SPÉCIFICATION TECHNIQUE

TECHNICAL SPECIFICATION

CEI
IEC

TS 60695-11-40

Première édition
First edition
2002-02

PUBLICATION FONDAMENTALE DE SÉCURITÉ
BASIC SAFETY PUBLICATION

Essais relatifs aux risques du feu –

Partie 11-40:
Flammes d'essai –
Essais de confirmation – Guide

Fire hazard testing –

Part 11-40:
Test flames –
Confirmatory tests – Guidance

Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC/TS 60695-11-40:2002

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions 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.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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 cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- **Site web de la CEI (www.iec.ch)**
- **Catalogue des publications de la CEI**

  Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/catlg-f.htm) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.
- **IEC Just Published**

  Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/JP.htm) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.
- **Service clients**

  Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

  Email: custserv@iec.ch
  Tél: +41 22 919 02 11
  Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. 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.

Further information on IEC publications

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 this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. 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 also available from the following:

- **IEC Web Site (www.iec.ch)**
- **Catalogue of IEC publications**

  The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/catlg-e.htm) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.
- **IEC Just Published**

  This summary of recently issued publications (www.iec.ch/JP.htm) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.
- **Customer Service Centre**

  If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

  Email: custserv@iec.ch
  Tel: +41 22 919 02 11
  Fax: +41 22 919 03 00

.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

SPÉCIFICATION TECHNIQUE

TECHNICAL SPECIFICATION

CEI
IEC

TS 60695-11-40

Première édition
First edition
2002-02

PUBLICATION FONDAMENTALE DE SÉCURITÉ
BASIC SAFETY PUBLICATION

Essais relatifs aux risques du feu –

Partie 11-40:
Flammes d'essai –
Essais de confirmation – Guide

Fire hazard testing –

Part 11-40:
Test flames –
Confirmatory tests – Guidance

© IEC 2002 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, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch

Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE Q

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

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 4
INTRODUCTION 8

1 Domaine d'application 10
2 Références normatives 10
3 Définitions 10
4 Flammes d'essai, types de brûleur et dynamiques 12
4.1 Dynamique générale 12
4.2 Brûleurs et flammes de diffusion 12
4.3 Flammes à prémélange et brûleurs à mélange préalable 12
4.4 Gaz combustibles 14
5 Matériel d'essai de confirmation 14
5.1 Généralités 14
5.2 Procédure et disposition du matériel 14
5.3 Thermocouple 14
5.4 Nature du bloc de cuivre 14
5.5 Masse du bloc de cuivre 16
5.6 Géométrie du bloc de cuivre 16
5.7 Positionnement du bloc de cuivre 16
6 Procédure d'essai de confirmation 16
6.1 Plages de températures d'essai 16
6.2 Gammes de temps d'essai 16
7 Dynamique de calorimétrie du bloc de cuivre et théorie 16
8 Calorimétrie et théorie – Résumé et recommandations 22
9 Conclusion 22

Bibliographie 34

Figure 1 – Position du bloc de cuivre 24
Figure 2 – Résultats utilisant des données issues du tableau 2 26
Figure 3 – Ajustement parabolique des données à 800 °C 28
Figure 4 – Ajustement parabolique des données à 900 °C 30
Figure 5 – Ajustement parabolique des données à 1 000 °C 32

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

CONTENTS

FOREWORD 5
INTRODUCTION 9

1 Scope 11
2 Normative references 11
3 Definitions 11
4 Test flames, burner types and dynamics 13
4.1 General dynamics 13
4.2 Diffusion flames and burners 13
4.3 Pre-mixed flames and burners 13
4.4 Fuel gases 15
5 Confirmatory test hardware 15
5.1 General 15
5.2 Procedure and hardware arrangement 15
5.3 Thermocouple 15
5.4 Copper block material 15
5.5 Copper block mass 17
5.6 Copper block geometry 17
5.7 Copper block positioning 17
6 Confirmatory test procedure 17
6.1 Test temperature ranges 17
6.2 Test time ranges 17
7 Copper block calorimetry dynamics and theory 17
8 Calorimetry and theory – Summary and recommendations 23
9 Conclusion 23

Bibliography 35

Figure 1 – Positioning of the copper block 25
Figure 2 – Results using data from table 2 27
Figure 3 – Parabolic fit of data to 800 °C 29
Figure 4 – Parabolic fit of data to 900 °C 31
Figure 5 – Parabolic fit of data to 1 000 °C 33

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

ESSAIS RELATIFS AUX RISQUES DU FEU –

Partie 11-40: Flammes d'essai – Essais de confirmation – Guide

AVANT-PROPOS

1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente spécification technique peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La tâche principale des comités d'études de la CEI est l'élaboration des Normes internationales. Exceptionnellement, un comité d'études peut proposer la publication d'une spécification technique

- lorsqu'en dépit de maints efforts, l'accord requis ne peut être réalisé en faveur de la publication d'une Norme internationale, ou
- lorsque le sujet en question est encore en cours de développement technique ou quand, pour une raison quelconque, la possibilité d'un accord pour la publication d'une Norme internationale peut être envisagée pour l'avenir mais pas dans l'immédiat.

Les spécifications techniques font l'objet d'un nouvel examen trois ans au plus tard après leur publication afin de décider éventuellement de leur transformation en Normes internationales.

Cette première édition de la CEI 60695-11-40, qui est une spécification technique, a été établie par le comité d'études 89 de la CEI: Essais relatifs aux risques du feu.

Elle a le statut d'une publication fondamentale de sécurité conformément au Guide 104 de la CEI.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

FIRE HAZARD TESTING –

Part 11-40: Test flames – Confirmatory tests – Guidance

FOREWORD

1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this technical specification may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. In exceptional circumstances, a technical committee may propose the publication of a technical specification when

- the required support cannot be obtained for the publication of an International Standard, despite repeated efforts, or
- The subject is still under technical development or where, for any other reason, there is the future but no immediate possibility of an agreement on an International Standard.

Technical specifications are subject to review within three years of publication to decide whether they can be transformed into International Standards.

This first edition of IEC 60695-11-40, which is a technical specification, has been prepared by IEC technical committee 89: Fire hazard testing.

It has the status of a basic safety publication in accordance with IEC Guide 104.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Le texte de cette spécification technique est issu des documents suivants:

Projet d'enquête	Rapport de vote
89/468/DTS	89/494/RVC

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette spécification technique.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2006. A cette date, la publication sera

- reconduite;
- supprimée;
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

The text of this technical specification is based on the following documents:

Enquiry draft	Report on voting
89/468/DTS	89/494/RVC

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 3.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2006. At this date, the publication will be

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

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

INTRODUCTION

Les flammes normalisées à petite échelle (voir la note) sont spécifiées pour divers essais, lorsque des paramètres de conception et d'utilisation suffisants de matériels sont spécifiés dans un souci d'assurer des flammes conformes. Des conceptions et des dimensions de matériels, des spécifications de matériaux et des spécifications de combustibles et d'air constituent les paramètres types nécessaires. L'expérience a prouvé que la qualité des flammes résultantes et de ce fait, les résultats d'essais associés sont influencés de manière significative par des variations subtiles de l'équipement et de la technique d'essai. Des vérifications simples sur les qualités de la flamme, telles que la couleur de la flamme et ses dimensions ou les caractéristiques de fusion du fil d'argent sont souvent spécifiées en conjonction avec le matériel, le combustible, l'air ou d'autres réglages normaux.

Le besoin de confirmations plus précises et quantitatives des qualités de la flamme a été reconnu, en conduisant à l'introduction d'essais de confirmation fondés sur la technique de calorimétrie du bloc de cuivre. Cette spécification technique est destinée à servir de guide pour la conception des essais de confirmation de la flamme d'essai utilisant les mesures calorimétriques du bloc de cuivre.

Tableau 1 – Flammes d'essai existantes avec essais de confirmation

Puissance de flamme nominale W	**Type de flamme** [a]	**Référence CEI 60695-**	**Hauteur totale approxi-mative** mm	**Hauteur du cône approxi-mative** mm	**Masse du bloc de cuivre** g	**Position du bloc de cuivre au-dessus du brûleur** mm	**Durée d'application prescrite de 100 °C à 700 °C** s
1 000	PP-P	2-4/1 (11-2)	175	55	10	95	45
500	M-P	11-3	125	40	10	55	54
50	M-P	11-4	20	–	1,76	10	44
Aiguille	B-D	2-2 (11-5)	12	–	0,58	6	23,5
[a] PP propane; M méthane; B butane; P pré-mélange; D diffusion							
NOTE Puissance et hauteur de la flamme généralement inférieures, respectivement, à 2 000 W et à 200 mm.							

NOTE Les lecteurs sont encouragés à envoyer des données d'essais au secrétaire du CE 89 afin d'étayer les recherches effectuées par l'auteur et en prévision de feedbacks valables pour la prochaine révision. Les coordonnées du secrétaire peuvent être trouvées sur le website de la CEI http://www.iec.ch

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

INTRODUCTION

Small-scale, standard flames (see note) are specified for various tests, where sufficient hardware design and use parameters are specified in an effort to ensure consistent flames. Hardware designs and dimensions, material specifications and fuel and air specifications are typical necessary parameters. Experience has shown that the quality of the resulting flames and, therefore, the associated test results, are influenced significantly by subtle variations in the equipment and test technique. Some simple checks on flame qualities, such as flame colour and dimensions, or the melting characteristics of silver wire, are often specified in conjunction with hardware, fuel, air or other normal adjustments.

The need for more precise and quantitative confirmation of flame qualities has been recognized, leading to the introduction of confirmatory tests based on the copper block calorimetry technique. This technical specification is intended to provide guidance for the design of test flame confirmatory tests using copper block calorimetry measurements.

Table 1 – Existing test flames with confirmatory tests

Nominal flame power W	**Flame type** [a]	**Reference IEC 60695-**	**Approximate overall height** mm	**Approximate cone height** mm	**Copper block mass** g	**Copper block position above burner** mm	**Time spec. 100 °C to 700 °C** s
1 000	PP-P	2-4/1 (11-2)	175	55	10	95	45
500	M-P	11-3	125	40	10	55	54
50	M-P	11-4	20	–	1,76	10	44
Needle	B-D	2-2 (11-5)	12	–	0,58	6	23,5
[a] PP propane; M methane; B butane; P pre-mixed; D diffusion							
NOTE Flame power and height generally less than 2 000 W and 200 mm, respectively.							

NOTE Readers are encouraged to send test data to the TC 89 Secretary for further study by the author and as valuable feedback for the next revision. The coordinates of the secretary can be found on the IEC website http://www.iec.ch

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

ESSAIS RELATIFS AUX RISQUES DU FEU –

Partie 11-40: Flammes d'essai – Essais de confirmation – Guide

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60695 présente les caractéristiques générales des flammes d'essai à petite échelle et des essais de confirmation associés fondés sur la calorimétrie du bloc de cuivre, et définit la modélisation théorique pour la dynamique associée. Un guide est présenté pour la sélection des paramètres critiques dans des conceptions d'essai de confirmation. Une théorie est présentée pour définir des paramètres de performance additionnels pour des essais de confirmation, permettant une caractérisation mathématique implicite précise des courbes d'échauffement des essais de confirmation.

L'une des responsabilités d'un comité d'études consiste, le cas échéant, à utiliser les publications fondamentales de sécurité dans le cadre de l'élaboration de ses publications.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

Guide CEI 104:1997, *Élaboration des publications de sécurité et utilisation des publications fondamentales de sécurité et publications groupées de sécurité*

ISO/CEI 13943:2000, *Sécurité au feu – Vocabulaire*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 60695 les définitions issues de l'ISO/CEI 13943, ainsi que les définitions suivantes s'appliquent.

3.1
enthalpie du bloc de cuivre
énergie théorique totale thermique disponible, attribuable uniquement à la température du bloc d'essai en cuivre, à la masse et à la capacité thermique du cuivre

3.2
essai de vérification
procédure calorimétrique qui, en tant qu'indicateur de diagnostic, est destinée à révéler un comportement ou des conditions anormal(es) dans une flamme d'essai, un brûleur ou un matériel associé

3.3
stabilisateur de la flamme
ensemble normalement installé en haut d'un brûleur Bunsen ou Tirrill de laboratoire normalisé destiné à réduire l'effet déstabilisant du mélange turbulent des gaz de la flamme avec l'air ambiant, en fournissant une couche intermédiaire de gaz possédant une vitesse intermédiaire entre l'air ambiant calme et les gaz de flamme plus rapides

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

FIRE HAZARD TESTING –

Part 11-40: Test flames – Confirmatory tests – Guidance

1 Scope

This part of IEC 60695 presents a general characterization of small-scale test flames and associated confirmatory tests based on copper block calorimetry, and defines theoretical modelling for the associated dynamics. Guidance is presented for the selection of critical parameters in confirmatory test designs. A theory is presented to define additional performance parameters for confirmatory tests, enabling a precise implicit mathematical characterization of confirmatory test heating curves.

One of the responsibilities of a technical committee is, wherever applicable, to make use of basic safety publications in the preparation of its publications.

2 Normative references

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

IEC Guide 104:1997, *The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications*

ISO/IEC 13943:2000, *Fire safety – Vocabulary*

3 Definitions

For the purpose of this part of IEC 60695, definitions taken from ISO/IEC 13943, together with the following definitions, apply.

3.1
copper block heat content
theoretical total available thermal energy attributable only to the copper test block temperature, copper heat capacity and mass

3.2
confirmatory test
calorimetric procedure intended as a diagnostic indicator to reveal anomalous behaviour or conditions in a test flame, burner or associated hardware

3.3
flame stabilizer
assembly normally fitted to the top of a standard laboratory Bunsen or Tirrill burner intended to mitigate the destabilizing effect of the turbulent mixing of flame gases with the ambient air, by providing an intervening layer of gas having an intermediate velocity between the ambient still air and the faster flame gases

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

4 Flammes d'essai, types de brûleur et dynamiques

4.1 Dynamique générale

Les flammes sont constituées de mélanges gazeux à réaction chimique exothermique d'oxydant (généralement un mélange d'oxygène ou d'air) et de réducteur ou combustible (généralement un gaz combustible ou de la vapeur). Pour les flammes d'essai normalisées, un matériel adapté avec des fournitures de matériaux combustibles délivre un flux continu de réactifs gazeux pour maintenir la flamme normalisée désirée.

4.2 Brûleurs et flammes de diffusion

Les flammes de diffusion sont produites par un simple flux de gaz combustibles qui arrivent à combustion au point de mélange avec l'air à l'orifice de sortie du matériel. Les avantages des flammes de diffusion résident dans la simplicité du matériel (souvent un simple tube), et une meilleure simulation des flammes réelles susceptibles d'être rencontrées dans l'équipement. L'inconvénient est qu'elles sont moins stables d'un point de vue géométrique.

4.3 Flammes à prémélange et brûleurs à mélange préalable

Les flammes à prémélange sont produites en mélangeant une partie de l'air de combustion avec le gaz de combustion avant le point de combustion à l'extrémité du tube de brûleur. La partie restante de l'air de combustion est fournie de manière similaire aux flammes de diffusion. La flamme résultante a un cône intérieur/inférieur qui est généralement d'une couleur bleu clair constitué du mélange de gaz prémélangés et d'air avec le gaz combustible excédentaire, et un cône extérieur/supérieur qui est généralement d'un bleu très légèrement plus sombre lorsque l'air supplémentaire restant nécessaire se diffuse dans la partie supérieure de la flamme. Le cône intérieur/inférieur est à une température beaucoup plus faible et est réductrice, tandis que la partie extérieure/supérieure de la flamme est beaucoup plus chaude et est oxydante.

Des ensembles stabilisateurs de flamme sont parfois ajoutés autour de l'orifice de sortie pour accroître la stabilité de la flamme et empêcher celle-ci de quitter la partie supérieure du brûleur, en fournissant une couche de gaz prémélangés d'une vitesse réduite en interface entre le flux central principal et l'air calme, ce phénoméne modérant la variation de vitesse entre le flux principal et l'air calme. Des gaz entrent dans la flamme stabilisée par des passages calibrés dans l'extrémité supérieure du tube de brûleur. Les flammes à prémélange présentent l'avantage d'une efficacité supérieure et d'une température de flamme supérieure, et permettent la régulation de l'air de combustion ainsi que du gaz combustible, mais nécessitent un matériel beaucoup plus complexe que celui utilisé pour produire des flammes à diffusion. L'air de combustion dans des brûleurs à prémélange peut être soit directement contrôlé soit introduit à travers un ensemble obturateur réglable faisant effet Venturi.

4.3.1 Brûleurs à prémélange: air et gaz mesurés

Ces conceptions prévoient le contrôle du gaz combustible et de l'air mesurés. Les deux peuvent être introduits par des orifices spécifiés avec des débits et de contre-pressions spécifiés. Habituellement, une rampe supplémentaire est utilisée pour l'air mesuré et l'orifice de gaz combustible restrictif est encore nécessaire pour produire un débit élevé du débit gazeux pour un mélange approprié. Le fait d'avoir à la fois l'air et le gaz combustible mesurés permet un bien meilleur contrôle des flammes résultantes normalisées.

4.3.2 Brûleurs de type Venturi à prémélange d'air

Dans ces conceptions traditionnelles, par exemple les brûleurs de type Bunsen et Tirrill, l'air est aspiré par un obturateur réglable utilisant l'effet Venturi d'un gaz combustible à grande vitesse à partir d'un orifice restrictif. L'orifice peut être soit fixe soit réglable au moyen d'une aiguille conique. Les réglages de débit de gaz, de contre-pressions et de l'obturateur d'air sont particulièrement critiques. Ces brûleurs, en l'absence de distributeur d'air ont moins de parties et sont généralement plus simples et moins encombrants que les conceptions à air mesurées.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

4 Test flames, burner types and dynamics

4.1 General dynamics

Flames consist of chemically exothermic reacting gaseous mixtures of oxidizer (typically oxygen or air mixture) and reducer or fuel (typically fuel gas or vapour). For standardized test flames, suitable hardware with supplies of combustible materials deliver a continuous flow of the needed gaseous reactants to maintain the desired standardized flame.

4.2 Diffusion flames and burners

Diffusion flames are produced by a simple flow of fuel gases that combust at the point of mixing with air at the exit orifice of the hardware. The advantages of diffusion flames are the simplicity of the hardware (often a simple tube), and the better simulation of actual flames likely to be encountered in equipment. The disadvantage is that they are geometrically less stable.

4.3 Pre-mixed flames and burners

Pre-mixed flames are produced by mixing a part of the combustion air with the fuel gas prior to the combustion point at the end of the burner tube. The remaining part of the combustion air is provided in a similar way as with diffusion flames. The resulting flame has an inner/lower cone that is typically a lighter blue colour consisting of the pre-mixed gas and air mixture with excess fuel gas, and an outer/upper cone that is typically a very faint darker blue colour where the remaining needed additional air diffuses into this upper portion of the flame. The inner/lower cone is at a much lower temperature and is chemically reducing, while the outer/upper part of the flame is much hotter and more oxidizing.

Flame stabilizer assemblies are sometimes added around the exit orifice to enhance flame stability and prevent the flame from leaving the top of the burner by providing a layer of pre-mixed gases with a reduced velocity interfaced between the main high velocity central flow and the surrounding still air, thus moderating the velocity gradient between the main central flow and the still air. Gases enter the stabilized flame through metering holes in the upper end of the burner tube. Pre-mixed flames have the advantage of higher efficiency and higher flame temperature, and allow the metering of combustion air as well as fuel gas, but require much more complex hardware than used to produce diffusion flames. The combustion air in pre-mixed burners can be either directly metered or provided through an adjustable open shutter assembly using the Venturi effect.

4.3.1 Metered air pre-mixed burners

These designs provide for the control of metered air and fuel gas. Both can be introduced through specified orifices with specified flow rates and back pressures. Normally, an extra manifold assembly is used for the metered air and the restrictive fuel gas orifice is still necessary to produce a high gas stream flow rate for proper mixing. Having both metered air as well as fuel gas will provide much better control of the resulting standardized flames.

4.3.2 Venturi air pre-mixed burners

In these traditional designs, e.g. Bunsen and Tirrill type burners, air is drawn through an adjustable shutter using the Venturi effect of a high-speed fuel gas stream from a restrictive orifice. The orifice may be either fixed or adjustable using a tapered needle. Gas flow rate, back pressure and air shutter adjustments are especially critical. These burners, lacking the air manifold, have fewer parts and are generally simpler and less bulky in design than the metered air designs.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Leur fonctionnement est plus simple et dans le cas d'orifices réglables, ils permettent l'utilisation du même matériel pour produire une gamme de tailles de flammes, bien que les flammes soient moins conformes et qu'elles ne soient pas aussi adaptées aux besoins des essais.

4.4 Gaz combustibles

Un composé chimique unique tel que le méthane, le propane ou le butane, d'une pureté au moins égale à 98 % pour le méthane et le propane, ou au moins de 95 % pour le butane est fréquemment spécifié, bien que des mélanges aux performances équivalentes puissent également être adaptés. Il convient de spécifier la pureté technique la plus élevée possible.

5 Matériel d'essai de confirmation

5.1 Généralités

Les essais de calorimétrie du bloc de cuivre utilisent une configuration normalisée d'une masse placée dans la flamme d'essai et les caractéristiques de temps/d'échauffement sont enregistrées comme indication du taux de chaleur délivré au cliché cuivre d'essai. Le taux horaire mesuré de l'accroissement de température est directement proportionnel au taux d'accroissement de l'enthalpie nette du bloc de cuivre et inversement proportionnel à la capacité thermique du bloc de cuivre. Le taux horaire de modification de l'enthalpie nette du bloc de cuivre est le résultat des effets convectifs, conducteurs et radiatifs.

5.2 Procédure et disposition du matériel

Les flammes doivent être réglées et essayées de façon optimale dans un environnement exempt de courant d'air. Le bloc de cuivre est placé dans la flamme et le temps nécessaire pour que la température du bloc de cuivre augmente au-delà d'une plage spécifiée est noté.

5.3 Thermocouple

Le thermocouple doit être adapté en vue du fonctionnement jusqu'à la température maximale attendue. Il doit être suffisamment réduit de manière à ne pas influencer la capacité thermique du bloc de cuivre et il doit être suffisamment rugueux afin que l'on puisse y suspendre le bloc de cuivre. De même, le thermocouple doit être en mesure de résister aux températures extrêmement élevées rencontrées juste au-dessus du bloc de cuivre dans la zone supérieure de la flamme au cours de l'essai. Il convient que le raccordement du thermocouple soit à une place centrale et à une profondeur spécifiées à l'intérieur du bloc de cuivre par insertion dans un trou foré. Du fait de difficultés probables liées aux autres méthodes de fixation, il est recommandé que le fil soit fixé au bloc de cuivre en écrouissant le matériau du bloc de cuivre autour du thermocouple, tout en prenant soin d'éviter une détérioration.

5.4 Nature du bloc de cuivre

La nature du bloc de cuivre (cuivre contenant de l'oxygène plaqué par voie électrolytique) est identifié comme Cu-ETP UNS C11000. Le cuivre de catégorie électrique s'est révélé posséder les caractéristiques essentielles suivantes:

a) un point de fusion bien supérieur aux températures d'essai maximales prévues;

b) une diffusivité thermique élevée;

c) une substance chimique bien définie, un métal élémentaire de qualité aisément disponible; et

d) apte à l'usinage.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

They are easier to operate and, in the case of adjustable orifices, allow the same hardware to be used to produce a range of flame sizes, although the flames are less consistent and not as suitable for test purposes.

4.4 Fuel gases

A single chemical compound such as methane, propane or butane, of a purity not less than 98 % for methane and propane, or at least 95 % for butane is frequently specified, although equivalently performing mixtures may also be suitable. Technical laboratory grade of as high a purity as possible should be specified.

5 Confirmatory test hardware

5.1 General

Copper block calorimetry tests use a standard configuration of a mass placed in the test flame, and the time/heating characteristics are recorded as an indication of the rate of heat delivered to the test copper block. The measured time rate of temperature increase is directly proportional to the rate of increase of the copper block net heat content and inversely proportional to the copper block heat capacity. The time rate of change of the copper block net heat content is the result of convective, conductive and radiative effects.

5.2 Procedure and hardware arrangement

Flames shall be optimally adjusted and tested in a draught free environment. The copper block is positioned in the flame and the time required for the copper block temperature to increase over a specified range is noted.

5.3 Thermocouple

The thermocouple shall be suitable for operation up to the maximum anticipated temperature. It shall be small enough so as not to influence the heat capacity of the copper block and it shall be rugged enough so that the copper block can be suspended from it. Also, the thermocouple shall be able to withstand the extra high temperatures encountered just above the copper block in the top area of the flame during the test. The thermocouple junction should be at a specified central position and depth within the copper block by inserting it in a drilled hole. Because of likely problems associated with other methods of attachment, it is recommended that the wire be secured to the copper block by peening the copper block material around the thermocouple, taking care to prevent damage.

5.4 Copper block material

The copper block material (electroplated tough pitch copper) is identified as Cu-ETP UNS C11000. This electrical grade copper has been found to possess the following essential characteristics:

a) a melting point well above the maximum anticipated test temperatures;

b) a high thermal diffusivity;

c) a well defined chemical substance, a quality grade readily available elemental metal; and

d) suitability for machining.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

5.5 Masse du bloc de cuivre

La masse du bloc de cuivre aura, bien entendu, une influence directe sur la gamme des temps d'essai à travers la capacité thermique du matériau et il convient de la choisir comme le paramètre principal pour déterminer les gammes adaptées.

5.6 Géométrie du bloc de cuivre

Il convient que la géométrie du bloc de cuivre soit aussi simple que possible, aisément définie et apte pour une production pratique. Il convient que la taille et la forme du bloc de cuivre soient conçues pour provoquer une perturbation minimale de la flamme et qu'il soit enveloppé complètement dans les zones critiques de la flamme.

5.7 Positionnement du bloc de cuivre

Il est recommandé de suspendre le bloc de cuivre par le fil du thermocouple et de le placer au commencement de l'essai au centre et à l'intérieur de l'enveloppe de la flamme à une distance définie au-dessus du matériel du brûleur, et complètement enveloppé à l'intérieur de la partie critique de la flamme. Pour les flammes à prémélange de section circulaire, la position optimale est habituellement juste au-dessus du cône intérieur et totalement à l'intérieur du cône extérieur. Les flammes linéaires nécessitent un placement spécial pour assurer le contact complet de la sonde avec la partie critique de la flamme (voir la figure 1).

6 Procédure d'essai de confirmation

6.1 Plages de températures d'essai

Le bloc de cuivre connaît une augmentation de chaleur par une combinaison de convection et de conduction et une perte de chaleur par le biais du rayonnement thermique (voir article 7). L'effet de rayonnement est proportionnel à la quatrième puissance de la température absolue du bloc de cuivre et il dépend grandement de l'émissivité de surface du bloc de cuivre. Pour éliminer la variabilité des modifications superficielles d'émissivité, il est recommandé que la température d'essai maximale soit limitée aux niveaux où le rayonnement est minimal, cependant suffisamment élevée pour obtenir une gamme suffisante pour des temps d'essai appropriés. Une gamme comprise entre 100 °C et 700 °C est considérée comme appropriée.

6.2 Gammes de temps d'essai

La gamme des temps d'essai doit de préférence être raisonnable en vue d'un enregistrement significatif. La gamme est sélectionnée au mieux par le choix de la masse du bloc de cuivre et la température d'essai maximale. Il est recommandé que le temps d'essai se situe dans une plage comprise entre 30 s et 90 s, lorsque cela est possible.

7 Dynamique de calorimétrie du bloc de cuivre et théorie

L'efficacité d'une flamme d'essai est directement liée à l'aptitude à fournir de la chaleur à l'éprouvette d'essai. Les essais de calorimétrie du bloc de cuivre utilisent une configuration normalisée d'une masse placée dans la flamme d'essai, et les caractéristiques de temps/ d'échauffement sont enregistrées, en tant qu'indication du taux de chaleur fournie au bloc de cuivre à l'essai. Le taux horaire mesuré d'augmentation de température est directement proportionnel au taux d'augmentation de l'enthalpie net du bloc de cuivre et inversement proportionnel à la capacité thermique du bloc de cuivre. Le taux horaire de modification de l'enthalpie net du bloc de cuivre est le résultat des effets convectifs, conducteurs et radiatifs. Les augmentations convectives et conductrices de chaleur sont toutes deux directement proportionnelles à la différence entre les températures de la flamme et du bloc de cuivre, tandis que la perte radiative est proportionnelle à la quatrième puissance de la température absolue du bloc de cuivre. La combinaison de ces facteurs aboutit à l'équation différentielle suivante régissant la température absolue (T) en tant que fonction de temps (t):

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

5.5 Copper block mass

The mass of the copper block will naturally have a direct influence on the range of the test times through the material heat capacity and should be chosen as the main parameter for determining suitable ranges.

5.6 Copper block geometry

The copper block geometry should be as simple as possible and easily defined and suitable for practical production. The size and shape of the copper block should be designed to provide minimum disturbance to the flame and should be completely enveloped within the critical flame areas.

5.7 Copper block positioning

It is recommended that the copper block be suspended by the thermocouple wire and positioned at the start of the test centrally within the flame envelope at a defined distance above the burner hardware, and completely enveloped within the critical part of the flame. For pre-mixed flames of circular cross-section, the optimal position is usually just above the inner cone and completely within the outer cone. Linear flames will require special positioning to ensure complete contact of the probe with the critical part of the flame (see figure 1).

6 Confirmatory test procedure

6.1 Test temperature ranges

The copper block gains heat by a combination of convection and conduction and loses heat through thermal radiation (see clause 7). The radiation effect is proportional to the fourth power of the absolute copper block temperature and is largely dependent on the copper block surface emissivity. To eliminate the variability from surface changes in emissivity, it is recommended that the maximum test temperature be limited to levels where radiation is minimal, yet high enough to have a sufficient range for suitable test times. A range of 100 °C to 700 °C has been found to be suitable.

6.2 Test time ranges

The range of test times shall be reasonable for meaningful recording. The range is best selected by the choice of the copper block mass and maximum test temperature. It is recommended that the test time be within the range of 30 s to 90 s, wherever possible.

7 Copper block calorimetry dynamics and theory

The effectiveness of a test flame is directly related to the ability to deliver heat to the test specimen. Copper block calorimetry tests use a standard configuration of a mass placed in the test flame, and the time/heating characteristics are recorded as an indication of the rate of heat delivered to the test copper block. The measured time rate of temperature increase is directly proportional to the rate of increase of the copper block net heat content and inversely proportional to the copper block heat capacity. The time rate of change in the copper block net heat content is the result of convective, conductive and radiative effects. Convective and conductive increases in heat are both directly proportional to the difference between the flame and copper block temperatures, while the radiative loss is proportional to the fourth power of the copper block absolute temperature. The combination of these factors results in the following differential equation governing the absolute temperature (T) as a function of time (t):

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

$$d / \mathrm{d}t(T) = A - BT - CT^4 \quad (1)$$

où A, B et C sont des constantes caractéristiques. Si A, B, C et la température initiale de démarrage (T_0) sont connues ou supposées, alors les solutions de l'équation peuvent être déterminées selon une précision arbitraire en utilisant une méthode numérique telle que la méthode Runge-Kutta.

Le tableau suivant comprend des données types, bien que non idéales ($t_{(100-700)} \approx 57{,}5\,\mathrm{s}$) pour la flamme de 500 W nominale, à base de méthane, possédant une hauteur totale de 125 mm avec un cône intérieur bleu de 40 mm.

Tableau 2 – Données types pour une flamme de 500 W nominale, à base de méthane

Temps s	Température °C	Ajustement parabolique	Temps s	Température °C	Temps s	Température °C
0	33,20	34,57	20	305,55	100	878,30
1	50,75	49,82	25	364,30	105	891,25
2	66,40	64,88	30	419,80	110	904,80
3	79,20	79,74	35	472,20	115	916,40
4	94,30	94,43	40	521,35	120	928,65
5	108,50	108,93	45	566,85	125	939,15
6	123,00	123,23	50	610,60	130	948,75
7	137,65	137,35	55	649,90	135	957,90
8	151,70	151,29	60	687,35	140	965,80
9	164,90	165,03	65	719,85	145	973,65
10	178,50	178,59	70	750,75	150	980,85
11	191,75	191,96	75	777,55	155	986,25
12	204,75	205,14	80	801,65	160	990,30
13	218,20	218,13	85	824,00	165	994,15
14	230,95	230,94	90	843,70	170	997,30
15	243,85	243,56	95	862,30	175	998,10
					180	1 000,80

La température initiale T_0 est particulièrement critique pour la solution de caractéristique temps-température, c'est pourquoi, les données sont échantillonnées plus fréquemment pendant les 15 premières secondes de l'essai. Par expérience, on note (et on prévoit à partir de considérations théoriques) que la caractéristique d'essai sur des intervalles limités à températures inférieures doit de préférence suivre scrupuleusement la forme parabolique $T(t) = k_0 + k_1 t - k_2 t^2$. Pour les données ci-dessus, les constantes k_1 s'avèrent utiliser la régression polynomiale de second ordre pour déterminer l'ajustement parabolique le meilleur pour les 15 premières secondes de données comme $T(t) = 34{,}57 + 15{,}34\,t - 0{,}093\,84\,t^2$. T_0 est de ce fait déterminé précisément en tant que $k_0 = 34{,}57\,^\circ\mathrm{C}$. La précision de l'ajustement parabolique, pendant les 15 premières secondes, est illustrée par les données de la colonne 3 du tableau 2.

La détermination des constantes du meilleur ajustement pour A, B et C constitue une tâche plus imposante, mais une première approximation raisonnable peut être aisément trouvée en notant les températures et les pentes approximatives près du début, du point moyen et vers la fin de la caractéristique. Il convient de les remplacer dans l'équation différentielle pour obtenir un système de trois équations linéaires et de les résoudre en utilisant une méthode telle que l'élimination de Gauss-Jordan.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

$$d / \mathrm{d}t(T) = A - BT - CT^4 \quad (1)$$

where A, B and C are characteristic constants. If A, B, C and the initial starting temperature (T_0) are known or assumed, then solutions of the equation can be determined to arbitrary precision using a numerical method such as the Runge-Kutta method.

The following table includes typical, though not ideal ($t_{(100-700)} \approx 57{,}5\ s$) data for the nominal 500 W methane flame having an overall height of 125 mm with a 40 mm inner blue cone.

Table 2 – Typical data for a nominal 500 W methane flame

Time s	Temperature °C	Parabolic fit	Time s	Temperature °C	Time s	Temperature °C
0	33,20	34,57	20	305,55	100	878,30
1	50,75	49,82	25	364,30	105	891,25
2	66,40	64,88	30	419,80	110	904,80
3	79,20	79,74	35	472,20	115	916,40
4	94,30	94,43	40	521,35	120	928,65
5	108,50	108,93	45	566,85	125	939,15
6	123,00	123,23	50	610,60	130	948,75
7	137,65	137,35	55	649,90	135	957,90
8	151,70	151,29	60	687,35	140	965,80
9	164,90	165,03	65	719,85	145	973,65
10	178,50	178,59	70	750,75	150	980,85
11	191,75	191,96	75	777,55	155	986,25
12	204,75	205,14	80	801,65	160	990,30
13	218,20	218,13	85	824,00	165	994,15
14	230,95	230,94	90	843,70	170	997,30
15	243,85	243,56	95	862,30	175	998,10
					180	1 000,80

The initial temperature T_0 is especially critical to the solution time-temperature characteristic; hence, data is sampled more frequently during the first 15 s of the test. It has been noted through experience, and is expected from theoretical considerations, that the test characteristic over limited intervals at lower temperatures should very closely follow the parabolic form $T(t) = k_0 + k_1 t - k_2 t^2$. For the above data, constants, k_1 are found using second order polynomial regression to determine the best parabolic fit to the first 15 s of data as $T(t) = 34{,}57 + 15{,}34t - 0{,}09384t^2$. T_0 is therefore precisely determined as $k_0 = 34{,}57\ °C$. The closeness of the parabolic fit over the first 15 s is illustrated by the figures in column 3 of table 2.

Determining the best fit constants for A, B and C is a more formidable task, but a fair first approximation can easily be found by noting the temperatures and approximate slopes near the start, mid-point and toward the end of the characteristic. Substituting these in the differential equation to get a system of three linear equations, and solving these using a method such as Gauss-Jordan elimination should be followed.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Pour toute approximation pour A, B et C, une caractéristique d'échauffement peut être développée à partir de T_0 précisément déterminé en utilisant la méthode de Runge-Kutta, et l'erreur quadratique moyenne pour les données d'essai réelles peut être calculée. En commençant par l'approximation de Gauss-Jordan initiale de A, B et C, puis des recherches à grilles informatiques tridimensionnelles successivement plus serrées peuvent être réalisées sur A, B et C pour déterminer les meilleures valeurs, en minimisant ainsi les erreurs quadratiques moyennes résultantes pour déterminer en dernier lieu la caractéristique du meilleur ajustement.

La figure 2 illustre le résultat de cette procédure sur les données précédentes de l'éprouvette d'essai en réduisant l'erreur quadratique moyenne à environ 2,9 °C seulement.

Les données d'essai sont représentées en cercles à des intervalles de 5 °C avec la courbe (inférieure) du meilleur ajustement qui en résulte en utilisant les paramètres déterminés: A = 18,75, B = 0,011 03 et C = 1,580. On note un intérêt particulier pour la courbe supérieure résultant du réglage C = 0 ou en éliminant mathématiquement l'effet du rayonnement thermique. La ligne supérieure à traits interrompus est l'asymptote résultante = A/B = 1 427 °C, qui est la température effective de la flamme. L'asymptote caractéristique résultante est la dernière température d'essai, aisément obtenue comme la solution de $\mathrm{d}/\mathrm{d}t\,(T) = 0$ donnant $T_\mathrm{p} = 1\,023$ °C.

Les paramètres A, B et C et la température effective de la flamme qui en résulte et la température d'essai ultime sont uniquement spécifiques à une seule caractéristique d'échauffement. Cela peut fournir une base pour une spécification plus précise des flammes d'essai, que le simple intervalle de temps entre deux températures qui n'est guère unique à une flamme ou une caractéristique d'essai.

Si le paramètre d'étalonnage de confirmation doit être le temps nécessaire pour augmenter la température du bloc de cuivre sur un intervalle prescrit (par exemple 100 °C à 700 °C comme dans les spécifications précédemment énumérées), alors l'ajustement parabolique mentionné plus haut est très utile pour les points de données discrets. On peut montrer que l'ajustement parabolique est très précis au-dessous de 800 °C comme suit.

Si le facteur de rayonnement (C) est omis de l'équation différentielle, alors des solutions précises sont possibles telles que $T(t) = T_\mathrm{f} - (T_\mathrm{f} - T_0)\,\mathrm{e}^{-\mathrm{B}t}$ (courbe supérieure, où $T_\mathrm{f} = A/B =$ la température effective de la flamme et $T_0 = T(0) =$ la température de début). En élargissant le terme $\mathrm{e}^{-\mathrm{B}t}$ comme une série infinie, on obtient:

$$T(t) = T_0 + (T_\mathrm{f} - T_0)Bt - (T_\mathrm{f} - T_0)\,(B^2/2)t^2 \qquad (2)$$

$$+ (T_\mathrm{f} - T_0)(B^3/6)t^3 \ldots - (-1)^\mathrm{n}(T_\mathrm{f} - T_0)(B^\mathrm{n}/n!)t^\mathrm{n} \ldots \qquad (3)$$

Au-dessous de 800 °C, tous les termes ayant les puissances de (t) supérieures à 2 sont petits et peuvent être ignorés. Il est intéressant de noter que l'erreur réduite introduite en ignorant le rayonnement est positive, tandis que l'erreur réduite par ignorance des puissances supérieures de (t) est négative. Heureusement, elles ont tendance à s'annuler, aboutissant à l'exactitude élevée de l'ajustement parabolique pour des données inférieures à 800 °C. En fait, l'ajustement parabolique est tout à fait correct même jusqu'à 900 °C mais s'écarte significativement des données réelles lorsque l'on considère les températures approchant 1 000 °C, comme l'illustrent les figures 3, 4 et 5 suivant les graphiques des ajustements paraboliques pour les données en tableau, relevées respectivement jusqu'à 800 °C, 900 °C et 1 000 °C, en indiquant $t_{(100-700)}$ et les erreurs quadratiques moyennes.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

For any approximation for A, B and C, a heating characteristic can be developed from the precisely determined T_0 using the Runge-Kutta method, and the r.m.s. error to the actual test data can be computed. Starting with the initial Gauss-Jordan approximation of A, B and C, successively tighter three-dimensional computer grid searches can then be conducted on A, B and C to determine better values, thus minimizing the resulting r.m.s. errors to ultimately determine the best fit characteristic.

Figure 2 illustrates the result of this procedure on the previous test specimen data with the r.m.s. error reduced to about only 2,9 °C.

Test data are shown as circles at 5 °C intervals with the resulting best fit (lower) curve using the determined parameters: A = 18,75, B = 0,011 03 and C = 1,580. Of particular interest is the upper curve resulting from setting C = 0 or mathematically eliminating the effect of thermal radiation. The upper dashed line is the resulting asymptote = A/B = 1 427 °C, which is the effective flame temperature. The resulting characteristic asymptote is the ultimate probe temperature, easily obtained as the solution of $\mathrm{d}/\mathrm{d}t\,(T) = 0$ yielding $T_{\mathrm{p}} = 1\,023\,^{\circ}\mathrm{C}$.

Parameters A, B and C and the resulting effective flame temperature and ultimate probe temperature, are specific to only one heating characteristic. This might provide a basis for a more precise specification of test flames than just the timed interval between two temperatures which is hardly unique to any one test characteristic or flame.

If the confirmatory calibration parameter is to be the time required to increase the copper block temperature over a prescribed interval (e.g. 100 °C to 700 °C as in the previously listed specifications), then the above-mentioned parabolic fit is most useful for discrete data points. It can be shown that the parabolic fit is very accurate below 800 °C as follows.

If the radiation factor (C) is omitted from the differential equation, then precise solutions are possible as $T(t) = T_{\mathrm{f}} - (T_{\mathrm{f}} - T_0)\,\mathrm{e}^{-\mathrm{Bt}}$ (upper curve, where $T_{\mathrm{f}} = A/B =$ the effective flame temperature and $T_0 = T(0) =$ the starting temperature). Expanding the $\mathrm{e}^{-\mathrm{Bt}}$ term as an infinite series yields:

$$T(t) = T_0 + (T_{\mathrm{f}} - T_0)Bt - (T_{\mathrm{f}} - T_0)\,(B^2/2)t^2 \qquad (2)$$

$$+ (T_{\mathrm{f}} - T_0)(B^3/6)t^3 \ldots - (-1)^{\mathrm{n}}(T_{\mathrm{f}} - T_0)(B^{\mathrm{n}}/n!)t^{\mathrm{n}} \ldots \qquad (3)$$

Below 800 °C, all terms having powers of (t) greater than 2 are small, and can be ignored. Interestingly, the small error introduced by ignoring radiation is positive, while the small error from ignoring the higher powers of (t) is negative. Fortunately these tend to cancel, resulting in the high accuracy of the parabolic fit for data below 800 °C. In fact, the parabolic fit does quite well even up to 900 °C but departs significantly from the actual data when considering temperatures approaching 1 000 °C, as illustrated by figures 3, 4 and 5 following graphs of parabolic fits for the tabled data, taken up to 800 °C, 900 °C and 1 000 °C respectively, indicating $t_{(100-700)}$ and r.m.s. errors.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Si le meilleur ajustement parabolique résultant pour les données idéales est déplacé dans le temps (habituellement environ 2 s ou 3 s à droite), de sorte que $T(0\,\text{s}) = 0\,°\text{C}$, alors une simple caractéristique parabolique normalisée de la formule $T(t) = k_{1(\text{nouveau})}t - k_2 t^2$ peut être définie pour chaque flamme d'essai et essai de taux d'accroissement associé. k_1 est transformé comme $k_{1(\text{nouveau})} = k_{1(\text{vieux})} - 2k_2 d$, où d est le déplacement temporel de l'origine de référence caractéristique et est défini en tant que:

$$d = \left[k_{1(\text{vieux})} - \left(k_{1(\text{vieux})}{}^2 + 4k_0 k_2 \right)^{1/2} / (2k_2) \right] \quad (4)$$

Du fait de la transformation, k_0 est éliminé tandis que k_2 demeure tel quel. Pour référence, une estimation raisonnable de la caractéristique parabolique normalisée pour la flamme de méthane de 500 W nominale est $T(t) = 16{,}09\,t - 0{,}074\,56\,t^2$, mais les constantes nécessiteront certainement un ajustement étant donné que davantage de données provenant d'essais presque idéaux sont rassemblées.

8 Calorimétrie et théorie – Résumé et recommandations

8.1 Un modèle théorique et une analyse mathématique associée ont été proposés pour la dynamique de calorimétrie du bloc de cuivre des essais de confirmation du taux d'accroissement. Une approximation pratique valable de l'analyse (caractérisation parabolique normalisée) s'est révélée être en accord total avec tous les ensembles de données de confirmation des éprouvettes d'un nombre limité. Une méthode a été proposée pour déterminer l'unique paire de paramètres caractéristiques paraboliques normalisés à partir de données de taux d'accroissement idéales pour chaque flamme d'essai et essai de confirmation associé.

8.2 On suggère que l'utilisation de caractéristiques paraboliques normalisées déterminées avec soin pour évaluer les données d'essai de confirmation augmente significativement la valeur des essais de confirmation, par comparaison à une simple vérification des temps d'augmentation des températures.

8.3 La détermination de la caractéristique parabolique normalisée est à l'étude pour chaque flamme normalisée et essai du taux d'accroissement, en utilisant la régression polynomiale de second ordre sur les données des essais interlaboratoires provenant d'essais idéaux, lorsque des données sont échantillonnées à intervalles d'au moins 5 s.

8.4 La valorisation du critère de confirmation est à l'étude, et si elle se révèle nécessaire, pourrait inclure l'échantillonnage de températures à intervalles d'au moins 5 s, et en appliquant une erreur quadratique moyenne maximale de la caractéristique parabolique du meilleur ajustement à partir de la caractéristique parabolique normalisée. Noter que l'équipement le plus utilisé actuellement pour la surveillance des données de températures/temps est tout à fait en mesure d'effectuer l'échantillonnage nécessaire et un logiciel a été élaboré pour faciliter l'analyse.

9 Conclusion

Bien que l'information fournie précédemment soit utile pour cerner le processus physique de l'accroissement de température du bloc de cuivre, les normes actuellement publiées, pour des raisons pratiques, utilisent uniquement une vérification en deux points pour l'accroissement de température du bloc de cuivre. La durée à partir de 100 °C jusqu'à 700 °C est déterminée et il est recommandé, normalement, de la situer au sein d'une gamme spécifiée.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

If the resulting best parabolic fit for ideal data is displaced in time (usually about 2 s or 3 s to the right), such that $T(0\,\text{s}) = 0\,°\text{C}$, then a simple standard parabolic characteristic of the form $T(t) = k_{1(\text{new})}\,t - k_2 t^2$ can be defined for each test flame and associated rate-of-rise test. k_1 is transformed as $k_{1(\text{new})} = k_{1(\text{old})} - 2k_2 d$, where d is the time displacement of the characteristic reference origin and is defined as:

$$d = \left[k_{1(\text{old})} - \left(k_{1(\text{old})}{}^2 + 4k_0 k_2 \right)^{1/2} / (2k_2) \right] \qquad (4)$$

With the transformation, k_0 is eliminated while k_2 remains unchanged. For reference, a fair estimate of the standard parabolic characteristic for the nominal 500 W methane flame is $T(t) = 16{,}09t - 0{,}07456t^2$, but the constants will no doubt need adjustment as more data from near ideal tests is gathered.

8 Calorimetry and theory – Summary and recommendations

8.1 A theoretical model and associated mathematical analysis have been proposed for the copper block calorimetry dynamics of the rate-of-rise confirmatory tests. A valid practical approximation of the analysis (standard parabolic characterization) has been found to be in excellent agreement with all of a limited number of test specimen confirmatory data sets. A method has been proposed to determine the unique pair of standard parabolic characteristic parameters from ideal rate-of-rise data for each of the test flames and associated confirmatory tests.

8.2 It is suggested that using carefully determined standard parabolic characteristics to assess confirmatory test data will greatly enhance the value of the confirmatory tests, as compared to merely checking simple temperature increase times.

8.3 The determination of the standard parabolic characteristic is under consideration for each standard flame and rate-of-rise test, using second order polynomial regression on inter-laboratory trials data from ideal tests, where data is sampled at intervals not less than 5 s.

8.4 The upgrading of the confirmatory criterion is under consideration, and if shown to be necessary, might include temperature sampling at not less than 5 s intervals, and applying some maximum r.m.s. error of the best-fit parabolic characteristic from the standard parabolic characteristic. Note that most equipment now used to monitor temperature/time data is well capable of the required sampling, and software has been developed to facilitate the analysis.

9 Conclusion

Although the preceding background is useful to understand the physical process of the temperature rise of the copper block, currently published standards, for practical reasons, use only a two-point check for the temperature rise of the copper block. The time duration from 100 °C up to 700 °C is determined and should be within a specified range.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

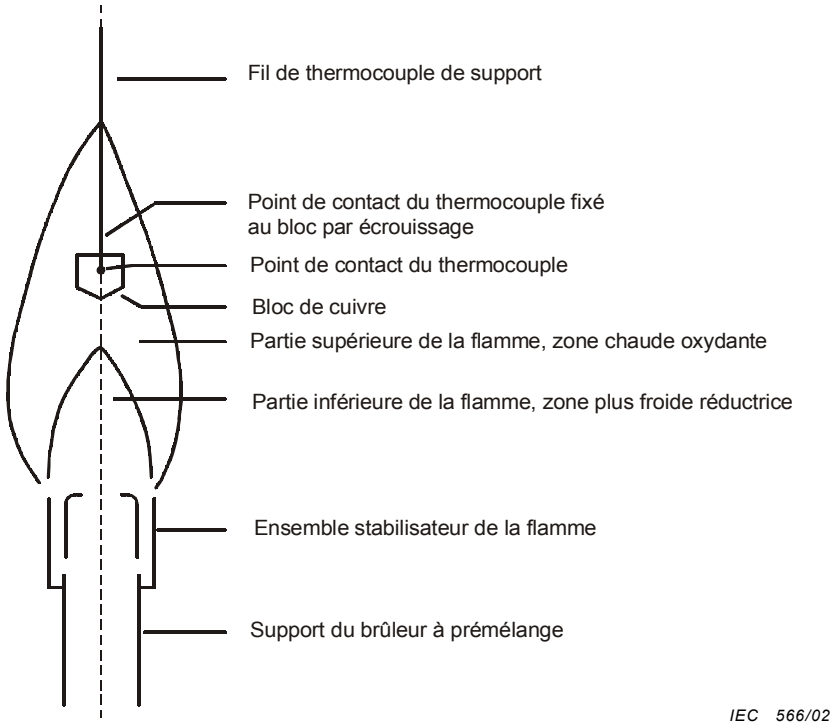


Figure 1 – Position du bloc de cuivre

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

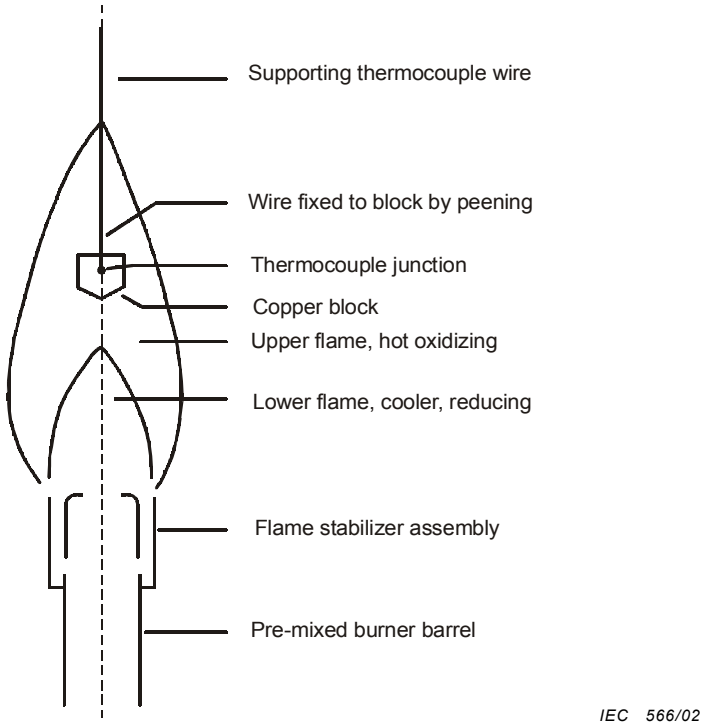
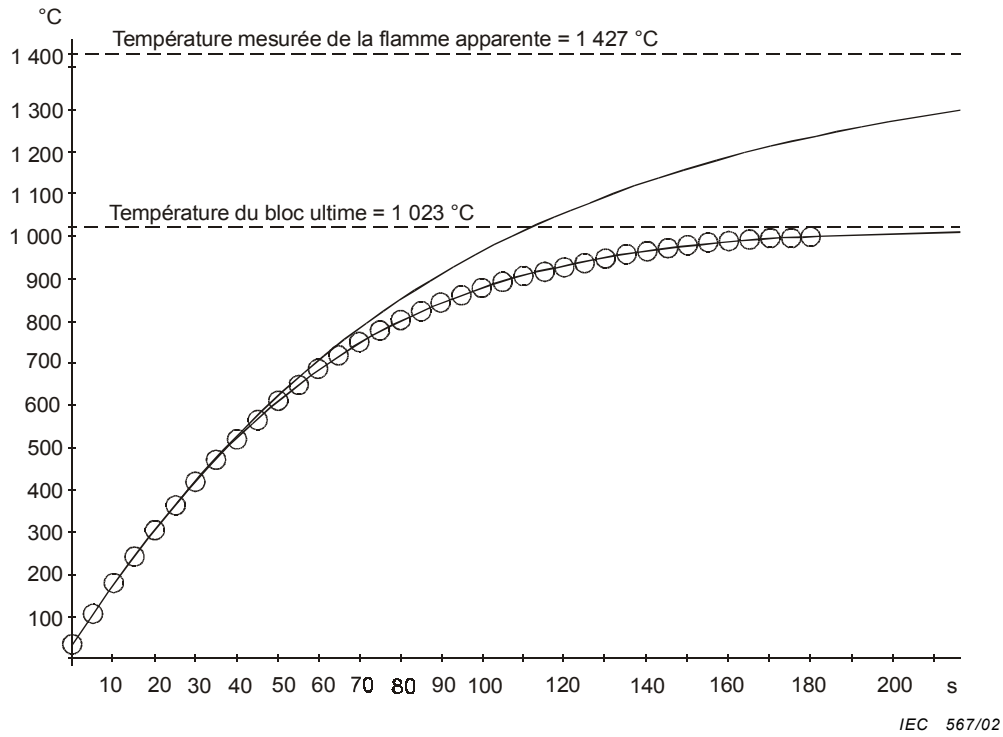


Figure 1 – Positioning of the copper block

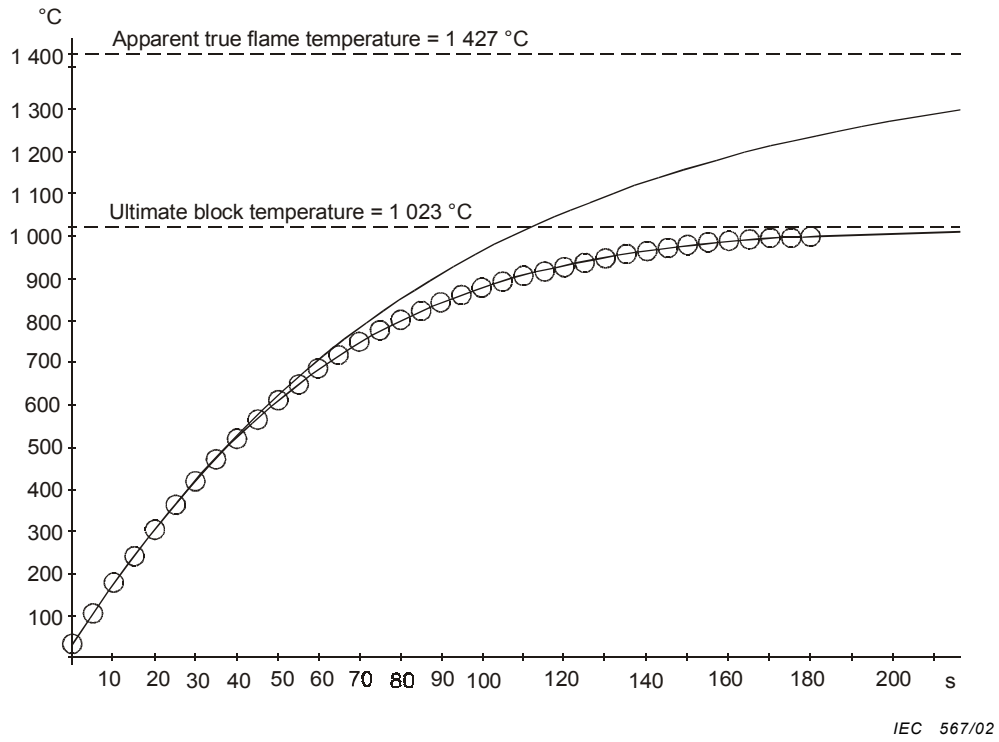
LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.



(Intervalles de graduation: verticaux = 100 °C, horizontaux = 10 s)

Figure 2 – Résultats utilisant des données issues du tableau 2

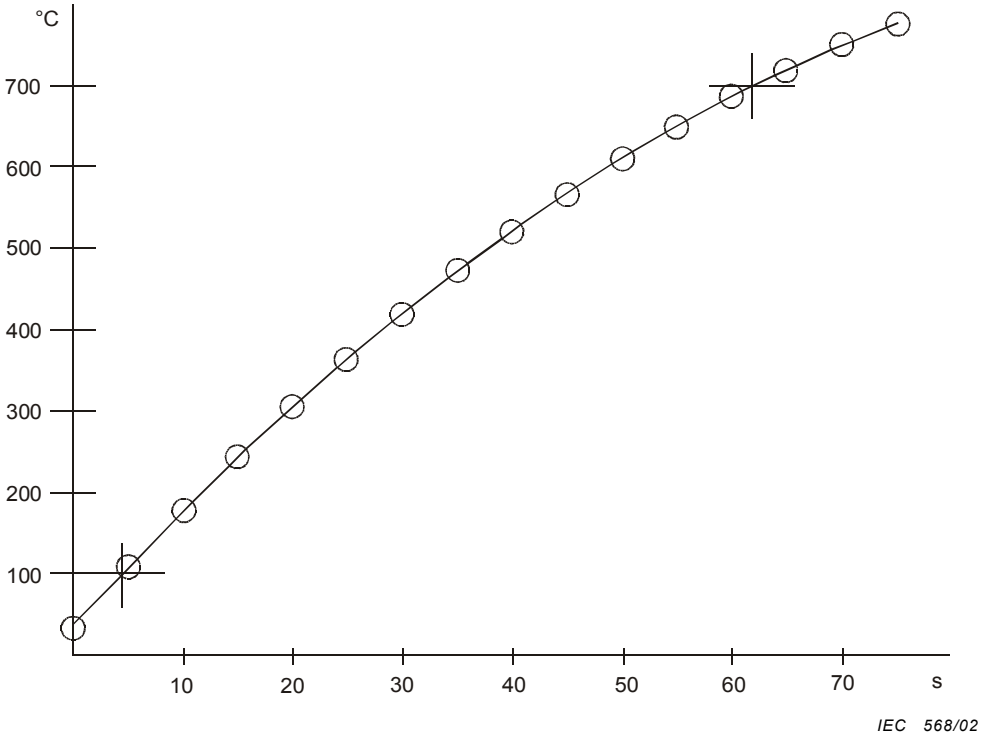
LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.



(Scale intervals: vertical = 100 °C, horizontal = 10 s)

Figure 2 – Results using data from table 2

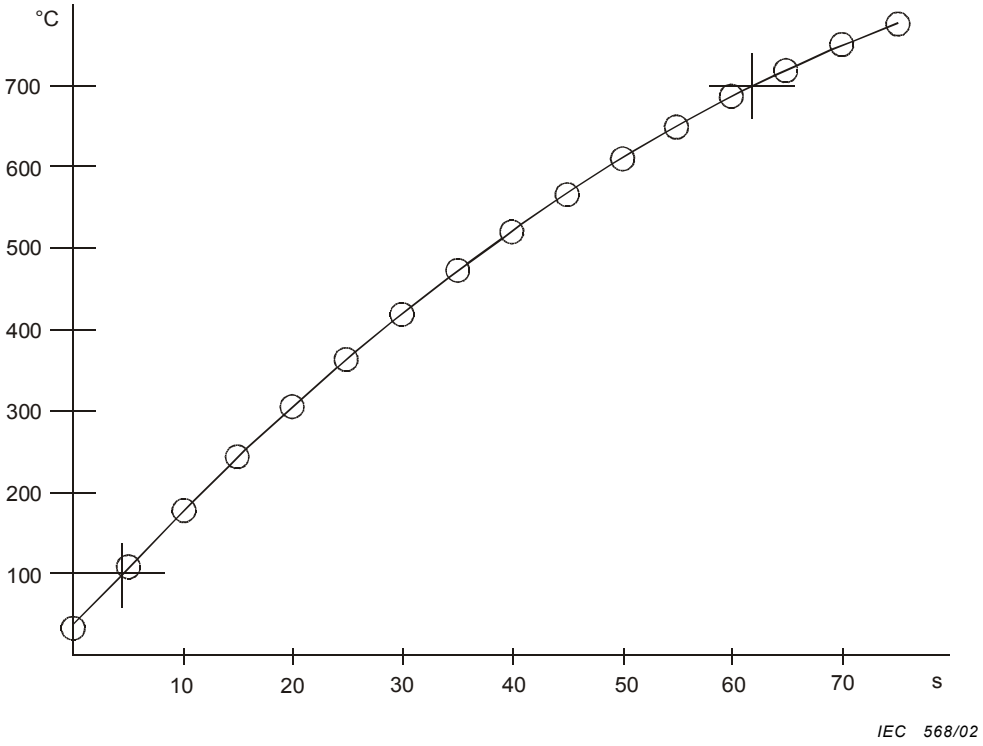
LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.



$t_{100\text{-}700}$ = 57,44 s, erreur quadratique moyenne = 1,005 6 °C

Figure 3 – Ajustement parabolique des données à 800 °C

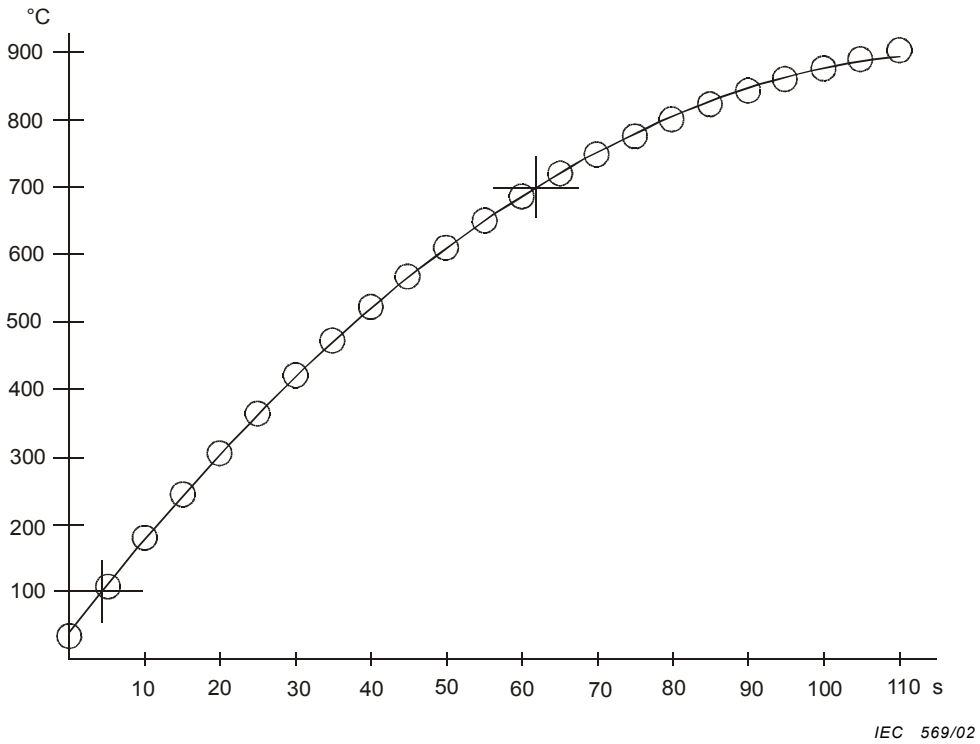
LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.



$t_{100\text{-}700}$ = 57,44 s, r.m.s. error = 1,0056 °C

Figure 3 – Parabolic fit of data to 800 °C

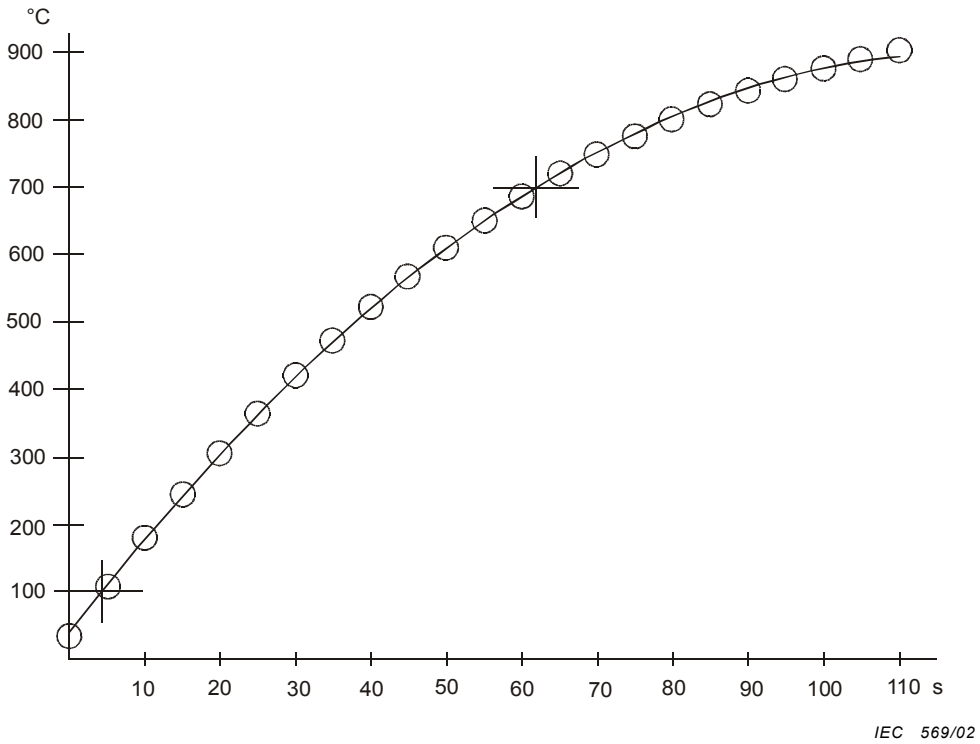
LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.



$t_{100\text{-}700}$ = 57,67 s, erreur quadratique moyenne = 3,353 °C

Figure 4 – Ajustement parabolique des données à 900 °C

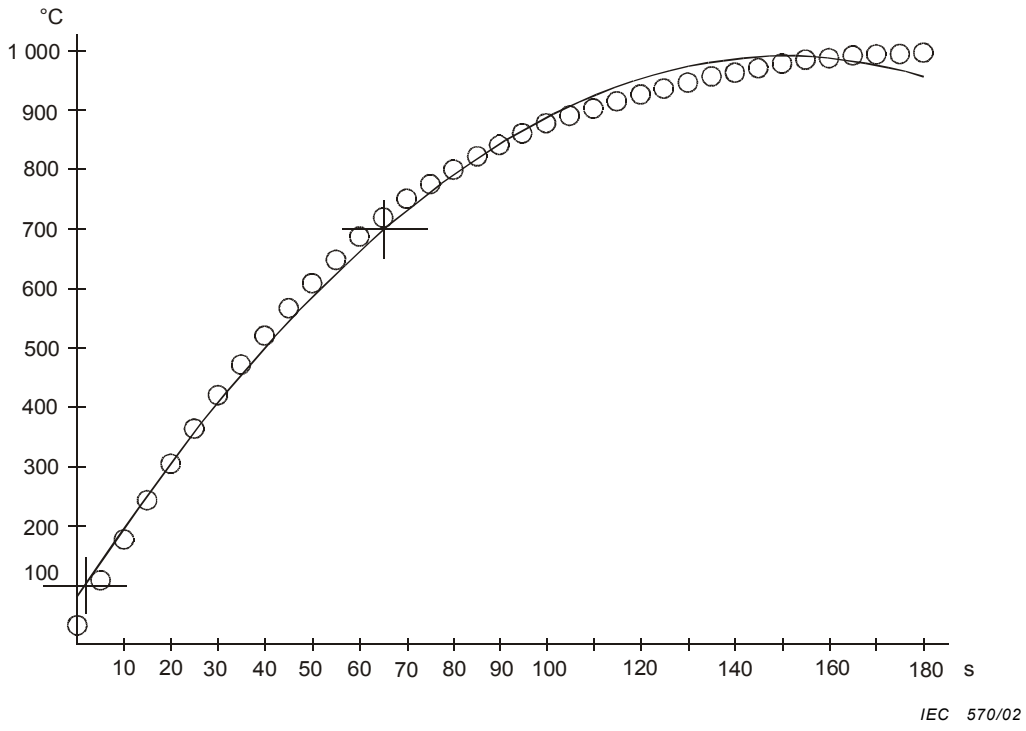
LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.



$t_{100\text{-}700}$ = 57,67 s, r.m.s. error = 3,353 °C

Figure 4 – Parabolic fit of data to 900 °C

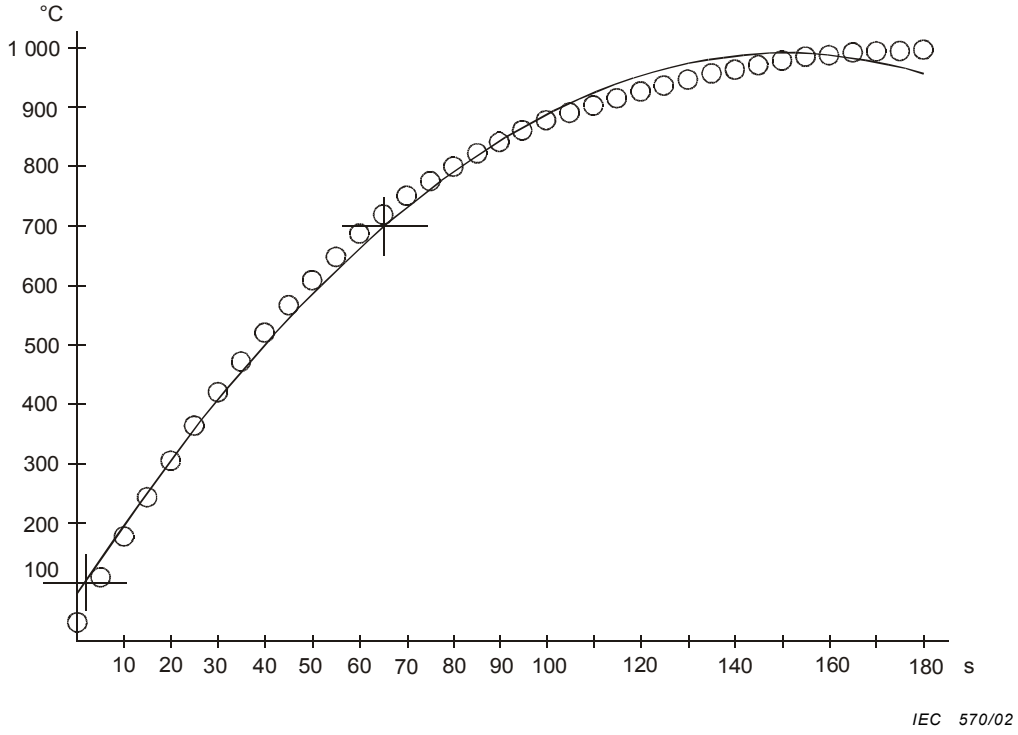
LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.



$t_{100\text{-}700}$ = 63,73 s, erreur quadratique moyenne = 21,2 °C

Figure 5 – Ajustement parabolique des données à 1 000 °C

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.



$t_{100\text{-}700}$ = 63,73 s, rms error = 21,2 °C

Figure 5 – Parabolic fit of data to 1 000 °C

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Bibliographie

CEI 60695-2-2:1991, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2: Méthodes d'essai – Section 2 – Essai au brûleur-aiguille*

CEI 60695-2-4/1:1991, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2: Méthodes d'essai – Section 4 / feuille 1: Flamme d'essai à prémélange de 1 kW nominal et guide*

CEI 60695-11-2: *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 11-2: Flammes d'essai – Flammes d'essai à prémélange de 1 kW nominal et guide*[1]

CEI/TS 60695-11-3:2000, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 11-3: Flammes d'essai – Flammes de 500 W – Appareillage et méthodes d'essai de vérification*

CEI 60695-11-4:2000, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 11-4: Flammes d'essai – Flammes de 50 W – Appareillages et méthodes d'essai de vérification*

CEI 60695-11-5, *Essais relatif aux risques du feu – Partie 11-5: Flammes d'essai – Essai au brûleur aiguille et guide*[1]

CEI 60695-11-10:1999, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 11-10: Flammes d'essai – Méthodes d'essai horizontale et verticale à la flamme de 50 W*

CEI 60695-11-20:1999, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 11-20: Flammes d'essai – Méthodes d'essai à la flamme de 500 W*

[1] A l'étude.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Bibliography

IEC 60695-2-2:1991, *Fire hazard testing – Part 2: Test methods – Section 2 – Needle-flame test*

IEC 60695-2-4/1:1991, *Fire hazard testing – Part 2: Test methods – Section 4 / sheet 1: 1 kW nominal pre-mixed test flame and guidance*

IEC 60695-11-2: *Fire hazard testing – Part 11-2: Test flames – 1 kW nominal pre-mixed flame – Apparatus, confirmatory test arrangement and guidance*[1]

IEC/TS 60695-11-3:2000, *Fire hazard testing – Part 11-3: Test flames – 500 W flames – Apparatus and confirmational test methods*

IEC 60695-11-4:2000, *Fire hazard testing – Part 11-4: Test flames – 50 W flames – Apparatus and confirmational test methods*

IEC 60695-11-5, *Fire hazard testing – Part 11-5: Test flames – Needle flame test method: Apparatus, confirmatory test arrangement and guidance*[1]

IEC 60695-11-10:1999, *Fire hazard testing – Part 11-10: Test flames – 50 W horizontal and vertical flame test methods*

IEC 60695-11-20:1999, *Fire hazard testing – Part 11-20: Test flames – 500 W flame test methods*

———————

[1] Under consideration.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Standards Survey

The IEC would like to offer you the best quality standards possible. To make sure that we continue to meet your needs, your feedback is essential. Would you please take a minute to answer the questions overleaf and fax them to us at +41 22 919 03 00 or mail them to the address below. Thank you!

Customer Service Centre (CSC)

International Electrotechnical Commission
3, rue de Varembé
1211 Genève 20
Switzerland

or

Fax to: **IEC**/CSC at +41 22 919 03 00

Thank you for your contribution to the standards-making process.

Nicht frankieren
Ne pas affranchir

Non affrancare
No stamp required

A Prioritaire

RÉPONSE PAYÉE

SUISSE

Customer Service Centre (CSC)
International Electrotechnical Commission
3, rue de Varembé
1211 GENEVA 20
Switzerland

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Q1 Please report on **ONE STANDARD** and **ONE STANDARD ONLY**. Enter the exact number of the standard: *(e.g. 60601-1-1)*

.....

Q2 Please tell us in what capacity(ies) you bought the standard *(tick all that apply).* I am the/a:

purchasing agent ❑
librarian ❑
researcher ❑
design engineer ❑
safety engineer ❑
testing engineer ❑
marketing specialist ❑
other.....

Q3 I work for/in/as a: *(tick all that apply)*

manufacturing ❑
consultant ❑
government ❑
test/certification facility ❑
public utility ❑
education ❑
military ❑
other.....

Q4 This standard will be used for: *(tick all that apply)*

general reference ❑
product research ❑
product design/development ❑
specifications ❑
tenders ❑
quality assessment ❑
certification ❑
technical documentation ❑
thesis ❑
manufacturing ❑
other.....

Q5 This standard meets my needs: *(tick one)*

not at all ❑
nearly ❑
fairly well ❑
exactly ❑

Q6 If you ticked NOT AT ALL in Question 5 the reason is: *(tick all that apply)*

standard is out of date ❑
standard is incomplete ❑
standard is too academic ❑
standard is too superficial ❑
title is misleading ❑
I made the wrong choice ❑
other .....

Q7 Please assess the standard in the following categories, using the numbers:
(1) unacceptable,
(2) below average,
(3) average,
(4) above average,
(5) exceptional,
(6) not applicable

timeliness.....
quality of writing.....
technical contents.....
logic of arrangement of contents .....
tables, charts, graphs, figures.....
other .....

Q8 I read/use the: *(tick one)*

French text only ❑
English text only ❑
both English and French texts ❑

Q9 Please share any comment on any aspect of the IEC that you would like us to know:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Enquête sur les normes

La CEI ambitionne de vous offrir les meilleures normes possibles. Pour nous assurer que nous continuons à répondre à votre attente, nous avons besoin de quelques renseignements de votre part. Nous vous demandons simplement de consacrer un instant pour répondre au questionnaire ci-après et de nous le retourner par fax au +41 22 919 03 00 ou par courrier à l'adresse ci-dessous. Merci !

Centre du Service Clientèle (CSC)

Commission Electrotechnique Internationale
3, rue de Varembé
1211 Genève 20
Suisse

ou

Télécopie: **CEI**/CSC +41 22 919 03 00

Nous vous remercions de la contribution que vous voudrez bien apporter ainsi à la Normalisation Internationale.

Nicht frankieren
Ne pas affranchir

Non affrancare
No stamp required

A Prioritaire

RÉPONSE PAYÉE

SUISSE

Centre du Service Clientèle (CSC)
Commission Electrotechnique Internationale
3, rue de Varembé
1211 GENÈVE 20
Suisse

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Q1 Veuillez ne mentionner qu'**UNE SEULE NORME** et indiquer son numéro exact: (*ex. 60601-1-1)*

.....

Q2 En tant qu'acheteur de cette norme, quelle est votre fonction?
(cochez tout ce qui convient)
Je suis le/un:

agent d'un service d'achat ❑
bibliothécaire ❑
chercheur ❑
ingénieur concepteur ❑
ingénieur sécurité ❑
ingénieur d'essais ❑
spécialiste en marketing ❑
autre(s).....

Q3 Je travaille:
(cochez tout ce qui convient)

dans l'industrie ❑
comme consultant ❑
pour un gouvernement ❑
pour un organisme d'essais/ certification ❑
dans un service public ❑
dans l'enseignement ❑
comme militaire ❑
autre(s).....

Q4 Cette norme sera utilisée pour/comme
(cochez tout ce qui convient)

ouvrage de référence ❑
une recherche de produit ❑
une étude/développement de produit ❑
des spécifications ❑
des soumissions ❑
une évaluation de la qualité ❑
une certification ❑
une documentation technique ❑
une thèse ❑
la fabrication ❑
autre(s).....

Q5 Cette norme répond-elle à vos besoins:
(une seule réponse)

pas du tout ❑
à peu près ❑
assez bien ❑
parfaitement ❑

Q6 Si vous avez répondu PAS DU TOUT à Q5, c'est pour la/les raison(s) suivantes:
(cochez tout ce qui convient)

la norme a besoin d'être révisée ❑
la norme est incomplète ❑
la norme est trop théorique ❑
la norme est trop superficielle ❑
le titre est équivoque ❑
je n'ai pas fait le bon choix ❑
autre(s) .....

Q7 Veuillez évaluer chacun des critères ci-dessous en utilisant les chiffres
(1) inacceptable,
(2) au-dessous de la moyenne,
(3) moyen,
(4) au-dessus de la moyenne,
(5) exceptionnel,
(6) sans objet

publication en temps opportun .....
qualité de la rédaction.....
contenu technique .....
disposition logique du contenu .....
tableaux, diagrammes, graphiques, figures.....
autre(s) .....

Q8 Je lis/utilise: *(une seule réponse)*

uniquement le texte français ❑
uniquement le texte anglais ❑
les textes anglais et français ❑

Q9 Veuillez nous faire part de vos observations éventuelles sur la CEI:

.....
.....
.....
.....
.....
.....

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

ISBN 2-8318-6222-1

ICS 13.220.40; 29.020

Typeset and printed by the IEC Central Office
GENEVA, SWITZERLAND