

**RAPPORT  
TECHNIQUE  
TECHNICAL  
REPORT**

**CEI  
IEC  
60648**

Première édition  
First edition  
1979-01

---

---

**Méthode d'essai des coefficients de frottement  
des films et feuilles de matière plastique utilisés  
comme isolants électriques**

**Method of test for coefficients of friction of plastic  
film and sheeting for use as electrical insulation**



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 60648: 1979

## Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

## Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

## Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI\*
- **Catalogue des publications de la CEI**  
Publié annuellement et mis à jour régulièrement  
(Catalogue en ligne)\*
- **Bulletin de la CEI**  
Disponible à la fois au «site web» de la CEI\* et comme périodique imprimé

## Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

\* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

## Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

## Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

## Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site\***
- **Catalogue of IEC publications**  
Published yearly with regular updates  
(On-line catalogue)\*
- **IEC Bulletin**  
Available both at the IEC web site\* and as a printed periodical

## Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

\* See web site address on title page.

**RAPPORT  
TECHNIQUE  
TECHNICAL  
REPORT**

**CEI  
IEC  
60648**

Première édition  
First edition  
1979-01

---

---

**Méthode d'essai des coefficients de frottement  
des films et feuilles de matière plastique utilisés  
comme isolants électriques**

**Method of test for coefficients of friction of plastic  
film and sheeting for use as electrical insulation**

© IEC 1979 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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'éditeur.

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 the publisher.

International Electrotechnical Commission  
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland  
e-mail: [inmail@iec.ch](mailto:inmail@iec.ch) IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE

**J**

*Pour prix, voir catalogue en vigueur  
For price, see current catalogue*

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**MÉTHODE D'ESSAI DES COEFFICIENTS DE FROTTEMENT  
DES FILMS ET FEUILLES DE MATIÈRE PLASTIQUE  
UTILISÉS COMME ISOLANTS ÉLECTRIQUES**

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

Le présent rapport a été établi par le Sous-Comité 15C: Spécifications, du Comité d'Etudes N° 15 de la CEI: Matériaux isolants.

Un projet fut discuté lors de la réunion tenue à Stockholm en 1977. A la suite de cette réunion, un projet, document 15C(Bureau Central)77, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en février 1978.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

|                                |                         |
|--------------------------------|-------------------------|
| Afrique du Sud (République d') | France                  |
| Allemagne                      | Japon                   |
| Autriche                       | Pologne                 |
| Belgique                       | Suède                   |
| Canada                         | Tchécoslovaquie         |
| Corée (République de)          | Turquie                 |
| Danemark                       | Union des Républiques   |
| Egypte                         | Socialistes Soviétiques |

**Documents de référence**

**Normes ASTM:**

- D 618: Conditioning of Plastics and Electrical Insulating Materials for Testing.
- D 883: Standard Definitions of Terms Relating to Plastics.

La méthode décrite dans le présent rapport est directement reprise de la norme ASTM D 1894. La parution de ce rapport est donc à considérer comme une phase intermédiaire qui permettra de disposer de la procédure d'essai sous une forme propre à la CEI et de l'utiliser chaque fois que cela sera nécessaire dans les normes de la CEI concernant les films de matière plastique pour l'isolation électrique.

Lorsque la méthode ISO relative à cette caractéristique aura été mise au point, il lui sera fait référence dans la mesure du possible.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**METHOD OF TEST FOR COEFFICIENTS OF FRICTION  
OF PLASTIC FILM AND SHEETING  
FOR USE AS ELECTRICAL INSULATION**

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This report has been prepared by Sub-Committee 15C, Specifications, of IEC Technical Committee No. 15, Insulating Materials.

A draft was discussed at the meeting held in Stockholm in 1977. As a result of this meeting, a draft, Document 15C(Central Office)77, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in February 1978.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

|                |                            |
|----------------|----------------------------|
| Austria        | Japan                      |
| Belgium        | Korea (Republic of)        |
| Canada         | Poland                     |
| Czechoslovakia | South Africa (Republic of) |
| Denmark        | Sweden                     |
| Egypt          | Turkey                     |
| France         | Union of Soviet            |
| Germany        | Socialist Republics        |

**Applicable documents**

*ASTM standards:*

- D 618: Conditioning Plastics and Electrical Insulating Materials for Testing.
- D 883: Standard Definitions of Terms Relating to Plastics.

The method described in this report is taken directly from the ASTM standard D 1894. The issue of this report is therefore to be regarded as an interim step that will enable the test procedure to be available in IEC form, to be used whenever necessary in IEC standards for plastic films for electrical insulation purposes.

When the ISO method for this property has been developed, reference will be made to it, as far as possible.

## MÉTHODE D'ESSAI DES COEFFICIENTS DE FROTTEMENT DES FILMS ET FEUILLES DE MATIÈRE PLASTIQUE UTILISÉS COMME ISOLANTS ÉLECTRIQUES

### 1. Domaine d'application

- 1.1 La méthode donnée ci-après traite de la détermination des coefficients de frottement au départ et en mouvement d'un film ou d'une feuille de matière plastique qui glisse sur elle-même ou sur d'autres corps dans des conditions d'essai spécifiées. Le procédé permet d'utiliser une plaque stationnaire avec un plateau mobile, ou une plaque mobile avec un plateau stationnaire. Les deux manières de procéder donnent les mêmes valeurs de coefficient de frottement pour une éprouvette donnée.

*Note.* — Les valeurs indiquées en unités SI doivent être prises comme normales.

### 2. Objet et but de la méthode

- 2.1 On peut effectuer des mesures des caractéristiques de frottement d'une éprouvette de film ou de feuille plastique, glissant sur elle-même ou sur un autre corps. Les coefficients de frottement sont liés aux caractéristiques de glissement des films en matière plastique et ces caractéristiques présentent un grand intérêt pour l'emballage. Les méthodes indiquées fournissent des valeurs empiriques utilisables pour le contrôle de fabrication des films. On peut habituellement établir des corrélations entre les résultats d'essai et le comportement réel.
- 2.2 Les propriétés de glissement proviennent d'additifs existant dans certains films, le polyéthylène par exemple. Ces additifs présentent divers degrés de compatibilité avec le réseau plastique du film. Certains d'entre eux suintent ou exsudent en surface et rendent cette dernière lubrifiée et plus glissante. Les données provenant des essais peuvent présenter une reproductibilité limitée car l'effet d'exsudation n'est pas toujours uniforme pour toutes les zones de la surface du film.
- 2.3 Les caractéristiques de frottement d'un film ou d'une feuille de matière plastique peuvent dépendre de l'uniformité du mouvement entre les deux surfaces. Il faut prendre soin de contrôler aussi exactement que possible la vitesse de déplacement de l'appareil.
- 2.4 Les valeurs obtenues selon ces procédés peuvent dépendre grandement de l'âge du film ou de la feuille, ainsi que de l'état des surfaces. L'effet d'exsudation d'un grand nombre d'additifs de glissement et de frottement de films ou de feuilles fabriqués à des moments différents est quelquefois sans signification, à moins que l'on ne désire précisément étudier cet effet.
- 2.5 Les caractéristiques de frottement et de glissement des films et feuilles en matière plastique se fondent sur la mesure de phénomènes de surface. Quand des produits ont été fabriqués à partir de procédés différents, ou même s'ils proviennent de différentes machines utilisant le même procédé de fabrication, la surface de ces produits peut dépendre de l'équipement ou de ses conditions de travail. Ces facteurs doivent être appréciés pour l'évaluation des valeurs obtenues par les méthodes en question.
- 2.6 La mesure du coefficient de frottement statique est étroitement liée à la valeur de la charge et au degré d'adhérence de la plaque chargée sur le plateau du fait des variations du délai de mise en mouvement.

## METHOD OF TEST FOR COEFFICIENTS OF FRICTION OF PLASTIC FILM AND SHEETING FOR USE AS ELECTRICAL INSULATION

---

### 1. Scope

- 1.1 This method covers determination of the coefficients of starting and sliding friction of plastic film and sheeting when sliding over itself or other substances under specified test conditions. The procedure permits the use of a stationary sled with a moving plane, or a moving sled with a stationary plane. Both procedures yield the same coefficients of friction values for a given sample.

*Note.* — The values stated in SI units are to be regarded as the standard.

### 2. Significance

- 2.1 Measurements of frictional properties may be made on a film or sheeting specimen when sliding over itself or over another substance. The coefficients of friction are related to the slip properties of plastic films that are of wide interest in packaging applications. These methods yield empirical data for control purposes in film production. Correlation of test results with actual performance can usually be established.
- 2.2 Slip properties are generated by additives in some plastic films, for example, polyethylene. These additives have varying degrees of compatibility with the film matrix. Some of them bloom, or exude to the surface, lubricating it and making it more slippery. Because this blooming action may not always be uniform on all areas of the film surface, values from these tests may be limited in reproducibility.
- 2.3 The frictional properties of plastic film and sheeting may be dependent on the uniformity of the rate of motion between the two surfaces. Care should be exercised to ensure that the rate of motion of the equipment is as carefully controlled as possible.
- 2.4 Data obtained by these procedures may be extremely sensitive to the age of the film or sheet and the condition of the surfaces. The blooming action of many slip additives is time-dependent. For this reason, it is sometimes meaningless to compare slip and friction properties of films or sheets produced at different times, unless it is desired to study this effect.
- 2.5 Frictional and slip properties of plastic film and sheeting are based on measurements of surface phenomena. Where products have been made by different processes, or even on different machines by the same process, their surfaces may be dependent on the equipment or its running conditions. Such factors must be weighed in evaluating data from these methods.
- 2.6 The measurement of the static coefficient of friction is highly dependent on the rate of loading and on the amount of blocking occurring between the loaded sled and the platform due to variation in time before motion is initiated.

- 2.7 Il faut prendre soin de ne pas dépasser la vitesse de réponse de l'enregistreur utilisé, qu'il soit mécanique ou électronique.

### 3. Définitions

#### 3.1 Glissement

Degré de lubrification de deux surfaces glissant l'une sur l'autre. En un sens, le glissement est l'inverse du frottement car un coefficient de frottement élevé traduit un glissement faible et un coefficient de frottement réduit traduit un frottement important.

#### 3.2 Frottement

Force résistante qui apparaît quand la surface de l'un des corps glisse, ou tend à glisser, au contact d'une surface adjacente du même corps ou d'un autre corps. Deux types de frottement peuvent exister entre les surfaces de deux solides en contact :

- 1) La résistance qui s'oppose à la force nécessaire pour mettre l'une des surfaces en mouvement par rapport à l'autre;
- 2) la résistance qui s'oppose à la force nécessaire pour déplacer l'une des surfaces par rapport à l'autre à une vitesse constante, variable ou prédéterminée.

#### 3.3 Coefficient de frottement

Rapport de la force de frottement, définie au paragraphe 3.2, à la force, généralement engendrée par la gravitation, agissant perpendiculairement aux deux surfaces en contact. Ce coefficient constitue une mesure de la difficulté relative avec laquelle la surface de l'un des matériaux glissera sur une surface adjacente du même ou d'un autre matériau.

Le coefficient de frottement statique ou initial ( $\mu_s$ ) est lié à la valeur de la force exercée pour mettre les surfaces en mouvement relatif. Le coefficient de frottement cinétique ou de glissement ( $\mu_k$ ) se rapporte à la force nécessaire pour entretenir ce mouvement.

### 4. Epreuves

- 4.1 L'éprouvette à fixer au plateau est coupée à environ 250 mm dans le sens machine et à 130 mm dans le sens transversal, si les traces d'extrusion existent et sont repérables.
- 4.2 Une éprouvette de film, d'une épaisseur nominale inférieure ou égale à 0,254 mm, à fixer à la plaque, est découpée en carré d'environ 120 mm de côté.
- 4.3 Une éprouvette de feuille de matière plastique ou autre (d'épaisseur nominale supérieure à 0,254 mm), à fixer à la plaque, est découpée en carré de 63,5 mm de côté.
- 4.4 Les éprouvettes de feuille de matière plastique doivent être planes sans gondolement. Leurs bords doivent être arrondis.
- 4.5 Sauf spécification contraire, cinq éprouvettes de chaque échantillon de matériau sont soumises aux essais.

Notes 1. — Les films et feuilles de matière plastique peuvent présenter des caractéristiques de frottement différentes selon leurs sens respectifs principaux, par suite d'anisotropie ou de l'influence de l'extrusion. Les éprouvettes peuvent être essayées dans le sens de la longueur, suivant le sens machine ou le sens transversal de l'échantillon, mais il est plus courant de procéder à l'essai en plaçant la longueur de l'éprouvette parallèlement au sens machine, comme indiqué au paragraphe 4.1.

- 2.7 Care should be exercised to make certain that the speed of response of the recorder, either electronic or mechanical, is not exceeded.

### 3. Definitions

#### 3.1 *Slip*

A term denoting lubricity of two surfaces sliding in contact with each other. In a sense, it is the antithesis of friction in that high coefficient of friction denotes low slip and low coefficient of friction high slip.

#### 3.2 *Friction*

The resisting force that arises when a surface of one substance slides, or tends to slide, over an adjoining surface of itself or another substance. Between surfaces of solids in contact there may be two kinds of friction:

- 1) the resistance opposing the force required to start to move one surface over another, and
- 2) the resistance opposing the force required to move one surface over another at a variable, fixed, or predetermined speed.

#### 3.3 *Coefficient of friction*

The ratio of the frictional force, defined in Sub-clause 3.2, to the force, usually gravitational, acting perpendicular to the two surfaces in contact. This coefficient is a measure of the relative difficulty with which the surface of one material will slide over an adjoining surface of itself, or of another material.

The static or starting coefficient of friction ( $\mu_s$ ) is related to the force measured to begin movement of the surfaces relative to each other. The kinetic or sliding coefficient of friction ( $\mu_k$ ) is related to the force measured in sustaining this movement.

### 4. Test specimens

- 4.1 The test specimen that is to be attached to the plane shall be cut approximately 250 mm (10 in) in the machine direction and 130 mm (5 in) in the transverse direction when such extrusion directions exist and are identifiable.
- 4.2 A film specimen having a nominal thickness of not greater than 0.254 mm (0.01 in) that is to be attached to the sled shall be cut approximately 120 mm (4½ in) square.
- 4.3 A plastic sheeting specimen (greater than 0.254 mm (0.01 in) nominal thickness) or another substance that is to be attached to the sled shall be cut 63.5 mm (2½ in) square.
- 4.4 Plastic sheeting specimens shall be flat and free of warpage. Edges of specimens shall be rounded smooth.
- 4.5 Five specimens shall be tested for each sample, unless otherwise specified.

*Notes 1.* — Plastic films and sheeting may exhibit different frictional properties in their respective principal directions due to anisotropy or extrusion effects. Specimens may be tested with their long dimension in either the machine or transverse direction of the sample, but it is more common practice to test the specimen as described in Sub-clause 4.1, with its long dimension parallel to the machine direction.

2. — *Avertissement* : Il faut faire très attention en manipulant les éprouvettes. La surface d'essai doit être exempte de poussière, de fibres, d'empreintes digitales ainsi que de toute substance étrangère susceptible de modifier les caractéristiques de surface des éprouvettes.

## 5. Conditions

### 5.1 Conditionnement

Conditionner les éprouvettes à la température de  $23 \pm 2$  °C, sous humidité relative de  $50 \pm 5$  % pendant au moins 40 h avant l'essai, dans le cas des essais qui exigent un conditionnement. En cas de désaccord, les tolérances sont de  $\pm 1$  °C pour la température et de  $\pm 2$  % pour l'humidité relative.

### 5.2 Conditions d'essai

Effectuer les essais dans l'atmosphère normale de laboratoire de  $23 \pm 2$  °C et de  $50 \pm 5$  % d'humidité relative, sauf spécification contraire dans la méthode d'essai ou dans le présent rapport. En cas de désaccord, les tolérances sont de  $\pm 1$  °C pour la température et de  $\pm 2$  % pour l'humidité relative. Dans des cas précis, comme le contrôle de fabrication, pour lesquels les exigences de conditionnement ne peuvent pas être respectées, mais où les valeurs données peuvent encore fournir une assistance directe dans le travail, d'autres méthodes de conditionnement peuvent être employées; elles doivent être consignées dans le rapport d'essai. Il convient de ne mesurer les caractéristiques de frottement qu'après avoir laissé un temps suffisant aux éprouvettes pour atteindre pratiquement l'équilibre avec l'atmosphère ambiante.

## 6. Appareillage

### 6.1 Plaque

Bloc de métal carré de 63,5 mm de côté, d'environ 6 mm d'épaisseur, portant à l'une de ses extrémités un anneau vissé. Quand il faut fixer le film souple (voir paragraphe 4.2), le bloc est enveloppé de caoutchouc mousse de 3,2 mm d'épaisseur et de densité moyenne. Le caoutchouc est serré autour de la plaque, bord à bord, et fixé dans cette position. Quand une feuille de matière plastique est à fixer (voir paragraphe 4.3), on utilise du ruban adhésif double face pour fixer l'éprouvette. Il convient que la masse totale de la plaque (enveloppée) et de l'éprouvette soit de  $200 \pm 5$  g.

### 6.2 Plateau

Planche de bois, de plastique ou de métal, polie, mesurant approximativement 150 mm  $\times$  300 mm  $\times$  1 mm. Une pièce plate et lisse de verre peut recouvrir la face supérieure, procurant ainsi un support lisse pour l'éprouvette.

### 6.3 Ciseaux ou tranchet: pour couper les éprouvettes aux dimensions voulues.

### 6.4 Ruban adhésif, cellophane ou adhésif à la pression, simple face.

### 6.5 Ruban adhésif, double face.

### 6.6 Fil de nylon de $0,33 \pm 0,05$ mm de diamètre, pouvant supporter une charge de 3,6 kg.

### 6.7 Poulies à faible frottement

Poulie du type en résine phénolique montée sur paliers coniques en acier trempé et tenue par une fourche métallique. Des poulies à roulements à billes peuvent aussi être utilisées.

2. — *Caution*: Extreme care must be taken in handling the specimens. The test surface must be kept free of all dust, lint, finger-prints, or any foreign matter that might change the surface characteristics of the specimens.

## 5. Conditions

### 5.1 Conditioning

Condition the test specimens at  $23 \pm 2^\circ\text{C}$  ( $73.4 \pm 3.6^\circ\text{F}$ ) and  $50 \pm 5\%$  relative humidity for not less than 40 h prior to test, for those tests where conditioning is required. In cases of disagreement, the tolerances shall be  $\pm 1^\circ\text{C}$  ( $\pm 1.8^\circ\text{F}$ ) and  $\pm 2\%$  relative humidity.

### 5.2 Test conditions

Conduct tests in the standard laboratory atmosphere of  $23 \pm 2^\circ\text{C}$  ( $73.4 \pm 3.6^\circ\text{F}$ ) and  $50 \pm 5\%$  relative humidity, unless otherwise specified in the test method or in this report. In cases of disagreement, the tolerances shall be  $\pm 1^\circ\text{C}$  ( $\pm 1.8^\circ\text{F}$ ) and  $\pm 2\%$  relative humidity. In specific cases, such as control testing, where the conditioning requirements cannot be met and the data still may be of direct assistance to the operation, other conditioning procedures may be used and recorded in the test report. Frictional properties should be measured only after sufficient time has been allowed for the specimens to reach essential equilibrium with the ambient atmosphere.

## 6. Apparatus

### 6.1 Sled

A metal block 63.5 mm ( $2\frac{1}{2}$  in) square by approximately 6 mm (0.25 in) thick with a suitable eye screw fastened in one end. When flexible film (see Sub-clause 4.2) is to be attached, the block shall be wrapped with 3.2 mm ( $\frac{1}{8}$  in) thick, medium density foam rubber. The rubber shall be wrapped snugly around the sled end-to-end and fastened in position. When a plastic sheet (see Sub-clause 4.3) is to be attached, double-faced tape shall be used to attach the specimen. The total mass of the (wrapped) sled and specimen should be  $200 \pm 5$  g.

### 6.2 Plane

A polished plastic, wood or metal sheet, approximately 150 mm by 300 mm by 1 mm (6 in by 12 in by 0.040 in). A smooth, flat piece of glass may cover the upper surface of the plane. This provides a smooth support for the specimen.

6.3 Scissors or cutter suitable for cutting specimens to the desired dimensions.

6.4 Adhesive tape, cellophane or pressure-sensitive, single-faced.

6.5 Adhesive tape, double-faced.

6.6 Nylon monofilament, having a  $0.33 \pm 0.05$  mm ( $0.013 \pm 0.002$  in) diameter and capable of supporting a 3.6 kg (8 lb) load.

### 6.7 Low friction pulleys

A phenolic type pulley mounted in hardened steel cone bearings on a metal fork. A ball-bearing type pulley may also be used.

## 6.8 Dynamomètre

Prévu pour mesurer la force de frottement à  $\pm 5\%$  de sa valeur. On peut employer un peson (voir la note), une machine d'essai universelle ou un extensomètre à jauges de contrainte.

*Note.* — La plage de mesures du peson employé (figures 1a) et b), page 18) dépend de la grandeur des valeurs à mesurer. Pour la plupart des matières plastiques, un peson de 500 g de lecture totale, gradué par fractions de 10 g ou inférieures, sera satisfaisant. Cet appareil pourra apprécier des coefficients de frottement atteignant 2,5.

## 6.9 Support

Un support lisse de bois ou de métal mesurant environ 200 mm  $\times$  380 mm est nécessaire pour soutenir le plateau. Ce support peut être constitué d'une simple boîte parallélépipédique. Si on utilise une machine d'essai universelle pour tirer le plateau mobile, il faut disposer d'un support dont la robustesse et la rigidité mécaniques permettent de maintenir fermement en position la tête mobile et le dynamomètre.

## 6.10 Dispositif d'entraînement et de traction de la plaque ou du plateau

Le plateau peut être tiré par une paire de rouleaux caoutchoutés entraînés par un moteur, de longueur supérieure ou égale à 200 mm, assurant une vitesse superficielle uniforme de  $150 \pm 30$  mm/min (figure 1b)), par la tête mobile d'une machine d'essai universelle (figure 1d), page 18 et note) ou par une vis sans fin entraînée par un moteur synchrone (figure 1e), page 18). Un entraînement à chaîne à vitesse constante a aussi été jugé satisfaisant (figure 1a)). Un entraînement alimenté par le réseau peut être utilisé pour déplacer la plaque sur l'éprouvette placée horizontalement, à la vitesse uniforme de  $150 \pm 30$  mm/min. Une machine d'essai universelle équipée d'un dispositif de mesure de charge dans sa tête supérieure, et dont la tête inférieure est animée d'une vitesse de déplacement constante, a été jugée satisfaisante (voir figure 1c), page 18).

*Note.* — Quand la tête mobile d'une machine d'essai universelle est utilisée pour tirer le plateau mobile par l'intermédiaire d'un système de poulies (figure 1d)), l'extensomètre à jauges de contrainte ou tout autre instrument dynamométrique existant dans la machine d'essai sert de dynamomètre.

## 7. Préparation de l'appareillage

- 7.1 La figure 1, page 18, indique cinq manières de monter l'appareillage d'essai. Dans chaque cas, le support doit être horizontal.
  - 7.2 Si l'appareil représenté aux figures 1a) ou 1b) est employé, étalonner le peson comme suit:
    - 7.2.1 Monter la poulie à faible coefficient de frottement devant le peson.
    - 7.2.2 Attacher l'une des extrémités du fil de nylon au peson, passer le fil sur la poulie et suspendre un poids de masse connue au fil en le laissant pendre vers le bas.
- Note.* — La lecture sur l'échelle du peson doit correspondre à la masse connue à  $\pm 5\%$ . Cette masse d'étalonnage doit se situer entre 50% et 75% de la plage de lecture du peson.
- 7.3 La vitesse d'entraînement de l'appareil des figures 1a) et b) doit être réglée à  $150 \pm 30$  mm/min. Cette vitesse peut être vérifiée en repérant une longueur de 150 mm de long du plateau et en déterminant le temps mis par le plateau pour parcourir ces 150 mm.
  - 7.4 Si l'appareillage des figures 1c) et d) qui utilise une machine d'essai universelle est utilisé, choisir la vitesse appropriée pour communiquer à la tête mobile un déplacement de  $150 \pm 30$  mm/min. Il est souhaitable que l'enregistreur de déplacement de la charge soit animé de la même vitesse. Toutefois, la vitesse de l'enregistreur peut être ajustée pour donner la précision voulue pour lire le tracé.

## 6.8 Force-measuring device

Capable of measuring the frictional force to  $\pm 5\%$  of its value. A spring gauge (see note) universal testing machine, or strain gauge may be used.

*Note.* — The capacity of the spring gauge (Figures 1a) and b), page 18) needed will depend upon the range of values to be measured. For most plastics, a 500 g capacity gauge with 10 g or smaller subdivisions will be satisfactory. This spring will measure coefficients of friction up to and including 2.5.

## 6.9 Supporting base

A smooth wood or metal base approximately 200 mm by 380 mm is necessary to support the plane. The supporting base may be a simple rectangular box. If a universal testing machine is used to pull a moving plane, a supporting base of sufficient structural strength and rigidity to maintain a firm position between the moving crosshead and the force-measuring device will be necessary.

## 6.10 Driving or pulling device for sled or plane

The plane may be pulled by a driven pair of rubber-coated rolls not less than 200 mm (8 in) long, capable of maintaining a uniform surface speed  $150 \pm 30$  mm/min ( $0.5 \pm 0.1$  ft/min) (Figure 1b)), by the crosshead of a universal testing machine (Figure 1d)), page 18, and note) or a worm drive driven with a synchronous motor (Figure 1e), page 18). A constant speed chain-drive system has also been found satisfactory (Figure 1a)). A power-operated source may be used for pulling the sled over the horizontally mounted specimen at a uniform speed of  $150 \pm 30$  mm/min ( $0.5 \pm 0.1$  ft/min). A universal testing machine equipped with a load cell in its upper crosshead and a constant rate-of-motion lower crosshead has been found satisfactory (see Figure 1c), page 18).

*Note.* — Where the moving crosshead of a universal testing machine is used to pull the moving plane through a pulley system (Figure 1d)), the strain gauge load cell, or other load-sensing instrument in the testing machine, acts as the force-measuring device.

## 7. Preparation of apparatus

7.1 Figure 1, page 18, shows five ways in which the apparatus may be assembled. The support bases for all apparatus assemblies shall be level.

7.2 If the apparatus of Figures 1a) or b) is used, calibrate the scale of the spring gauge as follows:

7.2.1 Mount the low friction pulley in front of the spring gauge.

7.2.2 Fasten one end of the nylon filament to the spring gauge, bring the filament over the pulley and suspend a known weight on the lower end of the filament to act downward.

*Note.* — The reading on the scale shall correspond to the known mass within  $\pm 5\%$ . The weight used for this calibration shall be between 50% and 75% of the scale range on the gauge.

7.3 The drive speed for the apparatus of Figures 1a) and b) shall be adjusted to  $150 \pm 30$  mm/min ( $0.5 \pm 0.1$  ft/min). This speed may be checked by marking off a 150 mm (0.5 ft) section beside the plane and determining the time required for the plane to travel 150 mm (0.5 ft).

7.4 If the apparatus of Figures 1c) and d) employing a universal testing machine is used, select the proper speed setting for a crosshead motion of  $150 \pm 30$  mm/min ( $0.5 \pm 0.1$  ft/min). A similar speed for the load displacement recorder is desirable. However, the speed of the recorder can be adjusted to give the desired accuracy in reading the pen trace.

- 7.5 Quand l'appareillage de la figure 1c) (plaque mobile/plateau fixe) est utilisé, essuyer le support pour le débarrasser des corps étrangers et disposer deux bandes de ruban adhésif double face dans le sens de la longueur du support de telle manière que leurs axes soient écartés d'environ 100 mm.
- 7.6 Mettre le plateau en place sur les bandes adhésives en pressant fortement.

## 8. Mode opératoire

- 8.1 Fixer l'éprouvette de film ou de feuille plastique mesurant 250 mm × 130 mm au plateau, avec du ruban adhésif, en orientant le sens machine de l'éprouvette selon la longueur de 250 mm. Aplanir l'éprouvette de film pour éliminer les plis si besoin est, en prenant soin de ne pas altérer la surface de l'éprouvette avec des traces de doigts, etc.

*Notes 1.* — Avec certains échantillons, il s'est avéré nécessaire de fixer uniquement le bord menant au plateau avec du ruban adhésif. Dans certains cas, l'éprouvette s'est trouvée entraînée dans les rouleaux de l'appareil de la figure 1b) sans son plateau. Toutefois, en cas de contestation, la méthode d'arbitrage consiste à fixer les quatre bords avec du ruban adhésif.

2. — Par souci d'uniformité et pour assurer les comparaisons ultérieures quand on essaie une éprouvette par glissement sur elle-même, les éprouvettes doivent être installées de telle sorte que la même face de l'éprouvette puisse servir de surface de contact fixe ou mobile.

3. — Les mesures du coefficient de frottement peuvent être effectuées sur une éprouvette de film ou de feuille de matière plastique glissant sur elle-même ou sur la surface d'autres corps, avec mouvement relatif dans le sens transversal de l'éprouvette. Toutefois, les méthodes figurant dans ce rapport seront restreintes au mouvement effectué dans le sens machine des éprouvettes.

- 8.2 Pour les éprouvettes de film, fixer les bords du carré de 120 mm de côté au dos de la plaque, avec du ruban adhésif, en tirant sur l'éprouvette pour éliminer les plis sans la tendre. Pour les éprouvettes de feuille plastique, fixer l'éprouvette carrée de 63,5 mm de côté, ou le deuxième substrat à la surface de la plaque avec de l'adhésif double face. Orienter le sens machine de l'éprouvette parallèlement à la longueur de la plaque (si ce sens existe et est repérable).

- 8.3 Attacher le fil de nylon à l'anneau de la plaque recouverte de l'éprouvette. Si l'on emploie une machine d'essai universelle (figures 1c) et d)), passer le fil sur la ou les poulies, puis le diriger vers le haut et l'attacher solidement au dispositif dynamométrique. Si un peson est utilisé (figures 1a) et b)) y attacher solidement le fil. Le fil de nylon doit avoir une longueur suffisante pour permettre la course maximale du plateau ou de la plaque. En donnant un peu de mou au fil de nylon, mettre doucement la plaque en place sur le plateau horizontal (voir la note).

La plaque mobile doit être placée de sorte que sa longueur, la longueur adjacente du fil de nylon et la plus longue dimension de l'éprouvette (sens machine) fixée sur le plateau soient parallèles.

*Note.* — La plaque doit être mise en place très doucement sur le plateau pour éviter la formation d'une adhérence anormale. Un coefficient de frottement initial élevé peut provenir d'une pression intempestive exercée sur la plaque au moment de sa mise en place sur le plateau.

- 8.4 Faire fonctionner le mécanisme d'entraînement (qui a été préalablement réglé pour donner une vitesse de  $150 \pm 30$  mm/min. Du fait de la présence des forces de frottement entre les surfaces en contact, aucun déplacement relatif immédiat ne peut s'établir entre la plaque et le plateau mobile avant que la traction exercée sur la plaque n'égale ou ne dépasse la force de frottement statique qui s'exerce sur les faces en contact. Noter la valeur maximale de cette lecture initiale qui est la composante de force du coefficient de frottement statique.
- 8.5 Noter la lecture moyenne visuelle sur un déplacement d'environ 130 mm, pendant que les surfaces sont en glissement uniforme l'une sur l'autre. Cette valeur est équivalente à la force cinétique néces-

- 7.5 When the apparatus of Figure 1c) (moving sled/stationary plane) is used, wipe the support base free of foreign matter and lay down two strips of double-faced adhesive tape along the length of the supporting base so that there is approximately 100 mm (4 in) between the centres of the strips.
- 7.6 Fix the plane in position on the tape strips and firmly press in place.

## 8. Procedure

- 8.1 Tape the 250 mm by 130 mm (10 in by 5 in) film or sheet specimen to the plane with the machine direction of the specimen in the 250 mm direction. Smooth the film specimen to eliminate wrinkles if necessary, taking care not to alter the specimen surface through finger oils, etc.

*Notes 1.* — For some samples, it has been found necessary to tape only the leading edge of the specimen to the plane. In some cases, the specimen has been pulled through the nip rolls apparatus of Figure 1b) without the plane. However, should any dispute arise, taping of all four edges will be the referee method.

2. — For the sake of uniformity and later comparison when testing a specimen sliding over itself, the specimens shall be mounted so that the same side of the specimen shall be used as the contact surface for both the moving and stationary specimens.
3. — Coefficient of friction measurements may be made on a film or sheeting specimen when sliding over itself or over other substance surfaces wherein the movement is made in the transverse direction of the specimen. However, the methods described here will be confined to movements in the machine direction of the specimens.

- 8.2 For film specimens, tape the edges of the 120 mm (4½ in) square film specimen to the back of the sled, using adhesive tape and pulling the specimen tight to eliminate wrinkles without stretching it. For sheet specimens, tape the 63.5 mm (2½ in) square sheet specimen or second substrate to the sled face with double-faced tape. Keep the machine direction of the specimen parallel to the length of the sled (where such a direction exists and is identifiable).
- 8.3 Attach the specimen-covered sled through its eye screw to the nylon filament. If a universal testing machine is used (Figures 1c) and d)), pass the filament through pulley(s) and upward to the bottom of the load sensing device and attach securely. If a spring gauge is used (Figures 1a) and b)), securely attach the filament to it. The nylon filament shall be of sufficient length to allow maximum sled or plane travel. With some slack in the nylon filament, lightly place the sled in position on the horizontal plane (see note).

The positioning of the sled shall be such that the length of the sled, the adjacent length of nylon filament and the long dimension (machine direction) of the plane mounted specimen are parallel.

*Note.* — The sled must be placed very lightly and gently on the plane to prevent any unnatural bond from developing. A high-starting coefficient of friction may be caused by undue pressure on the sled when mounting it onto the plane.

- 8.4 Start the driving mechanism (which has been adjusted previously to provide a speed of  $150 \pm 30$  mm/min ( $0.5 \pm 0.1$  ft/min)). As a result of the frictional force between the contacting surfaces, no immediate relative motion may take place between the sled and the moving plane until the pull on the sled is equal to, or exceeds, the static frictional force acting at the contact surfaces. Record this initial maximum reading as the force component of the static coefficient of friction.
- 8.5 Record the visual average reading during a run of approximately 130 mm (5 in) while the surfaces are sliding uniformly over one another. This is equivalent to the kinetic force required to sustain motion

saire pour entretenir le mouvement relatif des surfaces; elle est normalement plus faible que la force statique destinée à communiquer ce mouvement. Quand la plaque a parcouru 130 mm, arrêter l'appareil et revenir en position de départ.

- 8.6 Si l'on utilise une jauge de contrainte avec enregistrement du déplacement de la charge, tracer la droite optimale au milieu des points maximaux et minimaux du graphique représentant le mouvement de la plaque, ou encore calculer la charge moyenne par intégration du tracé enregistré. La valeur moyenne de la charge est la force cinétique de frottement nécessaire pour entretenir le mouvement de la plaque.

- 8.7 Enlever l'éprouvette de film ou de feuille plastique de la plaque et du plateau horizontal. L'appareil est alors prêt pour un nouveau jeu d'éprouvettes qu'il faut remplacer à chaque course. Aucune surface d'éprouvette ne doit servir à plus d'un essai, à moins que les essais effectués n'aient pour but d'étudier ce type variable.

*Note.* — L'endroit situé au point maximal où commence le mouvement entre la plaque et le plateau horizontal doit faire l'objet d'un examen approfondi en ce qui concerne le régime de charge et la vitesse de réponse du capteur de mesure. Le fait de ne pas tenir compte de ce facteur peut entraîner des résultats non significatifs quant à la valeur du coefficient de frottement statique.

## 9. Calculs

- 9.1 On calcule le coefficient de frottement statique  $\mu_s$  comme suit :

$$\mu_s = \frac{A_s}{B}$$

où :

$A_s$  = valeur lue au début du mouvement, en grammes, et

$B$  = masse de la plaque, en grammes

- 9.2 On calcule le coefficient de frottement cinétique  $\mu_k$  comme suit :

$$\mu_k = \frac{A_k}{B}$$

où :

$A_k$  = moyenne des lectures obtenues au cours du glissement uniforme des surfaces de film, en grammes, et

$B$  = masse de la plaque, en grammes

- 9.3 Calculer la moyenne arithmétique de chaque ensemble d'observations et noter ces valeurs avec trois chiffres significatifs.

- 9.4 Calculer l'écart type (estimé à  $\pm 15\%$  de la valeur du coefficient de frottement comme suit, avec deux chiffres significatifs :

$$s = \sqrt{\frac{(\sum X^2 - n\bar{X}^2)}{n - 1}}$$

où :

$s$  = écart type pour l'échantillon de matériau considéré

$X$  = valeur unitaire des observations

$n$  = nombre d'observations

$\bar{X}$  = moyenne arithmétique de l'ensemble des observations.

between the surfaces and normally is lower than the static force required to initiate motion. After the sled has travelled over 130 mm (5 in), stop the apparatus and return to the starting position.

- 8.6 If a strain gauge and load displacement recorder are used, either draw the best straight line midway between the maximum points and minimum points shown on the chart while the sled was in motion, or obtain the average load by integration of the recorder trace. The mean load is the kinetic friction force required to sustain motion on the sled.
- 8.7 Remove the film or sheeting specimen from the sled and the horizontal plane. The apparatus is now ready for the next set of specimens. A new set of specimens shall be used for each run. No specimen surface(s) shall be tested more than once unless such tests constitute one of the variables to be studied.

*Note.* — The maximum point at which initial motion takes place between the sled and the horizontal plane should be carefully examined with reference to the rate of loading and the speed of response of the sensing device. Failure to consider this factor can lead to meaningless results for the value of the static coefficient of friction.

## 9. Calculations

- 9.1 Calculate the static coefficient of friction  $\mu_s$ , as follows:

$$\mu_s = \frac{A_s}{B}$$

where:

$A_s$  = initial motion scale reading, in grams, and

$B$  = mass of sled, in grams

- 9.2 Calculate the kinetic coefficient of friction  $\mu_k$ , as follows:

$$\mu_k = \frac{A_k}{B}$$

where:

$A_k$  = average scale reading obtained during uniform sliding of the film surfaces, in grams, and

$B$  = mass of sled, in grams

- 9.3 Calculate the arithmetic mean of each set of observations and report these values to three significant figures.
- 9.4 Calculate the standard deviation (estimated to be  $\pm 15\%$  of the value of the coefficient of friction) as follow, and report it to two significant figures.

$$s = \sqrt{\frac{(\sum X^2 - n\bar{X}^2)}{n - 1}}$$

where:

$s$  = sample standard deviation

$X$  = value of single observation

$n$  = number of observations

$\bar{X}$  = arithmetic mean of the set of observations