

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RAPPORT DE LA C.E.I.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

I.E.C. REPORT

Publication 79-3

Première édition — First edition

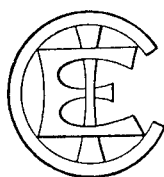
1963

Matériel électrique pour atmosphères explosives

Troisième partie: Essais du matériel à sécurité intrinsèque

Electrical apparatus for explosive gas atmospheres

Part 3: Testing of intrinsically safe apparatus



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

IECNORM.COM :: Click to view the full PDF of IEC 60079-3:1963

Withdrawn

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RAPPORT DE LA C.E.I.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

I.E.C. REPORT

Publication 79-3

Première édition — First edition

1963

Matériel électrique pour atmosphères explosives

Troisième partie: Essais du matériel à sécurité intrinsèque

Electrical apparatus for explosive gas atmospheres

Part 3: Testing of intrinsically safe apparatus



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Définition de la sécurité intrinsèque	8
2. Généralités	8
3. Eclateurs	10
4. Emploi de l'éclateur	10
5. Etude du circuit soumis à l'essai	14
6. Mélanges gazeux utilisés pour les essais de sécurité intrinsèque	16
ANNEXE — Eclateurs utilisés au Royaume-Uni	22

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Definition of intrinsic safety	9
2. General	9
3. Break-flash apparatus.	11
4. The use of the break-flash apparatus	11
5. Consideration of circuit under test.	15
6. Gas mixtures for use in intrinsic-safety testing	17
APPENDIX — Break-flash apparatus used in the United Kingdom	23

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MATÉRIEL ÉLECTRIQUE POUR ATMOSPHÈRES EXPLOSIVES

Troisième partie : Essais du matériel à sécurité intrinsèque

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la C.E.I. 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 cette unification internationale, la C.E.I. exprime le vœu que tous les Comités nationaux ne possédant pas encore de règles nationales, lorsqu'ils préparent ces règles, prennent comme base fondamentale de ces règles les recommandations de la C.E.I. dans la mesure où les conditions nationales le permettent.
- 4) On reconnaît qu'il est désirable que l'accord international sur ces questions soit suivi d'un effort pour harmoniser les règles nationales de normalisation avec ces recommandations dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Les Comités nationaux s'engagent à user de leur influence dans ce but.

PRÉFACE

Le présent rapport a été établi par le Sous-Comité 31G, Matériels à sécurité intrinsèque, du Comité d'Etudes N° 31, Matériel électrique pour atmosphères explosives.

Il constitue une partie d'une série de publications relatives au matériel électrique pour emploi dans les atmosphères explosives; il ne traite que de la technique du matériel et des circuits à sécurité intrinsèque. Les autres techniques, qui seront traitées séparément, sont les suivantes :

Carters antidéflagrants (voir la Publication 79 *)
Isolant pulvérulent
Sécurité augmentée
Suppression interne (voir la Publication 79-2)
Immersion dans l'huile

Le présent rapport constitue une partie des travaux du Comité d'Etudes N° 31 qui comprennent la technique du matériel et des circuits à sécurité intrinsèque. Le Sous-Comité 31G établira des recommandations pour les circuits à sécurité intrinsèque ayant plus particulièrement trait aux essais; il s'est toutefois avéré qu'il était prématuré d'élaborer de telles recommandations pour le moment. On a néanmoins reconnu qu'une action rapide s'imposait pour unifier les différentes pratiques et la présente publication est éditée comme rapport sur la situation actuelle en ce qui concerne les essais de matériel et des circuits à sécurité intrinsèque.

* Note. — Lorsque l'édition de 1957 de la Publication 79 sera révisée, son numéro deviendra 79-1.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTRICAL APPARATUS FOR EXPLOSIVE GAS ATMOSPHERES

Part 3: Testing of intrinsically safe apparatus

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the I.E.C. 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 this international unification, the I.E.C. expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the I.E.C. recommendations as the fundamental basis for these rules in so far as national conditions will permit.
- 4) The desirability is recognized of extending international agreement on these matters through an endeavour to harmonize national standardization rules with these recommendations in so far as national conditions will permit. The National Committees pledge their influence towards that end.

PREFACE

This Report has been prepared by Sub-Committee 31G, Intrinsically safe apparatus, of Technical Committee No. 31, Electrical apparatus for explosive gas atmospheres.

It forms one of a series of publications dealing with electrical apparatus for use in explosive gas atmospheres, and relates only to the technique of intrinsic safety; other techniques which will be dealt with separately are:

Flameproof enclosures (see Publication 79 *)
Sand filling
Increased safety
Pressurization (see Publication 79-2)
Oil immersion

The present Report is part of the work of Technical Committee No. 31 which embraces the technique of intrinsically safe apparatus and circuits. It is the intention of Sub-Committee 31G to draft recommendations for intrinsically safe circuits with especial reference to testing, but it has been found that the time is not yet ripe to do this. On the other hand, there was general agreement that some action should be taken quickly to bring together the differing practices and this Report is issued as a statement of the present position regarding testing for intrinsic safety.

* Note. — When the 1957 edition of Publication 79 is revised, the reference number will be changed to 79-1.

Après la publication du présent rapport, le Sous-Comité 31G continuera à étudier les problèmes laissés en suspens en vue de l'établissement de recommandations. Il s'intéresse plus particulièrement aux points suivants :

- a) recueillir des renseignements relatifs aux différents appareils d'essais de sécurité intrinsèque utilisés dans les divers pays;
- b) étudier les caractéristiques les plus intéressantes des divers types d'appareils dont on dispose;
- c) établir les principes à suivre pour :
 - i) la classification scientifique des gaz;
 - ii) les essais individuels des circuits à sécurité intrinsèque.

Le présent rapport a été préparé sur la base de propositions soumises par le Secrétariat du Sous-Comité 31G, qui furent discutés lors d'une réunion tenue à Bruxelles en octobre 1959. A la suite de cette réunion, le projet de rapport fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en octobre 1960.

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

Autriche	Japon
Belgique	Norvège
Danemark	Pays-Bas
Etats-Unis d'Amérique	Roumanie
Finlande	Royaume-Uni
France	Suisse
Hongrie	Tchécoslovaquie
Inde	Union des Républiques Socialistes
Italie	Soviétiques

With the issue of this Report, Sub-Committee 31G will continue to consider outstanding problems in connection with the issue of recommendations and in particular :

- a) Collection of information regarding intrinsic safety testing apparatus available in each country;
- b) Consideration of the characteristics most desirable in the several types of apparatus available;
- c) Establishment of the principles to be followed in :
 - i) Scientific classification of gases;
 - ii) Routine testing of intrinsically safe circuits.

The present Report was prepared on the basis of draft proposals submitted by the Secretariat of Sub-Committee 31G, which were discussed at a meeting held in Brussels in October 1959. As a result of this meeting, the draft report was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in October 1960.

The following countries voted explicitly in favour of publication :

Austria	Japan
Belgium	Netherlands
Czechoslovakia	Norway
Denmark	Romania
Finland	Switzerland
France	Union of Soviet Socialist Republics
Hungary	United Kingdom
India	United States of America
Italy	

MATÉRIEL ÉLECTRIQUE POUR ATMOSPHÈRES EXPLOSIVES

Troisième partie : Essais du matériel à sécurité intrinsèque

1. Définition de la sécurité intrinsèque

Un circuit électrique ou une partie de circuit électrique est de sécurité intrinsèque lorsque toute étincelle électrique pouvant s'y produire normalement (c'est-à-dire par coupure ou fermeture du circuit) ou accidentellement (par exemple par court-circuit ou défaut à la terre) est incapable de provoquer, dans les conditions d'essais prescrites, l'inflammation du mélange inflammable pour lequel il est prévu.

Note. — Lorsqu'un appareillage comporte à la fois des circuits ou parties de circuits de sécurité intrinsèque et des circuits qui ne sont pas de sécurité intrinsèque, ces derniers doivent être efficacement protégés par un autre mode de protection approuvé.

2. Généralités

2.1 Nécessité des essais dans tous les cas

Bien que la technique de la sécurité intrinsèque soit appliquée depuis de nombreuses années, son développement n'a pas encore atteint un stade permettant de prédéterminer un circuit électrique nouveau, en étant pleinement assuré qu'il sera de sécurité intrinsèque.

Note. — Les circuits reconnus individuellement, après essai, être à sécurité intrinsèque peuvent, lorsqu'ils sont assemblés, ne pas conserver leurs propriétés de sécurité intrinsèque.

2.2 Méthode pour constater la sécurité intrinsèque

Pour déterminer si un circuit (ou une partie d'un circuit) possède la propriété de la sécurité intrinsèque, il est soumis à un essai au cours duquel on simule une rupture ou un court-circuit de la ligne conduisant le courant, en faisant fermer et ouvrir les contacts d'un appareil spécial du type « à étincelle de rupture ». On peut considérer cet appareil comme une sorte d'interrupteur disposé de façon à établir et couper le courant dans une partie déterminée du circuit électrique soumis à l'essai. On trouvera en annexe un schéma illustrant des circuits typiques ainsi que les points de ces derniers où on applique l'interrupteur (Figure 1, page 20).

2.3 Facteurs influençant la sécurité intrinsèque

Ces facteurs sont nombreux et interdépendants, les principaux d'entre eux sont énumérés ci-dessous :

- i) Courant,
- ii) Tension,
- iii) Réactance du circuit (capacitive ou inductive),
- iv) Vitesse de coupure ou de fermeture,
- v) Type de coupure ou de fermeture,
- vi) Forme et matériau de l'électrode,
- vii) Constante de temps du circuit,
- viii) Forme de l'onde et fréquence du courant,
- ix) Nature et concentration du gaz ou de la vapeur.

ELECTRICAL APPARATUS FOR EXPLOSIVE GAS ATMOSPHERES

Part 3 : Testing of intrinsically safe apparatus

1. Definition of intrinsic safety

A circuit or a part of a circuit is intrinsically safe when any spark produced normally (that is, by breaking or closing the circuit) or accidentally (for example, by short circuit or earth fault) is incapable, under prescribed test conditions, of causing ignition of a prescribed gas or vapour.

Note. — When an apparatus possesses both intrinsically-safe circuits or parts of circuits and circuits which are not intrinsically safe, the latter circuits should be efficiently protected by another approved means.

2. General

2.1 *Need for testing in all cases*

Although the technique of intrinsic safety has been applied for many years, the stage of development has not yet been reached where it is possible to design a new circuit with the certain knowledge that it will be intrinsically safe.

Note. — Individual circuits proved by test to be intrinsically safe, when combined with each other, may not still retain their intrinsically-safe properties.

2.2 *Method of determining intrinsic safety*

To determine whether a circuit (or part of a circuit) possesses the property of intrinsic safety, it is subjected to a test wherein a line break or a short circuit of the lines conveying the current is simulated by making and breaking contacts in a special “break-flash” apparatus. This apparatus may be regarded as a form of switch arranged to make and break a connection in a selected part of the electrical circuit under test. A diagram is appended showing typical circuits and the points in them where the switch is applied (Figure 1, page 21).

2.3 *Factors influencing intrinsic safety*

These factors are many and interdependent, and the foremost of them are listed below :

- i) Current,
- ii) Voltage,
- iii) Circuit reactance (capacitive or inductive),
- iv) Speed of break or make,
- v) Type of break or make,
- vi) Electrode shape and material,
- vii) Circuit time constant,
- viii) Current waveform and frequency,
- ix) Nature of gas or vapour and its concentration.

2.4 Dispositifs de sécurité

De nombreux circuits comportent des dispositifs de sécurité destinés à :

- i) limiter le courant dans le circuit,
- ii) prévoir un shunt local pour l'énergie associée aux éléments réactifs du circuit.

Il existe de très nombreux procédés capables de satisfaire aux principes généraux ci-dessus. Les dispositifs destinés à réaliser ces procédés sont câblés en permanence et directement dans le circuit et les éléments protégés montés de préférence en parallèle avec le dispositif de sécurité. Tous les dispositifs de sécurité sont largement calculés (sauf dans des cas spéciaux où l'on estime avantageux de leur donner des caractéristiques plus faibles, lorsqu'une défaillance du dispositif est susceptible d'améliorer la sécurité du circuit, même si cela peut interférer avec le fonctionnement normal).

Pour réduire la nécessité de discussions avec l'organisme d'essais, un certain nombre de procédés sont énumérés ci-après, à titre de référence. Ils peuvent être utilisés séparément ou en combinaison.

- a) Limitation du courant en série, d'après celle des sources de courant continu et de courant alternatif approuvées.
- b) Condensateur en série, applicable lorsque la fréquence de fonctionnement est élevée, par exemple 1 MHz et que la fréquence du courant de défaut est faible, par exemple 50 Hz.
- c) Résistance en parallèle, comme sur la génératrice de téléphone.
- d) Condensateur en parallèle; ceci est parfois utile, mais on doit prendre soin que le condensateur ne soit pas lui-même une cause de danger.
- e) Redresseur métallique de demi-onde, utilisable avec les relais.
- f) Redresseur métallique d'onde pleine, particulièrement utile pour les relais à courant alternatif ou à courant continu.
- g) Manchon de cuivre non fendu (ou enroulement équivalent de cuivre nu en court-circuit permanent) applicable aux relais et aux armatures d'allumage d'exploseurs magnétoélectriques.
- h) Résistance non linéaire, telle celle au carbure de silicium, très utilisée dans les réseaux téléphoniques.

3. Eclateurs

De nombreuses formes d'éclateurs ont été mises au point. Les principes fondamentaux de fonctionnement sont analogues pour tous ces appareils : le courant qui parcourt le circuit est interrompu aux électrodes (dotées d'une forme spéciale et réalisées en un matériau suffisamment durable), en présence d'un mélange d'air et de gaz dangereux prescrit ou d'air et de vapeur dangereuse prescrite.

L'élaboration des conditions auxquelles doivent satisfaire les types d'éclateurs à utiliser en fonction des paramètres du circuit (intensité, tension, inductance, capacité) pour les différents gaz envisagés est en cours.

On trouvera en annexe, page 22, la description détaillée des éclateurs utilisés actuellement pour les essais officiels au Royaume-Uni.

4. Emploi de l'éclateur

Etant donné que l'énergie interne des étincelles se produisant à l'ouverture d'un circuit donné peut varier, il est nécessaire d'en tenir compte au cours des essais, et à cette fin, on produit un grand nombre d'ouvertures de circuit dans l'appareil d'essai. Ce nombre varie à la discrétion de l'opérateur mais a été normalisé à 200 lorsque le courant parcourant un circuit est du courant continu pur.

2.4 Safety devices

Many circuits include safety devices in order to :

- i) limit the current in the circuit,
- ii) provide a local shunt path for energy associated with reactive circuit elements.

Very many methods are available to meet the above broad principles. The devices to implement these methods are wired permanently and directly into circuit, and the protected components preferably looped across the safety device. All safety devices are generously rated (except in special cases where under-rating is considered to be an advantage, where a failure of the device is likely to create a safer condition of the circuit, even though it may interfere with normal operation).

To minimize the necessity for discussion with the testing authority, a number of methods are listed below for reference. They may be used singly or in combination.

- a) Series current limitation—as on the approved a.c. and d.c. sources.
- b) Series capacitor—applicable where the working frequency is high, say 1 MHz (Mc/s), and the fault current frequency is low, say 50 Hz (c/s).
- c) Shunt resistor—as on the telephone generator.
- d) Shunt capacitor—this is sometimes useful, but care must be taken to see that the capacitor does not itself produce danger.
- e) Half-wave metal rectifier—used on relays.
- f) Full-wave metal rectifier—particularly useful for a.c./d.c. relays.
- g) Seamless copper sleeve (or the equivalent continuously short-circuited bare copper winding) applicable to relays and magneto-exploder armatures.
- h) Non-linear resistor such as the silicon carbide type—utilized extensively in telephone networks.

3. Break-flash apparatus

Many forms of break-flash apparatus have been devised. In all of them the basic operating principles are similar, in that the current flowing in the circuit is interrupted at specially-shaped electrodes of a suitably durable material in the presence of the prescribed dangerous gas or vapour in mixture with air.

The working out of the conditions to be complied with by the break-flash apparatus to be used with regard to the circuit parameters (current, voltage, inductance, capacity) for different gases is in progress.

The detailed description of the apparatus in use at present for the official tests in the United Kingdom, will be found in the Appendix, page 23.

4. The use of the break-flash apparatus

Since the sparks produced at a given circuit may vary in energy content, it is necessary that this be taken into account during the course of testing, and to this end a large number of circuit breaks are produced in the test apparatus. This number varies at the discretion of the testing officer, but has been standardized at 200 when the current flowing in a circuit is pure direct current.

Pour le courant alternatif sinusoïdal, le courant à demi-onde redressée et le courant à onde entière redressée, le nombre de coupures est augmenté et peut atteindre 1 000 pour un courant alternatif sinusoïdal. En courant alternatif sinusoïdal, avec l'éclateur à rupture rapide, il y a une chance sur dix que l'onde de courant soit coupée à au moins 95 % de sa valeur de crête.

Aux fins d'essai, on choisit le mélange de gaz ou de vapeur qui est le plus facilement inflammable par de faibles étincelles électriques et, pour assurer la sécurité dans toutes les conditions probables d'utilisation, on prescrit de doubler le courant requis; c'est-à-dire que si le courant normal du circuit est n ampères, ce circuit doit se montrer de sécurité lorsqu'il est parcouru par $2n$ ampères. Dans un tel cas, on pourrait dire que le « courant minimal d'inflammation » du circuit * est supérieur à $2n$ ampères.

L'organisme d'essais tient compte des sources d'erreur que l'on peut raisonnablement envisager et l'opérateur peut, à sa discrétion, admettre un facteur de sécurité (en ce qui concerne le courant) réduit à 1,5. Toutefois, le facteur le plus élevé (2,0) est normalement exigé lorsqu'on estime pouvoir le réaliser pratiquement. On peut estimer qu'avec une partie déterminée de matériel soumise à l'essai, il peut y avoir deux, trois ou davantage de sources d'erreurs. Dans de telles circonstances, l'opérateur doit s'attacher à estimer le nombre de causes d'erreurs susceptibles d'intervenir simultanément.

Etant donné qu'un facteur de sécurité pour le courant (impliquant un facteur plus élevé pour l'énergie mise en jeu par l'étincelle) est exigé, il est nécessaire de soumettre les appareils en essai à une surintensité. Certaines des méthodes les plus simples pour obtenir la surintensité sont indiquées ci-dessous.

- i) Réduction ou suppression de la résistance non-inductive du circuit.
- ii) Augmentation de la tension du circuit.
- iii) Augmentation de la tension du circuit et remplacement de certains de ses éléments.
- iv) Injection de courant alternatif ou continu à partir d'une source d'impédance négligeable. On peut parfois injecter simultanément du courant continu et du courant alternatif. Il convient de remarquer que toute injection de ce genre doit se faire en série avec la source intérieure et non en parallèle et que, dans certains cas, il faut être très attentif dans le choix du point d'injection.
- v) Effet des surintensités. Lorsqu'on utilise un dispositif de sécurité par shuntage dans le matériel soumis à l'essai, on peut obtenir une courbe donnant le courant d'inflammation minimal en fonction de la valeur du shunt et déterminer par extrapolation la valeur du shunt qui procure un facteur de sécurité égal à 2. Cette méthode a été parfois utilisée dans le cas d'une génératrice magnétoélectrique pour téléphone dont l'enroulement actif est shunté par une résistance non-inductive.
- vi) Lorsque les différentes méthodes d'application d'une surintensité, ou celles qui ont des effets sur les surintensités, ne peuvent être utilisées, il est possible de faire apparaître une marge de sécurité en remplaçant le gaz ou la vapeur de l'essai par une autre substance plus sensible, par exemple en remplaçant le méthane par l'hydrogène. Cette opération demande du soin, une connaissance approfondie des caractéristiques du circuit soumis à l'essai et la compréhension de toutes les différences existant dans la façon dont se produit l'inflammation des deux mélanges gazeux en cause.

* Pour déterminer expérimentalement le courant minimal d'inflammation d'un circuit avec un gaz donné et une forme donnée d'éclateur, celui-ci est d'abord utilisé de façon à produire successivement 200 étincelles, chacune avec la même valeur de courant, la chambre étant remplie du mélange de gaz et d'air le plus facilement inflammable. Pour cet essai, on règle le courant à une valeur telle qu'au moins quelques étincelles provoquent l'inflammation. On réduit ensuite le courant de 10 % et on effectue une autre série de 200 étincelles ce qui donne normalement un nombre inférieur d'inflammations; on réduit encore le courant de 10 % et on effectue une nouvelle série de 200 étincelles, on répète l'opération jusqu'à ce qu'on obtienne une valeur de courant pour laquelle il ne se produise plus, au cours d'une série de 200 étincelles, aucune inflammation. Pour l'utilisation de cette méthode d'essai, on adopte alors la moyenne des courants de la dernière et de l'avant-dernière série comme courant minimal d'inflammation. Il convient toutefois de tenir compte du fait qu'en effectuant davantage d'essais pour chaque valeur de courant, on pourrait obtenir l'inflammation pour une valeur inférieure de courant. La faible probabilité de l'inflammation à une valeur de courant inférieure, ainsi que le degré d'incertitude introduit par l'emploi de paliers de 10 % pour réduire le courant, sont compensés par l'introduction d'un large facteur de sécurité dans l'application des résultats.

For pure alternating current and for half-wave and full-wave rectified currents, the number of breaks is increased and may be as high as 1 000. With a pure sine-wave, there is a 1 in 10 probability of breaking the current wave at 95 % or more of its peak value, when the break-flash apparatus is in operation.

For test purposes, that mixture of gas or vapour and air is chosen which is most easily ignited by weak electric sparks and, to ensure safety under all probable conditions of use, a factor of two in terms of current is required; i.e. if the normal circuit current is n amperes, the circuit must prove safe when $2n$ amperes are flowing. In such a case the "minimum igniting current" of the circuit* would be said to be greater than $2n$ amperes.

The Testing Authority takes into account fault conditions which it may be deemed reasonable to consider, and the Testing Officer at his discretion may allow a factor of safety (in terms of current) down to 1.5. However, the higher factor (2.0) is normally required when it is considered to be practicably attainable. It may be considered that with a particular piece of equipment under test, two, or three or more separate fault conditions are possible; in such instances the Testing Officer must exercise his judgment as to how many faults can occur simultaneously.

Since a safety factor in terms of current (implying a larger factor in terms of spark energy) is required, it is necessary to subject tested apparatus to overcurrent. Some of the more simple methods of achieving overcurrent are noted below.

- i) Reduction or removal of non-inductive circuit resistance.
- ii) Increase of circuit voltage.
- iii) Increase of circuit voltage and substitution of certain circuit components.
- iv) Injection of a.c. or d.c. from a source of negligible output impedance. Sometimes a.c. and d.c. may be injected together. It should be noted here that any such injection should be in series with the internal source, not in parallel, and that in some cases great care must be exercised in choosing the point of injection.
- v) Inference of behaviour on overcurrent. It is possible when a shunting safety device is employed in the tested equipment to obtain a graph of minimum igniting current against shunt value and by extrapolation to determine that shunt value giving a safety factor of two. This method has been used at times in the case of the telephone magneto generator the operative winding of which is shunted by a non-inductive resistance.
- vi) When the various methods of applying overcurrent, or inferring behaviour on overcurrent, cannot be used, it is possible to demonstrate a margin of safety by substituting for the test gas or vapour one which is more sensitive, e.g. the substitution of hydrogen for methane. This procedure requires care, a close knowledge of the characteristics of the circuit under test, and understanding of any differences existing in the ignition behaviour of the two gas mixtures involved.

* To determine experimentally the minimum igniting current of a circuit with respect to a given gas and a given form of break-flash apparatus, the break-flash apparatus is first used to make 200 sparks in succession, each with the same value of current and with the chamber filled with the most easily ignitable mixture of gas and air. For this test the current is set to a value such that at least a few of the sparks give ignitions. The current is then reduced by 10 per cent and another series of 200 sparks is made, resulting normally in a smaller number of ignitions. The current is then reduced again by 10 per cent and a further series of 200 sparks is made, and this procedure is repeated until a value of current is reached at which no ignition is obtained in a series of 200 sparks. Then the mean of the current in the last series and the current in the immediately preceding series is taken to be the minimum igniting current, for the purposes of this testing procedure. It should be appreciated, however, that by making more tests at each current level, ignition might be obtainable at a lower value. The small probability of ignition at some lower current value, and also the degree of uncertainty introduced by the use of 10 per cent steps in reducing the current, are covered by the introduction of a large factor of safety in applying the results.

Il existe d'autres méthodes d'essai, leur utilisation et leur efficacité dépendent des connaissances, de l'expérience et de l'ingéniosité de l'opérateur. On ne peut formuler de règles fixes et impératives et chaque cas doit être traité selon ses particularités. A l'exception des cas les plus simples, la méthode à appliquer à un circuit ou une partie d'appareil donné doit habituellement être décidée après étude de toutes les caractéristiques particulières du cas considéré.

5. Etude du circuit soumis à l'essai

L'examen du circuit proposé pour l'essai de sécurité intrinsèque commence par l'étude d'un schéma clair et complet du circuit du matériel en cause. Les valeurs et caractéristiques nominales des éléments constitutants (actifs et réactifs) doivent être clairement indiquées ou facilement utilisables pour l'étude. En raison de la grande variété existant dans le matériel et l'utilisation prévue, on étudie séparément chaque cas en prêtant une attention particulière aux circuits qui pénètrent dans la zone dangereuse et à tout risque susceptible de se produire dans les circuits de la zone dangereuse en raison d'un défaut survenant dans la zone non dangereuse ou dans les circuits compris dans une enveloppe antidéflagrante associée.

Comme exemple de méthode opératoire, des indications vont maintenant être données sur la façon d'aborder l'essai de type pour la certification de la sécurité intrinsèque d'un relais.

Lorsqu'il est fait usage d'une source de courant continu pour les essais, on utilisera une batterie d'éléments secs ou à liquide ayant une force électromotrice de 25 V et une résistance interne de 10 ohms. S'il est fait usage d'une source de courant continu, on utilisera un transformateur à deux enroulements, ayant une tension secondaire à circuit ouvert ne dépassant pas 15 V, valeur efficace.

Le transformateur est pourvu d'une résistance faisant corps avec lui de façon que le courant de court-circuit ne puisse pas excéder 1,6 A, valeur efficace (méthane), ou 1,15 A valeur efficace (gaz autres que le méthane énumérés dans le Tableau I).

Du fait qu'il est souvent nécessaire de relier les relais en parallèle avec une source donnée d'alimentation, certains essais sont effectués avec les relais reliés de cette façon (habituellement le nombre de ces essais est le nombre maximal pouvant fonctionner de façon satisfaisante à partir de la source), de façon à obtenir la certitude que la sécurité existe, quel que soit le nombre de relais employés. L'addition de relais en parallèle réduit l'impédance et l'inductance effective du circuit, mais augmente le courant qui passe dans le conducteur d'alimentation commun, et un nombre particulier de relais en parallèle correspond à la condition la plus dangereuse.

La sécurité intrinsèque du relais qui a subi un essai de type ne concerne que le circuit de la bobine de relais. Si les contacts du relais peuvent être appelés à commander des circuits autres que ceux de sécurité intrinsèque, il faut alors loger le relais dans une enveloppe antidéflagrante ou le placer en dehors de la zone dangereuse. Avec de tels relais certifiés et des sources approuvées utilisables, on peut facilement constituer des systèmes compliqués de signalisation, à condition que les relais soient toujours reliés en parallèle avec la source et qu'il n'existe qu'une source dans chaque boucle du circuit.

Cet exemple très simple traite d'une certification *de type* alors que la majorité des matériels sont certifiés en tant qu'*ensembles*, c'est-à-dire en tant qu'assemblages complets d'éléments constitutants reliés ensemble.

Le câblage permanent est considéré comme à l'abri des ruptures, parce qu'il est construit solidement et est dans une position bien protégée. Sans le principe du câblage permanent, le principe de la sécurité intrinsèque serait d'une application trop limitée pour trouver une utilisation pratique dans l'industrie. Un exemple de ce caractère de câblage permanent est donné par un système de radio guidée qui a été certifié de sécurité pour l'utilisation dans les mines de charbon. Chaque étage d'amplificateurs utilisé est « mis en pot » par enrobage dans une pâte résineuse appropriée. Le câblage intérieur à cet enrobage est alors considéré comme permanent, non sujet aux ruptures et n'exigeant pas d'essai de sécurité intrinsèque.

Un essai peut encore montrer qu'un certain relais, alimenté par une source de courant continu, n'est pas de sécurité. Un dispositif de sécurité, sous forme de redresseur métallique de demi-onde, est monté en parallèle avec la bobine du relais en opposant les polarités et sert à rendre le relais de sécurité. Les

Other methods of test are available and their use and effectiveness depend upon the knowledge, experience and ingenuity of the testing officer. No hard and fast rules can be formulated and each case must be treated on its merits. Except in the simpler cases, the method to be applied to a particular circuit or piece of apparatus must usually be decided after consideration of all the features peculiar to the case.

5. Consideration of circuit under test

Appraisal of a circuit offered for test of intrinsic safety begins with a study of a clear and full circuit diagram of the equipment involved. Values and ratings of components (passive and active) should be clearly shown or be readily available for consideration. Because of the great variation in equipment and intended use, each case is considered separately, particular attention being paid to that circuitry which enters the danger area, and to any risks which could arise in the danger area circuitry due to a fault occurring in the safe area or in circuitry in an associated flameproof enclosure.

As an example of the method of procedure, consideration will now be given to the approach to be made to the type testing for intrinsic safety certification of a relay.

When a d.c. source is used for testing, a battery of wet or dry cells having an e.m.f. of 25 V and internal resistance of 10 ohms is used. If an a.c. source is used, a double-wound transformer is employed, which has an open-circuit secondary voltage which does not exceed 15 V r.m.s.

The transformer is provided with a built-in resistor so that the current on short circuit cannot exceed 1.6 A r.m.s. (methane) or 1.15 A r.m.s. (gases other than methane listed in Table I).

Because it is frequently necessary to connect relays in parallel with a given source of supply, tests are made with a number of relays connected in this way (usually the number is the maximum which will operate satisfactorily from the source), thus assurance will be gained that safety exists whatever the number of relays employed. Addition of relays in parallel reduces circuit impedance and circuit effective inductance, but it increases the current flowing in the common leads and some particular number of relays in parallel will correspond to the most dangerous condition.

Intrinsic safety of such a relay which has undergone a type test relates only to the relay coil circuit. If the relay contacts may be required to switch circuits other than intrinsically safe circuits, then the relay must be housed in a flameproof enclosure or be situated outside the danger area. With such certified relays and approved supply sources available, complicated signalling systems may be readily constructed provided that the relays are always connected in parallel with the source of supply, and only one source is available in any circuit loop.

This very simple illustration deals with a type certification, whereas the majority of equipments are certified as systems, i.e. as complete assemblies of interconnected components.

Permanent wiring is considered to be unbreakable because it is strongly made and because it is in a well-protected position. Without the concept of permanent wiring the principle of intrinsic safety would be of too limited application to find a practicable use in industry. An example of this permanent wiring feature is given by a guided radio system which has been certified as safe for use in coal mines. Each stage of the amplifiers used is "potted" by encasing in a suitable casting resin; the wiring within such potting is then considered permanent, not liable to breakage, and not calling for intrinsic safety testing.

Again, test may show a certain relay supplied from a d.c. source to be unsafe. A safety device in the form of a half-wave metal rectifier is fitted across the relay coil in opposed polarity and serves to render

connexions entre le relais et le redresseur sont très courtes, très robustes et solidement soudées. Ce câblage est alors considéré comme permanent, le relais et le redresseur étant ensemble considérés comme une seule unité à deux bornes.

6. Mélanges gazeux utilisés pour les essais de sécurité intrinsèque

Les mélanges gazeux utilisés pour les essais de sécurité intrinsèque sont les mélanges de gaz et d'air le plus facilement enflammés par de faibles étincelles électriques. Les mélanges gazeux actuellement utilisés sont indiqués au tableau 1. Ce tableau donne également les constantes de circuit appropriées à chaque mélange.

Note. — Lorsque l'équipement est destiné à être utilisé dans des conditions de température et de pression différant de façon appréciable des conditions atmosphériques, il convient de le noter au moment de la demande d'essai, de façon que l'on puisse tenir compte de ces différences lors de la préparation des essais.

TABLEAU I

Mélanges gazeux

Classes de gaz	Courant mA *	Gaz de la classe
1. <i>Classe du méthane</i> (8,3 % en volume de méthane dans l'air)	185	Méthane
2. <i>Classe du pentane</i> (3,9 % en volume de pentane dans l'air)	165	Pentane Hexane Isohexane Cyclohexane Cyclohexène Heptane Benzène Butane Vapeur d'essence Acétone Oxyde de carbone
3. <i>Classe de l'éthylène</i> (7,8 % en volume d'éthylène dans l'air)	120	Buta-1 : 3 diène Éthylène
4. <i>Classe de l'hydrogène</i> (21 % en volume d'hydrogène dans l'air)	85	Acétylène Hydrogène Gaz de houille (gaz de ville) Gaz de four à coke Gaz à l'eau (bleu)

* 24 V (courant continu).
Inductance sans fer : 0,095 H.

the relay safe. The wiring between the relay and rectifier is made short and very robust and is strongly soldered into position. This wiring is then considered permanent, the relay and rectifier together being considered as a single two-terminal unit.

6. Gas mixtures for use in intrinsic-safety testing

The gas mixtures used for intrinsic-safety testing are those mixtures of gas and air which are most easily ignited by weak electric sparks. The gas mixtures used at the present time are those given in Table I. The table also gives the circuit constants appropriate to each mixture.

Note. — Where equipment is to be used in conditions of temperature and pressure differing widely from atmospheric conditions, this should be noted at the time of application for tests, so that the differences may be taken into account when planning the tests.

TABLE I
Gas mixtures

Gas	Current mA *	Gases included
1. <i>Methane class</i> (8.3 per cent, by volume, of Methane in air)	185	Methane
2. <i>Pentane class</i> (3.9 per cent by volume, of Pentane vapour in air)	165	Pentane Hexane Iso-hexane Cyclo-hexane Cyclo-hexene Heptane Benzene Butane Petroleum vapour Acetone Carbon-monoxide
3. <i>Ethylene class</i> (7.8 per cent, by volume, of Ethylene in air)	120	Buta-1 : 3-diene Ethylene
4. <i>Hydrogen class</i> (21 per cent, by volume, of Hydrogen in air)	85	Acetylene Hydrogen Coal gas (town gas) Coke-oven gas Water gas (blue)

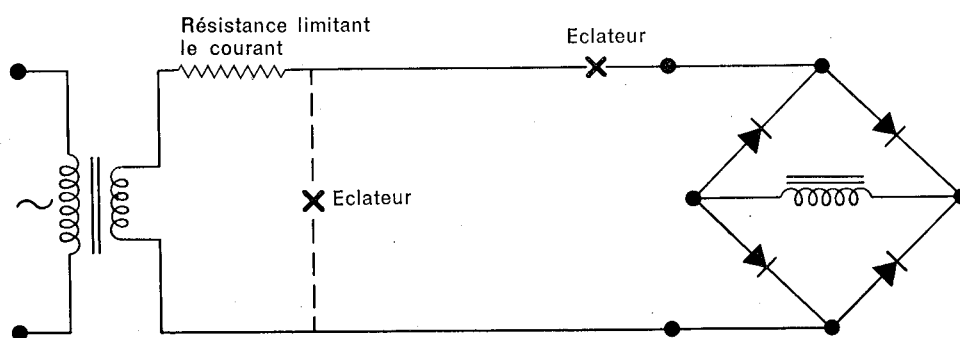
*) 24 d.c.
0.095 H air-cored inductance

Des résultats de recherches ont montré que certains autres gaz et vapeurs ont des sensibilités d'inflammation aux faibles étincelles tout à fait analogues à celles des mélanges énumérés dans la colonne 1 du tableau I. Il est ainsi possible de considérer ceux-ci comme des gaz représentatifs, de sorte qu'un appareil trouvé de sécurité dans l'un d'eux peut être tenu comme l'étant également dans un certain nombre d'autres qu'il représente. Pour des raisons de commodité, on a employé les termes de « classe méthane », « classe pentane », « classe éthylène » et « classe hydrogène » pour identifier les gaz qui peuvent être groupés de cette façon. La classe méthane ne représente toutefois que le méthane. Au fur et à mesure que les recherches progressent, cette liste de gaz est périodiquement complétée. Dans beaucoup de cas cependant, il n'a pas été entrepris de recherches approfondies sur une vapeur déterminée, le xylène par exemple : il est possible, en considérant les propriétés du xylène, de dire qu'un essai au pentane couvre tout risque d'inflammation du xylène. Cette façon de faire est souvent employée et à condition de prendre soin d'utiliser pleinement ses connaissances et l'expérience, on peut étendre le domaine d'application de la sécurité intrinsèque bien au-delà des listes limitées des gaz et des vapeurs qui ont été réellement l'objet de recherches approfondies.

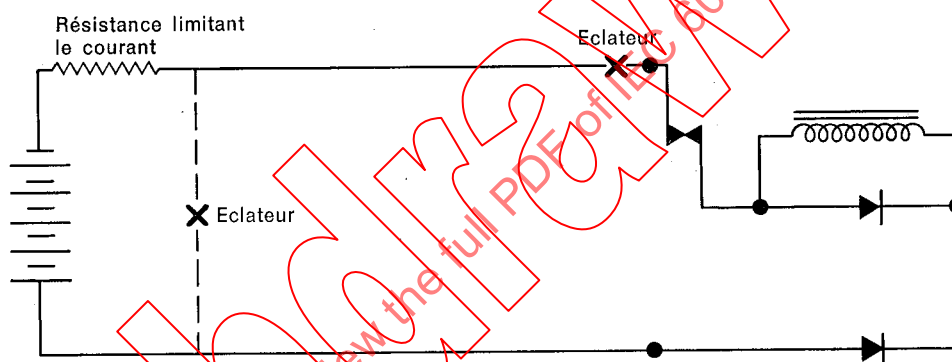
Withdrawing
IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60079-3:1963

Research results have shown that certain other gases and vapours have closely similar weak spark ignition sensitivities to those listed in Column 1 of Table I. It is thus possible to regard these as representative gases, so that apparatus found safe in one of them can also be said to be equally so in a number of others which it represents. For convenience, the terms “Methane Class”, “Pentane Class”, “Ethylene Class” and “Hydrogen Class” are used to identify the gases which may be grouped in this way. The Methane Class is, however, representative of methane only. As research progresses this list of gases is being added to from time to time. In many instances, although no extensive research work on a particular vapour, say xylene, has been done, it is possible from a consideration of the properties of xylene to say that a test in pentane covers any ignition risk in xylene. This procedure is often employed and provided care is taken and knowledge and experience fully utilized, the scope of intrinsic safety can be greatly extended beyond the short lists of gases and vapours which have actually been subjected to exhaustive research investigation.

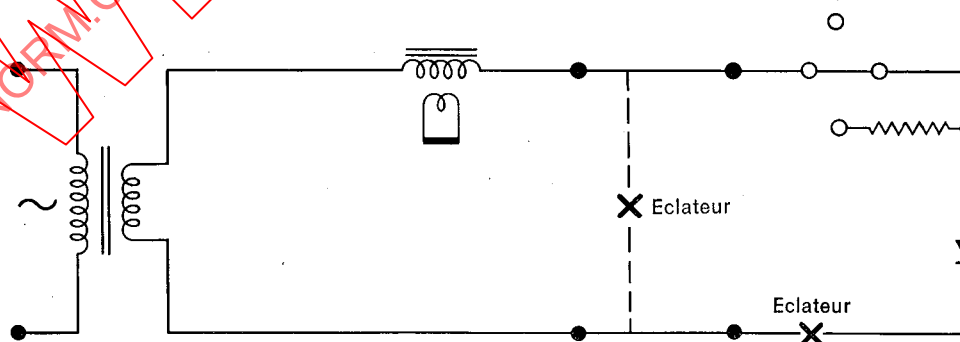
Withd 2021
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60079-3:1963



a) Relais pour courant alternatif ou continu, à alimentation et protection par redresseurs montés en pont.

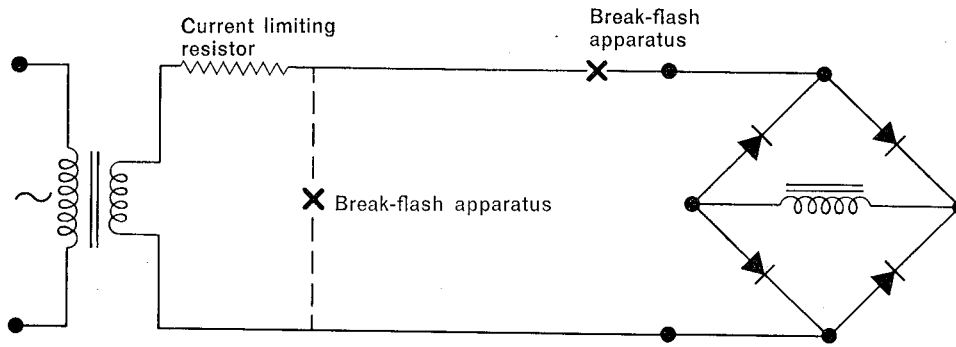


b) Sonnerie pour courant alternatif ou continu, à alimentation et protection par redresseur d'une alternance.

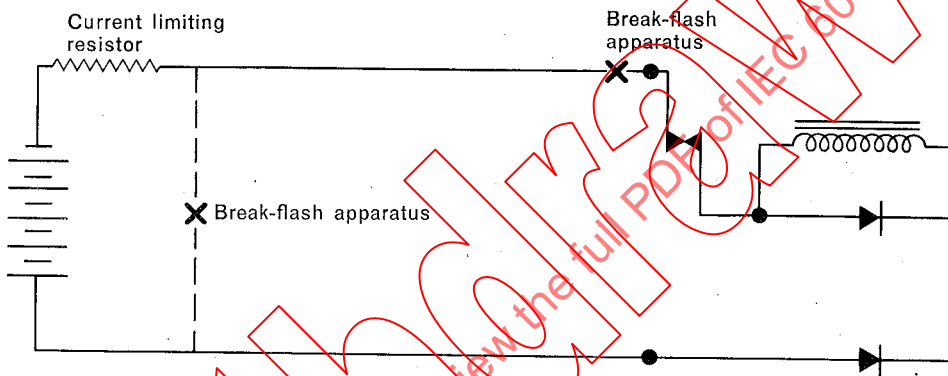


c) Circuit de télécommande avec protection par enroulement en court-circuit sur le relais

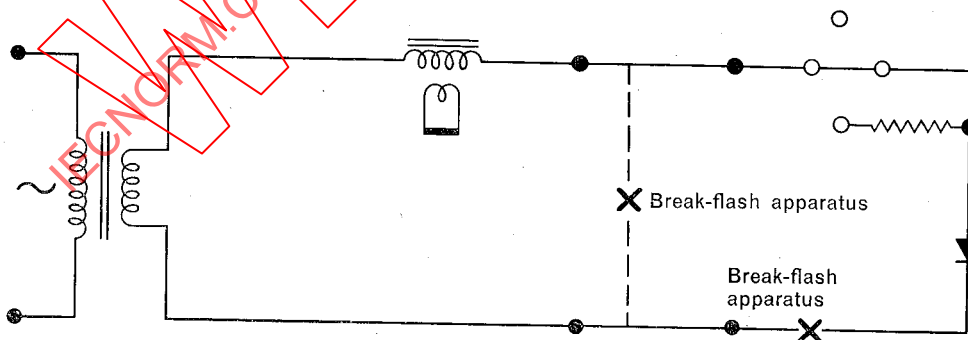
FIG. 1. — Essai de circuits types au moyen de l'éclateur.



a) A.C./D.C. relay with bridge rectifier feed and protection.



b) A.C./D.C. bell with half-wave rectifier feed and protection.



c) Remote control circuit with short-circuited winding protection on the relay

FIG. 1 — Testing of typical circuits by means of the break-flash apparatus.

ANNEXE

ÉCLATEURS UTILISÉS AU ROYAUME-UNI *

Pour les essais officiels au Royaume-Uni, l'organisme d'essais utilise deux types d'appareils à étincelle de rupture.

- i) Eclateur à rupture rapide (figure 2)
- ii) Eclateur à rupture lente ou intermittente (figure 3).

L'éclateur à rupture rapide simule une coupure instantanée d'un conducteur tandis que l'appareil à rupture intermittente simule de très près une rupture « traînante » dans laquelle les fils du conducteur peuvent frotter de manière aléatoire contre d'autres fils ou une pièce conductrice.

On utilise des électrodes en rubans d'alliage de platine durci et, dans l'éclateur à coupure rapide, elles s'approchent l'une de l'autre puis restent en contact pendant environ 0,5 s pendant qu'un ressort se tend jusqu'à une tension préalablement déterminée, puis elles se séparent à une vitesse d'environ 320 cm/s, la rupture définitive se produisant à l'extrémité postérieure de l'électrode tournante.

Dans l'éclateur à rupture intermittente, on forme une électrode dentelée en y faisant 11 dents (angle au sommet de 60°, profondeur 0,5 mm environ) à l'extrémité d'un ruban en alliage de platine d'une largeur de 5 mm. L'électrode tourne en décrivant un cercle d'environ 1,25 cm de rayon et les dents frottent sur l'extrémité de la seconde électrode qui est fixe, comme l'indique la figure 3. Il se produit une série d'étincelles de fermeture et de coupure lorsque le circuit est fermé et coupé au contact de chaque dent avec l'électrode fixe, ce contact s'effectuant en présence du gaz ou de la vapeur approprié(e). La vitesse de séparation est de l'ordre de 2 cm/s.

L'éclateur à rupture rapide est, du fait de sa construction et de son fonctionnement, particulièrement efficace pour l'essai d'un circuit inductif, tandis que l'éclateur à rupture intermittente est plus efficace pour les essais d'un circuit capacitif. Si l'on utilise l'appareil à rupture intermittente dans un circuit dont l'impédance de source est suffisamment basse, il est possible, en ouvrant et fermant le contact, de charger et décharger successivement un condensateur, le courant de décharge augmentant ainsi celui fourni au point d'étincelle par la source alimentant le circuit.

a) Description générale de l'éclateur à rupture rapide.

Comme l'indique la figure 2, la plateforme supérieure porte le système d'électrodes enfermé dans une enveloppe de plastique transparente destinée à contenir le mélange gazeux. Un étrier à manœuvre rapide maintient l'enveloppe appuyée vers le bas sur un joint circulaire en caoutchouc; l'arbre vertical qui actionne l'électrode mobile passe à travers un presse-étoupe qui rend l'enveloppe étanche aux gaz. Une tubulure part de la base de l'enveloppe et la relie à la pompe aspirante et au réservoir de gaz. Le mécanisme du système d'électrodes est indiqué dans la vue en coupe de la figure 4 et décrit en détail au paragraphe i) ci-après.

Au-dessous de la plateforme supérieure, l'arbre vertical porte un disque gradué, portant près de son pourtour des trous pour la fixation, si on le désire, de butées destinées à actionner des contacts électriques convenablement disposées sur la plateforme inférieure. Au moyen de ces contacts, des circuits auxiliaires peuvent être mis en fonction en synchronisme avec la séparation des électrodes. Le disque gradué est relié à l'arbre moteur commandé par le moteur placé dans le châssis, au moyen d'un accouplement à vernier, dont le réglage, effectué en faisant varier la tension initiale d'un ressort de commande placé à

* Note. — Il est possible de se procurer un jeu complet de plans à l'adresse suivante: Secrétariat IEC/SC31G c/o British Standards Institution, 2 Park St., London W.1., England, aux prix suivants:

Eclateur à rupture rapide N° 3 — £ 5,
Eclateur à rupture intermittente — £ 5.

APPENDIX

BREAK-FLASH APPARATUS USED IN THE UNITED KINGDOM *

For official testing in the United Kingdom, the Testing Authority at present utilizes two forms of break-flash apparatus:

- i) the No. 3 Break-flash apparatus (Figure 2)
- ii) a slow or intermittent-break apparatus (Figure 3).

The No. 3 apparatus simulates a fast snapping break of wire, whilst the intermittent-break apparatus closely simulates a "trailing" break wherein strands of wire may brush against other wires or against some conducting structure in a random manner.

Electrodes of hardened platinum-alloy strip are employed, and in the No. 3 apparatus they approach one another, dwell in contact for about 0.5 s whilst a spring winds up to a predetermined tension, and then are drawn apart at about 320 cm/s, the final break occurring at the trailing edge of the rotating electrode.

In the intermittent-break apparatus, a serrated electrode is formed by making 11 teeth (60° included angle, about 1/2 mm deep) on the end of a 5 mm wide platinum-alloy strip. This rotates around a circle of about 1.25 cm radius, and the teeth wipe across the edge of the second, fixed electrode, as shown in Figure 3. A succession of "make" sparks and "break" sparks occurs as the circuit is made and interrupted at the contact of each tooth with the fixed electrode, this contact taking place in the presence of the appropriate gas or vapour. The rate of separation is of the order of 2 cm/s.

The No. 3 or fast-break apparatus is by its construction and operation particularly effective in testing an inductive circuit, whilst the intermittent-break apparatus is the more effective in testing a capacitive circuit. Using the intermittent-break apparatus in a circuit of suitably low source impedance, it is possible for a capacitor to be successively charged and discharged as the contact is broken and remade, the discharge current thus augmenting that available at the spark gap from the circuit power source.

a) General description of the No. 3 break-flash apparatus.

Referring to Figure 2, the upper platform carries the electrode system enclosed within a clear plastic cover to contain the gas mixture. A quick-release clamp holds the cover down on to a rubber joint-ring, and the vertical shaft which actuates the moving electrode passes up through a packed gland making the enclosure gas-tight. A tube leads from the base of the enclosure for connection to the vacuum pump and gas-holder. The mechanism of the electrode system is shown in the sectioned drawing, Figure 4, and is described in detail in i) below.

Beneath the upper platform, the vertical shaft carries a graduated disk, near the edge of which are holes for the attachment, if desired, of strikers to actuate electrical contacts suitably located on the lower platform. By means of these contacts, auxiliary circuits may be operated in synchronism with the separation of the electrodes. The graduated disk is connected to the drive-shaft from the motor in the base through a vernier coupling, the adjustment of which determines the rate of separation of the electrodes.

* Note. — Complete sets of drawings of these apparatus are available from the following address: Secretariat IEC/SC31G
c/o British Standards Institution, 2 Park St, London W.1., England, at the following prices:

No. 3 Break-flash apparatus — £ 5,
Intermittent break apparatus — £ 5.

l'intérieur de l'arbre creux (voir figure 4), détermine la vitesse de séparation des électrodes. Le châssis renferme les engrenages hélicoïdaux du moteur de commande qui donnent à l'arbre moteur une vitesse de 35 tr/min et des balais pour la mise à la terre du système de l'électrode mobile.

i) Système d'électrodes

La forme et la disposition des électrodes sont indiquées aux figures 4, 5 et 6. L'électrode fixe est une bande plate, effilée à une extrémité, fixée dans un pilier isolé de la carcasse de l'appareil et connectée à l'une des bornes du circuit d'alimentation. L'électrode mobile est une lame incurvée portée par le rotor intérieur du mécanisme ; elle est reliée électriquement, par des balais situés dans le châssis de l'appareil, à l'autre borne du circuit de mise à la terre.

Le mécanisme qui provoque la séparation rapide des électrodes est indiqué à la figure 4 et le plan du montage des électrodes à la figure 5. Il consiste en un rotor principal (292)* entraîné à une vitesse de 35 tr/min par le moteur placé dans le châssis de l'appareil, et rendu solidaire, au moyen du ressort de commande, d'un rotor intérieur (300) qui porte l'électrode mobile (314). Le rotor intérieur porte également un amortisseur (303) qui lui est accouplé au moyen d'un embrayage à plateaux multiples. Une fois par tour du rotor principal, l'électrode mobile établit le contact à sa surface extérieure, avec l'extrémité de l'électrode fixe (313); un linguet faisant saillie sur le rotor intérieur s'engage dans une détente (279) qui s'oppose à son mouvement. La figure 5 montre les positions relatives de ces pièces à ce stade. Le rotor principal continue à tourner en entraînant l'amortisseur et en le poussant en avant malgré la résistance de frottement de l'embrayage, jusqu'à ce qu'un poussoir qui lui est fixé soulève la détente et libère le rotor intérieur. Le rotor intérieur tourne alors librement sous l'action du ressort de commande jusqu'à ce qu'il ait décrit l'angle Y (figure 5); le bord postérieur de l'électrode mobile quitte alors la pointe de l'électrode fixe en coupant le circuit électrique soumis à l'essai. Lorsque la coupure s'est produite, le rotor intérieur continue son mouvement rapide, jusqu'à ce que l'amortisseur vienne rencontrer les butées du rotor principal. Le frottement des disques d'embrayage de l'amortisseur arrête le mouvement doucement et absorbe la plus grande partie de l'énergie communiquée au rotor intérieur par le ressort de commande.

ii) Préparation et montage des électrodes

Les électrodes normalisées sont faites dans un ruban d'alliage durci à 4,5% de ruthenium et 95,5% de platine, d'une épaisseur de 0,25 mm. La largeur est de 5 mm pour l'électrode fixe et de 14 mm pour l'électrode mobile.

L'extrémité de l'électrode fixe est ajustée à la forme indiquée sur la figure 6, les arêtes brutes étant enlevées à la lime douce. L'électrode est serrée à sa position dans le pilier de façon que sa pointe soit à l'aplomb de l'axe de l'instrument; des moyens sont prévus pour assurer cet alignement. Une fois montée de cette façon, la pointe de l'électrode dépasse de 1,95 à 2,0 cm la surface du pilier. Après serrage, on donne à l'électrode une très légère déformation vers le centre du rotor, à peu près égale à l'épaisseur du ruban de l'électrode mobile. Ceci procure une pression suffisante pour assurer un bon contact électrique avec la surface extérieure de l'électrode mobile, mais pas assez pour provoquer un émoussement rapide de la pointe de l'électrode fixe.

Le ruban utilisé pour l'électrode mobile, coupé à une longueur d'environ 20 mm, est cintré suivant une courbure uniforme de 16 mm de rayon. Ceci s'obtient en serrant une certaine longueur de barre de 18 mm de diamètre dans un étau à mâchoires lisses comme indiqué sur la figure 6, et une extrémité du ruban étant serrée entre la barre et une mâchoire, en rebattant la partie libre du ruban sur la barre. On retourne alors le ruban et on traite l'autre extrémité de la même façon. On ajuste l'extrémité postérieure à angle droit avec la longueur du ruban et on donne à ses arêtes un angle d'environ 5° au moyen d'une lime douce, le ruban étant maintenu dans le calibre spécial de limage représenté sur la figure 7.

* Les éléments constitutants sont numérotés d'après les numéros des pièces figurant sur les figures.

by varying the initial tension of a control spring within the hollow shaft (see Figure 4). The box bed contains the driving motor worm reduction gear, giving the drive shaft a speed of 35 rev/min, and brushes for earthing the moving electrode system.

i) *The electrode system*

The form and disposition of the electrodes can be seen by reference to Figures 4, 5 and 6. The fixed electrode is a flat strip, tapering to a point, clamped in a pillar insulated from the body of the apparatus and connected to one of the input-circuit terminals. The moving electrode is a curved plate carried by the inner rotor of the mechanism and is electrically connected through brushes in the base of the apparatus to the other, earthed, circuit terminal.

The mechanism for causing rapid separation of the electrodes is shown in Figure 4 and the plan of the electrode assembly in Figure 5. It consists of a main rotor (292)* driven at a speed of 35 rev/min by the motor in the base of the apparatus, and linked by the control spring to an inner rotor (300) which carries the moving electrode (314). The inner rotor also carries a buffer (303) coupled to it by a multiplate clutch. Once during each revolution of the main rotor, the moving electrode makes contact, on its outer surface, with the tip of the fixed electrode (313); a detent projecting from the inner rotor engages with a trigger (279) which checks its motion. Figure 5 shows the relative positions of the parts at this stage. The main rotor continues to revolve, picking up the buffer and forcing it forward against the frictional resistance of the clutch, until a lifting piece attached to it raises the trigger and releases the inner rotor. The inner rotor then flies round under the influence of the control spring until it has travelled through the angle γ (Figure 5), when the trailing edge of the moving electrode leaves the tip of the fixed electrode, breaking the electrical circuit under test. When the break has taken place, the inner rotor continues its rapid motion until the buffer comes up up against the stops of the main rotor. The friction of the buffer-clutch disks checks the motion smoothly and absorbs most of the energy imparted to the inner rotor by the control spring.

ii) *The preparation and setting of the electrodes*

Standard electrodes are made from hardened $4\frac{1}{2}\%$ ruthenium-95 $\frac{1}{2}\%$ platinum alloy strip, 0.25 mm in thickness. The width for the fixed electrode is 5 mm and for the moving electrode 14 mm.

The end of the fixed electrode is trimmed to the shape shown in Figure 6, the rough edges being removed with a dead-smooth file. As the tip becomes blunted with use, the point is restored by filing to the original shape. The electrode is clamped into position in the pillar so that its point lies vertically above the centre line of the instrument; means are provided for ensuring this alignment. At this setting the electrode tip projects 1.95—2.0 cm from the nearer face of the pillar. After clamping, the electrode is given a very slight "set" towards the centre of the rotor, about equal to the thickness of the moving electrode strip. This provides a pressure sufficient to ensure good electrical contact with the outer surface of the moving electrode but not enough to cause a rapid rate of blunting of the fixed electrode point.

The strip for the moving electrode, cut to a length of about 20 mm is bent to a uniform curvature of radius 16 mm. This is effected by clamping a length of 18 mm diameter bar in a smooth-jawed vice, as shown in Figure 6 and with one edge of the strip wedged between the bar and vice jaw, pressing the projecting portion down on to the bar. The strip is then reversed and the other edge similarly treated. The trailing edge is trimmed square with the length of the strip and given a rake of approximately 5° by means of a dead-smooth file, the strip being held in the special filing jig illustrated in Figure 7.

* Component parts are numbered in accordance with the piece numbers on the figures.

iii) *Vitesse de séparation des électrodes*

La vitesse de séparation des électrodes dépend essentiellement de la vitesse de rotation acquise par le rotor intérieur en parcourant l'angle Y. La force qui communique l'accélération au rotor est la torsion du ressort de commande qui, outre une certaine tension initiale qu'on peut lui avoir donnée, a été ultérieurement bandé par le mouvement du rotor principal tandis que le rotor intérieur était maintenu par la détente. La tension initiale donnée au ressort de commande est réglée au moyen de l'accouplement à vernier comprenant 2 disques (indiqués sur la figure 4) ayant respectivement 16 et 18 trous et assujettis ensemble par 2 vis, une rondelle de caoutchouc synthétique inattaquable par la graisse étant interposée pour assurer l'étanchéité aux gaz.

L'expérience acquise avec le type primitif d'éclateur a montré que la vitesse de séparation nécessaire pour des essais normaux est comprise entre 250 et 320 cm/s, ce qui a été obtenu en utilisant un ressort de fil d'acier de 1,42 mm.

Afin de mesurer la vitesse de séparation des électrodes, on installe une seconde électrode fixe, indiquée sur la figure 8, pour couper le contact avec l'électrode mobile très peu de temps après la rupture du contact avec la première électrode fixe. Les deux positions de coupure sont disposées pour avoir un écartement nominal de 1 mm. On applique une tension alternative de fréquence connue (50 kHz environ) aux deux électrodes fixes de façon qu'au cours de l'intervalle de temps entre les deux ruptures avec l'électrode mobile, la tension soit appliquée à un oscilloscope à rayons cathodiques disposé pour l'enregistrement photographique du tracé. La distance exacte entre les deux contacts fixes est mesurée au moyen d'un microscope mobile. A partir de cette distance, de la longueur et de la fréquence du tracé, on peut calculer la vitesse de séparation des électrodes.

iv) *Normalisation des caractéristiques de fonctionnement de l'éclateur*

Les caractéristiques de fonctionnement de l'éclateur sont, en ce qui concerne les possibilités d'inflammation par les étincelles qu'il produit, normalisées de la façon suivante. Les électrodes sont ajustées et réglées de façon que, la coupure d'un circuit fonctionnant sous 24 V en courant continu et comportant une inductance sans fer de 0,095 H, on obtienne au moins une inflammation d'un mélange à 8,3 % de méthane et d'air pour 100 essais avec un courant de 0,19 A, mais qu'on n'obtienne pas d'inflammation pour 100 essais avec un courant de 0,18 A. Ce réglage est effectué avant le début d'une série d'essais et répété au cours et à la fin des essais.

b) **Description de l'éclateur à rupture intermittente.**

Comme l'indique la figure 3, l'aspect de cet appareil se rapproche beaucoup de celui de l'éclateur à rupture rapide; on a dans un but d'uniformité utilisé les mêmes moules pour sa construction.

Le principe de fonctionnement, plus simple que celui de l'éclateur à rupture rapide, consiste en ce que l'extrémité dentelée de l'électrode mobile passe à vitesse constante sur l'extrémité rectiligne de l'électrode fixe.

i) *Systèmes d'électrodes*

L'arbre vertical figurant sur le schéma de détail de la figure 3 porte à sa partie supérieure le support des électrodes mobiles. Le support est aménagé pour le montage de 4 électrodes au maximum dans des évidements répartis uniformément sur sa périphérie. Chaque électrode est fixée par une plaque tenue par deux vis à tête hexagonale, la plaque et la partie inférieure de l'électrode étant mis en place au moyen d'un goujon.

La pression de contact entre les deux électrodes est réglée en faisant varier la position de l'électrode fixe dans un plan vertical. Le dispositif de réglage est montré par le schéma de détail de la figure 3 qui représente l'électrode fixe serrée dans un support en matière isolante. Une traverse de laiton porte ce support et coulisse sur 2 guides d'acier; elle est percée d'un trou taraudé dans lequel

iii) *The speed of separation of the electrodes*

The speed of separation of the electrodes depends chiefly upon the velocity acquired by the inner rotor in rotating through the angle Y . The force available for accelerating the rotor is the torsion of the control spring, which, in addition to any initial upset it may have been given has been further wound up by the motion of the main rotor whilst the inner rotor was held back by the trigger. The initial upset given to the control spring is adjusted by means of the vernier coupling comprising two flanges (shown in Figure 4) having respectively 16 and 18 holes, and clamped together by two screws, a washer of a synthetic rubber compound, unaffected by grease, being interposed to make a gas-tight seal.

Experience with the earlier form of break-flash apparatus suggested that the speed of separation required for normal testing would lie in the range of from 250 to 320 cm per second, and this has been provided by the use of a spring of steel wire, 1.42 mm thick.

For the purpose of measuring the speed of separation of the electrodes, a second fixed electrode is fitted, as shown in Figure 8, to break contact with the moving electrode very shortly after the first fixed electrode breaks contact. The two break positions are arranged to be nominally 1 mm apart. An alternating potential of known frequency (about 50 kHz (kc/s)) is applied to the two fixed electrodes so that, during the interval between the two breaks with the moving electrode, the potential is applied to a cathode-ray oscilloscope arranged for photographically recording the trace. The exact distance between the two fixed contacts is measured by travelling microscope. From this distance and the length and frequency of the trace the speed of separation of the electrodes may be calculated.

iv) *Standardization of performance of the apparatus*

The performance of the apparatus, in respect of the incendiarity of the sparks produced thereby, is standardized in the following manner. The electrodes are so trimmed and adjusted that, when breaking a circuit operating at 24 V d.c. and including air-cored inductance of 0.095 H, at least one ignition of an 8.3 per cent methane-air is obtained in 100 trials at a current of 0.19 A, but no ignition is obtained in 100 trials with a current of 0.18 A. This calibration is made before beginning a series of tests and is repeated during and at the end of the tests.

b) **General description of the intermittent-break apparatus.**

As Figure 3 shows, the appearance of this apparatus closely resembles that of the No. 3 break-flash, the same casting patterns having been used in its construction for the sake of uniformity.

The principle of operation, which is simpler than the No. 3 break-flash apparatus, is that the serrated edge of the moving electrode is drawn across the straight edge of the fixed electrode at constant velocity.

i) *The electrode system*

The vertical shaft seen in the detail inset drawing of Figure 3 carries at its upper end the holder of the moving electrodes. The holder has provision for mounting a maximum of four electrodes in recesses equally spaced round its periphery. Each electrode is clamped by a plate held by two hexagon socket screws, the plate and lower edge of the electrode being located by a dowel.

The contact pressure between the two electrodes is controlled by adjustment of the position of the fixed electrode in a vertical plane. The arrangement for effecting this adjustment is shown in the inset drawing of Figure 3 which shows the fixed electrode clamped in a holder of insulating material. A brass head carrying this holder and sliding on two steel columns has a threaded hole

passer une tige filetée d'acier centrée entre les deux guides par un palier à chaque extrémité. L'extrémité inférieure de la tige qui sort de la chambre remplie de gaz par un presse-étoupe est munie d'un bouton moleté. La rotation du bouton moleté entraîne le déplacement vertical de la traverse et de l'électrode.

La hauteur de l'électrode fixe est réglée de façon que la pression de contact soit très faible et que l'usure et les déformations de l'électrode soient réduites au minimum.

ii) Préparation des électrodes

Les électrodes sont constituées du même matériau que celles de l'éclateur à rupture rapide, c'est-à-dire d'un ruban d'alliage durci à 4,5 % de ruthénium et 95,5 % de platine, de 5 mm de largeur. L'électrode fixe a une extrémité lisse. Les extrémités dentelées des électrodes mobiles s'obtiennent au moyen de la cisaille actionnée par vis, que représente la figure 9.

Les modalités d'étalonnage figurent au paragraphe 3 a) ii).

iii) Vitesse de séparation des électrodes

Les électrodes mobiles ont 11 dents espacées à raison de 22,5 dents par cm et sont montées avec un rayon de 1,25 cm sur un arbre tournant à la vitesse de 17 tr/min. La déformation des électrodes étant négligeable, leur vitesse de séparation est de 2,22 cm/s, ce qui se traduit par une fréquence de fermeture et d'ouverture d'environ 50 par seconde.

iv) Normalisation des caractéristiques de fonctionnement de l'éclateur

Il est fait usage d'une source de courant continu, non inductive, fournissant une tension de 220 V. Il doit se produire au moins une inflammation pour 100 essais à 0,24 A, mais il ne doit se produire aucune inflammation pour 100 essais à 0,22 A.

through which passes a screwed steel rod centrally located between the columns by a bearing at each end. The lower end of the rod, which passes outside the gas-filled chamber through a gland, is fitted with a knurled head. Rotation of the head causes the crosshead and electrode to move vertically.

The height of the fixed electrode is so adjusted that the contact pressure is very light and so that wear and springing of the electrodes is reduced to a minimum.

ii) *Electrode preparation*

The electrodes are of the same material as those of the No. 3 break-flash apparatus, i.e., hardened 4½% ruthenium-95½% platinum alloy strip, 5 mm wide. The fixed electrode has a plain end. The serrated ends of the moving electrodes are produced by the screw operated shears illustrated in Figure 9.

The trimming procedure is as given in Sub-clause 3 a) ii).

iii) *Speed of separation of the electrodes*

The moving electrodes have 11 teeth pitched at 22.5 teeth per cm and are mounted at 1.25 cm radius on a shaft rotating with a speed of 17 rev/min. With negligible springing of the electrodes their speed of separation is 2.22 cm/s resulting in a make-and-break frequency of about 50 per second.

iv) *Standardization of performance of the apparatus*

A 220 V d.c. non-inductive source is used. At least one ignition should result in 100 trials at 0.24 A, but there should be no ignition with 100 trials at 0.22 A.

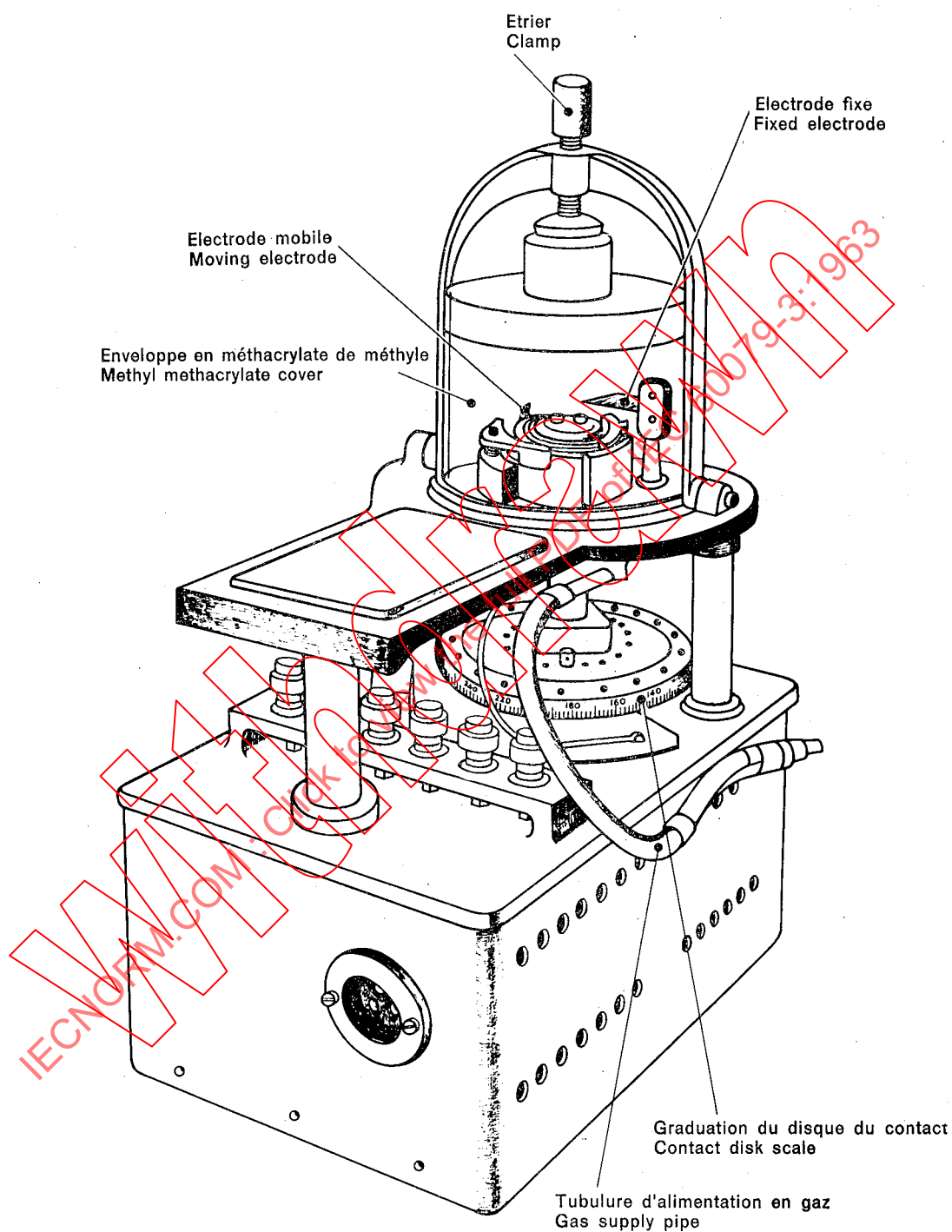


FIG. 2 — Eclateur à rupture rapide N° 3.
Break-flash apparatus No. 3.