

**EUR 2473.f**

**COMMUNAUTE EUROPEENNE DE L'ENERGIE ATOMIQUE - EURATOM**

**L'EMPLOI DES JAUGES DE DEFORMATION  
A HAUTE TEMPERATURE**

**1<sup>ère</sup> Partie : LES CIMENTS**

par

**B. LEGRAND et J. TOUX  
(SEXTA, Bagneux - France)  
P. BONNET et M. GRIN  
(EURATOM)**

1965



**Programme ORGEL**

**Centre Commun de Recherche Nucléaire**

**Etablissement d'Ispra - Italie**

**Département des Matériaux**

**Service Métallurgie et Céramique**

**Contrat Euratom N° 075-62-7 ORGF**

## AVERTISSEMENT

Le présent document a été élaboré sous les auspices de la Commission de la Communauté Européenne de l'Energie Atomique (EURATOM).

Il est précisé que la Commission d'EURATOM, ses cocontractants ou toute personne agissant en leur nom :

- 1° — Ne garantissent pas l'exactitude ou le caractère complet des informations contenues dans ce document, ni que l'utilisation d'une information, d'un équipement, d'une méthode ou d'un procédé décrit dans le présent document ne portent pas atteinte à des droits privatifs.
- 2° — N'assument aucune responsabilité pour les dommages qui pourraient résulter de l'utilisation d'informations, d'équipements, de méthodes ou procédés divulgués dans le présent document.

Ce rapport est vendu au prix de 40,— francs belges, sur demande adressée à : PRESSES ACADEMIQUES EUROPEENNES — 98, Chaussée de Charleroi, Bruxelles 6.

Le paiement se fait par versement à la :

- BANQUE DE LA SOCIETE GENERALE (Agence Ma Campagne) - Bruxelles - compte N° 964.558,
- BELGIAN AMERICAN BANK AND TRUST COMPANY - New York - compte N° 22.186,
- LLOYDS BANK (Europe) Ltd. - 10, Moorgate, London E.C.2,

en mentionnant la référence : « EUR 2473.f — L'EMPLOI DES JAUGES DE DEFORMATION A HAUTE TEMPERATURE — 1ère Partie : LES CIMENTS ».

Le présent document a été reproduit à partir de la meilleure copie disponible.

# EUR 2473.f

COMMUNAUTE EUROPEENNE DE L'ENERGIE ATOMIQUE - EURATOM

## L'EMPLOI DES JAUGES DE DEFORMATION A HAUTE TEMPERATURE

1<sup>ère</sup> Partie : LES CIMENTS

par

B. LEGRAND et J. TOUX  
(SEXTA, Bagnoux - France)  
P. BONNET et M. GRIN  
(EURATOM)

1965



Programme ORGEL

Centre Commun de Recherche Nucléaire  
Etablissement d'Ispira - Italie

Département des Matériaux  
Service Métallurgie et Céramique

Contrat Euratom N° 075-62-7 ORGF

TABLE DES MATIERES

1 - <u>INTRODUCTION</u> .....	4
1.1. But des essais .....	4
1.2. Dispositifs de mesure .....	4
1.3. Mise en oeuvre .....	10
2 - <u>MESURES</u> .....	12
2.1. Cycles de température .....	12
2.2. Cycles de déformation .....	12
3 - <u>RESULTATS</u> .....	13
3.1. Graphiques : R (isolement) = t°, DL/L .....	13
3.2. Macrophotographies des échantillons de ciment ...	14
3.3. Analyses des résultats .....	14
4 - <u>CONCLUSION</u> .....	23
5 - <u>DOCUMENTS ANNEXES</u>	
Diagrammes d'essais	
Tableau des moyennes des résistances	
Courbes moyennes	

Dans le cadre d'un contrat d'étude avec la Société  
SEXTA, l'EURATOM a entrepris une étude générale sur  
les possibilités et les limites d'emploi des jauges de  
déformation à haute température. Cette étude devrait  
comporter 3 parties :

- une étude des ciments
- une étude des jauges
- une étude du comportement sous irradiation  
des ciments et des jauges sélectionnés.

Ce rapport présente l'ensemble des résultats obtenus  
sur les ciments.

## 1 - INTRODUCTION

### 1.1. But des Essais

Il s'agissait de déterminer, parmi les différents ciments disponibles sur le marché, quels étaient les mieux appropriés à la fixation des jauges de déformation à chaud.

Nous avons retenu 2 critères de sélection pour les ciments :

- leur tenue mécanique quand ils sont soumis à des cycles de température et de contrainte.
- la valeur de leur résistance d'isolement en fonction de la température.

### 1.2. Dispositif de mesure

#### 1.2.1. Dispositif mécanique

##### - principe

Les ciments étant collés sur une lame d'isoflexion triangulaire encastree on impose à l'extrémité de la lame une flèche f connue.

La déformation subie par la lame et, par conséquent, par les ciments est :

$$\frac{dL}{L} = \frac{ef}{H^2}$$

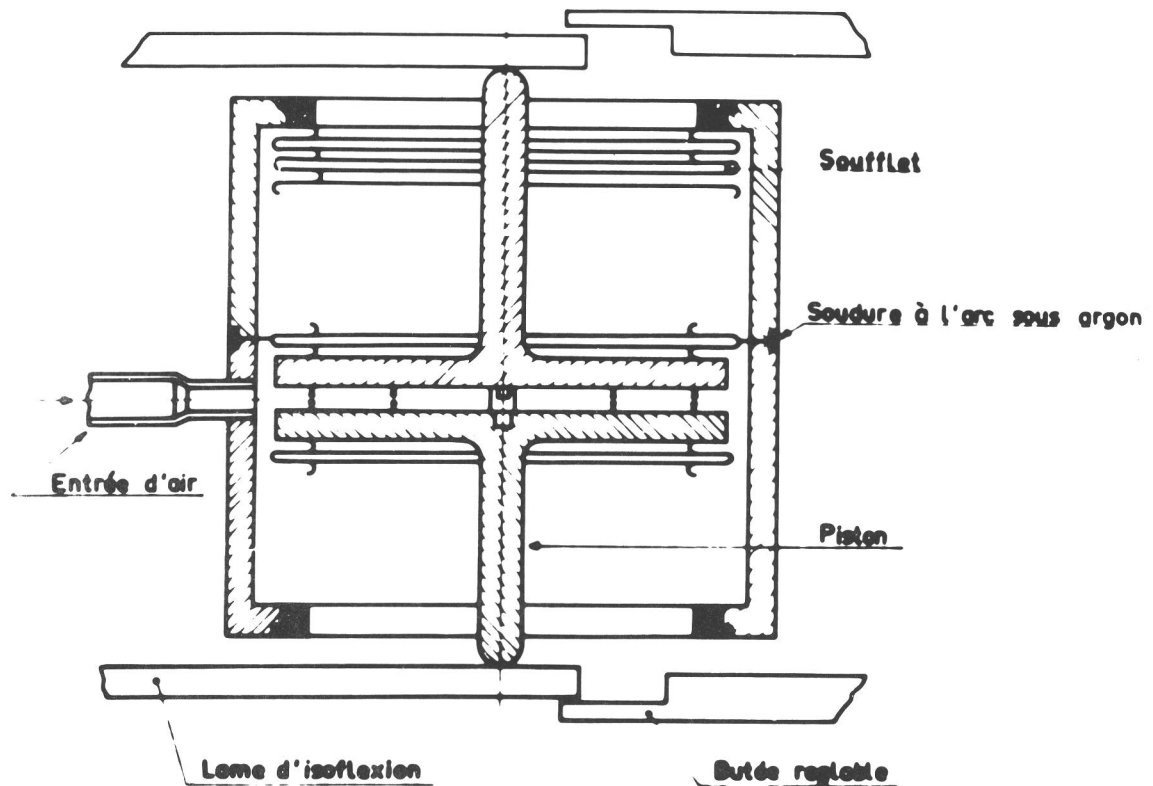
e : épaisseur de la lame

H : longueur de la lame.

Pour  $f = 5 \text{ mm}$ .  $\frac{dL}{L} = 1,5 \cdot 10^{-4}$ . Cette valeur a été choisie pour les essais.

réalisation

Le dispositif de poussée est essentiellement constitué par un cylindre contenant 2 pistons face contre face rappelés à la position repos par 2 soufflets : les queues de ces pistons sont en contact avec l'extrémité des lames supportant les ciments. L'écartement de ces deux pistons sous l'action d'une pression provoque la déformation des lames.



DISPOSITIF DE POUSSEE

Fig. 1

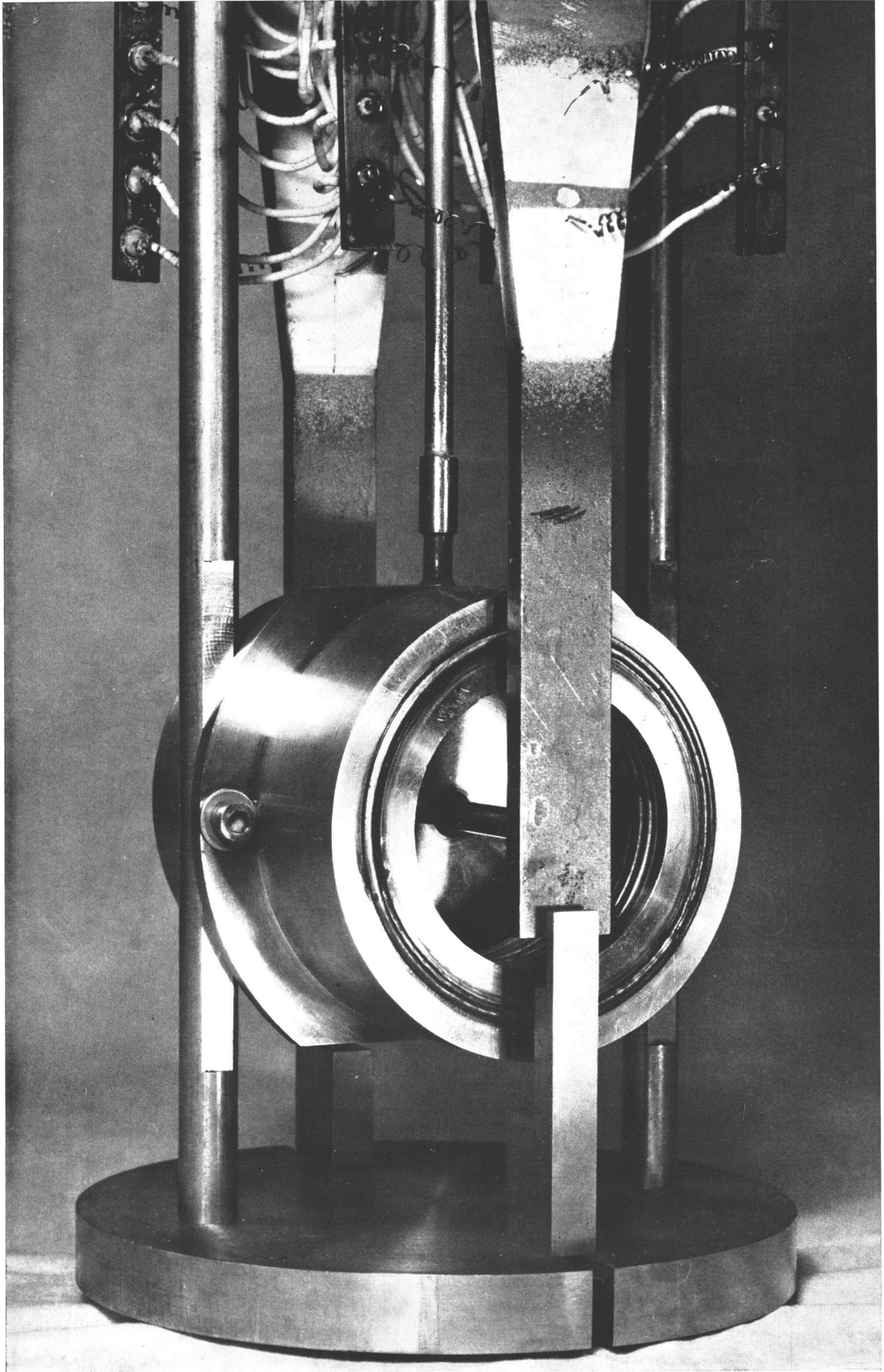


PHOTO I  
Dispositif de poussée



La valeur de la flèche ainsi imposée aux lames est contrôlée par 2 butées mécaniques réglables.  
L'ensemble lames et dispositif de poussée est monté sur un berceau rigide (voir photos I et II).

### 1.2.2. Equipement de mesure

L'équipement électronique permet d'effectuer deux groupes de mesures :

- 1 - Mesure des résistances d'isolement des ciments
- 2 - Mesures sur jauges =  $\frac{d R}{R}$ , K, dérive du zéro.

Cet équipement comporte un bloc central de commutation et 5 blocs à 10 ponts de mesure avec équilibrage.  
Ces mesures sont enregistrées sur un enregistreur A O I P, type P E 2520 à 6 voies qui sont distribuées de la façon suivante :

Piste	1	} Mesure des résistances d'isolement avec 4 sensibilités étagées (10 Kohms, 100 Kohms, 1 Mohm, 10 Mohms).
"	2	
"	3	
"	4	
Piste	5	Repérage du bloc 10 voies en cours d'analyse
Piste	6	Mesure de température à partir d'un thermocouple.

Après analyse d'un ciment suivant les 4 sensibilités ci-dessus l'enregistreur délivre un top qui fait avancer d'un cran le sélecteur central, ce qui permet d'analyser un nouveau ciment.

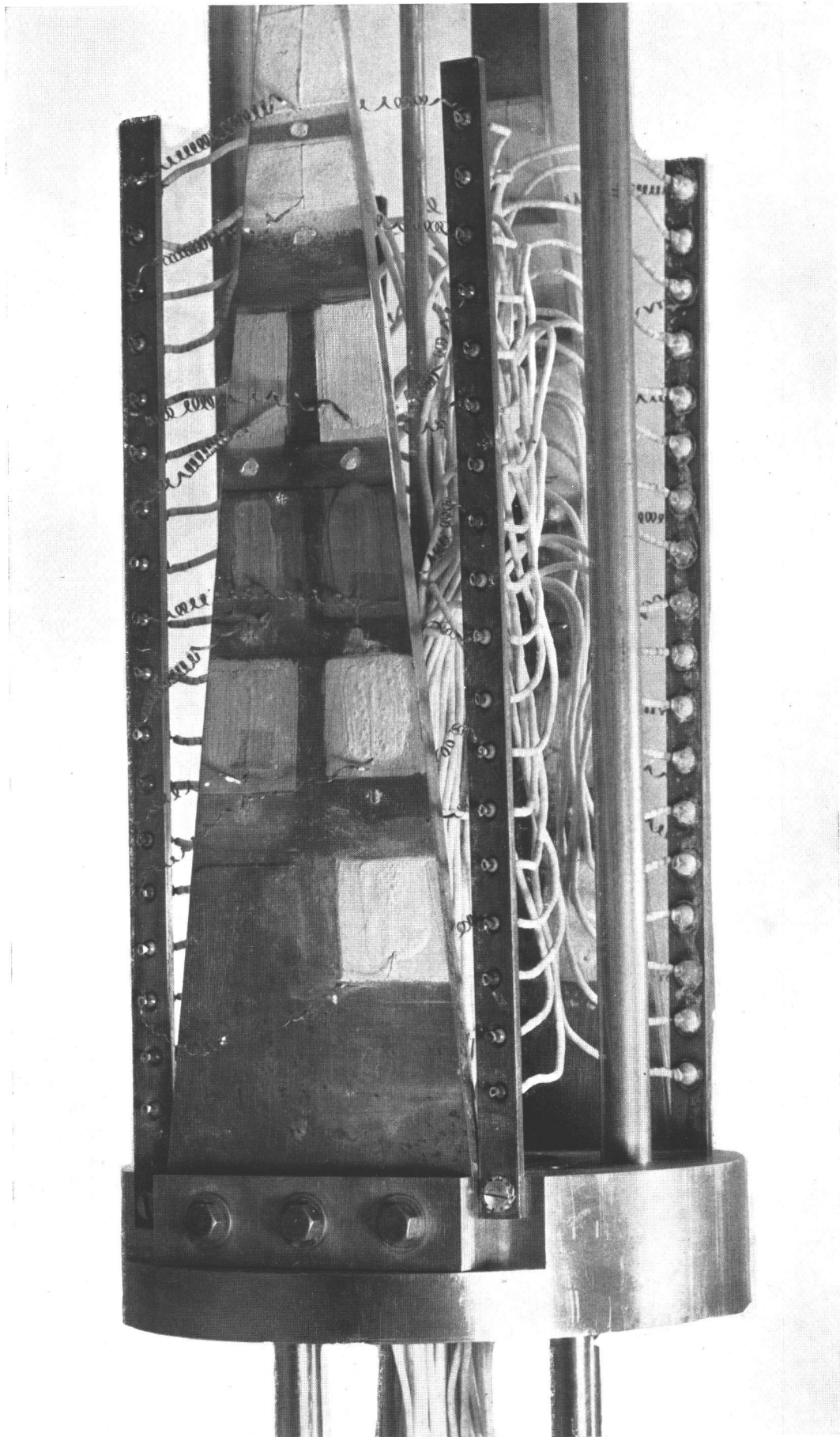


PHOTO II

Les ciments en place avec les rubans de Ni — Cr permettant d'effectuer les mesures d'isolement.

Pour la mesure d'isolement d'un ciment, une commutation appropriée coupe l'alimentation des ponts ainsi que leur diagonale mesure. On obtient alors le montage suivant :

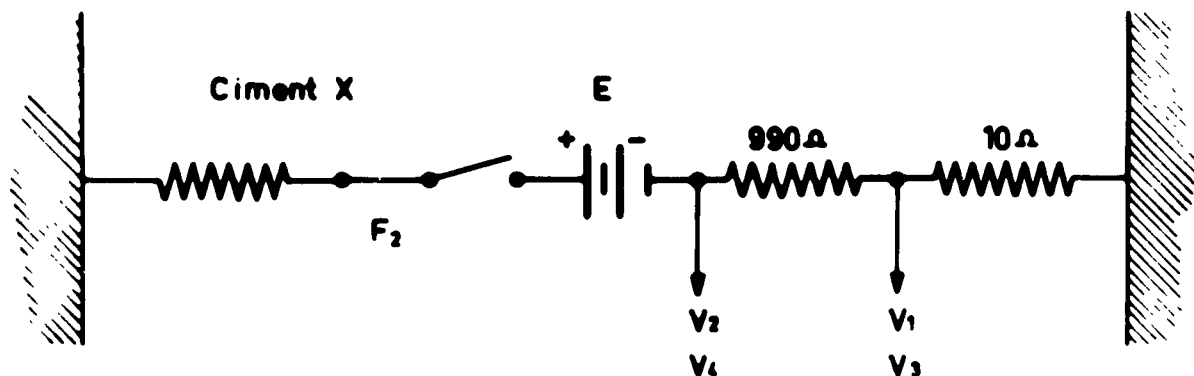


Fig. 2

Une pile E est branchée en série avec la résistance d'isolement X du ciment et une résistance r connue aux bornes de laquelle on mesure la tension e. On a la relation suivante :

$$e = E \frac{r}{r + X}$$

r étant négligeable devant X on peut écrire :

$$e = E \frac{r}{X}$$

La résistance d'isolement X est mesurée entre un échantillon de Ni-Cr noyé dans le ciment et la structure métallique sur laquelle celui-ci est collé.

L'équipement comporte un programmeur à came qui commande automatiquement les cycles de mesure (un par demi-heure) et de chauffage et refroidissement des fours (deux par jour).

### 1.3. Mise en oeuvre

13 ciments ont été sélectionnés en vue d'effectuer les essais de température.

- Sur les 13 ciments sélectionnés, neuf ciments ont été retenus pour les essais;
- les 4 autres n'ont donné aucun résultat satisfaisant en fonction des critères suivants :
  - adhérence
  - dureté
  - homogénéité
  - état de surface.

#### Ciments retenus

- 1) ROCKIDE "Alumine"
- 2) ROCKIDE "Zircon"
- 3) BRIMOR U 529
- 4) BRIMOR U 527
- 5) ALLEN A L P B x
- 6) ALLEN A L P 1
- 7) BUDD TatnallH
- 8) ECCOCERAM C S
- 9) Société Française de Céramique

#### Ciments médiocres ou mauvais

N B S X 142 A  
ECCOCERAM S M 25  
ECCOCERAM Q C  
ECCOCERAM 21.

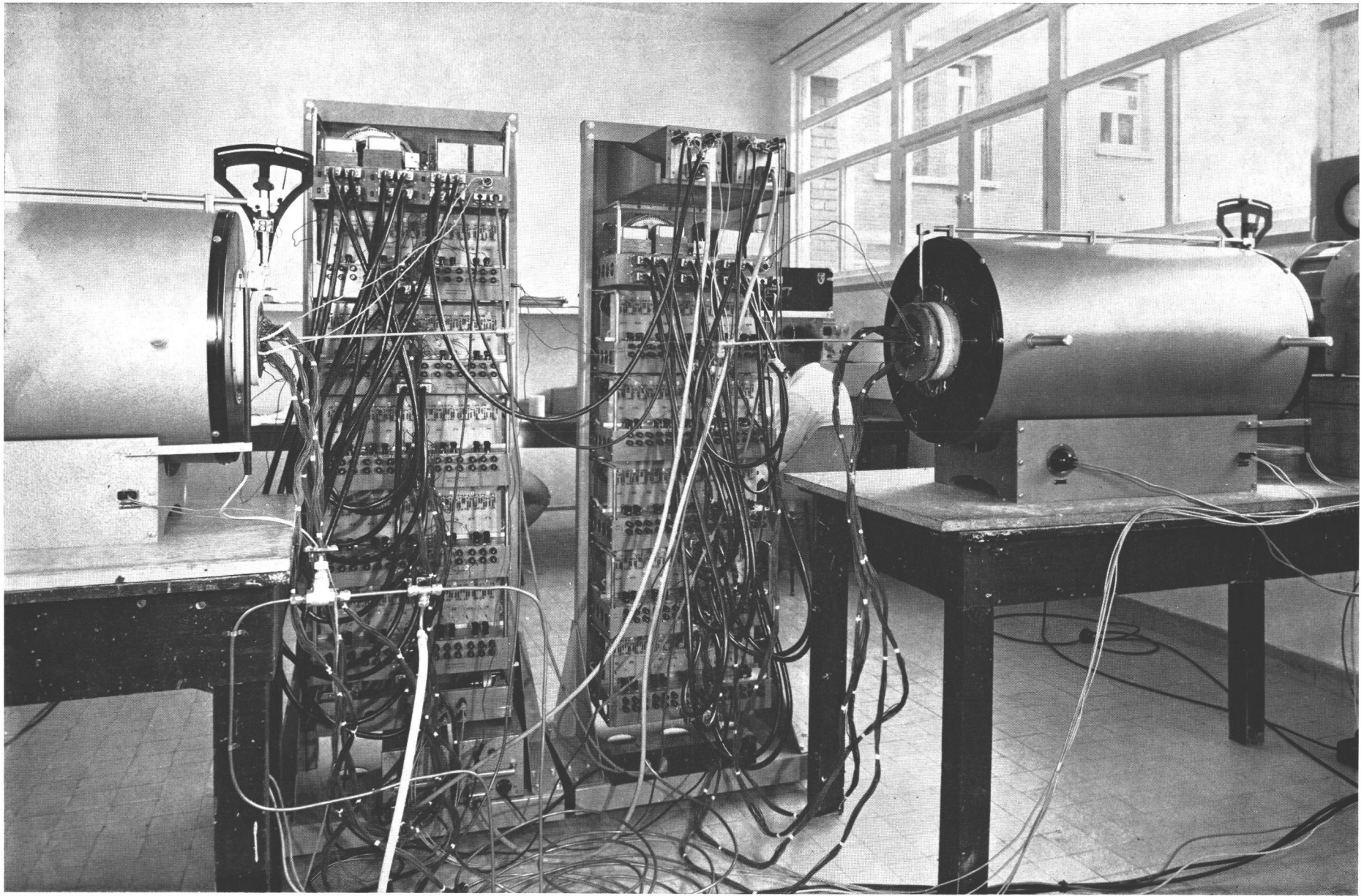


PHOTO III  
Vue d'ensemble des fours et des équipements de mesure

On a appliqué ces 9 ciments sur chaque face des lames.  
Soient 72 échantillons au total.  
Chaque ciment travaille en extension et en compression et est soumis aux deux essais ci-après. (cycles température et de déformation).

## 2 - MESURES

### 2.1. Cycles de température

Deux types de cycles en température sont effectués :

2.1.1. Un porte-lames est soumis à des variations lentes et progressives de température.

La température maximale de 600°C appliquée aux échantillons de ciment, est atteinte à la fin du premier essai (voir en annexe Fig. 3, diagramme 1er essai).

2.1.2. Le second porte-lames subit une montée brutale en température : accroissement de l'ambiant à la température maximale de 600°C (voir en annexe Fig. 3, diagramme 2e essai).  
On pourra ainsi observer les réactions différentielles des résistances d'isolement des ciments en fonction des températures.

### 2.2. Cycles de déformation

Parallèlement aux cycles thermiques, on applique aux lames d'isoflexion une déformation. Chacun des échantillons étant appliqué sur les deux faces d'une lame, il travaille en extension et en compression. Il est rappelé qu'un dispositif pneumatique permet d'appliquer aux lames d'isoflexion une déformation relative de  $1,5 \cdot 10^{-4}$ .

NOTE : Un enregistrement automatique des résistances d'isolement des ciments, au cours d'un cycle, est effectué toutes les 30 minutes.

Le premier enregistrement s'effectue à la température ambiante, le dernier en fin de cycle après refroidissement rapide du four.

Cette méthode permet d'explorer à tous les instants les caractéristiques d'un ciment, en particulier de déterminer sa température maxima d'utilisation.

### 3 - RESULTATS

#### 3.1. Graphiques : R (isolement) = f (t°, $\frac{d L}{L}$ )

Les mesures effectuées sur chaque échantillon de ciment, sont portées sur des feuilles de relevé journalier, celles-ci permettant l'établissement d'un relevé global des résultats sous forme de graphique.

On représente les variations dans le temps des résistances d'isolement, en fonction des températures et des déformations appliquées aux ciments.

Pour des commodités évidentes de représentation graphique des résistances d'isolement, on utilise une échelle logarithmique : à 25°C les résistances étant de l'ordre de plusieurs centaines de Mégohms, à 600°C de quelques dizaines de Kilohms.

### 3.2. Macrophotographies des échantillons

Deux séries de macrophotographies des échantillons de ciment ont été prises.

La première série a été effectuée après collage des ciments, la seconde série après que les échantillons aient subi les essais.

Ce procédé permet une excellente observation de la tenue mécanique des ciments.

### 3.3. Analyses des résultats

L'examen détaillé des feuilles de relevé global a permis de tirer des conclusions générales sur les propriétés de chaque type de ciment analysé.

La comparaison des huit échantillons appartenant au même ciment a prouvé qu'il était possible d'établir une moyenne des résultats.

En effet, le comportement d'un de ces échantillons, ne diffère des autres que dans le cas d'une erreur de manipulation.

Si on observe une variation anormale de la résistance d'isolement d'un échantillon, celle-ci est généralement imputable à un décollement même partiel de l'élément métallique noyé dans le ciment. Le cas de mise à la masse de l'échantillon métallique est également possible lors de la détérioration du ciment.

Voir ci-joint le tableau des moyennes des résistances d'isolement établi pour les 9 types de ciments étudiés.

Pour une analyse quantitative pratique des résistances d'isolement, on a représenté graphiquement les variations de celles-ci en fonction des cycles de température qui leur sont infligés.



On a différencié le cas où l'on applique une déformation aux échantillons, de celui où ils sont soumis seulement à des effets thermiques.

Voir ci-joint les courbes "MOYENNES".

### 3.3.1. Influence de la Température (dL/L = 0)

#### 3.3.1.1. $t^{\circ} = 25^{\circ} \text{ C}$

Six ciments ont une résistance d'isolement de 500 Mégohms.

- 1 - Rockide Alumine
- 2 - Rockide Zircon
- 3 - Brimor U 52 9
- 4 - Brimor U 52 7
- 5 - Allen A L P 1
- 6 - Allen A L P B x

Deux ciments ont une valeur d'isolement de 200 Mohms.

- 7 - Eccoceram C S
- 8 - Budd Tatnall H

Le ciment N° 9 de la Société Française de Céramique a une résistance de 100 Mohms.

A =  $200^{\circ} \text{ C}$ . Tous les ciments voient leur isolement osciller entre les valeurs de 200 et de 300 Mohms, sauf le ciment n° 7. (Eccoceram CS) dont  $R = 90$  Mégohms et le N° 9 (Sté Française de Céramique) pour lequel  $R = 2,5$  Mohms seulement.

3.3.1.2.  $t^{\circ} = 260^{\circ} \text{ C}$  on constate :

Rockide Zircone	(2)	R = 250	Mégohms
Allen ALPBx	(6)	R = 250	"
Rockide Alumine	(1)	R = 200	"
Allen ALP1	(5)	R = 200	"
Budd Tatnall H	(8)	R = 150	"
Brimor U527	(4)	R = 100	"
Eccoceram CS	(7)	R = 70	"
Brimor U529	(3)	R = 50	"

Chute encore plus brutale du ciment de la Société Française de Céramique (9) :  $5 = 700$  Kilohms. Par conséquent dans l'intervalle compris entre les températures de  $25^{\circ} \text{ C}$  et  $260^{\circ} \text{ C}$ , la baisse observée sur les résistances d'isolement, est relativement faible. (après ces différents échauffements, les ciments ont perdu toute trace d'humidité).

3.3.1.3. A  $380^{\circ} \text{ C}$  les résistances d'isolement sont comprises entre 40 et 5 Mégohms.

N° 5	Allen ALP1	R = 45	Mégohms
N° 1	Rockide Alumine	R = 40	"
N° 8	Budd Tatnall H	R = 40	"
N° 6	Allen ALPBx	R = 30	"
N° 7	Eccoceram CS	R = 30	"
N° 2	Rockide Zircone	R = 27	"
N° 3	Brimor U529	R = 7,5	"
N° 4	Brimor U527	R = 5	"

Le N° 9 Sté Française de Céramique titre : 200 Kilohms.

La température ci-dessus est critique pour la majorité des ciments.

3.3.1.4. Car à  $t^{\circ} = 460^{\circ} \text{ C}$  leur isolement chute d'une façon importante sauf pour le Rockide Alumine qui conserve une valeur de 10 Mégohms.

Les sept autres types de ciments analysés ayant des résistances comprises entre 2 mégohms et 500 Kilohms. L'Allen ALP1 (N° 5) a l'indice le plus élevé (2 Mégohms), le Brimor U527, l'indice le plus faible (500 Kilohms).

Le ciment de la Sté Française de Céramique voit sa résistance décroître à nouveau jusqu'à 50 Kilohms. Cette température peut donc être considérée comme une température limite d'utilisation de tous ces ciments destinés à coller des jauges.

En effet pour une précision du  $\frac{dR}{R}$  de  $1. 10^{-6}$ , l'isolement doit être au moins égal à 100 Mégohms:

$$\frac{d R}{R} = \frac{R j}{R i} = 1. 10^{-6}$$

$R j = 100 \text{ ohms}$  ( résistance jauge )

$R i = 10^6 \cdot R j = 100. 10^6 \text{ ohms} = 100 \text{ Mégohms}.$

Pour une résistance d'isolement de 1 Mégohm, la précision du  $\frac{d R}{R}$  est de  $1. 10^{-4}$ , seule précision que l'on puisse obtenir à cette température,  $t^{\circ} = 460^{\circ} \text{ C}$ .

Avec le Rockide Alumine dont la résistance est de 10 Mégohms, la précision du  $\frac{d R}{R}$  est de  $1. 10^{-5}$ , donc la meilleure.

3.3.1.5. A  $t^{\circ} = 600^{\circ} \text{C}$  tous les ciments ont une résistance d'isolement inférieure ou, au plus, égale à 30 Kiloohms; ils sont donc inutilisables à cette température, les mesures faites sur des jauges n'auraient plus aucun sens. Lorsque l'on superpose des déformations aux cycles de température, on observe les mêmes variations de résistance d'isolement pour chacun des ciments. Ces résistances se trouvent d'une manière générale diminuées, parfois augmentées, ceci s'explique par un décollement des échantillons de ciment de la structure sur laquelle ils sont fixés.

Les ciments ayant subi des accroissements brutaux de température (  $t^{\circ} = 600^{\circ} \text{C}$  ) ont des isolements très faibles ne dépassant jamais 30 Kiloohms.

Il est rappelé que parallèlement à ces cycles de température, une déformation permanente leur était appliquée. La même déformation à température ambiante ne provoque pas de variation sensible d'isolement, celle-ci oscille entre 100 et 500 Mégohms.

### 3.3.2. Tenue mécanique

L'examen des macrophotographies des échantillons de ciment, avant et après que les cycles d'étude leur soient appliqués, a permis de tirer les conclusions suivantes :

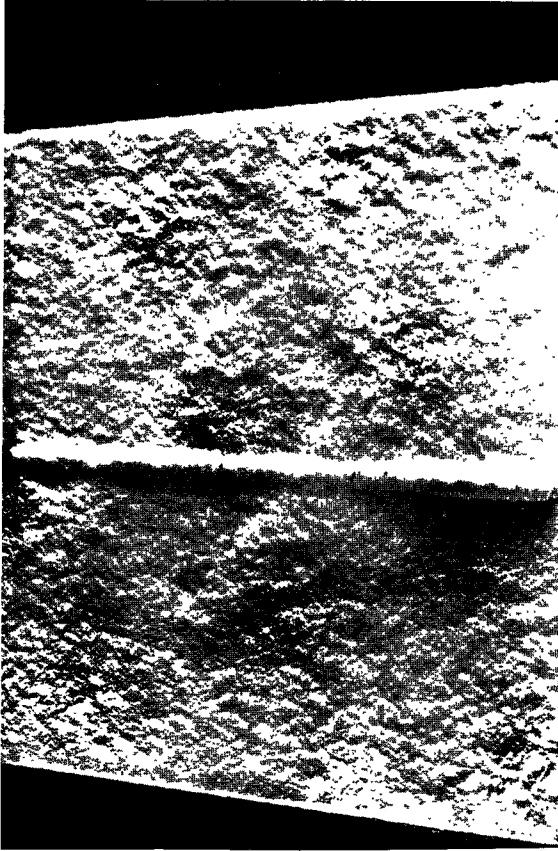


Photo IV — Rockide Alumine Avant

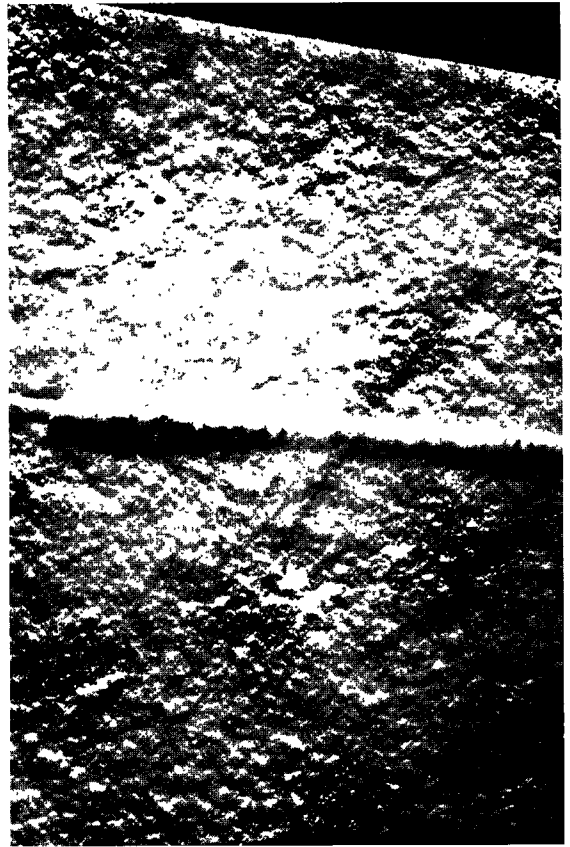


Photo V — Rockide Alumine Après

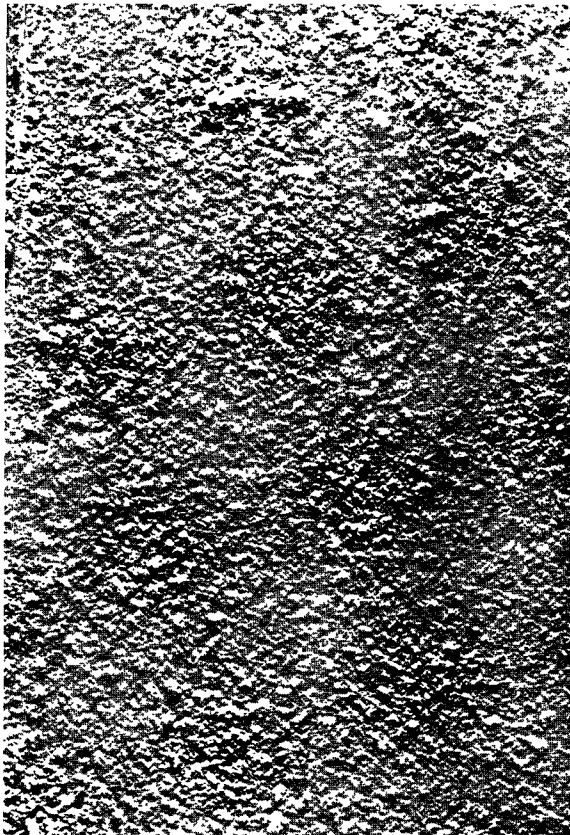


Photo VI — Brimor U 529 Avant



Photo VII — Brimor U 529 Après

3.3.2.1. Rockide Alumine (Photos IV et V)

Etat de surface sans changement. Aucun ruban de métal noyé dans ce ciment ne s'est décollé, son arrachement est impossible.

La destruction de ce ciment ne peut s'opérer que par choc ou par un sablage de la pièce sur laquelle il a été projeté.

3.3.2.2. Rockide Zircone

Mêmes observations que pour le Rockide Alumine, le procédé ne diffère que par la nature de l'oxyde projeté.

3.3.2.3. Brimor U529 (Photos VI et VII)

Deux rubans de Ni-Cr se sont décollés de leurs ciments respectifs, ceci dans le cas du 2ème essai (montée brutale à la température de 600° C).

L'état de surface des autres échantillons est exempt de toute fissure.

3.3.2.4. Brimor U527

Deux rubans métalliques se sont décollés pour les échantillons subissant le 2ème essai.

Deux ciments se sont fissurés dans le cadre de cet essai. Les échantillons soumis à des montées graduelles en température (1er essai) n'ont subi aucune détérioration.

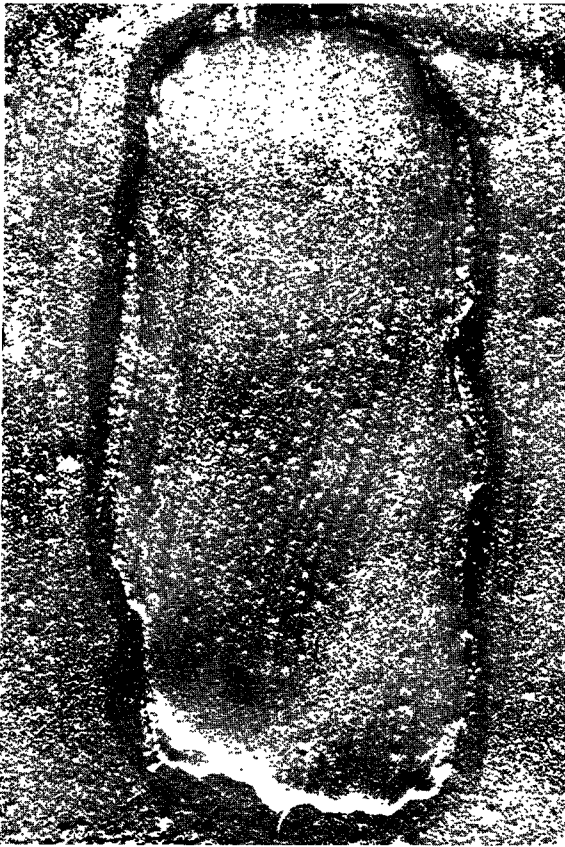


Photo VIII — Allen A L P 1 Avant



Photo IX — A L P 1 Après

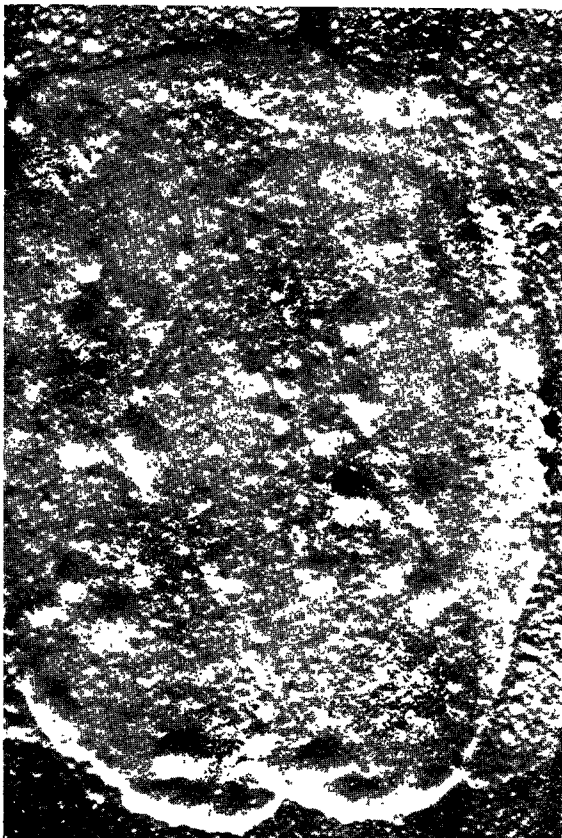


Photo X — Budd Tatnall H Avant



Photo XI — Budd Tatnall H Après

3.3.2.5. Allen AL P1 (Photos VIII et IX)

Excellent état de surface observé au cours des deux essais, aucun ruban métallique ne s'est décollé.

3.3.2.6. Allen AL PBx

Au cours du 1er essai deux rubans métalliques se sont décollés. L'aspect général de ce ciment est bon, mais l'on observe une certaine porosité de la couche isolante.

3.3.2.7. Eccoceram CS

La surface de la couche de recouvrement a un aspect très granuleux et boursouflé par endroit. Un échantillon s'est décollé dans chacun des deux essais effectués.

3.3.2.8. Budd Tatnall H (Photos X et XI)

Ce ciment présente également sur ses couches de recouvrement des boursouflures.

Un ruban métallique s'est en partie décollé dans chacun des deux essais.

3.3.2.9. Société Française de Céramique

Aucun échantillon de ciment n'est resté intact après l'application des cycles.

Les rubans métalliques se sont décollés, les ciments sont fissurés ou détruits.



#### 4 - CONCLUSIONS

Le principal critère de choix des ciments analysés ci-dessus étant la valeur de leur résistance d'isolement, nous pouvons déduire que seuls :

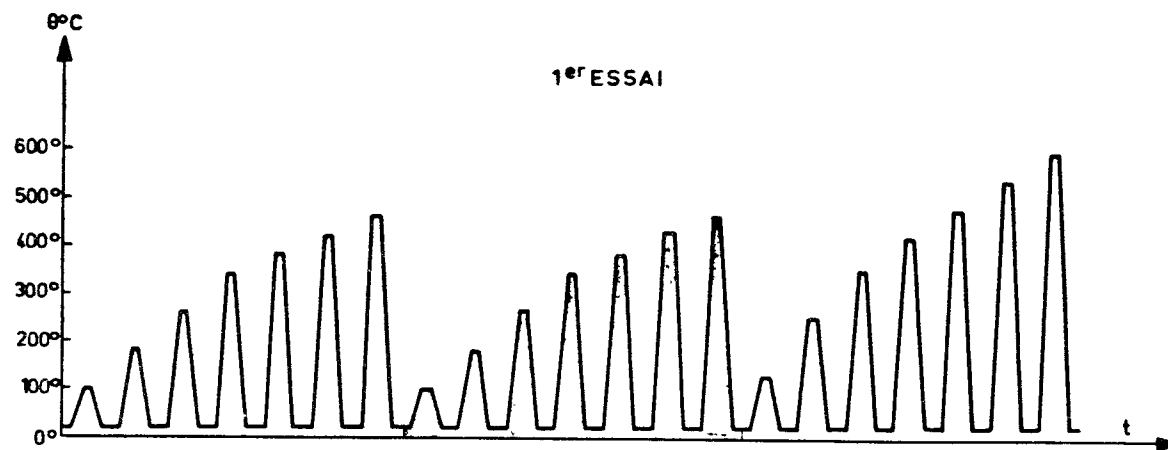
- le ROCKIDE Alumine
- le BRIMOR U 529
- l'ALLEN AL P1

peuvent être retenus. A 460° C, avec ou sans déformation, leur résistance d'isolement est supérieure ou égale à 1 Mégohm et ce sont donc les seuls, parmi les ciments examinés, permettant d'obtenir avec des jauges de déformation, une précision au moins égale à  $1 \cdot 10^{-4}$  à cette température.

#### Le Procédé ROCKIDE

L'attrait principal de ce procédé tient à la rapidité de mise en oeuvre et au fait qu'il n'est pas nécessaire d'effectuer des traitements thermiques ainsi qu'il est d'usage avec les ciments conventionnels, de plus les qualités mécaniques du produit sont indéniables. Par contre l'application du ROCKIDE nécessite une installation coûteuse et encombrante et il est peu aisé de faire une projection d'oxyde sur des surfaces difficiles d'accès. D'après le constructeur, le ROCKIDE Alumine permet d'atteindre des températures de 2000° C sans modification de structure : de plus ce ciment ne devrait pas perdre ses qualités d'isolant électrique à 600° C, la limitation observée lors de nos essais proviendrait de la présence d'oxyde de fer dans l'alumine; cet oxyde pourrait être éliminé après une étude spéciale du fabricant.

De fait la Société NORTON Anglaise dispose de baguettes en alumine frittée, type Rockide A5 contenant 4 % d'oxyde de chrome et présentant, paraît-il, des caractéristiques d'isolement supérieures à celles du Rockide Alumine étudié; d'autre part, la Société BALDWIN vient de lancer sur le marché des baguettes Alumine Rockide BLH H spécialement étudiées pour la fixation des jauges de déformation et présentant des caractéristiques d'isolement spécialement élevées ( supérieures à 1 Mégohm à 700° C ).



Cycles ombragés : application d'une deformation relative  $\frac{\Delta l}{l} = 1,5 \cdot 10^{-4}$

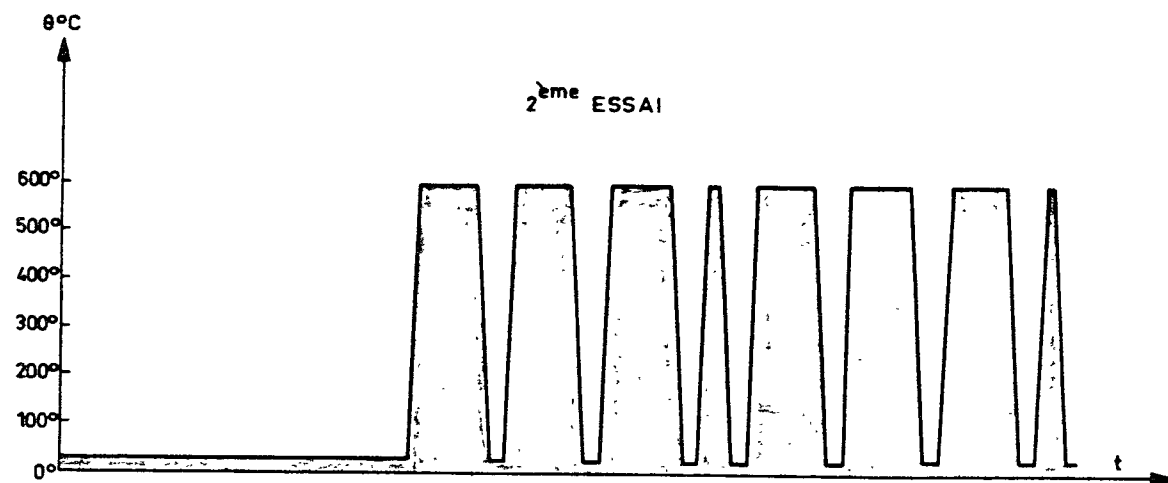
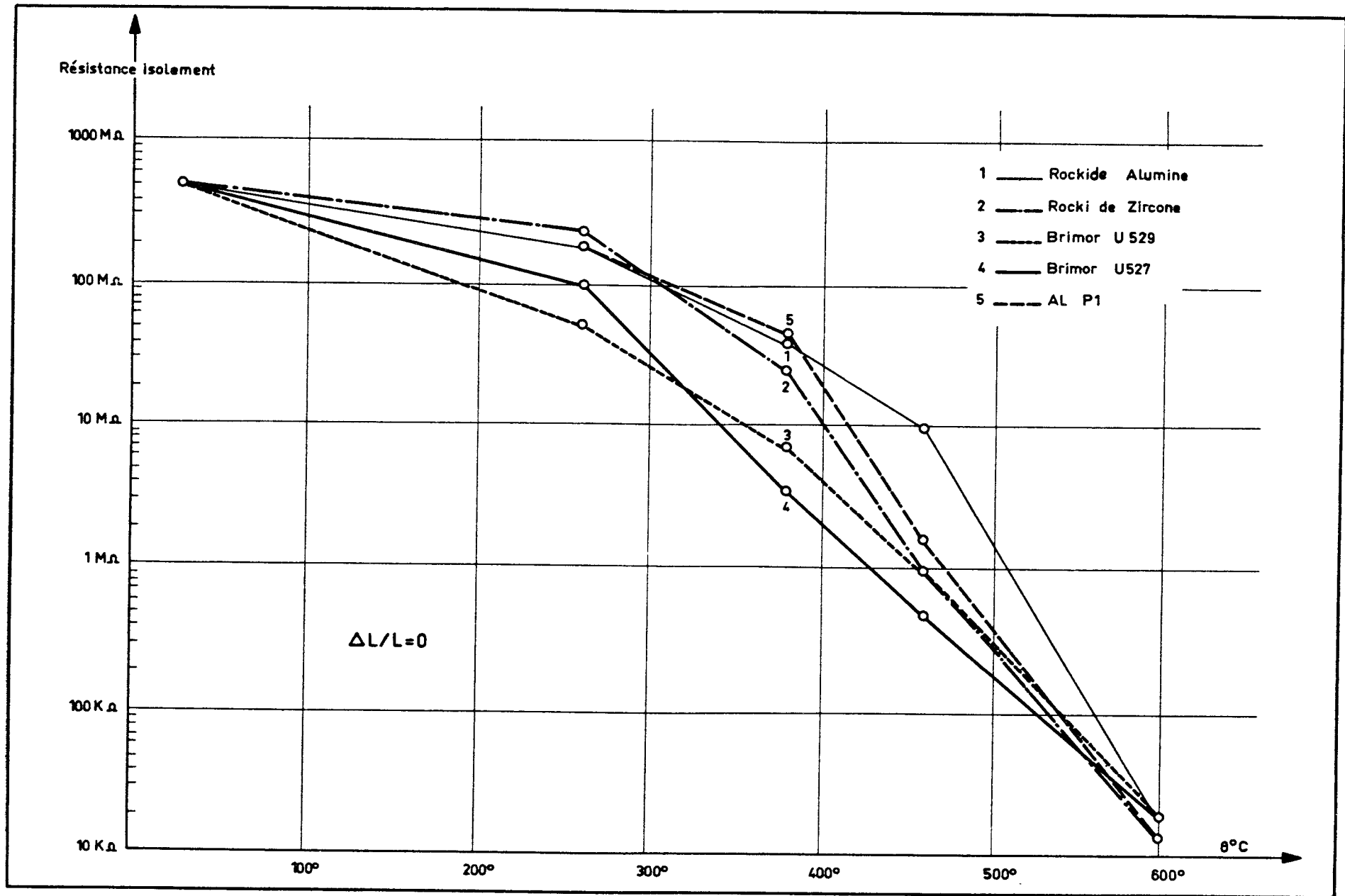


Fig. n° 3

Tempé- ratures	MOYENNE DES RESISTANCES D'ISOLEMENT DES CIMENTS HT									
	$\Delta L/L=0$	Rockide A	Rockide Z	Brimor U529	Brimor U 527	Allen AL P1	Allen AL PBX	Eccoceram CS	Budd Tatnoll H	S <sup>ts</sup> Française de ceramique
25°		500M $\Omega$	500M $\Omega$	500M $\Omega$	500M $\Omega$	500M $\Omega$	500M $\Omega$	200M $\Omega$	200M $\Omega$	100M $\Omega$
260°		200M $\Omega$	250M $\Omega$	50 M $\Omega$	100M $\Omega$	200M $\Omega$	250M $\Omega$	70M $\Omega$	170M $\Omega$	700 K $\Omega$
380°		40M $\Omega$	27M $\Omega$	7,5 M $\Omega$	5M $\Omega$	45M $\Omega$	30M $\Omega$	30M $\Omega$	40M $\Omega$	200K $\Omega$
460°		10M $\Omega$	1M $\Omega$	1M $\Omega$	500K $\Omega$	2M $\Omega$	1M $\Omega$	700K $\Omega$	1,5M $\Omega$	50K $\Omega$
600°		20 K $\Omega$	15 K $\Omega$	20K $\Omega$	20K $\Omega$	15 K $\Omega$	30K $\Omega$	30 K $\Omega$	20K $\Omega$	10K $\Omega$
$\Delta L/L=\max.$										
25°		500M $\Omega$	500M $\Omega$	200M $\Omega$	500M $\Omega$	200M $\Omega$	200M $\Omega$	200M $\Omega$	150M $\Omega$	100M $\Omega$
260°		70M $\Omega$	50M $\Omega$	50M $\Omega$	300M $\Omega$	70M $\Omega$	70M $\Omega$	60M $\Omega$	100M $\Omega$	40 K $\Omega$
380°		48M $\Omega$	15M $\Omega$	10M $\Omega$	4 M $\Omega$	30M $\Omega$	25 M $\Omega$	1,5 M $\Omega$	2 M $\Omega$	100K $\Omega$
460°		40M $\Omega$	400K $\Omega$	1M $\Omega$	100K $\Omega$	1M $\Omega$	800K $\Omega$	500K $\Omega$	300K $\Omega$	45 K $\Omega$
600°		20K $\Omega$	20 K $\Omega$	20K $\Omega$	30 K $\Omega$	30K $\Omega$	25K $\Omega$	10K $\Omega$	20K $\Omega$	10K $\Omega$



Résistance isolement

1000 M $\Omega$

100 M $\Omega$

10 M $\Omega$

1 M $\Omega$

100 K $\Omega$

10 K $\Omega$

100°

200°

300°

400°

500°

600°

° C

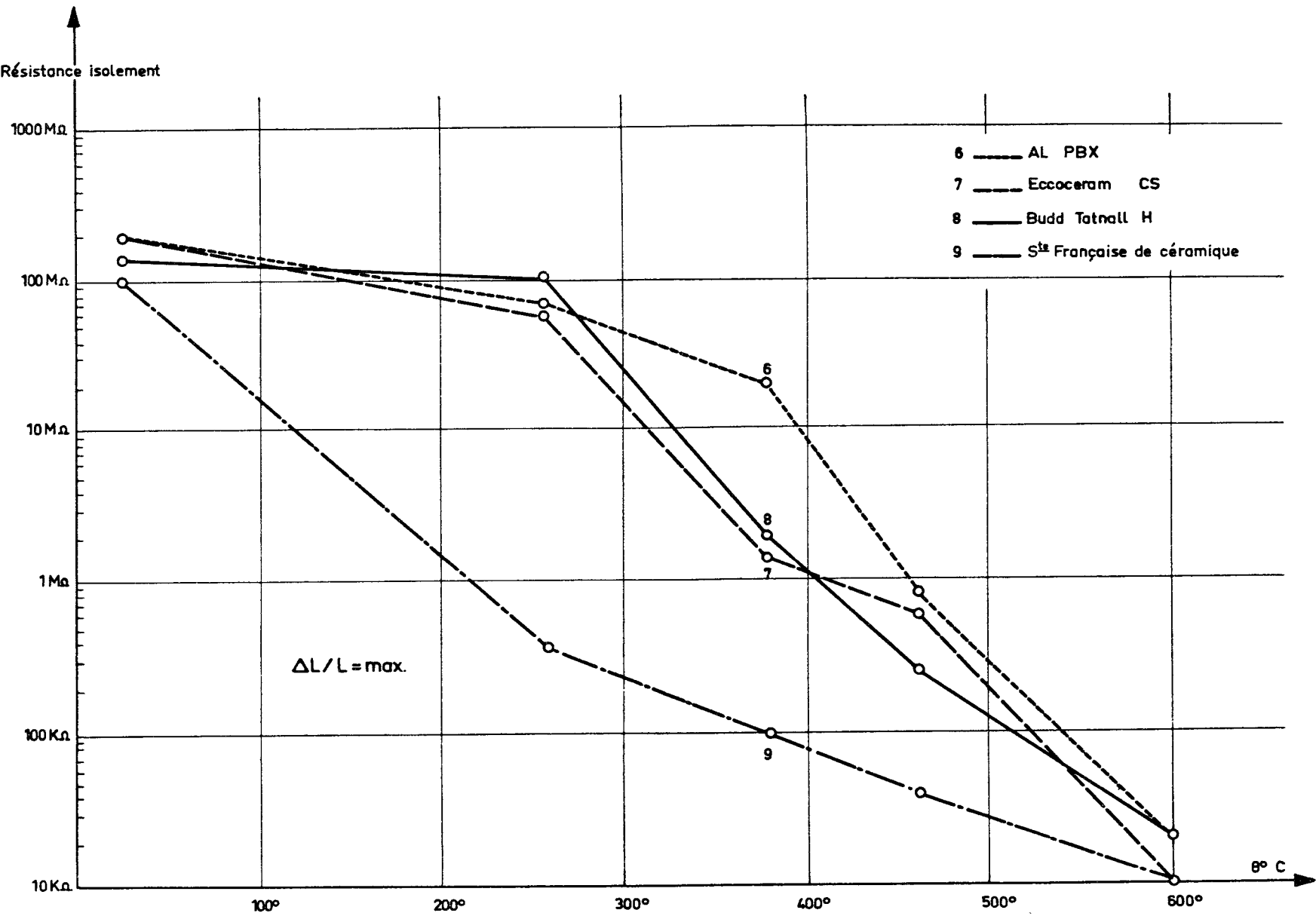
6 — AL PBX

7 — Eccoceram CS

8 — Budd Tatnall H

9 — S<sup>te</sup> Française de céramique

$\Delta L/L = \max.$



Résistance isolement

1000 M $\Omega$

100 M $\Omega$

10 M $\Omega$

1 M $\Omega$

100 K $\Omega$

10 K $\Omega$

100°

200°

300°

400°

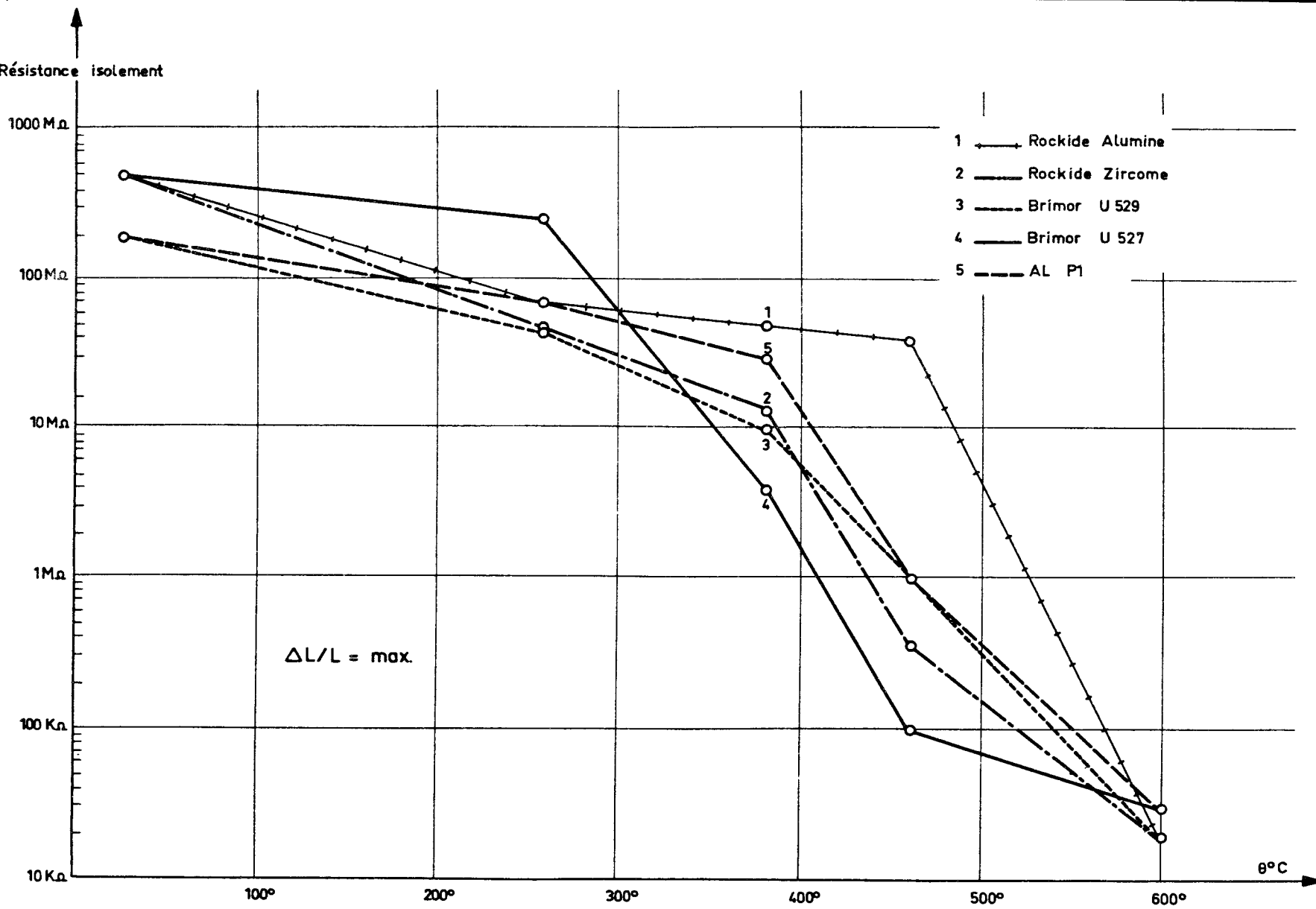
500°

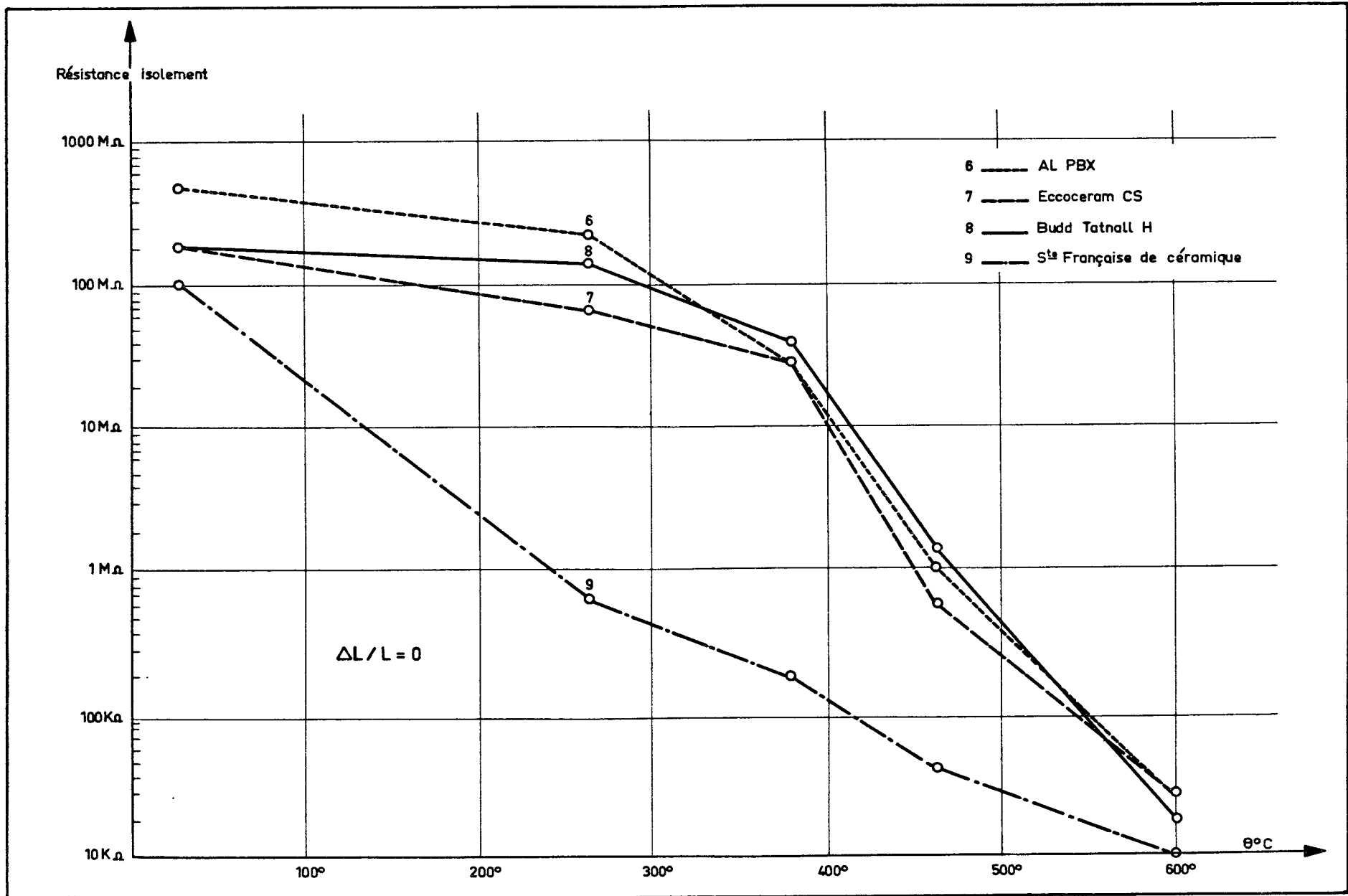
600°

$\theta^{\circ}\text{C}$

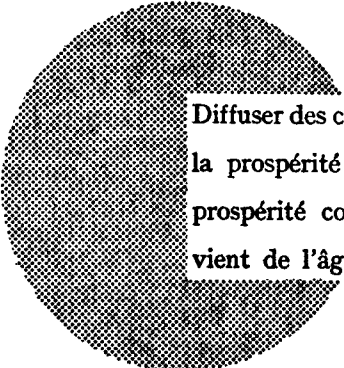
- 1  $\leftarrow$  Rockide Alumine
- 2  $\leftarrow$  Rockide Zircome
- 3  $\leftarrow$  Brimor U 529
- 4  $\leftarrow$  Brimor U 527
- 5  $\leftarrow$  AL P1

$\Delta L/L = \text{max.}$









Diffuser des connaissances c'est distribuer de la prospérité — j'entends la prospérité collective et non la richesse individuelle — et cette prospérité contribue largement à la disparition du mal qui nous vient de l'âge des ténèbres.

Alfred Nobel

EURATOM — C.I.D.  
51 - 53, rue Belliard  
Bruxelles (Belgique)