

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC  
68-3-2**

Première édition  
First edition  
1976

---

---

**Essais fondamentaux climatiques  
et de robustesse mécanique**

**Troisième partie:**

Informations de base

Section deux – Essais combinés température/  
basse pression atmosphérique

**Basic environmental testing procedures**

**Part 3:**

Background information

Section Two – Combined temperature/  
low air pressure tests



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 68-3-2: 1976

## Validité de la présente publication

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

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**  
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**  
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

## Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

## Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*;
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*;
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas*;

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale*.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

## Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

## Validity of this publication

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

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available from the IEC Central Office.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**  
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**  
Published yearly with regular updates

## Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*, which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

## Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology*;
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets*;
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams*;

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice*.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

## IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC  
68-3-2**

Première édition  
First edition  
1976

---

---

**Essais fondamentaux climatiques  
et de robustesse mécanique**

**Troisième partie:**

Informations de base

Section deux – Essais combinés température/  
basse pression atmosphérique

**Basic environmental testing procedures**

**Part 3:**

Background information

Section Two – Combined temperature/  
low air pressure tests

© CEI 1976 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.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse

---

---



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE

**F**

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

## SOMMAIRE

|                                                        | Pages |
|--------------------------------------------------------|-------|
| PRÉAMBULE . . . . .                                    | 4     |
| PRÉFACE . . . . .                                      | 4     |
| <b>Articles</b>                                        |       |
| 1. Généralités . . . . .                               | 6     |
| 2. Eléments motivant la rédaction de l'essai . . . . . | 6     |
| 3. Effets dus à l'environnement . . . . .              | 8     |
| 4. Appareillage d'essais . . . . .                     | 8     |
| 5. Mesures des paramètres climatiques . . . . .        | 10    |
| 5.1 Mesures de la température . . . . .                | 10    |
| 5.2 Mesures de la pression atmosphérique . . . . .     | 10    |
| FIGURE . . . . .                                       | 12    |

## CONTENTS

|                                                       | Page |
|-------------------------------------------------------|------|
| FOREWORD . . . . .                                    | 5    |
| PREFACE . . . . .                                     | 5    |
| Clause                                                |      |
| 1. General . . . . .                                  | 7    |
| 2. Reasons behind the design of the test . . . . .    | 7    |
| 3. Environmental effects . . . . .                    | 9    |
| 4. Testing facilities . . . . .                       | 9    |
| 5. Measurements of environmental parameters . . . . . | 11   |
| 5.1 Temperature measurements . . . . .                | 11   |
| 5.2 Air pressure measurements . . . . .               | 11   |
| FIGURE . . . . .                                      | 12   |

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**ESSAIS FONDAMENTAUX CLIMATIQUES  
ET DE ROBUSTESSE MÉCANIQUE**

**Troisième partie : Informations de base**

**Section deux — Essais combinés température/basse pression atmosphérique**

PRÉAMBULE

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

PRÉFACE

La présente publication a été établie par le Sous-Comité 50B: Essais climatiques, du Comité d'Etudes N° 50 de la CEI: Essais climatiques et mécaniques.

Elle comporte les informations de base relatives à l'essai Z/AM: Essais combinés froid/basse pression atmosphérique pour spécimens dissipant et ne dissipant pas d'énergie, de la Publication 68-2-40 de la CEI, et à l'essai Z/BM: Essais combinés chaleur sèche/basse pression atmosphérique pour spécimens dissipant et ne dissipant pas d'énergie de la Publication 68-2-41 de la CEI.

Un premier projet a été examiné à la réunion de Munich en 1973. Après cette réunion, un document Secrétariat a été diffusé aux Comités nationaux selon la Procédure Accélérée, puis soumis pour approbation, suivant la Règle des Six Mois sous la forme d'un document 50B(Bureau Central)181 en septembre 1974.

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

|                                |                         |
|--------------------------------|-------------------------|
| Afrique du Sud (République d') | Norvège                 |
| Allemagne                      | Pays-Bas                |
| Australie                      | Pologne                 |
| Autriche                       | Portugal                |
| Belgique                       | Royaume-Uni             |
| Canada                         | Suède                   |
| Danemark                       | Suisse                  |
| Espagne                        | Tchécoslovaquie         |
| France                         | Turquie                 |
| Hongrie                        | Union des Républiques   |
| Israël                         | Socialistes Soviétiques |
| Japon                          |                         |

*Autre publication de la CEI citée dans la présente publication:*

Publication n° 68-3-1: Troisième partie: Informations de base. Section un: Essais de froid et de chaleur sèche.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

---

**BASIC ENVIRONMENTAL TESTING PROCEDURES**

**Part 3: Background information**

**Section Two — Combined temperature/low air pressure tests**

---

FOREWORD

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

PREFACE

This publication has been prepared by Sub-Committee 50B, Climatic Tests, of IEC Technical Committee No. 50, Environmental Testing.

It gives background information for Test Z/AM: Combined cold/low air pressure tests for both heat-dissipating and non-heat-dissipating specimens of IEC Publication 68-2-40, and for Test Z/BM: Combined dry-heat/low air pressure tests for both heat-dissipating and non-heat-dissipating specimens of IEC Publication 68-2-41.

A first draft was discussed at the meeting held in Munich in 1973. As a result of this meeting, a Secretariat draft was submitted to the National Committees under the Accelerated Procedure and approved for consideration under the Six Months' Rule as Document 50B(Central Office)181 in September 1974.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

|                |                            |
|----------------|----------------------------|
| Australia      | Norway                     |
| Austria        | Poland                     |
| Belgium        | Portugal                   |
| Canada         | South Africa (Republic of) |
| Czechoslovakia | Spain                      |
| Denmark        | Sweden                     |
| France         | Switzerland                |
| Germany        | Turkey                     |
| Hungary        | Union of Soviet            |
| Israel         | Socialist Republics        |
| Japan          | United Kingdom             |
| Netherlands    |                            |

*Other IEC publication quoted in this publication:*

Publication No. 68-3-1: Part 3: Background Information. Section One: Cold and Dry Tests.

---

## ESSAIS FONDAMENTAUX CLIMATIQUES ET DE ROBUSTESSE MÉCANIQUE

### Troisième partie : Informations de base

#### Section deux — Essais combinés température/basse pression atmosphérique

##### 1. Généralités

La gamme des valeurs de pression atmosphérique retenue pour les essais décrits dans la présente publication couvre les applications au sol et à l'aéronautique. Les pressions d'air inférieures à 10 mbar ne font pas l'objet de ces essais.

##### 2. Éléments motivant la rédaction de l'essai

Dans la gamme des densités de l'air considérée, le parcours libre moyen des molécules est toujours une petite fraction de millimètre. La conductivité thermique et la viscosité absolue de l'air sont donc pratiquement indépendantes de la pression. Le flux d'air est en général du type à écoulement laminaire ou turbulent et donc soumis aux lois applicables à pression normale.

Les lois fondamentales de transmission de chaleur par convection d'air libre ou forcé sont donc les mêmes qu'à pression normale. En conséquence, toutes les informations concernant la convection données dans la Publication 68-3-1: Essais de froid et de chaleur sèche, peuvent être également appliquées — du moins en général — aux essais à basse pression atmosphérique.

La diminution de la densité de l'air  $\rho$ , néanmoins, affecte considérablement la valeur du coefficient de convection,  $\alpha_c$ , qui est fonction de  $\rho^n$  avec  $n = 0,5$  à  $0,7$  (à la fois pour la convection libre et pour la convection forcée).

Dans un essai appliqué aux spécimens dissipant de l'énergie, une circulation forcée de l'air peut réduire considérablement la température de surface du spécimen par rapport à la valeur dans des conditions d'« air calme », dans la totalité de la gamme de pressions atmosphériques considérée. Cette réduction est illustrée par la figure 1, page 12, qui donne les variations de la température de surface moyenne d'un spécimen homogène en fonction de la vitesse de l'air et de la pression (à température de l'air et dissipation constantes).

En conséquence, la méthode d'essai du spécimen dissipant de l'énergie prescrit des « conditions d'air calme » (sans circulation forcée d'air) ou une vitesse de l'air suffisamment faible pour que l'effet de refroidissement supplémentaire soit négligeable.

La diminution de  $\alpha_c$ , liée à la diminution de la densité de l'air, accroît l'importance de la dissipation thermique par rayonnement, particulièrement aux basses pressions; néanmoins la transmission de chaleur par convection ne doit pas être négligée.

L'importance croissante du rayonnement rend nécessaire un contrôle serré des caractéristiques d'émissivité et de la température des parois de la chambre, particulièrement aux basses pressions atmosphériques.

Etant donné l'importance du rayonnement thermique aux basses pressions, l'influence réciproque des différents spécimens dissipant de l'énergie placés dans la même chambre d'essai peut être grande et affecter la reproductibilité de l'essai.

Compte tenu de ces inconvénients, les méthodes destinées aux spécimens dissipant de l'énergie, fondées sur le contrôle de la température de l'air, ne sont appliquées qu'à un seul spécimen à la fois.

Les conditions relatives aux dimensions des chambres à « air calme » qui doivent être utilisées pour l'essai des spécimens dissipant de l'énergie sont fondées sur le diagramme prévu pour l'essai à pression normale de l'air, parce que le parcours moléculaire moyen est encore une très petite fraction des dimensions.

## BASIC ENVIRONMENTAL TESTING PROCEDURES

### Part 3: Background information

#### Section Two — Combined temperature/low air pressure tests

---

##### 1. General

For the combined temperature/low air pressure tests described in this publication, a range of air pressures covering ground or aircraft applications is considered. Air pressures below 10 mbar are outside the scope of these tests.

##### 2. Reasons behind the drafting of the test

In the range of air densities considered, the mean free path of molecules is always a small fraction of a millimetre. The thermal conductivity and the absolute viscosity of air are then practically independent of the pressure. The air flux is in general of the viscous type or turbulent and therefore governed by the laws applicable to normal pressure.

The fundamental laws of heat transmission by free or forced air convection are, then, the same as for normal air pressures. As a consequence, all the considerations on convection given in Publication 68-3-1, Cold and Dry Heat Tests, can also be applied — at least in general — to testing at reduced air pressures.

The reduction of the air density,  $\rho$ , however, considerably affects the value of the convection coefficient,  $\alpha_c$ , which is a function of  $\rho^n$  with  $n = 0.5 - 0.7$  (for both free and forced convection).

In a test on heat-dissipating specimens, forced air circulation can considerably reduce the specimen surface temperature compared with the value in “free air” conditions within the whole range of air pressures considered. This is illustrated in Figure 1, page 12, which shows changes in the surface mean temperature of a homogeneous specimen with air velocity and pressure (constant power dissipation and air temperature).

As a consequence, the test method for a heat-dissipating specimen specifies “free air” conditions (with no forced air circulation) or an air velocity which is sufficiently low that the additional cooling effect is unimportant.

The  $\alpha_c$  decrease, with decreasing air density, increases the importance of heat dissipation by radiation, especially at the lower pressures considered, although the heat transmission by convection cannot be disregarded.

The increased importance of radiation requires a careful control of the emissivity characteristics and of the temperature of the chamber walls, particularly at lower air pressures.

Due to the importance of thermal radiation at low air pressures, the thermal interaction between different heat-dissipating specimens in the same test chamber may be large and affect the reproducibility of the test.

To avoid this, the procedures for heat-dissipating specimens, based on air temperature monitoring, are limited to the testing of one specimen at a time.

The requirement on the dimensions of “free air” chambers to be used for testing of heat-dissipating specimens have been based on the diagram used for testing at normal air pressures, because the molecular mean free path is still a very small fraction of the resulting dimensions.

### 3. Effets dus à l'environnement

3.1 Les effets suivants, relevés sur un spécimen, sont considérés comme étant dus à l'action combinée de la température et de la basse pression atmosphérique:

- a) l'accroissement de la température de surface et les variations des gradients de température des spécimens dissipant de l'énergie par rapport aux valeurs atteintes avec les essais A et B, sont dus à une diminution du coefficient de convection  $\alpha_c$ , à basse pression atmosphérique (faible densité de l'air). Bien que cet accroissement de la température de surface puisse être atteint en utilisant une température d'essai plus élevée à la pression atmosphérique normale, cette température d'essai ne peut être correctement obtenue et les gradients de température ne peuvent être atteints sans la combinaison avec la basse pression atmosphérique;
- b) les variations des caractéristiques de fonctionnement ou de sécurité, provoquées par la modification des propriétés diélectriques de l'air en fonction de la pression et de la température (densité de l'air et mobilité des ions). En particulier, à basse pression et à température élevée, il se produit une importante diminution des caractéristiques diélectriques de l'air entraînant un accroissement des risques d'amorçage en surface et de l'effet couronne.

Le tableau I donne les coefficients multiplicateurs qui permettent d'obtenir les tensions de claquage pour des électrodes planes et parallèles séparées par une couche d'air de plus de 5 mm. Les coefficients ont été établis à partir des valeurs aux conditions normales (25 °C et 1 013 mbar) pour les pressions et températures données dans le tableau.

TABLEAU I

| Pression<br>(mbar) | Température en degrés Celsius |      |      |      |      |      |
|--------------------|-------------------------------|------|------|------|------|------|
|                    | —40                           | —20  | 0    | 20   | 40   | 60   |
| 170                | 0,26                          | 0,24 | 0,23 | 0,21 | 0,20 | 0,19 |
| 340                | 0,47                          | 0,44 | 0,42 | 0,39 | 0,37 | 0,24 |
| 510                | 0,68                          | 0,64 | 0,60 | 0,56 | 0,53 | 0,50 |
| 675                | 0,87                          | 0,82 | 0,77 | 0,72 | 0,68 | 0,64 |
| 850                | 1,07                          | 0,99 | 0,93 | 0,87 | 0,82 | 0,77 |

- c) les variations des caractéristiques des matériaux (fragilité, élasticité) dues au froid et à la chaleur augmentent les risques de déformation et de craquelures dans les équipements ou boîtiers étanches, pour des valeurs de pression faibles.

3.2 Les autres effets, provoqués essentiellement par la température mais fortement aggravés par les basses pressions atmosphériques (c'est ainsi qu'un essai à pression atmosphérique normale peut donner les mêmes effets mais seulement avec une durée d'essai très longue) sont les suivants:

- a) volatilisation des plastifiants et des produits de dégradation des plastiques avec variations des caractéristiques mécaniques et électriques de certaines parties du spécimen; ces produits évaporés peuvent, en outre, se condenser sur des surfaces proches, créant des variations des caractéristiques ou de la corrosion et des dégradations;
- b) évaporation des lubrifiants entraînant le blocage des parties mobiles; ce processus peut être aggravé par des variations de dimensions dues à la température;
- c) libération des gaz dissous présents dans les liquides; la réduction de la pression peut entraîner une ébullition momentanée et une fuite de liquide éventuelle.

A des pressions d'air beaucoup plus basses (telles que celles qui existent dans l'espace) d'autres phénomènes deviennent très importants. L'essai utilisé doit alors être spécialement conçu pour répondre à ces conditions.

### 4. Appareillage d'essais

En général la composition de l'atmosphère dans la chambre d'essais n'est pas parfaitement représentative des conditions naturelles. La composition dépend essentiellement du type de pompe utilisé pour réduire la pression de l'air. Une très grande quantité de vapeur d'eau est en général présente (l'humidité peut être mesurée par un dispositif à point de rosée).

### 3. Environmental effects

3.1 The following effects on a specimen are considered to be due to the *combination* of temperature and low air pressure:

- a) increase of surface temperature and changes of temperature gradients of heat-dissipating specimens in comparison with the values achieved with Tests A or B are due to the decrease of the convection coefficient  $\alpha_c$ , at low air pressure (low air density). Although the increase of surface temperatures can be achieved by using a higher test temperature at normal air pressure, this test temperature value cannot be properly established and the correct temperature gradients cannot be achieved without combining with low air pressure;
- b) changes in functional or safety characteristics of specimens due to changes with pressure and temperature of dielectric properties of air (air density and ion mobility effects). At low pressures, particularly when combined with high temperature, there is a marked reduction of air dielectric strength with the consequent increased risk of arc, surface or corona discharges.

Table I gives multiplying factors for obtaining sparkover voltages for plane and parallel electrodes with air gaps greater than 5 mm. The factors convert values at standard conditions (25 °C and 1 013 mbar) to the pressures and temperatures given in the table.

TABLE I

| Pressure<br>(mbar) | Temperature in degrees Celsius |      |      |      |      |      |
|--------------------|--------------------------------|------|------|------|------|------|
|                    | —40                            | —20  | 0    | 20   | 40   | 60   |
| 170                | 0.26                           | 0.24 | 0.23 | 0.21 | 0.20 | 0.19 |
| 340                | 0.47                           | 0.44 | 0.42 | 0.39 | 0.37 | 0.24 |
| 510                | 0.68                           | 0.64 | 0.60 | 0.56 | 0.53 | 0.50 |
| 675                | 0.87                           | 0.82 | 0.77 | 0.72 | 0.68 | 0.64 |
| 850                | 1.07                           | 0.99 | 0.93 | 0.87 | 0.82 | 0.77 |

- c) changes in material characteristics (brittleness, plasticity) due to cold or heat increase the risk that sealed equipments or packages will be deformed or cracked at low air pressures.

3.2 Other effects due essentially to temperature but remarkably accelerated by low air pressures (so that a test at normal air pressure can give the same effects only after a very long test time) are:

- a) volatilization of plasticizers and of degradation products from plastics, with changes in the mechanical and electrical characteristics of individual parts of the specimen; these evaporated products can, in addition, condense on nearby surfaces, producing changes of characteristics or corrosion and degradation;
- b) evaporation of lubricants with consequent blocking of moving parts; this process can be exaggerated by dimensional changes due to temperature;
- c) dissolved gas evolution from liquids; the reduced pressure can result in transitory boiling, with a possible leakage of liquid.

At much lower air pressures (such as the ones existing in outer space), other phenomena become very important. A special testing philosophy must then be used for these latter conditions.

### 4. Testing facilities

The composition of the atmosphere in the testing chamber is generally not truly representative of the natural conditions. The composition is determined essentially by the type of pumps used to reduce the air pressure. A considerable quantity of water vapour is generally present (the humidity can be measured by a dew point instrument).

L'erreur sur le coefficient de convection  $\alpha_c$  due aux écarts entre la composition normale de l'air et celle de l'air dans la chambre n'est pas supérieure à 10%.

Les facteurs suivants sont plus importants, compte tenu de leurs effets secondaires possibles sur les spécimens en essai :

- a) contamination de l'atmosphère de la chambre par les vapeurs provenant du fluide de fonctionnement de la pompe et par les vapeurs libérées par les accessoires de la chambre (soupapes, isolants pour la chaleur, etc.);
- b) contamination due à la poussière ou à l'eau introduite par l'air pendant la remontée de la pression.

## 5. Mesures des paramètres climatiques

### 5.1 Mesures de la température

L'efficacité de l'échange thermique entre l'atmosphère d'essai et les éléments sensibles du thermomètre utilisé pour contrôler la température de l'air est réduite par la diminution de  $\alpha_c$ .

En conséquence:

- a) le temps de réponse des thermomètres aux variations de température est plus grand qu'à pression normale;
- b) les erreurs dues à la conduction thermique entre le thermomètre et l'extérieur de la chambre peuvent devenir importantes.

L'essai de spécimens dissipant de l'énergie peut présenter une autre source d'erreur de mesure (due à la réduction de la valeur de  $\alpha_c$ ) qui peut être plus importante à basse pression atmosphérique qu'à pression normale; le thermomètre peut afficher une mesure incorrecte s'il est perturbé par l'énergie rayonnée par le spécimen. L'utilisation d'écrans antirayonnement autour du thermomètre peut diminuer cette erreur.

### 5.2 Mesures de la pression atmosphérique

Dans la gamme de pressions considérée ici, la pression à l'intérieur de la chambre est généralement mesurée avec des manomètres reliés à l'espace de travail par des tubes.

Dans des conditions stationnaires, ces tubes ne provoquent pas d'erreurs de mesures significatives, même pour de grandes différences de température entre le manomètre et l'espace de travail. Des erreurs peuvent néanmoins être introduites à cause des variations des caractéristiques de l'élément sensible dues à l'échauffement ou au refroidissement par le gaz dans la chambre d'essai, si la température du manomètre devient trop différente de la température d'étalonnage. Des tubes gros et courts sont préjudiciables.

Un retard dans les indications du manomètre peut être introduit dans le cas de tubes calibrés longs ou courts pendant les variations de pression.

The error in the convection coefficient  $\alpha_c$  due to differences between natural and simulated air composition is not more than 10%.

The following factors are more important for possible side effects on specimens being tested:

- a) chamber atmosphere contamination from vapours of the pump working fluid and from vapours released from chamber accessories (valves, heat insulators, etc.);
- b) contamination by dust or water introduced by the air when pressure is restored to normal.

## 5. Measurements of environmental parameters

### 5.1 *Temperature measurements*

The efficiency of thermal exchange between test atmosphere and sensing elements of the thermometer used for air temperature monitoring is reduced by the  $\alpha_c$  decrease.

As a consequence:

- a) the response time of thermometers to temperature changes is greater than at normal pressure;
- b) errors due to the thermal conduction between the thermometer and the chamber exterior can become important.

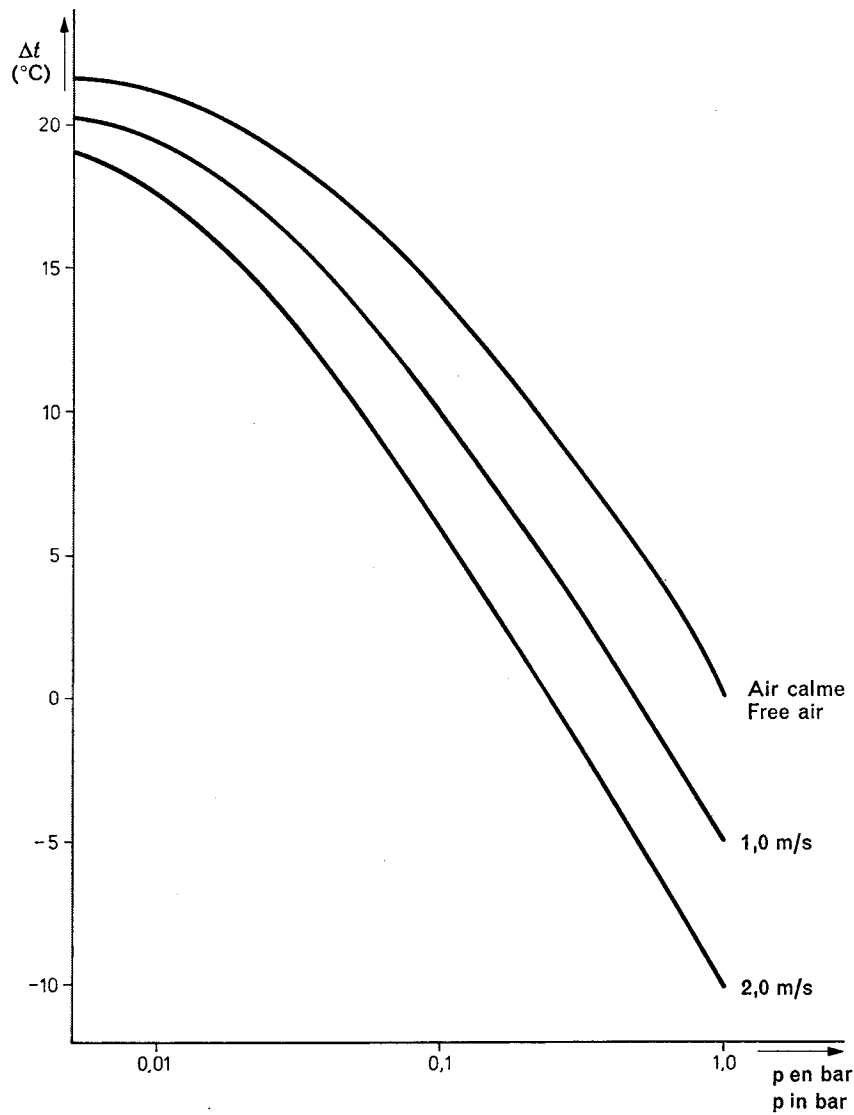
In testing of heat-dissipating specimens, there is another measurement error (caused by the reduced  $\alpha_c$  value) which may be larger at low air pressure than at normal air pressure; the thermometer can give incorrect readings if affected by energy radiated from the specimen. The use of radiation shields around the thermometer can reduce this error.

### 5.2 *Air pressure measurements*

In the pressure range under consideration, the pressure inside the chamber is generally measured with manometers connected to the working space by tubes.

In stationary conditions, such tubes do not result in significant measurement errors even for large temperature differences between manometer and working space. Errors can, however, be introduced by variations of elastic characteristics of the sensing element due to heating or cooling by the gas in the test chamber, if the manometer temperature becomes appreciably different from the calibration temperature. Short and large connecting tubes are detrimental in this respect.

A time delay in manometer indications can be introduced by long and/or small bore tubes during pressure changes.



257/76

$\Delta t$  = écart de la température de surface du spécimen (valeur moyenne) par rapport à la valeur à pression atmosphérique normale (1 bar)

$p$  = pression de l'air dans la chambre d'essai

Température de l'air: 45 °C

Emissivité: paroi de la chambre:  $\varepsilon = 1$   
surface du spécimen:  $\varepsilon = 0,7$

Surface du spécimen: 0,12 m<sup>2</sup>

Dissipation d'énergie du spécimen: 43 W

$\Delta t$  = deviation from specimen surface temperature (mean value) at normal air pressure (1 bar)

$p$  = air pressure in the test chamber

Air temperature: 45 °C

Emissivity: chamber walls:  $\varepsilon = 1$   
specimen surface:  $\varepsilon = 0.7$

Specimen surface area: 0.12 m<sup>2</sup>

Specimen heat dissipation: 43 W

Le diagramme a été établi conformément aux formules données dans McAdams « Heat Transmission » (McGraw-Hill, 1954).

The diagram has been calculated according to formulae given in McAdams "Heat Transmission" (McGraw-Hill, 1954).

FIG. 1. — Effets combinés de la pression atmosphérique et de la vitesse de l'air sur la température de surface du spécimen.

Combined effects of air pressure and air velocity on specimen surface temperature.



---

**ICS 19.040**

---

Typeset and printed by the IEC Central Office  
GENEVA, SWITZERLAND