ice shall be at or below the relevant **target temperatures** specified in 5.1.

NOTE 1 All temperatures specified in this subclause are for **steady state** conditions and do not include the temperature impact of any **defrost and recovery period** (where applicable).

For verification tests, the temperatures of the ice making bin and the **fresh food compartments** (the **compartment** where the tank is stored) shall be within ± 1 K of the relevant **target temperature**. Alternatively, the results of two ice making tests can be interpolated to the **target temperature** of the **fresh food compartment** while controls for other **compartments** are not adjusted.

NOTE 2 Typically, this test is conducted after an energy test under the same general conditions.

A set of scales is required to measure the mass of the water tank at the start and the end of the test.

The ice storage bin shall be emptied and largely free of ice. The automatic sensor that controls whether ice is made is allowed to operate normally.

While the appliance is operating, add water (about 100 g more than the minimum water level – sufficient to ensure that some ice can be made). The tank is put in its normal position and it is allowed to operate normally and make ice until the tank reaches its minimum water level and no more ice can be made. The appliance is then allowed to operate under **steady state** conditions for at least 6 h.

No short term settings, controls or functions may be initiated or changed during preparation or during the making of ice for the test.

If not limited by the **volume** of the tank or the capacity of the ice storage bin, the mass of ice to be made is 300 g (0,300 kg), unless otherwise specified in regional requirements or test conditions.

Water to be inserted into the tank at the start of the test shall be measured out into a 500 g PET bottle and shall be stored in the test room, which is operating at the relevant **ambient temperature**, for a period of no less than 15 h prior to the commencement of the ice making test. Refer to Annex G for a PET bottle specification.

F.3.2.5 Start of the test

For **refrigerating appliances** without any **defrost control cycle**, the ice making test shall be preceded by a period of operation, at the **temperature control setting** used for the ice making test, that could qualify as a valid energy test period in accordance with Clause B.3.

For a **refrigerating appliance** with one or more defrost systems (each with its own **defrost control cycle**) the ice making test shall be preceded by:

- An energy test period that complies with Clause B.3 at the **temperature control setting** used for the ice making test; or
- An energy test period that complies with Clause B.4 at the **temperature control setting** used for the ice making test; or
- A **defrost and recovery period** that complies with Clause C.3 at the **temperature control setting** used for the ice making test (as applicable).

For all product types, the **temperature control settings** shall remain unchanged for the duration of the ice making test.

For simple products with regular compressor cycles, a compressor on event can be taken as the start of the ice making test. For more complex products, a temperature maximum in the **compartment** that dominates the **energy consumption** can be taken as the start of the ice making test (see Annex B for more guidance). Where the tank is inserted during the **defrost and recovery period**, the start of the test is defined as the start of that **defrost and recovery period**.

NOTE Filling the water tank during the **defrost and recovery period** (prior to establishment of **steady state** conditions) is generally not recommended.

The door to the **compartment** where the tank is stored is opened at the relevant point as defined above in order to fill the tank. The door shall be left open at an angle of at least 90 degrees from the closed position for a duration that is as close as possible to one minute (± 5 s). Where there are two doors provided to access the **compartment** where the tank is stored, both doors shall be opened together. During this one minute period:

- Where the tank is removable:
 - Measure and record the total mass of the tank and residual water.
 - Add the water from the PET bottles at **ambient temperature** to the tank
 - Measure and record the total mass of the tank and water again.
 - Put the tank back into its normal position.
- Where the tank is not removable:
 - Measure the mass of water added to the tank.
- Close the door.
- Allow the appliance to start making ice normally.

F.3.2.6 End of the test

The ice making test is concluded when a period of stable operation has been reached after the ice has been made and the tank is down to its minimum water level. The test period concludes at the end of a complete **temperature control cycle**. The **temperature control settings** shall remain unchanged for the duration of the ice making test.

The testing for the ice making test for a **refrigerating appliance** without any defrost system (each with its own **defrost control cycle**) shall be completed with an energy test period that complies with Clause B.3.

The testing for the ice making test for a **refrigerating appliance** with one or more defrost systems (with its own **defrost control cycle**) is completed with an energy test period that complies with:

- Clause B.3 (including validity requirements), or
- Clause B.4 (including validity requirements) which terminates with a **defrost and recovery period** that complies with the validity requirements of C.3 (as applicable).

For **refrigerating appliances** with one or more **defrost control cycles**, any **defrost and recovery period** that occurs during the ice making test (i.e. before all ice has been made and **steady state** conditions established) shall be allowed to continue to completion. The end of the ice making test is when **steady state** conditions are reached and after the completion of a valid **defrost and recovery period** as specified above.

Once the above conditions have been established, the door is opened and the tank is removed and weighed. The final mass of the tank and the residual water is recorded. The approximate mass of ice at the end of the test and quality of the ice cubes should be noted. Where the tank cannot be removed, the mass of additional ice made during the test shall be recorded.

The following additional validity criterion applies to the measured parameters at the start (prior to insertion of the water) and the stability period at the end of the automatic ice making test:

- The difference of the **steady state** power P_{SSM} shall not exceed 5 % or 2 W, whichever is the greater value.

In the case where the initial validity is determined using a defrost under Clause C.3 (refer F.3.2.5) because the validity to Clause B.3 or Clause B.4 cannot be established (e.g. due to insufficient test time), the initial **steady state** power P_{SSM} above is taken as the average power of Period D and Period F (Case DF1 in Clause C.3).

In the case of a **refrigerating appliance** with one or more defrost systems (each with its own **defrost control cycle**), where the above conditions are not met, the appliance shall be operated until the next **defrost and recovery period** has been completed and a new **steady state** condition established and assessed against this criterion.

If this validity criterion cannot be met after a subsequent defrost, the test shall be repeated. The result of the repeated test is used to determine the **energy consumption** for the ice making test. Remove the ice made from the previous test after **steady state** operation is established and weigh the ice. The door opening time should not exceed 20 s. Start the ice making test again, commencing with the **temperature control cycle** after the **temperature control cycle** where the ice was taken out. For **refrigerating appliances** with one or more **defrost control cycles**, any **defrost and recovery period** that occurs during the automatic ice making test (i.e. before the ice has been fully completed and **steady state** conditions established) shall be allowed to continue to completion.

The end of the automatic ice making test is when **steady state** conditions are reached and after the completion of a valid **defrost and recovery period** as specified above.

For this type of icemaker, it is assumed that all of the water pumped out of the tank is turned into ice in the ice making bin. The bin should be inspected to ensure that suitable ice cubes have been formed. It is recommended that the mass of ice formed be measured approximately (noting that some small shards and pieces of ice may be hard to remove). If there appears to be a significant discrepancy in the amount of ice formed (remembering that some ice will be made prior to the start of the test), the product should be examined closely ensure that there are no leaks or other paths for the water from the tank. The main factor that can influence the power before and after automatic ice making is a change of heater operation associated with ice making equipment. Analysis has shown that, within the validity limits set out below, these effects are small and can usually be ignored.

F.3.2.7 Calculations

The mass of ice formed during the test is determined as:

$$M_{ice-test} = M_{water-added} + M_{initial-tank} - M_{final-tank} \quad (41)$$

The principle used to quantify the additional energy used to make ice is to establish a period of **steady state** operation after all the ice has been made. The additional energy is then calculated as the difference between the actual **energy consumption** from the start of the ice making test (at the point of tank input) to the end of the **steady state** period (P_{after}) completion minus the power that would have been consumed over the same period if the power consumption had been at the **steady state** power (P_{after}) for the same period.

If one (or more) **defrost and recovery period(s)** has occurred during the ice making test, the energy associated with representative **defrost and recovery** at the test temperature as determined in accordance with Annex D is subtracted from the additional energy.

The additional energy to make the specific quantity of ice made during the test is given by:

$$\Delta E_{ice-test} = (E_{end} - E_{start}) - P_{after} \times (t_{end} - t_{start}) - z \times \Delta E_{df} \quad (42)$$

where

- $\Delta E_{ice-test}$ is the additional energy consumed by the **refrigerating appliance** to make the specific quantity of ice made during the test in Wh
- E_{start} is the accumulated energy reading at the start of the ice making test as defined in F.3.2.5 in Wh
- E_{end} is the accumulated energy reading at the ice making test as defined in F.3.2.5 in Wh
- P_{after} is the **steady state** power consumption that occurs after all ice has been made during the valid energy test period (B.3 or B.4) as defined in F.3.2.6 in W
- t_{start} is the test time at the start of the ice making test as defined in F.3.2.5 in hours
- t_{end} is the test time at the end of ice making test as defined in F.3.2.6 in hours
- ΔE_{df} is the additional **energy consumption** associated with a **defrost and recovery period** as determined in accordance with Annex C (C.5)
- z is a factor that equals the number of **defrost and recovery periods** that occur during and prior to the completion of the ice making load test. This value is zero for **refrigerating appliances** without a defrost system (with its own **defrost control cycle**) or where no **defrost and recovery period** occur during the ice making test.

The normalised additional **energy consumption** to make 1 kg is then calculated from the test data as follows:

$$\Delta E_{kg-ice} = \frac{\Delta E_{ice-test}}{M_{ice-test}} \quad (43)$$

where

- ΔE_{kg-ice} is the additional energy consumed by the **refrigerating appliance** to make 1 kg of ice in Wh
- $\Delta E_{ice-test}$ is the additional energy consumed by the **refrigerating appliance** to make the specific quantity of ice made during the test in Wh
- $M_{ice-test}$ is the mass of water turned into ice during the test in kg.

The following calculations are optional and can be used to provide a common benchmark of the ice making efficiency of the appliance.

The energy to change the water added to ice for the specific quantity of ice made during the test can be calculated as follows:

$$E_{ice-enthalpy} = \frac{[M_{ice-test} \times (4,186 \times T_{amb} + 333,6 - T_{ice} \times 2,05)]}{3,6} \quad (44)$$

where

$E_{ice-enthalpy}$ is the energy removed from the water load to make the specific quantity of ice made during the test in Wh (as defined by physics)

$M_{ice-test}$ is the mass of water turned into ice during the test in kg

T_{ice} is the average temperature of ice making bin after the ice making test is completed in °C (this shall be less than 0 °C)

T_{amb} is the average ambient air temperature for the 6 h period before water is added to the tank (initial water temperature) in °C

4,186 is a factor for enthalpy change of water in kJ/(kg·K) (while unfrozen)

2,05 is a factor for enthalpy change of water in kJ/(kg·K) (while frozen)

333,6 is a factor for enthalpy water phase change in kJ/kg (water to ice)

3,6 is a factor to convert kJ to Wh (s/h × 10⁻³).

NOTE 1 The units of mass above are kg, whereas g are used in many places in this Annex, so care is required to ensure the correct units are used.

The overall efficiency of the ice making process can be determined as follows:

$$Efficiency_{ice} = \frac{E_{ice-enthalpy}}{\Delta E_{ice-test}} \quad (45)$$

where

$Efficiency_{ice}$ is the ice making efficiency for the specified **ambient temperature** and mass of ice made (unitless – Wh/Wh)

$E_{ice-enthalpy}$ is the energy removed from the water load to make to make the specific quantity of ice made during the test in Wh

$\Delta E_{ice-test}$ is the additional energy consumed by the **refrigerating appliance** to make the specific quantity of ice made during the test in Wh.

NOTE 2 The measured value of $Efficiency_{ice}$ may be greater than one.

F.3.2.8 Data to be recorded and calculations

The following values shall be included in the test report for each **ambient temperature** where the **energy consumption** for making ice for a tank type ice maker is measured and reported:

- Initial mass of the tank and residual water in kg
- Final mass of the tank and residual water in kg
- Mass of water load added to the tank in kg
- Nominal **ambient temperature** in °C
- Mass of ice made in kg
- **Ambient temperature** measured for the 6 h prior to the start of the test in °C
- Duration of the ice making test in h

- **Steady state** power at the end of the test in W
- Number of defrosts that occurred during the ice making test (z)
- Value of ΔE_{df} used in calculations (where applicable)
- Additional energy used to make ice $\Delta E_{ice-test}$ as defined in F.3.2.7
- Additional energy consumed per kg of ice made ΔE_{kg-ice} (Wh/kg) as defined in F.3.2.7.

The following parameters are recommended for inclusion in the test report:

- Energy removed from the water to make ice $E_{ice-enthalpy}$ as defined in F.3.2.7 in Wh
- $Efficiency_{ice}$ ice making efficiency for each specified ambient test temperature as defined in F.3.2.7.

F.3.2.9 Addition of automatic ice making into daily energy

This Annex provides an estimate of the incremental **energy consumption** required to make ice automatically. The user demand for ice is highly variable at a regional level as this depends on climate, season and indoor conditions, as well as user habits. Therefore, the measured incremental energy to make ice in this Annex is normally scaled so that the ice consumption more closely matches regional requirements.

Where a regional estimate of the consumed quantity of ice is given in kg/d, the impact on the daily **energy consumption** at a given **ambient temperature** can be estimated as follows:

$$\Delta E_{ice-making} = \Delta E_{kg-ice} \times M_{ice-making} \quad (46)$$

where

- $\Delta E_{ice-making}$ is the additional energy consumed by the **refrigerating appliance** to make $M_{ice-making}$ kg of ice per day at the specified **ambient temperature** in Wh/day
- ΔE_{kg-ice} is the estimated additional energy consumed by the **refrigerating appliance** to make 1 kg of ice in Wh as set out in F.3.2.7
- $M_{ice-making}$ is the mass of water turned into ice per day in kg/day – this is a regional factor.

The value for $\Delta E_{ice-making}$ can be added to the daily **energy consumption** value to estimate a value for this user related usage element. If the values at an **ambient temperature** of 16 °C and 32 °C are both used, the annual factor could be expressed as:

$$\Delta E_{ice-making-annual} = f\{\Delta E_{ice-making16C}, \Delta E_{ice-making32C}\} \quad (47)$$

Annex G (normative)

Determination of load processing efficiency

G.1 Purpose

This test quantifies the additional energy consumed by the **refrigerating appliance** to remove a known amount of energy which is contained in warm water, which is placed into **unfrozen** and/or **frozen compartments** in a defined way. The ratio of the energy in the water (which is removed) to the additional energy consumed by the **refrigerating appliance** is used to determine the **load processing efficiency**.

The purpose of the **load processing efficiency** test is to quantify the incremental energy impact of user-related aspects of **refrigerating appliance** use such as door openings and cooling of warm food and drinks. This data can be used in conjunction with closed door tests to produce a total **energy consumption** estimate that more closely represents actual use in different regions. To use the **load processing efficiency** value, an estimate of typical regional user related **processing load** needs to be made. This is usually best done through regional end use measurement programs. The impact of the estimated regional **processing load** on the energy for the particular **refrigerating appliance** can then be estimated from the **load processing efficiency** value determined in this Annex.

If regional energy standards and labelling requirements do not incorporate this component in their calculations (i.e. set the **processing load** to zero), then this test is not required for that region.

Where a supplier provides data or makes a claim of **load processing efficiency**, it shall be based on measurements undertaken in accordance with this Annex.

NOTE For **refrigerating appliances** with **unfrozen** and **frozen compartments**, this Annex sets out a method to measure the combined **load processing efficiency** of both **compartments**. The procedure could, in principle, be used to separately measure the **load processing efficiency** of just the **unfrozen compartment** or just the **frozen compartment**.

G.2 General description

A **refrigerating appliance** is operated in a **steady state** condition with **temperature control settings** that are close to the relevant **target temperature** for **energy consumption** as specified in Table 1 for each **compartment** (see 5.1). The **temperature control settings** shall remain unchanged for the duration of the **load processing efficiency** test.

A specified mass of water (which is a function of the **volume** of the **unfrozen compartments** and/or **frozen compartments**) is placed in the test chamber with the **refrigerating appliance** and allowed to reach the ambient test temperature.

Once specified conditions are met, the door of the largest **unfrozen compartment** is opened for a specified time and the water containers placed in their specified positions. Then the door of the largest **frozen compartment** is opened for a specified time and the water-filled **ice cube trays** placed in specified positions.

The **refrigerating appliance** is allowed to operate until it reaches a **steady state** condition in terms of temperature and power consumption. The data collected is used to determine the **load processing efficiency** at the specified **ambient temperature**. The **load processing efficiency** is determined as the ratio of the processed heat load in the water (removed) divided by the additional **energy consumption** (over and above the **steady state** power) used by the **refrigerating appliance** to cool it down.

The general approach to measurements and the subsequent analysis is similar in concept to the determination of **defrost and recovery** energy as specified in Annex C.

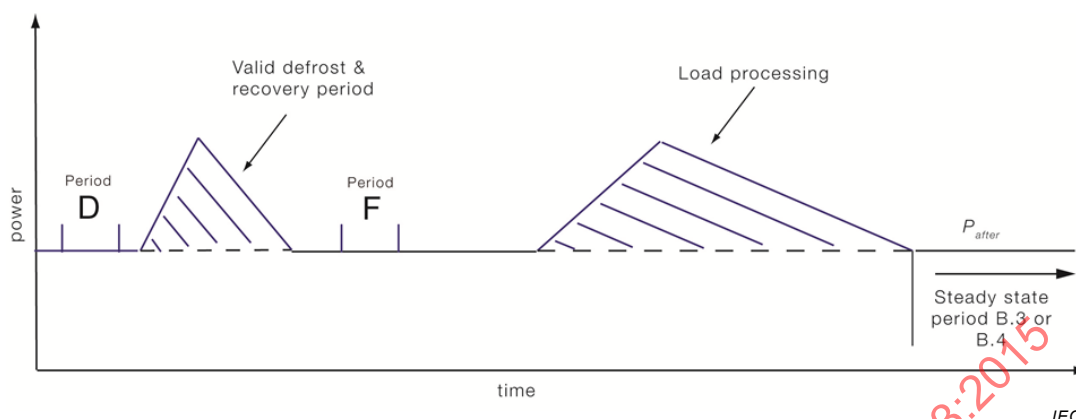


Figure G.1 – Conceptual illustration of the load processing efficiency test

NOTE An illustration of a defrost occurring prior to the completion of load processing is included in Figure G.5. Worked examples are contained in Annex I.

G.3 Setup, equipment and preparation

G.3.1 General

The test is carried out at ambient test temperatures of 16 °C and at 32 °C.

Where a **load processing efficiency** test is used as the basis for a manufacturer claim, the average temperature of all **compartments** that are used to process test load shall be at or below the relevant **target temperatures** specified in 5.1 during the **steady state** operation prior to the start of the **load processing efficiency** test.

NOTE 1 All temperatures specified in this Annex are for **steady state** conditions and do not include the temperature impact of any **defrost and recovery period** (where applicable).

For verification tests, the temperatures of all **compartments** that are used to process the test load shall be within ± 1 K of the relevant **target temperature** during the **steady state** operation prior to **load processing efficiency** test. Alternatively, the results of two **load processing efficiency** tests can be interpolated to the value at the **compartment target temperature** of the coldest **compartment**, but one of the test points shall have all **compartments** that are used to process test load at or below **target temperatures**.

The principle included in this Clause is that a manufacturer is permitted to make a claim of **load processing efficiency** that is less than the optimum value possible (i.e. at a condition which may be somewhat colder than **target temperature**). This principle is set out for **energy consumption** tests in Clause 6 for a single energy test point.

Wherever possible, 3 **shelves** shall be used to hold the **processing load** in an **unfrozen compartment** (see Figure G.2) and shall be configured so that:

- Sensor TMP₃ is above **shelf 3** (bottom) and below **shelf 2**
- Sensor TMP₂ is above **shelf 2** and below **shelf 1**
- Sensor TMP₁ is above **shelf 1**.

NOTE 2 **Shelf 3** may be the bottom of the appliance or it may be the top of a **convenience feature**, such as a crisper.

G.3.2 Equipment

The type of container used in **unfrozen compartments** is a thin walled plastic bottle made of PET (or equivalent material) with a nominal **volume** of 500 ml. The dimensions of the PET bottle shall be ≤ 220 mm in height and ≤ 90 mm in width/or diameter. All bottles shall be the same size and shape. Each bottle is filled with still water as specified below.

NOTE PET is polyethylene terephthalate. PET bottles can be any commercially available bottles with a nominal 500 ml capacity. They each contain a specified mass of drinking water. PET bottles that have a square cross section are preferred as they do not roll around when lying on their side.

The type of container used in **frozen compartments** is a plastic **ice cube tray** with a nominal working **volume** of about 200 ml per tray.

Ice cube trays are often supplied with a new product. For this test the **ice cube trays** used need to be able to comfortably hold 200 ml of water without risk of spillage. Nominal dimensions of approximately 120 mm $\times$ 275 mm $\times$ 40 mm are recommended. **Ice cube trays** that are smaller may be used if the recommended size does not fit.

Water used for all **processing loads** shall be potable, still water suitable for human consumption without added gas (i.e. uncarbonated), colour or additives.

Potable water from a tap is acceptable. Pure distilled water should be avoided in the **ice cube trays** as this can be difficult to freeze in some circumstances.

G.3.3 Quantity of water to be processed

G.3.3.1 Unfrozen compartments

The total **volume** of all **unfrozen compartments** and **sub-compartments** is summed. The water mass added to the largest **unfrozen compartment** shall be 12 g of water for each litre of total summed **unfrozen compartment volumes**. This equates to one PET bottle per 41,7 l or part thereof of unfrozen **volume**.

Where the total unfrozen **volume** is less than 41,7 l, all water is placed in one PET bottle. Where the total unfrozen **volume** is greater than 41,7 l but less than 83,4 l, all water is placed equally in two PET bottles. Where the unfrozen **volume** is greater than 83,4 l, 500 g $\pm$ 1 g of water is placed in each PET bottle until the remaining water mass is less than 1 000 g. The remaining mass shall be divided evenly between the two remaining PET bottles.

The total mass of water placed in the largest **unfrozen compartment** and the number of 500 ml PET bottles shall be included in the test report.

G.3.3.2 Frozen compartments

The total **volume** of all **frozen compartments** and **sub-compartments** is summed. The water mass added to the largest **frozen compartment** shall be 4 g of water for each litre of **frozen compartment volume**. This equates to one **ice cube tray** per 50 l or part thereof of frozen **volume**.

Where the frozen **volume** is less than or equal to 50 l, all water is placed in one **ice cube tray**. Where the frozen **volume** is greater than 50 l but less than or equal to 100 l, all water shall be approximately divided evenly between the two **ice cube trays**. Where the frozen **volume** is greater than 100 l, approximately 200 g of water is placed in each **ice cube tray** until the remaining water mass is less than 400 g. The remaining quantity shall be approximately divided evenly between the two remaining **ice cube trays**.

The total **volume** of water placed in the largest **frozen compartment** and the number of **ice cube trays** shall be included in the test report.

G.3.4 Position of the water load in compartments

G.3.4.1 Position in unfrozen compartments

The PET bottles specified in G.3.3 shall be positioned in the largest **unfrozen compartment** as illustrated in Figure G.2.

Where there is 250 mm or more vertical clearance above the nominated **shelf**, PET bottles shall be placed standing in the following positions:

- The first bottle on each **shelf** on each side shall be placed as close as possible to the **compartment** liner while maintaining approximately 25 mm clearance from the side liner.
- Additional bottles in this position may be placed two or three deep while maintaining approximately 25 mm clearance between bottles and the front and rear of the **shelf** or **load limit**.
- Where more bottles are required in this position, additional rows of bottles (as required) are placed closer to the **compartment** centre while maintaining approximately 25 mm clearance between rows.
- All bottles shall be centred from front to back at even intervals on the **shelf** in their rows (taking account of the **shelf** edge and any **load limits** that may affect the depth).
- All bottles shall maintain at least 25 mm clearance in all directions from any **compartment** temperature sensor.

Where there is less than 250 mm vertical clearance above the nominated **shelf**, PET bottles shall be laid flat on the specified **shelf** with lids (caps) facing towards the **compartment** door (front) in the following positions:

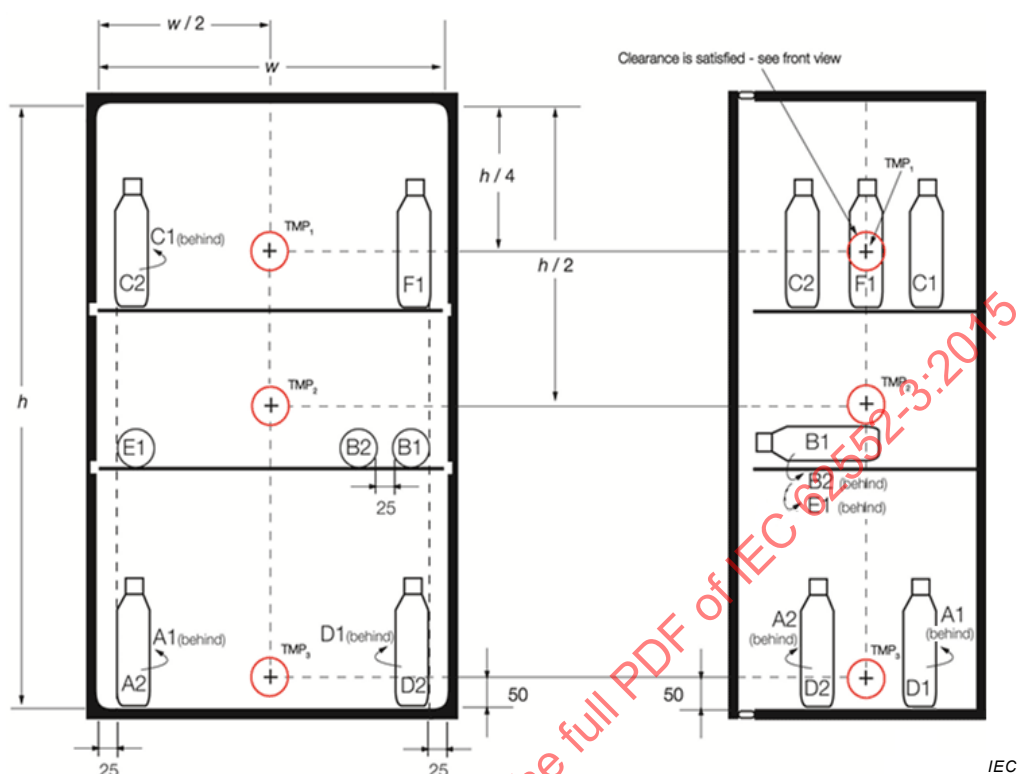
- The first bottle on each **shelf** on each side shall be placed as close as possible to the **compartment** liner while maintaining approximately 25 mm clearance from the side liner.
- Where more bottles are required in this position, additional bottles are placed closer to the **compartment** centre while maintaining approximately 25 mm clearance between bottles.
- No stacking or touching of bottles is permitted.
- All bottles shall maintain at least 25 mm clearance from any **compartment** temperature sensor.
- All bottles are aligned so that the top (cap) is at the front of the **shelf** or the **shelf load limit**. In the case of shallow **shelves**, the orientation of the bottle may be adjusted to ensure that no part protrudes past the front of the **shelf** or **load limit**, while maintaining 25 mm clearance from any temperature sensors.

All bottles should be placed in a position that minimises restriction of air flow from any ducts or vents. When it is not possible to place the PET bottles in the positions specified, equivalent positions are to be selected. Where equivalent positions are used, these shall be recorded in the test report. Where PET bottles have to be arranged differently because of space restrictions, they shall remain on the same **shelf** and shall be as close as possible to the specified position.

The PET bottles shall only be placed on **shelves** that are immediately below temperature sensor positions TMP₁, TMP₂ and TMP₃. Additional **shelves** that may be present are ignored. The PET bottles shall be placed in the following **shelf** positions in sequence until all bottles have been placed:

- One bottle in the sequence of positions ABCDEF
- Repeat the placement sequence until all bottles are placed.
- The two partially filled PET bottles (where applicable) are placed at the last two positions.
- All positions shall be noted in the test report.

NOTE The sequence above is to define the position or location of each bottle. The bottles may be loaded in any order into these specified positions when they are being placed into the **unfrozen compartment** in G.4.2. In the example illustrated in Figure G.2, 10 PET bottles would result in two bottles in positions A to D and one bottle in position E and F.



IEC

Dimensions in millimetres

NOTE Additional **shelves** may be present in the **refrigerating appliance** but are not shown in the figure.

Figure G.2 – Shelf locations and loading sequence (example showing 10 PET bottles)

G.3.4.2 Position in frozen compartments

The **ice cube trays** specified in G.3.3 shall be positioned in the largest **frozen compartment** as illustrated in Figure G.3. Where the largest **frozen compartment** has a combination of **shelves** and drawers, the **ice cube trays** shall be placed on **shelves** in preference to drawers (or baskets) as far as possible.

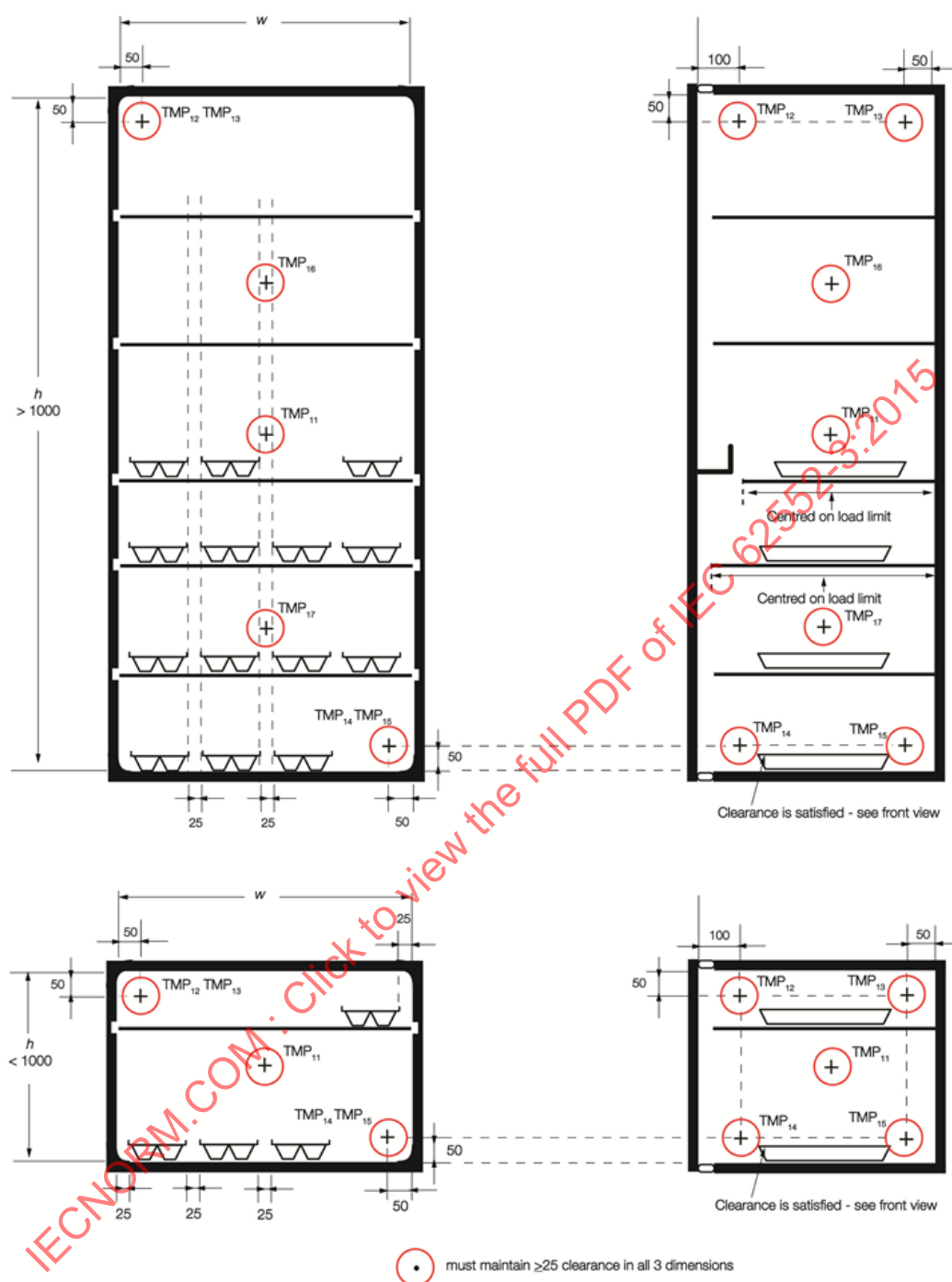
- The first **ice cube tray** on the lower level is placed on the opposite side to sensors TMP₁₄ and TMP₁₅ and as close as possible to the **compartment** liner while maintaining approximately 25 mm clearance. Additional **ice cube trays** are added next to the previous **ice cube tray** while maintaining approximately 25 mm clearance between **ice cube trays**. **Ice cube trays** may be oriented in any way that maximises the number of trays on each level while maintaining all necessary clearances.
- Where no more **ice cube trays** can be fitted onto the lower level (i.e. the number required results in the clearance to the temperature sensor positions of less than 25 mm in all directions), then **ice cube trays** are placed progressively on the next available level(s), as required.
- Where it is necessary to place **ice cube trays** on a **shelf** which sits below a central temperature sensor position (e.g. TMP₁₁, TMP₁₆ or TMP₁₇ as applicable), the first **ice cube tray** is placed adjacent to the left side liner, the second **ice cube tray** is placed adjacent to the right side liner. Additional **ice cube trays** on this level (if required) are placed progressively closer to the centre while maintaining approximately 25 mm clearance from each other and at least 25 mm from any temperature sensor position in all directions.

- Where it is necessary to place **ice cube trays** on a **shelf** which sits below the upper temperature sensor positions (e.g. TMP₁₂ and TMP₁₃), the first **ice cube tray** is placed on the opposite side to sensors TMP₁₂ and TMP₁₃ and as close as possible to the **compartment** liner while maintaining approximately 25 mm clearance. Additional **ice cube trays** (if required) are added next to the previous **ice cube tray** while maintaining 25 mm clearance between **ice cube trays**.
- All **ice cube trays** are spaced approximately 25 mm from the **compartment** liner and each other on each level.
- The two partially filled **ice cube trays** (where applicable) are placed at the last two (upper most) positions required.
- No stacking or touching of **ice cube trays** is permitted.
- All **ice cube trays** shall maintain at least 25 mm clearance from any **compartment** temperature sensor position in all directions.
- All **ice cube trays** are centred from front to back of the **shelf** (taking account of the **shelf** edge and any **load limits** that may affect the depth) and shall not protrude beyond the front of the **shelf**.
- When **ice cube trays** are located inside a drawer or bin, the inside of the drawer or bin shall be treated as the inside of the liner with respect to placement.

NOTE As a practical example, a large **freezer** in a **refrigerator-freezer** with a **volume** of 180 l requires a total water mass of 720 g in 4 **ice cube trays**. The internal clearance of the **freezer** is 600 mm wide. Sensor positions TMP₁₄ and TMP₁₅ are 50 mm from the right hand lower wall. This leaves a space of 500 mm with clearances at each end for the placement of **ice cube trays**. Some 3 **ice cube trays** can be fitted at the lower level (120 mm + 25 mm minimum each, parallel to the sides), so one **ice cube tray** has to be placed on the upper level. If the **freezer** was deeper than say 460 mm, it would be possible to fit all 4 trays on the lower level (3 deep at right angles to the sides and one parallel to the sides) while maintaining clearances. See G.3.2 regarding the recommended size of **ice cube trays**.

All **ice cube trays** should be placed in a position that minimises restriction of air flow from any ducts or vents. When it is not possible to place the **ice cube trays** in the positions specified, equivalent positions are to be selected. Where equivalent positions are used, these shall be recorded in the test report. Where **ice cube trays** have to be arranged differently because of space restrictions, they shall remain on the same **shelf** and shall be as close as possible to the specified position. All **ice cube tray** positions shall be noted in the test report.

The sequence above is to define the position or location of each **ice cube tray**. The **ice cube trays** may be loaded in any order into these specified positions when they are being placed into the **frozen compartment** in G.4.2.



IEC

Dimensions in millimetres

NOTE Additional **shelves** may be present in the **refrigerating appliance** but are not shown in the figure. **Ice cube trays** are always placed on **shelves** in preference to drawers or baskets.

Figure G.3 – Ice cube tray locations and clearances

G.3.5 Temperature of the water to be processed

PET bottles with less than 500 g water should have the specified amount of water measured into the PET bottles prior to storage and temperature stabilization in the test room. Separate PET bottles containing sufficient water for all the **ice cube trays** (where applicable) shall be stored in the test room and (to avoid evaporation) shall only be decanted into the **ice cube trays** within 30 min of placement into the **frozen compartment**.

All PET bottles and **ice cube trays** shall be placed in the test room that is operating at the relevant **ambient temperature** in a position that is representative of the test room temperature. All PET bottles shall be placed vertically on a bench or the wooden test platform (floor) with no less than 50 mm clearance between them to allow free air circulation. This equipment shall remain in the test room for a period of no less than 15 h prior to the commencement of the **load processing efficiency** test.

NOTE The nominal ambient test temperatures for energy testing are 16 °C and 32 °C.

G.4 Load processing efficiency test method

G.4.1 Commencement of the load processing efficiency test

For **refrigerating appliances** without any **defrost control cycle**, the **load processing efficiency** test shall be preceded by a period of operation, at the **temperature control setting** used for the **load processing efficiency** test. The settings shall be such that it could qualify as a valid energy test period in accordance with B.3.

For a **refrigerating appliance** with one or more defrost systems (with its own **defrost control cycle**) the **load processing efficiency** test shall be preceded by:

- An energy test period that complies with B.3 at the **temperature control setting** used for the **load processing efficiency** test (including validity requirements); or
- An energy test period that complies with B.4 at the **temperature control setting** used for the **load processing efficiency** test (including validity requirements); or
- A **defrost and recovery period** that complies with C.3 at the **temperature control setting** used for the **load processing efficiency** test (as applicable).

NOTE Where stability is determined by DF1 (C.3), the load can only be inserted after confirmation of the defrost validity (i.e. after the end of Period F, which is at least 8 h after the operation of the defrost heater). Where stability has been established using **steady state** conditions or an earlier defrost, the load should be inserted as soon as practicable after the **defrost and recovery period** has been completed to minimise the chance of another defrost occurring prior to completion of the load processing test. As a guide, more than 5 h after the defrost heater operates (which could normally qualify as the start of Period F under C.3.1) is recommended (laboratories should use their experience of previous valid **defrost and recovery periods** to make an accurate judgment). In this case the previous **defrost and recovery period**, which is immediately prior to load insertion, is not included in the load processing test period.

For all product types, the **temperature control settings** shall remain unchanged for the duration of the **load processing efficiency** test.

For simple products with regular compressor cycles, a compressor on event can be taken as the start of the **load processing efficiency** test. For more complex products, a temperature maximum in the **compartment** that dominates the **energy consumption** can be taken as the start of the **load processing efficiency** test (see Annex B for more guidance). Where the **processing load** is inserted during the **defrost and recovery period**, the start of the test is defined as the start of that **defrost and recovery period**.

Insertion of the load during the **defrost and recovery period** (prior to establishment of **steady state** conditions) is generally not recommended.

G.4.2 Placement of the load

The load shall be prepared in accordance with Clause G.3. The load shall be placed in the **refrigerating appliance** as specified in Clause G.3 as soon as practicable after the start of a **temperature control cycle** as specified in G.4.1, but while the compressor is still operating (for simple products) or before a **compartment** temperature minimum is reached (for more complex products). The loading of each **compartment** shall be undertaken with one door opening and closing for that **compartment**. The door shall be left open at an angle of at least 90 degrees from the closed position for a duration that is as close as possible to one minute (± 5 s) for each storage **compartment** being loaded, irrespective of the time taken to load the

compartment (usually considerably less than one minute). Where there are two doors provided to access the **compartment** to which the **processing load** is added, both doors shall be opened together. Where a **refrigerating appliance** has both **frozen** and **unfrozen compartment** types to be loaded, the **unfrozen compartment** shall be loaded first.

A recommended time for door opening and for door closing is 2,5 s, leaving 55 s to load each **compartment**. Adding the **processing load** near the start of a **temperature control cycle** is recommended as the load will then begin to be processed near the start of the **load processing efficiency** test period. Probable start times for future **temperature control cycles** can be readily predicted for products with regular behaviour, allowing load placement to be organised in advance. Care is required to meet the requirements of G.4.2 in cases where compressor runs are short. The exact number of load elements and their position should be planned out well before the door is opened and the load is placed.

G.4.3 Measurements to be taken

Prior to and for the duration of the **load processing efficiency** test, temperature and energy measurements shall be recorded as specified in accordance with Annex A as for an **energy consumption** test.

G.4.4 Conclusion of load processing efficiency test

The **load processing efficiency** test is concluded when **stable operating conditions** have been reached after the load has been fully processed (i.e. the water or ice has been brought to approximately the temperature in each **compartment**). The test period concludes at the end of a complete **temperature control cycle**. The **temperature control settings** shall remain unchanged for the duration of the **load processing efficiency** test.

The testing for the **load processing efficiency** test for a **refrigerating appliance** without a **defrost control cycle** shall be completed with an energy test period that complies with Clause B.3 (including validity requirements).

The testing for the **load processing efficiency** test for a **refrigerating appliance** with one or more defrost systems (each with its own **defrost control cycle**) is completed with an energy test period that complies with:

- Clause B.3 (including validity requirements), or
- Clause B.4 (including validity requirements) which terminates with a **defrost and recovery period** that complies with the validity requirements of C.3 (as applicable).

The end criteria for the **load processing efficiency** test are quite stringent as it is possible that the **compartment** temperature(s) may appear to have reached **steady state** values without the loads themselves being fully cooled down or frozen. Thus it is necessary to demonstrate that the **refrigerating appliance** has returned to **steady state** operation by checking both the **compartment** temperatures and the power consumption over a specified minimum period.

It is common for the **compartment** temperature(s) and the power consumption to stabilise after the addition and complete processing of the load to a value that is slightly different from the conditions prior to the addition of the load. Usually these changes are quite small, but in some cases these can be significant. This can occur when the load added affects the air flow in the **compartment** or there is an indirect effect on the internal temperature sensor of the **refrigerating appliance**. In some cases the load can trigger the operation of a variable output compressor onto a higher step value, for example, which may result in higher power and lower **compartment** temperatures. To reduce these impacts, laboratories have the option of placing an initial **processing load** into the **refrigerating appliance** and replacing this with a new **processing load** once this initial load is fully stabilised (see details below). Data from the second **processing load** is used to determine the **load processing efficiency**.

Differences in internal temperature conditions and power before and after the addition of the load have little impact as the analysis only considers the **energy consumption** from the **temperature control cycle** that the load is added (therefore little, if any, operation in the condition prior to the insertion of the load is included in the **load processing efficiency** test period).

NOTE 1 The main energy effect from changes in internal **compartment** temperatures before and after the load has been processed is the associated change in thermal mass (or capacitance) of the **refrigerating appliance**. Analysis has shown that, within the validity limits set out below, these effects are small and can be ignored.

The following additional two validity criteria apply to the measured parameters at the start (prior to insertion of the load) compared with their values during the stability period at the end of the **load processing efficiency** test:

- The difference of the **steady state** power P_{SSM} shall not exceed 5 % or 2 W, whichever is the greater value; and
- The difference of the **steady state** temperature in each **compartment** shall not exceed 1 K.

In the case where the initial validity is determined using a defrost under C.3 (refer G.4.1) because the validity to B.3 or B.4 cannot be established (e.g. due to insufficient test time), the initial **steady state power** P_{SSM} and **steady state** temperature above is taken as the average power of Period D and Period F (Case DF1 in C.3).

In the case of a **refrigerating appliance** with one or more defrost systems (each with its own **defrost control cycle**), where the above conditions are not met, the appliance shall be operated until the next **defrost and recovery period** has been completed and a new **steady state** condition established and assessed against these criteria.

If both of these validity criteria cannot be met after a subsequent defrost, the test shall be repeated by replacing the existing load (already processed to the **compartment** temperature) with new load under the same control conditions (as set out in G.3, G.4.1 and G.4.2). As set out above, placing an initial **processing load** into the **refrigerating appliance** and (on completion of the processing of the load) replacing this with a new **processing load** is optional for all **load processing efficiency** tests.

For **refrigerating appliances** with one or more **defrost control cycles**, any **defrost and recovery period** that occurs during the **load processing efficiency** test (i.e. before the load has been fully processed and **steady state** conditions established) shall be allowed to continue to completion (see Figure G.5). The end of the **load processing efficiency** test is when **steady state** conditions are reached after the completion of a valid **defrost and recovery period** as specified above.

NOTE 2 The additional energy associated with **defrost and recovery periods** that occur during the **load processing efficiency** test is taken into account in G.5.3.

G.5 Determination of load processing efficiency

G.5.1 General

Once the **load processing efficiency** test has concluded, the data is then analysed in order to determine the **load processing efficiency**. The objective is to determine the additional **energy consumption** required by the **refrigerating appliance** to process the added load back to a **steady state** condition. This is illustrated in Figure G.4. This is then compared to the calculated energy change in the added water load (**volume** of water times the enthalpy change) in order to quantify the heat energy that has been removed from the **refrigerating appliance** during processing.

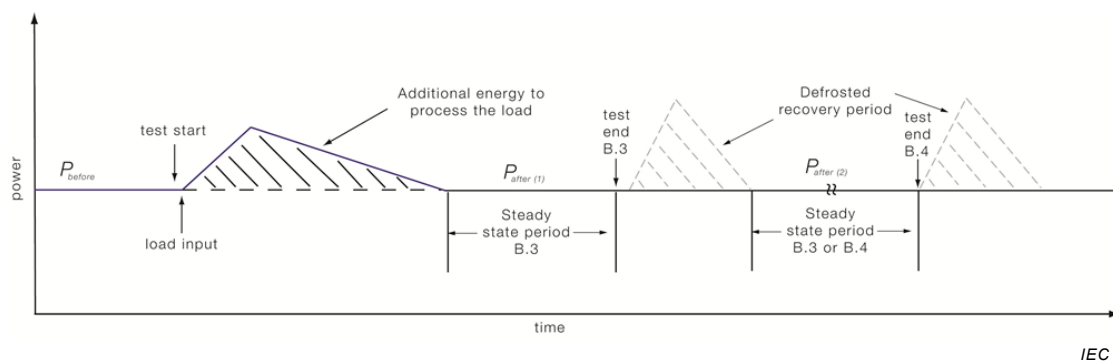


Figure G.4 – Representation of the additional energy to process the added load

The additional energy to process the load is always calculated from the value of P_{after} as illustrated in Figure G.4 back to the point where the load was added (test start).

In some cases the power before the load is added (P_{before}) can be higher or lower than the power after the load is added (P_{after}). This difference does not affect the calculations as the power difference is considered only back to the point where the load is added.

G.5.2 Quantification of input energy

The input energy is calculated by estimating the energy change in the water load, starting at the test room **ambient temperature** and finishing at the measured **compartment** temperature.

Simplified equations to estimate the energy change in the water are provided in G.5.2, based on standard enthalpy data. While these equations will give quite accurate results, test laboratories may find it more convenient to use software or add-ins that can automatically calculate the enthalpy change for water. Care is required for any **compartments** that operate close to freezing (0 °C) as the energy required for the phase change from liquid to ice is substantial. If the nominal final **compartment** temperature is below freezing, **ice cube trays** should be inspected to ensure that they are fully frozen.

The energy change of water in **unfrozen compartments** (where the final temperature is above freezing) is given by:

$$E_{unfrozen-test} = \frac{[M_1 \times (T_{amb} - T_1) + M_2 \times (T_{amb} - T_2) + M_3 \times (T_{amb} - T_3)] \times 4,186}{3,6} \quad (48)$$

where

$E_{unfrozen-test}$ is the energy removed from the water load in the **unfrozen compartment** during the test in Wh

M_1 is the mass of water located adjacent to TMP₁ (positions C, F) in kg

T_1 is the average temperature of the temperature sensor at position TMP₁ during the valid energy test period (B.3 or B.4) after load processing in °C

M_2 is the mass of water located adjacent to TMP₂ (positions E, B) in kg

T_2 is the average temperature of the temperature sensor at position TMP₂ during the valid energy test period (B.3 or B.4) after load processing in °C

M_3 is the mass of water located adjacent to TMP₃ (positions A, D) in kg

T_3 is the average temperature of the temperature sensor at position TMP₃ during the valid energy test period (B.3 or B.4) after load processing in °C

- T_{amb} is the measured average **ambient temperature** for 6 h prior to the placement of the water load into the **refrigerating appliance** (nominal initial water temperature)
- 4,186 is a factor for enthalpy change of water in kJ/(kg.K) (while unfrozen)
- 3,6 is a factor to convert kJ to Wh (s/h $\times 10^{-3}$).

The units of mass above are kg, whereas g are used in many places in this Annex, so care is required to ensure the correct units are used.

The energy change of water in **frozen compartments** (where the final temperature is below freezing) is given by:

$$E_{frozen-test} = \frac{[M_{tot-fz} \times (4,186 \times T_{amb} + 333,6 - T_{fz-av} \times 2,05)]}{3,6} \quad (49)$$

where

- $E_{frozen-test}$ is the energy removed from the water load in the **frozen compartment** in Wh
- M_{tot-fz} is the total mass of water placed in the **frozen compartment** in kg
- T_{fz-av} is the average temperature of all sensors in the **compartment** during the valid energy test period (B.3 or B.4) after load processing in °C
- T_{amb} is the measured average **ambient temperature** for 6 h prior to the placement of the water load into the **refrigerating appliance** (nominal initial water temperature)
- 4,186 is a factor for enthalpy change of water in kJ/(kg.K) (while unfrozen)
- 2,05 is a factor for enthalpy change of water in kJ/(kg.K) (while frozen)
- 333,6 is a factor for enthalpy water phase change in kJ/ kg (water to ice)
- 3,6 is a factor to convert kJ to Wh (s/h $\times 10^{-3}$).

The value of temperature T_{fz-av} shall be negative, which gives a greater energy change for a colder temperature. The above equation assumes a uniform average temperature in the **frozen compartment**, which is considered to be a sufficiently accurate estimate. The units of mass above are kg, whereas g are used in many places in this Annex, so care is required to ensure the correct units are used.

The total test input energy at a given ambient test room temperature is given as:

$$E_{input-test} = E_{unfrozen-test} + E_{frozen-test} \quad (50)$$

G.5.3 Quantification of additional energy used to process the load

The principle used to quantify the additional energy used to process the load is to establish a period of **steady state** operation after the load has been fully processed. The additional energy is then calculated as the difference between the actual **energy consumption** from the start of the **load processing efficiency** test (at the point of load input) to the end of the **steady state** period (P_{after}) completion minus the power that would have been consumed over the same period if the power consumption had been at the **steady state** power (P_{after}) for the same period.

If one (or more) **defrost and recovery period(s)** has occurred while the load is being processed, the representative **defrost and recovery** energy at the test temperature as determined in accordance with Annex C is subtracted from the additional energy. This is illustrated in Figure G.5.

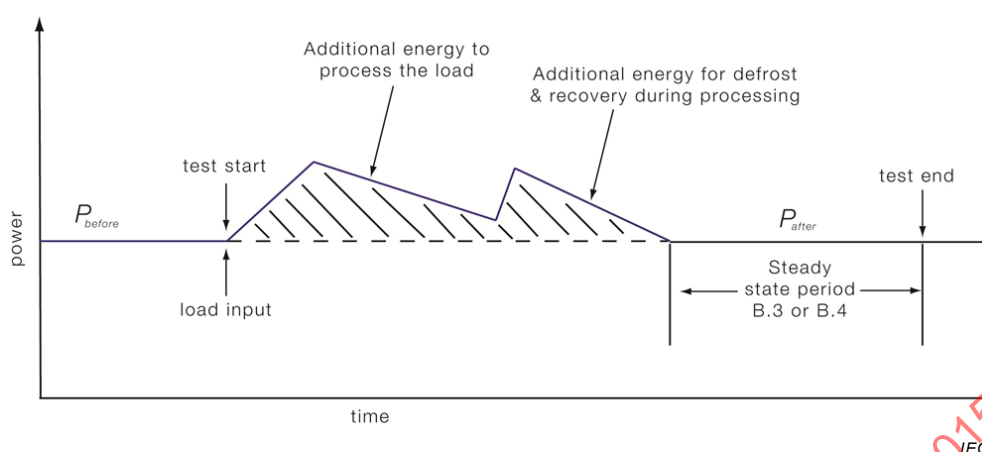


Figure G.5 – Case where a defrost and recovery period occurs during load processing

The additional energy to process the added load is given by:

$$\Delta E_{\text{additional-test}} = (E_{\text{end}} - E_{\text{start}}) - P_{\text{after}} \times (t_{\text{end}} - t_{\text{start}}) - z \times \Delta E_{\text{df}} \quad (51)$$

where

- $\Delta E_{\text{additional-test}}$ is the additional energy consumed by the **refrigerating appliance** during the test to fully process the loaded added as specified in Clause G.3
- E_{start} is the accumulated energy reading at the start of **load processing efficiency** test as defined in G.4.1 in Wh
- E_{end} is the accumulated energy reading at the end of **load processing efficiency** test as defined in G.4.4 in Wh
- P_{after} is the **steady state** power consumption that occurs after the load has been fully processed during the valid energy test period (Clause B.3 or Clause B.4) as defined in G.4.4 in W
- t_{start} is the test time at the start of **load processing efficiency** test as defined in G.4.1 in hours
- t_{end} is the test time at the end of **load processing efficiency** test as defined in G.4.4 in hours
- ΔE_{df} is the additional **energy consumption** associated with **defrost and recovery** as determined in accordance with Annex C (Clause C.5)
- z is an integer that equals the number of **defrost and recovery periods** that occur during and prior to the completion of the **load processing efficiency** test (see Figure G.5). This value is zero for **refrigerating appliances** without a defrost system or where no **defrost and recovery period** occurs during the **load processing efficiency** test (see Figure G.4).

G.5.4 Load processing efficiency

The **load processing efficiency** is given by:

$$\text{Efficiency}_{\text{load,ambient}} = \frac{E_{\text{input-test}}}{\Delta E_{\text{additional-test}}} \quad (52)$$

where

- $\text{Efficiency}_{\text{load,ambient}}$ is the measured **load processing efficiency** for the specified **ambient temperature** (unitless, Wh/Wh)

$E_{input-test}$ is the heat energy removed from the **processing load** during the test as defined in G.5.2

$\Delta E_{additional-test}$ is the additional energy consumed by the **refrigerating appliance** to fully process the load during the test as defined in G.5.3.

The measured value of $Efficiency_{load,ambient}$ may be greater than one.

For a **load processing efficiency** value to be used to estimate the impact on the **energy consumption** of a **refrigerating appliance**, an estimate of the user related input load is required (in Wh).

G.5.5 Load processing multiplier

Alternatively, a **processing load** multiplier “a” may be used as a multiplier of the input load specified in this standard (based on 12 g/l of **unfrozen** and 4 g/l of **frozen compartment volume**). A value of “a” = 1 for example would mean that the user related load would be equal to E_{input} every 24 h (see 6.8 where all values are converted to a daily **energy consumption**). The load multiplier “a” is likely to be larger in hotter tropical climates and smaller in cooler temperate climates. Under this approach the value of E_{input} is different for every different **refrigerating appliance** as the **volume of unfrozen and frozen compartments** is different and this approach assumes usage (user related **processing load**) is directly proportion to **volume**. Other factors (such as the number of householders) may also have an impact on the assumed user related load. It is also likely that the multiplier may need to be different for some product configurations (e.g. separate **freezers**), as these may have significantly different usage in some regions.

Where a load multiplier is used to estimate the additional energy associated with a processing load, it is important to calculate a normalised value for $E_{input-nominal}$ in order to correct for small variations in **compartment** temperatures and **ambient temperature** conditions that occur during a test. This is calculated by assuming the input **processing load** starts exactly at the nominal **ambient temperature** and ends up exactly at the **compartment target temperature**.

$$E_{unfrozen-nominal} = \frac{[M_{tot-unfz} \times (T_{amb-tar} - T_{unfz-tar})] \times 4,186}{3,6} \quad (53)$$

where

$E_{unfrozen-nominal}$ is the energy removed from the water load in the **unfrozen compartment** for nominal conditions in Wh

$M_{tot-unfz}$ is the total mass of water in the **unfrozen compartment** in kg

$T_{unfz-tar}$ is the **target temperature** for **energy consumption** of the **unfrozen compartment** in °C (see Table 1)

$T_{amb-tar}$ is the nominal **ambient temperature** for the test (16 °C or 32 °C as applicable)

4,186 is a factor for enthalpy change of water in kJ/(kg.K) (while unfrozen)

3,6 is a factor to convert kJ to Wh (s/h × 10⁻³).

$$E_{frozen-nominal} = \frac{[M_{tot-fz} \times (4,186 \times T_{amb-tar} + 333,6 - T_{fz-tar} \times 2,05)]}{3,6} \quad (54)$$

where

$E_{frozen-nominal}$ is the energy removed from the water load in the **frozen compartment** at nominal conditions in Wh

M_{tot-fz} is the total mass of water placed in the **frozen compartment** in kg

T_{fz-tar}	is the target temperature for energy consumption of the frozen compartment in °C (see Table 1)
$T_{amb-tar}$	is the nominal ambient temperature for the test (16 °C or 32 °C as applicable)
4,186	is a factor for enthalpy change of water in kJ/(kg.K) (while unfrozen)
2,05	is a factor for enthalpy change of water in kJ/(kg.K) (while frozen)
333,6	is a factor for enthalpy water phase change in kJ/kg (water to ice)
3,6	is a factor to convert kJ to Wh (s/h × 10 ⁻³).

The total nominal input energy at a given ambient test room temperature is given as:

$$E_{input-nominal} = E_{unfrozen-nominal} + E_{frozen-nominal} \quad (55)$$

The following values shall be included in the test report where this value is measured and reported:

- **Volume** of all **unfrozen compartments** in l
- **Volume** of all **frozen compartments** in l
- Mass of water load added to **unfrozen compartments** in g
- Mass of water load added to **frozen compartments** in g
- $E_{input-test}$ for each specified ambient test temperature in Wh
- $\Delta E_{additional-test}$ for each specified ambient test temperature in Wh
- $Efficiency_{load,ambient}$ for each specified ambient test temperature
- $E_{input-nominal}$ for each specified ambient test temperature in Wh

All values used to determine the **load processing efficiency** shall be reported.

G.5.6 Addition of user related loads into daily energy

The impact of user related loads can be included in the daily **energy consumption**. User related loads arise from normal actions such as door openings (and the associated air exchange), the insertion of warm food and drink loads that are subsequently cooled (and sometimes frozen) and the production of ice.

The method of determining the **load processing efficiency** for the **refrigerating appliance** is set out in this Annex. This value provides an estimate of the incremental **energy consumption** required to remove each unit of user related heat load equivalent that arises from **normal use**. The magnitude of user related loads are highly variable at a regional level as they depend on climate, season and indoor conditions, as well as user habits. User related loads are also likely to vary to some extent depending on the size and type of the **refrigerating appliance** and some demographic factors such as the number of householders accessing the **refrigerating appliance** and occupancy (time of day people are at home). Average daily user related loads can vary from an average of 50 Wh/d to 500 Wh/d, depending on season, climate, product type, product size and demographics.

NOTE 1 Heavy usage can result in shorter **defrost intervals**. **Defrost intervals** are primarily a function of ambient conditions and door openings (and to a lesser extent uncovered liquid loads as well as fruit and vegetables) thus the relatively large loads added here with only a single door opening per **compartment** are not likely to simulate the usage that would prompt short **defrost intervals**. The impact of changes in **defrost interval** is not directly measured in the **load processing efficiency** test but is estimated through an adjustment to Δt_{df} . This is somewhat complicated as the **defrost interval** affects the **steady state power consumption** and the average temperature of the test points, so the exact impact cannot be directly calculated. Unless there is a large change in the **defrost interval** in response to user related loads (which may be a form of circumvention), the effect on **energy consumption** should be small and has been ignored in this calculation.

Where an estimate of user related loads is known in Wh/d, the impact on the daily **energy consumption** at a given **ambient temperature** can be estimated as follows:

$$\Delta E_{processing} = \frac{E_{user}}{Efficiency_{load,ambient}} \quad (56)$$

where

$\Delta E_{processing}$ is the additional daily **energy consumption** of the **refrigerating appliance** in Wh/d to process the user related load E_{user}

E_{user} is the user related heat load equivalent entering the **refrigerating appliance** in Wh/d arising from normal usage (specified by region)

$Efficiency_{load,ambient}$ is the **load processing efficiency** at the specified **ambient temperature** in accordance with this Annex in Wh/Wh (dimensionless).

NOTE 2 The impact of user related loads at intermediate temperatures between the test **ambient temperatures** of 16 °C and 32 °C can be estimated by linear interpolation of the **load processing efficiency** $Efficiency_{load,ambient}$ between these temperatures. User related loads are generally much lower at a lower **ambient temperature** for the same tasks. To obtain a good estimate of the impact of user related loads over a whole year, an estimate of monthly average user related heat load equivalents (input) values is recommended.

Alternatively, the specified **processing load** in this Annex (which is dependent on **volume**) can be used as basis for scaling the **processing load** by region.

$$\Delta E_{processing} = \frac{E_{input-nominal}}{Efficiency_{load,ambient}} \times a \quad (57)$$

where

$\Delta E_{processing}$ is the additional daily **energy consumption** of the **refrigerating appliance** in Wh/d to process the specified load

$E_{input-nominal}$ is the nominal **processing load** for the specified water load at nominal ambient and **compartment target temperatures** in Wh/d (see G.5.4)

a is a regional factor to scale the **processing load**

$Efficiency_{load,ambient}$ is the **load processing efficiency** at the specified **ambient temperature** in accordance with this Annex in Wh/Wh (dimensionless).

NOTE 3 The preferred value for “ a ” is 1, in the absence of local data. The value of “ a ” should not exceed 2.

The value for $\Delta E_{processing}$ can be added to the daily **energy consumption** value to estimate a value user related usage elements. If the values at an ambient of 16 °C and 32 °C are both used, the annual factor could be expressed as:

$$\Delta E_{processing-annual} = f\{\Delta E_{processing16C}, \Delta E_{processing32C}\} \quad (58)$$

In accordance with regional requirements, the total annual **energy consumption** of a **refrigerating appliance** (Formula (4), 6.8.5) can be expanded to include **processing load** as follows:

$$E_{total} = f\{E_{daily16C}, E_{daily32C}\} + E_{aux} + \Delta E_{processing-annual} \quad (59)$$

See Annex I for worked examples.

Annex H (normative)

Determination of volume

H.1 Scope

This Annex describes methods for computing total **volume** of **refrigerating appliances**. This Annex is intended to provide a uniform means of determining the size, taking into consideration the special features and/or functional components which are located within the refrigerated **compartment(s)**. It is not intended to provide a means of measuring the food-storage capacity, the usable **volume** or the usability of the **volume**.

The method set out in this Annex is based on the logic that anything not necessary for the control of temperature in the internal space has been removed and the space that it did occupy becomes part of the **volume**. Thus, for example, the light together with its housing is not necessary for the appliance to maintain internal conditions so is considered to be removed, while any **user-adjustable temperature control** and its housing as well as ductwork to distribute air is considered to be in place.

H.2 Total volume

H.2.1 Volume measurements

All measured **compartment volumes** shall be rounded to the nearest 0.1 l. The total **volume** shall be the sum of these rounded **compartment volumes** and the declared value for total **volume** shall be rounded to the nearest whole litre.

H.2.2 Determination of volume

The **volume** shall take into account the exact shapes of the walls including all depressions or projections. For through the door ice and water dispensers, the ice chute shall be included in the **volume** up to the dispensing function.

When the **volume** is determined, internal fittings such as **shelves**, removable partitions, containers and interior light housings shall be considered as not being in place.

The items below shall be considered as being in place and their **volumes** deducted:

- The **volume** of control housings.
- The **volume** of the **evaporator** space (which includes any space made inaccessible by the **evaporator**) (see H.2.3).
- The **volume** of air ducts required for proper cooling and operation of the unit.
- Space occupied by **shelves** moulded into the inner door panel.

For clarification, the through the door ice and water dispensers and the insulating hump are not included in the **volume**. No part of the dispenser unit shall be included as **volume**.

H.2.3 Volume of evaporator space

The **volume** of the **evaporator** space shall be the product of the depth, width and height.

The total **volume** to be deducted shall comprise the following:

- a) In the case of a forced air **evaporator**, the total **volume** of the **evaporator** cover and behind the **evaporator** cover shall be deducted, including the **volume** occupied by the **evaporator** fan and the fan scroll.
- b) In the case of plate style (e.g. roll-bond) **evaporators**, the **volume** behind vertically installed plate-style **evaporators** and the **volume** above horizontally installed plate-style **evaporators** if the distance between the horizontal plate-style **evaporator** and the nearest liner surface above is less than 50 mm. Removable drip trays/troughs shall be considered as not being present.
- c) In the case of **refrigerant** filled shelving, the **volume** above the uppermost **shelf** and below the lowermost **shelf**, if the distance between the **shelf** and the nearest horizontal plane of the cabinet inner wall is less than or equal to 50 mm. All other refrigerated **shelves** are considered as not present.

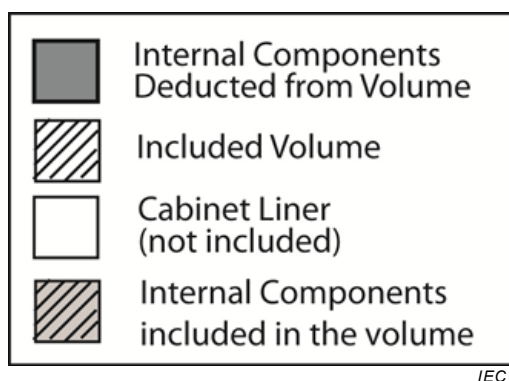
H.2.4 Two-star sections and/or compartments

Two-star sections and/or **compartments** are permitted both in the door and in the remaining **volume** of a **refrigerating appliance** when all the following conditions are met:

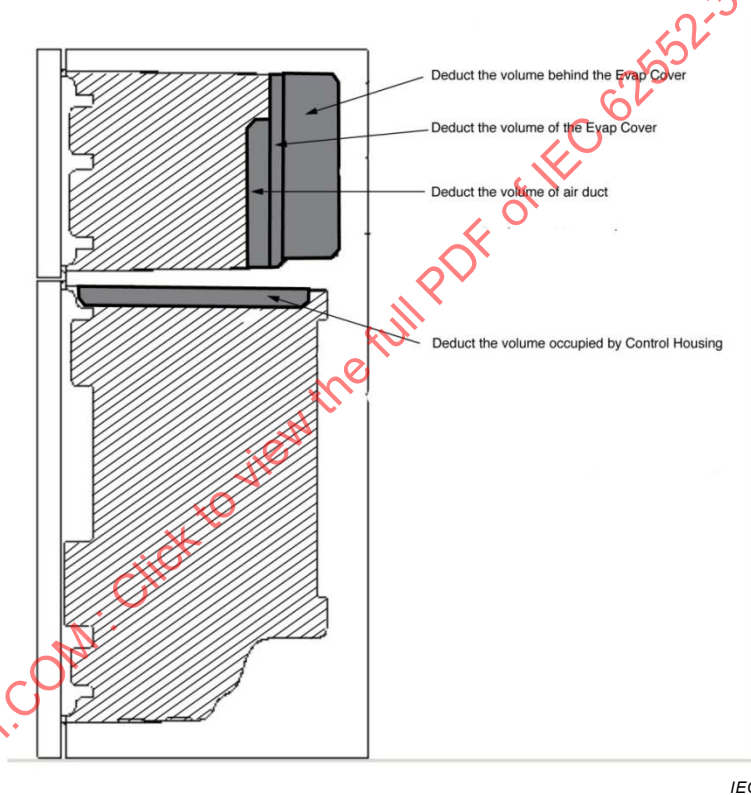
- a) the **two-star section** or **compartment** is marked with the appropriate identification symbol (see IEC 62552-1:2015, 5.2);
- b) the **two-star section** and/or **compartment** is separated from the **three-star** or **four-star volume** by a partition, container, or similar construction;
- c) the **rated** total **two-star section volume** does not exceed 20 % of the total **volume** of the **compartment**;
- d) the instructions give clear guidance regarding the **two-star section** and/or **compartment**;
- e) the **volume** of the **two-star section** and/or **compartment** is stated separately and is not included in the **three-star** or **four-star volume**.

H.3 Key for Figures H.1 through H.5

Figures H.1 through H.5 show typical configurations and are not intended to cover all design variations. A combination of components from the various figures may be used for other designs. The key to the drawings in this Annex is set out below:

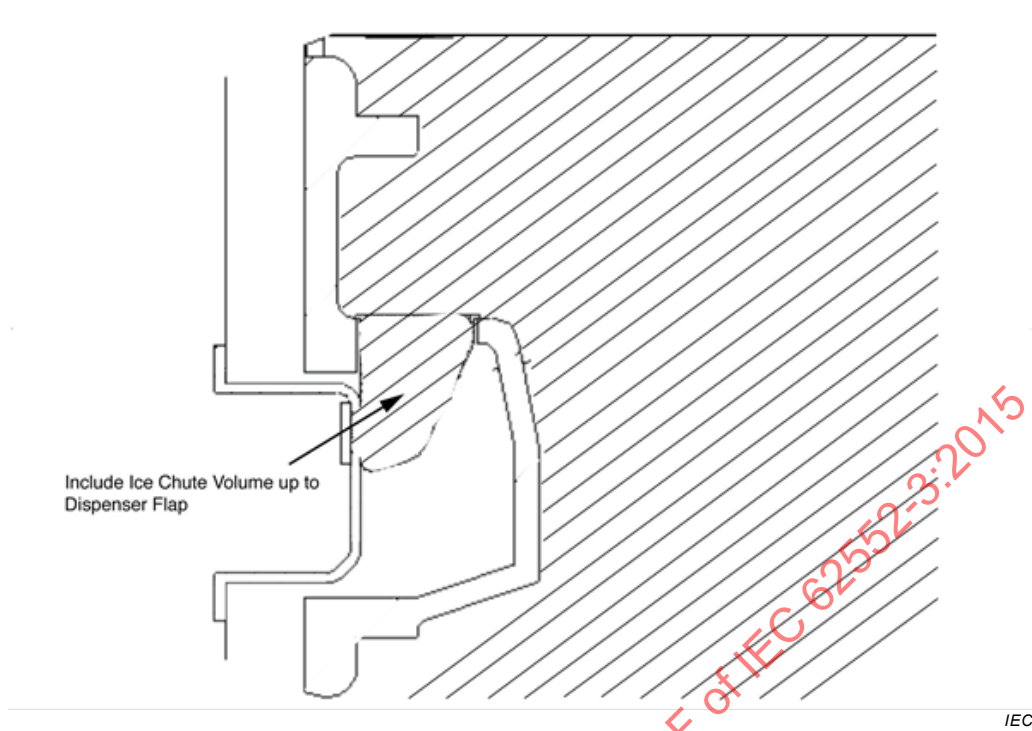


These figures graphically support procedures for determination of **volume** described in H.2.2 and H.2.3.



NOTE This diagram also applies to all side by side, bottom mounted **freezers** and separate single **compartment refrigerating appliances**. All deductions are the same. See the next figures for dispenser unit clarification.

Figure H.1 – Basic view of top mounted freezer appliance



NOTE For automatic ice-makers, plugs or covers over the chute (e.g. during shipping or periods of non-use) are removed for the determination of **volume**.

Figure H.2 – Automatic ice-maker dispenser and chute

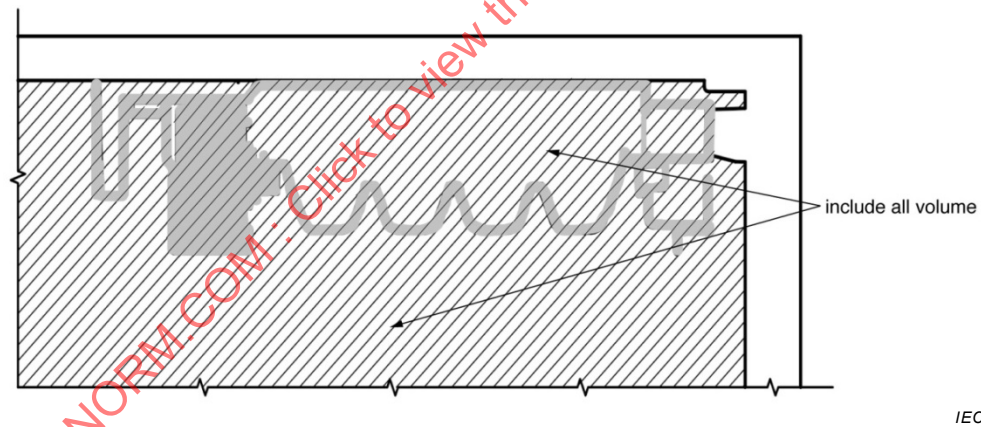


Figure H.3 – Automatic ice-making compartment

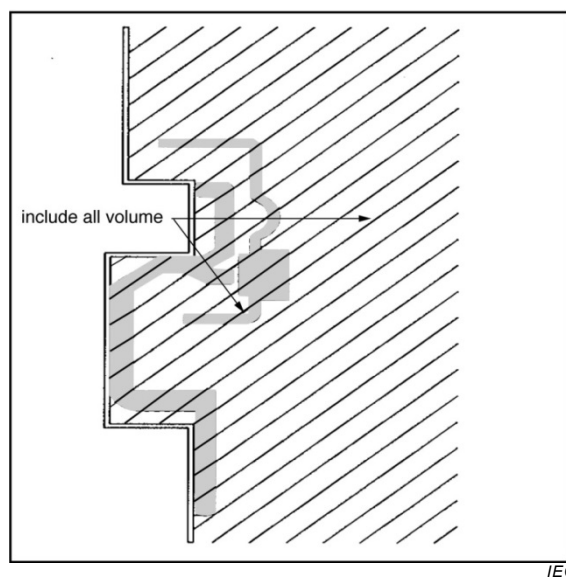
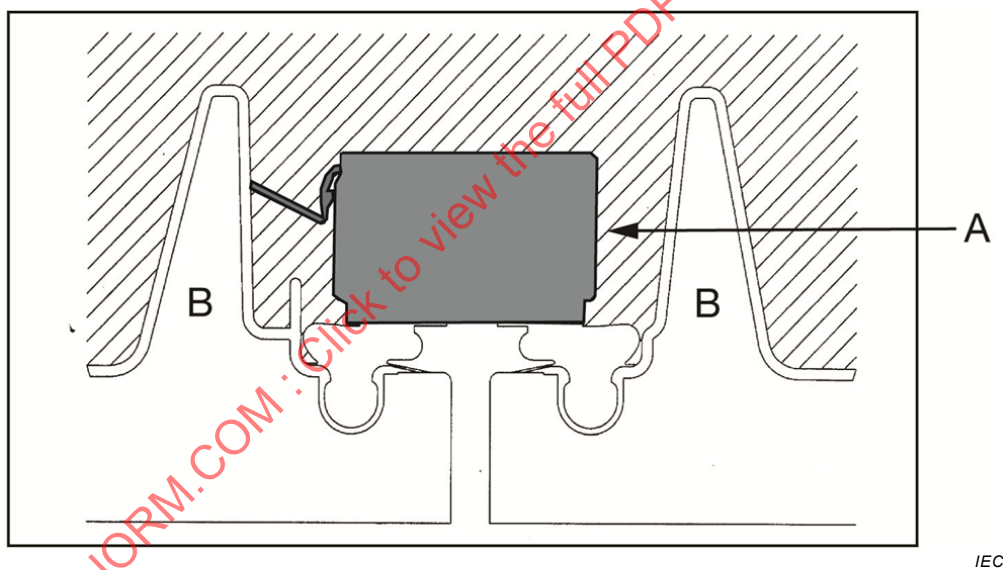


Figure H.4 – Rail of drawer type shelves or baskets



NOTE Rotary divider is calculated with the door closed. **Volume** of internal rotary divider (A) is not included. Protrusion from door liner (B) is not included.

Figure H.5 – Rotary divider of fresh food compartment for French Doors

Annex I (informative)

Worked examples of energy consumption calculations

I.1 Example calculation of daily energy consumption

In accordance with 6.8.2, the daily **energy consumption** of a **refrigerating appliance** with a defrost system (with its own **defrost control cycle**) is given by:

$$E_{daily} = P \times 24 + \frac{\Delta E_{df} \times 24}{\Delta t_{df}} \quad (2)$$

The average temperature for each **compartment** for this **temperature control setting** is given by:

$$T_{average} = T_{ss} + \frac{\Delta Th_{df}}{\Delta t_{df}} \quad (3)$$

An **automatic defrost refrigerator-freezer** had the following test results at 32 °C:

Steady state power P_{32} (Annex B): 43,2 W

Steady state fresh food temperature T_{ff} : 3,6 °C

Steady state freezer temperature T_{fz} : -19,4 °C

Incremental defrost energy ΔE_{df32} (Annex C): 94,3 Wh

Accumulated temperature during defrost in fresh food ΔTh_{df32} (Annex C): +1,6 Kh

Accumulated temperature during defrost in **freezer** ΔTh_{df32} (Annex C): +8,5 Kh

Defrost interval Δt_{df32} (Annex D): 23,4 h

It also had the following test results at 16 °C:

Steady state power P_{16} (Annex B): 16,9 W

Steady state fresh food temperature: 2,9 °C

Steady state freezer temperature: -18,9 °C

Incremental defrost energy ΔE_{df16} (Annex C): 85,6 Wh

Accumulated temperature during defrost in fresh food ΔTh_{df16} (Annex C): +1,8 Kh

Accumulated temperature during defrost in **freezer** ΔTh_{df16} (Annex C): +8,1 Kh

Defrost interval Δt_{df16} (Annex D): 46,8 h

Daily energy and average **compartment** temperature at an ambient of 32 °C is:

$$E_{daily32} = 43,2 \times 24 + \frac{94,3 \times 24}{23,4} = 1\,134 \text{ Wh/d}$$

$$T_{averageFF} = 3,6 + \frac{1,6}{23,4} = 3,67 \text{ °C}$$

$$T_{averageFZ} = -19,4 + \frac{8,5}{23,4} = -19,04 \text{ °C}$$

Daily energy and average **compartment** temperature at an ambient of 16 °C is:

$$E_{daily16} = 16,9 \times 24 + \frac{85,6 \times 24}{46,8} = 449 \text{ Wh/d}$$

$$T_{averageFF} = 2,9 + \frac{1,8}{46,8} = 2,94 \text{ °C}$$

$$T_{averageFZ} = -18,9 + \frac{8,1}{46,8} = -18,73 \text{ °C}$$

1.2 Variable defrost – calculation of defrost intervals

In Annex D, **variable defrost** controllers use a calculation approach to determine the **defrost interval** for determination of daily **energy consumption**.

The **defrost interval** for a **variable defrost** system is given by:

$$\Delta t_{df32} = \frac{\Delta t_{d-max} \times \Delta t_{d-min}}{[0,2 \times (\Delta t_{d-max} - \Delta t_{d-min}) + \Delta t_{d-min}]} \quad (27)$$

where

Δt_{df32} is the **defrost interval** for the test **ambient temperature** of 32 °C

Δt_{d-max} is maximum possible **defrost interval** at an **ambient temperature** of 32 °C as specified by the manufacturer, in hours of elapsed time

Δt_{d-min} is minimum possible **defrost interval** at an **ambient temperature** of 32 °C as specified by the manufacturer, in hours of elapsed time

The following limits are placed on the input variable Δt_{d-max} and Δt_{d-min} , irrespective of the manufacturer's specification:

- Δt_{d-min} is normally greater than 6 h and shall not exceed 12 h at an **ambient temperature** of 32 °C (elapsed time).
- Δt_{d-max} shall not exceed 96 h at an **ambient temperature** of 32 °C (elapsed time).
- Δt_{d-max} shall be greater than Δt_{d-min} at an **ambient temperature** of 32 °C.

A manufacturer has a product where the elapsed time for relevant **defrost intervals** are:

- Δt_{d-min} is 6,5 h at an **ambient temperature** of 32 °C.
- Δt_{d-max} is 44 h at an **ambient temperature** of 32 °C.

- The condition that Δt_{d-max} shall be greater than Δt_{d-min} at an **ambient temperature** of 32 °C is satisfied.

At an **ambient temperature** of 32 °C the value of Δt_{df32} is:

$$\Delta t_{df32} = \frac{44 \times 6,5}{[0,2 \times (44 - 6,5) + 6,5]}$$

= 20,43 h (elapsed time)

= 20,4 h (rounded to the nearest 0,1)

According to D.4.2, the value of Δt_{df16} is twice the value of $\Delta t_{df32} = 40,857$ h (elapsed time)

= 40,9 h (rounded to the nearest 0,1).

I.3 Examples of Interpolation

I.3.1 General

This Clause I.3 provides examples for linear interpolation, triangulation and solutions using matrices. The examples provided are useful for checking that automated systems for analysis are calculating results correctly.

I.3.2 Linear interpolation

I.3.2.1 General

As set out in E.3.3 the equations used for linear interpolation are:

$$f_i = \frac{(T_{i-tar} - T_{i1})}{(T_{i2} - T_{i1})} \quad (28)$$

$$T_j = T_{j1} + f_i \times (T_{j2} - T_{j1}) \quad (29)$$

$$E_{i-tar} = E_1 + f_i \times (E_2 - E_1) \quad (30)$$

The following examples illustrate how these equations can be applied to test data.

I.3.2.2 Single compartment example

A separate **freezer** had the following test results at 32 °C in accordance with 6.8.2 as set out in Table I.1.

Table I.1 – Example of linear interpolation, single compartment

Parameter	Test 1	Test 2	Type	Target
Compartment A	$T_{A1} = -19,6$ °C	$T_{A2} = -17,1$ °C	Freezer	-18,0 °C
Energy	$E_{Daily1} = 789$ Wh/d	$E_{Daily2} = 668$ Wh/d		

Validity check: T_{A1} and T_{A2} shall not be more than 4 K apart. Result = OK.

As set out in Clause E.3, it is necessary to perform calculations for each **compartment** i from 1 to n **compartments**. Each of these iterations is referred to as a loop. There is only a single **compartment** so only 1 loop needs to be performed in this case.

Step 1: Calculate $f_i = (-18,0 - (-19,6))/((-17,1) - (-19,6)) = 0,640$. Verify that this is higher than 0 and lower than 1. Result = OK. (This is always the case if one test point lies above the **target temperature** and one below the **target temperature**).

Step 2: Calculate $T_j = -19,6 + 0,640 \times ((-17,1) - (-19,6)) = -18,0$ (only needed for $j = 1$). As there is only one **compartment** this delivers the **target temperature** back for **compartment** i .

Step 3: Verify that for all T_j its value is equal or below target. In this case this is true. Then calculate $E = 789 + 0,640 \times (668 - 789) = 711,6$ Wh/d.

Interpolation is on **Compartment A** and the slope S_i is given by:

$$S_i = \frac{(E_2 - E_1)}{(T_2 - T_1)} \quad (32)$$

$$S_i = \frac{(668 - 789)}{((-17,1) - (-19,6))} = -48,4 \text{ Wh/d/K}$$

I.3.2.3 Two compartments

First an example is given with two **compartments** with one point above and one point below the **target temperatures** for both **compartments** as shown in Table I.2.

Table I.2 – Example 1 of linear interpolation, two compartments

Parameter	Test 1	Test 2	Type	Target
Compartment A	$T_{A1} = +4,9 \text{ °C}$	$T_{A2} = +1,4 \text{ °C}$	Fresh food	+4,0 °C
Compartment B	$T_{B1} = -16,5 \text{ °C}$	$T_{B2} = -18,9 \text{ °C}$	Freezer	-18,0 °C
Energy	$E_{Daily1} = 822,1 \text{ Wh/d}$	$E_{Daily2} = 935,6 \text{ Wh/d}$		

Validity check: **Compartment A** temperatures of both points are within 4 K of each other as well as for **compartment B**, so linear interpolation can be used.

Loop 1 for $i = A$ (**Compartment A**)

Step 1: Calculate $f_i = (4,0 - 4,9)/(1,4 - 4,9) = 0,257$. Verify that this is higher than 0 and lower than 1. Result is OK.

Step 2: Calculate T_j values:

$$T_A = 4,9 + 0,257 \times (1,4 - 4,9) = 4,0 \text{ °C}$$

$$T_B = -16,5 + 0,257 \times (-18,9 - (-16,5)) = -17,12 \text{ °C}$$

Step 3: T_A less than or equal to target of 4 °C? Result: true

T_B less than or equal to target of -18 °C ? Result: false

Not all interpolated temperature are below target so no **energy consumption** calculation: $E_{A-tar} = \text{invalid}$.

End of loop for $i = A$

Loop 2 for $i = B$ (**Compartment B**)

Step 1: Calculate $f_i = (-18 - (-16,5))/(-18,9 - (-16,5)) = 0,625$. Verify that this is higher than 0 and lower than 1. Result is OK.

Step 2: Calculate T_j values:

$$T_A = 4,9 + 0,625 \times (1,4 - 4,9) = 2,71 \text{ °C}$$

$$T_B = -16,5 + 0,625 \times (-18,9 - (-16,5)) = -18,0 \text{ °C}$$

Step 3: T_A less than or equal to target of 4 °C? Result: true

T_B less than or equal to target of -18 °C? Result: true

All interpolated temperature are below target so **energy consumption** interpolation:

$$E_{B-tar} = 822,1 + 0,625 \times (935,6 - 822,1) = 893,0 \text{ Wh/d.}$$

End of loop for $i = B$

The final interpolated **energy consumption** is $E_{linear} = \text{minimum valid value of } E_{A-tar} \text{ and } E_{B-tar}$ which means that $E_{linear} = E_{B-tar} = 893,0 \text{ Wh/d}$ (noting that E_{A-tar} is invalid in this case).

Interpolation is on **Compartment B** and the slope S_i is -47,292 Wh/d/K.

This example is illustrated in Figure I.1 and Figure I.2 which show that only interpolating on **compartment B** gives a valid result in this case.

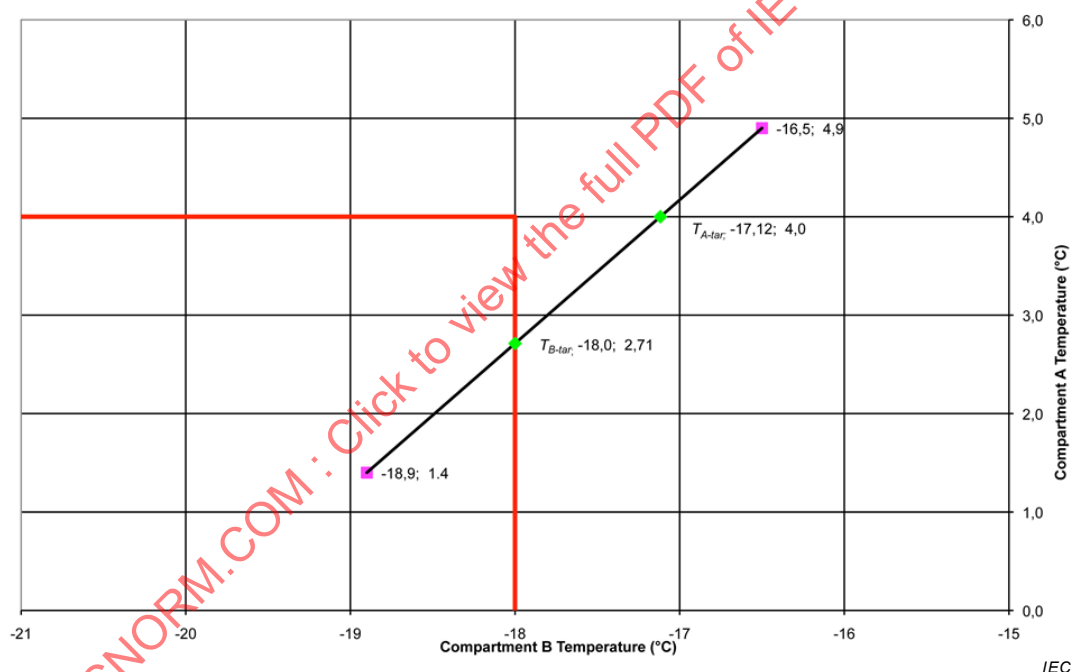


Figure I.1 – Example linear interpolation two compartments (Compartment B critical)

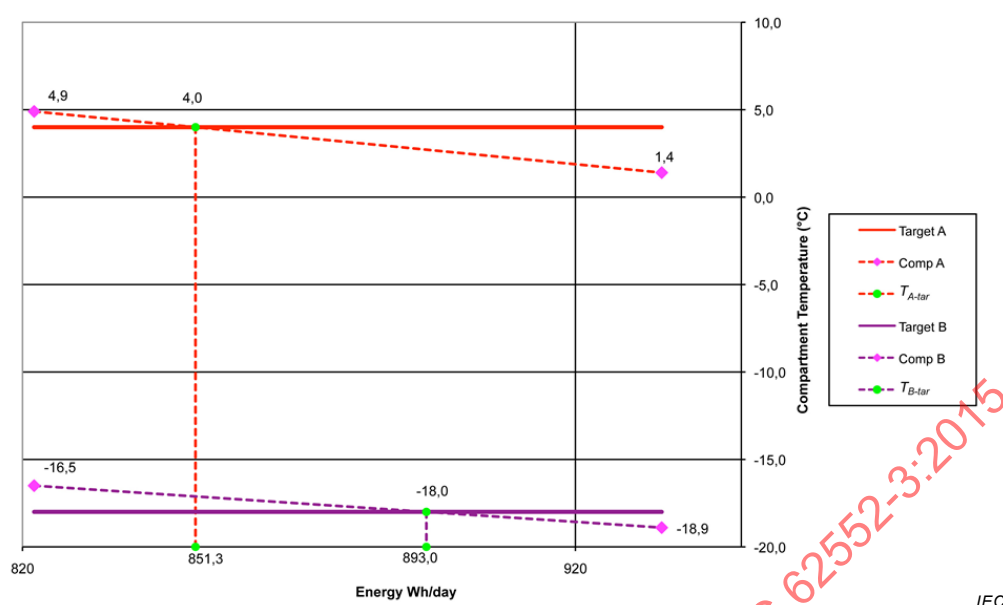


Figure I.2 – Example linear interpolation two compartments (Compartment B critical)

In the second example neither of the test points has both **compartments** below the **target temperatures** as shown in Table I.3. This can still lead to valid interpolation cases. If not valid, the algorithm will identify this.

Table I.3 – Example 2 of linear interpolation, two compartments

Parameter	Test 1	Test 2	Type	Target
Compartment A	$T_{A1} = +5,2\text{ °C}$	$T_{A2} = +2,2\text{ °C}$	Fresh food	$+4,0\text{ °C}$
Compartment B	$T_{B1} = -18,8\text{ °C}$	$T_{B2} = -17,3\text{ °C}$	Freezer	$-18,0\text{ °C}$
Energy	$E_{Daily1} = 853,9\text{ Wh/d}$	$E_{Daily2} = 828,6\text{ Wh/d}$		

Validity check: **Compartment A** temperatures of both points are within 4 K of each other as well as for **compartment B**, so linear interpolation can be used.

NOTE In this example (and the following example) the temperature of **Compartment A** and **Compartment B** are moving in opposite directions. This would normally only be possible where there are two independent **user-adjustable temperature controls** and where **Compartment A** is set colder for test Point 2 and **Compartment B** is set warmer for test Point 2.

Loop 1 for $i = A$ (**Compartment A**)

Step 1: Calculate $f_i = (4,0 - 5,2)/(2,2 - 5,2) = 0,400$. Verify that this is higher than 0 and lower than 1. Result is OK.

Step 2: Calculate T_j values:

$$T_A = 5,2 + 0,400 \times (2,2 - 5,2) = 4,0\text{ °C}$$

$$T_B = -18,8 + 0,400 \times (-17,3 - (-18,8)) = -18,20\text{ °C}$$

Step 3: T_A less than or equal to target of 4 °C ? Result: true

T_B less than or equal to target of -18 °C ? Result: true

All interpolated temperatures are below target so the interpolated **energy consumption** becomes: $E_{A-tar} = 853,9 + 0,400 \times (828,6 - 853,9) = 843,8\text{ Wh/d}$.

End of loop for $i = A$

Loop 2 for $i = B$ (**Compartment B**)

Step 1: Calculate $f_i = (-18,0 - (-18,8))/(-17,3 - (-18,8)) = 0,533$. Verify that this is higher than 0 and lower than 1. Result is OK.

Step 2: Calculate T_j values:

$$T_A = 5,2 + 0,533 \times (2,2 - 5,2) = 3,60 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_B = -18,8 + 0,533 \times (-17,3 - (-18,8)) = -18,0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Step 3: T_A less than or equal to target of $4 \text{ } ^\circ\text{C}$? Result: true

T_B less than or equal to target of $-18 \text{ } ^\circ\text{C}$? Result: true

All interpolated temperatures are below target so **energy consumption** interpolation: $E_{B-tar} = 853,9 + 0,533 \times (828,6 - 853,9) = 840,4 \text{ Wh/d}$.

End of loop for $i = B$

The final interpolated **energy consumption** is $E_{linear} = \text{minimum value of } E_{A-tar} \text{ and } E_{B-tar}$ which means that $E_{linear} = E_{B-tar} = 840,4 \text{ Wh/d}$.

Interpolation is on **Compartment B** and the slope S_i is $-16,87 \text{ Wh/d/K}$.

This example is illustrated in Figure I.3 and Figure I.4 which show that there are two valid interpolation points. The minimum consumption value is taken as this is closer to the optimal case where both **compartment** temperatures would be at their respective **target temperatures**.

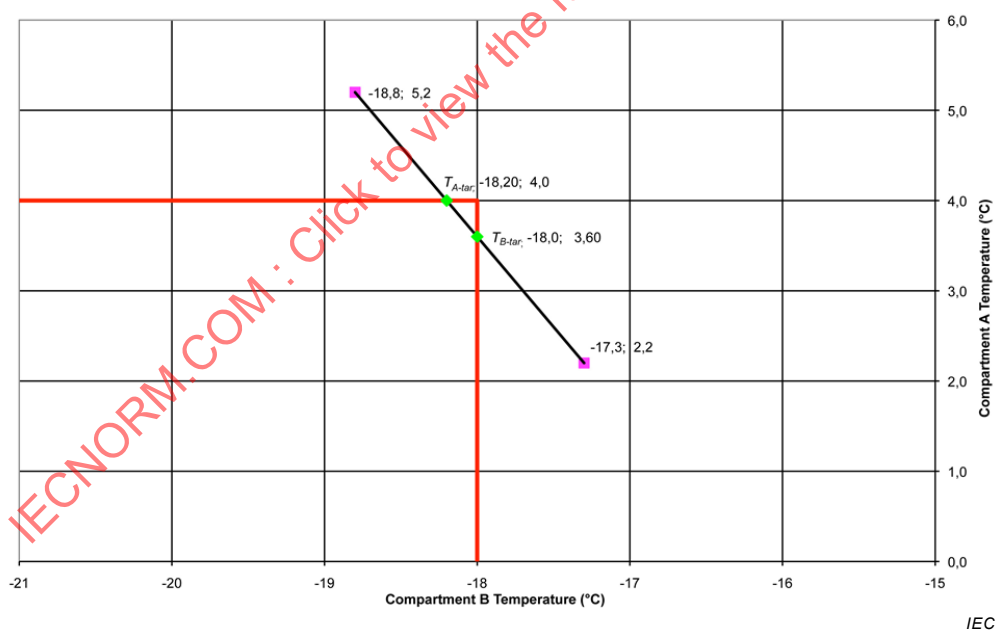


Figure I.3 – Example Interpolation where both test points have both compartments below target (two valid results)

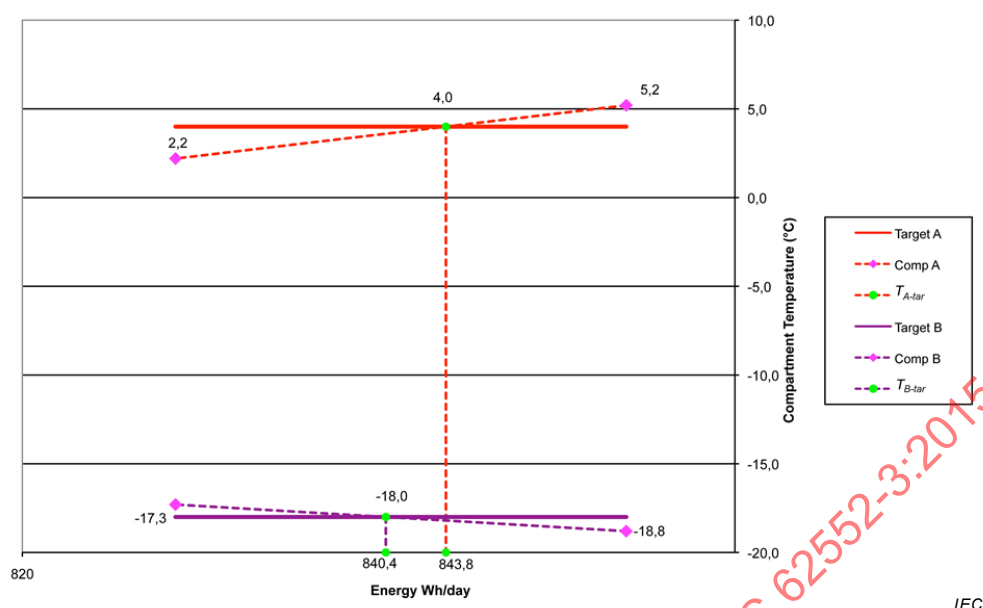


Figure I.4 – Example Interpolation where both test points have both compartments below target (two valid results)

The third example is to show what happens if there is no valid interpolation point possible. Example data is shown in Table I.4.

Table I.4 – Example 3 of linear interpolation, two compartments

Parameter	Test 1	Test 2	Type	Target
Compartment A	$T_{A1} = +5,2 \text{ °C}$	$T_{A2} = +2,3 \text{ °C}$	Fresh food	$+4,0 \text{ °C}$
Compartment B	$T_{B1} = -18,3 \text{ °C}$	$T_{B2} = -16,8 \text{ °C}$	Freezer	$-18,0 \text{ °C}$
Energy	$E_{Daily1} = 853,9 \text{ Wh/d}$	$E_{Daily2} = 828,6 \text{ Wh/d}$		

Validity check: **Compartment A** temperatures of both points are within 4 K of each other as well as for **compartment B**, so linear interpolation can be used.

Loop 1 for $i = A$ (**compartment A**)

Step 1: Calculate $f_i = (4,0 - 5,2)/(2,3 - 5,2) = 0,414$. Verify that this is higher than 0 and lower than 1. Result is OK.

Step 2: Calculate T_j values:

$$T_A = 5,2 + 0,414 \times (2,3 - 5,2) = 4,0 \text{ °C}$$

$$T_B = -18,3 + 0,414 \times (-16,8 - (-18,3)) = -17,68 \text{ °C}$$

Step 3: T_A less than or equal to target of 4 °C ? Result: true

T_B less than or equal to target of -18 °C ? Result: false

Not all interpolated temperatures are below target so no interpolated **energy consumption** can be calculated: $E_{A-tar} = \text{invalid}$.

End of loop for $i = A$

Loop 2 for $i = B$ (**Compartment B**)

Step 1: Calculate $f_i = (-18 - (-18,3))/(-16,8 - (-18,3)) = 0,200$. Verify that this is higher than 0 and lower than 1. Result is OK.

Step 2: Calculate T_j values:

$$T_A = 5,2 + 0,200 \times (2,3 - 5,2) = 4,62 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_B = -18,3 + 0,200 \times (-16,8 - (-18,3)) = -18,0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Step 3: T_A less than or equal to target of 4 °C? Result: false

T_B less than or equal to target of -18 °C? Result: true

Not all interpolated temperatures are below target so no interpolated **energy consumption** can be calculated: E_{B-tar} = invalid.

End of loop for $i = B$

The final interpolated **energy consumption** cannot be derived as neither E_{A-tar} nor E_{B-tar} have valid values. This example is illustrated in Figure I.5 and Figure I.6. Another test point needs to be selected.

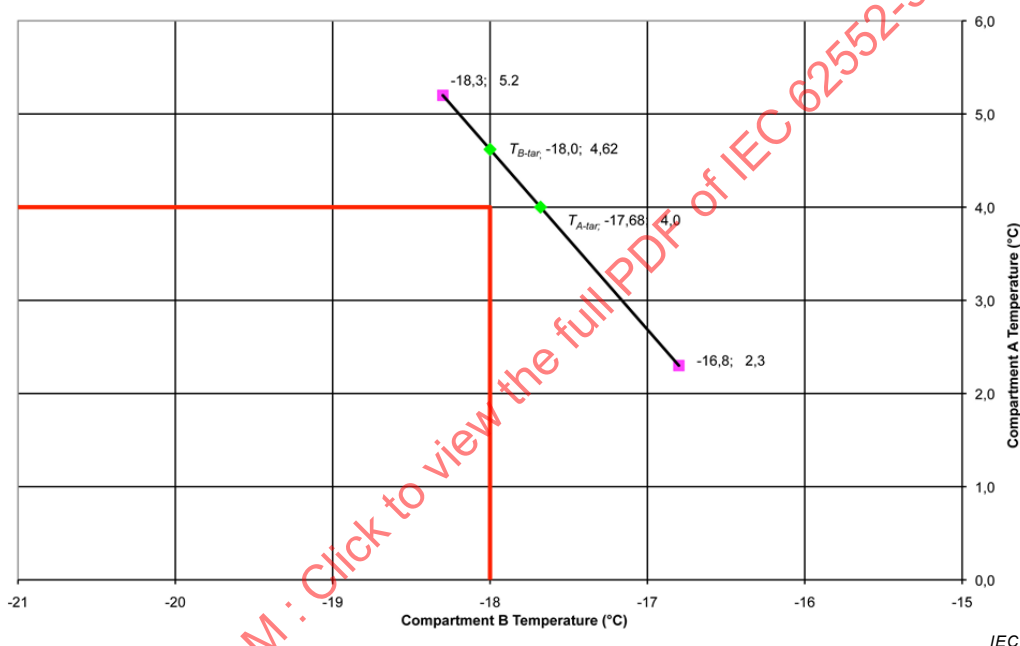


Figure I.5 – Example Interpolation where neither test point has both compartments below target (no valid results)

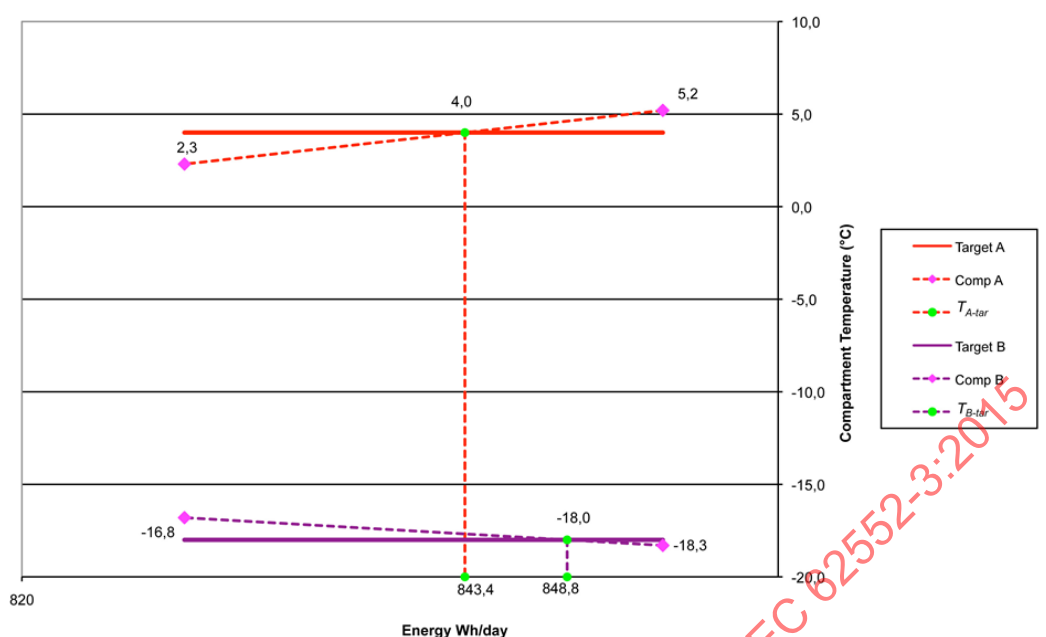


Figure I.6 – Example Interpolation where neither test point has both compartments below target (no valid results)

I.3.2.4 Multiple compartments

The next example deals with the case that two test point are available for a cabinet with 4 compartments. Example data is given in Table I.5.

Table I.5 – Example of linear interpolation, test data for four compartments

Parameter	Test 1	Test 2	Compartment Type	Target
Compartment A °C	+5,5	+2,4	Fresh food	+4,0
Compartment B °C	-16,5	-18,9	Freezer (Four-star)	-18,0
Compartment C °C	+1,3	-2,0	Zero-star	0,0
Compartment D °C	-10,7	-13,9	Frozen (Two-star)	-12,0
Energy Wh/d	822,1	935,6		

NOTE Green shading indicates interpolation at the **compartment target temperature**.

Validity check: All **compartment** temperatures for both points lie within 4 K of each other, so linear interpolation can be used.

Loop 1 for $i = A$ (**compartment A**)

Step 1: Calculate $f_i = (4,0 - 5,5)/(2,4 - 5,5) = 0,484$. Verify that this is higher than 0 and lower than 1. Result is OK.

Step 2: Calculate T_j values:

$$T_A = 5,5 + 0,484 \times (2,4 - 5,5) = 4,0 \text{ °C}$$

$$T_B = -16,5 + 0,484 \times (-18,9 - (-16,5)) = -17,66 \text{ °C}; \text{ loop can be stopped as } > -18 \text{ °C: } E_{A-tar} = \text{invalid.}$$

As one of the **compartments** is above target for loop 1, calculations can be stopped (if done manually). In practice all values would be calculated simultaneously in a spreadsheet and validity of each point checked afterwards (see table below for an example).

End of loop for $i = A$

Loop 2 for $i = B$ (**Compartment B**)

Step 1: Calculate $f_i = (-18 - (-16,5))/(-18,9 - (-16,5)) = 0,625$. Verify that this is higher than 0 and lower than 1. Result is OK.

Step 2: Calculate T_j values:

$$T_A = 5,5 + 0,625 \times (2,4 - 5,5) = 3,56 \text{ °C}$$

$$T_B = -16,5 + 0,625 \times (-18,9 - (-16,5)) = -18,0 \text{ °C}$$

$$T_C = 1,3 + 0,625 \times (-2,0 - 1,3) = -0,76 \text{ °C}$$

$$T_D = -10,7 + 0,625 \times (-13,9 - (-10,7)) = -12,7 \text{ °C}$$

Step 3: T_A less than or equal to target of 4 °C? Result: true

T_B less than or equal to target of -18 °C? Result: true

T_C less than or equal to target of 0 °C? Result: true

T_D less than or equal to target of -12 °C? Result: true

All interpolated temperatures are below target so the interpolated **energy consumption** can be calculated: $E_{B-tar} = 822,1 + 0,625 \times (935,6 - 822,1) = 893,0 \text{ Wh/d}$.

End of loop for $i = B$

Loop 3 for $i = C$ (**compartment C**)

Step 1: Calculate $f_i = (0,0 - (-1,3))/(-2,0 - (-1,3)) = 0,394$. Verify that this is higher than 0 and lower than 1. Result is OK.

Step 2: Calculate T_j values:

$$T_A = 5,5 + 0,394 \times (2,4 - 5,5) = 4,28 \text{ °C}; \text{ loop can be stopped as } > 4 \text{ °C:}$$

$$E_{C-tar} = \text{invalid.}$$

End of loop for $i = C$

Loop 4 for $i = D$ (**compartment D**)

Step 1: Calculate $f_i = (-12,0 - (-10,7))/(-13,9 - (-10,7)) = 0,406$. Verify that this is higher than 0 and lower than 1. Result is OK.

Step 2: Calculate T_j values:

$$T_A = 5,5 + 0,406 \times (2,4 - 5,5) = 4,24 \text{ °C}; \text{ loop can be stopped as } > 4 \text{ °C:}$$

$$E_{D-tar} = \text{invalid.}$$

End of loop for $i = D$

The final interpolated **energy consumption** is E_{linear} = minimum value of E_{A-tar} to E_{D-tar} . As only E_{B-tar} has a valid value, this is by definition the E_{linear} value (893 Wh/d).

Interpolation is on **Compartment B** and the slope S_i is -47,29 Wh/d/K.

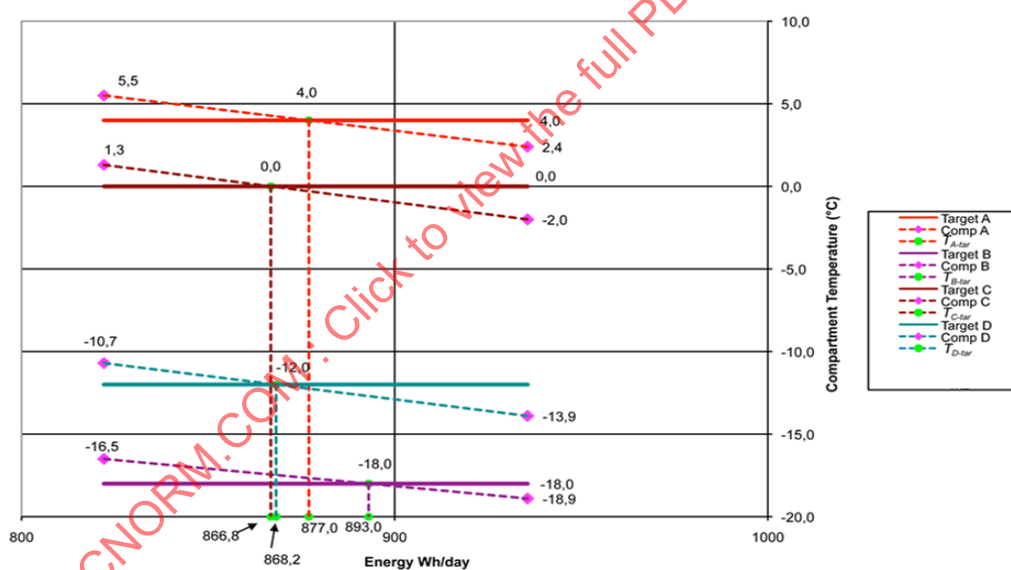
The calculations for this example are shown in Table I.6 and are illustrated in Figure I.7. Moving from coldest to warmest, **Compartment B** (with energy E_2) is the first to cross its **target temperature** (while all other **compartments** are less than **target temperature**). The data can also be laid out in a table, which is useful when calculating the results using a spreadsheet. Blue text is where **compartment** temperatures are at or below target, red text are temperatures above target. Only loop 2 (**Compartment B** at target) is valid (column 3, energy in green text) as all **compartments** are at or below **target temperature**.

Table I.6 – Example of linear interpolation, results for four compartments

Parameter	Interpolation Compartment A (loop 1)	Interpolation Compartment B (loop 2)	Interpolation Compartment C (loop 3)	Interpolation Compartment D (loop 4)
f_i	0,483 87	0,625	0,393 94	0,406 25
Compartment A °C	4,0	3,562 5	4,278 8	4,240 6
Compartment B °C	-17,661	-18,0	-17,445	-17,475
Compartment C °C	-0,296 77	-0,762 5	0,0	-0,0406 25
Compartment D °C	-12,248	-12,7	-11,961	-12,0
Energy Wh/d interpolated	877,02	893,04	866,81	868,21

NOTE

- Green shading indicates interpolation at the **compartment target temperature**.
- Red text indicates that the **compartment** temperature is above the **target temperature** (not valid).
- Blue text indicates that the **compartment** temperature is at or below **target temperature** (valid).
- Red text for energy indicates an invalid value as one or more **compartment** temperatures are above **target temperature** for that interpolation.
- Green text for energy indicates a valid value as all **compartment** temperatures are at or below target for that interpolation.



IEC

Figure I.7 – Example Interpolation for 4 compartments**I.3.3 Two compartments – manual triangulation**

For this example, we consider a **refrigerator-freezer** with two **compartments** used for triangulation. The test data for 3 points is given in Table I.7. This example provides a worked example of the equations in E.4.

Table I.7 – Example of triangulation, two compartments

Parameter	Test 1	Test 2	Test 3	Point 4 (calc)	Type	Target
Compartment A	–20,7	–17,5	–16,0	–18,435 8	Freezer	–18,0
Compartment B	+6,5	+0,8	+7,1	+6,789	Fresh Food	+4,0
Energy Wh/d	1 390	1 310	1 120	1 259,93		

All 3 test points lie within the ± 4 K of the **target temperature** for each **compartment**, so the points are valid. The 3 test points surround the intersection of the **target temperatures** (as illustrated in Figure I.8, so triangulation can proceed.

Firstly check that Point Q lies inside the triangle formed by test points 1, 2 and 3. Calculate the following two parameters as set out in E.4.2.2:

$$Check1 = [(T_{B-tar} - T_{B1}) \times (T_{A2} - T_{A1}) - (T_{A-tar} - T_{A1}) \times (T_{B2} - T_{B1})] \times [(T_{B-tar} - T_{B2}) \times (T_{A3} - T_{A2}) - (T_{A-tar} - T_{A2}) \times (T_{B3} - T_{B2})]$$

$$Check2 = [(T_{B-tar} - T_{B2}) \times (T_{A3} - T_{A2}) - (T_{A-tar} - T_{A2}) \times (T_{B3} - T_{B2})] \times [(T_{B-tar} - T_{B3}) \times (T_{A1} - T_{A3}) - (T_{A-tar} - T_{A3}) \times (T_{B1} - T_{B3})]$$

Point Q lies within the triangle formed by Points 1, 2 and 3 if the following inequality is true:

$$IF \{[Check1 \geq 0] \text{ AND } [Check2 \geq 0]\} = \text{TRUE} \quad (33)$$

NOTE It is recommended that these equations be entered into a spreadsheet for regular use to avoid errors. A value of 0 for Check1 or Check2 indicates that the Point Q lies exactly on one of the triangle sides and that linear interpolation could yield the same result with less data.

In this case, *Check1* and *Check2* yield the following results:

$$Check1 = [(4 - 6,5) \times (-17,5 - (-20,7)) - (-18 - (-20,7)) \times (0,8 - 6,5)] \times [(4 - 0,8) \times (-16 - (-17,5)) - (-18 - (-17,5)) \times (7,1 - 0,8)]$$

$$Check1 = 58,750 5$$

$$Check2 = [(4 - 0,8) \times (-16 - (-17,5)) - (-18 - (-17,5)) \times (7,1 - 0,8)] \times [(4 - 7,1) \times (-20,7 - (-16)) - (-18 - (-16)) \times (6,5 - 7,1)]$$

$$Check2 = 106,291 5$$

As both *Check1* and *Check2* are greater than 0, Point Q lies inside the triangle formed by Points 1, 2 and 3, so triangulation using manual interpolation or matrices can proceed.

An alternative approach to check that Point Q lies inside the triangle (using the same principles) is set out in E.4.6. Calculate the Determinant of each of the following four matrices:

$$D_0 \text{ for } \begin{vmatrix} -20,7 & 6,5 & 1 \\ -17,5 & 0,8 & 1 \\ -16,0 & 7,1 & 1 \end{vmatrix} = 28,71$$

$$D_1 \text{ for } \begin{vmatrix} -18,0 & 4,0 & 1 \\ -17,5 & 0,8 & 1 \\ -16,0 & 7,1 & 1 \end{vmatrix} = 7,95$$

$$D_2 \text{ for } \begin{vmatrix} -20,7 & 6,5 & 1 \\ -18,0 & 4,0 & 1 \\ -16,0 & 7,1 & 1 \end{vmatrix} = 13,37$$

$$D_3 \text{ for } \begin{vmatrix} -20,7 & 6,5 & 1 \\ -17,5 & 0,8 & 1 \\ -18,0 & 4,0 & 1 \end{vmatrix} = 7,39$$

As a check $D_0 = D_1 + D_2 + D_3$

$$28,71 = 7,95 + 13,37 + 7,39 = \text{correct}$$

If D_1 and D_2 and D_3 are the same sign as D_0 , then Point Q is inside of the triangle (correct).

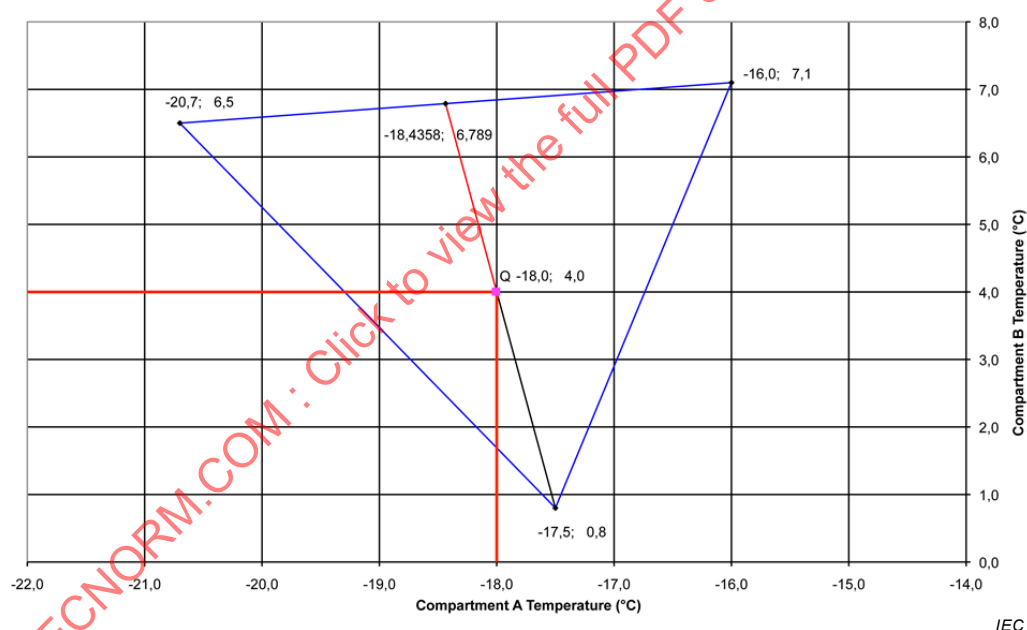


Figure I.8 – Example of triangulation (temperatures)

The equations to determine the values for manual interpolation are set out below.

Calculate the temperature in **Compartment A** at Point 4, which is the intersection of a line through Point 2 and Point Q (target) and a line between Points 1 and 3.

$$T_{A4} = \frac{\left[T_{B-tar} - \frac{T_{A-tar} \times (T_{B2} - T_{B-tar})}{(T_{A2} - T_{A-tar})} - T_{B1} + \frac{T_{A1} \times (T_{B3} - T_{B1})}{(T_{A3} - T_{A1})} \right]}{\left[\frac{(T_{B3} - T_{B1})}{(T_{A3} - T_{A1})} - \frac{(T_{B2} - T_{B-tar})}{(T_{A2} - T_{A-tar})} \right]} \quad (34)$$

$$T_{A4} = \frac{\left[4 - \frac{(-18,0) \times (0,8 - 4,0)}{((-17,5) - (-18,0))} - 6,5 + \frac{(-20,7) \times (7,1 - 6,5)}{((-16,0) - (-20,7))} \right]}{\left[\frac{(7,1 - 6,5)}{((-16,0) - (-20,7))} - \frac{(0,8 - 4,0)}{((-17,5) - (-18,0))} \right]} = -18,435 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Figure I.8 shows clearly that Point Q lies within the triangle of test Points 1 to 3. Formula (33) above also confirms that Point Q lies inside the triangle formed by Points 1 to 3. An additional check may be performed as follows:

$$T_{A4} < T_{A-tar} < T_{A2} \text{ or}$$

$$T_{A4} > T_{A-tar} > T_{A2}$$

and

$$T_{A1} < T_{A4} < T_{A3} \text{ or}$$

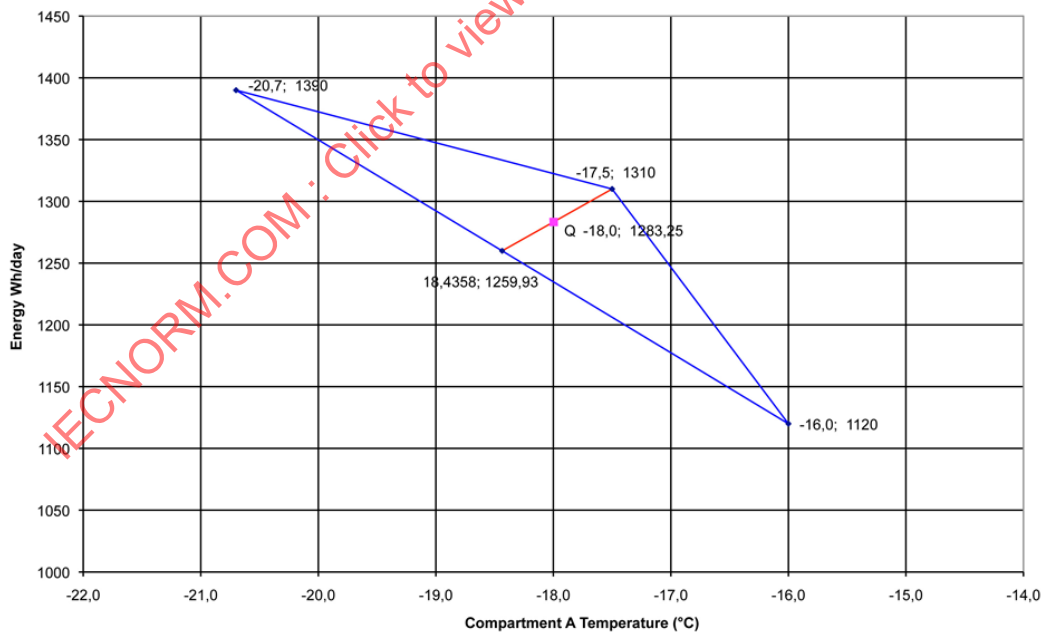
$$T_{A1} > T_{A4} > T_{A3}$$

In this example the first condition of each is met:

$$-18,435 \text{ } ^\circ\text{C} < -18 \text{ } ^\circ\text{C} < -17,5 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ and}$$

$$-20,7 \text{ } ^\circ\text{C} < -18,435 \text{ } ^\circ\text{C} < -16,0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Where is there any doubt whether the Point Q lies inside the triangle (e.g. close to one of the sides of the triangle), mathematical evaluation in accordance with Formula (33) shall be used to confirm validity.



IEC

Figure I.9 – Example of triangulation (temperature and energy)

The interpolated **energy consumption** at the temperature for Point 4 between test Points 1 and 3 is determined as follows (**compartment A** temperatures are used):

$$E_4 = E_1 + (E_3 - E_1) \times \frac{(T_{A4} - T_{A1})}{(T_{A3} - T_{A1})} \quad (35)$$

$$E_4 = 1390 + (1120 - 1390) \times \frac{((-18,4358) - (-20,7))}{((-16,0) - (-20,7))} = 1\,259,93 \text{ Wh/d}$$

The calculated **energy consumption** at the **target temperature** (Point Q) using temperature and energy data for Point 4 above and test Point 2 is determined as follows (**compartment A** temperatures are used) is given by:

$$E_{AB-tar} = E_2 + (E_4 - E_2) \times \frac{(T_{A-tar} - T_{A2})}{(T_{A4} - T_{A2})} \quad (36)$$

$$E_{AB-tar} = 1310 + (1259,93 - 1310) \times \frac{((-18,0) - (-17,5))}{((-18,4358) - (-17,5))} = 1\,283,25 \text{ Wh/d}$$

E_{AB-tar} is the **energy consumption** determined using triangulation of **compartments A** and **B**. This is illustrated in Figure I.9. Note that the results above for T_{A4} , E_4 and E_{AB-tar} are normally calculated without rounding. Small differences will occur if the rounded values shown above are used in the equations in this standard. Unrounded values should be used for all calculations where possible. Calculations are normally undertaken in a spreadsheet or other mathematical tool.

I.3.4 Two compartments – triangulation using matrices

For this worked example, we consider the same **refrigerator-freezer** with two **compartments** used for triangulation in the previous example. The use of Formula (33) has already confirmed that the 3 test points surround Point Q. Note that it is not necessary to calculate a value for Point 4 when matrices are used.

The basic premise of the approach on two **compartments** using matrices is to assume that we have 3 simultaneous equations to describe the 3 test points as follows:

$$E_0 + A \times T_{A1} + B \times T_{B1} = E_1$$

$$E_0 + A \times T_{A2} + B \times T_{B2} = E_2$$

$$E_0 + A \times T_{A3} + B \times T_{B3} = E_3$$

In this example, the equations are:

$$E_0 + A \times (-20,7) + B \times 6,5 = 1\,390$$

$$E_0 + A \times (-17,5) + B \times 0,8 = 1\,310$$

$$E_0 + A \times (-16,0) + B \times 7,1 = 1\,120$$

The value of E_0 is conceptually the **energy consumption** of the **refrigerating appliance** at the given ambient test temperature when the temperature of both **compartments** is 0 °C (which will not be possible to achieve in practice).

These three equations can be organised into a matrices as follows:

$$[M_{33}] \times [C_{3I}] = [E_{3I}] \quad (37)$$

Where:

$[M_{33}]$ is a 3×3 matrix of 1 (constant), T_A and T_B for each test point

$[C_{3I}]$ is a 3×1 matrix of E_0 , A and B (constants to be solved)

$[E_{3I}]$ is a 3×1 matrix of E_1 , E_2 and E_3

$$\begin{bmatrix} 1 & -20,7 & 6,5 \\ 1 & -17,5 & 0,8 \\ 1 & -16,0 & 7,1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} E_0 \\ A \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1390 \\ 1310 \\ 1120 \end{bmatrix}$$

To solve for the unknown constants matrix $[C_{3I}]$, find the solution to the matrix multiplication $[M_{33}]^{-1} \times [E_{3I}]$

In this example, $[M_{33}]^{-1}$ is equal to:

$$\begin{bmatrix} -3,88192 & +1,49669 & +3,38523 \\ -0,21944 & +0,02090 & +0,19854 \\ +0,05225 & -0,16371 & +0,11146 \end{bmatrix}$$

The matrix multiplication $[M_{33}]^{-1} \times [E_{3I}]$ yields the following matrix for E_0 , A and B

$$[C_{3I}] = \begin{bmatrix} 356,2522 \\ -55,2769 \\ -16,9976 \end{bmatrix}$$

Using the solved constants from matrix $[C_{3I}]$, the **energy consumption** at any combination of **compartment** temperatures can be accurately estimated by the equation:

$$E_{AB} = 356,2522 - 55,2769 \times T_A - 16,9976 \times T_B$$

The **energy consumption** at the **target temperature** for **Compartment A** = $-18,0$ and **Compartment B** = $+4,0$ is given by:

$$E_{AB-target} = 356,2522 - 55,2769 \times (-18,0) - 16,9976 \times 4,0 = 1\,283,246 \text{ Wh/d}$$

NOTE The result using matrices gives exactly the same result as manual interpolation as set out in the previous subclause. In the examples documented in this subclause and the previous subclause, some errors in the last significant figure may occur due to rounding. This would not occur if spreadsheets are used to calculate the results without rounding.

The energy impact of a change in **compartment** temperatures can be readily calculated from these parameters.

For **Compartment A (freezer)**, the change in energy resulting from a 1 K warmer **compartment** temperature is given by:

$$\frac{A}{E_{target}} = \frac{-55,2769}{1283,246} = -4,31 \%$$

i.e. 1 K warmer **freezer** temperature will result in a 4,31 % decrease in **energy consumption** (for a constant fresh food temperature).

Similarly, for **Compartment B** (fresh food), the change in energy resulting from a 1 K warmer **compartment** temperature is given by:

$$\frac{B}{E_{target}} = \frac{-16,997}{1283,246} = -1,32 \%$$

i.e. 1 K warmer fresh food temperature will result in a 1,32 % decrease in **energy consumption** (for a constant **freezer** temperature).

I.3.5 Three compartments – triangulation using matrices

For this worked example, we consider a **refrigerator-freezer** with three **compartments** and four points used for triangulation, as shown in Table I.8.

Table I.8 – Example of triangulation, three compartments

Parameter	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Type	Target
Compartment A	–20,1	–18,8	–16,0	–17,4	Freezer	–18,0
Compartment B	+4,3	+1,3	+6,4	+2,4	Fresh Food	+4,0
Compartment C	–14,2	–12,5	–10,5	–10,5	Two-star	–12,0
Energy Wh/d	1 250	1 220	1 080	1 150		

Firstly we check that the Point Q lies inside the tetrahedron formed by the four test points. Calculate the Determinant of the following five matrices:

$$D_0 \text{ for } \begin{vmatrix} -20,1 & 4,3 & -14,2 & 1 \\ -18,8 & 1,3 & -12,5 & 1 \\ -16,0 & 6,4 & -10,5 & 1 \\ -17,4 & 2,4 & -10,5 & 1 \end{vmatrix} = -11,898$$

$$D_1 \text{ for } \begin{vmatrix} -18,0 & 4,0 & -12,0 & 1 \\ -18,8 & 1,3 & -12,5 & 1 \\ -16,0 & 6,4 & -10,5 & 1 \\ -17,4 & 2,4 & -10,5 & 1 \end{vmatrix} = -3,190$$

$$D_2 \text{ for } \begin{vmatrix} -20,1 & 4,3 & -14,2 & 1 \\ -18,0 & 4,0 & -12,0 & 1 \\ -16,0 & 6,4 & -10,5 & 1 \\ -17,4 & 2,4 & -10,5 & 1 \end{vmatrix} = -3,022$$

$$D_3 \text{ for } \begin{vmatrix} -20,1 & 4,3 & -14,2 & 1 \\ -18,8 & 1,3 & -12,5 & 1 \\ -18,0 & 4,0 & -12,0 & 1 \\ -17,4 & 2,4 & -10,5 & 1 \end{vmatrix} = -4,075$$

$$D_4 \text{ for } \begin{vmatrix} -20,1 & 4,3 & -14,2 & 1 \\ -18,8 & 1,3 & -12,5 & 1 \\ -16,0 & 6,4 & -10,5 & 1 \\ -18,0 & 4,0 & -12,0 & 1 \end{vmatrix} = -1,611$$

As a check $D_0 = D_1 + D_2 + D_3 + D_4$

$-11,898 = -3,190 - 3,022 - 4,075 - 1,611 = \text{correct}$

If D_1 and D_2 and D_3 and D_4 are the same sign as D_0 , then Point Q is inside of the tetrahedron (correct).

As per the previous example, the data can be organised into a matrices as follows:

$$[M_{44}] \times [C_{41}] = [E_{41}] \quad (39)$$

$[M_{44}]$ is a 4×4 matrix of 1 (constant), T_A , T_B and T_C for each test point

$[C_{41}]$ is a 4×1 matrix of E_0 , A , B and C (constants to be solved)

$[E_{41}]$ is a 4×1 matrix of E_1 , E_2 , E_3 and E_4 .

$$\begin{bmatrix} -20,1 & +4,3 & -14,2 & 1 \\ -18,8 & +1,3 & -12,5 & 1 \\ -16,0 & +6,4 & -10,5 & 1 \\ -17,4 & +2,4 & -10,5 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} E_0 \\ A \\ B \\ C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1250 \\ 1220 \\ 1080 \\ 1150 \end{bmatrix}$$

To solve for the unknown constants matrix $[C_{41}]$, find the solution to the matrix multiplication $[M_{44}]^{-1} \times [E_{41}]$

In this example, $[M_{44}]^{-1}$ is equal to:

$$\begin{bmatrix} -8,68129 & +10,81039 & +6,49647 & -7,62557 \\ -0,67238 & +1,24391 & +0,66146 & -1,23298 \\ +0,23533 & -0,43537 & +0,01849 & +0,18154 \\ +0,34123 & -1,13128 & -0,47319 & +1,26324 \end{bmatrix}$$

The matrix multiplication $[M_{44}]^{-1} \times [E_{41}]$ yields the following matrix for E_0 , A , B and C

$$[C_{41}] = \begin{bmatrix} 583,8452 \\ -26,4666 \\ -8,23668 \\ -11,9432 \end{bmatrix}$$

Using the solved constants from matrix $[C_{41}]$, the **energy consumption** at any combination of **compartment** temperatures can be accurately estimated by the equation:

$$E_{ABC} = 583,8452 - 26,4666 \times T_A - 8,23668 \times T_B - 11,9432 \times T_C$$

The **energy consumption** at the **target temperature** for **Compartment A** = $-18,0$ and **Compartment B** = $+4,0$ and **Compartment C** = $-12,0$ is given by:

$$E_{ABC-tar} = 583,8452 - 26,4666 \times (-18) - 8,23668 \times (+4) - 11,9432 \times (-12) \text{ Wh/d}$$

$$= 1\,170,616 \text{ Wh/d}$$

The energy impact of a change in **compartment** temperatures can be readily calculated from these parameters.

For **compartment A**, a 1 K warmer **compartment** temperature will result in a 26,4666 Wh/d decrease in energy consumption (equivalent to 1,10 W decrease or a 2,26 % energy decrease per K warmer).

For **compartment B**, a 1 K warmer **compartment** temperature will result in a 8,236 68 Wh/d decrease in energy consumption (equivalent to 0,343 W decrease or a 0,70 % energy decrease per K warmer).

For **compartment C**, a 1 K warmer **compartment** temperature will result in a 11,9432 Wh/d decrease in energy consumption (equivalent to 0,498 W decrease or a 1,02 % energy decrease per K warmer).

I.4 Calculating the energy impact of internal temperature changes

I.4.1 General

It is often useful to calculate the energy impact of internal **compartment** temperature changes which result from changes in user adjustments to **temperature control settings**. Calculation of these values can give a good indication of the user-related impact of changes in **temperature control settings** that may occur from user to user and can assist with analysis of field data.

Analysis of a range of **refrigerator-freezers** tested at an ambient of 32 °C showed that the impact of **freezer** temperature was typically an increase in energy of 2 % to 5 % per degree K **compartment** decrease and for the fresh food temperature was typically an increase in energy of 1 % to 3 % per degree K decrease. These values vary by model.

While such calculations are of interest and are recommended, they are not required as part of this standard.

NOTE When calculating the energy impact of internal temperature changes, great care is required in cases where the base of the triangle is less than 2 K and the height of the triangle is less than 1 K. Small or flat shaped triangles may not provide an accurate estimate of the impact in either **compartment** for products with 2 **user-adjustable temperature controls**.

I.4.2 One compartment

Where two point interpolation using a single control is used to calculate the energy for a **refrigerating appliance** with only one **compartment**, the energy impact per degree K change can be readily calculated.

$$E_{target} = E_1 + (E_2 - E_1) \times \frac{(T_{tar} - T_1)}{(T_2 - T_1)}$$

and

$$\Delta E = \frac{(E_2 - E_1)}{(T_2 - T_1) \times E_{target}}$$

where

E_{target} is the **energy consumption** at the **target temperature** determined by linear interpolation from test Points 1 & 2

E_1 is the measured **energy consumption** at test Point 1 for **temperature control setting 1**

E_2 is the measured **energy consumption** at test Point 2 for **temperature control setting 2**

T_1	is the measured temperature at test Point 1 for temperature control setting 1
T_2	is the measured temperature at test Point 2 for temperature control setting 2
T_{tar}	is the target temperature for the compartment type as set out in Table 1
ΔE	is the energy change in % of the target energy consumption per change in degree K for the compartment

NOTE The value of ΔE is usually negative in that an increase in temperature will result in a decrease in energy.

Using the example for a single **compartment** from I.3.2.2

$$E_{Daily1} = 789 \text{ Wh/d}$$

$$T_1 = -19,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$E_{Daily2} = 668 \text{ Wh/d}$$

$$T_2 = -17,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Target temperature for freezer: $-18,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$$E_n = 789 + (668 - 789) \times \frac{(-18,0 - (-19,6))}{(-17,1 - (-19,6))} = 711,56 \text{ Wh/d}$$

therefore:

$$\Delta E = \frac{(668 - 789)}{(-17,1 - (-19,6)) \times 711,56}$$

$$\Delta E = -0,068 \text{ per K}$$

or a 6,8 % energy increase per degree K decrease in internal temperature.

Where the temperatures in two **compartments** are affected by a single control, the calculation for ΔE is performed for each **compartment** using the target **energy consumption** for the critical **compartment** as specified in E.3. Because it may not be possible to independently vary the **compartment** temperatures, values for both **compartments** should be reported together.

Where there are two independent **user-adjustable temperature controls** that are both adjusted (or only one is adjusted) to get two test points, the resulting calculations will not give a valid representation of the temperature energy impact in both **compartments**. This can only be done using triangulation (3 test points for 2 **compartments**).

I.4.3 Triangulation

Where triangulation is undertaken in accordance with E.4, the test points can be used to derive another useful characteristic of the **refrigerating appliance**, which is the energy change per degree temperature change for each **compartment** (where there are two **compartments** and two controls changed). This is most reliably done when the triangle surrounding Point Q are well spread in both **compartments** (e.g. close to an equilateral triangle, rather than a flat triangle).

To calculate these parameters, exactly the same equations in E.4 are used but with an adjusted **target temperature** for each **compartment** applied separately. For the purposes of this analysis, it is not critical whether the adjusted **target temperature** Point Q strictly lies inside the triangle of test points or not if the data are not used as the basis of a primary claim.

If matrices are used to interpolate (as set out in E.4.4), then the derived coefficients A and B are in fact the ΔE_A and ΔE_B parameters for **Compartments** A and B (i.e. energy change per degree change in each **compartment**) as set out in the examples in I.3.3. This is the easiest approach. Alternatively, the impacts can be manually determined as set out below.

For a **refrigerator-freezer** with 2 **user-adjustable temperature controls**, the recommended approach is:

- Determine the **energy consumption** at Point Q for the specified **target temperatures** of +4 °C and –18 °C ($E_{4,-18}$);
- Determine the **energy consumption** at the temperatures of +4 °C and –19 °C ($E_{4,-19}$);
- Determine the **energy consumption** at the temperatures of +3 °C and –18 °C ($E_{3,-18}$).

NOTE 1 These calculations can be done for any two **compartments** A and B. The **fresh food** and **freezer** is used as an illustrative example.

The temperature response to changes in internal temperatures can then be calculated as:

$$\Delta E_{\text{freezer}} = \frac{E_{4,-18} - E_{4,-19}}{E_{4,-18}}$$

where

$\Delta E_{\text{freezer}}$ is the change in **energy consumption** per degree K warmer in **freezer** temperature as a % of the target **energy consumption** at Point Q

$E_{4,-18}$ is the **energy consumption** by interpolation at +4 °C and –18 °C

$E_{4,-19}$ is the **energy consumption** by interpolation at +4 °C and –19 °C.

The temperature response to changes in internal temperatures can then be calculated as:

$$\Delta E_{\text{freshfood}} = \frac{E_{4,-18} - E_{3,-18}}{E_{4,-18}}$$

where

$\Delta E_{\text{freshfood}}$ is the change in **energy consumption** per degree K warmer in fresh food temperature as a % of the target **energy consumption** at Point Q

$E_{4,-18}$ is the **energy consumption** by interpolation at +4 °C and –18 °C

$E_{3,-18}$ is the **energy consumption** by interpolation at +3 °C and –18 °C.

NOTE 2 The value of ΔE is usually negative in that a warmer temperature will result in a decrease in energy.

The energy response to internal temperature changes (away from the **target temperature**) can be calculated in a similar way for all relevant **compartments** with separate **user-adjustable temperature controls**.

I.5 Automatically controlled anti-condensation heater(s)

A labelling jurisdiction has decided on only 3 temperatures 16 °C, 22 °C, and 32 °C for this procedure. Calculations shall be based on an indoor **ambient temperature** of 16 °C for 30 % of the time, on 22 °C for 60 % of the time, and on 32 °C for 10 % of the time. The regional probability of various indoor relative humidity levels in that jurisdiction shall be as in the three “Probability constant” columns in Table I.9.

A **refrigerator-freezer** has automatically controlled anti-condensation heaters. For this particular model (at **compartment target temperatures**) at the various relative humidity

levels and the three **ambient temperatures**, the average wattage of the heaters is as in the “Average heater wattage” columns in Table I.9.

Table I.9 – Example of population-weighted humidity probabilities and heater wattages at 16 °C, 22 °C and 32 °C

RH band mid-point	Regional Probability, R_i (AS/NZS conditions)			Average heater power P_{Hi} (in W) (from manufacturer)			Probability times power at each ambient temperature		
	16 °C	22 °C	32 °C	16 °C	22 °C	32 °C	16 °C	22 °C	32 °C
5 %	0,00 %	0,00 %	0,03 %	0	0	0	0,0000	0,0000	0,0000
15 %	0,06 %	0,06 %	0,33 %	0	0	1	0,0000	0,0000	0,0033
25 %	0,60 %	1,62 %	2,35 %	0	1	2	0,0000	0,0162	0,0470
35 %	2,76 %	9,24 %	2,56 %	0	2	3	0,0000	0,1848	0,0768
45 %	6,93 %	12,72 %	3,57 %	1	2	4	0,0693	0,2544	0,1428
55 %	8,01 %	11,70 %	1,11 %	1	3	5	0,0801	0,3510	0,0555
65 %	5,55 %	11,40 %	0,05 %	1	3	6	0,0555	0,3420	0,0030
75 %	3,30 %	7,92 %	0,00 %	2	4	7	0,0660	0,3168	0,0000
85 %	1,80 %	3,48 %	0,00 %	2	5	8	0,0360	0,1740	0,0000
95 %	0,99 %	1,86 %	0,00 %	3	6	9	0,0297	0,1116	0,0000
Total	30 %	60 %	10 %						

NOTE The example in this table is based on Australia and New Zealand standard conditions for a hypothetical refrigerating appliance.

For each ambient,

$$W_{heaters} = \left[\sum_{i=1}^k (R_i \times P_{Hi}) \right] \times 1,3 \quad (40)$$

Note these values are weighted by the assumed time at each condition: 30 % of the time assumed to be at 16 °C, 60 % at 22 °C and 10 % at 32 °C.

Weighted average annual power, $W_{heaters} = 2,4158 \times 1,3 \text{ W}$

$= 3,14054 \text{ W}$

The system loss factor (1,3) is to allow for the extra energy used to remove heater energy that leaks into the **refrigerating appliance**.

The annual energy from this auxiliary can be calculated as:

$$E_{aux} = 3,14054 \text{ W} \times 24 \text{ h/d} \times 365 \text{ d/year} \times 0,001 \text{ kW/W} = 27,511 \text{ kWh/year}$$

This value would add to the annual energy value if the heater was not operating when tested for **energy consumption**.

NOTE The values for **energy consumption** are initially calculated on a daily basis in 6.8.2, so care is required to ensure consistent units when adding energy values.

I.6 Calculation of load processing efficiency

A product has been tested for **load processing efficiency** in accordance with Annex G of this standard

The appliance attributes were as follows:

- **Fresh food volume:** 300 l, therefore the water load = 3 600 g (12 g/l)
- **Freezer volume:** 120 l, therefore the water load = 480 g (4 g/l)

An unfrozen load of 3 600 g is made up of 6 PET bottles of 500 g and 2 bottles of 300 g. These are placed:

- 1 000 g at the level of TMP₁,
- 1 300 g at the level of TMP₂,
- 1 300 g at the level of TMP₃.

A frozen load of 480 g is made up of one **ice cube tray** of 200 g and two **ice cube trays** of 140 g.

The water load is left in the test room for 20 h prior to the test. The average test room temperature in the 6 h prior to the start of the test is 32,1 °C.

The following data was collected during the test:

- **Steady state** prior to load insertion: +3,7 °C, –18,5 °C, 45,2 W (3 blocks as per B.3)
- **Steady state** at completion of load processing: +3,5 °C, –18,4 °C, 46,3 W (3 blocks as per B.3). The fresh food temperatures are $T_1 = +4,8$ °C, $T_2 = +3,4$ °C, $T_3 = +2,3$ °C measured at sensor positions TMP₁, TMP₂ and TMP₃ respectively.

Comparing **steady state** conditions before and after the **load processing efficiency** test, the spread of temperature is less than 1 K in both **compartments** (0,2 K and 0,1 K respectively) and the spread of power is less than 2 W and 5 % (1,1 W and 2,4 % respectively), so the data is acceptable (refer G.4.4). Both **compartment** temperatures are within 1 K of the relevant **target temperature**.

The equations to calculate the input energy are specified in Annex G.

$$E_{unfrozen-test} = \frac{[M_1 \times (T_{amb} - T_1) + M_2 \times (T_{amb} - T_2) + M_3 \times (T_{amb} - T_3)] \times 4,186}{3,6} \quad (48)$$

For this example, the data is:

$$E_{unfrozen-test} = \frac{[1,0 \times (32,1 - 4,8) + 1,3 \times (32,1 - 3,4) + 1,3 \times (32,1 - 2,3)] \times 4,186}{3,6}$$

$$= 120,17 \text{ Wh}$$

$$E_{frozen-test} = \frac{[M_{tot-fz} \times (4,186 \times T_{amb} + 333,6 - T_{fz-av} \times 2,05)]}{3,6} \quad (49)$$

For this example, the data is:

$$E_{frozen-test} = \frac{[0,48 \times (4,186 \times 32,1 + 333,6 - (-18,4) \times 2,05)]}{3,6}$$

$$= 67,43 \text{ Wh}$$

$$E_{input-test} = E_{unfrozen-test} + E_{frozen-test} \quad (50)$$

$$E_{input-test} = 120,17 + 67,43 = 187,60 \text{ Wh}$$

The following data were recorded during the test:

- E_{start} 403,8 Wh
- E_{end} 1 910,5 Wh
- P_{after} 46,3 W
- t_{start} 46,2 h
- t_{end} 72,1 h
- $z = 1$ defrost occurred during the test period
- ΔE_{df} 135,2 Wh (determined from Annex C)

Calculate the $\Delta E_{additional-test}$ during the test as given in Annex G:

$$\Delta E_{additional-test} = (E_{end} - E_{start}) - P_{after} \times (t_{end} - t_{start}) - z \times \Delta E_{df} \quad (51)$$

$$\begin{aligned} \Delta E_{additional-test} &= (1910,5 - 403,8) - 46,3 \times (72,1 - 46,2) - 1 \times 135,2 \\ &= 172,33 \text{ Wh} \end{aligned}$$

$$Efficiency_{load, ambient} = \frac{E_{input-test}}{\Delta E_{additional-test}} \quad (52)$$

$$Efficiency_{load, 32C} = \frac{187,60}{172,33}$$

$$= 1,089$$

The nominal load added for the **load processing efficiency** test $E_{input-nominal}$ is then calculated:

$$E_{unfrozen-nominal} = \frac{[M_{tot-unfz} \times (T_{amb-tar} - T_{unfz-tar})] \times 4,186}{3,6} \quad (53)$$

$$E_{unfrozen-nominal} = \frac{[3,6 \times (32 - 4)] \times 4,186}{3,6}$$

$$E_{unfrozen-nominal} = 117,21 \text{ Wh}$$

$$E_{frozen-nominal} = \frac{[M_{tot-fz} \times (4,186 \times T_{amb-tar} + 333,6 - T_{fz-tar} \times 2,05)]}{3,6} \quad (54)$$

$$E_{\text{frozen-nominal}} = \frac{[0,48 \times (4,186 \times 32 + 333,6 - (-18) \times 2,05)]}{3,6}$$

$$E_{\text{frozen-nominal}} = 67,26 \text{ Wh}$$

$$E_{\text{input-nominal}} = E_{\text{unfrozen-nominal}} + E_{\text{frozen-nominal}} \quad (55)$$

$$E_{\text{input-nominal}} = 117,21 + 67,26 = 184,47 \text{ Wh at an ambient of } 32 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

The daily energy impact of a known daily **processing load** of 155 Wh at an **ambient temperature** of 32 °C could be calculated as follows:

$$\Delta E_{\text{processing}} = \frac{E_{\text{user}}}{\text{Efficiency}_{\text{load,ambient}}} \quad (56)$$

$$\Delta E_{\text{processing}} = \frac{155}{1,089} = 142,3 \text{ Wh/d}$$

The value of 155 Wh/d in this example is a regional factor intended to represent user related heat loads and could be fixed for all **refrigerating appliances** or it could be a function of size and type of product.

Alternatively, the nominal daily energy impact specified in the **load processing efficiency** test could be scaled to an equivalent **ambient temperature** of 32 °C as follows:

$$\Delta E_{\text{processing}} = \frac{E_{\text{input-nominal}}}{\text{Efficiency}_{\text{load,ambient}}} \times a \quad (57)$$

$$\Delta E_{\text{processing}} = \frac{184,47}{1,089} \times 0,9 = 152,45 \text{ Wh/d}$$

The value of $a = 0,9$ in this example is a regional factor that reflects user related heat loads. It would normally be fixed for all **refrigerating appliances** of a similar type (as the $E_{\text{input-nominal}}$ is a function of appliance **volume**), but it may vary by product type (e.g. **freezers** may be expected to have less user interaction and **processing load** than **refrigerator-freezers**).

1.7 Determination of annual energy consumption

A product has been tested for **energy consumption** in accordance with this standard. Daily **energy consumption** at 16 °C and 32 °C has been determined.

A number of possible approaches to determine annual **energy consumption** can be used. One possible approach is to use the results from both test **ambient temperatures** with a regional factor for the equivalent number of days in each ambient condition in a year to give a representative annual **energy consumption**. The example below illustrates how the components in this standard could be assembled in this way to make a regionally relevant estimate of **energy consumption**. It is one possible example – many other local approaches could be developed and applied.

Consider the following **refrigerating appliance**:

$E_{16C} = 597 \text{ Wh/d}$ at **target temperature** (triangulation)

$E_{32C} = 1\,230 \text{ Wh/d}$ at **target temperature** (triangulation)

The product has an ambient controlled anti-condensation as set out in the previous Clause (I.5), with an annual **energy consumption** of 27,511 kWh/year.

The measured **load processing efficiency** at an **ambient temperature** of 16 °C is 1,47 Wh/Wh.

The measured **load processing efficiency** at an **ambient temperature** of 32 °C is 1,15 Wh/Wh.

The daily regional **processing load** for cooler conditions is 135 Wh/d (**ambient temperature** of 16 °C).

The daily regional **processing load** for warmer conditions is 390 Wh/d (**ambient temperature** of 32 °C).

The regional equivalent operating factors for a **refrigerating appliance** are:

Annual days operating at an **ambient temperature** of 16 °C equivalent is 170 d (Day_{16}).

Annual days operating at an **ambient temperature** of 32 °C equivalent is 195 d (Day_{32}).

$$Day_{16} + Day_{32} = 365$$

A regional function of the annual energy at 16 °C and 32 °C is expressed as follows:

$$E_{total} = f\{E_{daily16C}, E_{daily32C}\} + E_{aux} + \Delta E_{processing-annual} \quad (59)$$

$$E_{total} = (Day_{16} \times E_{Daily16C}) + (Day_{32} \times E_{Daily32C}) + (E_{aux}) + (\Delta E_{processing-annual})$$

$$E_{total} = (170 \times 597/1\,000) + (195 \times 1\,230/1\,000) + (27,511) + (170 \times 135/1,47/1\,000 + 195 \times 390/1,15/1\,000)$$

$$E_{total} = 101,49 + 239,85 + 27,511 + 15,6122 + 66,1304$$

$$E_{total} = 450,594 \text{ kWh/year}$$

NOTE The factor of 1 000 in this equation converts the units of Wh/d to kWh/d. Care is required to make sure all units are consistent.

I.8 Examples of determination of power and temperature from raw data

I.8.1 Manual review of data

Figure I.10 shows an example of test data for a **refrigerator-freezer** that has been tested for **energy consumption**. The figure illustrates data for power and temperature in the **fresh food** and **frozen compartments** that is collected every minute. The product operates in a **steady state** condition and then undertakes a **defrost and recovery period** as marked. The follow steps outline how this data is analysed using approach SS1 in Annex B to determine the key characteristics of the product in accordance with this standard. Later examples for approach SS2 and for the calculation of defrost and recovery energy and temperature change are included using the same data set.

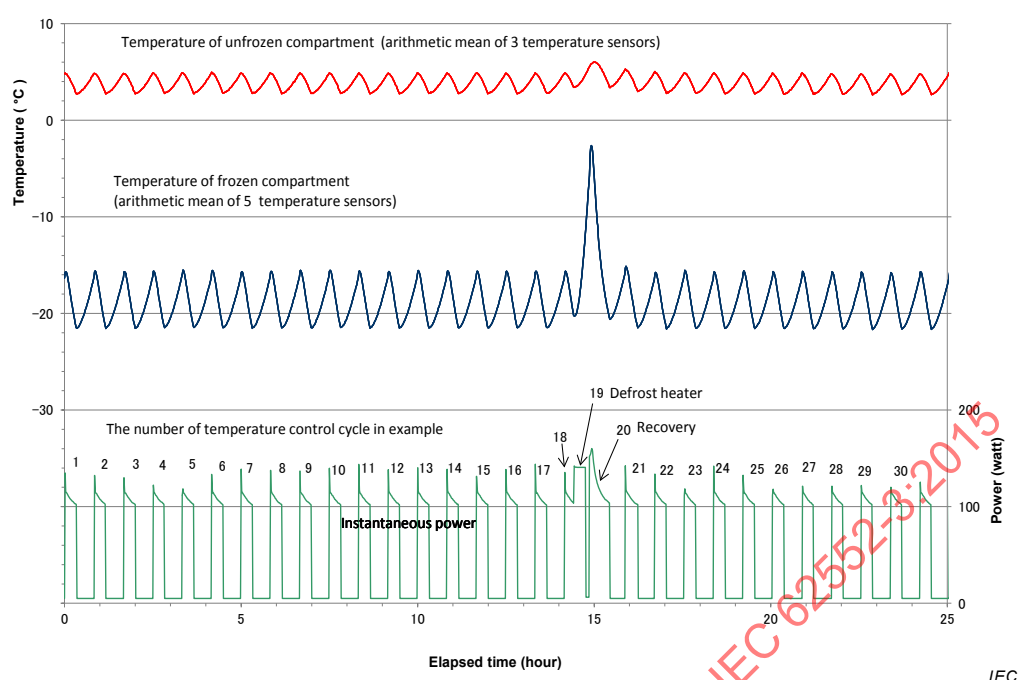


Figure I.10 – An example of power and temperature data

- Step 1: Select **temperature control cycles** from the raw data (not provided in this example). In this example, each **temperature control cycle** is selected from the operation of compressor “on” to the subsequent compressor “on” (the product is relatively simple and this provides the most reliable and stable **temperature control cycles**). In this example, **temperature control cycle 18** is a short compressor run before the defrost heater operates (**temperature control cycle 19**). The recovery period is **temperature control cycle 20**.
- Step 2: Calculate the average temperature in each **compartment**, the energy consumed and the average power for each **temperature control cycle** (TCC) from the raw data. The raw data that is illustrated in Figure I.10 has been used to determine the values for each TCC that are set out in table format in Table I.10. This data for each TCC is used as the basis for subsequent sample calculations in this example.
- Step 3: Select the number of **temperature control cycles** per block to be examined. (See B.3.1). In this example, 3 **temperature control cycles** in each block (A, B, C) have been selected as the first example because each **temperature control cycle** is just under 1 h in length and the minimum permitted block size of the test data is no less than 2 h in duration for each block (i.e. a block size smaller than three TCC would yield no valid data). The sample data for each possible block (1 to 56) is illustrated in Table I.11.
- Step 4: Possible test periods, made up of consecutive blocks of data, are then constructed from these blocks. An example of all possible test periods using a block size of 3 **temperature control cycles** is illustrated in Table I.12. The first test period consists of Block A (block 1 using TCC 1 to 3), Block B (block 4 using TCC 4 to 6) and Block C (block 7 using TCC 7 to 9). The second test period consists of Block A (block 2 using TCC 2 to 4), Block B (block 5 using TCC 5 to 7) and Block C (block 8 using TCC 8 to 10). A total of 36 possible test periods are listed in Table I.12 using this approach. It is then possible to calculate the characteristics for each of the selected test periods and check the validity requirements across the blocks of data (spread of temperature, slope of temperature, spread of power and slope of power from Block A to Block C) as set out in B.3.1.

Table I.10 – An example of calculation of energy, power and temperature for each temperature control cycle (TCC)

Number of TCC	Time length of TCC	Cumulative time at start TCC	Energy consumption during TCC	Average Power	Average Unfrozen Temp.	Average Frozen Temp.	Remark
	hh:mm:ss	h	Wh	W	°C	°C	
1	0:50:00	0,000	38,625	46,350	3,741	–18,956	Pre-cool Defrost Recovery
2	0:50:00	0,833	38,250	45,900	3,765	–18,920	
3	0:50:00	1,667	39,000	46,800	3,760	–18,919	
4	0:49:00	2,500	36,250	44,388	3,766	–18,932	
5	0:50:00	3,317	38,375	46,050	3,793	–18,876	
6	0:50:00	4,150	38,750	46,500	3,805	–18,900	
7	0:50:00	4,983	38,250	45,900	3,775	–18,940	
8	0:50:00	5,817	38,250	45,900	3,772	–18,894	
9	0:50:00	6,650	37,875	45,450	3,747	–18,900	
10	0:50:00	7,483	38,125	45,750	3,767	–18,902	
11	0:50:00	8,317	38,375	46,050	3,759	–18,931	
12	0:50:00	9,150	38,000	45,600	3,750	–18,941	
13	0:50:00	9,983	38,000	45,600	3,755	–18,928	
14	0:50:00	10,817	38,000	45,600	3,775	–18,927	
15	0:50:00	11,650	38,375	46,050	3,773	–18,912	
16	0:50:00	12,483	38,000	45,600	3,744	–18,922	
17	0:50:00	13,317	38,000	45,600	3,771	–18,924	
18	0:16:00	14,150	29,625	111,094	4,288	–17,509	
19	0:26:00	14,417	47,500	109,615	4,179	–15,294	
20	1:01:00	14,850	74,750	73,525	4,757	–14,996	
21	0:50:00	15,867	41,000	49,200	4,019	–18,817	
22	0:50:00	16,700	38,750	46,500	3,819	–18,973	
23	0:50:00	17,533	38,875	46,650	3,784	–18,977	
24	0:50:00	18,367	38,000	45,600	3,755	–18,970	
25	0:50:00	19,200	38,250	45,900	3,739	–18,956	
26	0:51:00	20,033	40,250	47,353	3,724	–18,954	
27	0:50:00	20,883	38,250	45,900	3,709	–18,995	
28	0:50:00	21,717	38,250	45,900	3,699	–19,006	
29	0:50:00	22,550	38,625	46,350	3,693	–19,034	
30	0:50:00	23,383	38,000	45,600	3,681	–19,049	
31	0:50:00	24,217	38,500	46,200	3,705	–19,016	
32	0:50:00	25,050	38,375	46,050	3,703	–19,041	
33	0:50:00	25,883	38,750	46,500	3,717	–19,041	
34	0:50:00	26,717	38,500	46,200	3,723	–19,033	
35	0:50:00	27,550	38,500	46,200	3,730	–19,006	
36	0:49:00	28,383	36,500	44,694	3,704	–19,057	
37	0:51:00	29,200	40,250	47,353	3,760	–18,931	
38	0:50:00	30,050	38,375	46,050	3,730	–19,031	
39	0:50:00	30,883	38,500	46,200	3,719	–19,079	

Number of TCC	Time length of TCC	Cumulative time at start TCC	Energy consumption during TCC	Average Power	Average Unfrozen Temp.	Average Frozen Temp.	Remark
40	0:50:00	31,717	38,500	46,200	3,706	–19,061	Pre-cool Defrost Recovery
41	0:50:00	32,550	38,500	46,200	3,703	–19,069	
42	0:50:00	33,383	38,750	46,500	3,703	–19,067	
43	0:50:00	34,217	38,125	45,750	3,682	–19,084	
44	0:50:00	35,050	38,375	46,050	3,690	–19,062	
45	0:50:00	35,883	38,000	45,600	3,685	–19,096	
46	0:50:00	36,717	38,250	45,900	3,691	–19,110	
47	0:50:00	37,550	38,000	45,600	3,668	–19,138	
48	0:50:00	38,383	38,000	45,600	3,693	–19,073	
49	0:51:00	39,217	40,375	47,500	3,708	–19,039	
50	0:50:00	40,067	38,000	45,600	3,683	–19,095	
51	0:16:00	40,900	29,625	111,094	4,142	–17,758	
52	0:27:00	41,167	50,500	112,222	4,232	–14,685	
53	1:02:00	41,617	76,000	73,548	4,767	–15,220	
54	0:50:00	42,650	42,125	50,550	4,001	–18,885	
55	0:49:00	43,483	37,875	46,378	3,735	–19,146	
56	0:50:00	44,300	39,250	47,100	3,673	–19,108	
57	0:49:00	45,133	37,250	45,612	3,639	–19,162	
58	0:50:00	45,950	39,500	47,400	3,661	–19,116	

Table I.11 – An example of calculation of energy, power and temperature for all possible blocks (size = 3 TCC)

Block	Start TCC	End TCC	Time length of Block	Energy consumption during Block	Average Power	Average Unfrozen Temp.	Average Frozen Temp.
			hh:mm:ss	Wh	W	°C	°C
1	1	3	2:30:00	115,875	46,350	3,756	–18,932
2	2	4	2:29:00	113,500	45,705	3,764	–18,924
3	3	5	2:29:00	113,625	45,755	3,773	–18,909
4	4	6	2:29:00	113,375	45,654	3,788	–18,903
5	5	7	2:30:00	115,375	46,150	3,791	–18,905
6	6	8	2:30:00	115,250	46,100	3,784	–18,911
7	7	9	2:30:00	114,375	45,750	3,765	–18,911
8	8	10	2:30:00	114,250	45,700	3,762	–18,899
9	9	11	2:30:00	114,375	45,750	3,758	–18,911
10	10	12	2:30:00	114,500	45,800	3,759	–18,925
11	11	13	2:30:00	114,375	45,750	3,754	–18,933
12	12	14	2:30:00	114,000	45,600	3,760	–18,932
13	13	15	2:30:00	114,375	45,750	3,767	–18,922
14	14	16	2:30:00	114,375	45,750	3,764	–18,920
15	15	17	2:30:00	114,375	45,750	3,762	–18,919
16	16	18	1:56:00	105,625	54,634	3,830	–18,728
17	17	19	1:32:00	115,125	75,082	3,976	–17,652
18	18	20	1:43:00	151,875	88,471	4,538	–15,462
19	19	21	2:17:00	163,250	71,496	4,378	–16,447
20	20	22	2:41:00	154,500	57,578	4,236	–17,418
21	21	23	2:30:00	118,625	47,450	3,874	–18,923
22	22	24	2:30:00	115,625	46,250	3,786	–18,973
23	23	25	2:30:00	115,125	46,050	3,759	–18,968
24	24	26	2:31:00	116,500	46,291	3,739	–18,960
25	25	27	2:31:00	116,750	46,391	3,724	–18,968
26	26	28	2:31:00	116,750	46,391	3,711	–18,985
27	27	29	2:30:00	115,125	46,050	3,700	–19,011
28	28	30	2:30:00	114,875	45,950	3,691	–19,030
29	29	31	2:30:00	115,125	46,050	3,693	–19,033
30	30	32	2:30:00	114,875	45,950	3,696	–19,036
31	31	33	2:30:00	115,625	46,250	3,708	–19,033
32	32	34	2:30:00	115,625	46,250	3,714	–19,038
33	33	35	2:30:00	115,750	46,300	3,724	–19,027
34	34	36	2:29:00	113,500	45,705	3,719	–19,032
35	35	37	2:30:00	115,250	46,100	3,732	–18,997
36	36	38	2:30:00	115,125	46,050	3,732	–19,005
37	37	39	2:31:00	117,125	46,540	3,737	–19,013
38	38	40	2:30:00	115,375	46,150	3,718	–19,057
39	39	41	2:30:00	115,500	46,200	3,709	–19,070
40	40	42	2:30:00	115,750	46,300	3,704	–19,066

Block	Start TCC	End TCC	Time length of Block	Energy consumption during Block	Average Power	Average Unfrozen Temp.	Average Frozen Temp.
			hh:mm:ss	Wh	W	°C	°C
41	41	43	2:30:00	115,375	46,150	3,696	–19,073
42	42	44	2:30:00	115,250	46,100	3,692	–19,071
43	43	45	2:30:00	114,500	45,800	3,686	–19,081
44	44	46	2:30:00	114,625	45,850	3,689	–19,089
45	45	47	2:30:00	114,250	45,700	3,681	–19,115
46	46	48	2:30:00	114,250	45,700	3,684	–19,107
47	47	49	2:31:00	116,375	46,242	3,690	–19,083
48	48	50	2:31:00	116,375	46,242	3,695	–19,069
49	49	51	1:57:00	108,000	55,385	3,756	–18,888
50	50	52	1:33:00	118,125	76,210	3,921	–17,585
51	51	53	1:45:00	156,125	89,214	4,534	–15,469
52	52	54	2:19:00	168,625	72,788	4,387	–16,435
53	53	55	2:41:00	156,000	58,137	4,215	–17,553
54	54	56	2:29:00	119,250	48,020	3,804	–19,046
55	55	57	2:28:00	114,375	46,368	3,683	–19,139
56	56	58	2:29:00	116,000	46,711	3,658	–19,128

NOTE The values in Table I.11 can be derived from the data in Table I.10. Great care is required to ensure that time weighted averages of power and temperature are derived for each block.

Table I.12 – An example of calculation of energy, power and temperature for all possible test periods (3 blocks each of 3 TCC)

Block A	Block B	Block C	Test Period Unfrozen	Test Period Frozen	Test Period Power	Test Period (A-B-C)	Ambient Temp. (A-B-C)	Spread Unfrozen (A-B-C)	Spread Frozen (A-B-C)	Spread Power (A-B-C)	Slope Unfrozen (A-C)	Slope Frozen (A-C)	Slope Power (A-C)	Permitted Power Spread	IEC Criteria Annex B	Test Period Valid
TCCs	TCCs	TCCs	°C	°C	W	h	°C	K	K	%	K/h	K/h	%/h	%		
1 to 3	4 to 6	7 to 9	3,769	-18,915	45,919	7,483	32,035	0,0326	0,0292	1,51 %	0,0018	0,0041	0,262 %	1,0 %	FALSE	INVALID
2 to 4	5 to 7	8 to 10	3,772	-18,909	45,852	7,483	32,034	0,0291	0,0252	0,98 %	0,0004	0,0051	0,002 %	1,0 %	TRUE	INVALID
3 to 5	6 to 8	9 to 11	3,772	-18,910	45,869	7,483	32,034	0,0264	0,0023	0,76 %	0,0031	0,0004	0,002 %	1,0 %	TRUE	INVALID
4 to 6	7 to 9	10 to 12	3,770	-18,913	45,735	7,483	32,035	0,0295	0,0222	0,32 %	0,0059	0,0045	0,064 %	1,0 %	TRUE	VALID
5 to 7	8 to 10	11 to 13	3,769	-18,912	45,867	7,500	32,035	0,0367	0,0348	0,98 %	0,0073	0,0056	0,174 %	1,0 %	TRUE	VALID
6 to 8	9 to 11	12 to 14	3,767	-18,918	45,817	7,500	32,036	0,0264	0,0208	1,09 %	0,0048	0,0041	0,218 %	1,0 %	FALSE	INVALID
7 to 9	10 to 12	13 to 15	3,764	-18,919	45,767	7,500	32,036	0,0087	0,0137	0,11 %	0,0005	0,0022	0,000 %	1,0 %	TRUE	INVALID
8 to 10	11 to 13	14 to 16	3,760	-18,917	45,733	7,500	32,036	0,0093	0,0348	0,11 %	0,0004	0,0043	0,022 %	1,0 %	TRUE	INVALID
9 to 11	12 to 14	15 to 17	3,760	-18,921	45,700	7,500	32,036	0,0049	0,0208	0,33 %	0,0010	0,0017	0,000 %	1,0 %	TRUE	VALID
10 to 12	13 to 15	16 to 18	3,782	-18,869	48,245	6,933	32,037	0,0718	0,1969	18,41 %	0,0152	0,0417	3,882 %	1,0 %	FALSE	INVALID
11 to 13	14 to 16	17 to 19	3,810	-18,628	52,634	6,533	32,037	0,2216	1,2812	55,73 %	0,0491	0,2837	12,338 %	1,0 %	FALSE	INVALID
12 to 14	15 to 17	18 to 20	3,960	-18,040	56,613	6,717	32,037	0,7784	3,4703	75,73 %	0,1689	0,7531	16,432 %	1,0 %	FALSE	INVALID
13 to 15	16 to 18	19 to 21	3,993	-18,025	57,060	6,717	32,036	0,6108	2,4751	45,12 %	0,1412	0,5723	10,433 %	1,0 %	FALSE	INVALID
14 to 16	17 to 19	20 to 22	4,001	-18,031	57,171	6,717	32,037	0,4727	1,5022	51,30 %	0,1146	0,3642	5,015 %	1,0 %	FALSE	INVALID
15 to 17	18 to 20	21 to 23	4,002	-18,037	57,301	6,717	32,037	0,7757	3,4610	74,55 %	0,0265	0,0008	0,704 %	1,0 %	FALSE	INVALID
16 to 18	19 to 21	22 to 24	4,000	-18,044	57,246	6,717	32,037	0,5921	2,5263	44,10 %	0,0099	0,0546	3,254 %	1,0 %	FALSE	INVALID
17 to 19	20 to 22	23 to 25	3,999	-18,048	57,283	6,717	32,037	0,4771	1,5497	50,68 %	0,0461	0,2799	10,783 %	1,0 %	FALSE	INVALID
18 to 20	21 to 23	24 to 26	3,993	-18,054	57,475	6,733	32,038	0,7989	3,4982	73,39 %	0,1730	0,7577	15,896 %	1,0 %	FALSE	INVALID
19 to 21	22 to 24	25 to 27	3,950	-18,181	54,195	7,300	32,038	0,6540	2,5263	46,58 %	0,1335	0,5144	9,454 %	1,0 %	FALSE	INVALID
20 to 22	23 to 25	26 to 28	3,910	-18,433	50,179	7,700	32,038	0,5254	1,5666	22,97 %	0,1030	0,3072	4,371 %	1,0 %	FALSE	INVALID
21 to 23	24 to 26	27 to 29	3,771	-18,965	46,596	7,517	32,037	0,1736	0,0889	3,00 %	0,0346	0,0177	0,599 %	1,0 %	FALSE	INVALID
22 to 24	25 to 27	28 to 30	3,734	-18,990	46,197	7,517	32,038	0,0951	0,0617	0,95 %	0,0190	0,0112	0,129 %	1,0 %	TRUE	INVALID
23 to 25	26 to 28	29 to 31	3,721	-18,995	46,164	7,517	32,038	0,0664	0,0656	0,74 %	0,0132	0,0131	0,000 %	1,0 %	TRUE	INVALID

Block A	Block B	Block C	Test Period Unfrozen	Test Period Frozen	Test Period Power	Test Period (A-B-C)	Ambient Temp. (A-B-C)	Spread Unfrozen (A-B-C)	Spread Frozen (A-B-C)	Spread Power (A-B-C)	Slope Unfrozen (A-C)	Slope Frozen (A-C)	Slope Power (A-C)	Permitted Power Spread	IEC Criteria Annex B	Test Period Valid
TCCs	TCCs	TCCs	°C	°C	W	h	°C	K	K	%	K/h	K/h	%/h	%		
24 to 26	27 to 29	30 to 32	3,712	-19,002	46,098	7,517	32,037	0,0431	0,0759	0,74 %	0,0086	0,0151	0,148 %	1,0 %	TRUE	VALID
25 to 27	28 to 30	31 to 33	3,708	-19,010	46,197	7,517	32,037	0,0332	0,0650	0,95 %	0,0031	0,0130	0,061 %	1,0 %	TRUE	VALID
26 to 28	29 to 31	32 to 34	3,706	-19,019	46,231	7,517	32,036	0,0216	0,0539	0,74 %	0,0007	0,0108	0,061 %	1,0 %	TRUE	VALID
27 to 29	30 to 32	33 to 35	3,707	-19,025	46,100	7,500	32,035	0,0273	0,0241	0,76 %	0,0046	0,0030	0,108 %	1,0 %	TRUE	VALID
28 to 30	31 to 33	34 to 36	3,706	-19,031	45,969	7,483	32,034	0,0284	0,0033	1,19 %	0,0057	0,0004	0,107 %	1,0 %	FALSE	INVALID
29 to 31	32 to 34	35 to 37	3,713	-19,023	46,133	7,500	32,034	0,0389	0,0415	0,43 %	0,0078	0,0073	0,022 %	1,0 %	TRUE	INVALID
30 to 32	33 to 35	36 to 38	3,717	-19,023	46,100	7,500	32,035	0,0356	0,0301	0,76 %	0,0071	0,0060	0,043 %	1,0 %	TRUE	INVALID
31 to 33	34 to 36	37 to 39	3,721	-19,026	46,167	7,500	32,033	0,0282	0,0198	1,81 %	0,0056	0,0040	0,126 %	1,0 %	FALSE	INVALID
32 to 34	35 to 37	38 to 40	3,722	-19,031	46,167	7,500	32,033	0,0173	0,0601	0,32 %	0,0008	0,0037	0,043 %	1,0 %	TRUE	INVALID
33 to 35	36 to 38	39 to 41	3,722	-19,034	46,183	7,500	32,034	0,0224	0,0643	0,54 %	0,0028	0,0086	0,043 %	1,0 %	TRUE	INVALID
34 to 36	37 to 39	40 to 42	3,720	-19,037	46,183	7,500	32,034	0,0329	0,0526	1,81 %	0,0031	0,0068	0,257 %	1,0 %	FALSE	INVALID
35 to 37	38 to 40	41 to 43	3,715	-19,042	46,133	7,500	32,034	0,0360	0,0765	0,11 %	0,0072	0,0153	0,022 %	1,0 %	TRUE	INVALID
36 to 38	39 to 41	42 to 44	3,711	-19,049	46,117	7,500	32,034	0,0402	0,0656	0,33 %	0,0080	0,0131	0,022 %	1,0 %	TRUE	INVALID

NOTE

- Orange shading indicates that the selected test parameter does not comply with the specific validity requirements of Annex B.
- Green shading in the last two columns indicates that the relevant criteria is TRUE or VALID.
- Light blue shading indicates the test period that has been selected as optimal for this range of data and the selected block size.

Step 5: Once each of the validity characteristics across the blocks has been calculated, these can be evaluated against the validity criteria in B.3.2. In this example for a block size of 3 **temperature control cycles**, there are several possible test periods that meet the specified validity criteria in B.3.2 (a total of 7 test periods, noted as VALID in the last column in Table I.12). Note that the test periods that start with **temperature control cycles** in the range 10 to 24 (in Table I.12) do not comply with the validity criteria because of the effects of the **defrost and recovery period** that occur at **temperature control cycle** 19 (see Figure I.10 and Table I.10). Where there are a number of possible test periods that meet all of the validity criteria in B.3.2 for the selected block size, the test period with the minimum spread of power should be selected. In this example, the test period before the defrost that has the lowest power spread across blocks A, B and C is test period starting with **temperature control cycle** number 10 (the test period from TCC 4 to TCC 12 inclusive). The lowest power spread in this case is 0,32 % and is marked in green in Table I.12. Note that this is the third consecutive test period for this block size where all validity criteria are met (each one incremented by one TCC) as set out in B.3.2. There are several valid test periods after the defrost at TCC 19. The one with the lowest power spread across blocks A, B and C is test period starting with **temperature control cycle** number 26 (coloured in green – the test period from TCC 26 to TCC 34 inclusive). The lowest power spread in this case is 0,74 % and is also marked in green in Table I.12. Note that the power and the temperatures after the defrost are slightly different to those before the defrost.

In this example (Table I.11 and Table I.12), the relatively small block size (3 TCC) means that the power spread is larger and this occasionally exceeds the permitted level of 1 % spread (for a test period of around 7,5 h). While the IEC standard does allow very short test periods for very stable products (as short as 6 h), a 1 % power spread (for test periods less than 12 h) is quite onerous and even this quite stable product does not always meet the requirements for such a short duration.

Where there is a longer period of data available, more robust results can be obtained by selecting longer test periods, which are constructed from blocks that contain a larger number of TCCs. The following tables (Table I.13 to Table I.14) illustrate the same source data set out in Figure I.10 and Table I.10 with test periods made up of 3 blocks with a block size of 5 TCC (test periods made up of 15 TCC) and a block size of 9 TCC (test periods made up of 27 TCC). These give a test period length of around 11,7 h and 21,7 h respectively for this particular product. Only valid data after the first defrost can be found for the larger block size of 9 TCC (as the period before the first defrost is too short to establish stability).

Note that values for P_{SS1} are corrected for deviations in the measured **ambient temperature** during the test period according to Formula (15) (not shown in this example).

The examples set out in these tables can be used to check that laboratory software for undertaking **steady state** analysis in accordance with approach SS1 in Annex B is operating correctly.

Table I.13 – An example of calculation of energy, power and temperature for all possible blocks (size = 5 TCC)

Block	Start TCC	End TCC	Time length of Block	Energy consumption during Block	Average Power	Average Unfrozen Temp.	Average Frozen Temp.
			hh:mm:ss	Wh	W	°C	°C
1	1	5	04:09:00	190,500	45,904	3,765	–18,921
2	2	6	04:09:00	190,625	45,934	3,778	–18,909
3	3	7	04:09:00	190,625	45,934	3,780	–18,913
4	4	8	04:09:00	189,875	45,753	3,782	–18,908
5	5	9	04:10:00	191,500	45,960	3,778	–18,902
6	6	10	04:10:00	191,250	45,900	3,773	–18,907
7	7	11	04:10:00	190,875	45,810	3,764	–18,913
8	8	12	04:10:00	190,625	45,750	3,759	–18,914
9	9	13	04:10:00	190,375	45,690	3,755	–18,920
10	10	14	04:10:00	190,500	45,720	3,761	–18,926
11	11	15	04:10:00	190,750	45,780	3,762	–18,928
12	12	16	04:10:00	190,375	45,690	3,759	–18,926
13	13	17	04:10:00	190,375	45,690	3,763	–18,923
14	14	18	03:36:00	182,000	50,556	3,804	–18,817
15	15	19	03:12:00	191,500	59,844	3,863	–18,311
16	16	20	03:23:00	227,875	67,352	4,154	–17,167
17	17	21	03:23:00	230,875	68,239	4,221	–17,141
18	18	22	03:23:00	231,625	68,461	4,233	–17,153
19	19	23	03:57:00	240,875	60,981	4,135	–17,514
20	20	24	04:21:00	231,375	53,190	4,058	–18,014
21	21	25	04:10:00	194,875	46,770	3,823	–18,939
22	22	26	04:11:00	194,125	46,404	3,764	–18,966
23	23	27	04:11:00	193,625	46,285	3,742	–18,970
24	24	28	04:11:00	193,000	46,135	3,725	–18,976
25	25	29	04:11:00	193,625	46,285	3,713	–18,989
26	26	30	04:11:00	193,375	46,225	3,701	–19,007
27	27	31	04:10:00	191,625	45,990	3,697	–19,020
28	28	32	04:10:00	191,750	46,020	3,696	–19,029
29	29	33	04:10:00	192,250	46,140	3,700	–19,036
30	30	34	04:10:00	192,125	46,110	3,706	–19,036
31	31	35	04:10:00	192,625	46,230	3,716	–19,027
32	32	36	04:09:00	190,625	45,934	3,716	–19,036
33	33	37	04:10:00	192,500	46,200	3,727	–19,013
34	34	38	04:10:00	192,125	46,110	3,730	–19,011
35	35	39	04:10:00	192,125	46,110	3,729	–19,020
36	36	40	04:10:00	192,125	46,110	3,724	–19,031
37	37	41	04:11:00	194,125	46,404	3,724	–19,034
38	38	42	04:10:00	192,625	46,230	3,712	–19,062
39	39	43	04:10:00	192,375	46,170	3,703	–19,072
40	40	44	04:10:00	192,250	46,140	3,697	–19,069

Block	Start TCC	End TCC	Time length of Block	Energy consumption during Block	Average Power	Average Unfrozen Temp.	Average Frozen Temp.
			hh:mm:ss	Wh	W	°C	°C
41	41	45	04:10:00	191,750	46,020	3,692	–19,076
42	42	46	04:10:00	191,500	45,960	3,690	–19,084
43	43	47	04:10:00	190,750	45,780	3,683	–19,098
44	44	48	04:10:00	190,625	45,750	3,685	–19,096
45	45	49	04:11:00	192,625	46,046	3,689	–19,091
46	46	50	04:11:00	192,625	46,046	3,689	–19,091
47	47	51	03:37:00	184,000	50,876	3,722	–18,988
48	48	52	03:14:00	196,500	60,773	3,806	–18,351
49	49	53	03:26:00	234,500	68,301	4,123	–17,233
50	50	54	03:25:00	236,250	69,146	4,196	–17,187
51	51	55	03:24:00	236,125	69,449	4,211	–17,190
52	52	56	03:58:00	245,750	61,954	4,103	–17,554
53	53	57	04:20:00	232,500	53,654	4,002	–18,155
54	54	58	04:08:00	196,000	47,419	3,742	–19,083

NOTE The values in Table I.13 can be derived from the data in Table I.10. Great care is required to ensure that time weighted averages of power and temperature are derived.

Table I.14 – An example of calculation of energy, power and temperature for all possible blocks (size = 9 TCC)

Block	Start TCC	End TCC	Time length of Block	Energy consumption during Block	Average Power	Average Unfrozen Temp.	Average Frozen Temp.
			hh:mm:ss	Wh	W	°C	°C
1	1	9	07:29:00	343,625	45,919	3,769	–18,915
2	2	10	07:29:00	343,125	45,852	3,772	–18,909
3	3	11	07:29:00	343,250	45,869	3,772	–18,910
4	4	12	07:29:00	342,250	45,735	3,770	–18,913
5	5	13	07:30:00	344,000	45,867	3,769	–18,912
6	6	14	07:30:00	343,625	45,817	3,767	–18,918
7	7	15	07:30:00	343,250	45,767	3,764	–18,919
8	8	16	07:30:00	343,000	45,733	3,760	–18,917
9	9	17	07:30:00	342,750	45,700	3,760	–18,921
10	10	18	06:56:00	334,500	48,245	3,782	–18,869
11	11	19	06:32:00	343,875	52,634	3,810	–18,628
12	12	20	06:43:00	380,250	56,613	3,960	–18,040
13	13	21	06:43:00	383,250	57,060	3,993	–18,025
14	14	22	06:43:00	384,000	57,171	4,001	–18,031
15	15	23	06:43:00	384,875	57,301	4,002	–18,037
16	16	24	06:43:00	384,500	57,246	4,000	–18,044
17	17	25	06:43:00	384,750	57,283	3,999	–18,048
18	18	26	06:44:00	387,000	57,475	3,993	–18,054
19	19	27	07:18:00	395,625	54,195	3,950	–18,181
20	20	28	07:42:00	386,375	50,179	3,910	–18,433
21	21	29	07:31:00	350,250	46,596	3,771	–18,965
22	22	30	07:31:00	347,250	46,197	3,734	–18,990
23	23	31	07:31:00	347,000	46,164	3,721	–18,995
24	24	32	07:31:00	346,500	46,098	3,712	–19,002
25	25	33	07:31:00	347,250	46,197	3,708	–19,010
26	26	34	07:31:00	347,500	46,231	3,706	–19,019
27	27	35	07:30:00	345,750	46,100	3,707	–19,025
28	28	36	07:29:00	344,000	45,969	3,706	–19,031
29	29	37	07:30:00	346,000	46,133	3,713	–19,023
30	30	38	07:30:00	345,750	46,100	3,717	–19,023
31	31	39	07:30:00	346,250	46,167	3,721	–19,026
32	32	40	07:30:00	346,250	46,167	3,722	–19,031
33	33	41	07:30:00	346,375	46,183	3,722	–19,034
34	34	42	07:30:00	346,375	46,183	3,720	–19,037
35	35	43	07:30:00	346,000	46,133	3,715	–19,042
36	36	44	07:30:00	345,875	46,117	3,711	–19,049
37	37	45	07:31:00	347,375	46,214	3,709	–19,053
38	38	46	07:30:00	345,375	46,050	3,701	–19,073
39	39	47	07:30:00	345,000	46,000	3,694	–19,085
40	40	48	07:30:00	344,500	45,933	3,691	–19,085

Block	Start TCC	End TCC	Time length of Block	Energy consumption during Block	Average Power	Average Unfrozen Temp.	Average Frozen Temp.
			hh:mm:ss	Wh	W	°C	°C
41	41	49	07:31:00	346,375	46,081	3,691	–19,082
42	42	50	07:31:00	345,875	46,014	3,689	–19,085
43	43	51	06:57:00	336,750	48,453	3,705	–19,036
44	44	52	06:34:00	349,125	53,166	3,744	–18,732
45	45	53	06:46:00	386,750	57,155	3,907	–18,155
46	46	54	06:46:00	390,875	57,765	3,946	–18,129
47	47	55	06:45:00	390,500	57,852	3,952	–18,131
48	48	56	06:45:00	391,750	58,037	3,952	–18,127
49	49	57	06:44:00	391,000	58,069	3,946	–18,135
50	50	58	06:43:00	390,125	58,083	3,941	–18,143

NOTE The values in Table I.14 can be derived from the data in Table I.10. Great care is required to ensure that time weighted averages of power and temperature are derived.

Table I.15 – An example of calculation of energy, power and temperature for all possible test periods (3 blocks each of 5 TCC)

Block A	Block B	Block C	Test Period Unfrozen	Test Period Frozen	Test Period Power	Test Period (A-B-C)	Ambient Temp. (A-B-C)	Spread Unfrozen (A-B-C)	Spread Frozen (A-B-C)	Spread Power (A-B-C)	Slope Unfrozen (A-C)	Slope Frozen (A-C)	Slope Power (A-C)	Permitted Power Spread	IEC Criteria Annex B	Test Period Valid
TCCs	TCCs	TCCs	°C	°C	W	h	°C	K	K	%	K/h	K/h	%/h	%		
1 to 5	6 to 10	11 to 15	3,767	-18,919	45,861	12,483	32,035	0,0111	0,0206	0,27 %	0,0004	0,0009	0,032 %	1,040 %	TRUE	INVALID
2 to 6	7 to 11	12 to 16	3,767	-18,916	45,811	12,483	32,035	0,0187	0,0164	0,53 %	0,0022	0,0020	0,064 %	1,040 %	TRUE	INVALID
3 to 7	8 to 12	13 to 17	3,767	-18,916	45,791	12,483	32,035	0,0210	0,0092	0,53 %	0,0020	0,0011	0,064 %	1,040 %	TRUE	VALID
4 to 8	9 to 13	14 to 18	3,780	-18,885	47,182	11,917	32,036	0,0487	0,1038	10,31 %	0,0027	0,0114	1,266 %	1,000 %	FALSE	INVALID
5 to 9	10 to 14	15 to 19	3,796	-18,747	49,725	11,533	32,036	0,1016	0,6150	28,40 %	0,0107	0,0753	3,557 %	1,000 %	FALSE	INVALID
6 to 10	11 to 15	16 to 20	3,879	-18,412	52,052	11,717	32,036	0,3914	1,7611	41,44 %	0,0479	0,2192	5,189 %	1,000 %	FALSE	INVALID
7 to 11	12 to 16	17 to 21	3,894	-18,406	52,244	11,717	32,036	0,4621	1,7849	43,16 %	0,0576	0,2232	5,406 %	1,000 %	FALSE	INVALID
8 to 12	13 to 17	18 to 22	3,897	-18,408	52,287	11,717	32,037	0,4742	1,7696	43,55 %	0,0597	0,2217	5,469 %	1,000 %	FALSE	INVALID
9 to 13	14 to 18	19 to 23	3,898	-18,414	52,340	11,717	32,037	0,3793	1,4066	29,21 %	0,0495	0,1837	3,815 %	1,000 %	FALSE	INVALID
10 to 14	15 to 19	20 to 24	3,899	-18,419	52,351	11,717	32,037	0,2965	0,9119	26,98 %	0,0398	0,1223	1,913 %	1,000 %	FALSE	INVALID
11 to 15	16 to 20	21 to 25	3,897	-18,423	52,361	11,717	32,037	0,3914	1,7719	41,20 %	0,0081	0,0014	0,250 %	1,000 %	FALSE	INVALID
12 to 16	17 to 21	22 to 26	3,894	-18,425	52,447	11,733	32,038	0,4621	1,8249	42,99 %	0,0006	0,0053	0,180 %	1,000 %	FALSE	INVALID
13 to 17	18 to 22	23 to 27	3,891	-18,429	52,468	11,733	32,037	0,4909	1,8172	43,40 %	0,0028	0,0063	0,150 %	1,000 %	FALSE	INVALID
14 to 18	19 to 23	24 to 28	3,887	-18,435	52,489	11,733	32,038	0,4094	1,4620	28,28 %	0,0100	0,0203	1,074 %	1,000 %	FALSE	INVALID
15 to 19	20 to 24	25 to 29	3,882	-18,442	52,543	11,733	32,037	0,3447	0,9747	25,81 %	0,0186	0,0843	3,209 %	1,000 %	FALSE	INVALID
16 to 20	21 to 25	26 to 30	3,875	-18,452	52,511	11,733	32,037	0,4522	1,8406	40,23 %	0,0569	0,2315	5,061 %	1,000 %	FALSE	INVALID
17 to 21	22 to 26	27 to 31	3,872	-18,459	52,553	11,733	32,038	0,5239	1,8790	42,34 %	0,0658	0,2361	5,320 %	1,000 %	FALSE	INVALID
18 to 22	23 to 27	28 to 32	3,867	-18,467	52,585	11,733	32,037	0,5370	1,8763	42,67 %	0,0675	0,2358	5,362 %	1,000 %	FALSE	INVALID
19 to 23	24 to 28	29 to 33	3,848	-18,527	50,904	12,300	32,037	0,4350	1,5226	29,16 %	0,0528	0,1847	3,537 %	1,025 %	FALSE	INVALID
20 to 24	25 to 29	30 to 34	3,829	-18,670	48,593	12,700	32,037	0,3517	1,0222	14,57 %	0,0417	0,1211	1,726 %	1,058 %	FALSE	INVALID
21 to 25	26 to 30	31 to 35	3,747	-18,991	46,408	12,517	32,036	0,1219	0,0888	1,17 %	0,0129	0,0106	0,139 %	1,043 %	FALSE	INVALID
22 to 26	27 to 31	32 to 36	3,726	-19,007	46,110	12,500	32,036	0,0665	0,0696	1,02 %	0,0058	0,0084	0,122 %	1,042 %	TRUE	INVALID
23 to 27	28 to 32	33 to 37	3,722	-19,004	46,168	12,517	32,036	0,0461	0,0591	0,57 %	0,0018	0,0051	0,022 %	1,043 %	TRUE	INVALID

Block A	Block B	Block C	Test Period Unfrozen	Test Period Frozen	Test Period Power	Test Period (A-B-C)	Ambient Temp. (A-B-C)	Spread Unfrozen (A-B-C)	Spread Frozen (A-B-C)	Spread Power (A-B-C)	Slope Unfrozen (A-C)	Slope Frozen (A-C)	Slope Power (A-C)	Permitted Power Spread	IEC Criteria Annex B	Test Period Valid
24 to 28	29 to 33	34 to 38	3,718	-19,008	46,128	12,517	32,036	0,0300	0,0605	0,07 %	0,0005	0,0042	0,007 %	1,043 %	TRUE	VALID
25 to 29	30 to 34	35 to 39	3,716	-19,015	46,168	12,517	32,035	0,0231	0,0476	0,38 %	0,0019	0,0038	0,045 %	1,043 %	TRUE	VALID
26 to 30	31 to 35	36 to 40	3,714	-19,022	46,188	12,517	32,035	0,0228	0,0240	0,26 %	0,0027	0,0029	0,030 %	1,043 %	TRUE	VALID
27 to 31	32 to 36	37 to 41	3,712	-19,030	46,110	12,500	32,035	0,0263	0,0155	1,02 %	0,0032	0,0017	0,108 %	1,042 %	TRUE	VALID
28 to 32	33 to 37	38 to 42	3,712	-19,035	46,150	12,500	32,035	0,0311	0,0486	0,46 %	0,0019	0,0039	0,055 %	1,042 %	TRUE	VALID
29 to 33	34 to 38	39 to 43	3,711	-19,040	46,140	12,500	32,034	0,0300	0,0611	0,13 %	0,0003	0,0043	0,008 %	1,042 %	TRUE	VALID
30 to 34	35 to 39	40 to 44	3,710	-19,042	46,120	12,500	32,035	0,0323	0,0484	0,07 %	0,0011	0,0039	0,008 %	1,042 %	TRUE	VALID
31 to 35	36 to 40	41 to 45	3,711	-19,045	46,120	12,500	32,034	0,0317	0,0483	0,46 %	0,0028	0,0058	0,055 %	1,042 %	TRUE	VALID
32 to 36	37 to 41	42 to 46	3,710	-19,051	46,100	12,500	32,034	0,0336	0,0501	1,02 %	0,0030	0,0058	0,007 %	1,042 %	TRUE	VALID
33 to 37	38 to 42	43 to 47	3,708	-19,058	46,070	12,500	32,034	0,0440	0,0851	0,98 %	0,0053	0,0102	0,109 %	1,042 %	TRUE	VALID
34 to 38	39 to 43	44 to 48	3,706	-19,060	46,010	12,500	32,035	0,0443	0,0850	0,91 %	0,0053	0,0102	0,094 %	1,042 %	TRUE	VALID
35 to 39	40 to 44	45 to 49	3,705	-19,060	46,099	12,517	32,036	0,0398	0,0708	0,20 %	0,0048	0,0085	0,017 %	1,043 %	TRUE	VALID
36 to 40	41 to 45	46 to 50	3,702	-19,066	46,059	12,517	32,036	0,0354	0,0595	0,20 %	0,0042	0,0071	0,017 %	1,043 %	TRUE	VALID

NOTE

- Orange shading indicates that the selected test parameter does not comply with the specific validity requirements of Annex B.
- Green shading in the last two columns indicates that the relevant criteria is TRUE or VALID.
- Light blue shading indicates the test period that has been selected as optimal for this range of data and the selected block size.

Table I.16 – An example of calculation of energy, power and temperature for all possible test periods (3 blocks each of 9 TCC)

Block A	Block B	Block C	Test Period Unfrozen	Test Period Frozen	Test Period Power	Test Period (A-B-C)	Ambient Temp. (A-B-C)	Spread Unfrozen (A-B-C)	Spread Frozen (A-B-C)	Spread Power (A-B-C)	Slope Unfrozen (A-C)	Slope Frozen (A-C)	Slope Power (A-C)	Permitted Power Spread	IEC Criteria Annex B	Test Period Valid
TCCs	TCCs	TCCs	°C	°C	W	h	°C	K	K	%	K/h	K/h	%/h	%		
1 to 9	10 to 18	19 to 27	3,834	-18,654	49,444	21,717	32,036	0,1804	0,7338	16,74 %	0,0126	0,0512	1,169 %	1,810 %	FALSE	INVALID
2 to 10	11 to 19	20 to 28	3,832	-18,656	49,426	21,717	32,036	0,1375	0,4761	13,72 %	0,0097	0,0337	0,620 %	1,810 %	FALSE	INVALID
3 to 11	12 to 20	21 to 29	3,830	-18,660	49,444	21,717	32,036	0,1885	0,9243	21,73 %	0,0000	0,0038	0,104 %	1,810 %	FALSE	INVALID
4 to 12	13 to 21	22 to 30	3,827	-18,665	49,398	21,717	32,037	0,2595	0,9654	22,93 %	0,0026	0,0054	0,066 %	1,810 %	FALSE	INVALID
5 to 13	14 to 22	23 to 31	3,824	-18,668	49,463	21,733	32,037	0,2800	0,9646	22,85 %	0,0034	0,0058	0,042 %	1,811 %	FALSE	INVALID
6 to 14	15 to 23	24 to 32	3,821	-18,675	49,463	21,733	32,037	0,2902	0,9654	23,22 %	0,0039	0,0059	0,040 %	1,811 %	FALSE	INVALID
7 to 15	16 to 24	25 to 33	3,817	-18,680	49,463	21,733	32,037	0,2922	0,9661	23,21 %	0,0039	0,0064	0,061 %	1,811 %	FALSE	INVALID
8 to 16	17 to 25	26 to 34	3,815	-18,684	49,475	21,733	32,036	0,2933	0,9704	23,34 %	0,0038	0,0071	0,071 %	1,811 %	FALSE	INVALID
9 to 17	18 to 26	27 to 35	3,814	-18,688	49,486	21,733	32,036	0,2862	0,9705	23,80 %	0,0037	0,0073	0,057 %	1,811 %	FALSE	INVALID
10 to 18	19 to 27	28 to 36	3,812	-18,694	49,461	21,717	32,036	0,2437	0,8500	16,63 %	0,0052	0,0112	0,317 %	1,810 %	FALSE	INVALID
11 to 19	20 to 28	29 to 37	3,812	-18,695	49,521	21,733	32,036	0,1968	0,5898	13,13 %	0,0066	0,0269	0,892 %	1,811 %	FALSE	INVALID
12 to 20	21 to 29	30 to 38	3,811	-18,699	49,521	21,733	32,036	0,2425	0,9823	21,23 %	0,0166	0,0672	1,452 %	1,811 %	FALSE	INVALID
13 to 21	22 to 30	31 to 39	3,810	-18,704	49,544	21,733	32,036	0,2717	1,0010	21,99 %	0,0186	0,0684	1,503 %	1,811 %	FALSE	INVALID
14 to 22	23 to 31	32 to 40	3,808	-18,709	49,567	21,733	32,036	0,2800	1,0003	22,21 %	0,0191	0,0684	1,518 %	1,811 %	FALSE	INVALID
15 to 23	24 to 32	33 to 41	3,805	-18,715	49,590	21,733	32,036	0,2902	0,9971	22,59 %	0,0192	0,0682	1,533 %	1,811 %	FALSE	INVALID
16 to 24	25 to 33	34 to 42	3,802	-18,721	49,607	21,733	32,036	0,2922	0,9928	22,30 %	0,0192	0,0679	1,525 %	1,811 %	FALSE	INVALID
17 to 25	26 to 34	35 to 43	3,800	-18,727	49,613	21,733	32,036	0,2933	0,9943	22,47 %	0,0194	0,0680	1,537 %	1,811 %	FALSE	INVALID
18 to 26	27 to 35	36 to 44	3,797	-18,732	49,630	21,733	32,036	0,2862	0,9947	22,92 %	0,0193	0,0681	1,566 %	1,811 %	FALSE	INVALID
19 to 27	28 to 36	37 to 45	3,787	-18,760	48,744	22,300	32,036	0,2437	0,8718	16,88 %	0,0162	0,0585	1,100 %	1,858 %	FALSE	INVALID
20 to 28	29 to 37	38 to 46	3,776	-18,839	47,478	22,700	32,036	0,2088	0,6403	8,70 %	0,0138	0,0424	0,576 %	1,892 %	FALSE	INVALID
21 to 29	30 to 38	39 to 47	3,728	-19,024	46,232	22,517	32,036	0,0771	0,1206	1,29 %	0,0051	0,0080	0,086 %	1,876 %	TRUE	INVALID
22 to 30	31 to 39	40 to 48	3,715	-19,034	46,099	22,517	32,036	0,0424	0,0942	0,57 %	0,0028	0,0063	0,038 %	1,876 %	TRUE	INVALID
23 to 31	32 to 40	41 to 49	3,711	-19,036	46,137	22,533	32,036	0,0301	0,0869	0,19 %	0,0020	0,0058	0,012 %	1,878 %	TRUE	VALID
24 to 32	33 to 41	42 to 50	3,708	-19,040	46,098	22,533	32,036	0,0323	0,0827	0,37 %	0,0015	0,0055	0,012 %	1,878 %	TRUE	VALID

Block A	Block B	Block C	Test Period Unfrozen	Test Period Frozen	Test Period Power	Test Period (A-B-C)	Ambient Temp. (A-B-C)	Spread Unfrozen (A-B-C)	Spread Frozen (A-B-C)	Spread Power (A-B-C)	Slope Unfrozen (A-C)	Slope Frozen (A-C)	Slope Power (A-C)	Permitted Power Spread	IEC Criteria Annex B	Test Period Valid
TCCs	TCCs	TCCs	°C	°C	W	h	°C	K	K	%	K/h	K/h	%/h	%		
25 to 33	34 to 42	43 to 51	3,711	-19,027	46,906	21,967	32,036	0,0150	0,0267	4,84 %	0,0002	0,0018	0,326 %	1,831 %	FALSE	INVALID
26 to 34	35 to 43	44 to 52	3,721	-18,940	48,307	21,583	32,036	0,0379	0,3107	14,56 %	0,0026	0,0197	0,987 %	1,799 %	FALSE	INVALID
27 to 35	36 to 44	45 to 53	3,770	-18,763	49,542	21,767	32,036	0,2001	0,8939	22,31 %	0,0137	0,0594	1,525 %	1,814 %	FALSE	INVALID
28 to 36	37 to 45	46 to 54	3,782	-18,758	49,721	21,767	32,036	0,2396	0,9243	23,72 %	0,0164	0,0616	1,620 %	1,814 %	FALSE	INVALID
29 to 37	38 to 46	47 to 55	3,783	-18,763	49,741	21,750	32,036	0,2507	0,9426	23,73 %	0,0163	0,0610	1,611 %	1,813 %	FALSE	INVALID
30 to 38	39 to 47	48 to 56	3,782	-18,766	49,770	21,750	32,036	0,2583	0,9581	24,19 %	0,0161	0,0612	1,640 %	1,813 %	FALSE	INVALID
31 to 39	40 to 48	49 to 57	3,781	-18,770	49,774	21,733	32,036	0,2553	0,9490	24,38 %	0,0154	0,0609	1,636 %	1,811 %	FALSE	INVALID
32 to 40	41 to 49	50 to 58	3,779	-18,774	49,820	21,733	32,036	0,2498	0,9392	24,09 %	0,0150	0,0607	1,635 %	1,811 %	FALSE	INVALID

NOTE

- Orange shading indicates that the selected test parameter does not comply with the specific validity requirements of Annex B.
- Green shading in the last two columns indicates that the relevant criteria is TRUE or VALID.
- Light blue shading indicates the test period that has been selected as optimal for this range of data and the selected block size.

The next set of calculations to be performed in this example is to determine the incremental energy and temperature change associated with a defrost and recovery event in accordance with Annex C. The defrost to be examined in the sample data is the one that occurs at TCC 19.

Firstly, a period of no less than 3 TCC and 3 h in length is selected before and after the defrost event to be analysed (Periods D and F respectively). Period D is before the defrost and ends no less than 3 h before the nominal centre of the defrost (which is 2 h after the defrost heater operation at TCC 19). Period F is after the defrost and ends no less than 3 h after the nominal centre of the defrost.

The defrost heater starts at a cumulative test time of 14,417 h. The nominal centre of the **defrost and recovery period** according to C.3 is 2 h after the start of the defrost heater, which is 16,417 h. The end of Period D must be before 13,417 h and the start of Period F must be after 19,417 h. Note that the cumulative hours at the end of a TCC is exactly the same time as the start of the next TCC. In this case TCC 16 ends at 13,317 h (start of TCC 17) so this defines the end of Period D. Similarly, TCC 26 starts at 20,033 h so this defines the start of Period F.

In this example Period D is made up of 4 TCC (TCC 13 to TCC 16 inclusive) and is a total of 3 h and 20 min in duration. Period F is made up of 4 TCC (TCC 26 to TCC 29 inclusive) and is a total of 3 h and 21 min in duration.

A series of checks are conducted on Periods D and F to ensure that they meet the requirements for DF1 as set out in C.3.2. These are set out in Table I.17.

Table I.17 – Determination of defrost validity DF1

Parameter	Period D	Period F	Spread/Criteria	Validity and Notes
Length (time)	03:20:00	03:21:00	Ratio 0,995	OK (0,8 to 1,25, ≥ 3 h, both ≥ 3 TCC, equal number of TCC in D and F)
Power W	45,7125	46,3806	1,45 % and 0,668 W	OK (either < 2 % or < 1 W)
Fresh food °C	3,7615	3,7065	0,0550	OK ($< 0,5$ K)
Freezer °C	-18,9221	-18,9968	0,0747	OK ($< 0,5$ K)

If the validity of the original periods D and F are not met, the standard allows for the size of D and F to be incremented by one TCC steps to see if any complying periods are present. Similarly, if no complying periods are found, the size of D1 (from the end of Period D to the nominal centre of the defrost and recovery) and F1 (from the nominal centre of the defrost and recovery to the start of Period F) can be increased in 30 min steps. The position of the nominal centre of the **defrost and recovery period** can also be adjusted if required. For these data, none of the above adjustments are needed.

From the data for each TCC given in Table I.10 the following values can be determined:

Total energy from start Period D to end of Period F = 692,5 Wh (TCC 13 to 29 inclusive)

Total time from start Period D to end of Period F = 13 h 24 min (= 13,4 h)

Average power for Period D and Period F = 46,04655 W (note that this is not time weighted)

From Formula (19):

$$\Delta E_{df} = (E_{end-F} - E_{start-D}) - \frac{(P_{SS-D} + P_{SS-F})}{2} \times (t_{end-F} - t_{start-D})$$

For the selected defrost:

$$\Delta E_{df} = (692,5) - 46,04655 \times 13,4$$

$$\Delta E_{df} = 75,4762 \text{ Wh}$$

The next step is to determine the temperature variation during the selected defrost and recovery event.

From the data for each TCC given in Table I.10 the following values can be determined:

Average **fresh food** temperature from start Period D to end of Period F = 3,8670 °C (TCC 13 to 29 inclusive) (time weighted average)

Average **freezer** temperature from start Period D to end of Period F = –18,5027 °C (TCC 13 to 29 inclusive) (time weighted average)

Average **fresh food** temperature for Period D and Period F = 3,7340 °C (note that this is not time weighted)

Average **freezer** temperature for Period D and Period F = –18,95945 °C (note that this is not time weighted)

From Formula (20):

$$\Delta Th_{df-i} = (t_{end-F} - t_{start-D}) \times \left[(T_{av-startD-endF-i}) - \frac{(T_{av-D-i} + T_{av-F-i})}{2} \right]$$

For the selected defrost:

$$\Delta Th_{df-freshfood} = (13,4) \times [(3,8670) - (3,7340)]$$

$$\Delta Th_{df-freshfood} = 1,7822 \text{ Kh}$$

$$\Delta Th_{df-freezer} = (13,4) \times [(-18,5027) - (-18,95945)]$$

$$\Delta Th_{df-freezer} = 6,1204 \text{ Kh}$$

As an alternative to approach SS1 (which uses 3 blocks of **steady state** data to assess validity), the following calculation sets out an example using approach SS2 to determine the **steady state** power between defrosts as set out in B.4 using the same data set illustrated in Figure I.10 and Table I.10. The previous calculations have shown that the defrost at TCC 19 is valid according to DF1 in Annex C, so the SS2 approach can be used on this data set.

Firstly, a period of no less than 4 TCC and 4 h is selected before each defrost event. Period X is before the defrost heater operation at TCC 19 and Period Y is before the defrost heater operation at TCC 52 (see Figure I.10 and Table I.10). In this example Period X is made up of 5 TCC (TCC 13 to TCC 17 inclusive) and is a total of 4 h and 10 min in duration. Period Y is made up of 5 TCC (TCC 46 to TCC 50 inclusive) and is a total of 4 h and 11 min in duration.

A series of checks are conducted on Periods X and Y to ensure that they meet the requirements for SS2 as set out in B.4.2.

Table I.18 – Determination of steady state values using SS2

Parameter	Period X	Period Y	Spread/Criteria	Validity and Notes
Length (time)	04:10:00 (5 TCC)	04:11:00 (5 TCC)	Ratio 0,996	OK (0,8 to 1,25, ≥ 4 h, both ≥ 4 TCC, equal number of TCC in X and Y)
Power W	45,6900	46,0458	0,78 % and 0,356 W	OK (either < 2 % or < 1 W)
Fresh food °C	3,7633	3,6887	0,0746	OK ($< 0,5$ K)
Freezer °C	-18,9226	-19,0908	0,1682	OK ($< 0,5$ K)

From the data for each TCC given in Table I.10 the following values can be determined:

Total energy from end of Period X to end of Period Y = 1309,25 Wh (TCC 18 to 50 inclusive)

Total time from end of Period X to end of Period Y = 26 h 45 min (= 26,75 h)

The incremental energy of the defrost at the start of the period $\Delta E_{df} = 75,4762$ Wh

From Formula (12):

$$P_{SS2} = \frac{(E_{end-Y} - E_{end-X}) - \Delta E_{df}}{(t_{end-Y} - t_{end-X})}$$

$$P_{SS2} = \frac{(1309,25) - 75,4762}{(26,75)}$$

$$P_{SS2} = 46,1224 \text{ W}$$

This compares well with the value for P_{SS1} determined in Table I.16 for TCC 23 to TCC 49 of 46,137 W, which is a comparable test period.

Note that P_{SS1} and P_{SS2} must be corrected for the measured **ambient temperature** during the test period according to Formula (15) in Annex B in order to get a value for P_{SS} to be used in subsequent calculations and analysis. In this case, the measured **ambient temperature** is very close to the target **ambient temperature** of 32 °C so the adjustment is very small.

Similar calculations are also done to determine the **steady state** temperatures in each **compartment** using the approach SS2.

Average **fresh food** temperature from end of Period X to end of Period Y = 3,7764 °C (TCC 18 to 50 inclusive) (time weighted average)

Average **freezer** temperature from end of Period X to end of Period Y = -18,7796 °C (TCC 18 to 50 inclusive) (time weighted average)

From Formula (13):

$$T_{SS2-i} = (T_{av-endX-endY-i}) - \left[\frac{\Delta Th_{df-i}}{(t_{end-Y} - t_{end-X})} \right]$$

$$T_{SS2-freshfood} = (3,7764) - \left[\frac{1,7822}{(26,75)} \right]$$

$$T_{SS2-freshfood} = 3,7096$$

$$T_{SS2-freezer} = (-18,7796) - \left[\frac{6,1204}{(26,75)} \right]$$

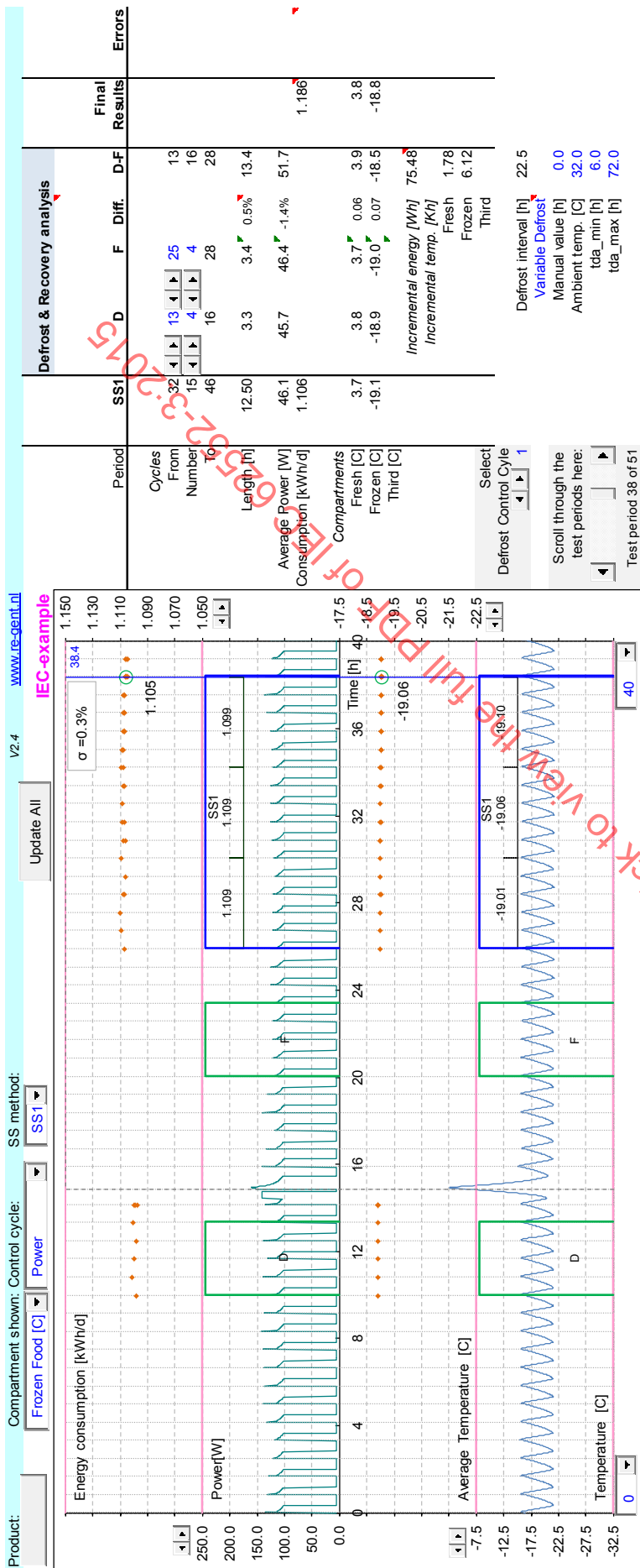
$$T_{SS2-freezer} = -19,0084$$

These values compare well with the values for P_{SS1} determined in Table I.16 for TCC 23 to TCC 49 of 3,711 °C for **fresh food** and –19,036 °C for **freezer**, which is a comparable test period. Because the exact test periods selected for P_{SS1} and P_{SS2} are slightly different, small differences in the results for each parameter are expected. The examples set out above can be used to check that laboratory software for undertaking **steady state** analysis in accordance with approach SS2 in Annex B and DF1 in Annex C is operating correctly.

I.8.2 Review of data and selection of minimum spread using bespoke software

Figure I.11 shows an example of locating a possible test period at a given moment in time. Here the situation is illustrated at 38,4 h after start of data collection for the test of a **refrigerator-freezer**. The power signal is plotted in the middle panel (the diagram contains 5 panels stacked on each other). From this point it is possible to define a number of trial test periods, all consisting of three blocks and reaching backwards in time. For each of these trial periods the **energy consumption** is plotted in the second panel. For each of these trial periods the spread in power within the test period (which is the difference between the maximum and minimum average power observed between block A, B and C) is plotted in the bottom panel. The minimum possible value of this spread is then looked up and in the diagram an arrow is drawn here. This identifies the best possible stable test periods from all the trial periods possible. In this example the length of this test period is 12,5 h.

The **energy consumption** measured over this best possible test period is plotted in panel number 4 while the spread at this test period is plotted in the top panel. The other markers in these two panels illustrate the results of the best test periods at other moments in time. Combining these markers one can see that the **energy consumption** measured converges over time and that the spread gradually reduces. This effect is caused by a continuous increase in the length of the best test period found.



IEC

NOTE The selected SS1 test period above is equivalent to the test period from TCC 33 to TCC 47 inclusive shown in Table I.15. The defrost and recovery selected is the same as shown in the worked example in I.8.1.

Figure I.11 – Example of finding a test period with minimum spread in power

Annex J (informative)

Development of the IEC global test method for refrigerating appliances

J.1 Purpose

This Annex sets out the background to the development of this international test procedure and outlines the broad objectives of a global approach to energy testing.

J.2 Overview

Household **refrigerating appliances** are complex thermo-dynamic products and a wide number of factors can have an effect on their measured **energy consumption**. Detailed investigations have shown that the most important factors (not necessarily in order of importance) that can impact on the **energy consumption** during **normal use** are:

Operating conditions:

- **Ambient temperature** and humidity in which the product operates during **normal use** (indoor or outdoor, whether the space is conditioned or not);
- The **temperature control setting** selected by the user;
- User interactions with the appliance during **normal use** (air exchange resulting from door openings, addition of warm food, drinks and humidity);
- Installation of the appliance (clearances, airflow).

Product design and how the product responds to operating conditions:

- The **defrost and recovery** characteristics of the product;
- The **defrost interval** during **normal use**;
- The **load processing efficiency** of the refrigeration system to remove heat load equivalents that arise from **normal use** and through normal heat gain;
- The quality and level of thermal insulation in doors, walls and gaskets etc.;
- Operation of certain auxiliaries that may be affected by ambient conditions and usage;
- The size, configuration and proportions (dimensions) of the product.

While there are a number of other factors that can also affect **energy consumption**, in general terms these are generally minor and of secondary importance.

J.3 Test method objective

The objective of this test method is to quantify as many as possible of the key components of **energy consumption** in a generic manner to allow them to be aggregated in a way that can reflect operating conditions and usage patterns of household refrigeration products in different climates and regions around the world. Regions and countries can select those test elements that are most important and combine them in a way that is most relevant to them.

The purpose of any test procedure is to provide accurate, quantitative data which can be used as the basis for comparing products that operate under comparable conditions when performing comparable tasks. While it is recognised that every single household **refrigerating appliance** in the world will have different actual operating conditions and different usage patterns, the dis-aggregation of energy into its key components allows typical operating and usage conditions to be applied to products for comparative purposes. It also provides a sound

basis for understanding variations in actual **energy consumption** in individual products during **normal use** in a home on a case by case basis, where this is of interest.

The advantage of this global approach to energy determination is that manufacturers (ultimately) need only undertake a suite of standard tests to meet the requirements of all major regions. Regional differences can be achieved by applying different factors to the standardised test results. This will help manufacturers avoid expensive retesting of models that are sold into different regions.

J.4 Description of key components of energy consumption

The most common technology used in household **refrigerating appliances** is the vapour compression cycle, which is effectively a heat pump that removes energy from the refrigerated space (inside **compartments**) to the surrounding ambient air in the room. Some other technologies are used to perform this heat pump function (eg some absorption or thermoelectric (Peltier effect) systems) but these are usually less efficient and are generally used only in niche applications.

Under conditions of no user interaction, the heat flow into the internal **compartments** depends on the effective insulation of the cabinet. This is largely dictated by the wall thickness and insulation value of the wall materials, but there are many other factors that can also affect heat flows such as the design of gaskets and seals and the presence of penetrations through the walls (for services, wiring and ducts). There may also be internal electronic controls, heaters or other devices which consume energy (or put heat into the **compartments**) and that are required to maintain normal operation in the refrigeration appliance. The operation of some of these devices may vary with ambient conditions.

The **energy consumption** under this standard is determined under no use (**steady state**) conditions at an **ambient temperature** of 32 °C and an **ambient temperature** of 16 °C. This provides a good basis for determining the temperature-energy response of the **refrigerating appliance**. Most previous test procedures test **energy consumption** at a single **ambient temperature** only. This provides no information on the energy impacts of the different operating temperatures commonly encountered during **normal use**.

It is well understood that user selected **temperature control settings** on **refrigerating appliances** affect internal operating temperatures, which in turn affect the **energy consumption**. Under this standard (and most other test procedures), techniques are applied to energy measurements conducted at different **temperature control settings** in order to estimate the **energy consumption** at standard internal temperatures. They are called “**target temperatures for energy consumption**” in this standard. Single tests used as the basis for declaration of **energy consumption** are required to have their internal temperatures at or below the relevant **target temperature** for the **compartment** type or be based on estimates of the **energy consumption** at the **target temperature**. Additional tests may be conducted at a range of **temperature control settings** in order to determine the optimum (lowest possible) **energy consumption** at the relevant **target temperatures** at each **ambient temperature** condition.

In this standard, the **target temperature** for a **fresh food compartment** is 4 °C while the **target temperature** for a **freezer compartment** is –18 °C. Note that to increase speed of testing and to improve overall repeatability, for all **frozen compartment** types, temperatures are based on average air temperatures – test packages are no longer used for energy tests.

For products that include a defrost system (with its own **defrost control cycle**), there is usually additional energy associated with the **automatic defrost**. Some systems, where the **evaporator** operates close to freezing, can effectively defrost by extending the period without compressor operation – these use little additional energy (in fact they may use less energy during defrost as the **compartment** warms). Some products defrost on every compressor cycle (usually only **evaporators** that operate close to freezing) – these are called **cyclic defrost** (and do not have a **defrost control cycle**) and any defrosting energy is built into the

normal operating schedule. Where applicable, the additional (or reduced) energy required to perform an **automatic defrost** and to recover back to a **steady state** condition is determined for a number of representative **defrost and recovery periods**. The frequency of defrosting also affects the total **energy consumption**. To determine the expected **defrost interval**, the test method includes a number of different methods appropriate to the different types of control used.

A significant part of the heat load inside a **refrigerating appliance** during **normal use** results from user related aspects such as door openings and insertion and removal of **foodstuff**. These heat loads are fairly complex and occur due to the exchange of air during door openings (warm air and moisture) and the addition of heat in the form of warm food and drinks. Sometimes moisture is released from **foodstuff** as well. The geometry of the **compartment** (e.g. open versus drawers and bins) and the speed and frequency of door openings can affect the air exchange. The temperature and humidity of the ambient air can also have an effect.

Attempting to replicate actual use through door openings and addition of food loads is difficult for laboratories to undertake and can be difficult to reproduce consistent results. It also requires tight control of test-room humidity in order to have any chance of consistent results. Calculating the resulting heat load from door openings is highly complex and the internal geometry can have an impact from product to product.

To minimise these problems, a new test has been devised for this standard which measures the **load processing efficiency** of the household **refrigerating appliance**. A precise mass of water at a known temperature (and of known enthalpy) is placed inside the **refrigerating appliance** and the product is operated until it returns to a **steady state** condition. The incremental energy used to “process” this load is determined from the test data and the difference between the initial and final energy of the water is used to determine the **load processing efficiency**. Processing of a single known heat load (in the form of warm water) provides a sound basis to determine the equivalent energy impact of user related interactions that could arise during **normal use**. It also allows the quantification of actual heat load equivalents to be determined when data from real homes is analysed.

Some auxiliaries are known to be affected by ambient conditions. Under this standard, the incremental **energy consumption** of specified auxiliaries under specified conditions is declared. These values can be added onto the standardised **energy consumption** for the product where applicable.

This standard does not provide a single global **energy consumption** number. Rather it provides detailed documentation of a number of key energy components which can be assembled to provide an estimate of **energy consumption** under a range of possible operating and usage conditions. Not all regions will use all test components. Regions are expected to use many of the standard components in a way that is most relevant to their regional requirements. Dis-aggregation of the energy components in this manner is an attempt to ultimately eliminate the need for regional test methods for household **refrigerating appliances**.

Annex K (normative)

Analysis of a refrigerating appliance without steady state between defrosts

K.1 Purpose

This Annex illustrates the approach to be used for the analysis of test data for a **refrigerating appliance** without **steady state** conditions between defrosts.

K.2 Products with regular characteristics but without steady state operation

K.2.1 General

In addition to the routine use of Case SS2 to determine **steady state** power illustrated in Figure B.3, there is one special case that is theoretically envisaged where all data between successive **defrost and recovery periods** using Case SS2 may not be able to establish stability for the initial defrost in accordance with Annex C (DF1). In this case the incremental defrost and recovery energy for the initial defrost has to be determined using an approach called DF2, which is outlined in this Annex.

In this case, the **refrigerating appliance** exhibits a regular and stable pattern of operation but the power between defrosts is not constant (usually increasing or decreasing power). This example would apply to a **refrigerating appliance** that has relatively short **defrost intervals** and over-cools or under-cools after a defrost and then takes some time to reach steady conditions just prior to the next defrost. An example is illustrated in Figure K.1.

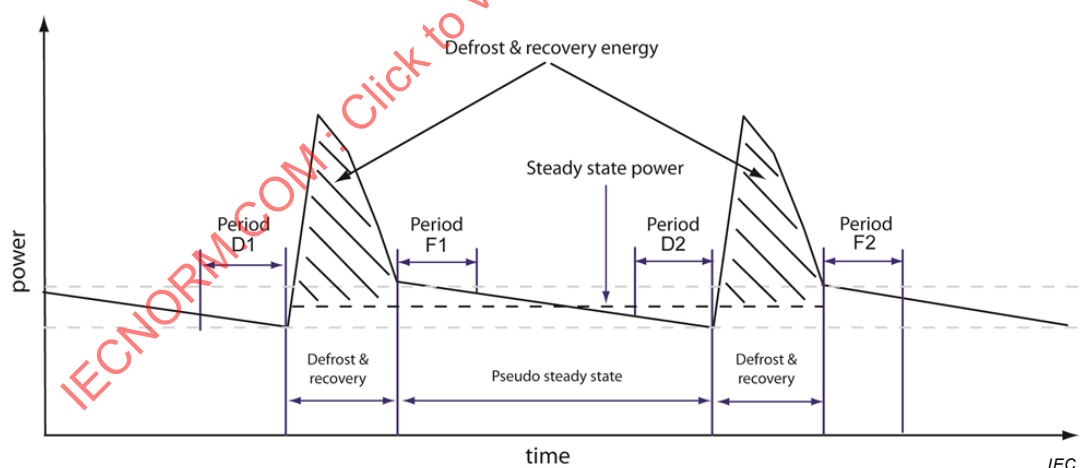


Figure K.1 – Special Case SS2 – where steady state operation is never reached between defrost and recovery periods and Annex C stability may not be established

K.2.2 Special case DF2 approach

Case DF2 is only used where the **refrigerating appliance** does not reach **steady state** operation between **defrost and recovery periods** and establishment of incremental **defrost and recovery** energy using DF1 (C.3) is not possible. In this case the **refrigerating appliance** usually exhibits a regular stable pattern of operation but may not establish **steady state** operation between **defrost and recovery periods**. Comparable parts of successive **defrost and recovery periods** are examined. This usually applies to **refrigerating appliances** that have shorter **defrost intervals**.

A period (called Period D1), ending at the start of a **defrost and recovery period** and made up of no less than 2 whole **temperature control cycles** (where **temperature control cycles** are present) and no less than 2 h in length, is selected. A second period (called Period D2), ending at the start of the next **defrost and recovery period** and made up of no less than 2 whole **temperature control cycles** (where **temperature control cycles** are present) and no less than 2 h in length, is selected.

A period (called Period F1), starting after the first **defrost and recovery period** and made up of no less than 2 whole **temperature control cycles** (where **temperature control cycles** are present) and no less than 2 h in length, is selected. A second period (called Period F2), starting after the next **defrost and recovery period** and made up of no less than 2 whole **temperature control cycles** (where **temperature control cycles** are present) and no less than 2 h in length, is selected.

Periods D1, D2, F1 and F2 shall all contain an equal number of **temperature control cycles**, or they shall be the same length where there are no **temperature control cycles** present.

NOTE As guidance, the pseudo **steady state** can be safely identified where the power change per **temperature control cycle** is consistently less than 5 %. A significant change in the duration of the **temperature control cycle** is also a good indicator of the start of a **defrost and recovery period**.

K.2.3 Case DF2 acceptance criteria

For the two **defrost and recovery periods** to be valid, the following criteria shall be met:

- The spread of temperature for the Periods D1 and D2 shall be less than 0,5 K for each **compartment**;
- The spread of temperature for the Periods F1 and F2 shall be less than 0,5 K for each **compartment**;
- The spread of power for the Periods D1 and D2 shall be less than 2 % of the average power of Periods D1 and D2 or less than 1W, whichever is the greater value.
- The spread of power for the Periods F1 and F2 shall be less than 2 % of the average power of Periods F1 and F2 or less than 1W, whichever is the greater value.

NOTE Care is required to ensure that period pairs D1/D2 and F1/F2 are from comparable parts of the **defrost control cycle**. Where all of the above criteria are met, this data can provide **steady state** power for a single **temperature control setting** and energy/temperature data for two **defrost and recovery periods**. For some **refrigerating appliances** (especially those that use mechanical timers) the **temperature control cycle** immediately prior to the operation of the defrost heater can be random in length, so care is required to avoid these when comparing comparable parts of the cycle.

Where there are more than two **compartments**, assessment of temperature stability as set out above is required for:

- The largest **unfrozen compartment** and largest **frozen compartment** (where applicable), or
- The largest two **compartments** (where all **compartments** are **frozen** or **unfrozen**).

K.2.4 Case DF2 calculation of values

Where the acceptance criteria in K.2.3 have been met, the determination of additional energy associated with the first **defrost and recovery period** is calculated as follows:

$$\Delta E_{df} = (E_{end-D2} - E_{end-D1}) - P_{F1-D2} \times (t_{end-D2} - t_{end-D1}) \quad (60)$$

where

ΔE_{df} is the additional energy consumed by the **refrigerating appliance** for a valid **defrost and recovery period** in Wh

- E_{end-D1} is the accumulated energy reading at the end of Period D1 just before the first **defrost and recovery period** in Wh
- E_{end-D2} is the accumulated energy reading at the end of Period D2 just before the second **defrost and recovery period** in Wh
- P_{F1-D2} is the pseudo **steady state** power consumption that occurs from the start of Period F1 to the end of Period D2 inclusive between successive **defrost and recovery periods** in W and meets the acceptance criteria in K.2.3, see Formula (61)
- t_{end-D1} is the test time at the end of Period D1 just before the first **defrost and recovery period** in hours
- t_{end-D2} is the test time at the end of Period D2 just before the second **defrost and recovery period** in hours.

NOTE This calculation gives the **defrost and recovery** energy for the first **defrost and recovery period** (bounded by Periods D1 and F1). A similar calculation using values for Periods D2 and F2 can be performed to determine the **energy consumption** of the second **defrost and recovery period**.

$$P_{F1-D2} = \frac{(E_{end-D2} - E_{start-F1})}{(t_{end-D2} - t_{start-F1})} \quad (61)$$

where

- $E_{start-F1}$ is the accumulated energy reading at the start of Period F1 just after the first **defrost and recovery period** in Wh
- $t_{start-F1}$ is the test time at the start of Period F1 just after the first **defrost and recovery period** in h.

The determination of the temperature change in each **compartment** i associated with the **defrost and recovery period** is calculated as follows:

$$\Delta Th_{df-i} = (T_{av-endD1-endD2-i} - T_{F1-D2-i}) \times (t_{endD2} - t_{endD1}) \quad (62)$$

where

- ΔTh_{df-i} is the accumulated temperature difference over time in **compartment** i (for **compartments** 1 to n) associated with a **defrost and recovery period** in Kh
- $T_{av-endD1-endD2-i}$ is the average temperature in **compartment** i (for **compartments** 1 to n) over the period from the end of Period D1 just before the first **defrost and recovery period** to the end of Period D2 just before the second **defrost and recovery period** in °C
- $T_{F1-D2-i}$ is the pseudo **steady state** temperature in **compartment** i (for **compartments** 1 to n) that occurs from the start of Period F1 to the end of Period D2 between successive **defrost and recovery periods** in °C and meets the acceptance criteria in K.2.3
- t_{end-D1} is the test time at the end of Period D1 just before the first **defrost and recovery period** in hours
- t_{end-D2} is the test time at the end of Period D2 just before the second **defrost and recovery period** in hours.

The additional compressor run-time associated with a **defrost and recovery period** (over and above the **steady state** run time) (in hours) shall also be calculated as set out in C.3.3.

Annex L (informative)

Derivation of ambient temperature correction formula

L.1 Purpose

Ambient temperature has a very important influence on **energy consumption** and even within the permitted range of ambient test temperatures specified in IEC 62552-1:2015 (nominally $\pm 0,5$ K). The expected impact is significant, which has the potential to reduce repeatability and reproducibility of the measured values. A correction for **ambient temperature** has been included to normalize the impact of actual variations in **ambient temperature** that occur in the laboratory during the test. The values have been checked against a large number of **refrigerating appliances** of different configurations across a wide range of operating conditions and the results have been found to be in line with observed values. This Annex provides some of the theoretical and practical background to the **ambient temperature** correction included in B.5 to improve understanding and confidence in the use of the formula. More detail is included in a technical report prepared for IEC SC59M.

L.2 Background

The **steady state** power of **refrigerating appliances** generally exhibit a strong response to changes in **ambient temperature**. The following equation sets out the main factors that drive energy for a single **compartment refrigerator** or **freezer**:

$$P = \frac{U \times A \times (T_a - T_i)}{COP}$$

where

- P is the (expected) **steady state** power consumption
- U is the overall average U value (insulation) of the cabinet walls
- A is the surface area of the cabinet walls
- T_a is the average **ambient temperature** around the **refrigerating appliance**
- T_i is the internal average temperature of the **refrigerating appliance**
- COP is the operating coefficient of performance (efficiency) of the refrigeration system.

The value of insulation (U) and the total surface area (A) of the appliance remain constant once the **refrigerator** has been constructed (but every **refrigerator** is different). The internal temperature also (should) remain fairly constant for a given **compartment** type. So the **steady state** power is a function of **ambient temperature** divided by COP . The change in COP of real compressors tends to be fairly linear with changes in **ambient temperature** (which determines the condensing temperature). The power response to changes in **ambient temperature** are non linear because a linear change in the denominator results in a non-linear quotient.

There are many smaller factors that affect the **energy consumption** of a particular **refrigerating appliance** (such as heaters and other auxiliaries (internal and external fans), compressor operating losses, compressor start-up losses and variable speed drives and throat or gasket losses), but the compressor efficiency and heat gain into the **compartment(s)** are the most significant factors and are the ones directly addressed in the correction formula.

During a test, a value of **steady state** power P is measured. For an **ambient temperature** correction, an estimate of the slope or change in **steady state** power is required for a change in **ambient temperature**. The final correction equation needs to invert this effect so that the power consumption is estimated at the target **ambient temperature**. For example, an increase in test room **ambient temperature** above the nominal test room temperature will

increase the measured **steady state** power. The correction formula will decrease the measured power consumption value back to the value that would be expected at the nominal test room temperature.

The impact of small differences in ambient test temperature is significant. Typically, the impact per degree of **ambient temperature** change could be expected to be 6 % to 8 % at 16 °C and around 4 % to 5 % at 32 °C (depending on the product). Given that test laboratories are required to hold **ambient temperatures** within $\pm 0,5$ K of the nominal test temperature, the measured values could vary between labs by 4 % to 8 % due to permitted **ambient temperature** variations alone. So this ambient correction is an important inclusion in this standard.

L.3 Approach

The following equation should provide an estimate of the total heat gain into a **refrigerating appliance**:

$$Q = U_1 \times A_1 \times (T_a - T_1) + U_2 \times A_2 \times (T_a - T_2) + \dots + U_i \times A_i \times (T_a - T_i)$$

where

Q is the total heat gain into the **compartment**

U is the U value (insulation) of each **compartment** for $i = 1$ to n **compartments**

A is the surface area of each **compartment** for $i = 1$ to n **compartments** (excluding common partitions between **compartments**)

T_a is the average **ambient temperature** around the **refrigerating appliance**

T_i is the internal average temperature of each **compartment** for $i = 1$ to n **compartments**.

This equation is a simplification as it ignores heat gain through door seals (which can be factored into the **compartment** overall U value) and energy consumed by auxiliaries.

For a change in **ambient temperature**, the change in heat gain can be estimated by differentiating the equation above, so the change in heat gain per change in ambient is simply:

$$\frac{dQ}{dT_a} = U_1 \times A_1 + U_2 \times A_2 + \dots + U_i \times A_i$$

This equation shows that the change in heat gain for a change in **ambient temperature** is constant, no matter what the **ambient temperature**, as it is a function of the U and A values for each **compartment**.

However, in terms of a correction for inclusion into the IEC standard, we are interested in a relative correction. So the value we need to calculate is the change in heat gain over the total heat gain at a given **ambient temperature**:

$$\text{IEC heat gain correction (\%)} = \frac{\left[\frac{dQ}{dT_a} \right]}{Q}$$

This means that the relative correction for heat gain becomes smaller as the **ambient temperature** increases (because total heat gain Q becomes larger and the numerator is constant). This matches well with modelling and physical test data.

We do not know the actual insulation factor U for each **refrigerating appliance** and each **compartment** – to obtain this would be quite onerous. In order to calculate a change in heat

gain above we only need an estimate of the relative insulation factor for each **compartment** and the relative surface area of each **compartment**. It should then be possible to make a reasonable estimate of the relative heat gain of **freezers** versus **fresh food compartments** (or indeed any **compartment** operating at any temperature).

The surface area can also be difficult to estimate accurately and it requires a different set of measurements from those already available. In the context of a correction for this standard, it has been found that **volume** data for each **compartment** provides a reasonable proxy for surface area for the purposes of a **steady state** power correction to be included in the IEC standard. The impact of surface area and insulation is only important for products with two or more **compartments** operating at different temperatures. For single **compartment** product operating at a single temperature, these values can be ignored (they will cancel out in the equation below where $n = 1$).

$$P_{ss} = P_{ssm} \times \left(1 + \frac{[T_{at} - T_{am}] \times [U_1 \times V_1 + \dots + U_i \times V_i]}{[U_1 \times V_1 \times (T_{am} - T_1) + \dots + U_i \times V_i \times (T_{am} - T_i)]} \right) \times \frac{1}{[1 + (T_{at} - T_{am}) \times \Delta COP]}$$

where

- V_i is the nominal **volume** of **compartment i** (for n **compartments**)
- U_i is relative U value of **compartment i** (for n **compartments**)
- T_{am} is the measured **ambient temperature** during the test
- T_{at} is the target (nominal) **ambient temperature** (correcting back to this temperature)
- T_i is the measured **compartment** temperature during the test
- ΔCOP is the expected COP impact for the product type and test condition
- P_{SSM} is the measured **steady state** power during the test in accordance with Annex B
- P_{SS} is the corrected **steady state** power that is expected at the nominal ambient test temperature in Annex B.

Conceptually, the components of the formula are:

- $(T_{at} - T_{am})$ is the deviation from the target **ambient temperature** in K
- $U \times V$ terms on the numerator estimate the slope of the heat gain for all **compartments**
- The denominator is total heat gain at the **ambient temperature**
- The last term is an overall correction for the expected change in COP for a change in ambient.

Note that the heat gain slope and heat gain in the above equation are based on relative U values and **rated volume** for each **compartment** (not surface area) and so will not be an accurate estimate in watt.

The value of U_i is estimated from the nominal temperature of operation of the **compartment**. This has been derived on the expectation that **compartments** that operate at colder temperatures tend to have better overall insulation (and therefore lower U values). An empirical fit of real data showed that the following values provided a reasonable estimate of the relative insulation in products with two **compartments**.

Table L.1 – Assumed relative insulation value for multi-compartment products

Compartment Target Temp °C	Relative Insulation Effectiveness	Relative Insulation Factor U_{rel}
–18	1,250	0,800
–12	1,182	0,846
–6	1,114	0,898
0	1,045	0,957
2	1,023	0,978
4	1,000	1,000
12	0,909	1,100
17	0,852	1,173

The overall correction equation can be further simplified by building in the above values from Table L.1 for relative insulation into the equation itself by using constants as follows:

$$P_{ss} = P_{ssm} \times \left(1 + [T_{at} - T_{am}] \times \frac{\sum [(c_1 \times (18 + T_{it}) + c_2) \times V_i]}{\sum [(c_1 \times (18 + T_{it}) + c_2) \times V_i] \times (T_{am} - T_{im})} \right) \times \frac{1}{[1 + (T_{at} - T_{am}) \times \Delta COP]}$$

The COP corrections included in the correction formula in Annex B (Table B.1) were adjusted to optimise the fit to actual data. Nominally, the COP impact is expected to be about –1,2 %/K at an **ambient temperature** of 16 °C and –1,7 %/K at an **ambient temperature** of 32 °C with an **evaporator** temperature of –25 °C. The actual values used vary from these because:

- An adjustment for multi-**compartment** products helps to partly compensate for the use of **volume** in lieu of surface area, hence the lower than expected COP values.
- Compressor start losses at low **ambient temperatures** become significant and to some extent these counterbalance the increase in COP as **ambient temperatures** fall (at low **ambient temperatures**) hence the lower than expected COP values.
- Single **compartment** products appear to be able to better optimise their operation (less starts, warmer **evaporator** for all **refrigerating appliance** with only **unfrozen compartments**).

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	162
INTRODUCTION.....	165
1 Domaine d'application	166
2 Références normatives	166
3 Termes, définitions et symboles	166
3.1 Termes et définitions	166
3.2 Symboles	167
4 Etapes d'essai applicables pour la détermination de l'énergie et du volume	167
4.1 Configuration pour l'essai d'énergie	167
4.2 Consommation électrique continue	167
4.3 Energie de dégivrage et reprise et variation de température	167
4.4 Fréquence de dégivrage	168
4.5 Nombre de points d'essai et interpolation.....	168
4.6 Rendement du traitement de charge	168
4.7 Auxiliaires spécifiés	168
4.8 Détermination du volume	168
5 Températures cibles pour la détermination d'énergie.....	168
5.1 Généralités	168
5.2 Réglages de thermostat pour essai de consommation d'énergie	169
6 Détermination de la consommation d'énergie.....	169
6.1 Généralités	169
6.2 Objectif	170
6.3 Nombre de cycles d'essai	171
6.4 Consommation électrique continue	171
6.5 Energie de dégivrage et reprise et variation de température	171
6.6 Intervalle de dégivrage.....	172
6.7 Auxiliaires spécifiés	172
6.8 Calcul de la consommation d'énergie	172
6.8.1 Généralités	172
6.8.2 Consommation d'énergie journalière	172
6.8.3 Interpolation	174
6.8.4 Auxiliaires spécifiés	174
6.8.5 Consommation d'énergie totale.....	174
7 Dispositifs de contournement.....	174
8 Incertitude de mesure	175
9 Rapport d'essai	176
Annexe A (normative) Paramétrage pour les essais d'énergie.....	177
A.1 Généralités	177
A.2 Exigences supplémentaires en matière de paramétrage pour les essais d'énergie.....	177
A.2.1 Bacs à glaçons	177
A.2.2 Commandes réglables par l'utilisateur	177
A.2.3 Température ambiante.....	177
A.2.4 Accessoires et étagères	177
A.2.5 Chauffages anticondensation.....	178

A.2.6	Appareils à glaçons automatiques – bacs d'entreposage	178
Annexe B (normative) Détermination de la consommation électrique et de la température continues		181
B.1	Généralités	181
B.2	Paramétrage pour les essais et la collecte des données	181
B.3	Cas SS1: pas de cycle de commande de dégivrage ou lorsque la stabilité est établie pendant une période entre dégivrages	181
B.3.1	Approche du cas SS1	181
B.3.2	Cas SS1 – critères d'acceptation	185
B.3.3	Cas SS1 – calcul des valeurs	187
B.4	Cas SS2: régime permanent déterminé entre les dégivrages	187
B.4.1	Cas SS2 – approche	187
B.4.2	Cas SS2 – critères d'acceptation	189
B.4.3	Cas SS2 – calcul des valeurs	190
B.5	Correction de la puissance continue	191
Annexe C (normative) Energie de dégivrage et de reprise et variation de température		193
C.1	Généralités	193
C.2	Paramétrage pour les essais et la collecte des données	193
C.3	Cas DF1: lorsque le régime permanent peut normalement être établi avant et après les dégivrages	194
C.3.1	Cas DF1 – approche	194
C.3.2	Cas DF1 – critères d'acceptation	197
C.3.3	Cas DF1 – calcul des valeurs	198
C.4	Nombre de périodes de dégivrage et reprise valides	199
C.5	Calcul de l'énergie de dégivrage et de la température représentatives	200
Annexe D (normative) Intervalle de dégivrage		202
D.1	Généralités	202
D.2	Commandes de dégivrage en fonction du temps écoulé	202
D.3	Commandes de dégivrage en fonction du temps de fonctionnement du compresseur	203
D.4	Commandes à dégivrage variable	206
D.4.1	Généralités	206
D.4.2	Commandes à dégivrage variable – intervalles de dégivrage déclarés	206
D.4.3	Commandes à dégivrage variable – aucun intervalle de dégivrage déclaré (dégivrage à la demande)	207
D.4.4	Commandes à dégivrage variable – non satisfaisantes	207
Annexe E (normative) Interpolation des résultats		209
E.1	Généralités	209
E.2	Réglage de la température avant interpolation	210
E.3	Cas 1: interpolation linéaire – deux points d'essai	210
E.3.1	Généralités	210
E.3.2	Exigences	210
E.3.3	Calculs	210
E.4	Cas 2: triangulation – trois points d'essai (ou plus)	215
E.4.1	Généralités	215
E.4.2	Exigences relatives à la triangulation à deux compartiments (ou plus)	215
E.4.3	Calculs pour triangulation à deux compartiments – interpolation manuelle	219
E.4.4	Calculs pour triangulation à deux compartiments – matrices	220

E.4.5	Contrôle de la validité de la température lorsqu'il a plus de deux compartiments pour la triangulation	222
E.4.6	Calculs pour triangulation à trois compartiments – matrices	223
Annexe F (normative) Consommation d'énergie des auxiliaires spécifiés		227
F.1	Objet.....	227
F.2	Chauffages anticondensation à température ambiante régulée	227
F.2.1	Présentation de la méthode	227
F.2.2	Méthode de mesure	228
F.2.3	Exigences relatives aux données	228
F.2.4	Données météorologiques régionales	228
F.2.5	Calcul de la consommation électrique.....	229
F.2.6	Lorsque les chauffages anticondensation ne peuvent pas être désactivés mais leur consommation électrique peut être mesurée directement	230
F.2.7	Lorsque les chauffages anticondensation ne peuvent pas être désactivés et leur consommation électrique ne peut pas être mesurée directement	230
F.2.8	Lorsque les chauffages anticondensation ont un réglage réglable par l'utilisateur	230
F.3	Appareils à glaçons automatiques – énergie pour fabriquer des glaçons	230
F.3.1	Généralités	230
F.3.2	Appareils à glaçons avec réservoir	231
Annexe G (normative) Détermination du rendement du traitement de la charge		238
G.1	Objet.....	238
G.2	Description générale	238
G.3	Paramétrage, équipements et préparation.....	239
G.3.1	Généralités	239
G.3.2	Equipements.....	240
G.3.3	Quantité d'eau à traiter	240
G.3.4	Position de la charge d'eau dans les compartiments	241
G.3.5	Température de l'eau à traiter.....	246
G.4	Méthode d'essai de rendement du traitement de la charge	246
G.4.1	Début de l'essai de rendement du traitement de la charge	246
G.4.2	Placement de la charge	247
G.4.3	Mesures à prendre.....	247
G.4.4	Conclusion de l'essai de rendement du traitement de la charge	247
G.5	Détermination du rendement du traitement de la charge	249
G.5.1	Généralités	249
G.5.2	Quantification de l'apport énergétique.....	250
G.5.3	Quantification de l'énergie supplémentaire utilisée pour traiter la charge	251
G.5.4	Rendement du traitement de charge	253
G.5.5	Multiplicateur de traitement de la charge	253
G.5.6	Ajout de charges relatives à l'utilisateur dans l'énergie journalière	255
Annexe H (normative) Détermination du volume		257
H.1	Domaine d'application.....	257
H.2	Volume total.....	257
H.2.1	Mesures de volume	257
H.2.2	Détermination du volume	257
H.2.3	Volume de l'espace occupé par l'évaporateur	257
H.2.4	Sections et/ou compartiments deux étoiles	258

H.3	Légende des Figures H.1 à H.5.....	258
Annexe I (informative) Exemples étudiés de calculs de consommation d'énergie		262
I.1	Exemple de calcul de la consommation d'énergie journalière	262
I.2	Dégivrage variable – calcul des intervalles de dégivrage	263
I.3	Exemples d'interpolation	264
I.3.1	Généralités	264
I.3.2	Interpolation linéaire	264
I.3.3	Deux compartiments – triangulation manuelle	275
I.3.4	Deux compartiments – triangulation à l'aide de matrices	280
I.3.5	Trois compartiments – triangulation à l'aide de matrices	281
I.4	Calcul de l'impact énergétique des variations de température internes	284
I.4.1	Généralités	284
I.4.2	Un compartiment	284
I.4.3	Triangulation	285
I.5	Chauffages anticondensation à régulation automatique	286
I.6	Calcul du rendement du traitement de la charge	288
I.7	Détermination de la consommation d'énergie annuelle	290
I.8	Exemples de détermination de la puissance et de la température à partir de données brutes	292
I.8.1	Examen manuel des données	292
I.8.2	Examen des données et sélection de l'écart minimum à l'aide du logiciel sur mesure	313
Annexe J (informative) Développement de la méthode d'essai globale IEC pour les appareils de réfrigération		317
J.1	Objet	317
J.2	Aperçu général	317
J.3	Objet de la méthode d'essai	317
J.4	Description des principaux composants de la consommation d'énergie	318
Annexe K (normative) Analyse d'un appareil de réfrigération sans régime permanent entre les dégivrages		321
K.1	Objet	321
K.2	Produits avec des caractéristiques normales mais sans régime permanent	321
K.2.1	Généralités	321
K.2.2	Approche du cas spécial DF2	322
K.2.3	Cas DF2 – critères d'acceptation	323
K.2.4	Cas DF2 – calcul des valeurs	323
Annexe L (informative) Dérivation de la formule de correction de la température ambiante		325
L.1	Objet	325
L.2	Contexte	325
L.3	Approche	326
Figure B.1 – Illustration d'une période d'essai composée de blocs de 5 cycles de régulation de température – températures pour le cas SS1		183
Figure B.2 – Illustration d'une période d'essai composée de blocs de 5 cycles de régulation de température – consommation électrique pour le cas SS1		184
Figure B.3 – Cas SS2 – Fonctionnement type d'un appareil de réfrigération avec un cycle de commande de dégivrage		188
Figure C.1 – Illustration conceptuelle de l'énergie supplémentaire associée à une période de dégivrage et reprise		194

Figure C.2 – Cas DF1 avec régime permanent avant et après un dégivrage	196
Figure E.1 – Interpolation lorsque les températures varient dans de multiples compartiments (compartiment D critique)	213
Figure E.2 – Interpolation avec résultats valides dans les deux compartiments A et B	214
Figure E.3 – Interpolation sans résultats valides	214
Figure E.4 – Représentation schématique de l'interpolation par triangulation	217
Figure G.1 – Illustration conceptuelle de l'essai de rendement du traitement de la charge	239
Figure G.2 – Positions d'étagères et séquence de chargement (exemple avec 10 bouteilles PET)	243
Figure G.3 – Emplacements et distances des bacs de fabrication de glaçons	246
Figure G.4 – Représentation de l'énergie supplémentaire pour traiter la charge ajoutée	250
Figure G.5 – Cas où une période de dégivrage et reprise survient pendant le traitement de la charge	252
Figure H.1 – Vue de base d'un congélateur monté en haut	259
Figure H.2 – Distributeur et goulotte d'un appareil à glaçons automatique	260
Figure H.3 – Compartiment d'un appareil à glaçons automatique	260
Figure H.4 – Rail des étagères ou paniers de type tiroir	261
Figure H.5 – Séparateur rotatif du compartiment des denrées fraîches pour portes-fenêtres	261
Figure I.1 – Exemple d'interpolation linéaire de deux compartiments (compartiment B critique)	267
Figure I.2 – Exemple d'interpolation linéaire de deux compartiments (compartiment B critique)	268
Figure I.3 – Exemple d'interpolation où les deux points d'essai ont deux compartiments au-dessous de la cible (deux résultats valides)	269
Figure I.4 – Exemple d'interpolation où les deux points d'essai ont deux compartiments au-dessous de la cible (deux résultats valides)	270
Figure I.5 – Exemple d'interpolation où aucun des points d'essai n'a les deux compartiments inférieurs à la cible (pas de résultats valides)	271
Figure I.6 – Exemple d'interpolation où aucun des points d'essai n'a les deux compartiments inférieurs à la cible (pas de résultats valides)	272
Figure I.7 – Exemple d'interpolation pour 4 compartiments	275
Figure I.8 – Exemple de triangulation (températures)	277
Figure I.9 – Exemple de triangulation (température et énergie)	279
Figure I.10 – Exemple de données de puissance et de température	293
Figure I.11 – Exemple de recherche d'une période d'essai avec un écart de puissance minimum	316
Figure K.1 – Cas spécial SS2 – lorsque le régime permanent n'est jamais atteint entre les périodes de dégivrage et reprise et la stabilité selon l'Annexe C peut ne pas être établie	322
Tableau 1 – Températures cibles pour la détermination d'énergie par type de compartiment	169
Tableau B.1 – Ajustement ΔCOP supposé	192
Tableau F.1 – Format des données de température et d'humidité – chauffages anticondensation à température ambiante régulée	229

Tableau I.1 – Exemple d'interpolation linéaire, un compartiment	265
Tableau I.2 – Exemple 1 d'interpolation linéaire, deux compartiments	265
Tableau I.3 – Exemple 2 d'interpolation linéaire, deux compartiments	268
Tableau I.4 – Exemple 3 d'interpolation linéaire, deux compartiments	270
Tableau I.5 – Exemple d'interpolation linéaire, données d'essai pour quatre compartiments	272
Tableau I.6 – Exemple d'interpolation linéaire, résultats pour quatre compartiments	274
Tableau I.7 – Exemple de triangulation, deux compartiments	276
Tableau I.8 – Exemple de triangulation, trois compartiments	282
Tableau I.9 – Exemple de probabilités pondérées en fonction de la population et de puissances de chauffage à 16 °C, 22 °C et 32 °C	287
Tableau I.10 – Exemple de calcul d'énergie, de puissance et de température pour chaque cycle de régulation de température (TCC)	295
Tableau I.11 – Exemple de calcul d'énergie, de puissance et de température pour tous les blocs possibles (taille = 3 TCC)	297
Tableau I.12 – Exemple de calcul d'énergie, de puissance et de température pour toutes les périodes d'essai possibles (3 blocs de chacun 3 TCC)	299
Tableau I.13 – Exemple de calcul d'énergie, de puissance et de température pour tous les blocs possibles (taille = 5 TCC)	302
Tableau I.14 – Exemple de calcul d'énergie, de puissance et de température pour tous les blocs possibles (taille = 9 TCC)	304
Tableau I.15 – Exemple de calcul d'énergie, de puissance et de température pour toutes les périodes d'essai possibles (3 blocs de chacun 5 TCC)	306
Tableau I.16 – Exemple de calcul d'énergie, de puissance et de température pour toutes les périodes d'essai possibles (3 blocs de chacun 9 TCC)	308
Tableau I.17 – Détermination de la validité du dégivrage DF1	310
Tableau I.18 – Détermination des valeurs continues à l'aide de SS2	312
Tableau L.1 – Valeur d'isolation relative supposée pour les produits à compartiments multiples	328

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPAREILS DE RÉFRIGÉRATION À USAGE MÉNAGER – CARACTÉRISTIQUES ET MÉTHODES D'ESSAI –

Partie 3: Consommation d'énergie et volume

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 62552-3 a été établie par le sous-comité 59M: Aptitude à la fonction des appareils électrodomestiques et appareils de réfrigération et de congélation analogues, du comité d'études 59 de l'IEC: Aptitude à la fonction des appareils électrodomestiques.

Les normes IEC 62552-1, IEC 62552-2 et IEC 62552-3 annulent et remplacent la première édition de l'IEC 62552 publiée en 2007. Les normes IEC 62552-1, IEC 62552-2 et IEC 62552-3 constituent ensemble une révision technique et incluent les modifications techniques majeures suivantes apportées à l'IEC 62552:2007:

- a) Toutes les parties de la norme ont été largement réécrites et mises à jour pour tenir compte des nouvelles exigences d'essai, des nouvelles configurations du produit, de l'apparition de nouvelles commandes de produit électronique et d'équipements informatiques de collecte et de traitement de données de salle d'essai.

- b) Dans la Partie 1 les modifications ont été apportées aux spécifications en matière d'équipement de salle d'essai, ainsi qu'au montage d'essai, afin d'apporter une souplesse supplémentaire, plus particulièrement lors des essais de plusieurs appareils dans une seule salle d'essai.
- c) Pour procéder à une analyse plus efficace et mieux définir les caractéristiques essentielles du produit dans les différentes conditions de fonctionnement, les données d'essai issues de la plupart des essais d'énergie sont désormais divisées en composantes dans la Partie 3 (la présente partie) (fonctionnement en régime établi et dégivrage et reprise, par exemple). L'approche permettant de déterminer la consommation d'énergie a été totalement révisée, de nombreuses vérifications internes étant désormais incluses pour assurer les plus grandes exactitude et qualité possibles des données satisfaisant aux exigences de la Norme.
- d) La Partie 3 (la présente partie) fournit désormais une méthode permettant de quantifier chacune des composantes énergétiques pertinentes, ainsi que les approches permettant de les combiner pour évaluer l'énergie dans différentes conditions, en partant du principe que les différentes régions vont choisir les composantes et pondérations les plus applicables lors de l'établissement des critères de performances et d'efficacité énergétique tout en utilisant un seul ensemble de mesures d'essai globales.
- e) Pour les mesures de la consommation d'énergie dans la Partie 3 (la présente partie), aucune masse thermique (paquets d'essai) n'est incluse dans un compartiment, les températures de compartiment reposant sur la moyenne des capteurs de température de l'air (comparée à la température du paquet d'essai le plus chaud). La position des capteurs de température dans les compartiments non congelés présente également des différences importantes.
- f) L'essai de consommation d'énergie dans la Partie 3 (la présente partie) s'appuie désormais sur deux températures ambiantes spécifiées (16 °C et 32 °C).
- g) Même si les paquets dans la Partie 2 sont toujours utilisés dans le cadre de l'essai d'entreposage pour confirmer les performances dans différentes conditions de fonctionnement, ils ont été normalisés à une seule taille dans la Partie 1 (100 mm × 100 mm × 50 mm) pour limiter la variabilité de l'essai. Une distance minimale de 15 mm est désormais spécifiée entre les paquets d'essai et la doublure du compartiment.
- h) Un essai d'efficacité d'énergie de traitement de charge a été ajouté dans la Partie 3 (la présente partie).
- i) Un essai d'efficacité d'énergie de fabrication de glace du type à réservoir a été ajouté dans la Partie 3 (la présente partie).
- j) Un essai de capacité de refroidissement a été ajouté dans la Partie 2.
- k) Un essai de mise en régime a été ajouté dans la Partie 2.
- l) Les méthodes de mesure de la surface et du volume de stockage des étagères ne sont plus incluses. Dans la Partie 3 (la présente partie) la mesure du volume a été révisée pour donner le volume interne total avec uniquement les composants nécessaires au bon fonctionnement du système de réfrigération considéré comme étant en place.
- m) Des essais (de performances (Partie 2) et d'énergie (Partie 3 – la présente partie)) ont été ajoutés pour les appareils de stockage du vin.

Les types d'impression suivants sont utilisés dans la présente Norme internationale:

- exigences: caractères romains;
- spécifications d'essai: *caractères italiques*;
- notes: caractères romains de petite taille;
- Les mots en **gras** sont définis dans l'IEC 62552-1:2015, Article 3 ou dans cette partie.

Lorsqu'une définition concerne un adjectif, l'adjectif et le nom associé sont également en gras.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
59M/63/FDIS	59M/66/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62252, publiées sous le titre général *Appareils de réfrigération à usage ménager – Caractéristiques et méthodes d'essais*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Cette publication a été établie selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

L'IEC 62552 est divisé en 3 parties comme suit:

- IEC 62552-1: Domaine d'application, définitions, instrumentation, salle d'essai et agencement des produits de réfrigération;
- IEC 62552-2: Exigences de performance générales pour **appareils de réfrigération** et méthodes d'essais;
- IEC 62552-3: Détermination de la **consommation d'énergie** et du **volume** (la présente partie).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62552-3:2015

APPAREILS DE RÉFRIGÉRATION À USAGE MÉNAGER – CARACTÉRISTIQUES ET MÉTHODES D'ESSAI –

Partie 3: Consommation d'énergie et volume

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62552 spécifie les caractéristiques essentielles des **appareils de réfrigération** à usage ménager et similaires, refroidis par convection naturelle interne ou par circulation d'air forcé, et établit les méthodes d'essai pour la vérification de ces caractéristiques.

La présente partie de l'IEC 62552 décrit les méthodes de détermination des caractéristiques de **consommation d'énergie** et définit comment elles peuvent être assemblées pour estimer la **consommation d'énergie** dans différentes conditions d'utilisation et climatiques. La présente partie de l'IEC 62552 définit également la détermination du **volume**.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 62552-1:2015, *Household refrigerating appliances – Characteristics and test methods – Part 1: General requirements* (disponible en anglais seulement)

IEC 62552-2:2015, *Household refrigerating appliances – Characteristics and test methods – Part 2: Performance requirements* (disponible en anglais seulement)

3 Termes, définitions et symboles

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'IEC 62552-1 ainsi que les suivants, s'appliquent.

3.1.1

auxiliaires spécifiés

fonctions ou caractéristiques qui affectent la **consommation d'énergie** d'un **appareil de réfrigération** et dont la **consommation d'énergie** réelle dépend des conditions d'utilisation ou de fonctionnement

Note 1 à l'article: La présente Norme fournit des dispositions optionnelles pour déterminer les impacts de ces fonctions ou caractéristiques sur la **consommation d'énergie** conformément aux exigences régionales.

Note 2 à l'article: Les exigences d'essai relatives aux auxiliaires spécifiés, si applicable, sont définies en Annexe F et leur application est spécifiée en 6.8.4. Les seuls auxiliaires spécifiés dans cette édition de la norme sont les chauffages anticondensation à température ambiante régulée et les appareils à glaçons automatiques avec réservoir.

3.1.2

intervalle de dégivrage

durée mesurée ou estimée d'un **cycle de commande de dégivrage**, entre le point d'initiation d'un **cycle de commande de dégivrage** et le point d'initiation du **cycle de commande de dégivrage** suivant, exprimée en heures de temps écoulé (horloge)

3.2 Symboles

Pour les besoins du présent document, les symboles suivants s'appliquent.

E	consommation d'énergie électrique sur une période donnée (jour, année, etc.) en Wh ou kWh
P	consommation électrique continue moyenne sur une période donnée en W
T	moyenne de température de compartiment sur une période donnée en degrés Celsius (°C)
TMP_n	position de mesure de température d'un capteur de température spécifique
t	temps à un moment donné
Δt	intervalle de temps en heures entre deux périodes données ou pendant une période donnée
ΔE_{df}	énergie supplémentaire associée à une période de dégivrage et de reprise , au-delà de la consommation électrique continue à des réglages de thermostat identiques, en Wh
ΔTh_{df-i}	différence de température cumulée dans le temps (par rapport à une température continue) pendant une période de dégivrage et de reprise en Kh pour compartiment i
Rt	temps de fonctionnement réel du compresseur en heures pour une période donnée (période de marche réelle du compresseur)
CRt	pourcentage du temps de fonctionnement du compresseur pour une période donnée (Rt /intervalle de temps total en %)
P_{Hi}	puissance de chauffage moyenne associée à un chauffage anticondensation à température ambiante réglée à une température et une humidité données en W (Annexe F)
M	volume d'eau utilisé pour une charge de traitement (Annexe G) ou volume d'eau ou de glaçon pendant un essai de fabrication de glaçons (Annexe F)

4 Etapes d'essai applicables pour la détermination de l'énergie et du volume

4.1 Configuration pour l'essai d'énergie

Avant de mesurer la **consommation d'énergie** pour un **appareil de réfrigération**, il doit être configuré dans une salle d'essai comme spécifié en Annexe A.

4.2 Consommation électrique continue

La **consommation électrique continue** de l'**appareil de réfrigération** doit être déterminée conformément à l'Annexe B.

4.3 Energie de dégivrage et reprise et variation de température

Pour les produits avec un ou plusieurs systèmes de dégivrage (chacun avec son propre **cycle de commande de dégivrage**), l'énergie **de dégivrage et de reprise** incrémentielle pour un nombre représentatif de périodes de **dégivrage et de reprise** doit être déterminée conformément à l'Annexe C pour chaque système. La variation de température associée au **dégivrage et à la reprise** doit également être déterminée conformément à l'Annexe C pour chaque système.

4.4 Fréquence de dégivrage

Pour les produits avec un ou plusieurs systèmes de dégivrage (chacun avec son propre **cycle de commande de dégivrage**), l'**intervalle de dégivrage** pour chaque système doit être déterminé conformément à l'Annexe D, selon le type de commande.

4.5 Nombre de points d'essai et interpolation

Lorsque la **consommation d'énergie** d'un **appareil de réfrigération** est interpolée conformément à l'Article 6, une des méthodes d'essai spécifiées en Annexe E doit être utilisée.

4.6 Rendement du traitement de charge

Lorsque le **rendement du traitement de la charge** d'un **appareil de réfrigération** est déclaré ou déterminé, il doit être mesuré conformément à la méthode spécifiée en Annexe G.

4.7 Auxiliaires spécifiés

Lorsqu'un **appareil de réfrigération** contient un auxiliaire spécifié, l'impact énergétique de cet auxiliaire doit être déterminé conformément à l'Annexe F.

4.8 Détermination du volume

Le **volume** de chaque **compartiment** de l'**appareil de réfrigération** doit être déterminé conformément à l'Annexe H.

5 Températures cibles pour la détermination d'énergie

5.1 Généralités

La **consommation d'énergie** d'un appareil est déterminée à partir des mesures effectuées lors d'essais comme spécifié à l'Article 6 à une **température ambiante** de 32 °C et à une **température ambiante** de 16 °C. La valeur de la **consommation d'énergie** déterminée conformément à la présente Norme doit être pour un **réglage de thermostat** (ou point équivalent) où toutes les températures d'air moyennes de **compartiment** sont égales ou inférieures aux **températures cibles** spécifiées dans le Tableau 1 pour chaque type de **compartiment** déclaré par le fournisseur. Les valeurs supérieures et inférieures aux **températures cibles** peuvent être utilisées pour estimer la **consommation d'énergie** à la **température cible** pour chaque **compartiment** par interpolation, comme spécifié à l'Article 6.

NOTE Voir les exigences dans l'IEC 62552-1:2015 Annexe B relative aux **compartiments à température variable**. Pour les essais d'énergie, ils sont utilisés sur la fonction (plage de fonctionnement de température continue) qui utilise le plus d'énergie.

**Tableau 1 – Températures cibles pour
la détermination d'énergie par type de compartiment**

Type de compartiment	Température de l'air moyenne cible °C
Garde-manger	17
Cave à vin	12
Cave	12
Denrées fraîches	4
Conservation des denrées hautement périssables	2
Zéro étoile	0
Une étoile	–6
Deux étoiles	–12
Trois étoiles et Quatre étoiles	–18
Pour les essais d'énergie, chaque compartiment doit être utilisé comme type de compartiment déclaré, sauf indications ci-après. Si la plage de fonctionnement d'un compartiment ne couvre aucune des températures cibles pour les types de compartiment définis dans le Tableau 1 à une température ambiante de 16 °C ou 32 °C (car il n'a pas de thermostat réglable par l'utilisateur ou a une plage limitée de commande active), il doit alors être classé comme type de compartiment avec la température cible la plus chaude suivante (en fonction du résultat d'essai le plus chaud pour les deux températures ambiantes) et utilisé à son réglage le plus chaud tout en restant égal ou inférieur à la température cible de la température cible la plus chaude suivante (si ajustable) pour l'essai d'énergie aux deux températures ambiantes. Le rapport d'essai doit indiquer le type de compartiment déclaré et le type de compartiment supposé pour les essais d'énergie. Lorsque le compartiment est un type de compartiment à température variable (qui couvre la plage de fonctionnement de plusieurs types de compartiments), la principale configuration pour les essais d'énergie doit être le type de compartiment qui a la consommation d'énergie la plus élevée. Un compartiment à température variable peut être défini et soumis à essai comme d'autres types de compartiment le cas échéant, outre la configuration principale pour les essais d'énergie. Le rapport d'essai doit indiquer que le compartiment est le type de compartiment à température variable et le type de compartiment sélectionné pour chaque essai d'énergie.	

5.2 Réglages de thermostat pour essai de consommation d'énergie

Lors des essais de **consommation d'énergie** conformément à l'Article 6, l'**appareil de réfrigération** doit avoir au moins un **réglage de thermostat** (ou une combinaison de **réglages de thermostat**) où les températures moyennes de chaque **compartiment** sont simultanément égales ou inférieures aux **températures cibles de consommation d'énergie** spécifiées dans le Tableau 1. Il convient que les points de données utilisés pour la détermination de la **consommation d'énergie** montrent que le produit est capable de satisfaire à cette exigence, mais ce point spécifique peut ne pas être mesuré directement.

Lorsqu'un appareil n'a pas de **thermostats réglables par l'utilisateur**, la **consommation d'énergie** doit être déterminée à partir des résultats d'un cycle d'essai de mesure de l'appareil tel que fourni.

6 Détermination de la consommation d'énergie

6.1 Généralités

Les principaux composants de la **consommation d'énergie** comme spécifié à l'Article 6 doivent être déterminés pour chaque **appareil de réfrigération** soumis à essai conformément à la présente norme. Ceci doit être basé sur les données mesurées conformément aux Annexes B à H, si applicable.

L'Article 6 spécifie également la méthode utilisée pour déterminer les composants de la **consommation d'énergie** pour un **appareil de réfrigération** lorsqu'il est soumis à des essais conformément à la présente norme.

Les principaux composants de la **consommation d'énergie** déterminés conformément à la présente norme sont les suivants:

- **Consommation électrique continue** – celle-ci est déterminée à des **températures ambiantes** de 16 °C et 32 °C – voir Annexe B.
- Energie de **dégivrage et reprise** et variation de température – pour les produits avec un ou plusieurs systèmes de dégivrage (chacun avec son propre **cycle de commande de dégivrage**), l'énergie de **dégivrage et reprise** pour un nombre représentatif de **périodes de dégivrage et reprise** pour chaque système doit être déterminée – voir Annexe C.
- Fréquence de dégivrage – pour les produits avec un ou plusieurs systèmes de dégivrage (chacun avec son propre **cycle de commande de dégivrage**), l'**intervalle de dégivrage** doit être déterminé pour chaque système dans un certain nombre de conditions – voir Annexe D.
- Auxiliaires spécifiés – Lorsqu'un **appareil de réfrigération** contient un auxiliaire spécifié, l'impact énergétique de cet auxiliaire doit être déterminé – voir Annexe F.
- Rendement du traitement de la charge – lorsque le **rendement du traitement de la charge** est mesuré ou déclaré, la méthode spécifiée doit être utilisée – voir Annexe G.

La valeur la plus faible concevable de **consommation d'énergie** pour un **appareil de réfrigération** dans le cadre de la présente Norme (à savoir la valeur optimale théorique), est la valeur à laquelle la température de chaque **compartiment** est exactement égale à sa **température cible de consommation d'énergie** (voir Article 5). Tous les appareils ne sont pas capables de fonctionner à cette condition, ou il n'est pas réalisable pour un laboratoire de poursuivre les essais en vue d'obtenir cette condition pendant un ensemble spécifique d'essais. Dans le cadre de la présente Norme, on peut effectuer plusieurs essais avec différents **réglages de thermostat** (si disponibles). Ceci a pour but de faciliter l'interpolation pour estimer la **consommation d'énergie** pour un point où tous les **compartiments** sont égaux ou inférieurs à leur valeur cible correspondante de **consommation d'énergie** (voir 6.3).

6.2 Objectif

Afin de déterminer les caractéristiques d'un **appareil de réfrigération** à usage ménager conformément à la présente Norme, on doit mesurer la température et la **consommation d'énergie** pour une période représentative de **régime permanent** qui satisfait aux exigences correspondantes (à savoir températures de **compartiment** égales ou inférieures à leur valeur cible de **consommation d'énergie**). Plusieurs points d'essai à différents **réglages de thermostat** peuvent être exigés pour obtenir le résultat (optimal) le plus favorable pour la **consommation d'énergie**.

Dans le cas de produits avec fonctions de **dégivrage automatique** qui affectent la consommation d'énergie du produit (à savoir avec un **cycle de commande de dégivrage**), l'énergie incrémentielle pendant le **dégivrage et la reprise** (à savoir l'énergie supplémentaire ΔE_{df} au-delà de la puissance **continue** sous-jacente) doit être déterminée pour un nombre spécifié de **périodes de dégivrage et de reprise** représentatives et valides.

Ces valeurs sont mesurées à chacune des **températures ambiantes** spécifiées pour la détermination d'énergie.

Afin d'évaluer si une période proposée de données d'essai est acceptable pour la détermination de la **consommation d'énergie**, les données sont analysées et examinées pour évaluer si les variations des températures internes et la consommation électrique sont dans les limites acceptables. En termes d'évaluations d'énergie, il existe deux approches alternatives de la détermination de la consommation électrique **continue**:

- **SS1:** Détermination de la puissance **continue** et de la température interne lorsqu'il n'y a pas de **cycle de commande de dégivrage** et lorsque les conditions de **régime permanent** conformément à l'Annexe B peuvent être établies entre **périodes de dégivrage et de reprise** (généralement lorsque les événements de dégivrage sont très espacés);
- **SS2:** Détermination de la puissance **continue** et de la température interne lorsque les conditions de **régime permanent** conformément à l'Annexe B ne peuvent pas être établies entre les **périodes de dégivrage et reprise** (généralement lorsque les événements de dégivrage sont moins espacés).

La variation incrémentielle de la **consommation d'énergie** et de la température pendant une **période de dégivrage et reprise** doit également être évaluée (par rapport à la puissance **continue** et aux températures internes avant et après la **période de dégivrage et reprise**).

Dans chaque cas, les critères sont établis pour déterminer si les périodes sont représentatives du fonctionnement de l'appareil.

6.3 Nombre de cycles d'essai

La **consommation d'énergie** doit être déterminée à des **températures ambiantes** de 16 °C et 32 °C soit:

- a) directement à partir des résultats d'un seul cycle d'essai pendant lequel les températures de tous les **compartiments** de l'appareil sont égales ou inférieures aux **températures cibles** spécifiées dans le Tableau 1; ou
- b) par interpolation entre les résultats de deux cycles d'essai ou plus, effectués à différents réglages d'un ou plusieurs **thermostats réglables par l'utilisateur**, comme suit:
 - Lorsque les résultats ont été mesurés à deux **régimes de thermostat**, interpolation conformément à l'Article E.3.
 - Lorsque l'appareil a au moins deux **thermostats réglables par l'utilisateur** et les résultats ont été mesurés avec trois combinaisons de **réglage de thermostat**, interpolation conformément à l'Article E.4.
 - Les options d'interpolation à l'aide de trois **thermostats réglables par l'utilisateur** ou plus sont également définies dans l'Article E.4.

Dans le cas de b) ci-dessus, les résultats d'essai doivent montrer que les températures de tous les **compartiments** dans l'**appareil de réfrigération** sont égales ou inférieures aux **températures cibles** spécifiées dans le Tableau 1 au point d'interpolation. Il y a plusieurs exigences associées à l'interpolation pour garantir que celle-ci a été atteinte.

6.4 Consommation électrique continue

Pour un **appareil de réfrigération** qui n'a pas de **cycle de commande de dégivrage**, la consommation électrique **continue** à chaque **réglage de thermostat** sélectionné et pour chaque **température ambiante** doit être déterminée conformément à l'Annexe B.

Pour un **appareil de réfrigération** avec un ou plusieurs **cycles de commande de dégivrage**, la consommation électrique **continue** entre les **périodes de dégivrage et reprise** à chaque **réglage de thermostat** sélectionné et pour chaque **température ambiante** doit être déterminée conformément à l'Annexe B.

La consommation électrique **continue** est indiquée en watt (W).

6.5 Énergie de dégivrage et reprise et variation de température

Pour un **appareil de réfrigération** avec un ou plusieurs systèmes de dégivrage (chacun avec son propre **cycle de commande de dégivrage**), l'énergie supplémentaire et la variation de température associées au **dégivrage et à la reprise** doivent être déterminées pour chaque

système pour un nombre représentatif de **périodes de dégivrage et de reprise** conformément à l'Annexe C à des **températures ambiantes** de 16 °C et 32 °C.

Lorsqu'il y a plusieurs systèmes de dégivrage (chacun avec son propre **cycle de commande de dégivrage**), les caractéristiques de chaque système doivent être documentées.

L'énergie supplémentaire associée au **dégivrage et à la reprise** est indiquée en watt-heure (Wh).

La variation de température associée au **dégivrage et à la reprise** est indiquée en degré Kelvin-heure (Kh).

6.6 Intervalle de dégivrage

Pour un **appareil de réfrigération** avec un ou plusieurs systèmes de dégivrage (chacun avec son propre **cycle de commande de dégivrage**), l'**intervalle de dégivrage** estimé doit être déterminé conformément à l'Annexe D à une **température ambiante** de 16 °C et à une **température ambiante** de 32 °C.

Lorsqu'il y a plusieurs systèmes de dégivrage (chacun avec son propre **cycle de commande de dégivrage**), l'**intervalle de dégivrage** de chaque système doit être documenté.

L'**intervalle de dégivrage** doit être exprimé en heures, valeur arrondie à la 0,1 h la plus proche. Selon le type de commande de dégivrage, l'**intervalle de dégivrage** peut dépendre d'un certain nombre de paramètres.

6.7 Auxiliaires spécifiés

Lorsque l'**appareil de réfrigération** contient un auxiliaire spécifié, l'impact de ce dispositif doit être déterminé conformément à l'Annexe F.

L'impact des auxiliaires spécifiés est exprimé en watt ou watt-heure pour une plage de conditions ambiantes. Ces valeurs sont alors pondérées conformément aux exigences et conditions régionales pour fournir une estimation pertinente de l'énergie associée à l'auxiliaire.

6.8 Calcul de la consommation d'énergie

6.8.1 Généralités

Les composants individuels de **consommation d'énergie** et de puissance **continue** mesurés conformément à la présente Norme doivent être combinés à l'aide des règles suivantes.

6.8.2 Consommation d'énergie journalière

Toutes les valeurs de **consommation d'énergie** et de puissance doivent être converties en valeurs de **consommation d'énergie journalière** conformément aux équations suivantes pour chaque **réglage de thermostat** et **température ambiante**.

Pour les **appareils de réfrigération** sans **cycle de commande de dégivrage**, la **consommation d'énergie journalière** pour chaque **température ambiante** et chaque **réglage de thermostat** est obtenue selon:

$$E_{\text{journalière}} = P \times 24 \quad (1)$$

où

$E_{\text{journalière}}$ est l'énergie en Wh sur une période de 24 h
24 correspond à h/d

P est la puissance **continue** en watt pour le **réglage de thermostat** sélectionné selon l'Annexe B.

La température **continue** mesurée pour chaque **compartiment** doit être enregistrée avec cette valeur (pour le rapport d'essais et/ou pour interpolation).

Pour les **appareils de réfrigération** avec un système de dégivrage (avec son propre **cycle de commande de dégivrage**), la **consommation électrique** journalière pour chaque **température ambiante** et chaque **réglage de thermostat** est basée sur la consommation électrique **continue** telle que déterminée conformément à l'Annexe B, l'énergie de **dégivrage et reprise** incrémentielle déterminée conformément à l'Annexe C et l'**intervalle de dégivrage** déterminé conformément à l'Annexe D comme suit:

$$E_{\text{journalière}} = P \times 24 + \frac{\Delta E_{df} \times 24}{\Delta t_{df}} \quad (2)$$

où

$E_{\text{journalière}}$ est l'énergie en Wh sur une période de 24 h

24 correspond à h/d

P est la puissance **continue** en watt pour le **réglage de thermostat** sélectionné selon l'Annexe B.

ΔE_{df} est l'énergie incrémentielle représentative pour le **dégivrage et la reprise** en Wh conformément à l'Annexe C (voir C.5).

Δt_{df} est l'**intervalle de dégivrage** estimé en heures conformément à l'Annexe D.

Lorsqu'il existe des systèmes de dégivrage supplémentaires (chacun avec son propre **cycle de commande de dégivrage**), la valeur du terme basée sur ΔE_{df} et Δt_{df} est également ajoutée dans la Formule (2) pour chaque système de dégivrage supplémentaire.

La température moyenne de chaque **compartiment** pour ce **réglage de thermostat** et cette **consommation d'énergie** est obtenue comme suit:

$$T_{\text{moyenne}} = T_{ss} + \frac{\Delta Th_{df}}{\Delta t_{df}} \quad (3)$$

où

T_{moyenne} est la température moyenne du **compartiment** sur un **cycle de commande de dégivrage** complet.

T_{ss} est la **température continue** moyenne dans le **compartiment** pour le **réglage de thermostat** en ° C conformément à l'Annexe B.

ΔTh_{df} est la différence de température cumulée représentative dans le temps pour le **dégivrage et la reprise** (par rapport à la température **continue**) en degré Kelvin-heure (Kh) pour le **compartiment** correspondant conformément à l'Annexe C (voir l'Article C.5).

Δt_{df} est l'**intervalle de dégivrage** estimé en heures conformément à l'Annexe D.

La valeur de ΔTh_{df} peut être positive (si la température est plus chaude pendant le **dégivrage et la reprise**) ou négative (si elle est plus froide, en raison d'un prérefroidissement et d'une perte de chaleur faible pendant le dégivrage).

Lorsqu'il existe des systèmes de dégivrage supplémentaires (chacun avec son propre **cycle de commande de dégivrage**), la valeur du terme basée sur ΔTh_{df} et Δt_{df} est également ajoutée dans la Formule (3) pour chaque système de dégivrage supplémentaire.

6.8.3 Interpolation

Lorsque l'interpolation est réalisée pour obtenir une meilleure estimation de la **consommation d'énergie** pour une **température ambiante** donnée, les calculs pour chaque température de **compartiment** et **consommation d'énergie** déterminées conformément à 6.8.2 doivent être utilisés comme défini en Annexe E.

6.8.4 Auxiliaires spécifiés

Lorsque l'**appareil de réfrigération** contient des auxiliaires spécifiés, l'augmentation de la **consommation d'énergie** associée à ces auxiliaires est calculée conformément au programme d'exploitation régional local correspondant spécifié et à l'aide des paramètres définis en Annexe F. L'impact de ces auxiliaires est généralement estimé sur une année, on doit ainsi procéder avec prudence lorsqu'on tente de les ajouter aux autres valeurs énergétiques calculées dans cette norme – les valeurs annuelles doivent être déterminées pour les autres valeurs énergétiques avant de pouvoir ajouter ces chiffres.

6.8.5 Consommation d'énergie totale

La **consommation d'énergie** totale d'un appareil peut être estimée à partir des valeurs suivantes:

$E_{\text{journalière16C}}$ à une **température ambiante** de 16 °C

$E_{\text{journalière32C}}$ à une **température ambiante** de 32 °C

La valeur de $E_{\text{journalière}}$ à des **températures ambiantes** de 16 °C et 32 °C peut être calculée par interpolation conformément à l'Annexe E. L'Annexe I fournit quelques exemples de la manière dont ces deux valeurs peuvent être combinées pour fournir une estimation de l'énergie annuelle.

E_{aux} exprimée sous forme de valeur énergétique intégrée sur une année.

NOTE 1 L'essai de fabrication de glaçons est effectué à des **températures ambiantes** de 16 °C et 32 °C, E_{aux} est une fonction régionale de $f\{E_{\text{aux16C}}, E_{\text{aux32C}}\}$.

La **consommation d'énergie** annuelle totale d'un **appareil de réfrigération** peut être obtenue comme suit:

$$E_{\text{totale}} = f\{E_{\text{journalière16C}}, E_{\text{journalière32C}}\} E_{\text{aux}} \quad (4)$$

où

- f est une fonction régionale pour déterminer l'énergie annuelle basée sur l'énergie journalière à 16 °C et 32 °C. Cette fonction n'est pas définie dans cette Norme et peut varier par région. Voir l'Annexe I pour des exemples.

NOTE 2 L'énergie associée au traitement de la charge provenant des interactions utilisateur n'est pas incluse dans ces calculs. Voir l'Annexe G pour les mesures et calculs énergétiques associés.

7 Dispositifs de contournement

Un dispositif de contournement est un dispositif de commande, logiciel, composant ou pièce qui altère les caractéristiques de réfrigération pendant toute procédure d'essai, entraînant des mesures qui ne sont pas représentatives des caractéristiques réelles de l'appareil qui peuvent se produire pendant l'**utilisation normale** dans des conditions comparables. En général, les dispositifs de contournement économisent de l'énergie pendant l'essai énergétique mais pas pendant l'**utilisation normale**. Des exemples de contournement peuvent inclure, sans

limitation, tout écart par rapport au fonctionnement normal lorsque l'appareil est soumis à des essais, et inclut les dispositifs qui

- a) altèrent les températures de consigne de **compartiment** pendant l'essai; ou
- b) activent ou désactivent les chauffages ou autres dispositifs consommateurs d'énergie pendant l'essai; ou
- c) affectent le temps de cycle du compresseur ou autres paramètres de fonctionnement pendant l'essai; ou
- d) affectent l'**intervalle de dégivrage**.

Les dispositifs qui fonctionnent sur une plage limitée de conditions et qui sont:

- nécessaires pour le maintien de températures satisfaisantes de conservation des aliments dans les **compartiments** (ex.: chauffages de compensation de température dans les **compartiments de denrées fraîches** qui fonctionnent à des conditions ambiantes faibles); ou
- destinés à réduire la **consommation d'énergie** pendant l'**utilisation normale**

généralement pas traités comme dispositifs de contournement où la base légitime pour leur exploitation pendant l'**utilisation normale** et dans la procédure d'essais pour la **consommation d'énergie** est déclarée et peut être démontrée par le fournisseur.

Lorsque le fonctionnement d'un dispositif de contournement est suspecté, il convient qu'un laboratoire soumette l'appareil à des mesures comme les ouvertures de portes ou autres actions appropriées en vue d'essayer de détecter la présence et le fonctionnement de ces dispositifs. Les détails d'une telle action et leurs effets doivent être inclus dans le rapport d'essai. Lorsqu'un dispositif de contournement est suspecté ou détecté pendant les essais, un laboratoire doit notifier ces informations au client.

Les dispositifs de contournement, si présents, peuvent être soumis aux réglementations et exigences régionales. Ces dispositifs peuvent être interdits dans certaines juridictions. D'autres juridictions peuvent exiger que le dispositif de contournement pour les essais d'énergie soit neutralisé ou que le produit soit soumis à essai de manière à obtenir une évaluation de l'impact énergétique du fonctionnement du dispositif de contournement. Toute **consommation d'énergie** supplémentaire associée au dispositif de contournement peut être ajoutée à la **consommation d'énergie** mesurée et il peut y avoir des facteurs de pénalité associés à l'énergie supplémentaire associée au dispositif de contournement.

8 Incertitude de mesure

Pour toutes les mesures d'énergie, il convient de déterminer et d'indiquer l'incertitude de mesure de la valeur mesurée avec le résultat mesuré.

Lorsque des critères de validité moins stricts ont été appliqués pour obtenir un résultat approximatif dans un délai plus court, l'augmentation de l'incertitude qui en résulte doit être prise en compte dans une déclaration d'incertitude.

Il convient que les essais de vérification prennent en considération l'incertitude de mesure lors de l'évaluation du résultat énergétique par rapport aux critères de validité correspondants.

NOTE Le calcul de l'incertitude de mesure n'est pas spécifié dans cette norme. D'autres lignes directrices sur cette publication peuvent être obtenues de l'ISO/IEC Guide 98-3:2008, *Incertitude de mesure – Partie 3: Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM:1995)*

9 Rapport d'essai

Il convient d'établir un rapport d'essai qui inclut toutes les informations correspondantes listées dans l'IEC 62552-1:2015 Annexe F pour les essais effectués conformément à cette norme.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62552-3:2015

Annexe A (normative)

Paramétrage pour les essais d'énergie

A.1 Généralités

A des fins de détermination de l'énergie conformément à cette norme, l'**appareil de réfrigération** doit être paramétré comme spécifié ci-après.

L'**appareil de réfrigération** doit être installé dans une salle d'essai et avec les instruments comme spécifié dans l'IEC 62552-1:2015, Annexe A.

L'**appareil de réfrigération** doit être préparé et paramétré conformément aux exigences de l'IEC 62552-1:2015, Annexe B.

L'**appareil de réfrigération** doit avoir des capteurs de température d'air installés aux endroits indiqués dans l'IEC 62552-1:2015, Annexe D. La détermination de la température de l'air du **compartiment** pendant les essais d'énergie doit être comme spécifié dans l'IEC 62552-1:2015, Annexe D.

A.2 Exigences supplémentaires en matière de paramétrage pour les essais d'énergie

A.2.1 Bacs à glaçons

Les **bacs à glaçons** avec une position dédiée, comme spécifié dans les instructions, doivent rester en place mais doivent être vides pour les essais d'énergie (sauf comme spécifié en Annexe G).

A.2.2 Commandes réglables par l'utilisateur

Les **thermostats réglables par l'utilisateur** qui ne sont pas utilisés pour les interpolations d'énergie conformément à l'Annexe E doivent être placés dans une seule position qui satisfait aux exigences de température du **compartiment** correspondant comme défini dans l'Article 5 (**températures cibles**), pour tous les cycles d'essai. Lorsque l'interpolation entre les résultats de deux cycles d'essai ou plus doit être réalisée conformément à l'Annexe E, les seuls réglages à modifier entre les cycles d'essai doivent être les **thermostats réglables par l'utilisateur** correspondants utilisés pour interpolation. La position de l'ensemble des déflecteurs et **thermostats réglables par l'utilisateur** non utilisés pour l'interpolation doit être consignée dans le rapport d'essai.

Lorsqu'un **compartiment de stockage du vin** comprend des options de réglage pour une température uniforme et de multiples zones de température, le réglage de la température uniforme doit être sélectionné pour les essais.

A.2.3 Température ambiante

Pour la détermination de la **consommation d'énergie**, les températures ambiantes d'essai nominales sont de 16 °C et 32 °C. Les exigences de fonctionnement pour les **températures ambiantes** de la salle d'essai sont spécifiées dans l'IEC 62552-1.

A.2.4 Accessoires et étagères

Les accessoires, bacs mobiles, récipients ou conteneurs qui n'ont pas de position dédiée ou de fonction essentielle pendant l'**utilisation normale**, comme spécifié dans les instructions, doivent être retirés.

Les dispositifs d'entreposage thermique (par exemple, blocs réfrigérants ou équivalents) qui peuvent être retirés sans outils doivent être retirés pour tous les essais, quelles que soient les instructions.

A.2.5 Chauffages anticondensation

Les chauffages anticondensation qui sont allumés en permanence pendant l'**utilisation normale** doivent être soumis à essai avec le ou les chauffages fonctionnant pendant tous les essais d'énergie.

Les chauffages anticondensation qui peuvent être allumés ou éteints par l'utilisateur doivent être soumis à essai avec les réglages "marche" et "arrêt".

Les chauffages anticondensation qui ont un certain nombre de réglages possibles qui peuvent être sélectionnés par l'utilisateur doivent être soumis à essai aux réglages d'"énergie maximale" et d'"énergie minimale".

Un nombre suffisant de données doivent être collectées de manière à ce que la consommation électrique supplémentaire associée aux chauffages anticondensation à chaque réglage spécifié puisse être estimée avec le ou les **compartiments** fonctionnant à une ou des températures similaires. La puissance supplémentaire consommée par l'**appareil de réfrigération** lorsque les chauffages anticondensation fonctionnent à chaque **température ambiante**, doit être déterminée. Les valeurs d'essai d'énergie doivent être consignées séparément pour chaque réglage spécifié.

NOTE Un certain nombre d'approches possibles peuvent être utilisées pour déterminer l'impact incrémentiel des chauffages anticondensation commandés manuellement comme défini en Annexe F (par exemple, mesurer l'énergie sans chauffages puis ajouter l'énergie calculée, mesurer l'énergie avec chauffages puis soustraire l'énergie réelle avant d'ajouter l'énergie calculée). En cas de doutes concernant la méthode la plus expéditive, il convient de déterminer l'énergie optimale conformément à l'Annexe B (à l'aide de l'interpolation si nécessaire) avec et sans chauffages anticondensation en service pour déterminer cette valeur (en notant que leur fonctionnement peut avoir un léger impact sur les températures de **compartiment**).

Les chauffages anticondensation qui sont automatiquement commandés et varient en fonction des conditions ambiantes (par exemple, température et/ou humidité) sont classés comme auxiliaires spécifiés et doivent être soumis à essai conformément à l'Annexe F.

Les chauffages anticondensation qui sont automatiquement commandés et varient en fonction des conditions ambiantes mais qui sont configurés de manière à ce que l'utilisateur puisse sélectionner le niveau sous-jacent ou de base de la puissance de chauffage doivent être soumis à essai au réglage utilisateur maximal et minimal conformément à l'Annexe F (voir F.2.8).

A.2.6 Appareils à glaçons automatiques – bacs d'entreposage

A.2.6.1 Généralités

Lorsqu'un appareil est équipé d'une caractéristique de fabrication de glaçons automatique qui produit, récupère et stocke les glaçons, l'espace occupé par le bac d'entreposage doit être spécialement traité sous forme de **sous-compartiment** séparé à des fins d'essais d'énergie.

Un bac à glaçons automatique doit être déclaré séparément dans "Détails **Compartiment**" dans le rapport d'essai.

Pour tous les essais d'énergie, le mécanisme de distribution de glaçons doit rester fonctionnel, à savoir l'ensemble des goulottes et bouches exigées pour la distribution des glaçons doivent être exempts d'emballages, couvercles ou autres caches qui peuvent être installés pour la livraison ou lorsque l'appareil à glaçons n'est pas utilisé.

Lorsque l'espace d'entreposage occupe un **compartiment** complet, les positions du capteur de température doivent être conformes à l'IEC 62552-1:2015 Annexe D (pas A.2.6.5 de cette partie).

A.2.6.2 Objectif et présentation des essais d'énergie

L'objectif est de garantir que pendant un essai de **consommation d'énergie** de cette norme, l'appareil à glaçons automatique et ses équipements associés se comportent de manière cohérente avec une valeur qui serait obtenue si le système fonctionnait mais ne fabriquait pas de nouveaux glaçons.

Pour atteindre cette condition pendant un essai d'énergie, les appareils à glaçons automatiques doivent fonctionner normalement mais ne doivent pas fabriquer de nouveaux glaçons (mais il convient qu'ils soient dans un état qui en produirait automatiquement sur demande sans intervention de l'utilisateur si des glaçons étaient retirés). Seuls les dispositifs ou composants directement associés à la fabrication ou récupération de nouveaux glaçons doivent être inactifs pendant l'essai d'énergie. Tous les composants non explicitement associés à la fabrication ou à la récupération de nouveaux glaçons doivent fonctionner normalement pendant l'essai d'énergie et doivent être mis sous tension de manière cohérente avec le cycle de service nécessaire pour exécuter leurs fonctions respectives. Le refroidissement des zones de l'appareil à glaçons doit rester inchangé par rapport aux conditions normales d'entreposage des glaçons.

Hormis pour les essais de vérification comme spécifié dans A.2.6.4, le raccordement à une alimentation en eau peut être omis s'il peut être prouvé que l'absence ou la présence d'un raccordement à une alimentation en eau ne fait aucune différence pour la **consommation d'énergie** mesurée.

A.2.6.3 Configuration du bac d'entreposage

Le bac d'entreposage doit rester en place et être vide pendant tous les essais d'énergie, sauf spécification contraire dans A.2.6.4. Le bac à glaçons automatique doit être considéré comme un **sous-compartiment** et doit être équipé d'un capteur de température comme spécifié dans A.2.6.5.

Toute action entreprise par le laboratoire d'essai (notamment les réglages ou la configuration) pendant l'essai d'énergie pour rendre l'appareil à glaçons automatique opérationnel sans interrompre la fabrication de glaçons en raison d'un bac plein conformément à A.2.6 doit être consignée dans le rapport d'essai.

A.2.6.4 Vérification de la consommation d'énergie avec un appareil à glaçons automatique

A des fins de vérification de la **consommation d'énergie** d'un appareil, il convient de configurer le paramétrage de l'appareil à glaçons automatique conformément au paramétrage spécifié par le fabricant.

Afin de détecter si des dispositifs de contournement non déclarés sont en service pendant un essai d'énergie, quelles que soient les instructions, un laboratoire d'essai peut effectuer les essais, notamment l'essai comme défini ci-après pour évaluer le fonctionnement normal de l'appareil à glaçons automatique et ses commandes associées par rapport aux exigences de l'Article 7 et à l'objectif de A.2.6.2.

Le but de cet essai, si exécuté, est d'évaluer le fonctionnement normal de l'appareil à glaçons automatique par rapport à la configuration utilisée pour les essais d'énergie comme défini dans A.2.6.4. L'appareil à glaçons est relié à une alimentation en eau, la fonction de fabrication de glaçons est activée jusqu'à ce que le bac soit plein et la production de glaçons est automatiquement arrêtée sous son contrôle avant de débiter un essai d'énergie. Pour réduire la durée de l'essai, des glaçons préfabriqués peuvent être utilisés pour remplir partiellement le bac d'entreposage avant le début de l'essai, mais seulement jusqu'à un

niveau qui autorise l'appareil à glaçons à poursuivre la fabrication de glaçons pour remplir le bac.

Le bac à glaçons automatique doit être équipé d'un capteur de température comme spécifié dans A.2.6.5.

Il convient que la température dans le bac d'entreposage reste inférieure à la température de congélation à tous les stades de fonctionnement. A titre de référence, il convient que la **consommation d'énergie** avec le bac d'entreposage plein dans cet article ne dépasse pas de 2 % la **consommation d'énergie** mesurée pendant les essais d'énergie pour des **réglages de thermostat** et des températures internes similaires (ou équivalents) mais avec le bac d'entreposage vide.

A.2.6.5 Position du capteur de température dans les appareils à glaçons automatiques

Un bac à glaçons automatique doit avoir un capteur de température supplémentaire individuel situé à l'endroit indiqué comme suit pour tous les essais d'énergie:

- a) Positionnement vertical: Environ 50 mm au-dessous de la partie supérieure du niveau d'entreposage maximum estimé tout en maintenant au moins 20 mm de distance par rapport à la base du bac.
- b) Positionnement horizontal: Environ 20 mm de distance par rapport à l'axe vertical du côté du bac qui est le plus proche d'une surface externe ou d'un **sous-compartiment** plus chaud (p. ex.: porte, mur, joint ou **sous-compartiment**) ou, lorsque le bac est éloigné de plus de 50 mm d'une surface externe, environ 20 mm de distance par rapport à l'axe vertical du côté le plus grand du bac (à savoir lorsque le bac est entièrement dans le **compartiment**).
- c) Lorsque la position spécifiée dans b) est affectée par un flux d'air direct, il doit, si possible, être déplacé dans une autre position qui est à 20 mm de distance du côté du bac mais à distance d'un flux d'air direct qui est plus froid que le contenu du bac.

Si la position du capteur de température est déplacée de manière à ce qu'il soit éloigné des positions préférentielles spécifiées dans a) et b) ci-dessus, la position du capteur doit être notée dans le rapport d'essai.

NOTE Dans un essai de vérification conformément à A.2.6.4, les glaçons touchent généralement le capteur de température dans le bac d'entreposage. Voir A.2.6.1 concernant le positionnement des capteurs de température dans des **compartiments** séparés qui sont dédiés à l'entreposage des glaçons.

Annexe B (normative)

Détermination de la consommation électrique et de la température continues

B.1 Généralités

La présente Annexe spécifie la méthode utilisée pour déterminer la consommation électrique et la température pour un **appareil de réfrigération** pendant le fonctionnement stable qui est soumis à essai conformément à cette norme.

B.2 Paramétrage pour les essais et la collecte des données

L'objectif est de sélectionner une période de fonctionnement représentative pour déterminer la consommation moyenne et les températures internes moyennes (pour tous les **compartiments** correspondants) pour le **réglage de thermostat** et la **température ambiante** d'essai.

L'**appareil de réfrigération** soumis à essai doit être paramétré et utilisé conformément à l'Annexe A.

Il existe deux cas possibles eu égard à la détermination de la consommation électrique **continue**:

- Le cas SS1 (voir l'Article B.3) s'applique aux produits sans **cycle de commande de dégivrage** et aux produits avec un système de dégivrage (avec son propre **cycle de commande de dégivrage**) où le **cycle de commande de dégivrage** est long et la période d'essai **continue** concernée peut ne pas être délimitée par les **périodes de dégivrage et reprise**. Des critères de validité internes très stricts sont appliqués aux données pour garantir qu'une période de fonctionnement représentative est sélectionnée.
- Le cas SS2 (voir l'Article B.4) s'applique aux produits avec un système de dégivrage (avec son propre **cycle de commande de dégivrage**) où la période d'essai **continue** concernée commence par une période de **dégivrage et reprise** valide. Le cas SS2 doit être utilisé lorsque la stabilité entre les dégivrages ne peut pas être établie à l'aide du cas SS1. Dans le cas SS2, toute la période d'un dégivrage à l'autre est utilisée pour déterminer la consommation électrique **continue** par déduction de l'énergie de **dégivrage et reprise** incrémentielle initiale (voir DF1 en Annexe C). Dans le cas SS2, les **régimes permanents** avant le dégivrage initial et avant le dégivrage suivant sont comparés et ils doivent satisfaire aux critères de stabilité correspondants. Le dégivrage initial doit également satisfaire à l'exigence de validité de DF1 comme spécifié en Annexe C.

B.3 Cas SS1: pas de cycle de commande de dégivrage ou lorsque la stabilité est établie pendant une période entre dégivrages

B.3.1 Approche du cas SS1

Le cas SS1 s'applique à tous les produits sans **cycle de commande de dégivrage**. Il peut également s'appliquer aux produits avec un système de dégivrage (avec son propre **cycle de commande de dégivrage**) où le **cycle de commande de dégivrage** est long et la période d'essai **continue** concernée peut ne pas être délimitée par les **périodes de dégivrage et reprise**. Dans ce cas, aucune **période de dégivrage et reprise** (ou partie de celle-ci) ne doit se produire pendant la période d'essai sélectionnée dans le cas SS1.

Lorsque la consommation électrique **continue** est déterminée dans le cas SS1, une période d'essai **continue**, qui est composée de 3 blocs internes de données d'essai qui sont

adjacents mais qui ne se chevauchent pas, est sélectionnée. Chaque bloc de données d'essai doit contenir un nombre égal (n) de **cycles de régulation de température**. Le nombre minimum de **cycles de régulation de température** par bloc est 1. Une période d'essai est sélectionnée lorsque tous les critères correspondants pour l'écart interne et la courbe de température et de puissance peuvent être établis.

Une taille de bloc de 1 **cycle de régulation de température** a une période d'essai totale de 3 **cycles de régulation de température**, une taille de bloc de 2 **cycles de régulation de température** a une période d'essai de 6 **cycles de régulation de température**, etc. Il convient de considérer avec précaution la définition d'un **cycle de régulation de température** dans l'IEC 62552-1:2015. Il convient généralement que pour des systèmes de réfrigération plus complexes, d'autres **cycles de régulation de température** basés sur les maxima de température dans chaque **compartiment** soient examinés en plus des cycles de compresseur (si présent) pour voir celui qui fournit l'estimation la plus stable de la consommation électrique dans le temps. La sélection du **cycle de régulation de température** le plus stable peut réduire la période d'essai exigée pour obtenir un résultat valide.

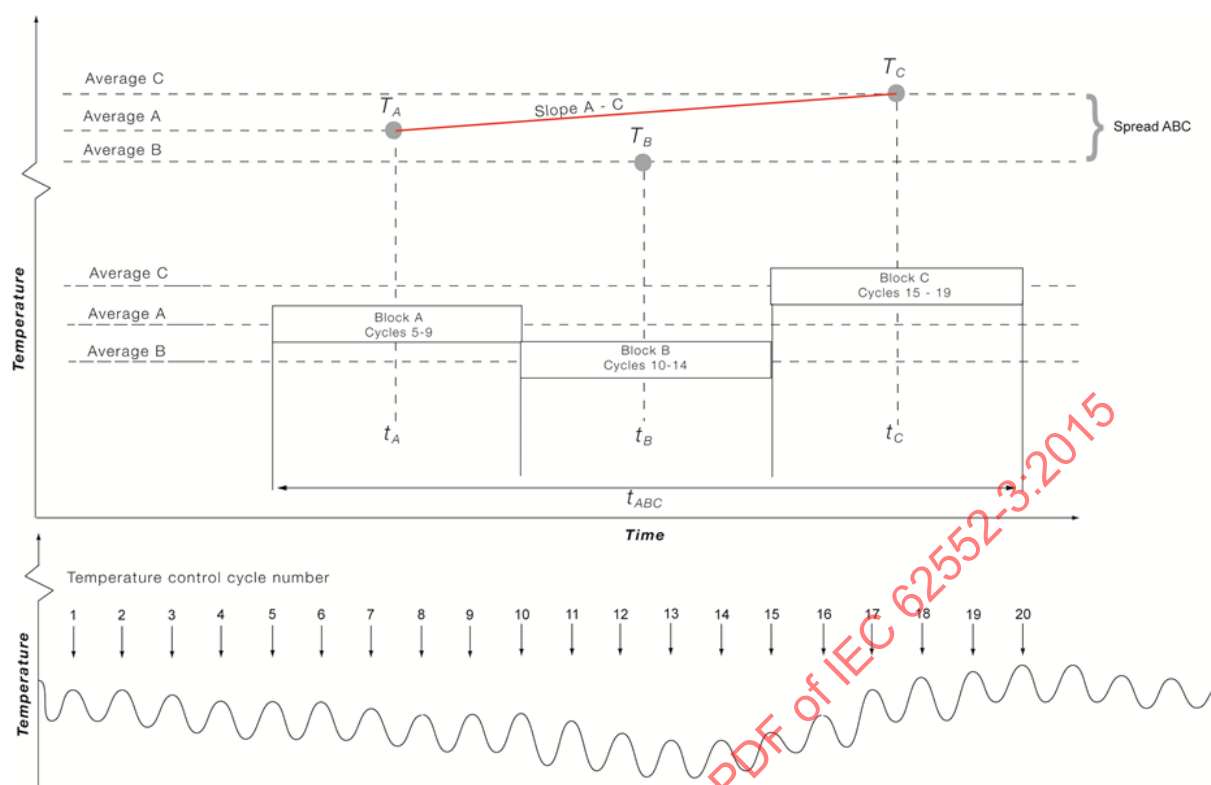
Lorsqu'il n'y a pas de variation notable de température ou de consommation électrique dans le temps, une période d'essai qui est composée de 3 blocs internes de données d'essai est sélectionnée. Chaque bloc de données d'essai doit être de même longueur, adjacent et pas inférieur à une durée de 4 h.

En alternative à l'utilisation de **cycles de régulation de température**, des périodes de longueur fixe peuvent être utilisées (appelées intervalles de temps fixes) pour composer chaque bloc.

Une période d'essai doit être composée de 3 blocs de données appelés A, B et C.

NOTE Il n'y a pas de nombre maximum de **cycles de régulation de température** par bloc, mais une valeur de 10 est considérée comme inhabituellement longue.

Un exemple de période d'essai composée de blocs de 5 **cycles de régulation de température** est illustré dans la Figure B.1.

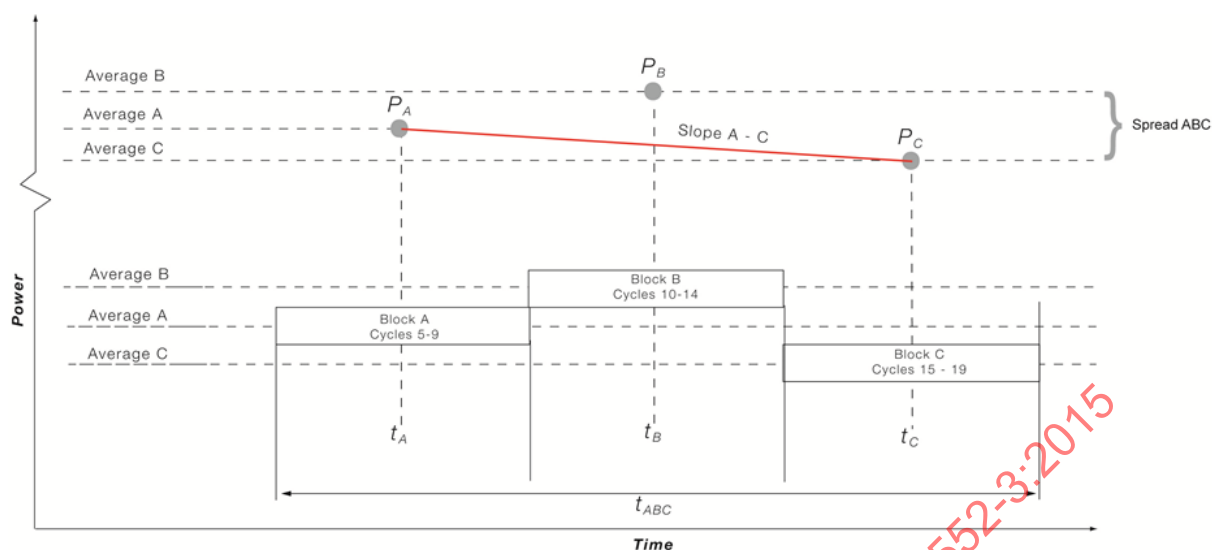


IEC

Légende

Anglais	Français
Average C	Moyenne C
Average A	Moyenne A
Average B	Moyenne B
Temperature	Température
Time	Durée
Slope A – C	Courbe A – C
Spread ABC	Ecart ABC
Block A Cycles 5-9	Bloc A Cycles 5-9
Block B Cycles 10-14	Bloc B Cycles 10-14
Block C Cycles 15-19	Bloc C Cycles 15-19
Time	Durée
Temperature control cycle number	Nombre de cycles de régulation de température

Figure B.1 – Illustration d'une période d'essai composée de blocs de 5 cycles de régulation de température – températures pour le cas SS1



IEC

Légende

Anglais	Français
Average B	Moyenne B
Average A	Moyenne A
Average C	Moyenne C
Power	Puissance
Time	Durée
Slope A – C	Courbe A – C
Spread ABC	Ecart ABC
Block A Cycles 5-9	Bloc A Cycles 5-9
Block B Cycles 10-14	Bloc B Cycles 10-14
Block C Cycles 15-19	Bloc C Cycles 15-19

Figure B.2 – Illustration d'une période d'essai composée de blocs de 5 cycles de régulation de température – consommation électrique pour le cas SS1

Pour chaque bloc de données (A, B et C), calculer la consommation électrique moyenne et la température moyenne dans chaque **compartiment** correspondant.

Calculer les caractéristiques suivantes au cours de l'essai des blocs A, B et C:

- Ecart de température pour chaque **compartiment**: calculé comme la différence entre la température moyenne du bloc le plus chaud (A, B ou C) et la température moyenne du bloc le plus froid (A, B ou C). Toutes les différences de température (écart) sont en K. Se référer à l'Equation (5).
- Courbe des températures du bloc A au bloc C: calculée comme [la valeur absolue de la différence entre la température moyenne du bloc A et la température moyenne du bloc C] divisée par la [durée de l'essai au milieu du bloc C moins la durée de l'essai au milieu du bloc A]. Toutes les courbes de température sont en K/h. Se référer à l'Equation (6).
- Ecart de puissance (watt): calculé comme la différence entre la puissance moyenne du bloc à la puissance la plus élevée (A, B ou C) et la puissance moyenne du bloc à la puissance la plus faible (A, B ou C) divisé par [la puissance moyenne pendant toute la période d'essai (A, B et C)], exprimée en pourcentage. Se référer à l'Equation (7).

- Courbe de puissance du bloc A au bloc C: calculée comme [la valeur absolue de la différence entre la puissance moyenne du bloc C et la puissance moyenne du bloc A] divisée par la [durée de l'essai au milieu du bloc C moins la durée de l'essai au milieu du bloc A] et divisée par [la puissance moyenne pendant toute la période d'essai (A, B et C)]. Toutes les courbes de puissance sont exprimées en pourcentage par heure (%/h). Se référer à l'Equation (8).

$$\text{Ecart de température} = T_{\max(A,B,C)} - T_{\min(A,B,C)} \text{ (K)} \quad (5)$$

$$\text{Courbe de température} = \frac{ABS[T_C - T_A]}{[t_C - t_A]} \text{ (K/h)} \quad (6)$$

$$\text{Ecart de puissance} = \frac{P_{\max(A,B,C)} - P_{\min(A,B,C)}}{P_{av(A,B,C)}} \text{ (%) } \quad (7)$$

$$\text{Courbe de puissance} = \frac{ABS[P_C - P_A]}{[t_C - t_A] \times P_{av(A,B,C)}} \text{ (%/h)} \quad (8)$$

Où pour chaque bloc A, B et C:

T est la température

t est la durée de l'essai (le centre du bloc)

P est la puissance

% est le résultat du quotient (exprimé en pourcentage, où 1,0 = 100 %)

B.3.2 Cas SS1 – critères d'acceptation

A partir des caractéristiques calculées dans B.3.1, évaluer la validité de l'ensemble de la période d'essai (composée de 3 blocs, chacun composé de n **cycles de régulation de température**). La période d'essai doit être valide si tous les critères suivants sont remplis:

- La période d'essai totale t_{ABC} (somme de longueur des blocs A, B et C) n'est pas inférieure à 6 h lorsqu'il y a des **cycles de régulation de température** et n'est pas inférieure à 12 h lorsqu'il n'y a pas de **cycles de régulation de température** (ou lorsque des intervalles de temps fixes sont utilisés);
- L'écart de température (à travers les blocs A, B, C) est inférieur à 0,25 K pour chaque **compartiment**;
- La courbe de température (du bloc A au bloc C) est inférieure à 0,025 K/h pour chaque **compartiment**;
- L'écart de puissance (à travers les blocs A, B, C) lorsque des **cycles de régulation de température** sont présents, est inférieur à: pendant une période d'essai totale t_{ABC} de 12 h ou moins, un écart de maximum 1 %; pour une période d'essai totale t_{ABC} entre 12 h et 36 h, un écart de maximum 1 % $(t_{ABC} - 12) / 1\,200$; pour une période d'essai totale t_{ABC} de 36 h ou plus, un écart de maximum 3 %;
- L'écart de puissance (à travers les blocs A, B, C) lorsqu'aucun **cycles de régulation de température** n'est présent ou lorsque des intervalles fixes sont sélectionnés, est inférieur à 1 %, quelle que soit la période d'essai totale;
- La courbe de puissance (du bloc A au bloc C) est inférieure à 0,25 %/h;
- Lorsque des **cycles de régulation de température** sont présents, les deux périodes d'essai comparables qui démarrent un ou deux **cycles de régulation de température** plus tôt que la période sélectionnée, satisfont également à tous les critères ci-dessus (la période d'essai sélectionnée est ainsi la troisième période possible qui satisfait à tous les autres critères de validité);

- Lorsqu'aucun **cycle de régulation de température** n'est présent (ou lorsque des intervalles fixes sont utilisés), les deux périodes d'essai comparables qui démarrent une ou deux heures plus tôt que la période sélectionnée, satisfont également à tous les critères ci-dessus.

L'exigence relative à la période d'essai de rester valide au cours de 3 **cycles de régulation de température** consécutifs garantit que la conformité avec tous les critères de la période sélectionnée n'est pas un hasard ou une occurrence aléatoire. Dans l'exemple illustré dans la Figure B.1, si la période d'essai démarrant au **cycle de régulation de température** 5 et terminant au **cycle de régulation de température** 20 était la première période à satisfaire aux critères ci-dessus 1 à 5, la période d'essai de 6 à 21 et 7 à 22 satisferait également à tous les critères. Dans ce cas, la période d'essai de 7 à 22 est la première période d'essai valide.

NOTE 1 Tous les critères ci-dessus ont été développés sur la base d'essais approfondis et de l'examen de données de plus de 100 **appareils de réfrigération**.

Les **réglages de thermostat** doivent rester inchangés pendant toute la période d'essai utilisée pour déterminer la valeur de SS1 (blocs A, B et C).

Lorsqu'il y a plus de deux **compartiments**, une évaluation de la stabilité de la température comme défini ci-dessus est exigée pour:

- Le **compartiment non congelé** le plus grand et le **compartiment congelé** le plus grand (si applicable), ou
- Les deux plus grands **compartiments** (lorsque tous les **compartiments** sont **congelés** ou **non congelés**).

De plus, la stabilité de la température doit être atteinte comme spécifié ci-dessus pour tous les **compartiments** qui sont utilisés pour l'interpolation de la **consommation d'énergie** conformément à l'Annexe E.

S'il ne peut être satisfait aux critères ci-dessus, la taille de n est augmentée (et par conséquent la longueur de la période d'essai est augmentée) et/ou davantage de données d'essai sont collectées jusqu'à ce qu'il puisse être satisfait simultanément à tous les critères.

L'approche recommandée pendant la collecte des données d'essai consiste à rechercher en continu (vers l'arrière) toutes les données collectées à ce moment pour évaluer toutes les périodes d'essai possibles pour toutes les tailles de blocs possibles (n) afin d'établir le point le plus tôt possible dans les données d'essai qui peut satisfaire aux critères de validité ci-dessus. Bien qu'il ne convienne généralement pas d'inclure les données d'un démarrage à chaud (tirage lors de la mise sous tension initiale) dans ces évaluations, il convient que ces critères garantissent que tout tirage avant l'établissement d'un fonctionnement stable est automatiquement exclu d'une période d'essai valide.

Lorsqu'il existe un certain nombre de périodes d'essai valides qui satisfont aux critères ci-dessus, il convient de sélectionner la période d'essai avec l'écart minimal de puissance à partir des données d'essai disponibles.

Lorsqu'il ne peut pas être satisfait aux critères d'écart de puissance en étendant la période d'essai totale (avec ou sans **cycle de régulation de température**), un résultat valide peut être obtenu à l'aide de 3 blocs de données avec chaque bloc de plus de 36 h de long (période d'essai totale pas inférieure à 108 h).

NOTE 2 Un exemple étudié pour sélectionner les caractéristiques de période d'essai optimales est inclus en Annexe I.

B.3.3 Cas SS1 – calcul des valeurs

Lorsqu'une période d'essai, composée de blocs A, B et C, satisfait aux critères d'acceptation correspondants dans B.3.2, la température T_i pour chaque **compartiment** i et la puissance moyenne P_{SS1} sont alors déterminées comme la moyenne de toutes les valeurs mesurées incluses dans la période d'essai couverte par les blocs A, B et C.

La puissance **continue** utilisée pour les calculs d'énergie ultérieurs P_{SS} est déterminée en modifiant la valeur de P_{SS1} à l'aide de la Formule (15) dans l'Article B.5 où la **température ambiante** mesurée n'est pas égale à la **température ambiante** nominale pendant l'essai.

La durée totale de l'essai pour les blocs A, B et C doit être consignée.

Le temps de fonctionnement **continu** du compresseur CRt_{SS} est calculé sous forme de pourcentage de temps pendant lequel le compresseur est en marche pendant la durée totale de tous les **cycles de régulation de température** dans les blocs A, B et C.

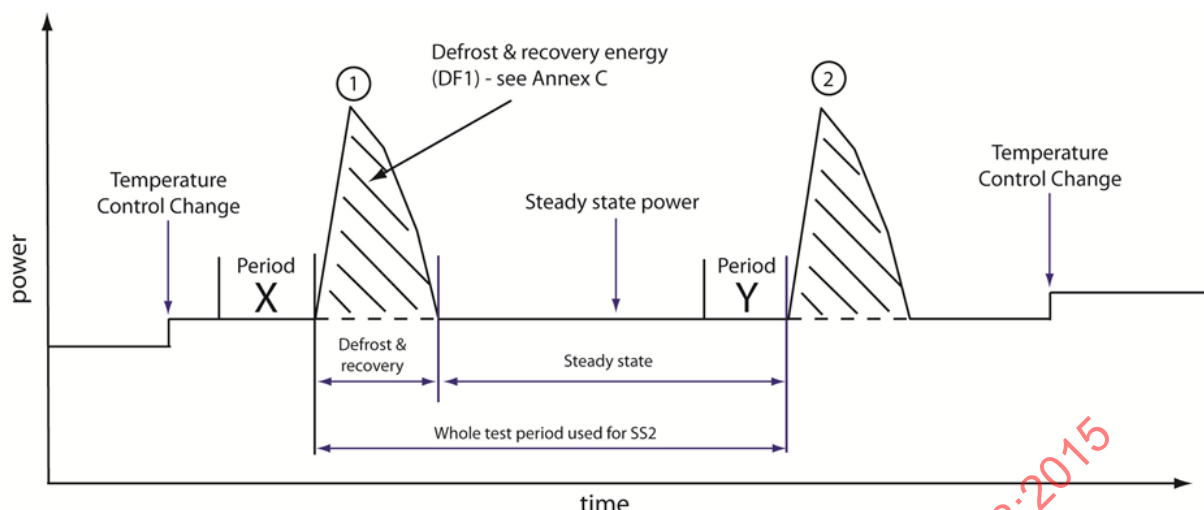
B.4 Cas SS2: régime permanent déterminé entre les dégivrages

B.4.1 Cas SS2 – approche

Le cas SS2 s'applique aux produits avec un ou plusieurs systèmes de dégivrage (chacun avec son propre **cycle de commande dégivrage**) où la période d'essai **continue** concernée est délimitée par des périodes de **dégivrage et reprise**. Lorsqu'il peut être utilisé pour tous les produits avec un ou plusieurs systèmes de dégivrage, le cas SS2 doit être utilisé si la stabilité ne peut pas être établie à l'aide du cas SS1.

Pour les produits avec de longs **intervalles de dégivrage**, l'utilisation du cas SS1 peut considérablement réduire la durée de l'essai exigée.

Le cas SS2 utilise toutes les données entre le démarrage de deux **périodes de dégivrage et reprise** pour calculer la puissance **continue** (voir Formule (12)). Les contrôles sont effectués pour comparer les caractéristiques de **régime permanent** avant chaque **période de dégivrage et reprise** (périodes X et Y dans la Figure B.3) pour garantir qu'il est satisfait aux exigences de stabilité correspondantes avant d'effectuer une autre analyse. La **période de dégivrage et reprise** initiale dans la période d'essai SS2 doit satisfaire aux exigences de validité de l'Annexe C et l'énergie incrémentielle associée à cette **période de dégivrage et reprise** doit être déterminée conformément à l'Annexe C (DF1) pour déterminer la valeur de P_{SS2} (qui est la période d'essai totale moins la valeur de DF1).



IEC

Légende	
Anglais	Français
power	puissance
time	durée
Temperature Control Change	Changement de régulation de température
Period X	Période X
Defrost & recovery energy (DF1) – see Annex C	Energie de dégivrage & reprise (DF1) – voir Annexe C
Steady state power	Puissance continue
Defrost & recovery	Dégivrage & reprise
Steady state	Régime permanent
Whole test period used for SS2	Période d'essai totale utilisée pour SS2
Period Y	Période Y
Temperature Control Change	Changement de régulation de température

Figure B.3 – Cas SS2 – Fonctionnement type d'un appareil de réfrigération avec un cycle de commande de dégivrage

Une période de **régime permanent** (appelée Période X), terminant au début d'une **période de dégivrage et reprise** et composée de minimum 4 **cycles de régulation de température** complets (si des **cycles de régulation de température** sont présents) et de minimum 4 h, est sélectionnée. Une période de **régime permanent** (appelée Période Y), terminant au début de la **période de dégivrage et reprise** suivante et composée de minimum 4 **cycles de régulation de température** complets (si des **cycles de régulation de température** sont présents) et de minimum 4 h, est sélectionnée. Les périodes X et Y doivent toujours être composées du même nombre de **cycles de régulation de température** (si des **cycles de régulation de température** sont présents) et il convient qu'elles soient approximativement de même durée. Les périodes X et Y doivent être exactement de même durée si aucun **cycle de régulation de température** n'est présent.

Lorsqu'aucune **période de dégivrage et reprise** ultérieure n'a été initiée dans un délai de 48 h, la période Y peut être sélectionnée en un point pendant le **régime permanent** où le temps écoulé entre la fin de la période X et la fin de la période Y dépasse 48 h mais où la période Y n'est pas adjacente à une **période de dégivrage et reprise** ultérieure. Lorsque la période Y est sélectionnée de cette manière, ceci doit être noté dans le rapport d'essai.

La température dans chaque **compartiment** et la puissance pour la période X sont alors comparées avec la température dans chaque **compartiment** et la puissance pour la période Y.

Calculer les caractéristiques suivantes dans les périodes X et Y:

- **Ecart de température pour chaque compartiment:** calculé comme la différence entre la température moyenne de la période la plus chaude (X ou Y) moins la température moyenne de la période la plus froide (X ou Y). Toutes les différences de température (écart) sont en degrés K. Se référer à l'Equation (9).

- Ecart de puissance: calculé comme la différence entre la puissance moyenne de la période à la puissance la plus élevée (X ou Y) moins la puissance moyenne de la période à la puissance la plus faible (X ou Y) divisé par la puissance moyenne des périodes X et Y. L'écart de puissance est exprimé sous forme de pourcentage et d'écart absolu (W). Se référer aux Equations (10) et (11).

$$\text{Ecart de température} = T_{\max(X,Y)} - T_{\min(X,Y)} \text{ (K)} \quad (9)$$

$$\text{Ecart de puissance} = \frac{P_{\max(X,Y)} - P_{\min(X,Y)}}{P_{av(X,Y)}} \text{ (\%)} \quad (10)$$

$$\text{Ecart de puissance} = P_{\max(X,Y)} - P_{\min(X,Y)} \text{ (W)} \quad (11)$$

Où pour chaque période X et Y:

T est la température

P est la puissance en W

% est le résultat du quotient (exprimé en pourcentage, où 1,0 = 100 %)

B.4.2 Cas SS2 – critères d'acceptation

Pour la période sélectionnée pour la détermination de P_{SS2} , puissance **continue** valide, il doit être satisfait aux critères suivants:

- Les périodes X et Y doivent être composées de minimum 4 **cycles de régulation de température** complets (si des **cycles de régulation de température** sont présents) et doivent avoir le même nombre de **cycles de régulation de température**. Si aucun **cycle de régulation de température** n'est présent (ou si des intervalles de temps fixes sont utilisés), X & Y doivent être de même durée.
- Les périodes X et Y ne doivent pas faire moins de 4 h.
- Le rapport entre la longueur totale de la période X (en heures) et la longueur totale de la période Y (en heures) doit être compris entre 0,8 et 1,25 si des **cycles de régulation de température** sont présents.
- L'écart de température des deux périodes sélectionnées X et Y doit être inférieur à 0,5 K pour chaque **compartiment**;
- L'écart de puissance des deux périodes X et Y sélectionnées doit être inférieur à 2 % ou à 1 W, selon la valeur la plus élevée.
- La **période de dégivrage et reprise** initiale qui est incluse dans la période SS2 doit être qualifiée comme **période de dégivrage et reprise** valide conformément à l'Annexe C.
- La valeur de ΔE_{df} pour la **période de dégivrage et reprise** initiale qui est incluse dans la période SS2 doit être déterminée conformément à l'Annexe C.

Le **réglage de thermostat** doit rester inchangé pendant toute la période d'essai utilisée pour déterminer la valeur de SS2, notamment la période utilisée pour déterminer l'énergie de **dégivrage et reprise** incrémentielle (ΔE_{df} pour DF1) spécifiée en Annexe C (notamment toutes les périodes X et Y).

Lorsque les périodes X et Y initialement sélectionnées ne satisfont pas aux critères d'acceptation spécifiés ci-dessus, la durée minimum des périodes X et Y doit être augmentée par incréments de 1 **cycle de régulation de température** (par incréments de 1 h s'il n'y a pas de **cycles de régulation de température** ou si des intervalles fixes sont utilisés) pour voir s'il existe des périodes satisfaisantes possibles. Lorsque la taille de X et Y est augmentée, la première valeur valide à l'aide de la séquence spécifiée ci-dessus doit être augmentée. La

durée de X et Y ne doit pas dépasser 50 % de l'intervalle de dégivrage ou 8 h, selon ce qui est le plus long.

Lorsqu'il y a plus de deux **compartiments**, une évaluation de la stabilité de la température comme défini ci-dessus est exigée pour:

- Le **compartiment non congelé** le plus grand et le **compartiment congelé** le plus grand (si applicable), ou
- Les deux plus grands **compartiments** (lorsque tous les **compartiments** sont **congelés** ou **non congelés**).

De plus, la stabilité de la température doit être atteinte comme spécifié ci-dessus pour tous les **compartiments** qui sont utilisés pour l'interpolation de la **consommation d'énergie** conformément à l'Annexe E.

Dans les cas rares où il n'y a pas de **régime permanent** entre les dégivrages, il peut ne pas être possible de confirmer la validité de la **période de dégivrage et reprise** initiale au début de SS2 conformément à l'Annexe C. Une approche alternative permettant de traiter ces cas est indiquée en Annexe K, mais il convient de l'utiliser uniquement si la conformité avec l'Annexe C ne peut jamais normalement être atteinte.

B.4.3 Cas SS2 – calcul des valeurs

Lorsqu'il a été satisfait aux critères d'acceptation dans B.4.2, la détermination de la puissance **continue** et de la température **continue** dans chaque **compartiment** est calculée à partir de la période d'essai totale utilisée pour SS2 (notamment la **période de dégivrage et reprise** initiale) comme défini dans la Formule (12) et la Formule (13) ci-après. Le calcul détermine la **consommation d'énergie** sur l'ensemble du **cycle de commande de dégivrage** et soustrait l'énergie de dégivrage et reprise incrémentielle conformément à l'Annexe C afin de déterminer la consommation électrique **continue** P_{SS2} . De manière similaire, la température de chaque **compartiment** est déterminée sur l'ensemble du **cycle de commande de dégivrage** et la différence de température cumulée pendant la **période de dégivrage et reprise** dans chaque **compartiment** (conformément à l'Annexe C) est soustraite pour déterminer la température **continue** dans chaque **compartiment** T_{SS2-i} .

La puissance moyenne pendant la période **continue** doit être calculée à partir de la période d'essai totale utilisée pour SS2 comme suit:

$$P_{SS2} = \frac{(E_{fin-Y} - E_{fin-X}) - \Delta E_{df}}{(t_{fin-Y} - t_{fin-X})} \quad (12)$$

où

- P_{SS2} est la puissance **continue** pour le **cycle de commande de dégivrage** sélectionné en W
- E_{fin-X} est le relevé d'énergie cumulée à la fin de la période X en Wh
- E_{fin-Y} est le relevé d'énergie cumulée à la fin de la période Y en Wh
- t_{fin-X} est la durée de l'essai à la fin de la période X en h
- t_{fin-Y} est la durée de l'essai à la fin de la période Y en h
- ΔE_{df} est l'énergie de **dégivrage et reprise** incrémentielle en Wh conformément à l'Annexe C pour la **période de dégivrage et reprise** commençant à la fin de la période X.

La durée de la période d'essai utilisée ($t_{fin-Y} - t_{fin-X}$) doit être consignée séparément. Si applicable, on doit noter si la période Y était adjacente à un dégivrage ultérieur.

La puissance **continue** utilisée pour les calculs d'énergie ultérieurs P_{SS} est déterminée en modifiant la valeur de P_{SS2} à l'aide de la formule dans B.5 où la **température ambiante** mesurée n'est pas égale à la **température ambiante** nominale pendant l'essai.

La température moyenne pendant la période **continue** doit être calculée à partir de la période d'essai totale utilisée pour SS2 comme suit:

$$T_{SS2-i} = (T_{av-finX-finY-i}) - \left[\frac{\Delta Th_{df-i}}{(t_{fin-Y} - t_{fin-X})} \right] \quad (13)$$

où

T_{SS2-i}	est la température continue dans le compartiment i qui survient pendant toute la période d'essai utilisée pour SS2 en degrés C
$T_{moy-finX-finY-i}$	est la température moyenne dans le compartiment i au cours de la période allant de la fin de la période X à la fin de la période Y en degrés C
ΔTh_{df-i}	est la différence de température cumulée dans le temps dans chaque compartiment i en Kh comme déterminé conformément à l'Annexe C pour la période de dégivrage et reprise débutant à la fin de la période X
t_{fin-X}	est la durée de l'essai à la fin de la période X en h
t_{fin-Y}	est la durée de l'essai à la fin de la période Y en h

Pour les produits avec une commande de dégivrage en fonction du temps de fonctionnement du compresseur, le temps de fonctionnement **continu** du compresseur CRt_{SS} est calculé comme le pourcentage de temps de marche du compresseur pendant le **cycle de commande de dégivrage** moins la valeur pour Δt_{dr} déterminée en Annexe C, tel que décrit dans l'Equation (14).

$$CRt_{SS2} = \frac{Rt_{fin-Y} - Rt_{fin-X} - \Delta t_{dr}}{(t_{fin-Y} - t_{fin-X})} \quad (14)$$

où

CRt_{SS2}	est le pourcentage moyen de temps de fonctionnement du compresseur qui se produit en régime permanent en %
Rt_{fin-X}	est le temps de fonctionnement total cumulé du compresseur (période de marche) à la fin de la période X en h
Rt_{fin-Y}	est le temps de fonctionnement total cumulé du compresseur (période de marche) à la fin de la période Y en h
Δt_{dr}	est le temps de fonctionnement supplémentaire du compresseur associé à un dégivrage et une reprise en h conformément à l'Annexe C
t_{end-X}	est la durée de l'essai à la fin de la période X en h
t_{end-Y}	est la durée de l'essai à la fin de la période Y en h

On doit veiller à ne pas compter le temps de marche du chauffage de dégivrage comme temps de marche du compresseur dans ces calculs (bien qu'il soit possible que certains compresseurs incluent le fonctionnement du chauffage de dégivrage comme temps de fonctionnement – il convient de vérifier chaque produit pour voir comment il est configuré).

B.5 Correction de la puissance continue

La puissance **continue** utilisée pour les calculs d'énergie suivants P_{ss} est basée sur la puissance **continue** mesurée (B.3 ou B.4 si applicable) après ajustement à l'aide de la

Formule (15) ci-après. Cet ajustement tient compte de la différence entre la **température ambiante** mesurée pendant l'essai et la température d'essai ambiante nominale.

$$P_{SS} = P_{SSM} \times \left(1 + [T_{at} - T_{am}] \times \frac{\sum_{i=1}^n \left[\frac{V_i}{(c_1 \times (18 + T_{it}) + c_2)} \right]}{\sum_{i=1}^n \left[\frac{V_i \times (T_{am} - T_{im})}{(c_1 \times (18 + T_{it}) + c_2)} \right]} \right) \times \frac{1}{[1 + (T_{at} - T_{am}) \times \Delta COP]} \quad (15)$$

où

P_{SSM} est la puissance **continue** mesurée pour la période en W comme spécifié dans B.3 (P_{SS1}) ou B.4 (P_{SS2}) si applicable

T_{at} est la **température ambiante cible dans la salle d'essai**

T_{am} est la **température ambiante** mesurée dans la salle d'essai pendant la période d'essai

V_i est le **volume assigné** du **compartiment** i (pour les **compartiments** 1 à n)

T_{im} est la température mesurée dans le **compartiment** i à n pendant la période d'essai

T_{it} est la **température cible** pour la **consommation d'énergie** dans le **compartiment** i à n (voir Tableau 1)

c_1 est une constante indiquée sous forme de 0,011 364

c_2 est une constante indiquée sous forme de 1,25

ΔCOP est l'ajustement indiqué dans le Tableau B.1 pour le type de produit et la condition de l'essai.

Toutes les températures sont en degrés Celsius (°C).

Tableau B.1 – Ajustement ΔCOP supposé

Type de produit	Ajustement ΔCOP à 16 °C	Ajustement ΔCOP à 32 °C
Deux compartiments ou plus	0,000 par augmentation K	–0,014 par augmentation K
Un compartiment	–0,004 par augmentation K	–0,019 par augmentation K

Cette formule ne s'applique pas aux corrections qui sont à l'extérieur de la plage de température d'essai autorisée spécifiée dans l'IEC 62552-1:2015 (valeur nominale: $\pm 0,5$ K). Cette correction est uniquement appliquée à la puissance **continue**. Aucune correction n'est appliquée aux températures mesurées ou aux calculs de **dégivrage et reprise** en Annexe C. Les valeurs de **volume** qui sont utilisées dans l'équation de correction sont les valeurs **assignées** conformément à la présente Norme comme spécifié dans les instructions ou autres ouvrages de référence relatifs aux produits. De plus amples informations sur la dérivation de cette équation figurent en Annexe L.

Annexe C (normative)

Energie de dégivrage et de reprise et variation de température

C.1 Généralités

La présente Annexe spécifie la méthode utilisée pour déterminer l'énergie supplémentaire associée aux **périodes de dégivrage et reprise** qui se produisent dans les **appareils de réfrigération** avec un ou plusieurs **cycles de commande de dégivrage**. Elle spécifie également la détermination de la variation de température par **compartiment** qui est associée à ces **périodes de dégivrage et reprise**. Normalement, les données d'essai pour ces calculs sont collectées en tant que partie des essais pour la consommation électrique **continue** en Annexe B. Les **périodes de dégivrage et reprise** individuelles qui se produisent à tout moment pendant le programme d'essais normal peuvent être utilisées tant qu'elles satisfont aux critères de validité correspondants. Lorsqu'il y a plusieurs systèmes de dégivrage (avec son propre **cycle de commande de dégivrage**), les caractéristiques de chacun doivent être déterminées séparément (ou en combinaison, si approprié).

NOTE Comme les systèmes de **dégivrage cyclique** n'ont pas de **cycle de commande de dégivrage**, l'Annexe C s'applique uniquement aux **compartiments** ou **appareils de réfrigération** avec systèmes de **dégivrage automatique** autres que le **dégivrage cyclique**.

C.2 Paramétrage pour les essais et la collecte des données

L'objectif est de mesurer et sélectionner un certain nombre de **périodes de dégivrage et reprise** représentatives pour déterminer une valeur représentative pour l'énergie supplémentaire (incrémentielle) associée au **dégivrage et à la reprise** (supérieure à la consommation **électrique continue**) et à la variation des températures internes moyennes (pour chaque **compartiment** correspondant) associées au **dégivrage et à la reprise** (par rapport à la température **continue**) pour chaque **température ambiante** d'essai.

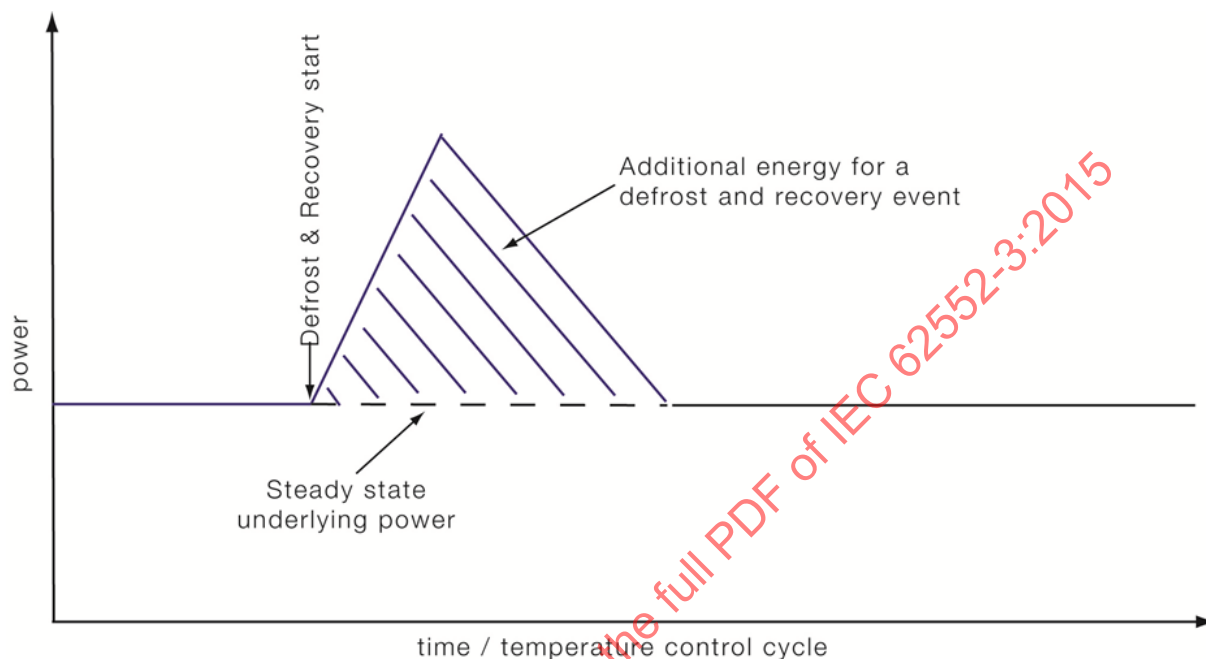
L'**appareil de réfrigération** soumis à essai doit être paramétré et utilisé conformément à l'Annexe A. Lorsque le temps cumulé pendant lequel l'**appareil de réfrigération** soumis à essai a été mis hors tension dépasse 6 h pendant les 24 h qui précèdent l'occurrence d'une **période de dégivrage et reprise**, les données de cette **période de dégivrage et reprise** doivent alors être considérées comme non valides et ne doivent pas être utilisées pour déterminer les valeurs représentatives de l'énergie de **dégivrage et de reprise** incrémentielle et de la variation de température conformément à l'Annexe C.

Pour caractériser l'énergie supplémentaire exigée et la variation de température moyenne, pendant une **période de dégivrage et de reprise** (par rapport aux conditions de **régime permanent**) à chaque **température ambiante** d'essai, un nombre donné de **périodes de dégivrage et de reprise** représentatives doit être mesuré. Pour être considérées comme représentatives, la **puissance continue** et la température avant et après la **période de dégivrage et de reprise** doivent satisfaire aux critères de stabilité ou d'acceptation correspondants. Le nombre de **périodes de dégivrage et de reprise** à mesurer à chaque **température ambiante** est indiqué dans cette Annexe. Au minimum une **période de dégivrage et de reprise** est exigée pour chaque point d'essai utilisé pour la détermination de l'énergie pour chaque condition de **température ambiante**. En alternative, au moins quatre **périodes de dégivrage et de reprise** sont exigées et au moins la moitié de toutes les **périodes de dégivrage et de reprise** doivent avoir le **compartiment** le plus froid à la **température cible** maximum pour chaque **température ambiante**.

De par la conception, l'énergie supplémentaire associée au **dégivrage et à la reprise**, au-dessus de la consommation électrique **continue** sous-jacente, est déterminée comme illustré dans la Figure C.1.

Le principal cas considéré est appelé Cas DF1, où l'**appareil de réfrigération** peut montrer un **régime permanent** avant et après la **période de dégivrage et de reprise**.

Dans des cas rares (appelés DF2), il peut ne pas être possible de montrer de manière fiable le **régime permanent** avant et après la **période de dégivrage et de reprise** pour tout dégivrage. C'est seulement dans ce cas que la méthodologie décrite en Annexe K peut être utilisée.



IEC

Légende

Anglais	Français
power	puissance
time / temperature control cycle	temps / cycle de régulation de température
Defrost & Recovery start	Démarrage dégivrage & reprise
Steady state underlying power	Puissance sous-jacente continue
Additional energy for a defrost and recovery event	Energie supplémentaire pour un évènement de dégivrage et reprise

Figure C.1 – Illustration conceptuelle de l'énergie supplémentaire associée à une période de dégivrage et reprise

C.3 Cas DF1: lorsque le régime permanent peut normalement être établi avant et après les dégivrages

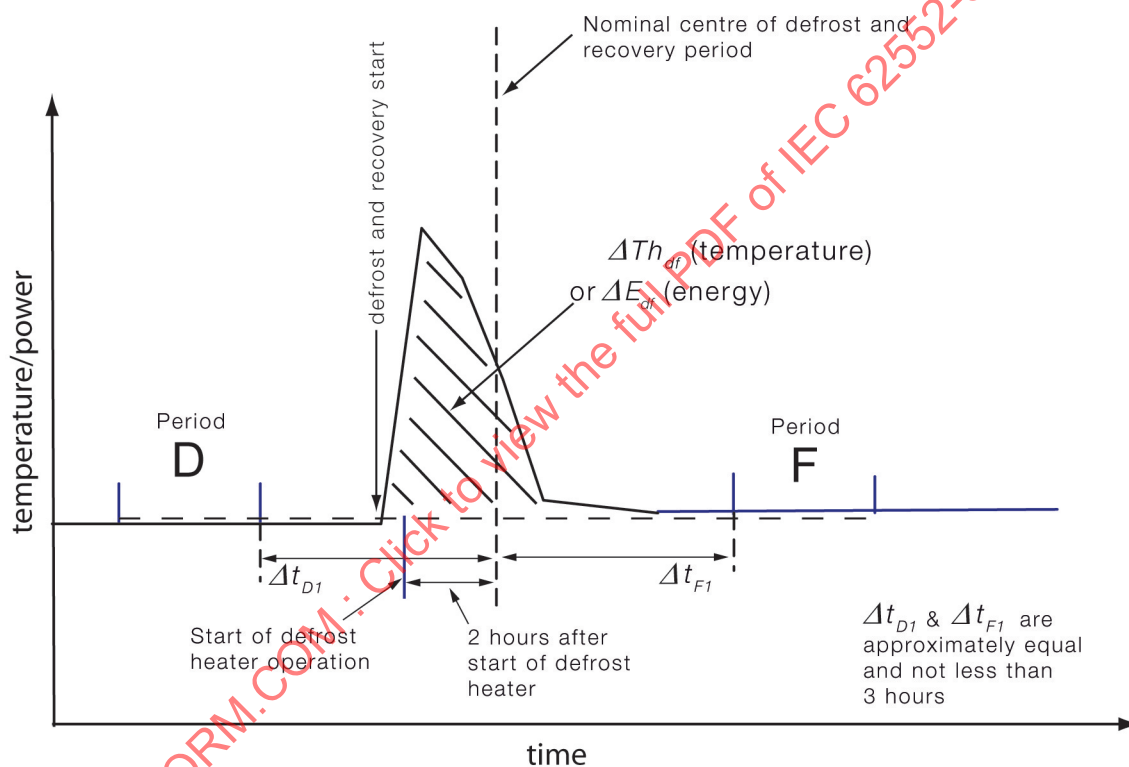
C.3.1 Cas DF1 – approche

Le cas DF1 s'applique lorsque l'**appareil de réfrigération** fonctionne normalement dans une condition de **régime permanent** avant le dégivrage et retourne en **régime permanent** quelque temps après le dégivrage. Effectivement, le **régime permanent** survient de part et d'autre d'une **période de dégivrage et de reprise**. Chaque **période de dégivrage et de reprise** est examinée de manière isolée. Cette approche est utilisée pour tous les types d'**appareils de réfrigération** qui ont un ou plusieurs **compartiments** avec un système de dégivrage (avec son propre **cycle de commande de dégivrage**).

Une période de **régime permanent** (appelée période D), terminant bien avant le début d'une **période de dégivrage et de reprise**, est sélectionnée avec la taille minimale possible qui satisfait aux critères définis dans C.3.2. Une période de **régime permanent** (appelée période F), débutant juste après la fin de la même **période de dégivrage et de reprise**, est sélectionnée avec la taille minimale possible qui satisfait aux critères définis dans C.3.2.

Aux fins d'évaluation de la validité dans C.3.2, le centre nominal de la **période de dégivrage et de reprise** est défini comme étant 2 h après l'initiation du chauffage de dégivrage ou, dans le cas où il n'y a pas de chauffage de dégivrage, après l'interruption du système de réfrigération relatif au **dégivrage automatique**. Ceci est illustré dans la Figure C.2 – l'intervalle de temps Δt_{D1} et l'intervalle de temps Δt_{F1} doivent être à peu près identiques, mais varient selon la durée exacte du **cycle de régulation de température** sélectionnée (si applicable) à la fin de la période D et au début de la période F.

NOTE C.3.2 définit les cas où la longueur des périodes D et F et la durée de Δt_{D1} et Δt_{F1} peuvent être ajustées pour trouver des valeurs satisfaisantes.



IEC

Légende

Anglais	Français
temperature/power	température/puissance
time	durée
Period D	Période D
Start of defrost heater operation	Démarrage du mode chauffage de dégivrage
defrost and recovery start	démarrage dégivrage & reprise
2 hours after start of defrost heater	2 heures après le démarrage du chauffage de dégivrage
Nominal centre of defrost and recovery period	Centre nominal de la période de dégivrage et reprise
ΔTh_{df} (temperature) or ΔE_{df} (energy)	ΔTh_{df} (température) ou ΔE_{df} (énergie)
Period F	Période F

Anglais	Français
Δt_{D1} & Δt_{F1} are approximately equal and not less than 3 hours	Δt_{D1} & Δt_{F1} sont à peu près égaux et supérieurs à 3 heures

Figure C.2 – Cas DF1 avec régime permanent avant et après un dégivrage

La température dans chaque **compartiment** et la puissance pour la période D sont alors comparées avec la température dans chaque **compartiment** et la puissance pour la période F et évaluées conformément à C.3.2.

Il est important de noter que la puissance moyenne de la période D n'est jamais exactement égale à la puissance moyenne de la période F (comme illustré ci-dessus dans la Figure C.2). En espaçant les périodes D et F de manière uniforme autour du centre nominal de la **période de dégivrage et de reprise**, la puissance moyenne des périodes D et F fournit une estimation raisonnable de la puissance **continue** sous-jacente pendant la **période de dégivrage et de reprise**. Cette méthodologie permet d'examiner séparément les **périodes de dégivrage et de reprise** individuelles, ce qui permet d'effectuer les essais de manière plus rapide et plus pratique.

Il doit y avoir des limites de validité strictes sur les différences entre les périodes D et F pour garantir qu'il n'y a pas de modifications importantes de comportement de produit pendant la période d'évaluation (définies dans C.3.2). Ces différences peuvent être dues à un grand nombre de causes, p. ex.: changement de **réglage de température réglable par l'utilisateur** juste avant la période D ou avant la période F, inclusion d'un tirage résiduel (à partir d'un démarrage à chaud), d'une **charge de traitement** résiduelle dans la **période de dégivrage et reprise** (et dans la période D) ou de changements automatiques dans le fonctionnement du produit (p. ex.: changements progressifs de vitesse d'onduleur, changement de mode chauffage, variation de température ou de puissance importante, etc. qui peuvent avoir des valeurs très différentes dans les périodes D et F). Dans tous ces cas, il convient que les critères de validité rejettent correctement le dégivrage sélectionné, de manière à ne pas pouvoir l'utiliser pour les calculs d'énergie. Dans ce cas, les essais doivent continuer jusqu'à ce qu'une autre **période de dégivrage et reprise** soit enregistrée.

Calculer les caractéristiques suivantes dans les périodes D et F:

- Ecart de température pour chaque **compartiment**: calculé comme la différence entre la température moyenne de la période la plus chaude (D ou F) moins la température moyenne de la période la plus froide (D ou F). Toutes les différences de température (écart) sont en degrés K. Se référer à l'Equation (16).
- Ecart de puissance: calculé comme la différence entre la puissance moyenne de la période à la puissance la plus élevée (D ou F) moins la puissance moyenne de la période à la puissance la plus faible (D ou F) divisée par la puissance moyenne des périodes D et F. L'écart de puissance est exprimé sous forme de pourcentage et d'écart absolu (W). Se référer à l'Equation (17) et l'Equation (18).

$$\text{Ecart de température} = T_{\max(D,F)} - T_{\min(D,F)} \text{ (K)} \quad (16)$$

$$\text{Ecart de puissance} = \frac{P_{\max(D,F)} - P_{\min(D,F)}}{P_{av(D,F)}} \text{ (\%)} \quad (17)$$

$$\text{Ecart de puissance} = P_{\max(D,F)} - P_{\min(D,F)} \text{ (W)} \quad (18)$$

Où pour les périodes D et F:

T est la température

P est la puissance

% est le résultat du quotient (exprimé en pourcentage, où 1,0 = 100 %).

C.3.2 Cas DF1 – critères d'acceptation

Pour que la **période de dégivrage et reprise** soit valide, il doit être satisfait aux critères suivants:

- Les périodes D et F doivent être composées de minimum 3 **cycles de régulation de température** complets (si des **cycles de régulation de température** sont présents) et doivent avoir le même nombre de **cycles de régulation de température**. Si aucun **cycle de régulation de température** n'est présent ou si des intervalles de temps fixes sont utilisés, les périodes D et F doivent être de même longueur.
- Les périodes D et F ne doivent pas faire moins de 3 h.
- La période D doit terminer plus de 3 h avant le centre nominal de la **période de dégivrage et reprise** actuelle ($\Delta t_{DI} \geq 3$ h).
- La période F doit démarrer plus de 3 h après le centre nominal de la **période de dégivrage et reprise** actuelle ($\Delta t_{FI} \geq 3$ h).
- L'écart de température des périodes D et F doit être inférieur à 0,5 K pour chaque **compartiment**.
- L'écart de puissance des périodes D et F sélectionnées doit être inférieur à 2 % ou à 1W, selon la valeur la plus élevée.
- Le rapport entre la longueur totale de la période D (en heures) et la longueur totale de la période F (en heures) doit être compris entre 0,8 et 1,25 si des **cycles de régulation de température** sont présents.
- Le début de toute période D sélectionnée ne doit pas être inférieur à 5 h après l'initiation de la mise sous tension du chauffage de dégivrage précédent ou, en l'absence de chauffage de dégivrage, pas être inférieur à 5 h après l'interruption du système de réfrigération associé au **dégivrage automatique**.
- La fin de toute période F sélectionnée ne doit pas être après l'initiation de la **période de dégivrage et reprise** suivante.

NOTE Dans ce cas, l'écart est la différence entre les valeurs moyennes pour les périodes D et F. Voir B.3.1 pour plus d'informations sur le terme écart.

Lorsque les périodes D et F initialement sélectionnées ne satisfont pas aux critères d'acceptation spécifiés ci-dessus, la longueur minimum des périodes D et F doit être augmentée par incréments de 1 **cycle de régulation de température** (par incréments de 1 h s'il n'y a pas de **cycles de régulation de température** ou si des intervalles fixes sont utilisés) pour voir s'il existe des périodes satisfaisantes possibles avec Δt_{DI} et Δt_{FI} définies sur minimum 3 h.

Lorsqu'on ne peut pas satisfaire aux périodes D et F (par exemple, car la **période de dégivrage et reprise** est longue), la taille minimale de l'intervalle Δt_{DI} et Δt_{FI} (voir points c) et d) ci-dessus) doit être augmentée par incréments de 30 min. et la validité des tailles variables des périodes D et F doit être réévaluée pour chaque augmentation.

Lorsque la taille des périodes D et F est augmentée ou lorsque la longueur de Δt_{DI} et Δt_{FI} est augmentée, la première valeur valide à l'aide de la séquence spécifiée ci-dessus doit être utilisée.

Lorsqu'aucune sélection satisfaisante ne peut être obtenue pour les périodes D et F à l'aide de la séquence ci-dessus, l'intervalle entre l'initiation du chauffage de dégivrage ou, en cas d'absence de chauffage de dégivrage, après l'interruption du système de réfrigération associé au **dégivrage automatique**, et le centre nominal de la **période de dégivrage et reprise**, peut être ajusté à partir de la valeur par défaut de 2 h. La valeur ajustée ne doit pas être inférieure à 1 h et ne doit pas être supérieure à 4 h et doit être un multiple de 30 min.

EXEMPLE Si l'intervalle entre le début de la **période de dégivrage et reprise** et le centre nominal de la **période de dégivrage et reprise** était défini sur 3 h pour obtenir des données satisfaisantes (car la **période de dégivrage et reprise** était longue), la **période de dégivrage et reprise** est considérée démarrer en même temps qu'auparavant mais le centre nominal de la **période de dégivrage et reprise** est défini 1 h plus tard.

Lorsque des paramètres non normalisés sont utilisés pour sélectionner les périodes D et F (ils varient alors des exigences spécifiées dans C.3.1), ceci doit alors être noté dans le rapport d'essai.

Lorsqu'il y a plus de deux **compartiments**, une évaluation de la stabilité de la température comme défini ci-dessus est exigée pour:

- Le **compartiment non congelé** le plus grand et le **compartiment congelé** le plus grand (si applicable), ou
- Les deux plus grands **compartiments** (lorsque tous les **compartiments** sont **congelés** ou **non congelés**).

Dans les cas où il n'y a pas de **régime permanent** entre les dégivrages, il peut ne pas être possible de confirmer la validité de la **période de dégivrage et reprise** en examinant les périodes D et F placées de manière symétrique. Une approche alternative (DF2) permettant de traiter ces cas est indiquée en Annexe K, mais il convient de l'utiliser uniquement si la conformité avec l'Article C.3 ne peut normalement pas être atteinte.

C.3.3 Cas DF1 – calcul des valeurs

Lorsqu'il a été satisfait aux critères d'acceptation dans C.3.2, la détermination d'énergie supplémentaire associée à chaque **période de dégivrage et reprise** est calculée comme défini ci-après.

$$\Delta E_{dfj} = (E_{fin-F} - E_{début-D}) + \frac{(P_{SS-D} + P_{SS-F})}{2} \times (t_{fin-F} - t_{début-D}) \quad (19)$$

où

ΔE_{dfj} est l'énergie supplémentaire consommée par l'**appareil de réfrigération** pour la **période de dégivrage et reprise** j en Wh

$E_{début-D}$ est le relevé d'énergie cumulée au début de la période D en Wh

E_{fin-F} est le relevé d'énergie cumulée à la fin de la période F en Wh

P_{SS-D} est la **consommation électrique moyenne** pour la période D en W

P_{SS-F} est la **consommation électrique moyenne** pour la période F en W

$t_{début-D}$ est la durée de l'essai au début de la période D en h

t_{fin-F} est la durée de l'essai à la fin de la période F en h

NOTE Dans l'équation ci-dessus, la moyenne de la puissance pour la période D et de la puissance pour la période F sont calculées. Aucune moyenne pondérée dans le temps pour les deux périodes n'est utilisée.

La détermination de la variation de température dans chaque **compartiment** i associée à la **période de dégivrage et reprise** j est calculée comme suit:

$$\Delta Th_{dfj-i} = (t_{fin-F} - t_{début-D}) \times \left[(T_{av-débutD-finF-i}) - \frac{(T_{av-D-i} + T_{av-F-i})}{2} \right] \quad (20)$$

où

ΔTh_{dfj-i} est la différence de température cumulée dans le temps dans le **compartiment** i (pour 1 à n **compartiments**) associée au **dégivrage et à la**

reprise en Kh (il faut noter que ce terme peut être positif ou négatif) pour la **période de dégivrage et de reprise** j

$T_{moy-débutD-finF-i}$ est la température moyenne pondérée dans le temps dans le **compartiment** i sur la période allant du début de la période D à la fin de la période F en degrés C (notamment les impacts de température de **dégivrage et reprise**)

$T_{moy-D-i}$ est la température moyenne dans le **compartiment** i qui survient pendant la période D en degrés C

$T_{moy-F-i}$ est la température moyenne dans le **compartiment** i qui survient pendant la période F en degrés C

$t_{début-D}$ est la durée de l'essai au début de la période D en h

t_{fin-F} est la durée de l'essai à la fin de la période F en h.

Pour les produits équipés d'une commande de dégivrage en fonction du temps de fonctionnement du compresseur, le temps de fonctionnement supplémentaire du compresseur associé à la **période de dégivrage et de reprise** j (supérieur au temps de fonctionnement **continu**) (en heures) est calculé comme suit:

$$\Delta t_{drj} = (Rt_{fin-F} - Rt_{début-D}) - \frac{[(Rt_{fin-F} - Rt_{début-F}) + (Rt_{fin-D} - Rt_{début-D})]}{(t_{fin-F} - t_{début-F}) + (t_{fin-D} - t_{début-D})} \times (t_{fin-F} - t_{début-D}) \quad (21)$$

où

Δt_{drj} est le temps de fonctionnement supplémentaire du compresseur associé à la **période de dégivrage et de reprise** j en h (supérieur au temps de fonctionnement du compresseur **continu** qui aurait eu lieu)

$Rt_{début-D}$ est le temps de fonctionnement total cumulé du compresseur (période de marche) au début de la période D en h

$Rt_{début-F}$ est le temps de fonctionnement total cumulé du compresseur (période de marche) au début de la période F en h

Rt_{fin-D} est le temps de fonctionnement total cumulé du compresseur (période de marche) à la fin de la période D en h

Rt_{fin-F} est le temps de fonctionnement total cumulé du compresseur (période de marche) à la fin de la période F en h

$t_{début-D}$ est la durée de l'essai au début de la période D en h

$t_{début-F}$ est la durée de l'essai au début de la période F en h

t_{fin-D} est la durée de l'essai à la fin de la période D en h

t_{fin-F} est la durée de l'essai à la fin de la période F en h.

On doit veiller à ne pas compter le temps de marche du chauffage de dégivrage comme temps de marche du compresseur dans ces calculs (bien qu'il soit possible que certains compresseurs incluent le fonctionnement du chauffage de dégivrage comme temps de fonctionnement – il convient de vérifier chaque produit pour voir comment il est configuré). La valeur de Δt_{dr} pourrait être égale à zéro ou être négative pour les produits fonctionnant en continu.

C.4 Nombre de périodes de dégivrage et reprise valides

Pour le cas DF1 et le cas DF2, le nombre minimum de **périodes de dégivrage et reprise** valides exigées pour chaque température d'essai ambiante afin de calculer une valeur représentative pour l'énergie de **dégivrage et reprise** et la variation de température, est spécifié ci-après:

Option 1: Une valeur valide de ΔE_{df} doit être déterminée pour chaque **réglage de thermostat** utilisé pour la détermination de l'énergie sur un seul appareil conformément à 6.8.2 et 6.8.3. La **période de dégivrage et reprise** sélectionnée pour chaque **réglage de thermostat** doit être adjacente à la période **continue** utilisée pour la détermination de l'énergie en Annexe B (ceci peut se produire avant ou après la période **continue** pour le cas SS1; mais ceci doit être avant la période **continue** pour le cas SS2). La valeur représentative de ΔE_{df} pour l'appareil doit être la moyenne de toutes les valeurs valides pour les points d'essai utilisés pour la détermination de l'énergie.

Option 2: Lorsqu'il y a davantage de données disponibles pour un modèle particulier (soit au moyen d'essais plus longs ou d'essais sur plusieurs unités du même modèle), la valeur représentative de ΔE_{df} pour l'appareil doit alors être la moyenne d'au moins 4 valeurs valides. Dans ce cas, au moins 50 % de toutes les valeurs de ΔE_{df} doivent avoir le **compartiment** le plus froid égal ou inférieur à la **température cible**. Une valeur séparée pour ΔE_{df} doit être déterminée pour chaque **température ambiante**.

Selon les réglementations régionales et exigences, l'option 1 ou 2 peut être utilisée.

C.5 Calcul de l'énergie de dégivrage et de la température représentatives

Les calculs d'une valeur représentative de l'énergie de **dégivrage et de reprise** et des variations de température de **dégivrage et de reprise** sont indiqués comme suit:

$$\Delta E_{df} = \frac{\sum_{j=1}^m \Delta E_{dfj}}{m} \quad (22)$$

où

ΔE_{df} est l'énergie incrémentielle représentative du **dégivrage et de la reprise** pour la **température ambiante d'essai**

m est le nombre de **périodes de dégivrage et reprise** valides spécifiées dans C.4

ΔE_{dfj} est l'énergie incrémentielle pour chaque **période de dégivrage et reprise** j (entre 1 et m)

$$\Delta Th_{df-i} = \frac{\sum_{j=1}^m \Delta Th_{dfj-i}}{m} \quad (23)$$

où

ΔTh_{df-i} est la différence de température représentative pour le **dégivrage et la reprise** dans le **compartiment** i (entre 1 et n) pour la **température ambiante d'essai**

m est le nombre de **périodes de dégivrage et reprise** spécifiées dans C.4

ΔTh_{dfj-i} est la différence de température cumulée dans le temps pour chaque **période de dégivrage et reprise** j (entre 1 et m) dans le **compartiment** i (entre 1 et n)

Pour les produits avec une commande de dégivrage en fonction du temps de fonctionnement du compresseur, le temps de fonctionnement supplémentaire représentatif du compresseur associé à une **période de dégivrage et de reprise** est calculé comme suit:

$$\Delta t_{dr} = \frac{\sum_{j=1}^m \Delta t_{drj}}{m} \quad (24)$$

où

- Δt_{dr} est le temps de fonctionnement supplémentaire représentatif du compresseur associé à une **période de dégivrage et de reprise** pour la **température ambiante d'essai**
- m est le nombre de **périodes de dégivrage et reprise** valides spécifiées dans C.4
- Δt_{drj} est le temps de fonctionnement supplémentaire du compresseur avec **période de dégivrage et reprise j** (entre 1 et m)

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62552-3:2015

Annexe D (normative)

Intervalle de dégivrage

D.1 Généralités

La présente Annexe spécifie la méthode utilisée pour déterminer l'**intervalle de dégivrage** pour les **appareils de réfrigération** lorsqu'il y a un ou plusieurs **cycles de commande de dégivrage**.

Les trois principaux types de commandes de dégivrage sont les suivants:

- Temps écoulé – l'**intervalle de dégivrage** est très indépendant des conditions ambiantes ou de la charge appliquée au système de réfrigération. Ces types sont moins communs et leurs commandes peuvent être mécaniques ou électroniques.
- Temps de fonctionnement du compresseur – l'**intervalle de dégivrage** dépend des heures de fonctionnement du compresseur (à savoir un indicateur de la charge dans le système de réfrigération). Ils sont relativement communs et leurs commandes sont généralement mécaniques et fonctionnent uniquement efficacement lorsqu'un compresseur à vitesse unique est utilisé).
- Variable – l'**intervalle de dégivrage** est ajusté dans des conditions **normales d'utilisation** selon un processus automatique qui utilise une ou des variables de condition de fonctionnement différentes de, ou en plus du temps écoulé ou du temps de fonctionnement du compresseur pour mieux répondre à la charge congelée sur l'**évaporateur** provenant des conditions **normales d'utilisation**. Ces types sont maintenant communs et leurs commandes sont généralement électroniques.

NOTE Une commande de dégivrage qui mesure directement la charge congelée sur l'**évaporateur** est classée comme commande de **dégivrage variable**.

La présente Annexe a pour but d'établir la base de fonctionnement de la commande de dégivrage puis de déterminer un **intervalle de dégivrage** représentatif pour chaque **température ambiante**. Dans le cas de commandes de temps de fonctionnement du compresseur, l'**intervalle de dégivrage** est également partiellement affecté par le **réglage de thermostat** lors des essais à une **température ambiante** spécifiée. La valeur déterminée conformément à la présente Annexe est alors utilisée pour la détermination de la **consommation d'énergie** conformément à l'Article 6.

D.2 Commandes de dégivrage en fonction du temps écoulé

Pour ces commandes, l'**intervalle de dégivrage** reste relativement fixe (en heures) dans une grande plage de conditions de fonctionnement. Bien que ces types de commandes soient peu courants, on les trouve sur certains marchés. Dans la plupart des cas, l'**intervalle de dégivrage** est inférieur à 24 h.

Si la commande en fonction du temps écoulé est accessible, les mesures directes peuvent être effectuées pour déterminer le temps écoulé réel de la commande. Les essais acceptables pour déterminer directement la période de la commande de dégivrage en fonction du temps écoulé incluent:

- Mesure directe du fonctionnement de la commande dans le produit (p. ex.: mesure de la durée pendant laquelle cette tension est présente)
- Fonctionnement de la commande en fonction du temps de fonctionnement sur le banc lorsqu'elle est retirée du produit.

La valeur commercialisée sur une commande en fonction du temps écoulé peut ne pas être pertinente, par exemple si une commande a une **valeur assignée** de 60 Hz et le produit fonctionne sur 50 Hz. Les commandes en fonction du temps écoulé de valeur **assignée** identique peuvent varier mais comme elles comportent généralement un moteur synchrone qui fonctionne sur la fréquence réseau, il convient que chaque commande soit consistante lorsque l'intervalle a été déterminé.

Si la commande en fonction du temps écoulé n'est pas accessible (ou si on ne sait pas clairement si la commande est une commande en fonction du temps écoulé) ou lorsque le laboratoire ne peut pas mesurer directement le fonctionnement de la commande, la valeur doit être estimée au moyen d'essais comme défini ci-après. Un nombre suffisant de données doivent être collectées pendant les essais conformément aux Annexes B et C pour établir un **intervalle de dégivrage** moyen représentatif comme défini ci-après. Un **intervalle de dégivrage** est initialement déterminé pour une seule condition d'essai, qui peut être définie à n'importe quelle **température ambiante** et à n'importe quel **réglage de thermostat**. Au moins deux **intervalles de dégivrage** supplémentaires sont alors déterminés à d'autres **températures ambiantes** et/ou **réglages de thermostat**. Les valeurs d'au moins trois **intervalles de dégivrage** doivent être déterminées, avec au moins une valeur à une **température ambiante** de 16 °C et une valeur à une **température ambiante** de 32 °C.

Que le temps de la commande de dégivrage en fonction du temps écoulé soit mesuré directement ou déterminé via un essai de produit complet, il convient d'effectuer des essais supplémentaires à d'autres **températures ambiantes** et/ou **réglages de thermostat**. Pendant ces essais, l'**appareil de réfrigération** peut être soumis à des charges relatives à l'utilisateur comme les ouvertures de porte et à de faibles **charges de traitement** pendant ces essais. Il convient que l'**intervalle de dégivrage** observé soit consistant avec le temps écoulé mesuré, il doit, le cas échéant, être classé comme une commande à **dégivrage variable**.

NOTE 1 Ces essais ont pour but de détecter si la commande en fonction du temps écoulé est annulée par d'autres mécanismes de commande pendant des conditions **normales d'utilisation**.

Pour être admis comme commande en fonction du temps écoulé, le coefficient de variation (écart normalisé divisé par la moyenne) de tous les **intervalles de dégivrage** mesurés doit être inférieur à 10 % pour les **intervalles de dégivrage** ou plus déterminés. Lorsque le produit ne satisfait pas à cette exigence, il doit être classé comme une **commande de dégivrage variable**.

On doit veiller à déterminer si la commande en fonction du temps écoulé avance ou non lorsque le chauffage de dégivrage est activé – ceci peut dépendre du modèle de produit individuel.

NOTE 2 Les mêmes minuteries pourraient être utilisées comme commande en fonction du temps de fonctionnement du compresseur ou comme commande en fonction du temps écoulé, selon la manière dont elles sont configurées dans l'**appareil de réfrigération**.

D.3 Commandes de dégivrage en fonction du temps de fonctionnement du compresseur

Pour ces commandes, l'**intervalle de dégivrage** est défini par le temps de fonctionnement du compresseur seul (ou dans certains cas, le temps de fonctionnement du compresseur plus le temps pour le fonctionnement du chauffage de dégivrage). Pour ces commandes, un compresseur à une seule vitesse est utilisé. L'**intervalle de dégivrage** est ainsi approximativement inversement proportionnel à la charge calorifique totale appliquée sur le système de réfrigération (**température ambiante** et charges utilisateur). La plage la plus courante de commandes de dégivrage en fonction du temps de fonctionnement du dégivrage est comprise entre 6 h et 12 h du temps de fonctionnement du compresseur (ceci donne généralement des **intervalles de dégivrage** de l'ordre de 12 à 30 h (temps écoulé) à des **températures ambiantes** élevées et un peu plus longs à des **températures ambiantes inférieures**).

Si la commande en fonction du temps de fonctionnement est accessible, les mesures directes peuvent être effectuées pour déterminer le temps de fonctionnement réel de la commande. Les essais acceptables pour déterminer directement la période de la commande de dégivrage en fonction du temps de fonctionnement incluent:

- Mesure directe du fonctionnement de la commande dans le produit (par exemple, mesure de la durée pendant laquelle cette tension est présente)
- Fonctionnement de la commande en fonction du temps de fonctionnement sur le banc lorsqu'elle est retirée du produit.

La valeur commercialisée sur une commande en fonction du temps de fonctionnement du compresseur peut ne pas être pertinente, par exemple si une commande a une **valeur assignée** de 60 Hz et le produit fonctionne sur 50 Hz. Les commandes en fonction du temps de fonctionnement de valeur **assignée** identique peuvent varier mais comme elles comportent généralement un moteur synchrone qui fonctionne sur la fréquence réseau, il convient que chaque commande soit consistante lorsque l'intervalle a été déterminé.

NOTE 1 Les mêmes minuteries pourraient être utilisées comme commande en fonction du temps de fonctionnement du compresseur ou comme commande en fonction du temps écoulé, selon la manière dont elles sont configurées dans l'**appareil de réfrigération**.

Si la commande en fonction du temps de fonctionnement n'est pas accessible (ou si on ne sait pas clairement si la commande est une commande en fonction du temps de fonctionnement) ou lorsque le laboratoire ne peut pas mesurer directement le fonctionnement de la commande, la valeur doit être estimée au moyen d'essais comme défini ci-après.

Les essais doivent être effectués pendant un **cycle de commande dégivrage** complet, au moins un à chaque **température ambiante**, pour vérifier s'il s'agit d'une commande en fonction du temps de fonctionnement et estimer la valeur de Δt_{rt} . La période sélectionnée doit satisfaire aux exigences suivantes:

- Le premier dégivrage doit être admis comme dégivrage valide comme spécifié dans C.3
- La période d'essai doit inclure au moins une partie de la **période de dégivrage et reprise** suivante qui est initiée automatiquement sans intervention
- Les **réglages de thermostat** ne sont pas modifiés pendant la période d'essai
- L'appareil n'est pas soumis à une **charge de traitement** ou à des ouvertures de porte pendant la période d'essai.

Le temps de fonctionnement estimé de la commande de dégivrage en fonction du temps de fonctionnement du compresseur pour un ensemble de données d'essai qui satisfait à ces exigences est obtenu comme suit:

$$\Delta t_{rtj} = \Delta t_{crtj} + \Delta t_{dhj} \quad (25)$$

où

Δt_{rtj} est le temps de fonctionnement estimé de la commande de dégivrage en fonction du temps de fonctionnement du compresseur pour la période d'essai débutant avec la **période de dégivrage et reprise** j en h

Δt_{crtj} est le temps de fonctionnement du compresseur mesuré en h entre l'initiation de la **période de dégivrage et reprise** j et l'initiation de la **période de dégivrage et reprise** suivante $j + 1$

Δt_{dhj} si la minuterie avance pendant la **période de dégivrage et reprise** j , le temps en h à partir du moment où le compresseur s'arrête jusqu'à ce qu'il redémarre pendant cette **période de dégivrage et reprise**; le cas échéant, si la minuterie n'avance pas pendant la **période de dégivrage et reprise**, une valeur de zéro.

On doit veiller à déterminer si la commande en fonction du temps de fonctionnement du compresseur avance ou non lorsque le chauffage de dégivrage est activé – ceci peut dépendre du modèle de produit individuel. Si la commande est accessible, ceci peut être vérifié en mesurant la tension au niveau du moteur de commande en fonction du temps d'exécution lorsque le chauffage de dégivrage est activé.

Que le temps de fonctionnement de la commande de dégivrage en fonction du temps de fonctionnement du compresseur soit mesuré directement ou déterminé via un essai de produit complet, il convient d'effectuer des essais supplémentaires à d'autres **températures ambiantes** et/ou **réglages de thermostat**. Pendant ces essais, l'**appareil de réfrigération** peut être soumis à des charges relatives à l'utilisateur comme les ouvertures de porte et à de faibles **charges de traitement** pendant ces essais. Il convient que l'**intervalle de dégivrage** observé soit consistant avec le temps de fonctionnement mesuré, il doit, le cas échéant, être classé comme une commande à **dégivrage variable**.

NOTE 2 Ces essais ont pour but de détecter si la commande en fonction du temps de fonctionnement est annulée par d'autres mécanismes de commande pendant des conditions **normales d'utilisation**.

Lorsque la valeur du temps de fonctionnement de la commande de dégivrage en fonction du temps de fonctionnement du compresseur est mesurée directement, la valeur mesurée de Δt_{rt} doit être utilisée dans les calculs suivants.

Le cas échéant, pour être admis comme commande de dégivrage en fonction du temps de fonctionnement du compresseur, le coefficient de variation (écart normalisé divisé par la moyenne) des valeurs estimées pour le temps de fonctionnement du compresseur Δt_{rtj} doit être inférieur à 10 % pour les **intervalles de dégivrage** examinés. Lorsque le produit ne satisfait pas à cette exigence, il doit être classé comme une **commande de dégivrage variable**. Lorsque le temps de fonctionnement est estimé, la valeur de Δt_{rt} utilisée dans les calculs suivants doit être la moyenne de toutes les valeurs mesurées.

Une fois confirmée, cette valeur peut être utilisée pour calculer l'**intervalle de dégivrage** réel pour n'importe quel **réglage de thermostat**, **température ambiante** et condition de traitement de charge, en fonction du temps de fonctionnement du compresseur. Pour tous les **appareils de réfrigération** avec commandes de dégivrage en fonction du temps de fonctionnement du compresseur, le pourcentage de temps de fonctionnement doit être consigné pour les conditions de **régime permanent** en Annexe B et le temps de fonctionnement supplémentaire du compresseur (en heures) doit être calculé pour les **périodes de dégivrage et reprise** (en Annexe C).

L'**intervalle de dégivrage** pour chaque condition d'essai et **réglage de thermostat** est obtenu comme suit:

$$\Delta t_{df} = \frac{\Delta t_{rt} - \Delta t_{dr} - \Delta t_{dh}}{C R t_{SS}} + \Delta t_{dxy} \quad (26)$$

où

Δt_{df} est l'**intervalle de dégivrage** estimé (temps écoulé) pour chaque **réglage de thermostat** et **température ambiante** lors de l'essai en heures, notamment l'impact de **dégivrage et reprise**

Δt_{rt} est le temps de fonctionnement indiqué, mesuré ou estimé de la commande de dégivrage en fonction du temps de fonctionnement du compresseur (en heures)

$C R t_{SS}$ est le temps de fonctionnement du compresseur (en pourcentage) pendant le **régime permanent** pour chaque **réglage de thermostat** et **température ambiante** lors de l'essai comme déterminé dans B.3.3 ou B.4.3

Δt_{dr} est le temps de fonctionnement incrémentiel représentatif du compresseur (en heures) pour le **dégivrage et la reprise** conformément à l'Annexe C (l'Article C.5)

- Δt_{dh} est le temps de marche du chauffage de dégivrage représentatif en h pendant une **période de dégivrage et reprise** où la minuterie avance lorsque le chauffage de dégivrage fonctionne, sinon une valeur de zéro
- Δt_{dxy} est égal à Δt_{dh} lorsqu'il est supérieur à zéro, sinon, un temps d'arrêt du compresseur représentatif pendant une **période de dégivrage et reprise**.

D.4 Commandes à dégivrage variable

D.4.1 Généralités

Pour ce type de commande, l'**intervalle de dégivrage** varie en fonction de la charge congelée appliquée sur l'**évaporateur**. La plupart des systèmes ne mesurent pas la charge congelée appliquée directement sur l'**évaporateur** (mais ceci est possible), ces types de systèmes sont ainsi généralement commandés par un logiciel qui utilise un certain nombre de paramètres pour estimer indirectement la charge congelée et ajuster progressivement l'**intervalle de dégivrage**. Après le fonctionnement du chauffage de dégivrage, le système étudie les paramètres correspondants pendant la période d'utilisation précédente et ajuste l'**intervalle de dégivrage** suivant, si nécessaire, pour l'optimiser et par conséquent minimiser l'énergie supplémentaire associée au dégivrage. Le produit peut ainsi traverser une séquence d'apprentissage pendant l'essai qui ajuste progressivement l'**intervalle de dégivrage**.

L'objectif de l'Article D.4 est d'estimer un **intervalle de dégivrage** représentatif pendant l'**utilisation normale** en fonction d'un certain nombre de paramètres déclarés par le fournisseur.

Il convient que les commandes à **dégivrage variable** disposent d'un certain nombre d'**intervalles de dégivrage** possibles qui reflètent l'accumulation de glace sur l'**évaporateur**. Si l'**intervalle de dégivrage** est trop court, l'énergie est économisée. Si l'**intervalle de dégivrage** est trop long, le système peut avoir augmenté la **consommation d'énergie** en raison du faible transfert de chaleur sur l'**évaporateur** givré et peut même avoir des problèmes pour retirer tout le givre de l'**évaporateur**, entraînant une accumulation de glace à long terme et une baisse des performances.

Pour qu'un produit soit admis comme **dégivrage variable** dans le cadre de cette norme, l'**intervalle de dégivrage** doit varier sur un continuum de valeurs (ou un nombre important d'étapes, espacées de manière appropriée) qui reflètent la charge gelée sur l'**évaporateur** lorsqu'il est soumis à un grand nombre d'actions associées à l'**utilisation normale**, avec période d'apprentissage pour la commande à **dégivrage variable**.

Dégivrage variable est un terme défini dans cette norme. Les produits avec des commandes de dégivrage qui présentent des caractéristiques très différentes pendant l'**utilisation normale** de celles présentées dans des conditions d'essai comparables, peuvent être considérés comme ayant des dispositifs de contournement.

D.4.2 Commandes à dégivrage variable – intervalles de dégivrage déclarés

Aux fins de la présente Norme, l'**intervalle de dégivrage** pour ces types de commandes est basé sur un calcul, qui dépend de l'**intervalle de dégivrage** déclaré le plus court possible et de l'**intervalle de dégivrage** déclaré le plus long possible à une **température ambiante** de 32 °C.

L'**intervalle de dégivrage** pour un système de **dégivrage variable** est obtenu comme suit:

$$\Delta t_{df32} = \frac{\Delta t_{d-\max} \times \Delta t_{d-\min}}{[0,2 \times (\Delta t_{d-\max} - \Delta t_{d-\min}) + \Delta t_{d-\min}]} \quad (27)$$

où

- Δt_{df32} est l'**intervalle de dégivrage** pour une **température ambiante** de 32 °C
- Δt_{d-max} est l'**intervalle de dégivrage** maximal possible à une **température ambiante** de 32 °C comme spécifié par le fabricant, en heures de temps écoulé
- Δt_{d-min} est l'**intervalle de dégivrage** minimal possible à une **température ambiante** de 32 °C comme spécifié par le fabricant, en heures de temps écoulé

Les limites suivantes s'appliquent à la variable d'entrée Δt_{d-max} et Δt_{d-min} , quelles que soient les instructions:

- Δt_{d-min} est normalement supérieure à 6 h et ne doit pas dépasser 12 h à une **température ambiante** de 32 °C (temps écoulé).
- Δt_{d-max} ne doit pas dépasser 96 h à une **température ambiante** de 32 °C (temps écoulé).
 Δt_{d-max} doit être supérieure à Δt_{d-min} à une **température ambiante** de 32 °C.

La base de la déclaration de l'**intervalle de dégivrage** minimal possible Δt_{d-min} doit être l'**intervalle de dégivrage** le plus court possible dans des conditions d'utilisation difficiles (à savoir usage fréquent, ouvertures de portes fréquentes et humidité élevée) à une **température ambiante** de 32 °C. Des essais dans des conditions d'utilisation difficiles pour vérifier la valeur déclarée peuvent être effectués. La valeur déclarée pour l'**intervalle de dégivrage** maximal possible Δt_{d-max} doit pouvoir être atteinte dans des conditions d'essai avec toutes les températures de **compartment** égales ou inférieures aux **températures cibles en régime permanent** (voir Annexe B) à une **température ambiante** de 32 °C. Les fabricants doivent spécifier les conditions spéciales exigées pour atteindre la valeur déclarée.

Les essais dans d'autres **températures ambiantes** et avec une **charge de traitement** (par exemple, ouvertures de portes) peuvent être effectués pour vérifier si la commande de dégivrage fonctionne sur un continuum de valeurs, ou un nombre important d'étapes, espacées de manière appropriée.

La valeur pour Δt_{df16} à une **température ambiante** de 16 °C doit être le double de la valeur de Δt_{df32} .

D.4.3 Commandes à dégivrage variable – aucun intervalle de dégivrage déclaré (dégivrage à la demande)

Lorsqu'un système est à **dégivrage variable** mais lorsqu'aucune valeur pour Δt_{d-max} et Δt_{d-min} ne peut être déclarée par le fabricant car la commande de dégivrage a une forme de dégivrage à la demande qui mesure directement l'épaisseur de givre sur l'**évaporateur**, les valeurs par défaut sont:

- Δt_{d-min} est 6 h à une **température ambiante** de 32 °C (temps écoulé).
- Δt_{d-max} est 96 h à une **température ambiante** de 32 °C (temps écoulé).

Ceci donne une valeur par défaut pour Δt_{df32} de 24 h et Δt_{df16} de 48 h dans la Formule (27) et D.4.2 pour les commandes à **dégivrage variable** qui sont de type dégivrage à la demande.

NOTE Cette procédure de calcul est utilisée même si le système initie un dégivrage uniquement sur la quantité de givre accumulée sur l'**évaporateur** (au lieu d'utiliser un algorithme de synchronisation).

Pour être admise comme un système de dégivrage à la demande, la commande de dégivrage doit fonctionner sur un continuum d'**intervalles de dégivrage** en réponse aux variations de charge de givre. Pour qualifier l'utilisation de ces valeurs, il peut être demandé aux fournisseurs de fournir des informations techniques sur le fonctionnement du système de dégivrage à la demande.

D.4.4 Commandes à dégivrage variable – non satisfaisantes

Lorsqu'un système est nominale à **dégivrage variable** mais lorsque:

- aucune valeur pour Δt_{d-max} et Δt_{d-min} n'a été fournie/indiquée par le fabricant et il n'y a pas de preuve que la commande est en dégivrage à la demande ou
- un produit ne satisfait pas aux exigences pour une commande à **dégivrage variable** car il ne fonctionne pas sur un continuum d'**intervalles de dégivrage** (ou n'a pas un nombre important d'étapes, espacées de manière appropriée) ou
- les valeurs déclarées sont considérées comme inconsistantes avec les valeurs soumises à essai.

Dans ce cas, les valeurs pour Δt_{df32} et Δt_{df16} sont:

- Δt_{df32} est la moyenne de 3 **intervalles de dégivrage** observés à une **température ambiante** de 32 °C avec maximum une ouverture de porte par heure, mais pas plus de 10,0 h
- Δt_{df16} est la moyenne de 3 **intervalles de dégivrage** observés à une **température ambiante** de 16 °C avec maximum une ouverture de porte par heure, mais pas plus de 20,0 h

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62552-3:2015

Annexe E (normative)

Interpolation des résultats

E.1 Généralités

La présente Annexe spécifie les méthodes qui doivent être utilisées lorsque deux résultats ou plus sont interpolés pour estimer une valeur plus optimale de **consommation d'énergie** qui se produirait si tous les **compartiments** avaient été à des températures égales ou inférieures aux **températures cibles** spécifiées dans l'Article 6.

NOTE L'interpolation est en option dans cette norme. Une valeur valide pour la **consommation d'énergie** peut être déterminée à partir d'un seul cycle d'essai avec tous les **compartiments** à des températures égales ou inférieures aux **températures cibles** spécifiées dans 6.3 a).

Il peut y avoir deux cas d'interpolation dans cette norme:

- Cas 1: interpolation linéaire entre deux points d'essai, généralement lorsqu'un **thermostat réglable par l'utilisateur** est ajusté (plusieurs commandes peuvent être ajustées, mais dans ce cas, il y a des contrôles spéciaux comme définis dans l'Article E.3).
- Cas 2: triangulation à l'aide de trois points d'essai (ou plus) lorsque deux **thermostats réglables par l'utilisateur** (ou plus) sont ajustés.

Les cas 1 et le cas 2 ont des exigences de validité associées.

L'objectif de l'interpolation est d'estimer la **consommation d'énergie** optimale à l'aide des informations provenant des points d'essai sélectionnés pour analyse (l'énergie mesurée et les températures de **compartiment**). Lorsqu'il existe des commandes supplémentaires qui ne sont pas utilisées pour l'interpolation, il peut alors être possible que l'estimation qui en résulte de la **consommation d'énergie** ne puisse pas être optimale. Comme recommandation générale, il convient d'utiliser pour l'interpolation les **thermostats réglables par l'utilisateur** qui affectent les **compartiments** avec le plus grand **volume** ou le **compartiment** qui est le plus froid afin d'obtenir la valeur optimale de **consommation d'énergie** (la température du **compartiment** le plus grand, ou le plus froid a tendance à dominer la **consommation d'énergie**). Lorsqu'il y a deux **thermostats réglables par l'utilisateur** ou plus qui affectent deux **compartiments** ou plus, la triangulation dans le Cas 2 fournit généralement une estimation plus optimale de la **consommation d'énergie** que l'interpolation linéaire dans le Cas 1.

Des conditions spéciales s'appliquent à l'utilisation du Cas 1 et du Cas 2. Elles sont spécifiées dans l'Article E.3 et l'Article E.4 respectivement. L'extrapolation pour estimer les valeurs énergétiques à la **température cible** où ce point n'est pas compris entre les points d'essai ou ne les englobe pas ne peut pas être effectuée.

Lorsque l'interpolation est utilisée, les informations supplémentaires suivantes doivent être consignées:

- Lorsque les résultats ont été mesurés au niveau de deux **thermostats** pour interpolation conformément à l'Article E.3, le **compartiment** qui est utilisé pour l'interpolation (lorsque l'interpolation donne un résultat valide) et la courbe énergie-température de ce **compartiment** S_i comme défini dans E.3.3;
- Lorsque les résultats d'un produit avec deux **thermostats réglables par l'utilisateur** ont été mesurés avec une combinaison de trois **réglages de thermostat** pour interpolation conformément à l'Article E.4, la valeur des coefficients E_0 , A et B (ou équivalent);
- Lorsque les résultats d'un produit avec trois **thermostats réglables par l'utilisateur** ont été mesurés avec une combinaison de quatre **réglages de thermostat** pour interpolation conformément à l'Article E.4, la valeur des coefficients E_0 , A , B et C .

E.2 Réglage de la température avant interpolation

Lorsqu'un **appareil de réfrigération** a un ou plusieurs systèmes de dégivrage (chacun avec son propre **cycle de commande de dégivrage**), la température moyenne du **compartiment** doit être déterminée conformément à la Formule (3) en tenant compte de l'impact de tous les systèmes de dégivrage, avant interpolation.

Calculer la **consommation d'énergie** journalière et la température moyenne dans chaque **compartiment** comme défini dans 6.8.2 pour chaque point d'essai. Les valeurs qui en résultent sont alors utilisées dans l'interpolation entre points d'essai.

E.3 Cas 1: interpolation linéaire – deux points d'essai

E.3.1 Généralités

Cet Article définit la méthode de détermination d'une valeur de **consommation d'énergie** d'un **appareil de réfrigération** par interpolation entre les résultats de deux cycles d'essai lorsque le réglage d'un ou plusieurs **thermostats réglables par l'utilisateur** est ajusté. Les commandes ajustées peuvent affecter les températures de plusieurs **compartiments** en même temps, de sorte que chaque combinaison possible doit être vérifiée en termes de validité. L'interpolation est effectuée mathématiquement.

La valeur déterminée par cette méthode est une approximation de la valeur obtenue si la ou les commandes concernées sont ajustées sur un réglage qui, sans les dépasser, rapproche le plus possible les températures des **compartiments** concernés des **températures cibles** spécifiées pour les types de **compartiments** pour tous les **compartiments**. Lorsque la température dans plusieurs **compartiments** change, le point sélectionné pour interpolation est l'endroit où le premier atteint sa **température cible** (en se déplaçant des réglages les plus froids vers les réglages les plus chauds).

E.3.2 Exigences

L'interpolation linéaire à l'aide des résultats pour deux cycles d'essai uniquement peut être effectuée lorsqu'aucun moins un **compartiment** a un point d'essai avec une température mesurée qui est supérieure à la **température cible** correspondante alors que l'autre point d'essai est inférieur à la **température cible** correspondante. Pendant le processus d'interpolation pour deux cycles d'essai, la température dans tous les **compartiments** est calculée car chaque **compartiment**, à son tour, est défini sur sa **température cible**. Pour que l'interpolation soit valide, tous les **compartiments** doivent être à une température égale ou inférieure à la **température cible** au point d'interpolation.

Pour que l'interpolation linéaire soit valide, la différence de température entre les cycles d'essai dans chaque **compartiment** utilisé pour l'interpolation ne doit pas dépasser 4 K.

Pour l'interpolation linéaire, il n'y a en principe pas d'exigences spécifiques par rapport à la position relative des points d'essai utilisés pour l'interpolation. Dans tous les cas, le point d'interpolation doit être situé entre les deux valeurs mesurées pour tous les paramètres (énergie et température). L'extrapolation ne peut pas être effectuée, quelles que soient les circonstances. Cela signifie que toutes les combinaisons de deux points d'essai ne peuvent pas fournir un résultat d'interpolation valide. Il est ainsi recommandé et prudent de sélectionner un point d'essai avec tous les **compartiments** inférieurs à leur **température cible**. Ceci garantit un résultat valide pour l'interpolation linéaire lorsqu'un second point est sélectionné avec au moins quelques températures de **compartiments** au-dessus de leur **température cible**.

E.3.3 Calculs

L'approche générale utilisée pour cette méthode d'interpolation consiste à interpoler chaque **compartiment** à sa **température cible** puis de calculer la température en ce point dans tous

les autres **compartiments**. Ce processus est alors appliqué à son tour à chaque **compartiment** supplémentaire. Les résultats obtenus lorsque chaque **compartiment** est à sa **température cible**, sont alors étudiés et les points d'interpolation valides peuvent alors être sélectionnés lorsque tous les **compartiments** sont égaux ou inférieurs à la **température cible** pour le point d'interpolation particulier.

Il est utile de tracer la procédure d'interpolation pour mieux comprendre l'approche du calcul. Un exemple est illustré dans la Figure E.1 pour une armoire avec quatre **compartiments** avec un seul résultat. La Figure E.2 illustre un exemple avec deux valeurs valides pour interpolation lorsque la Figure E.3 illustre un exemple avec aucune valeur valide pour interpolation.

Le processus de calcul suivant doit être effectué pour chaque **compartiment** i , où i va de la lettre A, B, C etc. à n et n est le nombre de **compartiments** pour les points d'essai 1 et 2.

- 1) Vérifier si $ABS(T_{i1} - T_{i2})$ est égal ou inférieur à 4 K. Lorsque cette condition n'est pas satisfaite, l'interpolation linéaire ne peut pas être effectuée sur ce **compartiment** (les points peuvent encore être utilisés si T_{i1} et T_{i2} sont inférieurs à leur **température cible**).
- 2) Calculer le facteur d'interpolation du **compartiment** f_i pour chaque **compartiment** comme suit:

$$f_i = \frac{(T_{i-cib} - T_{i1})}{(T_{i2} - T_{i1})} \quad (28)$$

où

T_{i1} est la température mesurée au point d'essai 1 dans le **compartiment** i

T_{i2} est la température mesurée au point d'essai 2 dans le **compartiment** i

T_{i-cib} est la **température cible** pour le type de **compartiment** i comme défini dans Tableau 1.

Si f_i est inférieur à 0 ou si f_i est supérieur à 1, aucune interpolation valide sur le **compartiment** i n'est possible avec la combinaison des points d'essai 1 et 2. Une autre combinaison de points d'essai peut être exigée si T_{i1} et T_{i2} ne sont pas tous les deux inférieurs à leur **température cible**.

- 3) Calculer pour chacun des autres **compartiments** 1 à j (de la lettre A, B, C à n) la température interpolée T_j , où le **compartiment** i est à sa **température cible** avec:

$$T_j = T_{j1} + f_i \times (T_{j2} - T_{j1}) \quad (29)$$

où

T_j est la température interpolée dans le **compartiment** j lorsque le **compartiment** i est à la température cible

T_{j1} est la température mesurée au point d'essai 1 dans le **compartiment** j

T_{j2} est la température mesurée au point d'essai 2 dans le **compartiment** j

f_i est le facteur d'interpolation du **compartiment** pour le **compartiment** i

- 4) Si toutes les valeurs T_j (de la lettre A, B, C à n) sont égales ou inférieures à leurs valeurs cibles respectives ($T_j \leq T_{j-cib}$), calculer alors la **consommation d'énergie** interpolée où le **compartiment** i est à sa **température cible** avec:

$$E_{i-cib} = E_1 + f_i \times (E_2 - E_1) \quad (30)$$

où

E_{i-cib} est la **consommation d'énergie** interpolée à partir des points d'essai 1 & 2 lorsque le **compartiment** i est à sa **température cible**

- E_1 est la **consommation d'énergie** mesurée au point d'essai 1 (**réglage de thermostat**, combinaison 1)
- E_2 est la **consommation d'énergie** mesurée au point d'essai 2 (**réglage de thermostat**, combinaison 2)
- f_j est le facteur d'interpolation du **compartiment** pour le **compartiment** i

Après avoir exécuté la procédure précédente pour chaque **compartiment** i , il existe trois possibilités:

- Pour aucun des **compartiments**, une **consommation d'énergie** interpolée valide n'a été calculée. Cela signifie que le point 1 et le point 2 ne forment pas une combinaison valide pour l'interpolation et une autre combinaison de points d'essai doit être mesurée.
- Une valeur de **consommation d'énergie** interpolée valide est trouvée. Cette valeur représente la **consommation d'énergie** interpolée
- Deux valeurs de **consommation d'énergie** interpolées valides ou plus sont trouvées. La valeur minimum de ces valeurs représente la **consommation d'énergie** interpolée:

$$E_{linéaire} = \min_{i=1}^n [E_{i-cib}] \quad (31)$$

où

- $E_{linéaire}$ est la **consommation d'énergie** déterminée par interpolation linéaire
- E_{i-cib} est la **consommation d'énergie** interpolée pour le **compartiment** i comme indiqué ci-dessus (les valeurs incorrectes sont ignorées)

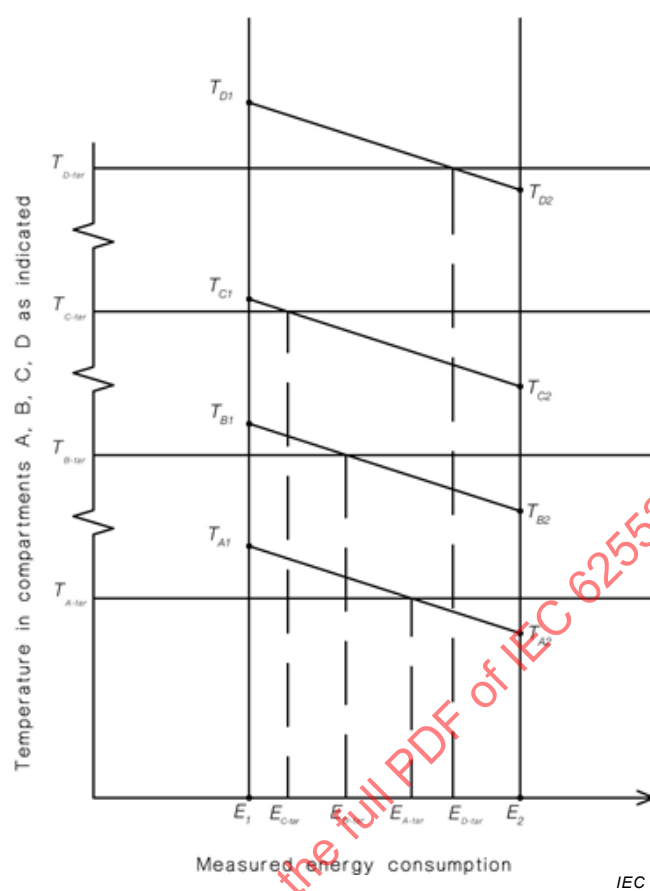
NOTE 1 Lorsqu'un point a tous les **compartiments** inférieurs à leur **température cible** et le second point a tous les **compartiments** supérieurs à leur **température cible**, on ne peut avoir qu'une seule solution (possibilité (b) ci-dessus). Deux solutions peuvent se produire, par exemple, lorsqu'un point a le **compartiment** A inférieur à sa **température cible** et le **compartiment** B est supérieur à sa **température cible**, et lorsque le second point a le **compartiment** A supérieur à sa température ciblée et le **compartiment** B inférieur à sa température cible. Le cas de deux solutions valides (ou plus) pour l'interpolation linéaire de deux points est relativement inhabituel. Voir exemples en Annexe I pour une plage de cas.

Lorsqu'une valeur valide pour l'interpolation $E_{linéaire}$ est trouvée à l'aide de la méthode ci-dessus, les informations supplémentaires suivantes doivent être consignées avec la valeur d'énergie interpolée:

- Compartiment** i qui est utilisé pour donner une valeur valide pour E_{i-cib} et $E_{linéaire}$
- Courbe énergie-température S_i de ce **compartiment** comme indiqué ci-après.

$$S_i = \frac{(E_2 - E_1)}{(T_2 - T_1)} \quad (32)$$

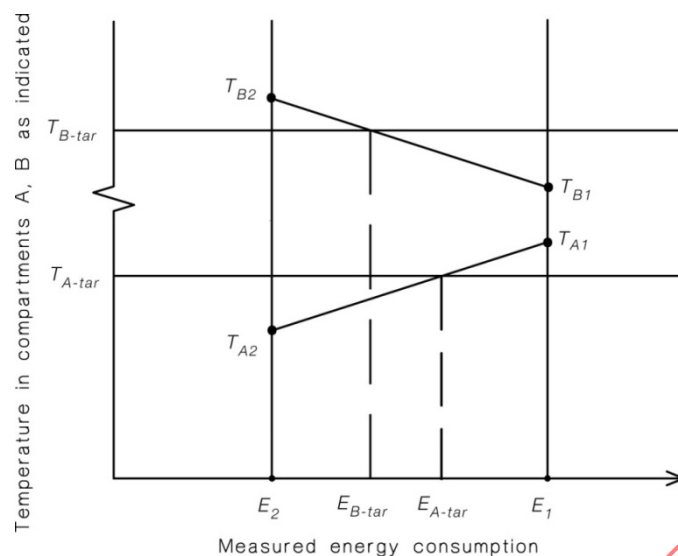
NOTE 2 La valeur de S_i est normalement négative, mais cela dépend de l'agencement des points d'essai 1 et 2.



Légende

Anglais	Français
Temperature in compartments A, B, C, D as indicated	Température dans les compartiments A, B, C, D comme indiqué
Measured energy consumption	Consommation d'énergie mesurée

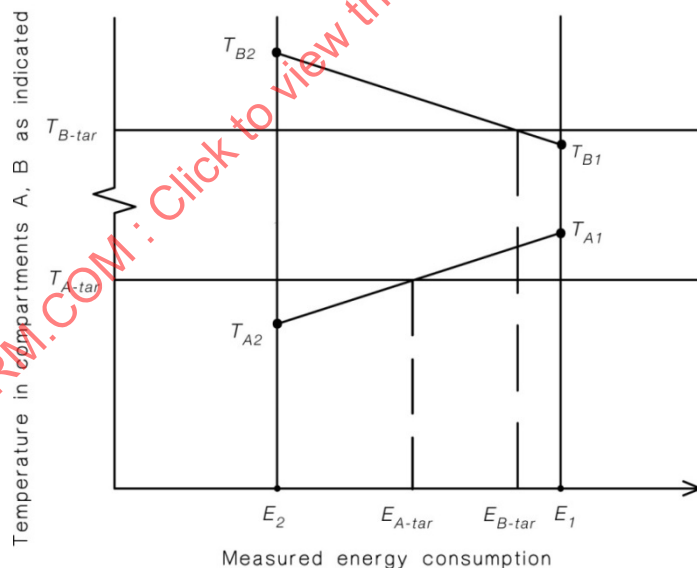
Figure E.1 – Interpolation lorsque les températures varient dans de multiples compartiments (compartiment D critique)



Légende

Anglais	Français
Temperature in compartments A, B as indicated	Température dans les compartiments A, B comme indiqué
Measured energy consumption	Consommation d'énergie mesurée

Figure E.2 – Interpolation avec résultats valides dans les deux compartiments A et B



Légende

Anglais	Français
Temperature in compartments A, B as indicated	Température dans les compartiments A, B comme indiqué
Measure energy consumption	Consommation d'énergie mesurée

Figure E.3 – Interpolation sans résultats valides

E.4 Cas 2: triangulation – trois points d'essai (ou plus)

E.4.1 Généralités

Cet Article définit la méthode de détermination d'une valeur optimale de **consommation d'énergie** d'un **appareil de réfrigération** par interpolation à l'aide de la triangulation de trois cycles d'essai (ou plus) lorsque le réglage de deux **thermostats réglables par l'utilisateur** ou plus est ajusté. Les commandes ajustées peuvent affecter les températures de plusieurs **compartiments**, de sorte que chaque combinaison possible doit être vérifiée en termes de validité. L'interpolation est effectuée mathématiquement.

Le principe est que les trois points d'essai sélectionnés doivent entourer l'intersection de la **température cible** pour les deux **compartiments** examinés, appelée point Q, qui est le point où la **consommation d'énergie** optimale est obtenue (pour les deux **compartiments** en question). Une estimation de la **consommation d'énergie** au point Q est obtenue par une série d'interpolations linéaires.

La valeur déterminée par cette méthode est une approximation de la valeur obtenue si les deux **compartiments** concernés sont ajustés sur un réglage qui, sans les dépasser, rapproche le plus possible les températures des **compartiments** concernés des **températures cibles** spécifiées pour les types de **compartiments** (au point Q).

La triangulation multidimensions peut être effectuée sur trois **compartiments** ou plus de manière similaire, mais le calcul mathématique à l'aide de l'interpolation manuelle (comme défini dans E.4.3) est compliqué et n'est pas documenté dans cette norme. Mais, trois **compartiments** ou plus peuvent être interpolés à l'aide de matrices comme défini dans E.4.6. En général, l'amélioration de l'estimation de l'énergie optimale est uniquement faible lorsque trois ou quatre **compartiments** sont interpolés car l'impact énergétique de plus petits **compartiments** devient généralement très faible. Les améliorations probablement faibles de l'énergie optimale doivent être pondérées par rapport au coût marginal significatif à l'aide de 4 ou 5 points d'essai d'énergie satisfaisants et adaptés (qui sont nécessaires pour l'interpolation sur 3 et 4 **compartiments** avec **thermostats réglables par l'utilisateur** respectivement).

E.4.2 Exigences relatives à la triangulation à deux compartiments (ou plus)

E.4.2.1 Exigences générales

La température dans chaque **compartiment** utilisé dans l'interpolation doit être dans la plage $T_{cib} \pm 4$ K pour toutes les combinaisons de **régles de thermostat** sélectionnées.

E.4.2.2 Triangulation pour un appareil de réfrigération avec deux compartiments

Les exigences relatives à l'interpolation à l'aide de la triangulation sur un **appareil de réfrigération** avec seulement deux **compartiments** (cas 2-0) sont les suivantes:

- a) L'**appareil de réfrigération** doit avoir deux **régles de thermostat réglables par l'utilisateur** qui affectent la température dans deux compartiments.
- b) Il doit y avoir minimum trois mesures de **consommation d'énergie** (points d'essai) aux trois combinaisons de **régles de thermostat** ajustées.
- c) Les points d'essai sélectionnés pour analyse doivent former un triangle qui inclut l'intersection des **températures cibles** pour ces deux **compartiments** (voir Figure E.4, Point Q, Formule (33)).

Si ces conditions sont satisfaites, la triangulation conformément à E.4.3 ou E.4.4 doit être réalisée.

Pour vérifier si le point Q est à l'intérieur du triangle entouré des trois points d'essai, les valeurs suivantes *Contrôle1* et *Contrôle2* sont calculées:

$$\text{Contrôle1} = [(T_{B-cib} - T_{B1}) \times (T_{A2} - T_{A1}) - (T_{A-cib} - T_{A1}) \times (T_{B2} - T_{B1})] \times \\ [(T_{B-cib} - T_{B2}) \times (T_{A3} - T_{A2}) - (T_{A-cib} - T_{A2}) \times (T_{B3} - T_{B2})]$$

$$\text{Contrôle2} = [(T_{B-cib} - T_{B2}) \times (T_{A3} - T_{A2}) - (T_{A-cib} - T_{A2}) \times (T_{B3} - T_{B2})] \times \\ [(T_{B-cib} - T_{B3}) \times (T_{A1} - T_{A3}) - (T_{A-cib} - T_{A3}) \times (T_{B1} - T_{B3})]$$

où

T_{A1} est la température mesurée au point d'essai 1 dans le **compartiment A**

T_{A2} est la température mesurée au point d'essai 2 dans le **compartiment A**

T_{A3} est la température mesurée au point d'essai 3 dans le **compartiment A**

T_{A-cib} est la **température cible** pour le **compartiment A**

T_{B1} est la température mesurée au point d'essai 1 dans le **compartiment B**

T_{B2} est la température mesurée au point d'essai 2 dans le **compartiment B**

T_{B3} est la température mesurée au point d'essai 3 dans le **compartiment B**

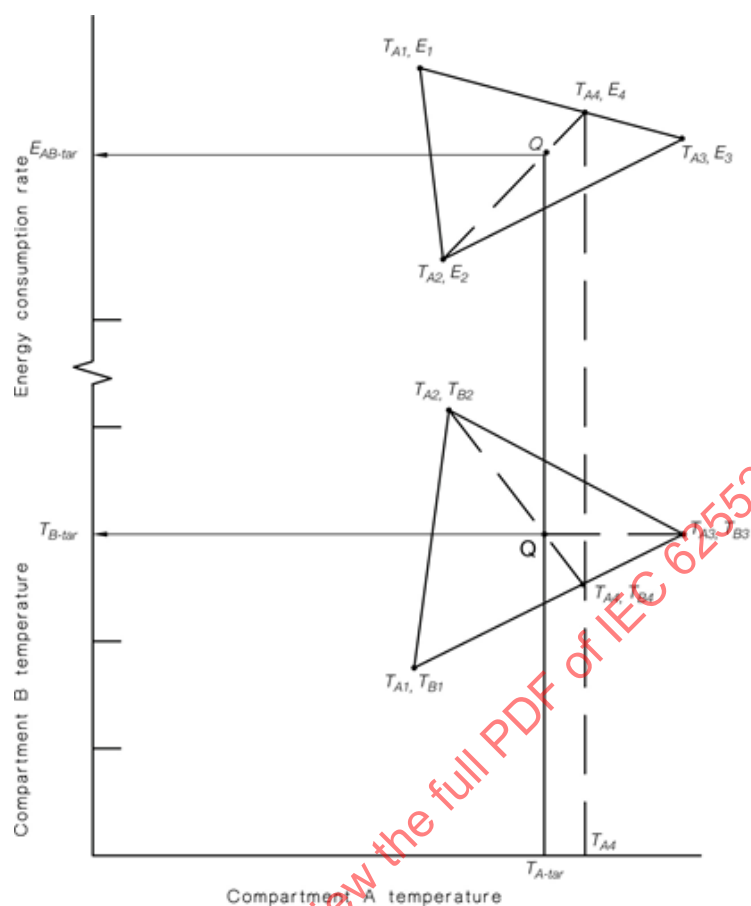
T_{B-cib} est la **température cible** pour le **compartiment B**

Le point Q est dans le triangle formé par les points 1, 2 et 3 si l'inégalité suivante est vraie:

$$\text{Si } \{[\text{Contrôle1} \geq 0] \text{ ET } [\text{Contrôle2} \geq 0]\} = \text{VRAI} \quad (33)$$

NOTE Cette procédure de vérification est basée sur le système de coordonnées barycentrique. Il convient que ces équations soient saisies dans une feuille de calcul pour un usage régulier pour éviter les erreurs. Une valeur de 0 pour *Contrôle1* ou *Contrôle2* indique que le point Q est exactement sur l'un des côtés du triangle et que l'interpolation linéaire pourrait donner le même résultat avec moins de données.

Le tracé des valeurs d'essai avec les deux températures de **compartiment** sur les axes orthogonaux est recommandé et représente un moyen utile de vérifier rapidement si la **température cible** (point Q) est dans le triangle formé par les trois points d'essai. En cas de doute, la validité mathématique définie dans la Formule (33) a priorité sur toute procédure de vérification graphique.



IEC

Légende

Anglais	Français
Energy consumption rate	Taux de consommation d'énergie
Compartment B temperature	Température du compartiment B
Compartment A temperature	Température du compartiment A

NOTE Le calcul des valeurs pour le point 4 est uniquement exigé dans le cas d'une interpolation manuelle sur les 2 compartiments.

Figure E.4 – Représentation schématique de l'interpolation par triangulation

E.4.2.3 Triangulation pour un appareil de réfrigération avec plus de deux compartiments

Lorsqu'il y a plus de deux **compartiments** dans un **appareil de réfrigération**, il existe plusieurs cas possibles qui peuvent s'appliquer, selon la configuration du produit, les combinaisons de **réglage de thermostat** sélectionnées et les données disponibles.

Cas 2-0: Trois points d'essai, triangulation sur deux compartiments

Voir E.4.2.2.

Cas 2-1: Trois points d'essai, triangulation sur deux compartiments, compartiments supplémentaires toujours inférieurs à la température cible

Lorsque trois points d'essai ont été sélectionnés de manière à ce que deux **compartiments** satisfassent aux exigences de E.4.2.2 et la température de tous les **compartiments** supplémentaires reste égale ou inférieure à la **température cible** pour les trois points d'essai, la triangulation conformément à E.4.2.2 doit alors être utilisée et aucun contrôle supplémentaire n'est exigé.

Cas 2-2: Trois points d'essai, triangulation sur deux compartiments, compartiments supplémentaires pas toujours inférieurs à la température cible

Lorsque trois points d'essai ont été sélectionnés de manière à ce que deux **compartiments** satisfassent aux exigences de E.4.2.2 mais la température d'un ou plusieurs **compartiments** supplémentaires ne reste pas inférieure à la **température cible** pour les trois points d'essai, la procédure suivante doit alors être appliquée:

- a) Il doit y avoir trois mesures de **consommation d'énergie** (points d'essai) aux trois combinaisons de **réglages de thermostat** ajustées; et
- b) Les points d'essai sélectionnés pour les **compartiments** sélectionnés pour triangulation doivent former un triangle qui inclut l'intersection des **températures cibles** (voir Figure E.4, Point Q, Formule (33)); et
- c) La triangulation des **compartiments** sélectionnés doit avoir lieu conformément à E.4.4; et
- d) La température calculée de tous les **compartiments** supplémentaires au point Q est égale ou inférieure à leur **température cible** correspondante spécifiée dans E.4.5 (la température dans le **compartiment** C, D etc. est calculée au point Q et vérifiée).

Lorsque les exigences ci-dessus ne sont pas satisfaites, les options suivantes peuvent donner des résultats satisfaisants à partir des données disponibles:

- e) Sélectionner différentes combinaisons de **compartiments** pour triangulation et vérifier si la température calculée de tous les **compartiments** supplémentaires au point Q est égale ou inférieure à la **température cible** conformément à a) à d) ci-dessus; ou
- f) Effectuer des essais supplémentaires pour obtenir davantage de données d'essai qui satisfont aux exigences du cas 2-1 ou du cas 2-2; ou
- g) Effectuer une interpolation linéaire conformément à E.3 pour chaque paire de points d'essai. Lorsque plusieurs résultats valides peuvent être obtenus à l'aide de cette approche, la valeur minimale peut être sélectionnée. Lorsque l'interpolation linéaire peut donner un résultat valide, celui-ci peut ne pas être proche de l'énergie optimale (selon les données disponibles).

Cas 2-3: Quatre points d'essai, triangulation sur trois compartiments, pas de compartiments supplémentaires ou compartiments supplémentaires toujours inférieurs à la cible

Lorsque quatre points d'essai ont été sélectionnés de manière à ce que trois **compartiments** satisfassent aux exigences suivantes:

- h) **L'appareil de réfrigération** doit avoir trois **réglages de thermostat réglables par l'utilisateur** qui affectent la température dans trois **compartiments** ou plus; et
- i) Il doit y avoir quatre mesures de **consommation d'énergie** (points d'essai) aux quatre combinaisons de **réglages de thermostat** ajustées; et
- j) Les points d'essai sélectionnés pour analyse doivent former une pyramide triangulaire à trois dimensions qui inclut l'intersection des **températures cibles** pour ces trois **compartiments**; et
- k) La triangulation doit être effectuée à l'aide de matrices comme défini dans E.4.6.

Cas 2-4: Quatre points d'essai, triangulation sur trois compartiments, compartiments supplémentaires pas toujours inférieurs à la cible

Lorsque quatre points d'essai ont été sélectionnés de manière à ce que trois **compartiments** satisfassent aux exigences suivantes:

- l) L'**appareil de réfrigération** doit avoir trois **réglages de thermostat réglables par l'utilisateur** qui affectent la température dans trois **compartiments** ou plus; et
- m) Il doit y avoir quatre mesures de **consommation d'énergie** (points d'essai) aux quatre combinaisons de **réglages de thermostat** ajustées; et
- n) Les points d'essai sélectionnés pour analyse doivent former une pyramide triangulaire à trois dimensions qui inclut l'intersection des **températures cibles** pour ces trois **compartiments**; et
- o) La température calculée de tous les **compartiments** supplémentaires au point Q est égale ou inférieure à leur **température cible** correspondante spécifiée dans E.4.6 (la température dans le **compartiment** D, E etc. est calculée au point Q et vérifiée); et
- p) La triangulation doit être effectuée à l'aide de matrices comme défini dans E.4.6.

E.4.3 Calculs pour triangulation à deux compartiments – interpolation manuelle

L'approche utilisée pour cette méthode consiste à effectuer une série d'interpolations linéaires pour estimer la **consommation d'énergie** au point Q, où les deux **compartiments** sont à leurs **températures cibles** pour la **consommation d'énergie** (T_{cib}) comme spécifié dans le Tableau 1. Les points d'essai 1, 2 et 3 utilisés pour ces calculs doivent entourer l'intersection des **températures cibles** (T_{cib}) pour chaque **compartiment**, appelé point Q.

Une approche alternative à l'aide de matrices est définie dans E.4.4. Ceci ne nécessite pas le calcul de valeurs pour le point 4.

Trois étapes sont exécutées manuellement dans ce processus:

- Etape 1: Calculer la température d'un nouveau point 4, qui est à l'intersection de la ligne via le point 2 et le point Q et la ligne du point 1 et du point 3.
- Etape 2: Calculer la **consommation d'énergie** au point 4 par interpolation linéaire d'énergie entre le point 1 et le point 3 (les températures dans le **compartiment** A ou B peuvent être utilisées – le **compartiment** A a été utilisé dans les équations ci-après).
- Etape 3: Calculer la **consommation d'énergie** au point Q par interpolation linéaire d'énergie entre le point 4 et le point 2 (les températures dans le **compartiment** A ou B peuvent être utilisées – le **compartiment** A a été utilisé dans les équations ci-après).

Les calculs de ces trois étapes sont définis ci-après.

Les termes utilisés dans les formules suivantes sont:

T_{i-cib}	température cible dans le compartiment i (température au point Q)
T_{i1}	température du point 1 dans le compartiment i (valeur mesurée)
T_{i2}	température du point 2 dans le compartiment i (valeur mesurée)
T_{i3}	température du point 3 dans le compartiment i (valeur mesurée)
T_{i4}	température du point 4 dans le compartiment i (valeur mesurée)
E_1	mesures de consommation d'énergie au point 1 (valeur mesurée)
E_2	mesures de consommation d'énergie au point 2 (valeur mesurée)
E_3	mesures de consommation d'énergie au point 3 (valeur mesurée)
E_4	mesures de consommation d'énergie au point 4 (valeur mesurée)

Etape 1:

Pour deux **compartiments** A et B, la température calculée au point 4 dans le **compartiment** A est:

$$T_{A4} = \frac{\left[T_{B-cib} - \frac{T_{A-cib} \times (T_{B2} - T_{B-cib})}{(T_{A2} - T_{A-cib})} - T_{B1} + \frac{T_{A1} \times (T_{B3} - T_{B1})}{(T_{A3} - T_{A1})} \right]}{\left[\frac{(T_{B3} - T_{B1})}{(T_{A3} - T_{A1})} - \frac{(T_{B2} - T_{B-cib})}{(T_{A2} - T_{A-cib})} \right]} \quad (34)$$

Une grande attention est exigée si ce calcul est réalisé manuellement. Il convient de saisir ces équations dans une feuille de calcul. La feuille de calcul peut alors être vérifiée à l'aide des exemples en Annexe I avant utilisation sur les données d'essai.

Normalement, la Formule (33) ou une approche graphique est utilisée pour vérifier si le point Q est dans le triangle formé par les points 1, 2 et 3. Une alternative au contrôle d'interpolation manuel consiste à garantir que la **température cible** T_{A-cib} est comprise entre T_{A2} et T_{A4} et également que T_{A4} est comprise entre T_{A1} et T_{A3} . Mathématiquement, ceci est représenté par:

- $T_{A4} < T_{A-cib} < T_{A2}$ ou
- $T_{A4} > T_{A-cib} > T_{A2}$

et

- $T_{A1} < T_{A4} < T_{A3}$ ou
- $T_{A1} > T_{A4} > T_{A3}$

Etape 2:

La **consommation d'énergie** calculée au point 4 à l'aide des données de température pour le point 4 calculées à l'étape 1 et des points d'essai 1 et 3 est déterminée comme suit (les températures du **compartiment A** sont utilisées):

$$E_4 = E_1 + (E_3 - E_1) \times \frac{(T_{A4} - T_{A1})}{(T_{A3} - T_{A1})} \quad (35)$$

Etape 3:

La **consommation d'énergie** calculée à la **température cible** à l'aide des données de température et d'énergie pour le point 4 (calculées aux étapes 1 et 2) et du point d'essai 2 est déterminée comme suit (les températures du **compartiment A** sont utilisées):

$$E_{AB-cib} = E_2 + (E_4 - E_2) \times \frac{(T_{A-cib} - T_{A2})}{(T_{A4} - T_{A2})} \quad (36)$$

E_{AB-cib} est la **consommation d'énergie** à la **température cible** des **compartiments A** et **B** à l'aide de la triangulation.

L'ordre des **compartiments A** et **B** n'affecte pas les calculs. Les exemples sont définis dans l'Annexe I.

E.4.4 Calculs pour triangulation à deux compartiments – matrices

Une approche mathématique plus efficace pour déterminer la **consommation d'énergie** optimale à l'aide de l'interpolation pour 3 points d'essai dans E.4.3 (triangulation manuelle) a lieu à l'aide de matrices. Ceci offre une solution rapide et l'approche détermine automatiquement les coefficients énergie – température pour chaque **compartiment** (à savoir l'impact énergétique par degré K de variation de température interne pour chaque **compartiment**, offrant davantage d'informations utiles). Cette approche peut également être

utilisée pour résoudre l'interpolation multidimensionnelle pour trois **compartiments** ou plus comme défini dans E.4.6.

La première étape consiste à confirmer que les données satisfont aux exigences de validité pour la triangulation, à savoir l'intersection des **températures cibles** pour le **compartiment A** et le **compartiment B** (point Q) est dans le triangle formé par les points d'essai 1, 2 et 3. Ceci est effectué à l'aide de la Formule (33) comme défini dans E.4.2.2.

Les conditions de base relatives à l'utilisation de matrices pour la triangulation sur deux **compartiments** doivent supposer que nous avons 3 équations simultanées pour décrire les 3 points d'essai comme suit:

$$E_0 \cdot A \cdot T_{A1} + B \cdot T_{B1} = E_1$$

$$E_0 \cdot A \cdot T_{A2} + B \cdot T_{B2} = E_2$$

$$E_0 \cdot A \cdot T_{A3} + B \cdot T_{B3} = E_3$$

où

T_{Ak} est la température dans le **compartiment A** pour le point d'essai k (1 à 3)

T_{Bk} est la température dans le **compartiment B** pour le point d'essai k (1 à 3)

E_k est la **consommation d'énergie** pour le point d'essai k (1 à 3)

E_0 est une valeur constante pour l'**appareil de réfrigération** à la température d'essai ambiante (en théorie, il s'agit de la **consommation d'énergie** lorsque les deux **compartiments** sont à 0 °C, mais en pratique ceci n'est normalement pas possible à atteindre ni précis) – variable à résoudre

A est une valeur constante pour l'**appareil de réfrigération** à la température d'essai ambiante qui fournit une estimation de l'influence de la température dans le **compartiment A** sur la consommation d'énergie – variable à résoudre

B est une valeur constante pour l'**appareil de réfrigération** à la température d'essai ambiante qui fournit une estimation de l'influence de la température dans le **compartiment B** sur la consommation d'énergie – variable à résoudre

Ces valeurs peuvent être organisées en matrices comme suit:

$$[M_{33}] \times [C_{31}] = [E_{31}] \quad (37)$$

où

$[M_{33}]$ est une matrice 3×3 de valeur de "1" (constante), T_A et T_B pour chaque point d'essai

$[C_{31}]$ est une matrice 3×1 de E_0 , A et B (constantes à résoudre)

$[E_{31}]$ est une matrice 3×1 de E_1 , E_2 et E_3

Au final, ceci est défini comme suit:

$$\begin{bmatrix} 1 & T_{A1} & T_{B1} \\ 1 & T_{A2} & T_{B2} \\ 1 & T_{A3} & T_{B3} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} E_0 \\ A \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \\ E_3 \end{bmatrix}$$

Pour résoudre la matrice de constantes inconnues $[C_{31}]$, rechercher la solution à la multiplication de matrice

$$[M_{33}]^{-1} \times [E_{3I}] = [C_{3I}]$$

L'inverse d'une matrice 3×3 peut être facilement programmée dans la plupart des feuilles de calcul. La résolution de constantes A , B et E_0 permet d'estimer la consommation d'énergie pour n'importe quelles températures de compartiment (à condition que la combinaison de températures soit dans le triangle). Pour la **température cible** dans le **compartiment A** et le **compartiment B**, la consommation d'énergie est définie comme suit:

$$E_{AB-cib} = E_0 \cdot A \cdot T_{A-cib} + B \cdot T_{B-cib}$$

E.4.5 Contrôle de la validité de la température lorsqu'il a plus de deux compartiments pour la triangulation

Lorsqu'un **appareil de réfrigération** a plus de deux **compartiments** comme spécifié dans E.4.2.3 Cas 2-2 (où la température d'au moins un des **compartiments** supplémentaires est supérieure à sa **température cible** pour au moins un des 3 points d'essai), la température de ces **compartiments** supplémentaires au point d'interpolation doit être vérifiée en termes de validité avant le calcul de la **consommation d'énergie**.

La validité des points sélectionnés pour les **compartiments A** et **B** sélectionnés pour triangulation doit être vérifiée comme spécifié dans E.4.2.2 Formule (33) (à savoir ces points entourent Q).

L'approche doit utiliser des matrices de triangulation sur les deux principaux **compartiments A** et **B** pour estimer la température dans chaque **compartiment** supplémentaire au point d'interpolation (point Q). Pour le premier **compartiment** supplémentaire (**compartiment C**), les 3 équations simultanées décrivant les 3 points d'essai sont comme suit:

$$K_C + L_C \times T_{A1} + M_C \times T_{B1} = T_{C1}$$

$$K_C + L_C \times T_{A2} + M_C \times T_{B2} = T_{C2}$$

$$K_C + L_C \times T_{A3} + M_C \times T_{B3} = T_{C3}$$

où

T_{Ak} est la température dans le **compartiment A** pour le point d'essai k (1 à 3)

T_{Bk} est la température dans le **compartiment B** pour le point d'essai k (1 au 3)

T_{Ck} est la température dans le **compartiment C** pour le point d'essai k (1 au 3)

K_C , L_C et M_C sont des constantes estimées pour le **compartiment C**.

$$[M_{33}] \times [C_{3I}] = [T_{C3I}] \quad (38)$$

où

$[M_{33}]$ est une matrice 3×3 de valeur de "1" (constante), T_A et T_B pour chaque point d'essai

$[C_{3I}]$ est une matrice 3×1 de constantes pour le **compartiment C** – K_C , L_C et M_C (constantes à résoudre)

$[T_{C3I}]$ est une matrice 3×1 de T_{C1} , T_{C2} et T_{C3}

Au final, ceci est défini comme suit:

$$\begin{bmatrix} 1 & T_{A1} & T_{B1} \\ 1 & T_{A2} & T_{B2} \\ 1 & T_{A3} & T_{B3} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} K_C \\ L_C \\ M_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_{C1} \\ T_{C2} \\ T_{C3} \end{bmatrix}$$

Pour résoudre la matrice de constantes inconnues $[C_{C3I}]$, rechercher la solution à la multiplication de matrice:

$$[M_{33}]^{-1} \times [T_{C3I}] = [C_{C3I}]$$

La température dans le **compartiment** C est calculée lorsque le **compartiment** A et le **compartiment** B sont à leurs **températures cibles** respectives comme suit:

$$T_{Cx} = K_C + L_C \times T_{A-cib} + M_C \times T_{B-cib}$$

Pour que la triangulation sur le **compartiment** A et le **compartiment** B soit valide, l'exigence suivante doit être satisfaite:

$$T_{C-cib} \geq T_{Cx}$$

Lorsqu'il y a plus de 3 **compartiments** (**compartiments** A, B et C), les valeurs de chaque **compartiment** supplémentaire (**compartiment** D, E, F etc. si applicable) sont substituées pour le **compartiment** C dans les équations ci-dessus et les valeurs spécifiques pour K , L et M pour chaque **compartiment** sont calculées.

Pour que la triangulation sur le **compartiment** A et le **compartiment** B soit valide, les températures dans chaque **compartiment** supplémentaire (**compartiment** C, D, E, F etc.) doivent être égales ou inférieures à leurs **températures cibles** respectives lorsque le **compartiment** A et le **compartiment** B sont à leurs **températures cibles** respectives.

NOTE On doit uniquement effectuer les contrôles sur les **compartiments** qui ont une température mesurée qui est supérieure à sa **température cible** pour un ou deux des trois points d'essai suivants. Les **compartiments** qui sont supérieurs à leur **température cible** pour les trois points d'essai ne donnent jamais de résultat valide.

E.4.6 Calculs pour triangulation à trois compartiments – matrices

L'approche avec des matrices peut être facilement développée pour couvrir une triangulation à trois dimensions également. Lorsque les températures dans n **compartiments** sont simultanément interpolées, il doit y avoir n points d'essai 1 qui entourent l'intersection de toutes les **températures cibles** pour chaque **compartiment** dans n espace dimensionnel.

Lorsqu'un **appareil de réfrigération** a trois **compartiments** et quatre points d'essai obtenus à partir de quatre combinaisons de **réglages de thermostat** comme spécifié dans E.4.2.3 Cas 2-3, l'analyse doit être effectuée à l'aide de matrices. Cette approche s'applique également lorsque tous les **compartiments** supplémentaires sont égaux ou inférieurs à leur **température cible** pour les quatre points d'essai (les **compartiments** supplémentaires peuvent être ignorés dans ce cas).

Pour les trois **compartiments**, les données d'essai exigées seraient:

$$E_0 \ A \cdot T_{A1} \ B \cdot T_{B1} \ X \cdot T_{C1} = E_1$$

$$E_0 \ A \cdot T_{A2} \ B \cdot T_{B2} \ X \cdot T_{C2} = E_2$$

$$E_0 \ A \cdot T_{A3} \ B \cdot T_{B3} \ X \cdot T_{C3} = E_3$$

$$E_0 \ A \cdot T_{A4} \ B \cdot T_{B4} \ X \cdot T_{C4} = E_4$$

T_{Ak} est la température dans le **compartiment** A pour le point d'essai k (1 à 4)

T_{Bk} est la température dans le **compartiment** B pour le point d'essai k (1 au 4)

T_{Ck} est la température dans le **compartiment** C pour le point d'essai k (1 au 4)

E_k est la **consommation d'énergie** pour le point d'essai k (1 à 4)

E_0 est une valeur constante pour l'**appareil de réfrigération** à la température d'essai ambiante (en théorie, il s'agit de la **consommation d'énergie** lorsque les trois **compartiments** sont à 0 °C, mais en pratique ceci n'est normalement pas possible à atteindre ni précis) – variable à résoudre

A est une valeur constante pour l'**appareil de réfrigération** à la température d'essai ambiante qui fournit une estimation de l'influence de la température dans le **compartiment A** sur la consommation d'énergie – variable à résoudre

B est une valeur constante pour l'**appareil de réfrigération** à la température d'essai ambiante qui fournit une estimation de l'influence de la température dans le **compartiment B** sur la consommation d'énergie – variable à résoudre

C est une valeur constante pour l'**appareil de réfrigération** à la température d'essai ambiante qui fournit une estimation de l'influence de la température dans le **compartiment C** sur la consommation d'énergie – variable à résoudre

Ces valeurs peuvent être organisées en matrices comme suit:

$$[M_{44}] \times [C_{41}] = [E_{41}] \quad (39)$$

$[M_{44}]$ est une matrice 4×4 de 1 (constante), T_A , T_B et T_C pour chaque point d'essai

$[C_{41}]$ est une matrice 4×1 de E_0 , A , B et C (constantes à résoudre)

$[E_{41}]$ est une matrice 4×1 de E_1 , E_2 , E_3 et E_4 .

La résolution des constantes A , B , C et E_0 permet d'estimer la consommation d'énergie pour n'importe quelles températures de compartiment (à condition que la combinaison de températures soit dans le prisme triangulaire). Pour la **température cible** dans le **compartiment A**, le **compartiment B** et le **compartiment C**, la consommation d'énergie est définie comme suit:

$$E_{ABC-cib} = E_0 + A \cdot T_{A-cib} + B \cdot T_{B-cib} + C \cdot T_{C-cib}$$

Il doit y avoir des contrôles pour garantir que les 4 points entourent totalement le point Q dans l'espace à trois dimensions. L'approche ci-après définit un moyen mathématique de confirmer que les données sont valides.

Nous définissons d'abord les 4 sommets du tétraèdre dans un espace à 3 dimensions en fonction des 4 groupes de mesures de température comme suit:

Sommet 1 = T_{A1} , T_{B1} , T_{C1}

Sommet 2 = T_{A2} , T_{B2} , T_{C2}

Sommet 3 = T_{A3} , T_{B3} , T_{C3}

Sommet 4 = T_{A4} , T_{B4} , T_{C4}

Nous voulons vérifier si le point Q (dans ce cas, T_{A-cib} , T_{B-cib} , T_{C-cib}) est à l'intérieur du tétraèdre.

A cet effet, calculer le déterminant de chacune des cinq matrices suivantes:

$$D_0 \text{ pour } \begin{vmatrix} T_{A1} & T_{B1} & T_{C1} & 1 \\ T_{A2} & T_{B2} & T_{C2} & 1 \\ T_{A3} & T_{B3} & T_{C3} & 1 \\ T_{A4} & T_{B4} & T_{C4} & 1 \end{vmatrix}$$

$$D_1 \text{ pour } \begin{vmatrix} T_{A-cib} & T_{B-cib} & T_{C-cib} & 1 \\ T_{A2} & T_{B2} & T_{C2} & 1 \\ T_{A3} & T_{B3} & T_{C3} & 1 \\ T_{A4} & T_{B4} & T_{C4} & 1 \end{vmatrix}$$

$$D_2 \text{ pour } \begin{vmatrix} T_{A1} & T_{B1} & T_{C1} & 1 \\ T_{A-cib} & T_{B-cib} & T_{C-cib} & 1 \\ T_{A3} & T_{B3} & T_{C3} & 1 \\ T_{A4} & T_{B4} & T_{C4} & 1 \end{vmatrix}$$

$$D_3 \text{ pour } \begin{vmatrix} T_{A1} & T_{B1} & T_{C1} & 1 \\ T_{A2} & T_{B2} & T_{C2} & 1 \\ T_{A-cib} & T_{B-cib} & T_{C-cib} & 1 \\ T_{A4} & T_{B4} & T_{C4} & 1 \end{vmatrix}$$

$$D_4 \text{ pour } \begin{vmatrix} T_{A1} & T_{B1} & T_{C1} & 1 \\ T_{A2} & T_{B2} & T_{C2} & 1 \\ T_{A3} & T_{B3} & T_{C3} & 1 \\ T_{A-cib} & T_{B-cib} & T_{C-cib} & 1 \end{vmatrix}$$

NOTE Le déterminant d'une matrice peut être facilement programmé dans la plupart des feuilles de calcul (par exemple, la fonction MDETERM dans Excel calcule cette valeur).

Comme contrôle $D_0 = D_1 + D_2 + D_3 + D_4$

Si D_1 et D_2 et D_3 et D_4 ont le même signe que D_0 , le point Q est à l'intérieur du tétraèdre.

Si $D_0 = 0$, les points forment alors un plan (pas un tétraèdre)

Si D_1 , D_2 , D_3 ou $D_4 = 0$, Q est alors sur cette face du tétraèdre (il s'agit encore d'un résultat valide).

L'approche générale peut être développée pour appliquer cinq points pour quatre compartiments.

L'approche peut également être appliquée pour évaluer trois points pour deux compartiments comme suit (il s'agit techniquement de la même approche que celle définie dans E.4.2.2, mais dans un format ordinaire):

A cet effet, calculer le déterminant de chacune des quatre matrices suivantes:

$$D_0 \text{ pour } \begin{vmatrix} T_{A1} & T_{B1} & 1 \\ T_{A2} & T_{B2} & 1 \\ T_{A3} & T_{B3} & 1 \end{vmatrix}$$

$$D_1 \text{ pour } \begin{vmatrix} T_{A-cib} & T_{B-cib} & 1 \\ T_{A2} & T_{B2} & 1 \\ T_{A3} & T_{B3} & 1 \end{vmatrix}$$

$$D_2 \text{ pour } \begin{vmatrix} T_{A1} & T_{B1} & 1 \\ T_{A-cib} & T_{B-cib} & 1 \\ T_{A3} & T_{B3} & 1 \end{vmatrix}$$

$$D_3 \text{ pour } \begin{vmatrix} T_{A1} & T_{B1} & 1 \\ T_{A2} & T_{B2} & 1 \\ T_{A-cib} & T_{B-cib} & 1 \end{vmatrix}$$

Comme contrôle $D_0 = D_1 + D_2 + D_3$

Si D_1 et D_2 et D_3 ont le même signe que D_0 , le point Q est alors à l'intérieur du triangle.

Si $D_0 = 0$, les points forment alors une ligne (pas un triangle)

Si D_1 , D_2 ou $D_3 = 0$, le point Q est alors de ce côté du triangle.

Lorsqu'un **appareil de réfrigération** a plus de trois **compartiments** et que ceux-ci ne sont pas toujours égaux ou inférieurs à leur **température cible** comme spécifié dans E.4.2.3 Cas 2-4, la température de ces **compartiments** supplémentaires au point d'interpolation doit être vérifiée en termes de validité avant le calcul de la **consommation d'énergie**. L'approche générale est similaire à celle définie dans E.4.5.

L'approche doit utiliser des matrices de triangulation sur les trois principaux **compartiments** A, B et C pour estimer la température dans chaque **compartiment** supplémentaire au point d'interpolation (point Q). Pour le premier **compartiment** supplémentaire à vérifier (**compartiment** C), les 4 équations simultanées décrivant les 4 points d'essai sont comme suit:

$$K_D + L_D \times T_{A1} + M_D \times T_{B1} + N_D \times T_{C1} = T_{D1}$$

$$K_D + L_D \times T_{A2} + M_D \times T_{B2} + N_D \times T_{C2} = T_{D2}$$

$$K_D + L_D \times T_{A3} + M_D \times T_{B3} + N_D \times T_{C3} = T_{D3}$$

$$K_D + L_D \times T_{A4} + M_D \times T_{B4} + N_D \times T_{C4} = T_{D4}$$

Les matrices sont alors utilisées pour résoudre les constantes K_D , L_D , M_D et N_D . La température du **compartiment** D est alors vérifiée lorsque les **compartiments** A, B et C sont à leurs **températures cibles**. Le **compartiment** D doit être égal ou inférieur à la **température cible** à ce point pour que la triangulation soit valide. Ce processus est alors exécuté sur les **compartiments** E, F etc. supplémentaires qui ne sont pas toujours inférieurs à leur **température cible** pour tous les points d'essai.

En théorie, l'approche générale consistant à utiliser les matrices pourrait être développée pour couvrir les interpolations à 4 ou 5 dimensions (nécessitant 5 ou 6 points d'essai appropriés). En pratique, il y a probablement une légère valeur supplémentaire outre l'interpolation pour 2, ou parfois 3, **compartiments**.

Des exemples de calculs pour triangulation sont définis en Annexe I.

Annexe F (normative)

Consommation d'énergie des auxiliaires spécifiés

F.1 Objet

La présente Annexe définit les exigences relatives à la détermination de la **consommation d'énergie** des auxiliaires spécifiés. Les auxiliaires qui sont spécifiés dans cette norme sont des chauffages anticondensation à température ambiante régulée et des appareils à glaçons automatiques avec réservoir.

NOTE D'autres types d'auxiliaires spécifiés peuvent être inclus à l'avenir.

Lorsqu'un **appareil de réfrigération** ne contient pas d'auxiliaires spécifiés, aucun essai conformément à cette Annexe n'est exigé.

F.2 Chauffages anticondensation à température ambiante régulée

F.2.1 Présentation de la méthode

La consommation électrique de l'appareil est mesurée comme spécifié dans la présente Annexe avec des chauffages anticondensation électriques à commande automatique éteints ou désactivés, si possible.

Le fournisseur déclare qu'un chauffage anticondensation à température ambiante régulée est inclus dans l'**appareil de réfrigération** et fournit les données concernant le fonctionnement du chauffage en fonction d'une grande plage d'humidités ambiantes et de **températures ambiantes**, si applicable, comme défini dans le Tableau F.1. Lorsqu'un produit a un réglage réglable par l'utilisateur qui peut modifier la puissance du chauffage anticondensation à température ambiante régulée, les valeurs à la puissance maximale et minimale doivent être consignées comme défini dans F.2.8.

Si un produit a un chauffage anticondensation à température ambiante régulée qui n'est pas déclaré par le fabricant, celui-ci peut être traité comme dispositif de contournement.

Pour les auxiliaires déclarés, la puissance que le chauffage utiliserait dans des conditions de fonctionnement régionales locales peut être synthétisée à l'aide de la distribution de ces conditions ambiantes sur une année (partage de temps à chaque combinaison de conditions, en fonction de l'analyse des données climatiques régionales). La consommation électrique annuelle moyenne qui en résulte est multipliée par un facteur de perte du système pour compenser la puissance de réfrigération supplémentaire qui serait exigée pour éliminer une partie de la chaleur du chauffage qui fuit dans l'**appareil de réfrigération**. L'énergie totale (corrigée par le facteur de perte du système) est alors ajoutée à la **consommation d'énergie** annuelle estimée pour la région. Le facteur de perte du système supposé dans cette norme est 1,3.

NOTE Le facteur de perte du système est basé sur des mesures empiriques.

Le fonctionnement du chauffage anticondensation peut être vérifié au moyen d'essais spécifiques dans une plage de conditions pour garantir que la déclaration du fabricant est précise.

Il convient que les laboratoires vérifient si les valeurs mesurées ou implicites de la puissance du chauffage pour différentes températures et différents niveaux d'humidité sont consistantes avec la puissance du chauffage déclarée fournie par le fabricant dans le Tableau F.1.

F.2.2 Méthode de mesure

Lorsque des mesures spécifiques doivent être effectuées pour confirmer ou vérifier le fonctionnement du chauffage anticondensation à température ambiante régulée, celles-ci doivent généralement être exécutées conformément à l'Annexe A et à l'Annexe B.

F.2.3 Exigences relatives aux données

Pour les produits avec un chauffage anticondensation à température ambiante régulée, le fabricant doit avoir une documentation sur le fonctionnement de la puissance de chauffage sous forme de fonction continue ou progressive de la **température ambiante** et de l'humidité ambiante.

Pour calculer l'impact énergétique des chauffages anticondensation à température ambiante régulée conformément à la présente Norme internationale, les données sur le fonctionnement de la puissance de chauffage doivent être converties en données de puissance pour une grande plage de valeurs d'humidité et de température ambiantes. Ceci est généralement au format d'un tableau de la puissance moyenne du chauffage anticondensation pour chacune des 10 bandes d'humidité spécifiées et les 3 **températures ambiantes** spécifiées. Si d'autres facteurs en plus de l'humidité et/ou de la température peuvent affecter le fonctionnement des chauffages anticondensation à température ambiante régulée, ces paramètres sont également exigés.

Les valeurs de **température ambiante** pour le calcul de l'énergie du chauffage anticondensation dans la présente Norme internationale sont 16 °C, 22 °C et 32 °C.

Lorsque les conditions ambiantes internes spécifiées sont considérées comme adéquates pour estimer avec précision la **consommation d'énergie** de ces chauffages dans la plupart des conditions, certaines régions peuvent souhaiter spécifier des températures supplémentaires. Les températures internes sont les plus intéressantes car à 16 °C et 32 °C, il s'agit de températures d'essai d'énergie (et elles représentent un ensemble d'applications types dans de nombreuses régions) et 22 °C est une température intérieure type pour les espaces conditionnés.

Un exemple de format des données de chauffage à fournir pour les **températures ambiantes** internes est défini dans les trois dernières colonnes du Tableau F.1.

F.2.4 Données météorologiques régionales

Afin d'effectuer les calculs exigés pour le fonctionnement des chauffages anticondensation à température ambiante régulée, les régions doivent préparer une carte de probabilité de données de température et d'humidité qui est adaptée à leurs conditions intérieures locales. Il convient d'utiliser les probabilités pondérées en fonction de la population, si possible. L'objectif est de fournir une distribution qui est plus représentative des conditions de fonctionnement intérieures annuelles que l'**appareil de réfrigération** est susceptible de rencontrer pendant l'**utilisation normale**.

NOTE L'obtention de données de température et d'humidité intérieures représentatives peut être onéreuse. La distribution de température dépend du climat et de l'étendue de la climatisation intérieure utilisée (chauffage et/ou refroidissement). Certaines analyses ont montré que les niveaux d'humidité absolue intérieurs sont largement équivalents aux niveaux d'humidité absolue extérieurs (en notant qu'ils doivent être corrigés pour les différences de température lors du calcul des niveaux d'humidité relative).

Un exemple de format de données intérieures régionales fourni est défini dans les colonnes trois, quatre et cinq du Tableau F.1.

Les régions peuvent choisir de ne pas utiliser les trois **températures ambiantes** spécifiées dans le Tableau F.1. Les régions peuvent utiliser des **températures ambiantes** supplémentaires au-delà de celles spécifiées dans le Tableau F.1.

F.2.5 Calcul de la consommation électrique

Il convient de fournir les données comme défini dans le Tableau F.1.

NOTE Les valeurs régionales (R_1 à R_{30}) sont normalement définies par l'autorité régionale correspondante. Les valeurs de puissance qui sont spécifiques à ces valeurs régionales (P_{H1} à P_{H30} pour les bacs R_1 à R_{30}) sont normalement fournies par le fournisseur ou fabricant de produits.

Il convient généralement que les valeurs de tous les bacs d'humidité dans toutes les **températures ambiantes** intérieures soient ajoutées selon une valeur de 1 (100 %) pour faciliter le contrôle des données (à savoir la somme de R_1 à $R_{30} = 1$). Ceci nécessite que les bacs d'humidité à chaque **température ambiante** soient pondérés par le partage de temps à chaque **température ambiante**.

Tableau F.1 – Format des données de température et d'humidité – chauffages anticondensation à température ambiante régulée

Humidité relative	Milieu de la bande HR	Probabilité é à 16 °C	Probabilité é à 22 °C	Probabilité é à 32 °C	Chauffage W à 16 °C	Chauffage W à 22 °C	Chauffage W à 32 °C
0 % à 10 %	5 %	R_1	R_{11}	R_{21}	P_{H1}	P_{H11}	P_{H21}
10 % à 20 %	15 %	R_2	R_{12}	R_{22}	P_{H2}	P_{H12}	P_{H22}
20 % à 30 %	25 %	R_3	R_{13}	R_{23}	P_{H3}	P_{H13}	P_{H23}
30 % à 40 %	35 %	R_4	R_{14}	R_{24}	P_{H4}	P_{H14}	P_{H24}
40 % à 50 %	45 %	R_5	R_{15}	R_{25}	P_{H5}	P_{H15}	P_{H25}
50 % à 60 %	55 %	R_6	R_{16}	R_{26}	P_{H6}	P_{H16}	P_{H26}
60 % à 70 %	65 %	R_7	R_{17}	R_{27}	P_{H7}	P_{H17}	P_{H27}
70 % à 80 %	75 %	R_8	R_{18}	R_{28}	P_{H8}	P_{H18}	P_{H28}
80 % à 90 %	85 %	R_9	R_{19}	R_{29}	P_{H9}	P_{H19}	P_{H29}
90 % à 100 %	95 %	R_{10}	R_{20}	R_{30}	P_{H10}	P_{H20}	P_{H30}

La puissance peut être calculée comme suit:

$$W_{chauffages} = \left[\sum_{i=1}^k (R_i \times P_{Hi}) \right] \times 1,3 \quad (40)$$

où

$W_{chauffages}$ est la consommation électrique supplémentaire moyenne annuelle associée au chauffage anticondensation à température ambiante régulée

R_i est un facteur régional pour indiquer la probabilité du bac de température et d'humidité i th dans le Tableau F.1

P_{Hi} est la puissance de chauffage moyenne associée au bac de température et d'humidité i th dans le Tableau F.1

k est le nombre total de bacs de température et d'humidité utilisés (= 30 si tous les bacs dans le Tableau F.1 sont utilisés)

1,3 est le facteur de perte supposé (correspond à l'énergie utilisée par le chauffage (1,0) plus un composant de perte de 0,3 pour représenter la perte de chaleur dans le **compartiment** et son élimination ultérieure par le système de réfrigération)

Certaines régions peuvent souhaiter spécifier un nombre réduit ou supplémentaire de bacs à **température ambiante**.

F.2.6 Lorsque les chauffages anticondensation ne peuvent pas être désactivés mais leur consommation électrique peut être mesurée directement

La puissance mesurée des chauffages anticondensation à commande automatique à partir des cycles d'essai lorsque les températures de **compartiment** étaient les plus proches de la cible doit être multipliée par 1,3 (facteur de perte du système) et doit être déduite du résultat d'essai d'énergie interpolé. La puissance que les chauffages utiliseraient aux **températures ambiantes** et niveaux d'humidité exigés est alors synthétisée et ajoutée au résultat d'essai exactement de la même manière que pour les modèles pour lesquels les chauffages ont été désactivés.

Il convient que les laboratoires vérifient si les valeurs mesurées de la puissance du chauffage pour différentes températures et différents niveaux d'humidité sont consistantes avec la puissance du chauffage revendiquée fournie par le fabricant dans le Tableau F.1.

F.2.7 Lorsque les chauffages anticondensation ne peuvent pas être désactivés et leur consommation électrique ne peut pas être mesurée directement

L'humidité relative de la salle d'essai doit être mesurée pendant un essai d'énergie. La puissance déclarée des chauffages anticondensation à commande automatique à cette température ambiante et humidité doit être multipliée par 1,3 (facteur de perte du système) et doit être déduite du résultat d'essai d'énergie interpolé. La puissance que les chauffages utiliseraient à 16 °C, 22 °C et 32 °C et à dix valeurs médianes de bande d'humidité est alors synthétisée et ajoutée au résultat d'essai exactement de la même manière que pour les modèles pour lesquels les chauffages ont été désactivés.

Il convient que les laboratoires vérifient si les valeurs implicites de la puissance du chauffage pour différentes températures et différents niveaux d'humidité sont consistantes avec la puissance du chauffage déclarée fournie par le fabricant dans le Tableau F.1.

F.2.8 Lorsque les chauffages anticondensation ont un réglage réglable par l'utilisateur

Lorsque le produit a un réglage réglable par l'utilisateur qui affecte la puissance utilisée par les chauffages anticondensation, qui sont le cas échéant automatiquement commandés en réponse aux conditions ambiantes, la **consommation d'énergie** à la valeur d'énergie maximale et minimale sélectionnable par l'utilisateur (conformément aux règles pour un chauffage à commande manuelle) doit être calculée et consignée séparément. L'approche définie dans F.2.5, F.2.6 ou F.2.7, si applicable, doit être utilisée pour déterminer les valeurs maximales et minimales pour les chauffages anticondensation.

F.3 Appareils à glaçons automatiques – énergie pour fabriquer des glaçons

F.3.1 Généralités

Les appareils à glaçons automatiques sont divisés en deux catégories différentes:

- Appareils raccordés à l'eau courante – lorsque l'eau fraîche provenant d'une source externe est raccordée à l'**appareil de réfrigération**;
- Appareils avec réservoir – lorsque l'eau fraîche est utilisée à partir d'un réservoir interne qui est rempli par l'utilisateur lorsqu'il est vide.

NOTE Les méthodes d'essai pour les appareils à glaçons raccordés à l'eau courante sont à l'étude.

F.3.2 Appareils à glaçons avec réservoir

F.3.2.1 Objet

Cet essai a pour but de quantifier l'énergie incrémentielle exigée pour fabriquer une quantité donnée de glaçons dans un appareil à glaçons automatique avec réservoir. Ce paragraphe définit:

- une description de la procédure
- une définition de la configuration de la préparation et des conditions de démarrage
- une évaluation de la date de fin de l'essai
- les mesures et calculs à effectuer
- les valeurs à relever

D'un point de vue de la conception, cet essai est similaire à l'essai de rendement du traitement de la charge définie en Annexe G, mais il couvre uniquement le composant de fabrication de glaçons pour les produits qui ont un appareil à glaçons automatique et qui utilisent une alimentation en eau avec réservoir.

Lorsque la **consommation d'énergie** pour fabriquer des glaçons est exprimée ou déclarée pour un appareil à glaçons automatique avec glaçons conformément à la présente Norme, la procédure spécifiée dans cette Annexe doit être utilisée.

F.3.2.2 Description générale

Les appareils à glaçons avec réservoir ont un réservoir de stockage d'eau dans un **compartiment non congelé**. L'appareil à glaçons continue à fabriquer des glaçons jusqu'à ce que le bac de fabrication de glaçons (souvent configuré sous forme de tiroir externe séparé) soit plein ou que le réservoir atteigne son niveau d'eau minimum (on ne peut pas pomper plus d'eau au-delà de ce niveau). Pour l'essai de fabrication de glaçons, le bac de fabrication de glaçons est vidé et une faible quantité d'eau est ajoutée dans le réservoir, il fabrique ainsi des glaçons et l'eau chute au niveau d'eau minimum de son propre accord. L'appareil est alors utilisé dans des conditions de **régime permanent**. Au démarrage de l'essai, une quantité d'eau donnée à **température ambiante** est ajoutée (la valeur par défaut est 300 g ou 0,300 kg). L'appareil fabrique automatiquement des glaçons jusqu'à ce que le niveau d'eau minimum soit de nouveau atteint de son propre accord. Les mesures pendant cet essai sont utilisées pour déterminer l'énergie supplémentaire utilisée pour fabriquer des glaçons.

F.3.2.3 Conditions d'essai

Cet essai est réalisé conformément aux exigences pour un essai d'énergie normal, sauf que le produit est configuré pour permettre la fabrication de glaçons dans son appareil à glaçons automatique. Cet essai est généralement réalisé de manière adjacente (après ou avant) à un essai de **consommation d'énergie** normal. L'essai est réalisé à des **températures ambiantes** de 16 °C et 32 °C.

F.3.2.4 Paramétrage, équipements et préparation

Lorsqu'un essai de fabrication de glaçons automatique avec réservoir est utilisé comme base d'une déclaration de fabrication, la température moyenne de tous les **compartiments** qui sont utilisés pour stocker l'eau et fabriquer/stocker des glaçons doit être égale ou inférieure aux **températures cibles** correspondantes spécifiées dans 5.1.

NOTE 1 Toutes les températures spécifiées dans ce paragraphe s'appliquent pour des conditions de **régime permanent** et n'incluent pas l'impact de température de toute **période de dégivrage et de reprise** (si applicable).

Pour les essais de vérification, les températures du bac de fabrication de glaçons et des **compartiments de denrées fraîches** (le **compartiment** où est entreposé le réservoir) doivent être à ± 1 K de la **température cible** correspondante. Alternativement, les résultats de

deux essais de fabrication de glaçons peuvent être interpolés à la **température cible** du **compartiment de denrées fraîches** lorsque les commandes des autres **compartiments** ne sont pas ajustées.

NOTE 2 Généralement, cet essai est réalisé après un essai d'énergie dans les mêmes conditions générales.

Un ensemble d'échelles doit mesurer le volume du réservoir d'eau au début et à la fin de l'essai.

Le bac d'entreposage des glaçons doit être vidé et largement exempt de glaçons. Le capteur automatique qui commande si les glaçons sont fabriqués, peut fonctionner normalement.

Lorsque l'appareil fonctionne, l'eau doit être ajoutée (environ 100 g de plus que le niveau d'eau minimum – suffisamment pour garantir que des glaçons peuvent être fabriqués). Le réservoir est placé dans sa position normale et peut fonctionner normalement et fabriquer des glaçons jusqu'à ce que le réservoir atteigne son niveau d'eau minimum et que plus aucun glaçon ne puisse être fabriqué. L'appareil peut alors fonctionner dans des conditions de **régime permanent** pendant au moins 6 h.

Aucun réglage à court terme, commande ou fonction ne peut être initié ou modifié pendant la préparation ou pendant la fabrication de glaçons pour l'essai.

S'il n'est pas limité par le **volume** du réservoir ou la capacité du bac d'entreposage des glaçons, le volume de glaçons à fabriquer est de 300 g (0,300 kg), sauf spécification contraire dans les exigences régionales ou conditions d'essai.

L'eau introduite dans le réservoir au début de l'essai doit être mesurée dans une bouteille PET de 500 g et doit être entreposée dans la salle d'essai, qui fonctionne à la **température ambiante** correspondante, pendant plus de 15 h avant le début de l'essai de fabrication de glaçons. Voir Annexe G pour la spécification relative à une bouteille PET.

F.3.2.5 Début de l'essai

Pour les **appareils de réfrigération** sans **cycle de commande de dégivrage**, l'essai de fabrication de glaçons doit être précédé d'une période de fonctionnement, au **réglage de thermostat** utilisé pour l'essai de fabrication de glaçons, qui pourrait être admis comme une période d'essai d'énergie valide conformément à l'Article B.3.

Pour un **appareil de réfrigération** avec un ou plusieurs systèmes de dégivrage (chacun avec son propre **cycle de commande de dégivrage**), l'essai de fabrication de glaçons doit être précédé de ce qui suit:

- une période d'essai d'énergie qui satisfait à l'Article B.3 au **réglage de thermostat** utilisé pour l'essai de fabrication de glaçons, ou
- une période d'essai d'énergie qui satisfait à l'Article B.4 au **réglage de thermostat** utilisé pour l'essai de fabrication de glaçons, ou
- une **période de dégivrage et reprise** qui satisfait à l'Article C.3 au **réglage de thermostat** utilisé pour l'essai de fabrication de glaçons (si applicable).

Pour tous les types de produits, les **réglages de thermostat** doivent rester inchangés pendant la durée de l'essai de fabrication de glaçons.

Pour les produits simples avec cycles de compresseur réguliers, une activation du compresseur peut être utilisée comme début de l'essai de fabrication de glaçons. Pour les produits plus complexes, une température maximale dans le **compartiment** qui domine la **consommation d'énergie** peut être utilisée comme début de l'essai de fabrication de glaçons (voir Annexe B pour plus de détails). Lorsque le réservoir est inséré pendant la **période de dégivrage et reprise**, le début de l'essai est défini comme le début de cette **période de dégivrage et reprise**.

NOTE Il convient généralement de ne pas effectuer de remplissage du réservoir d'eau pendant la **période de dégivrage et reprise** (avant l'établissement des conditions de **régime permanent**).

La porte menant au **compartiment** où est entreposé le réservoir est ouverte au moment indiqué comme défini ci-dessus pour remplir le réservoir. La porte doit être laissée ouverte selon un angle d'au moins 90 degrés à partir de la position fermée qui est la plus proche possible en une minute (± 5 s). Lorsque deux portes permettent d'accéder au **compartiment** où est entreposé le réservoir, les deux portes doivent être ouvertes ensemble. Pendant cette période d'une minute:

- Lorsque le réservoir est amovible:
 - Mesurer et consigner le volume total du réservoir et de l'eau résiduelle.
 - Ajouter l'eau des bouteilles PET à **température ambiante** dans le réservoir.
 - Mesurer et consigner de nouveau le volume total du réservoir et d'eau.
 - Remettre le réservoir dans sa position normale.
- Lorsque le réservoir n'est pas amovible:
 - Mesurer le volume d'eau ajouté au réservoir.
- Fermer la porte.
- Laisser l'appareil démarrer normalement la fabrication de glaçons.

F.3.2.6 Fin de l'essai

L'essai de fabrication de glaçons est terminé lorsqu'une période de fonctionnement stable a été atteinte après avoir fabriqué les glaçons et le réservoir est à son niveau d'eau minimum. La période d'essai est terminée à la fin d'un **cycle de régulation de température** complet. Les **réglages de thermostat** doivent rester inchangés pendant la durée de l'essai de fabrication de glaçons.

Les essais pour l'essai de fabrication de glaçons pour un **appareil de réfrigération** sans système de dégivrage (chacun avec son propre **cycle de commande de dégivrage**) doivent être terminés avec une période d'essai d'énergie qui satisfait à l'Article B.3.

Les essais pour l'essai de fabrication de glaçons pour un **appareil de réfrigération** avec un ou plusieurs systèmes de dégivrage (avec son propre **cycle de commande de dégivrage**) sont terminés avec une période d'essai d'énergie qui satisfait à:

- l'Article B.3 (notamment les exigences de validité), ou
- l'Article B.4 (notamment les exigences de validité) qui prend fin avec une **période de dégivrage et reprise** qui satisfait aux exigences de validité de C.3 (si applicable).

Pour les **appareils de réfrigération** avec un ou plusieurs **cycles de commande de dégivrage**, toute **période de dégivrage et reprise** qui intervient pendant l'essai de fabrication de glaçons (à savoir avant que tous les glaçons n'aient été fabriqués et que les conditions de **régime permanent** n'aient été établies) doit pouvoir continuer jusqu'à la fin. La fin de l'essai de fabrication de glaçons est quand les conditions de **régime permanent** sont atteintes et après la fin d'une **période de dégivrage et reprise** valide comme spécifié ci-dessus.

Lorsque les conditions ci-dessus ont été établies, la porte est ouverte et le réservoir est retiré et pesé. Le volume final du réservoir et de l'eau résiduelle est consigné. Il convient de noter le volume approximatif de glaçons à la fin de l'essai et la qualité des glaçons. Lorsque le réservoir ne peut pas être retiré, le volume de glaçons supplémentaires fabriqués pendant l'essai doit être consigné.

Le critère de validité supplémentaire suivant s'applique aux paramètres mesurés au début (avant insertion de l'eau) et à la période de stabilité à la fin de l'essai de fabrication de glaçons automatique:

- La différence de la puissance **continue** P_{SSM} ne doit pas dépasser 5 % ou 2 W, quelle que soit la valeur la plus élevée.

Lorsque la validité initiale est déterminée à l'aide d'un dégivrage dans l'Article C.3 (voir F.3.2.5) car la validité avec l'Article B.3 ou l'Article B.4 ne peut pas être établie (par ex.: en raison d'une durée d'essai insuffisante), la puissance **continue** initiale P_{SSM} ci-dessus est considérée comme la puissance moyenne de la période D et de la période F (cas DF1 dans l'Article C.3).

Dans le cas d'un **appareil de réfrigération** avec un ou plusieurs systèmes de dégivrage (chacun avec son propre **cycle de commande dégivrage**), lorsque les conditions ci-dessus ne sont pas satisfaites, l'appareil doit être utilisé jusqu'à ce que la **période de dégivrage et reprise** suivante soit terminée et qu'une nouvelle condition de **régime permanent** soit établie et évaluée par rapport à ce critère.

Si ce critère de validité ne peut pas être satisfait après un dégivrage, l'essai doit être répété. Le résultat de l'essai répété est utilisé pour déterminer la **consommation d'énergie** pour l'essai de fabrication de glaçons. Retirer les glaçons fabriqués à partir de l'essai précédent après avoir établi le **régime permanent** et pesé les glaçons. Il convient que le temps d'ouverture de porte ne dépasse pas 20 s. Redémarrer l'essai de fabrication de glaçons, en commençant par le **cycle de régulation de température** après le **cycle de régulation de température** où les glaçons sont retirés. Pour les **appareils de réfrigération** avec un ou plusieurs **cycles de commande de dégivrage**, toute **période de dégivrage et reprise** qui intervient pendant l'essai de fabrication de glaçons automatique (à savoir avant que tous les glaçons n'aient été fabriqués et que les conditions de **régime permanent** n'aient été établies) doit pouvoir continuer jusqu'à la fin.

La fin de l'essai de fabrication de glaçons automatique est quand les conditions de **régime permanent** sont atteintes et après la fin d'une **période de dégivrage et reprise** valide comme spécifié ci-dessus.

Pour ce type d'appareil à glaçons, on suppose que toute l'eau pompée en dehors du réservoir est transformée en glaçons dans le bac de fabrication de glaçons. Il convient d'examiner le bac pour s'assurer que des glaçons appropriés ont été formés. Il convient que le volume de glaçons formés soit mesuré de manière approximative (en notant que certains petits débris et morceaux de glaçons peuvent être difficiles à éliminer). S'il apparaît qu'il existe un écart important dans la quantité de glaçons formés (en notant que certains glaçons peuvent être fabriqués avant le début de l'essai), il convient d'examiner de près le produit pour garantir qu'il n'y a pas de fuites ou autres passages d'eau à partir du réservoir. Le principal facteur qui peut influencer la puissance avant et après la fabrication de glaçons automatique est un changement de fonctionnement du chauffage associé aux équipements de fabrication de glaçons. L'analyse a montré que, dans les limites de validité définies ci-après, ces effets sont faibles et peuvent généralement être ignorés.

F.3.2.7 Calculs

Le volume de glaçons formés pendant l'essai est déterminé comme suit:

$$M_{\text{essai-glaçons}} = M_{\text{eau-ajoutée}} + M_{\text{réservoir-initial}} - M_{\text{réservoir-final}} \quad (41)$$

Le principe utilisé pour quantifier l'énergie supplémentaire utilisée pour fabriquer des glaçons consiste à établir une période de **régime permanent** après avoir fabriqué tous les glaçons. L'énergie supplémentaire est alors calculée comme la différence entre la **consommation d'énergie** réelle entre le début de l'essai de fabrication de glaçons (au point d'entrée du réservoir) et la fin de la période de **régime permanent** ($P_{\text{après}}$) moins la puissance qui aurait été consommée pendant la même période si la consommation électrique avait été à la puissance **continue** ($P_{\text{après}}$) pendant la même période.

Si une (ou plusieurs) **périodes de dégivrage et reprise** est survenue pendant l'essai de fabrication de glaçons, l'énergie associée à la période de **dégivrage et reprise** représentative à la température d'essai comme déterminé conformément à l'Annexe D est soustraite de l'énergie supplémentaire.

L'énergie supplémentaire pour fabriquer la quantité spécifique de glaçons fabriqués pendant l'essai est spécifiée comme suit:

$$\Delta E_{\text{essai-glaçons}} = (E_{\text{fin}} - E_{\text{début}}) - P_{\text{après}} \times (t_{\text{fin}} - t_{\text{début}}) - z \times \Delta E_{\text{df}} \quad (42)$$

où

$\Delta E_{\text{essai-glaçons}}$	est l'énergie supplémentaire consommée par l' appareil de réfrigération pour fabriquer la quantité spécifique de glaçons fabriqués pendant l'essai en Wh
$E_{\text{début}}$	est le relevé d'énergie cumulée au début de l'essai de fabrication de glaçons comme défini dans F.3.2.5 en Wh
E_{fin}	est le relevé d'énergie cumulée lors de l'essai de fabrication de glaçons comme défini dans F.3.2.5 en Wh
$P_{\text{après}}$	est la consommation électrique continue qui survient après avoir fabriqué tous les glaçons pendant la période d'essai d'énergie valide (B.3 ou B.4) comme défini dans F.3.2.6 en W
$t_{\text{début}}$	est la durée de l'essai au début de l'essai de fabrication de glaçons comme défini dans F.3.2.5 en heures
t_{fin}	est la durée de l'essai à la fin de l'essai de fabrication de glaçons comme défini dans F.3.2.6 en heures
ΔE_{df}	est la consommation d'énergie supplémentaire associée à une période de dégivrage et reprise comme déterminé conformément à l'Annexe C (C.5)
z	est un facteur qui est égal au nombre de périodes de dégivrage et reprise qui survient pendant et avant la fin de l'essai de charge de fabrication de glaçons. Cette valeur est égale à zéro pour les appareils de réfrigération sans système de dégivrage (avec son propre cycle de commande de dégivrage) ou lorsqu'aucune période de dégivrage et reprise ne se produit pendant l'essai de fabrication de glaçons.

La **consommation d'énergie** supplémentaire normalisée pour fabriquer 1 kg est alors calculée à partir des données d'essai comme suit:

$$\Delta E_{\text{kg-glaçons}} = \frac{\Delta E_{\text{essai-glaçons}}}{M_{\text{essai-glaçons}}} \quad (43)$$

où:

$\Delta E_{\text{kg-glaçons}}$	est l'énergie supplémentaire consommée par l' appareil de réfrigération pour fabriquer 1 kg de glaçons en Wh
$\Delta E_{\text{essai-glaçons}}$	est l'énergie supplémentaire consommée par l' appareil de réfrigération pour fabriquer la quantité spécifique de glaçons fabriqués pendant l'essai en Wh
$M_{\text{essai-glaçons}}$	est le volume d'eau transformée en glaçons pendant l'essai en kg.

Les calculs suivants sont facultatifs et peuvent être utilisés pour fournir une référence commune du rendement de fabrication de glaçons de l'appareil.

L'énergie pour transformer l'eau ajoutée en glaçons pour la quantité spécifique de glaçons fabriqués pendant l'essai peut être calculée comme suit:

$$E_{\text{glaçons-enthalpie}} = \frac{[M_{\text{essai-glaçons}} \times (4,186 \times T_{\text{amb}} + 333,6 - T_{\text{glaçons}} \times 2,05)]}{3,6} \quad (44)$$

où

$E_{\text{glaçons-enthalpie}}$	est l'énergie extraite de la charge d'eau pour fabriquer la quantité spécifique de glaçons fabriqués pendant l'essai en Wh (comme défini par la physique)
$M_{\text{essai-glaçons}}$	est le volume d'eau transformée en glaçons pendant l'essai en kg
$T_{\text{glaçons}}$	est la température moyenne du bac de fabrication de glaçons après avoir effectué l'essai de fabrication de glaçons en °C (elle doit être inférieure à 0 °C)
T_{amb}	est la température de l'air moyenne pendant une période de 6 h avant que l'eau ne soit ajoutée dans le réservoir (température de l'eau initiale) en °C
4,186	est un facteur de changement d'enthalpie de l'eau en kJ/(kg·K) (à l'état non congelé)
2,05	est un facteur de changement d'enthalpie de l'eau en kJ/(kg·K) (à l'état congelé)
333,6	est un facteur de changement de phase d'eau d'enthalpie en kJ/ kg (eau en glace)
3,6	est un facteur de conversion de kJ en Wh ($\text{s/h} \times 10^{-3}$)

NOTE 1 Les unités de volume ci-dessus sont en kg, tandis que l'unité g est utilisée dans de nombreux endroits dans la présente Annexe, on doit donc veiller à s'assurer que les unités correctes sont utilisées.

Le rendement général du processus de fabrication de glaçons peut être déterminé comme suit:

$$\text{Rendement}_{\text{glaçons}} = \frac{E_{\text{glaçons-enthalpie}}}{\Delta E_{\text{essai-glaçons}}} \quad (45)$$

où

$\text{Rendement}_{\text{glaçons}}$	est le rendement de fabrication de glaçons pour la température ambiante spécifiée et le volume de glaçons fabriqués (sans unité – Wh/Wh)
$E_{\text{glaçons-enthalpie}}$	est l'énergie extraite de la charge d'eau pour fabriquer la quantité spécifique de glaçons fabriqués pendant l'essai en Wh
$\Delta E_{\text{essai-glaçons}}$	est l'énergie supplémentaire consommée par l' appareil de réfrigération pour fabriquer la quantité spécifique de glaçons fabriqués pendant l'essai en Wh

NOTE 2 La valeur mesurée de $\text{Rendement}_{\text{glaçons}}$ peut être supérieure à un.

F.3.2.8 Données à consigner et calculs

Les valeurs suivantes doivent être incluses dans le rapport d'essai pour chaque **température ambiante** lorsque la **consommation d'énergie** nécessaire pour fabriquer des glaçons pour un appareil à glaçons avec réservoir est mesurée et consignée:

- Volume initial du réservoir et de l'eau résiduelle en kg
- Volume final du réservoir et de l'eau résiduelle en kg
- Volume de charge d'eau ajouté au réservoir en kg
- **Température ambiante** nominale en °C
- Volume de glaçons fabriqués en kg
- **Température ambiante** mesurée pendant 6 h avant le début de l'essai en °C
- Durée de l'essai de fabrication de glaçons en h
- Puissance **continue** à la fin de l'essai en W

- Nombre de dégivrages qui sont survenus pendant l'essai de fabrication de glaçons (z)
- Valeur de ΔE_{df} utilisée dans les calculs (si applicable)
- Energie supplémentaire utilisée pour fabriquer des glaçons $\Delta E_{essai-glaçons}$ comme défini dans F.3.2.7
- Energie supplémentaire consommée par kg de glaçons fabriqués $\Delta E_{kg-glaçons}$ (Wh/kg) comme défini dans F.3.2.7.

Il convient d'intégrer les paramètres suivants dans le rapport d'essai:

- Energie extraite de l'eau pour fabriquer des glaçons $E_{glaçons-enthalpie}$ comme défini dans F.3.2.7 en Wh
- $Rendement_{glaçons}$ rendement de fabrication de glaçons pour chaque température d'essai ambiante spécifiée comme défini dans F.3.2.7.

F.3.2.9 Ajout de fabrication de glaçons automatique dans l'énergie journalière

La présente Annexe fournit une estimation de la **consommation d'énergie** incrémentielle exigée pour fabriquer automatiquement des glaçons. La demande de glaçons de l'utilisateur est fortement variable à un niveau régional car elle dépend du climat, de la saison et des conditions intérieures, ainsi que des habitudes de l'utilisateur. Par conséquent, l'énergie incrémentielle mesurée pour fabriquer des glaçons dans la présente Annexe est normalement adaptée de manière à ce que la consommation de glaçons satisfasse davantage aux exigences régionales.

Lorsqu'une estimation régionale de la quantité de glaçons consommée est exprimée en kg/d, l'impact sur la **consommation d'énergie** journalière à une **température ambiante** donnée peut être estimé comme suit:

$$\Delta E_{fabrication-glaçons} = \Delta E_{kg-glaçons} \times M_{fabrication-glaçons} \quad (46)$$

où

$\Delta E_{fabrication-glaçons}$ est l'énergie supplémentaire consommée par l'**appareil de réfrigération** pour fabriquer $M_{fabrication-glaçons}$ kg de glaçons par jour à la **température ambiante** spécifiée en Wh/jour

$\Delta E_{kg-glaçons}$ est l'énergie supplémentaire estimée consommée par l'**appareil de réfrigération** pour fabriquer 1 kg de glaçons en Wh comme défini dans F.3.2.7

$M_{fabrication-glaçons}$ est le volume d'eau transformée en glaçons par jour en kg/jour – il s'agit d'un facteur régional.

La valeur pour $\Delta E_{fabrication-glaçons}$ peut être ajoutée à la valeur de **consommation d'énergie** journalière pour estimer une valeur pour cet élément d'utilisation relatif à l'utilisateur. Si les valeurs à une **température ambiante** de 16 °C et 32 °C sont toutes les deux utilisées, le facteur annuel pourrait être exprimé comme suit:

$$\Delta E_{fabrication-glaçons-annuelle} = f\{\Delta E_{fabrication-glaçons16C}, \Delta E_{fabrication-glaçons32C}\} \quad (47)$$

Annexe G (normative)

Détermination du rendement du traitement de la charge

G.1 Objet

Cet essai quantifie l'énergie supplémentaire consommée par l'**appareil de réfrigération** pour extraire une quantité connue d'énergie qui est contenue dans l'eau chaude, qui est placée dans des **compartiments non congelés** et/ou **congelés** de manière définie. Le rapport entre l'énergie dans l'eau (qui est extraite) et l'énergie supplémentaire qui est consommée par l'**appareil de réfrigération** est utilisé pour déterminer le rendement du traitement de la charge.

Le but de l'essai de rendement du traitement de la charge est de quantifier l'impact énergétique incrémentiel des aspects liés à l'utilisateur de l'utilisation de l'**appareil de réfrigération** comme les ouvertures de portes et le refroidissement des denrées et boissons chaudes. Ces données peuvent être utilisées conjointement avec les essais de porte fermée pour obtenir une estimation de la **consommation d'énergie** totale qui représente davantage l'utilisation actuelle dans différentes régions. Pour utiliser la valeur de rendement du traitement de la charge, une estimation de la **charge de traitement** relative à l'utilisateur régional doit être réalisée. Celle-ci est généralement mieux effectuée au moyen de programmes de mesure d'utilisation finale régionale. L'impact de la **charge de traitement** régionale estimée sur l'énergie pour l'**appareil de réfrigération** particulier peut alors être estimé à partir de la valeur de rendement du traitement de la charge déterminée dans la présente Annexe.

Si les normes énergétiques régionales et exigences d'étiquetage n'intègrent pas ce composant dans leurs calculs (à savoir définir la **charge de traitement** sur zéro), cet essai n'est alors pas exigé pour cette région.

Lorsqu'un fournisseur fournit des données ou déclare un rendement du traitement de la charge, il doit être basé sur les mesures réalisées conformément à la présente Annexe.

NOTE Pour les **appareils de réfrigération** avec des **compartiments non congelés** et **congelés**, la présente Annexe définit une méthode pour mesurer le **rendement du traitement de la charge** combiné des deux **compartiments**. La procédure pourrait, en principe, être utilisée pour mesurer séparément le **rendement du traitement de la charge** du **compartiment non congelé** seulement ou du **compartiment congelé** seulement.

G.2 Description générale

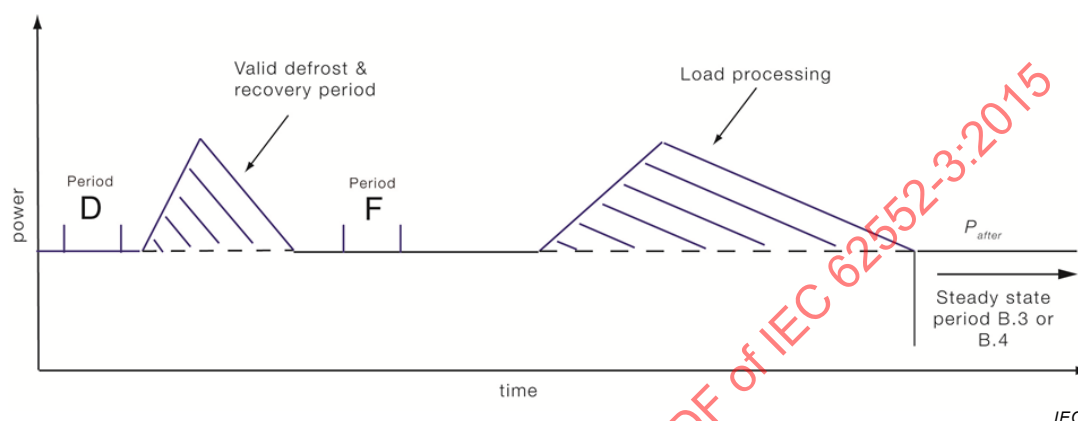
Un **appareil de réfrigération** est utilisé dans des conditions de **régime permanent** avec **réglages de thermostat** qui sont proches de la **température cible** correspondante pour la **consommation d'énergie** comme spécifié dans le Tableau 1 pour chaque **compartiment** (voir 5.1). Les **réglages de thermostat** doivent rester inchangés pendant la durée de l'essai de **rendement du traitement de la charge**.

Un volume d'eau donné (qui dépend du **volume** des **compartiments non congelés** et/ou des **compartiments congelés**) est placé dans la chambre d'essai avec l'**appareil de réfrigération** et peut atteindre la température d'essai ambiante.

Lorsque les conditions indiquées sont satisfaites, la porte du **compartiment non congelé** le plus grand est ouverte pendant une période donnée et les récipients d'eau sont placés dans leurs positions spécifiées. La porte du **compartiment congelé** le plus grand est ouverte pendant une période donnée et les **bacs à glaçons** remplis d'eau sont placés dans les positions spécifiées.

L'**appareil de réfrigération** peut fonctionner jusqu'à ce qu'il atteigne un **régime permanent** en termes de température et de consommation électrique. Les données collectées sont utilisées pour déterminer le rendement du traitement de la charge à la **température ambiante** spécifiée. Le rendement du traitement de la charge est déterminé comme le rapport de la charge calorifique traitée dans l'eau (extraite) divisé par la **consommation d'énergie supplémentaire** (au-dessus de la puissance **permanente**) utilisée par l'**appareil de réfrigération** pour le refroidir.

L'approche générale des mesures et l'analyse ultérieure sont similaires à la détermination de l'énergie de **dégivrage et reprise** comme spécifié en Annexe C.



Légende

Anglais	Français
power	puissance
time	durée
Period D	Période D
Valid defrost & recovery period	Période de dégivrage & reprise valide
Period F	Période F
Load processing	Traitement de la charge
P _{after}	P _{après}
Steady state period B.3 or B.4	Période en régime permanent B.3 ou B.4

Figure G.1 – Illustration conceptuelle de l'essai de rendement du traitement de la charge

NOTE Une illustration d'un dégivrage survenant avant la fin du traitement de la charge est incluse dans la Figure G.5. Les exemples étudiés figurent en Annexe I.

G.3 Paramétrage, équipements et préparation

G.3.1 Généralités

L'essai est réalisé à des températures d'essai ambiantes de 16 °C et 32 °C.

Lorsqu'un essai de rendement du traitement de la charge est utilisé comme base d'une déclaration du fabricant, la température moyenne de tous les **compartiments** qui sont utilisés pour traiter la charge d'essai, doit être égale ou inférieure aux **températures cibles** spécifiées en 5.1 pendant le **régime permanent** avant de démarrer l'essai de rendement du traitement de la charge.

NOTE 1 Toutes les températures spécifiées dans la présente Annexe s'appliquent pour des conditions de **régime permanent** et n'incluent pas l'impact de température de toute **période de dégivrage et de reprise** (si applicable).

Pour les essais de vérification, les températures de tous les **compartiments** qui sont utilisés pour traiter la charge d'essai, doivent être à environ ± 1 K de la **température cible** pendant le **régime permanent** avant l'essai de rendement du traitement de la charge. En alternative, les résultats de deux essais de **rendement du traitement de la charge** peuvent être interpolés à la valeur de la **température cible du compartiment** du **compartiment** le plus froid, mais un des points d'essai doit avoir tous les **compartiments** qui sont utilisés pour traiter la charge d'essai égaux ou inférieurs aux **températures cibles**.

Le principe inclus dans cet Article est qu'un fabricant peut effectuer une déclaration du **rendement du traitement de la charge** qui est inférieur à la valeur optimale possible (à savoir à une condition qui peut être un peu plus froide que la **température cible**). Ce principe est défini pour les essais de **consommation d'énergie** dans l'Article 6 pour un seul point d'essai d'énergie.

Si possible, 3 **étagères** doivent être utilisées pour maintenir la **charge de traitement** dans un **compartiment non congelé** (voir Figure G.2) et doivent être configurées comme suit:

- le capteur TMP_3 est au-dessus de l'**étagère** 3 (bas) et au-dessous de l'**étagère** 2
- le capteur TMP_2 est au-dessus de l'**étagère** 2 et au-dessous de l'**étagère** 1
- le capteur TMP_1 est au-dessus de l'**étagère** 1.

NOTE 2 L'**étagère** 3 peut être le bas de l'appareil ou elle peut être le haut d'une **caractéristique pratique**, comme un bac à légumes et fruits.

G.3.2 Equipements

Le type de conteneur utilisé dans les **compartiments non congelés** est une bouteille en plastique à parois fines en PET (ou matériau équivalent) avec un **volume** nominal de 500 ml. Les dimensions de la bouteille PET doivent être ≤ 220 mm de haut et ≤ 90 mm de large/ou de diamètre. Toutes les bouteilles doivent être de même taille et forme. Chaque bouteille est remplie d'eau plate comme spécifié ci-après.

NOTE Le PET est le polyéthylène téréphtalate. Les bouteilles PET peuvent être des bouteilles disponibles dans le commerce avec une capacité nominale de 500 mL. Elles contiennent chacune un volume donné d'eau potable. Les bouteilles PET qui ont une section carrée sont privilégiées car elles ne roulent pas lorsqu'elles sont placées sur le côté.

Le type de récipient utilisé dans les **compartiments congelés** est un bac à glaçons en plastique avec un **volume** de travail nominal d'environ 200 ml par bac.

Les **bacs à glaçons** sont souvent fournis avec un nouveau produit. Pour cet essai, les **bacs à glaçons** utilisés doivent pouvoir confortablement contenir 200 ml d'eau sans risque de déversement. Les dimensions nominales d'environ 120 mm $\times$ 275 mm $\times$ 40 mm sont recommandées. Les **bacs à glaçons** qui sont plus petits peuvent être utilisés si la taille recommandée ne correspond pas.

L'eau utilisée pour toutes les **charges de traitement** doit être l'eau plate potable adaptée à la consommation humaine sans gaz ajoutés (à savoir non carbonatés), colorants ou additifs.

L'eau potable d'un robinet est acceptable. Il convient d'éviter l'eau distillée pure dans les **bacs à glaçons** car celle-ci peut être difficile à congeler dans certains cas.

G.3.3 Quantité d'eau à traiter

G.3.3.1 Compartiments non congelés

Le **volume** total de tous les **compartiments non congelés** et **sous-compartiments** est additionné. Le volume d'eau ajouté au **compartiment non congelé** le plus grand doit être de 12 g d'eau pour chaque litre de **volumes de compartiments non congelés** additionnés totaux. Ceci équivaut à une bouteille PET par 41,7 l ou partie de celle-ci de **volume** non congelé.

Lorsque le **volume** non congelé total est inférieur à 41,7 l, toute l'eau est placée dans une bouteille PET. Lorsque le **volume** non congelé total est supérieur à 41,7 l mais inférieur à 83,4 L, toute l'eau est placée de manière uniforme dans deux bouteilles PET. Lorsque le **volume** non congelé est supérieur à 83,4 l, 500 g $\pm$ 1 g d'eau est placé dans chaque bouteille PET jusqu'à ce que le volume d'eau restant soit inférieur à 1 000 g. Le volume restant doit être divisé de manière uniforme entre les deux bouteilles PET restantes.

Le volume d'eau total placé dans le **compartiment non congelé** le plus grand et le nombre de bouteilles PET de 500 mL doivent être inclus dans le rapport d'essai.

G.3.3.2 Compartiments congelés

Le **volume** total de tous les **compartiments congelés** et **sous-compartiments** est additionné. Le volume d'eau ajouté au **compartiment congelé** le plus grand doit être de 4 g d'eau pour chaque litre de **volume de compartiment congelé**. Ceci équivaut à un **bac à glaçons** par 50 L ou partie de celui-ci de **volume** congelé.

Lorsque le **volume** congelé est inférieur ou égal à 50 l, toute l'eau est placée dans un bac à glaçons. Lorsque le **volume** congelé est supérieur à 50 l mais inférieur à ou égal à 100 l, toute l'eau doit être approximativement répartie de manière uniforme entre les deux bacs à glaçons. Lorsque le **volume** congelé est supérieur à 100 l, environ 200 g d'eau est placé dans chaque bac à glaçons jusqu'à ce que le volume d'eau restant soit inférieur à 400 g. La quantité restante doit être approximativement répartie de manière uniforme entre les deux bacs à glaçons restants.

Le **volume** d'eau total placé dans le **compartiment congelé** le plus grand et le nombre de bacs à glaçons doivent être inclus dans le rapport d'essai.

G.3.4 Position de la charge d'eau dans les compartiments

G.3.4.1 Position dans les compartiments non congelés

Les bouteilles PET spécifiées dans G.3.3 doivent être positionnées dans le **compartiment non congelé** le plus grand comme illustré dans la Figure G.2.

Lorsqu'il y a une distance verticale de 250 mm ou plus au-dessus de l'**étagère** désignée, les bouteilles PET doivent être placées debout dans les positions suivantes:

- La première bouteille sur chaque **étagère** de chaque côté doit être placée le plus près possible du revêtement du **compartiment** tout en maintenant environ 25 mm de distance par rapport au revêtement latéral.
- Des bouteilles supplémentaires dans cette position peuvent être empilées jusqu'à deux ou trois tout en maintenant une distance d'environ 25 mm entre les bouteilles et l'avant et l'arrière de l'**étagère** ou de la **limite de charge**.
- Lorsqu'un plus grand nombre de bouteilles est exigé dans cette position, des rangées supplémentaires de bouteilles (si exigé) sont placées plus près du centre du **compartiment** tout en maintenant une distance d'environ 25 mm entre les rangées.
- Toutes les bouteilles doivent être centrées d'avant en arrière à intervalles égaux sur l'**étagère** dans leurs rangées (en tenant compte du bord de l'**étagère** et des **limites de charge** qui peuvent affecter la profondeur).
- Toutes les bouteilles doivent maintenir au moins 25 mm de distance dans toutes les directions à partir de n'importe quel capteur de température de **compartiment**.

Lorsqu'il y a moins de 250 mm de distance verticale au-dessus de l'**étagère** désignée, les bouteilles PET doivent être posées à plat sur l'**étagère** spécifiée avec couvercles (caches) face vers la porte du **compartiment** (avant) dans les positions suivantes:

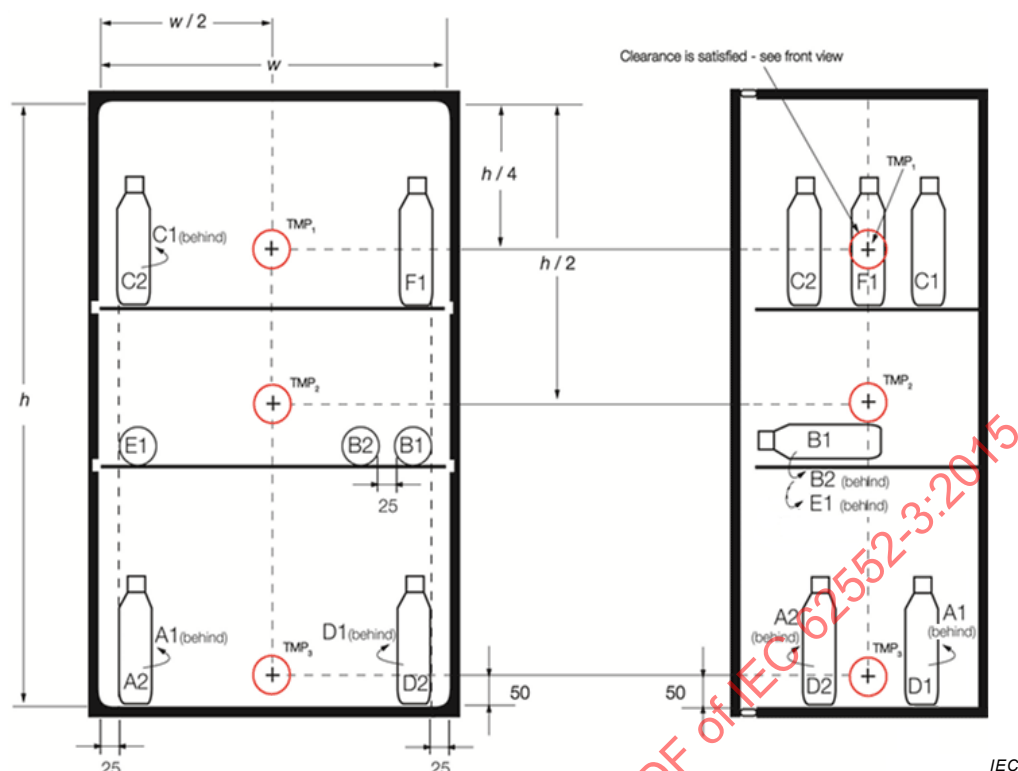
- La première bouteille sur chaque **étagère** de chaque côté doit être placée le plus près possible du revêtement du **compartiment** tout en maintenant environ 25 mm de distance par rapport au revêtement latéral.
- Lorsque plusieurs bouteilles sont exigées dans cette position, des bouteilles supplémentaires sont placées plus près du centre du **compartiment** tout en maintenant une distance d'environ 25 mm entre les bouteilles.
- Les bouteilles ne peuvent pas être empilées ou entrer en contact.
- Toutes les bouteilles doivent maintenir au moins 25 mm de distance à partir de n'importe quel capteur de température de **compartiment**.
- Toutes les bouteilles sont alignées de manière à ce que le haut (cache) soit à l'avant de l'**étagère** ou à la **limite de charge de l'étagère**. Dans le cas d'**étagères** concaves, l'orientation de la bouteille peut être ajustée pour garantir qu'aucune pièce ne dépasse à l'avant de l'**étagère** ou la **limite de charge**, tout en maintenant une distance de 25 mm par rapport aux capteurs de température.

Il convient de placer toutes les bouteilles dans une position qui minimise toute restriction du débit d'air provenant de conduits ou d'évents. Lorsqu'on ne peut pas placer les bouteilles PET dans les positions indiquées, des positions équivalentes doivent être sélectionnées. Lorsque des positions équivalentes sont utilisées, elles doivent être consignées dans le rapport d'essai. Lorsque les bouteilles PET doivent être agencées différemment en raison des restrictions d'espace, elles doivent rester sur la même **étagère** et doivent être le plus près possible de la position indiquée.

Les bouteilles PET doivent uniquement placées sur les **étagères** qui sont immédiatement au-dessous des positions de capteur de température TMP₁, TMP₂ et TMP₃. Les **étagères** supplémentaires qui peuvent être présentes sont ignorées. Les bouteilles PET doivent être placées dans les positions d'**étagère** suivantes à la suite jusqu'à ce que toutes les bouteilles aient été placées:

- Une bouteille à la suite dans les positions ABCDEF
- Répéter la séquence de positionnement jusqu'à ce que toutes les bouteilles soient placées.
- Les deux bouteilles PET remplies partiellement (si applicable) sont placées aux deux dernières positions.
- Toutes les positions doivent être notées dans le rapport d'essai.

NOTE La séquence ci-dessus consiste à définir la position ou l'emplacement de chaque bouteille. Les bouteilles peuvent être chargées dans n'importe quel ordre dans ces positions indiquées lorsqu'elles sont placées dans le **compartiment non congelé** dans G.4.2. Dans l'exemple illustré dans la Figure G.2, 10 bouteilles PET donneraient deux bouteilles dans les positions A à D et une bouteille dans les positions E et F.



IEC

Dimensions en millimètres

Légende

Anglais	Français
Clearance is satisfied – see front view	La distance est satisfaite – voir vue avant
C1 (behind)	C1 (derrière)
A1 (behind)	A1 (derrière)
D1 (behind)	D1 (derrière)
B2 (behind)	B2 (derrière)
A2 (behind)	A2 (derrière)

NOTE Des étagères supplémentaires peuvent être présentes dans l'appareil de réfrigération mais ne sont pas illustrées dans la figure.

**Figure G.2 – Positions d'étagères et séquence de chargement
(exemple avec 10 bouteilles PET)**

G.3.4.2 Position dans les compartiments congelés

Les bacs à glaçons spécifiés dans G.3.3 doivent être positionnés dans le **compartiment congelé** le plus grand comme illustré dans la Figure G.3. Lorsque le **compartiment congelé** le plus grand a une combinaison d'étagères et tiroirs, les bacs à glaçons doivent être placés sur les étagères au lieu de tiroirs (ou paniers) si possible.

- Le premier bac à glaçons sur le niveau inférieur est placé du côté opposé aux capteurs TMP_{14} et TMP_{15} et le plus près possible du revêtement du **compartiment** tout en maintenant environ 25 mm de distance. Des bacs à glaçons supplémentaires sont ajoutés à côté du bac à glaçons précédent tout en maintenant environ 25 mm de distance entre les bacs à glaçons. Les bacs à glaçons peuvent être orientés de n'importe quelle manière qui maximise le nombre de bacs sur chaque niveau tout en maintenant toutes les distances nécessaires.
- Lorsque plus aucun bac à glaçons ne peut être installé sur le niveau inférieur (à savoir le nombre exigé entraîne une distance par rapport aux positions du capteur de température de moins 25 mm dans toutes les directions), les bacs à glaçons sont alors placés progressivement sur le ou les niveaux suivants disponibles, si exigé.
- Lorsque les bacs à glaçons doivent être placés sur une étagère qui est située au-dessous d'une position de capteur de température centrale (p. ex.: TMP_{11} , TMP_{16} ou TMP_{17} si applicable), le premier bac à glaçons est placé de manière adjacente au revêtement gauche, le deuxième bac à glaçons est placé de manière adjacente au revêtement droit.

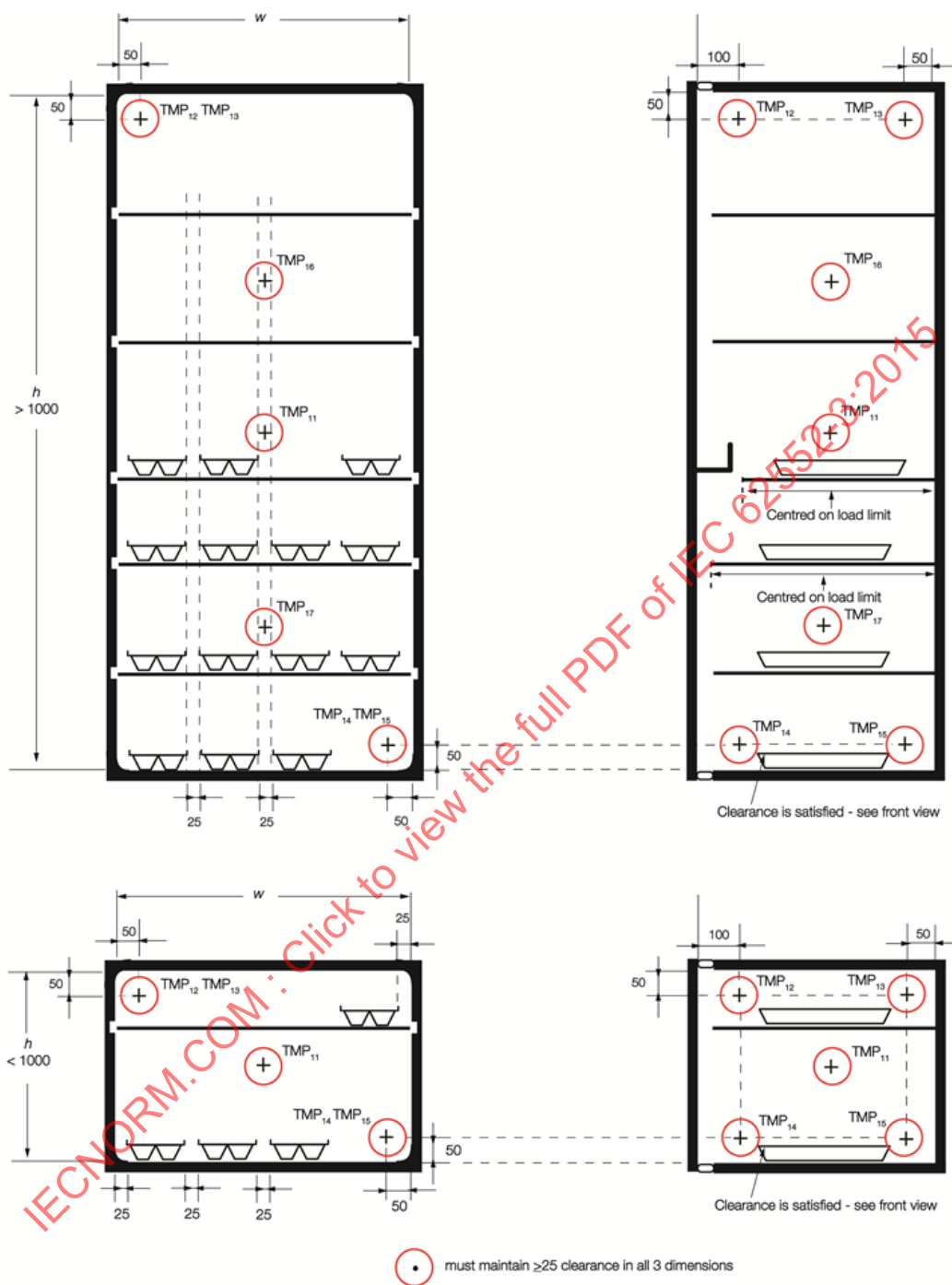
Des bacs à glaçons supplémentaires sur ce niveau (si exigé) sont placés progressivement plus près du centre tout en maintenant environ 25 mm de distance entre eux et au moins 25 mm à partir de n'importe quelle position de capteur de température dans toutes les directions.

- Lorsque les bacs à glaçons doivent être placés sur une **étagère** qui est située au-dessus des positions de capteur de température supérieure (p. ex.: TMP₁₂ et TMP₁₃), le premier bac à glaçons est placé du côté opposé des capteurs TMP₁₂ et TMP₁₃ et le plus près possible du revêtement du **compartiment** tout en maintenant environ 25 mm de distance. Des bacs à glaçons supplémentaires (si exigé) sont ajoutés à côté du bac à glaçons précédent tout en maintenant 25 mm de distance entre les bacs à glaçons.
- Tous les bacs à glaçons sont espacés d'environ 25 mm du revêtement du **compartiment** et les uns des autres sur chaque niveau.
- Les deux bacs à glaçons remplis partiellement (si applicable) sont placés aux deux dernières positions (supérieures) nécessaires.
- Les bacs à glaçons ne peuvent pas être empilés ou entrer en contact.
- Tous les bacs à glaçons doivent maintenir au moins 25 mm de distance à partir de n'importe quelle position de capteur de température de **compartiment** dans toutes les directions.
- Tous les bacs à glaçons sont centrés de l'avant vers l'arrière de l'**étagère** (en tenant compte du bord de l'**étagère** et des **limites de charge** qui peuvent affecter la profondeur) et ne doivent pas dépasser à l'avant de l'**étagère**.
- Lorsque les bacs à glaçons sont situés à l'intérieur d'un tiroir ou bac, l'intérieur du tiroir ou bac doit être traité comme l'intérieur du revêtement eu égard au positionnement.

NOTE Prenons l'exemple pratique d'un grand **congélateur** dans un **réfrigérateur-congélateur** avec un **volume** de 180 l qui nécessite un volume d'eau total de 720 g dans 4 bacs à glaçons. La distance interne du **congélateur** est de 600 mm de large. Les positions des capteurs TMP₁₄ et TMP₁₅ sont à 50 mm du mur inférieur droit. Ceci laisse un espace de 500 mm avec des distances à chaque extrémité pour le placement des bacs à glaçons. 3 bacs à glaçons peuvent être installés au niveau inférieur (120 mm + 25 mm minimum chacun, parallèles aux côtés), un **bac à glaçons** doit ainsi être placé sur le niveau supérieur. Si le **congélateur** était plus profond que disons 460 mm, il serait possible d'installer les 4 bacs sur le niveau inférieur (3 en profondeur à angles droits par rapport aux côtés et un parallèlement aux côtés) tout en maintenant les distances. Voir G.3.2 concernant la taille recommandée des bacs à glaçons.

Il convient de placer tous les bacs à glaçons dans une position qui minimise toute restriction du débit d'air provenant de conduits ou d'évents. Lorsqu'on ne peut pas placer les bacs à glaçons dans les positions indiquées, des positions équivalentes doivent être sélectionnées. Lorsque des positions équivalentes sont utilisées, elles doivent être consignées dans le rapport d'essai. Lorsque les bacs à glaçons doivent être agencés différemment en raison des restrictions d'espace, ils doivent rester sur la même **étagère** et doivent être le plus près possible de la position indiquée. Toutes les positions des bacs à glaçons doivent être notées dans le rapport d'essai.

La séquence ci-dessus consiste à définir la position ou l'emplacement de chaque bac à glaçons. Les bacs à glaçons peuvent être chargés dans n'importe quel ordre dans ces positions indiquées lorsqu'ils sont placés dans le **compartiment congelé** dans G.4.2.



IEC

Dimensions en millimètres

Légende

Anglais	Français
Centred on load limit	Centré sur la limite de charge
Clearance is satisfied – see front view	La distance est satisfaite – voir vue avant
must maintain ≥ 25 clearance in all 3 dimensions	doit maintenir ≥ 25 de distance dans les 3 dimensions

NOTE Des **étagères** supplémentaires peuvent être présentes dans l'**appareil de réfrigération** mais ne sont pas illustrées dans la figure. Les bacs à glaçons sont toujours placés sur les **étagères** de préférence aux tiroirs ou paniers.

Figure G.3 – Emplacements et distances des bacs de fabrication de glaçons

G.3.5 Température de l'eau à traiter

Les bouteilles PET avec 500 g d'eau devraient avoir la quantité d'eau spécifiée mesurée dans les bouteilles PET avant l'entreposage et la stabilisation de température dans la salle d'essai. Des bouteilles PET séparées contenant suffisamment d'eau pour tous les **bacs à glaçons** (si applicable) doivent être entreposées dans la salle d'essai et (pour éviter toute évaporation) doivent uniquement être décantées dans les bacs à glaçons dans un délai de 30 min après placement dans le **compartiment congelé**.

Toutes les bouteilles PET et **bacs à glaçon** doivent être posés dans la salle d'essai qui fonctionne à la **température ambiante** correspondante dans une position qui est représentative de la température dans la salle d'essai. Toutes les bouteilles PET doivent être placées verticalement sur un banc ou la plateforme d'essai en bois (sol) avec moins de 50 mm de distance entre elles pour permettre une libre circulation de l'air. Cet équipement doit rester dans la salle d'essai pendant une période de plus de 15 h avant le début de l'essai de **rendement du traitement de la charge**.

NOTE Les températures d'essai ambiantes nominales pour les essais d'énergie sont de 16 °C et 32 °C.

G.4 Méthode d'essai de rendement du traitement de la charge

G.4.1 Début de l'essai de rendement du traitement de la charge

Pour les **appareils de réfrigération** sans **cycle de commande de dégivrage**, l'essai de **rendement du traitement de la charge** doit être précédé d'une période de fonctionnement, au **réglage de thermostat** utilisé pour l'essai de **rendement du traitement de la charge**. Les réglages doivent être tels qu'on puisse l'admettre comme période d'essai d'énergie valide conformément à B.3.

Pour un **appareil de réfrigération** avec un ou plusieurs systèmes de dégivrage (avec son propre **cycle de commande de dégivrage**), l'essai de **rendement du traitement de la charge** doit être précédé de ce qui suit:

- une période d'essai d'énergie qui satisfait à B.3 au **réglage de thermostat** utilisé pour l'essai de **rendement du traitement de la charge** (notamment les exigences de validité); ou
- une période d'essai d'énergie qui satisfait à B.4 au **réglage de thermostat** utilisé pour l'essai de **rendement du traitement de la charge** (notamment les exigences de validité); ou
- une **période de dégivrage et reprise** qui satisfait à C.3 au **réglage de thermostat** utilisé pour l'essai de **rendement du traitement de la charge** (si applicable).

NOTE Lorsque la stabilité est déterminée par DF1 (C.3), la charge peut uniquement être insérée après confirmation de la validité de dégivrage (à savoir après la fin de la période F, qui est d'au moins 8 h après le fonctionnement du chauffage de dégivrage). Lorsque la stabilité a été établie à l'aide de conditions de **régime permanent** ou d'un dégivrage précédent, il convient d'insérer la charge dès que possible après la **période de dégivrage et reprise** pour minimiser le risque d'un autre dégivrage survenant avant la fin de l'essai de traitement

de la charge. A titre de référence, plus de 5 h après, il convient de démarrer le chauffage de dégivrage (ce qui normalement devrait correspondre au début de la période F dans C.3.1) (il convient que les laboratoires utilisent leur expérience en matière de **périodes de dégivrage et reprise** valides précédentes pour avoir un jugement précis). Dans ce cas, la **période de dégivrage et reprise** précédente, qui est juste avant l'insertion de la charge, n'est pas incluse dans la période d'essai de traitement de la charge.

Pour tous les types de produits, les **réglages de thermostat** doivent rester inchangés pendant la durée de l'essai de **rendement du traitement de la charge**.

Pour les produits simples avec cycles de compresseur réguliers, une activation du compresseur peut être utilisée comme début de l'essai de **rendement du traitement de la charge**. Pour les produits plus complexes, une température maximale dans le **compartiment** qui domine la **consommation d'énergie** peut être utilisée comme début de l'essai de **rendement du traitement de la charge** (voir Annexe B pour plus de détails). Lorsque la **charge de traitement** est insérée pendant la **période de dégivrage et reprise**, le début de l'essai est défini comme le début de cette **période de dégivrage et reprise**.

Il convient généralement de ne pas effectuer d'insertion de la charge pendant la **période de dégivrage et reprise** (avant l'établissement des conditions de **régime permanent**).

G.4.2 Placement de la charge

La charge doit être préparée conformément à l'Article G.3. La charge doit être placée dans l'**appareil de réfrigération** comme spécifié dans l'Article G.3 dès que possible après le début d'un **cycle de régulation de température** comme spécifié dans G.4.1, mais pendant que le compresseur fonctionne (pour les produits simples) ou avant que la température minimale du **compartiment** ne soit atteinte (pour les produits plus complexes). Le chargement de chaque **compartiment** doit être réalisé avec une ouverture et fermeture de porte pour ce **compartiment**. La porte doit être laissée ouverte selon un angle d'au moins 90 degrés à partir de la position fermée pendant une durée qui approche le plus possible d'une minute (± 5 s) pour chaque **compartiment** d'entreposage chargé, quelle que soit la durée prise pour charger le **compartiment** (généralement très inférieure à une minute). Lorsque deux portes permettent d'accéder au **compartiment** auquel est ajoutée la **charge de traitement**, les deux portes doivent être ouvertes ensemble. Lorsqu'un **appareil de réfrigération** doit charger deux types de **compartiments congelés** et **non congelés**, le **compartiment non congelé** doit d'abord être chargé.

La durée recommandée pour l'ouverture des portes et pour la fermeture des portes est de 2,5 s, ce qui laisse 55 s pour charger chaque **compartiment**. Il convient d'ajouter la **charge de traitement** près du début d'un **cycle de régulation de température** car la charge commence alors à être traitée près du début de la période d'essai de rendement du traitement de la charge. Les heures de démarrage probables des futurs **cycles de régulation de température** peuvent être facilement prévues pour les produits avec un comportement régulier, ce qui permet d'organiser à l'avance le placement de la charge. Les exigences de G.4.2 doivent être satisfaites lorsque les cycles de compresseur sont courts. Il convient de planifier le nombre exact d'éléments de charge et leur position bien avant que la porte ne soit ouverte et la charge placée.

G.4.3 Mesures à prendre

Avant et pendant l'essai de **rendement du traitement de la charge**, les mesures de température et d'énergie doivent être consignées comme spécifié conformément à l'Annexe A comme pour un essai de **consommation d'énergie**.

G.4.4 Conclusion de l'essai de rendement du traitement de la charge

L'essai de **rendement du traitement de la charge** est conclu lorsque les **conditions de fonctionnement stables** ont été atteintes après avoir traité totalement la charge (à savoir l'eau ou les glaçons ont été amenés environ à la température dans chaque **compartiment**). La période d'essai est terminée à la fin d'un **cycle de régulation de température** complet.

Les **réglages de thermostat** doivent rester inchangés pendant la durée de l'essai de **rendement du traitement de la charge**.

Les essais de **rendement du traitement de la charge** pour un **appareil de réfrigération** sans **cycle de commande de dégivrage** doivent être réalisés avec une période d'essai d'énergie qui satisfait à l'Article B.3 (notamment les exigences de validité).

Les essais de **rendement du traitement de la charge** pour un **appareil de réfrigération** avec un ou plusieurs systèmes de dégivrage (avec chacun son propre **cycle de commande de dégivrage**) sont terminés avec une période d'essai d'énergie qui satisfait à:

- l'Article B.3 (notamment les exigences de validité), ou
- l'Article B.4 (notamment les exigences de validité) qui prend fin avec une **période de dégivrage et reprise** qui satisfait aux exigences de validité de C.3 (si applicable).

Les critères finals de l'essai de **rendement du traitement de la charge** sont très stricts car les températures du **compartiment** peuvent sembler avoir atteint les valeurs de **régime permanent** sans que les charges elles-mêmes n'aient entièrement refroidi ou congelé. On doit ainsi montrer que l'**appareil de réfrigération** est retourné en **régime permanent** en vérifiant les températures du **compartiment** et la consommation électrique sur une période minimum spécifiée.

Il est courant que les températures de **compartiment** et la consommation électrique se stabilisent après l'ajout et le traitement complet de la charge à une valeur qui est légèrement différente des conditions avant l'ajout de la charge. Ces modifications sont généralement très faibles, mais dans certains cas, elles peuvent être importantes. Ceci peut se produire lorsque la charge ajoutée affecte le débit d'air dans le **compartiment** ou il y a un effet indirect sur le capteur de température interne de l'**appareil de réfrigération**. Dans certains cas, la charge peut déclencher le fonctionnement d'un compresseur à débit variable sur une valeur plus élevée, par exemple, qui peut entraîner une puissance plus élevée et des températures de **compartiment** inférieures. Pour réduire ces impacts, les laboratoires ont l'option de placer une **charge de traitement** initiale dans l'**appareil de réfrigération** et de la remplacer par une nouvelle **charge de traitement** lorsque cette charge initiale est entièrement stabilisée (voir détails ci-après). Les données de la deuxième **charge de traitement** sont utilisées pour déterminer le **rendement du traitement de la charge**.

Les différences de température interne et de puissance avant et après l'ajout de la charge ont peu d'impact car l'analyse considère seulement la **consommation d'énergie** du **cycle de régulation de température** auquel la charge est ajoutée (par conséquent, un léger, si existant, changement de condition avant l'insertion de la charge est inclus dans la période d'**essai de rendement du traitement de la charge**).

NOTE 1 Le principal effet de l'énergie lié aux changements des températures internes de **compartiment** avant et après le traitement de la charge est le changement associé de masse thermique (ou capacitance) de l'**appareil de réfrigération**. L'analyse a montré que, dans les limites de validité définies ci-après, ces effets sont faibles et peuvent être ignorés.

Les deux critères de validité supplémentaires suivants s'appliquent aux paramètres mesurés au début (avant insertion de la charge) par rapport à leurs valeurs pendant la période de stabilité à la fin de l'essai de **rendement du traitement de la charge**:

- La différence de la puissance **continue** P_{SSM} ne doit pas dépasser 5 % ou 2 W, quelle que soit la valeur la plus élevée; et
- La différence de la température **continue** dans chaque **compartiment** ne doit pas dépasser 1 K.

Lorsque la validité initiale est déterminée à l'aide d'un dégivrage dans C.3 (voir G.4.1) car la validité avec B.3 ou B.4 ne peut pas être établie (par ex.: en raison d'une durée d'essai insuffisante), la **puissance continue** initiale P_{SSM} et la température **continue** ci-dessus sont

considérées comme la puissance moyenne de la période D et de la période F (cas DF1 dans C.3).

Dans le cas d'un **appareil de réfrigération** avec un ou plusieurs systèmes de dégivrage (chacun avec son propre **cycle de commande dégivrage**), lorsque les conditions ci-dessus ne sont pas satisfaites, l'appareil doit être utilisé jusqu'à ce que la **période de dégivrage et reprise** suivante soit terminée et qu'une nouvelle condition de **régime permanent** soit établie et évaluée par rapport à ces critères.

Si deux de ces critères de validité ne peuvent pas être satisfaits après un dégivrage ultérieur, l'essai doit être répété en remplaçant la charge existante (déjà traitée en fonction de la température de **compartiment**) par la nouvelle charge dans les mêmes conditions de régulation (comme défini dans G.3, G.4.1 et G.4.2). Comme défini ci-dessus, placer une **charge de traitement** initiale dans l'**appareil de réfrigération** et (à la fin du traitement de la charge) la remplacer par une nouvelle **charge de traitement** est facultatif pour tous les essais de rendement du traitement de la charge.

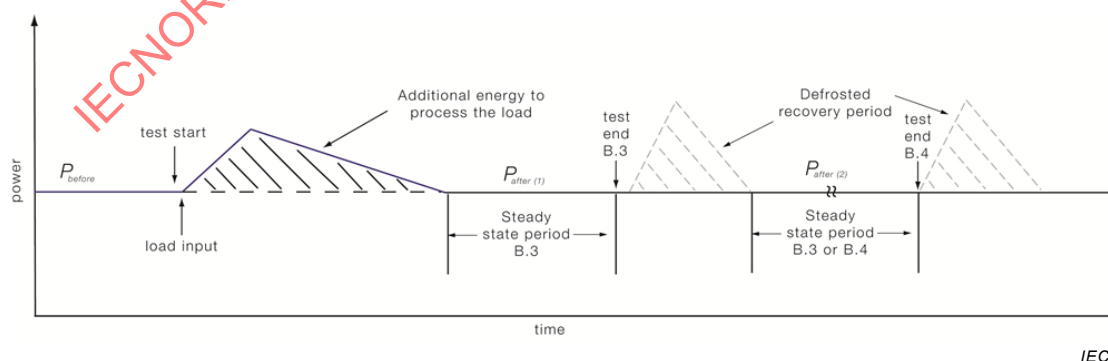
Pour les **appareils de réfrigération** avec un ou plusieurs **cycles de commande de dégivrage**, toute **période de dégivrage et reprise** qui intervient pendant l'essai de **rendement du traitement de la charge** (à savoir avant que la charge n'ait été entièrement traitée et que les conditions de **régime permanent** n'aient été établies) doit pouvoir continuer jusqu'à la fin (voir Figure G.5). La fin de l'essai de **rendement du traitement de la charge** est quand les conditions de **régime permanent** sont atteintes après la fin d'une **période de dégivrage et reprise** valide comme spécifié ci-dessus.

NOTE 2 L'énergie supplémentaire associée aux **périodes de dégivrage et reprise** qui intervient pendant l'essai de **rendement du traitement de la charge** est prise en compte dans G.5.3.

G.5 Détermination du rendement du traitement de la charge

G.5.1 Généralités

Lorsque l'essai de **rendement du traitement de la charge** est terminé, les données sont alors analysées pour déterminer le **rendement du traitement de la charge**. L'objectif est de déterminer la **consommation d'énergie** supplémentaire exigée par l'**appareil de réfrigération** pour traiter la charge ajoutée lors du retour au **régime permanent**. Ceci est illustré dans la Figure G.4. Ceci est alors comparé au changement d'énergie calculé dans la charge d'eau ajoutée (**volume** d'eau fois le changement d'enthalpie) pour quantifier l'énergie calorifique qui a été extraite de l'**appareil de réfrigération** pendant le traitement.



Légende

Anglais	Français
power	puissance
P_{before}	P_{avant}
test start	début de l'essai

Anglais	Français
load input	application de la charge
Additional energy to process the load	Energie supplémentaire pour traiter la charge
$P_{\text{after}} (1) - (2)$	$P_{\text{après}} (1) - (2)$
Steady state period B.3	Période en régime permanent B.3
test end B.3	fin de l'essai B.3
Defrosted recovery period	Période de reprise après dégivrage
test end B.4	fin de l'essai B.4
Steady state period B.3 or B.4	Période en régime permanent B.3 ou B.4

Figure G.4 – Représentation de l'énergie supplémentaire pour traiter la charge ajoutée

L'énergie supplémentaire pour traiter la charge est toujours calculée à partir de la valeur de $P_{\text{après}}$ comme illustré dans la Figure G.4 au point où la charge a été ajoutée (début de l'essai).

Dans certains cas, la puissance avant l'ajout de la charge (P_{avant}) peut être supérieure ou inférieure à la puissance après l'ajout de la charge ($P_{\text{après}}$). Cette différence n'affecte pas les calculs car la différence de puissance est considérée uniquement au point où la charge a été ajoutée.

G.5.2 Quantification de l'apport énergétique

L'apport énergétique est calculé en estimant le changement d'énergie dans la charge d'eau, en commençant à la **température ambiante** de la salle d'essai et en terminant à la température de **compartiment** mesurée.

Des équations simplifiées pour estimer le changement d'énergie dans l'eau sont fournies dans G.5.2, en fonction de données d'enthalpie normalisées. Alors que ces équations donnent des résultats vraiment précis, les laboratoires d'essai peuvent trouver plus pratique d'utiliser des logiciels ou modules d'extension qui peuvent automatiquement calculer le changement d'enthalpie de l'eau. Une attention particulière est exigée pour tous les **compartiments** qui fonctionnent près du point de congélation (0 °C) à ce que l'énergie exigée pour le changement de phase de liquide à glace soit substantielle. Si la température de **compartiment** finale nominale est au-dessous du point de congélation, il convient d'examiner les **bacs à glaçons** pour s'assurer qu'ils sont entièrement congelés.

Le changement d'énergie de l'eau dans les **compartiments non congelés** (lorsque la température finale est au-dessus du point de congélation) est obtenu comme suit:

$$E_{\text{essai-noncongelé}} = \frac{[M_1 \times (T_{\text{amb}} - T_1) + M_2 \times (T_{\text{amb}} - T_2) + M_3 \times (T_{\text{amb}} - T_3)] \times 4,186}{3,6} \quad (48)$$

où

$E_{\text{essai-non congelé}}$ est l'énergie extraite de la charge d'eau dans le **compartiment non congelé** pendant l'essai en Wh

M_1 est le volume d'eau situé près de TMP₁ (positions C, F) en kg

T_1 est la température moyenne du capteur de température en position TMP₁ pendant la période d'essai d'énergie (B.3 ou B.4) après le traitement de la charge en °C

M_2 est le volume d'eau situé près de TMP₂ (positions E, B) en kg

T_2 est la température moyenne du capteur de température en position TMP₂ pendant la période d'essai d'énergie (B.3 ou B.4) après le traitement de la charge en °C

M_3	est le volume d'eau situé près de TMP ₃ (positions A, D) en kg
T_3	est la température moyenne du capteur de température en position TMP ₃ pendant la période d'essai d'énergie (B.3 ou B.4) après le traitement de la charge en °C
T_{amb}	est la température ambiante moyenne mesurée pendant 6 h avant le placement de la charge d'eau dans l' appareil de réfrigération (température d'eau initiale nominale)
4,186	est un facteur de changement d'enthalpie de l'eau en kJ/(kg.K) (à l'état non congelé)
3,6	est un facteur de conversion de kJ en Wh (s/h × 10 ⁻³).

Les unités de volume ci-dessus sont en kg, tandis que l'unité g est utilisée dans de nombreux endroits dans la présente Annexe, on doit donc veiller à s'assurer que les unités correctes sont utilisées.

Le changement d'énergie de l'eau dans les **compartiments congelés** (lorsque la température finale est au-dessus du point de congélation) est obtenu comme suit:

$$E_{essai-congelé} = \frac{[M_{tot-cong} \times (4,186 \times T_{amb} + 333,6 - T_{cong-moy} \times 2,05)]}{3,6} \quad (49)$$

où

$E_{essai-congelé}$	est l'énergie extraite de la charge d'eau dans le compartiment congelé en Wh
$M_{tot-cong}$	est le volume d'eau total placé dans le compartiment congelé en kg
$T_{cong-moy}$	est la température moyenne de tous les capteurs dans le compartiment pendant la période d'essai d'énergie valide (B.3 ou B.4) après le traitement de la charge en °C
T_{amb}	est la température ambiante moyenne mesurée pendant 6 h avant le placement de la charge d'eau dans l' appareil de réfrigération (température d'eau initiale nominale)
4,186	est un facteur de changement d'enthalpie de l'eau en kJ/(kg.K) (à l'état non congelé)
2,05	est un facteur de changement d'enthalpie de l'eau en kJ/(kg.K) (à l'état congelé)
333,6	est un facteur de changement de phase d'eau d'enthalpie en kJ/ kg (eau en glace)
3,6	est un facteur de conversion de kJ en Wh (s/h × 10 ⁻³).

La valeur de température $T_{cong-moy}$ doit être négative, ce qui donne un changement d'énergie plus élevée pour une température plus froide. L'équation ci-dessus suppose une température moyenne uniforme dans le **compartiment congelé**, qui est considérée comme une estimation suffisamment précise. Les unités de poids ci-dessus sont en kg, tandis que des unités g sont utilisées dans de nombreux endroits dans la présente Annexe, on doit donc veiller à garantir que les unités correctes sont utilisées.

L'apport énergétique d'essai total à une température ambiante donnée de la salle d'essai est obtenu comme suit:

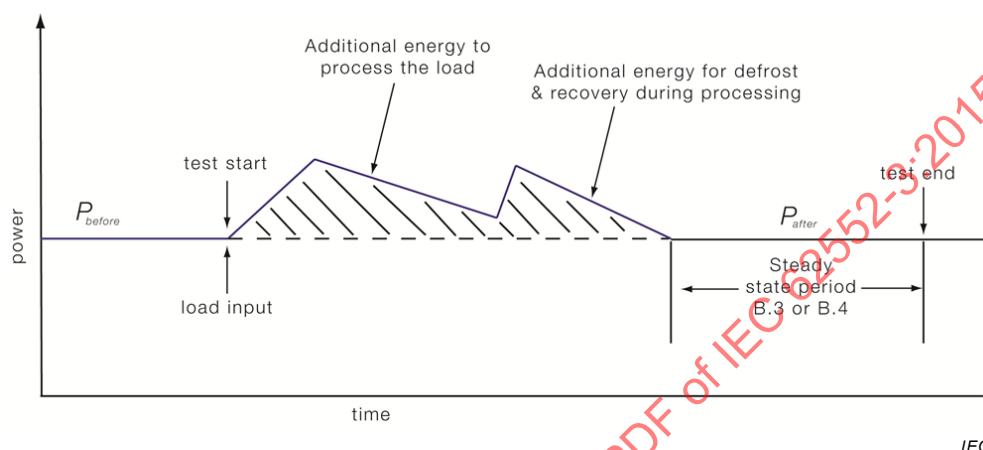
$$E_{essai-apport} = E_{essai-non congelé} + E_{essai-congelé} \quad (50)$$

G.5.3 Quantification de l'énergie supplémentaire utilisée pour traiter la charge

Le principe utilisé pour quantifier l'énergie supplémentaire utilisée pour traiter la charge consiste à établir une période de **régime permanent** après avoir entièrement traité la charge.

L'énergie supplémentaire est alors calculée comme la différence entre la **consommation d'énergie** réelle entre le début de l'essai de **rendement du traitement de la charge** (au point d'application de la charge) et la fin de la période de **régime permanent** ($P_{\text{après}}$) moins la puissance qui aurait été consommée pendant la même période si la consommation électrique avait été à la puissance **continue** ($P_{\text{après}}$) pendant la même période.

Si une (ou plusieurs) **périodes de dégivrage et reprise** est survenue pendant le traitement de la charge, l'énergie de **dégivrage et reprise** représentative à la température d'essai comme déterminé conformément à l'Annexe C est soustraite de l'énergie supplémentaire. Ceci est illustré dans la Figure G.5.



Légende

Anglais	Français
power	puissance
time	durée
P_{before}	P_{avant}
test start	début de l'essai
load input	application de la charge
Additional energy to process the load	Energie supplémentaire pour traiter la charge
Additional energy for defrost & recovery during processing	Energie supplémentaire pour le dégivrage et la reprise pendant le traitement
P_{after}	$P_{\text{après}}$
Steady state period B.3 or B.4	Période en régime permanent B.3 ou B.4
test end	fin de l'essai

Figure G.5 – Cas où une période de dégivrage et reprise survient pendant le traitement de la charge

L'énergie supplémentaire pour traiter la charge ajoutée est obtenue comme suit:

$$\Delta E_{\text{essaisupplémentaire}} = (E_{\text{fin}} - E_{\text{début}}) - P_{\text{après}} \times (t_{\text{fin}} - t_{\text{début}}) - z \times \Delta E_{\text{df}} \quad (51)$$

où

$\Delta E_{\text{essai-supplémentaire}}$ est l'énergie supplémentaire consommée par l'**appareil de réfrigération** pendant l'essai pour traiter entièrement la charge ajoutée comme spécifié dans l'Article G.3

$E_{\text{début}}$ est le relevé d'énergie cumulée au début de l'essai de **rendement du traitement de la charge** comme défini dans G.4.1 en Wh

E_{fin} est le relevé d'énergie cumulée à la fin de l'essai de **rendement du traitement de la charge** comme défini dans G.4.4 en Wh

$P_{\text{après}}$	est la consommation électrique continue qui survient après avoir traité totalement la charge pendant la période d'essai d'énergie valide (l'Article B.3 ou l'Article B.4) comme défini dans G.4.4 en W
$t_{\text{début}}$	est la durée de l'essai au début de l'essai de rendement du traitement de la charge comme défini dans G.4.1 en heures
t_{fin}	est la durée de l'essai à la fin de l'essai de rendement du traitement de la charge comme défini dans G.4.4 en heures
ΔE_{df}	est la consommation d'énergie supplémentaire associée à une période de dégivrage et reprise comme déterminé conformément à l'Annexe C (l'Article C.5)
z	est un nombre entier qui est égal au nombre de périodes de dégivrage et reprise qui surviennent pendant et avant la fin de l'essai de rendement du traitement de la charge (voir Figure G.5). Cette valeur est égale à zéro pour les appareils de réfrigération sans système de dégivrage ou lorsqu'aucune période de dégivrage et reprise ne survient pendant l'essai de rendement du traitement de la charge (voir Figure G.4).

G.5.4 Rendement du traitement de charge

Le rendement du traitement de la charge est obtenu comme suit:

$$\text{Rendement}_{\text{charge,ambiante}} = \frac{E_{\text{essai-apport}}}{\Delta E_{\text{essai-supplémentaire}}} \quad (52)$$

où

$\text{Rendement}_{\text{charge,ambiante}}$	est le rendement du traitement de la charge mesuré pour la température ambiante spécifiée (sans unité, Wh/Wh)
$E_{\text{essai-apport}}$	est l'énergie thermique extraite de la charge de traitement pendant l'essai comme défini dans G.5.2
$\Delta E_{\text{essai-supplémentaire}}$	est l'énergie supplémentaire consommée par l' appareil de réfrigération pour traiter totalement la charge pendant l'essai comme défini dans G.5.3.

La valeur mesurée de $\text{Rendement}_{\text{charge,ambiante}}$ peut être supérieure à un.

Pour une valeur de **rendement du traitement de la charge** utilisée pour estimer l'impact sur la **consommation d'énergie** d'un **appareil de réfrigération**, une estimation de l'application de la charge relative à l'utilisateur est exigée (en Wh).

G.5.5 Multiplicateur de traitement de la charge

Alternativement, un multiplicateur de **charge de traitement** "a" peut être utilisé comme multiplicateur de la charge appliquée spécifiée dans la présente norme (basée sur 12 g/l de **volume de compartiment non congelé** et 4 g/l de **volume de compartiment congelé**). Une valeur de "a" = 1 par exemple signifierait que la charge relative à l'utilisateur serait égale à E_{apport} toutes les 24 h (voir 6.8 où toutes les valeurs sont converties en **consommation d'énergie** journalière). Le multiplicateur de charge "a" devrait être plus élevé dans les climats tropicaux plus chauds et plus faible dans les climats tempérés plus froids. Selon cette approche, la valeur de E_{apport} est différente pour chaque **appareil de réfrigération** différent car le **volume des compartiments non congelés et congelés** est différent et cette approche suppose que l'utilisation (**charge de traitement** relative à l'utilisateur) est directement proportionnelle au **volume**. D'autres facteurs (comme le nombre d'occupants) peuvent également avoir un impact sur la charge supposée relative à l'utilisateur. Le multiplicateur peut également être différent pour certaines configurations de produit (p. ex.: **congélateurs séparés**) car elles peuvent avoir une utilisation très différente dans certaines régions.

Lorsqu'un multiplicateur de charge est utilisé pour estimer l'énergie supplémentaire associée à une charge de traitement, il est important de calculer une valeur normalisée pour $E_{apport-nominal}$ afin de corriger les légères variations de températures de **compartiment** et de **température ambiante** qui surviennent pendant un essai. Ceci est calculé en supposant que la **charge de traitement** appliquée débute exactement à la **température ambiante** nominale et termine exactement à la **température cible du compartiment**.

$$E_{noncongelé-nominal} = \frac{[M_{tot-ncong} \times (T_{amb-cib} - T_{ncong-cib})] \times 4,186}{3,6} \quad (53)$$

où

$E_{non\ congelé-nominal}$	est l'énergie extraite de la charge d'eau dans le compartiment non congelé dans des conditions nominales en Wh
$M_{tot-ncong}$	est le volume d'eau total dans le compartiment non congelé en kg
$T_{ncong-cib}$	est la température cible de consommation d'énergie du compartiment non congelé en °C (voir Tableau 1)
$T_{amb-cib}$	est la température ambiante nominale de l'essai (16 °C ou 32 °C si applicable)
4,186	est un facteur de changement d'enthalpie de l'eau en kJ/(kg.K) (à l'état non congelé)
3,6	est un facteur de conversion de kJ en Wh (s/h × 10 ⁻³).

$$E_{congelé-nominal} = \frac{[M_{tot-cong} \times (4,186 \times T_{amb-cib} + 333,6 - T_{cong-cib} \times 2,05)]}{3,6} \quad (54)$$

où

$E_{congelé-nominal}$	est l'énergie extraite de la charge d'eau dans le compartiment congelé dans des conditions nominales en Wh
$M_{tot-cong}$	est le volume d'eau total placé dans le compartiment congelé en kg
$T_{cong-cib}$	est la température cible de consommation d'énergie du compartiment congelé en °C (voir Tableau 1)
$T_{amb-cib}$	est la température ambiante nominale de l'essai (16 °C ou 32 °C si applicable)
4,186	est un facteur de changement d'enthalpie de l'eau en kJ/(kg.K) (à l'état non congelé)
2,05	est un facteur de changement d'enthalpie de l'eau en kJ/(kg.K) (à l'état congelé)
333,6	est un facteur de changement de phase d'eau d'enthalpie en kJ/ kg (eau en glace)
3,6	est un facteur de conversion de kJ en Wh (s/h × 10 ⁻³).

L'apport énergétique nominal total à une température ambiante donnée de la salle d'essai est obtenu comme suit:

$$E_{apport-nominal} = E_{non\ congelé-nominal} + E_{congelé-nominal} \quad (55)$$

Les valeurs suivantes doivent être incluses dans le rapport d'essai lorsque cette valeur est mesurée et consignée:

- **Volume** de tous les **compartiments non congelés** en l
- **Volume** de tous les **compartiments congelés** en l
- **Volume** de charge d'eau ajouté aux **compartiments non congelés** en g

- Volume de charge d'eau ajouté aux **compartiments congelés** en g
- $E_{\text{apport-essai}}$ pour chaque température d'essai ambiante spécifiée en Wh
- $\Delta E_{\text{essai-supplémentaire}}$ pour chaque température d'essai ambiante spécifiée en Wh
- $\text{Rendement}_{\text{charge, ambiante}}$ pour chaque température d'essai ambiante spécifiée
- $E_{\text{apport-nominal}}$ pour chaque température d'essai ambiante spécifiée en Wh.

Toutes les valeurs utilisées pour déterminer le **rendement du traitement de la charge** doivent être consignées.

G.5.6 Ajout de charges relatives à l'utilisateur dans l'énergie journalière

L'impact de charges relatives à l'utilisateur peut être inclus dans la **consommation d'énergie** journalière. Les charges relatives à l'utilisateur proviennent des actions normales comme les ouvertures de portes (et l'échange d'air associé), l'insertion de charges de denrées et boissons chaudes qui sont ensuite refroidies (et parfois congelées) et la production de glaçons.

La méthode de détermination du **rendement du traitement de la charge** pour l'**appareil de réfrigération** est définie dans la présente Annexe. Cette valeur fournit une estimation de la **consommation d'énergie** incrémentielle exigée pour extraire chaque unité d'équivalent de charge calorifique relative à l'utilisateur qui provient de l'**utilisation normale**. L'étendue des charges relatives à l'utilisateur est fortement variable à un niveau régional car elle dépend du climat, de la saison et des conditions intérieures, ainsi que des habitudes de l'utilisateur. Les charges relatives à l'utilisateur devraient également varier dans une certaine étendue selon la taille et le type d'**appareil de réfrigération** et de certains facteurs démographiques comme le nombre d'occupants ayant accès à l'**appareil de réfrigération** et l'occupation (heures de la journée où les personnes sont au foyer). Les charges journalières moyennes relatives à l'utilisateur peuvent varier d'une moyenne de 50 Wh/j à 500 Wh/j, selon la saison, le climat, le type de produit, la taille du produit et la démographie.

NOTE 1 Une utilisation fréquente peut entraîner des **intervalles de dégivrage** plus courts. Les **intervalles de dégivrage** dépendent principalement des conditions ambiantes et ouvertures de portes (et dans une moindre étendue des charges liquides non couvertes et des fruits et légumes), les charges relativement élevées ajoutées ici avec une seule ouverture de porte par **compartiment** ne sont pas susceptibles de simuler l'utilisation qui entraînerait des **intervalles de dégivrage** courts. L'impact des changements d'**intervalle de dégivrage** n'est pas directement mesuré dans l'essai de **rendement du traitement de la charge** mais est estimé au moyen d'un ajustement selon Δt_{dr} . Ceci est quelque peu compliqué car l'**intervalle de dégivrage** affecte la **consommation électrique continue** et la température moyenne des points d'essai, car l'impact exact ne peut pas être directement calculé. A moins qu'il n'existe un grand changement d'**intervalle de dégivrage** en réponse aux charges relatives à l'utilisateur (ce qui peut être une forme de contournement), il convient que l'effet sur la **consommation d'énergie** soit faible et celui-ci a été ignoré dans ce calcul.

Lorsqu'une estimation des charges relatives à l'utilisateur est exprimée en Wh/j, l'impact sur la **consommation d'énergie** journalière à une **température ambiante** donnée peut être estimé comme suit:

$$\Delta E_{\text{traitement}} = \frac{E_{\text{utilisateur}}}{\text{rendement}_{\text{charge ambiante}}} \quad (56)$$

où

$\Delta E_{\text{traitement}}$ est la **consommation d'énergie** journalière supplémentaire de l'**appareil de réfrigération** en Wh/j pour traiter la charge relative à l'utilisateur $E_{\text{utilisateur}}$

$E_{\text{utilisateur}}$ est l'équivalent de charge calorifique relative à l'utilisateur entrant dans l'**appareil de réfrigération** en Wh/j survenant en cas d'utilisation normale (selon la région)

$Rendement_{charge, ambiante}$ est le **rendement du traitement de la charge** à la **température ambiante** spécifiée conformément à la présente Annexe en Wh/Wh (sans dimensions).

NOTE 2 L'impact des charges relatives à l'utilisateur aux températures intermédiaires entre les **températures ambiantes** d'essai de 16 °C et 32 °C peut être estimé par interpolation linéaire du **rendement du traitement de la charge** $Rendement_{charge, ambiante}$ entre ces températures. Les charges relatives à l'utilisateur sont généralement plus faibles à une **température ambiante** plus faible pour les mêmes tâches. Pour obtenir une bonne estimation de l'impact des charges relatives à l'utilisateur sur une année entière, il convient d'effectuer une estimation des valeurs équivalentes (apport) des charges calorifiques mensuelles moyennes relatives à l'utilisateur.

En alternative, la **charge de traitement** spécifiée dans cette Annexe (qui dépend du **volume**) peut être utilisée comme base d'adaptation de la **charge de traitement** par région.

$$\Delta E_{traitement} = \frac{E_{apport-nominal}}{Rendement_{charge, ambiante}} \times a \quad (57)$$

où:

$\Delta E_{traitement}$ est la **consommation d'énergie** journalière supplémentaire de l'**appareil de réfrigération** en Wh/j pour traiter la charge spécifiée

$E_{apport-nominal}$ est la **charge de traitement** nominale pour la charge d'eau spécifiée aux températures ambiantes et aux **températures cibles de compartiment** en Wh/j (voir G.5.4)

a est un facteur régional pour adapter la **charge de traitement**

$Rendement_{charge, ambiante}$ est le **rendement du traitement de la charge** à la **température ambiante** spécifiée conformément à la présente Annexe en Wh/Wh (sans dimensions).

NOTE 3 La valeur préférentielle pour "a" est 1, en l'absence de données locales. Il convient que la valeur de "a" ne dépasse pas 2.

La valeur pour $\Delta E_{traitement}$ peut être ajoutée à la valeur de **consommation d'énergie** journalière pour estimer une valeur pour ces éléments d'utilisation relatifs à l'utilisateur. Si les valeurs à une température ambiante de 16 °C et 32 °C sont toutes les deux utilisées, le facteur annuel pourrait être exprimé comme suit:

$$\Delta E_{traitement-annuel} = f\{\Delta E_{traitement16C}, \Delta E_{traitement32C}\} \quad (58)$$

Conformément aux exigences régionales, la **consommation d'énergie** annuelle totale d'un **appareil de réfrigération** (Formule (4), 6.8.5) peut être étendue pour inclure la **charge de traitement** comme suit:

$$E_{total} = f\{E_{journalière16C}, E_{journalière32C}\} E_{aux} + \Delta E_{traitement-annuel} \quad (59)$$

Voir Annexe I pour les exemples étudiés.

Annexe H (normative)

Détermination du volume

H.1 Domaine d'application

Cette Annexe décrit les méthodes de calcul du **volume** total des **appareils de réfrigération**. La présente Annexe est destinée à fournir un moyen uniforme de détermination de la taille, en tenant compte des caractéristiques spéciales et/ou composants fonctionnels qui sont situés dans le ou les **compartiments** réfrigérés. Il n'est pas prévu de fournir un moyen de mesurer la capacité d'entreposage des denrées, le **volume** utile ou l'utilisabilité du **volume**.

La méthode définie dans la présente Annexe est basée sur la logique selon laquelle tout ce qui n'est pas utile pour la régulation de la température dans l'espace interne a été retiré et l'espace qui était alors occupé fait partie du **volume**. Ainsi, par exemple, le dispositif d'éclairage n'est pas nécessaire pour aider l'appareil à maintenir des conditions internes, il est alors considéré comme retiré, alors que le **thermostat réglable par l'utilisateur** et son boîtier ainsi que les gaines pour distribuer l'air sont considérés comme étant en place.

H.2 Volume total

H.2.1 Mesures de volume

Tous les **volumes de compartiment** mesurés doivent être arrondis au 0,1 L le plus proche. Le **volume** total doit être la somme de ces **volumes de compartiments** arrondis et la valeur déclarée de **volume** total doit être arrondie au litre entier le plus proche.

H.2.2 Détermination du volume

Le **volume** doit tenir compte des formes exactes des parois, qu'elles soient en creux ou en relief. Pour les distributeurs de glaçons et d'eau intégrés dans la porte, la goulotte d'éjection des glaçons doit être incluse dans le **volume** jusqu'à la fonction de distribution.

Lors de la détermination du **volume**, les éléments intérieurs, tels qu'**étagères**, parois amovibles, récipients et dispositifs d'éclairage intérieurs, doivent être considérés comme n'étant pas en place.

Les éléments suivants doivent être considérés comme étant en place et leurs **volumes** déduits:

- Le **volume** des boîtiers de commande.
- Le **volume** de l'espace occupé par l'**évaporateur** (qui inclut l'espace rendu inaccessible par l'**évaporateur**) (voir H.2.3).
- Le **volume** des conduits d'air exigés pour le refroidissement et le fonctionnement corrects de l'unité.
- L'espace occupé par les **étagères** moulées dans le panneau de porte intérieur.

A des fins de clarification, les distributeurs de glaçons et d'eau encastrés dans la porte et le système d'isolation ne sont pas inclus dans le **volume**. Aucune partie du distributeur ne doit être incluse comme **volume**.

H.2.3 Volume de l'espace occupé par l'évaporateur

Le **volume** de l'espace occupé par l'**évaporateur** doit être le produit de la profondeur, de la largeur et de la hauteur.

Le **volume** total à déduire doit comprendre ce qui suit:

- a) Dans le cas d'un **évaporateur** à air forcé, le **volume** total du couvercle de l'**évaporateur** et de l'arrière du couvercle de l'**évaporateur** doit être déduit, notamment le **volume** occupé par le ventilateur de l'**évaporateur** et la volute.
- b) Dans le cas d'**évaporateurs** à plaques (p. ex.: soudés par laminage), le **volume** situé verticalement à l'arrière des **évaporateurs** à plaques installés et le **volume** situé horizontalement au-dessus des **évaporateurs** à plaques installés si la distance entre l'**évaporateur** à plaques horizontal et la surface de revêtement la plus proche au-dessus est inférieure à 50 mm. Les bacs de dégivrage/bacs amovibles doivent être considérés comme non présents.
- c) Dans le cas d'**étagères** remplies de **réfrigérant**, le **volume** au-dessus de l'**étagère** la plus en haut et au-dessous de l'**étagère** la plus en bas, si la distance entre l'**étagère** et le plan horizontal le plus proche de la paroi intérieure de l'armoire est inférieure ou égale à 50 mm. Toutes les autres **étagères** réfrigérées sont considérées comme non présentes.

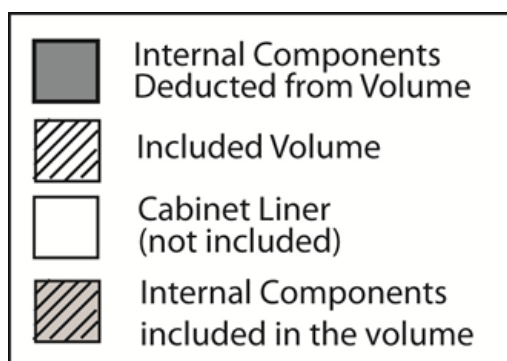
H.2.4 Sections et/ou compartiments deux étoiles

Des **sections** et/ou des **compartiments deux étoiles** peuvent être situés dans la porte et dans le **volume** restant d'un **appareil de réfrigération**, lorsque toutes les conditions suivantes sont satisfaites:

- a) la **section** ou le **compartiment deux étoiles** porte le symbole d'identification approprié (voir IEC 62552-1:2015, 5.2);
- b) la **section** et/ou le **compartiment deux étoiles** est séparé(e) du **volume trois étoiles** ou **quatre étoiles** par une cloison, un récipient ou un élément similaire;
- c) le **volume** total **assigné de la section deux étoiles** ne dépasse pas 20 % du **volume** total du **compartiment**;
- d) les notices d'emploi donnent des instructions claires concernant la **section** et/ou le **compartiment deux étoiles**;
- e) le **volume** de la **section** et/ou du **compartiment deux étoiles** est indiqué séparément et n'est pas inclus dans le **volume trois ou quatre étoiles**.

H.3 Légende des Figures H.1 à H.5

Les Figures H.1 à H.5 montrent des configurations normalisées et ne sont pas destinées à couvrir toutes les variantes de conception. Une combinaison de composants de diverses figures peut être utilisée pour d'autres modèles. La légende des schémas dans la présente Annexe est définie ci-après:

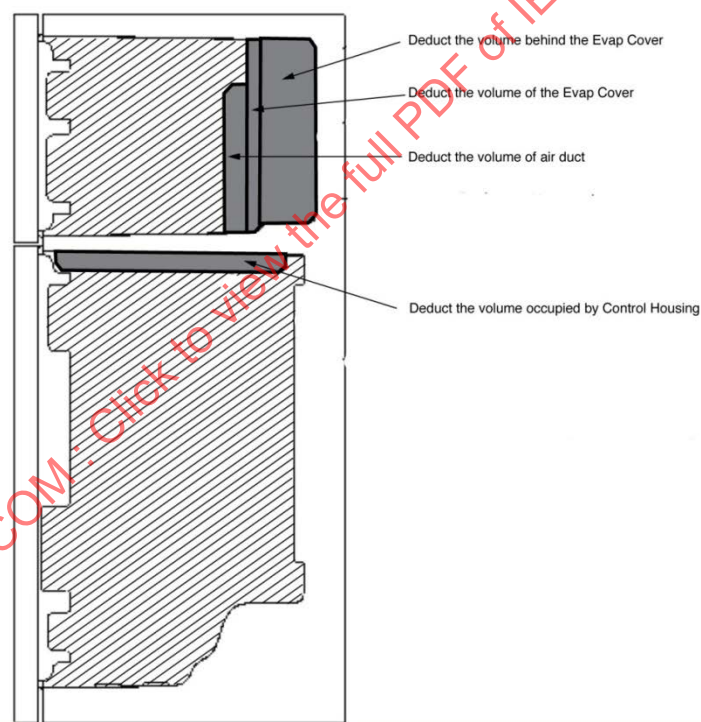


IEC

Légende

Anglais	Français
Internal Components Deducted from Volume	Eléments internes déduits du volume
Included Volume	Volume inclus
Cabinet Liner (not included)	Revêtement d'armoire (non inclus)
Internal Components included in the volume	Eléments internes inclus dans le volume

Ces figures illustrent les procédures de détermination du **volume** décrites en H.2.2 et H.2.3.



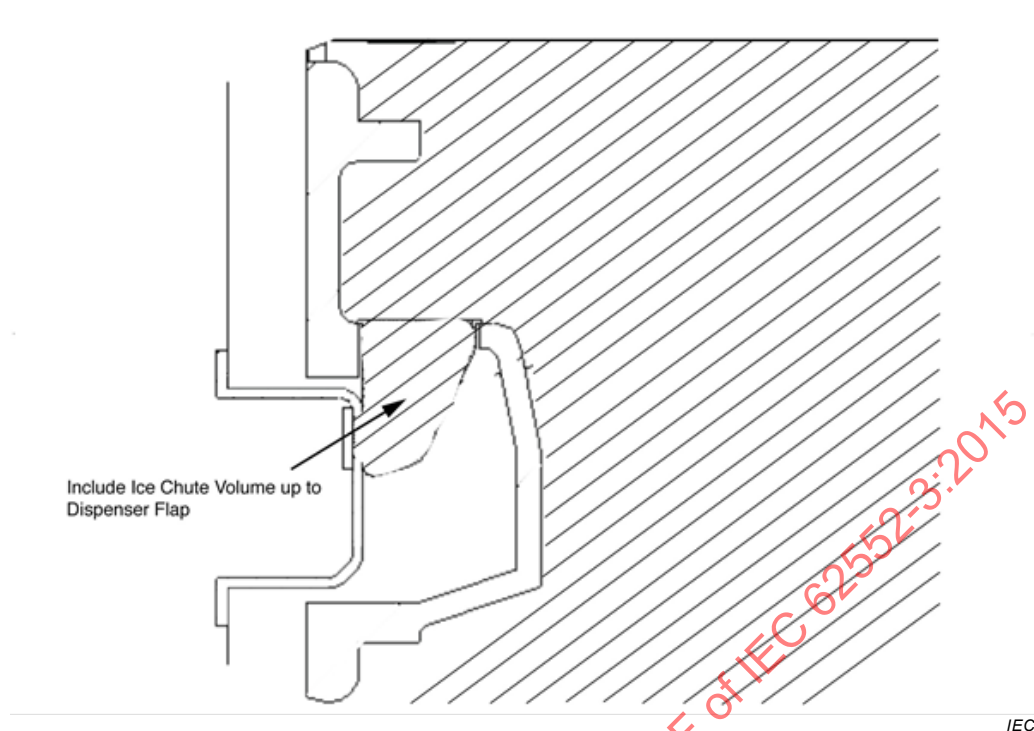
IEC

Légende

Anglais	Français
Deduct the volume behind the Evap Cover	Déduire le volume derrière le couvercle d'évaporateur
Deduct the volume of the Evap Cover	Déduire le volume du couvercle d'évaporateur
Deduct the volume of air duct	Déduire le volume du conduit d'air
Deduct the volume occupied by Control Housing	Déduire le volume occupé par le boîtier de commande

NOTE Ce schéma s'applique également à tous les **congélateurs** côte à côte, montés en bas et aux **appareils de réfrigération de compartiment** individuels séparés. Toutes les déductions sont les mêmes. Voir les figures suivantes pour de plus amples informations sur le distributeur.

Figure H.1 – Vue de base d'un congélateur monté en haut

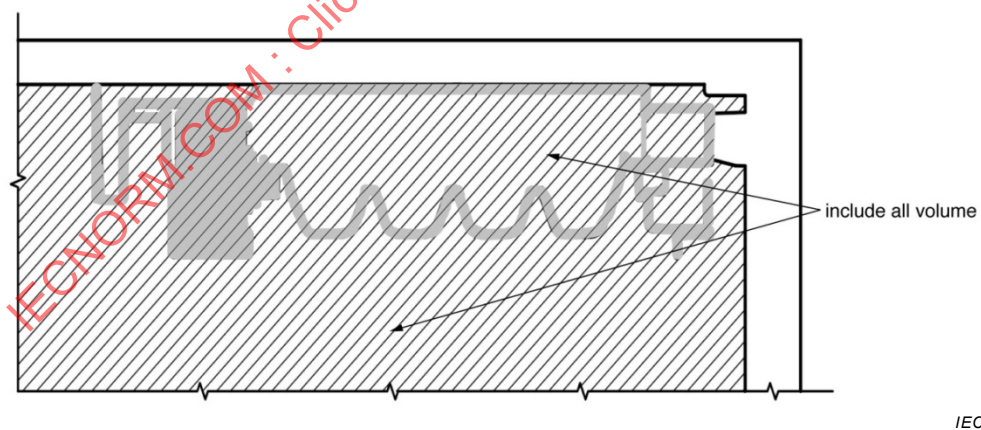


Légende

Anglais	Français
Include Ice Chute Volume up to Dispenser Flap	Inclure le volume de la goulotte d'éjection des glaçons jusqu'au clapet du distributeur

NOTE Pour les appareils à glaçons automatiques, les bouchons ou caches sur la goulotte (p. ex.: pendant l'expédition ou les périodes de non-utilisation) sont retirés pour la détermination du **volume**.

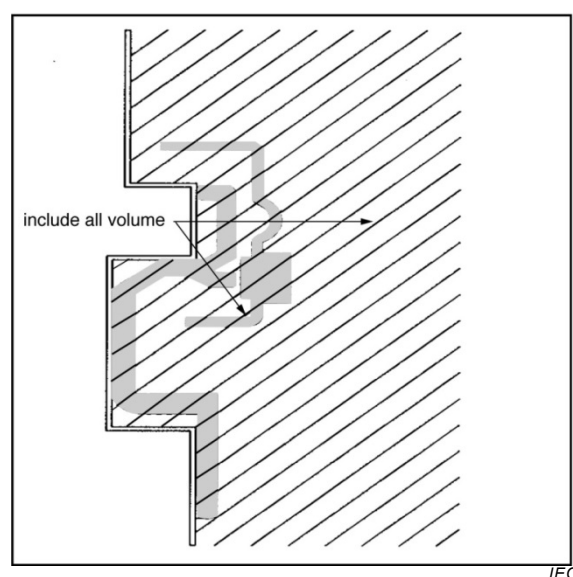
Figure H.2 – Distributeur et goulotte d'un appareil à glaçons automatique



Légende

Anglais	Français
include all volume	inclure tous les volumes

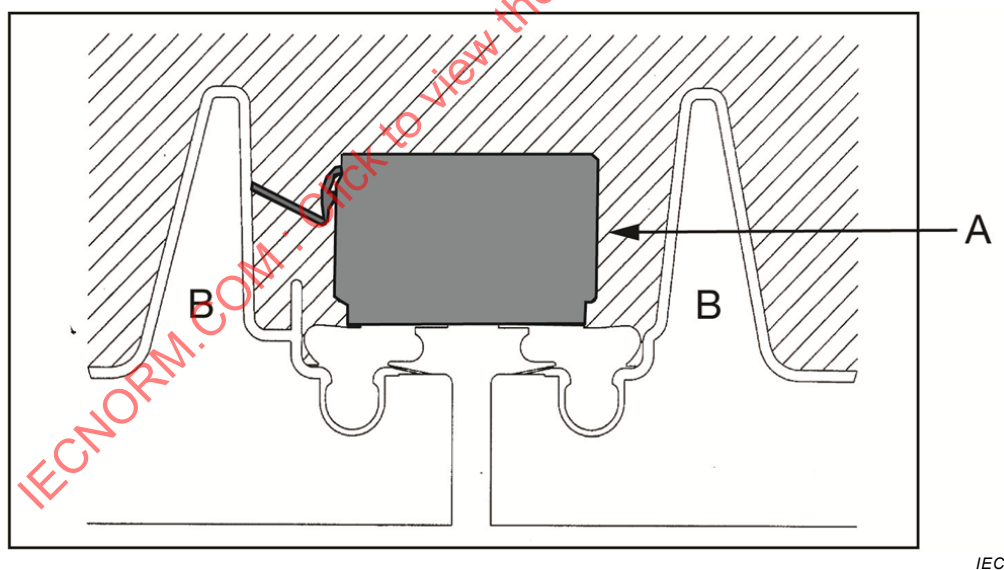
Figure H.3 – Compartiment d'un appareil à glaçons automatique



Légende

Anglais	Français
include all volume	inclure tous les volumes

Figure H.4 – Rail des étagères ou paniers de type tiroir



NOTE Le séparateur rotatif est calculé avec la porte fermée. Le **volume** du séparateur rotatif interne (A) n'est pas inclus. Le dépassement du revêtement de porte (B) n'est pas inclus.

Figure H.5 – Séparateur rotatif du compartiment des denrées fraîches pour portes-fenêtres

Annexe I (informative)

Exemples étudiés de calculs de consommation d'énergie

I.1 Exemple de calcul de la consommation d'énergie journalière

Conformément à 6.8.2, la **consommation d'énergie** journalière d'un **appareil de réfrigération** avec un système de dégivrage (avec son propre **cycle de commande de dégivrage**) est obtenue comme suit:

$$E_{\text{journalière}} = P \times 24 + \frac{\Delta E_{df} \times 24}{\Delta t_{df}} \quad (2)$$

La température moyenne de chaque **compartiment** pour ce **réglage de thermostat** est obtenue comme suit:

$$T_{\text{moyenne}} = T_{ss} + \frac{\Delta Th_{df}}{\Delta t_{df}} \quad (3)$$

Un **réfrigérateur-congélateur à dégivrage automatique** présente les résultats d'essai suivants à 32 °C:

Puissance **continue** P_{32} (Annexe B): 43,2 W

Température **continue** des denrées fraîches T_{ff} : 3,6 °C

Température **continue du congélateur** T_{cong} : -19,4 °C

Energie de dégivrage incrémentielle ΔE_{df32} (Annexe C): 94,3 Wh

Température cumulée pendant le dégivrage dans les denrées fraîches ΔTh_{df32} (Annexe C): +1,6 Kh

Température cumulée pendant le dégivrage dans le **congélateur** ΔTh_{df32} (Annexe C): +8,5 Kh

Intervalle de dégivrage Δt_{df32} (Annexe D): 23,4 h

Il présente également les résultats d'essai suivants à 16 °C:

Puissance **continue** P_{16} (Annexe B): 16,9 W

Température **continue** des denrées fraîches: 2,9 °C

Température **continue du congélateur**: -18,9 °C

Energie de dégivrage incrémentielle ΔE_{df16} (Annexe C): 85,6 Wh

Température cumulée pendant le dégivrage dans les denrées fraîches ΔTh_{df16} (Annexe C): +1,8 Kh

Température cumulée pendant le dégivrage dans le **congélateur** ΔTh_{df16} (Annexe C): +8,1 Kh

Intervalle de dégivrage Δt_{df16} (Annexe D): 46,8 h

Energie journalière et température moyenne du **compartiment** à une température ambiante de 32 °C:

$$E_{journalière32} = 43,2 \times 24 + \frac{94,3 \times 24}{23,4} = 1\,134 \text{ Wh/j}$$

$$T_{moyenneFF} = 3,6 + \frac{1,6}{23,4} = 3,67 \text{ °C}$$

$$T_{moyenneFZ} = -19,4 + \frac{8,5}{23,4} = -19,04 \text{ °C}$$

Energie journalière et température moyenne du **compartiment** à une température ambiante de 16 °C:

$$E_{journalière16} = 16,9 \times 24 + \frac{85,6 \times 24}{46,8} = 449 \text{ Wh/j}$$

$$T_{moyenneFF} = 2,9 + \frac{1,8}{46,8} = 2,94 \text{ °C}$$

$$T_{moyenneFZ} = -18,9 + \frac{8,1}{46,8} = -18,73 \text{ °C}$$

I.2 Dégivrage variable – calcul des intervalles de dégivrage

En Annexe D, les commandes à **dégivrage variable** utilisent une approche de calcul pour déterminer l'**intervalle de dégivrage** pour la détermination de la **consommation d'énergie** journalière.

L'**intervalle de dégivrage** pour un système de **dégivrage variable** est obtenu comme suit:

$$\Delta t_{df32} = \frac{\Delta t_{d-max} \times \Delta t_{d-min}}{[0,2 \times (\Delta t_{d-max} - \Delta t_{d-min}) + \Delta t_{d-min}]} \quad (27)$$

où:

Δt_{df32} est l'intervalle de dégivrage pour une température ambiante d'essai de 32 °C

Δt_{d-max} est l'intervalle de dégivrage maximal possible à une température ambiante de 32 °C comme spécifié par le fabricant, en heures de temps écoulé

Δt_{d-min} est l'intervalle de dégivrage minimal possible à une température ambiante de 32 °C comme spécifié par le fabricant, en heures de temps écoulé

Les limites suivantes s'appliquent à la variable d'entrée Δt_{d-max} et Δt_{d-min} , quelles que soient les instructions du fabricant:

- Δt_{d-min} est normalement supérieure à 6 h et ne doit pas dépasser 12 h à une **température ambiante** de 32 °C (temps écoulé).