

<p style="text-align: center;">BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR EUROPLASTIC</p>

SCIENCES PHYSIQUES APPLIQUEES

Durée 3 heures

coefficient 3,5

La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront pour une part importante dans l'appréciation des copies.

Il est conseillé, pour chaque exercice, de lire attentivement l'ensemble du sujet avant de commencer sa résolution.

Matériel autorisé :

Calculatrice conformément à la circulaire n°99-186 du 16/11/1999

Sont autorisées toutes les calculatrices de poche, y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimantes.

Le candidat n'utilise qu'une seule machine sur la table. Toutefois, si celle-ci vient à connaître une défaillance, il peut la remplacer par une autre.

Afin de prévenir les risques de fraude, sont interdits les échanges de machines entre les candidats, la consultation des notices fournies par les constructeurs ainsi que les échanges d'informations par l'intermédiaire des fonctions de transmission des calculatrices.

Tout autre matériel est interdit

*Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte 9 pages numérotées de 1/9 à 9/9.*

Document à rendre avec la copie :
Annexe 1.....page 8/9

2 feuilles de papier millimétré seront distribuées avec la copie.

PARTIE CHIMIE (40 POINTS)

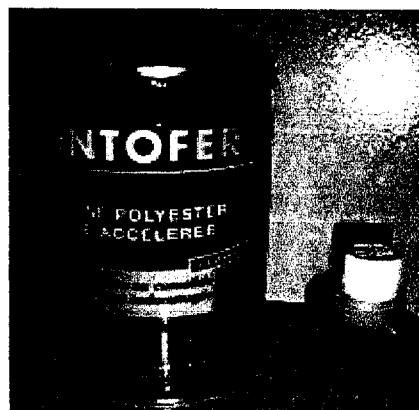
EXERCICE N° 1 : Étude d'une résine polyester, la résine Sintofer® (24 points)

Les trois parties de l'exercice sont indépendantes

On trouve dans les magasins de bricolage (figure 1), une résine commercialisée sous la marque Sintofer®. Ce produit est destiné à réparer ou à consolider les surfaces endommagées comme une carrosserie, une coque de bateau, un carénage de scooter, un pare choc...

Le kit Sintofer® se compose d'un récipient métallique, noté A, contenant un liquide assez visqueux et d'un petit flacon plastique, noté B, contenant un liquide transparent. Le mélange des deux liquides prend en masse en quelques heures et devient finalement très dur.

Figure 1 : le kit SINTOFER®



Réceptient A

Flacon B

A. Étude du produit obtenu

Le flacon A contient une solution de polyester dans du styrène. Ce polyester est insaturé, il est obtenu par polymérisation par condensation de l'acide butènedioïque de formule brute $C_4H_4O_4$ et l'éthane-1,2-diol.

1. Écrire la formule semi-développée de chacun des monomères cités.
2. Entourer dans ces formules les groupes oxygénés caractéristiques et donner leurs noms.
3. Écrire la formule semi-développée du motif du polyester obtenu.
4. Justifier l'appellation « insaturé » pour ce polymère.
5. Donner la formule semi-développée du styrène et en déduire celle du motif du polystyrène.
6. Le mélange des flacons A et B fait intervenir une réaction de polymérisation du styrène et une réticulation du polyester.
 - 6.a. Définir le terme réticulation.
 - 6.b. Expliquer, au moyen d'un schéma, comment les chaînes de polyester peuvent être réticulées.
 - 6.c. Quel rôle joue le composé chimique du flacon B ?

B. Étude spectrophotométrique de la résine Sintofer®

On veut déterminer le pourcentage massique de styrène présent dans la résine Sintofer® du récipient A.
On utilise pour cela la spectrophotométrie ultraviolet.

On rappelle que l'absorbance A d'une solution de styrène est proportionnelle à la concentration en styrène.

On obtient une solution mère en dissolvant 0,200 g de styrène pur dans 25,0 mL de solvant puis on prépare, par dilutions successives, différentes solutions de concentration massique $C_1 = 0,200 \text{ g.L}^{-1}$; $C_2 = 0,100 \text{ g.L}^{-1}$...

On mesure, à longueur d'onde donnée, l'absorbance A de ces solutions et on regroupe les résultats obtenus dans le tableau suivant :

$C(\text{g.L}^{-1})$	0,200	0,100	0,050	0,025
A	1,79	0,89	0,45	0,22

1. Tracer la courbe donnant l'évolution de l'absorbance A en fonction de la concentration C sur une feuille de **papier millimétré** (format paysage) **à rendre avec la copie.**

Échelles abscisse : 1 cm pour $0,010 \text{ g.L}^{-1}$
 ordonnée : 1 cm pour 0,10

2. On dissout à présent une masse $m = 5,0 \text{ mg}$ de résine Sintofer® dans 25,0 mL du même solvant et on mesure une absorbance $A = 0,75$ pour la solution obtenue.

2.a. Déterminer à l'aide du graphe précédent, la concentration massique C_S du styrène dans la résine.

2.b. En déduire la masse m_S de styrène contenu dans la solution d'absorbance 0,75.

2.c. Calculer son pourcentage en masse dans la résine du récipient A.

2.d. Le comparer avec la valeur de 42 % indiquée par le fournisseur.

C. Dosage de la résine Sintofer®

On veut ici déterminer la masse molaire moyenne en nombre du polyester, on effectue pour cela un dosage acido-basique d'une solution connue de résine.

Le protocole expérimental est le suivant :

on dissout une masse de 1,82 g de résine Sintofer® dans un mélange de solvants de volume 30,0 mL ;

on ajoute cinq gouttes de bleu de thymol (indicateur coloré) et on dose ce mélange par une solution d'hydroxyde de potassium ($\text{K}^+ + \text{HO}^-$) de concentration $C = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$;

l'indicateur coloré change de couleur pour un volume versé $V_E = 7,2 \text{ mL}$.

On admet que chaque macromolécule de polyester possède un seul groupe terminal acide et que la présence du styrène dans la résine n'influence pas le dosage.

1. Écrire l'équation de la réaction entre une macromolécule de polyester que l'on notera R-COOH et les ions hydroxyde HO^- .

2. Calculer la quantité de matière n_E d'ions hydroxyde apportée à l'équivalence de ce dosage.

3. On effectue aussi un dosage à blanc : 30,0 mL du même mélange de solvants que précédemment sont dosés par la même solution d'hydroxyde de potassium de concentration $C = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ en présence de bleu de thymol. L'indicateur coloré change de couleur pour un volume versé $V_B = 1,3 \text{ mL}$.
- 3.a. Calculer la quantité de matière n_B d'ions hydroxyde apportée à l'équivalence de ce deuxième dosage.
- 3.b. En déduire la quantité de matière n d'ions hydroxyde nécessaire pour neutraliser les groupes acides présents dans la masse de 1,82 g de résine Sintofer®.
- 3.c. En déduire la quantité de matière n_P de macromolécules de polyester contenue dans cette masse.
- 3.d. Déterminer la masse m_P de polyester contenue dans l'échantillon de résine de masse 1,82 g sachant que celle-ci ne contient que 55 % de polyester.
- 3.e. En déduire la masse molaire moyenne en nombre de cet échantillon.

EXERCICE N°2 :

Détermination d'une masse molaire moyenne par tonométrie (16 points)

On détermine la masse molaire moyenne en nombre d'un polyamide 6,10 par la méthode de tonométrie. Cette technique utilise un appareil nommé tonomètre thermoélectrique (figure 2)

Aucune connaissance sur la tonométrie n'est nécessaire pour résoudre l'exercice.

On prépare une solution S_0 de polyamide 6,10 dans un solvant approprié.

À partir de cette solution mère, on fabrique un ensemble de solutions filles $S_1, S_2, S_3, S_4, \dots$ que l'on utilise dans le tonomètre : on dépose une goutte de solution du polymère et une goutte de solvant pur sur deux thermistances disposées dans une enceinte saturée de vapeur de solvant. La différence des vitesses de condensation de la vapeur dans le solvant pur et dans la solution entraîne une différence de température ΔT entre les deux gouttes.

On mesure ensuite cette différence de température ΔT entre les deux gouttes pour différentes valeurs de la concentration C de polymère.

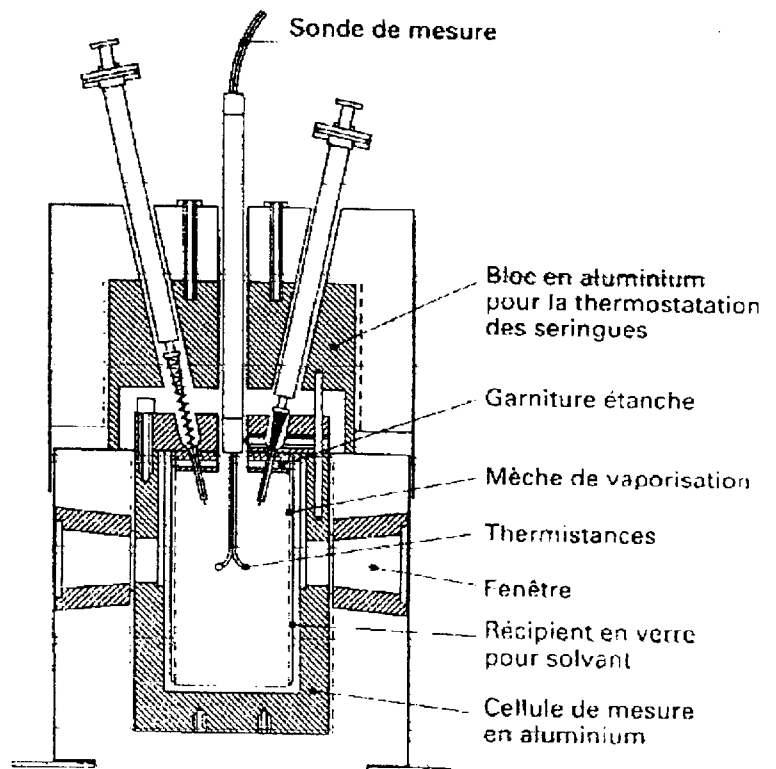


Figure 2
Tonomètre thermoélectrique Knauer
(d'après Techniques de l'ingénieur)

La différence ΔT est liée à la masse molaire moyenne en nombre \overline{M}_n par la relation (1) suivante :

$$\boxed{\frac{B}{\overline{M}_n} = \lim_{c \rightarrow 0} \frac{\Delta T}{C}}$$

avec : C concentration massique de la solution de polymère en kg.m^{-3} ,

\overline{M}_n masse molaire moyenne en nombre en kg.mol^{-1} ,

B constante dépendant du solvant et du polymère, de valeur $B = 12,70 \text{ K.mol}^{-1}.\text{m}^3$,

T température en kelvin (K).

1. On a relevé les résultats suivants :

C (kg.m^{-3})	2,000	5,000	8,000	10,00	14,00
ΔT (K)	0,069	0,256	0,543	0,799	1,461

1.a. Compléter le tableau joint en **annexe 1 à rendre avec la copie.**

1.b. Tracer, **sur l'annexe 1 à rendre avec la copie**, la courbe représentant les variations de la grandeur $\frac{\Delta T}{C}$ en fonction de la concentration C.

1.c. En déduire la valeur de $\lim_{c \rightarrow 0} \frac{\Delta T}{C}$.

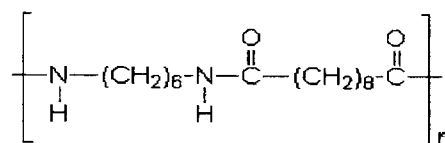
2. Indice de polydispersité.

2.a. Vérifier que la masse molaire moyenne en nombre \overline{M}_n du polymère est proche de 600 kg.mol^{-1} en utilisant la relation (1).

2.b. Sa masse molaire moyenne en masse (ou en poids) \overline{M}_w étant de 960 kg.mol^{-1} , calculer l'indice de polydispersité du polymère.

2.c. Que peut-on en déduire sur la longueur des macromolécules de polymère ?

3. On a représenté ci-contre la formule du polyamide 6,10 :



La masse molaire du motif correspondant étant $M_0 = 282 \text{ g.mol}^{-1}$, calculer la valeur du degré de polymérisation moyen en nombre de ce polymère.

4. Écrire l'équation de la réaction de polymérisation produisant le polyamide 6,10.

5. L'un des monomères est couramment appelé hexaméthylène diamine. On peut lire sur sa fiche toxicologique les indications suivantes : « nocif par contact avec la peau et par ingestion ; provoque des brûlures ; irritant pour les voies respiratoires ».

Quelles précautions devra-t-on prendre lors de la manipulation de l'hexaméthylène diamine ?

PARTIE PHYSIQUE (20 POINTS)

Fibres optiques

Les fibres optiques en matière plastique (FOP) se développent dans divers champs d'applications : automobile, électronique, aéronautique... Elles permettent de transporter des informations sous forme lumineuse et doivent être reliées par un connecteur à la source ou au récepteur.

A. Injection par canaux chauds (13 points)

Le connecteur est fabriqué par injection en utilisant la technique dite « par canaux chauds ».

La mise en chauffe et le maintien en température du bloc chauffant sont alors assurés par quatre cartouches chauffantes identiques, de diamètre $d = 16,0$ mm, de longueur $l = 80,0$ mm. Ces dernières sont parcourues par un courant électrique.

On veut ici déterminer la référence des cartouches à utiliser.

On donne : masse volumique de l'acier $\rho_A = 7\,850,0$ kg.m⁻³
capacité thermique massique de l'acier $c_A = 480$ J.kg⁻¹.°C⁻¹

1. Pour simplifier, on représente le bloc chauffant (figure 3) par un parallélépipède rectangle en acier de longueur $L_1 = 300,0$ mm, de largeur $L_2 = 200,0$ mm et de hauteur $h = 70,0$ mm. Ce dernier comporte quatre cavités cylindriques dont le diamètre correspond exactement à celui des cartouches.

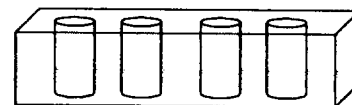


Figure 3

- 1.a. Calculer le volume total V_T (en m³) du parallélépipède.
- 1.b. Calculer le volume V_C (en m³) d'une cavité et en déduire le volume V_A (en m³) d'acier composant le bloc chauffant.
- 1.c. Calculer la masse m_A du bloc chauffant.
2. Lors de la mise en chauffe du bloc chauffant, la température passe de 20°C à 260°C.
 - 2.a. Calculer l'énergie thermique Q_u , nécessaire à la mise en chauffe du bloc en supposant que la masse du bloc chauffant est $m_A = 32,5$ kg.
 - 2.b. Calculer l'énergie thermique Q_f fournie par les quatre cartouches chauffantes sachant que celles-ci ont un rendement de 80 %.
3. La durée de l'échauffement est fixée à 30 minutes.
 - 3.a. Calculer la puissance totale P_f fournie par les quatre cartouches chauffantes.
 - 3.b. En déduire la puissance P d'une cartouche.
4. Déterminer la référence de cartouche chauffante à utiliser, à l'aide de l'annexe 2. Justifier ce choix.
5. La tension nominale d'utilisation d'une cartouche est de 230 V.
 - 5.a. Indiquer, à l'aide de l'annexe 2, l'intensité du courant I traversant une cartouche.
 - 5.b. En déduire sa résistance électrique.

B. Fibre optique à saut d'indice (7 points)

Une fibre optique est constituée d'un cylindre central appelé cœur, d'indice de réfraction n_c , entouré d'une gaine d'indice de réfraction n_g tel que $n_g < n_c$.

On a représenté (figure 4) le trajet d'un rayon lumineux dans la fibre : ce rayon ne doit pas subir de réfraction au passage cœur-gaine mais doit être totalement réfléchi à la surface de la gaine. Il parcourt ainsi toute la longueur de la fibre.

On donne : $n_g = 1,485$ $n_c = 1,586$ $n_{air} = 1,000$

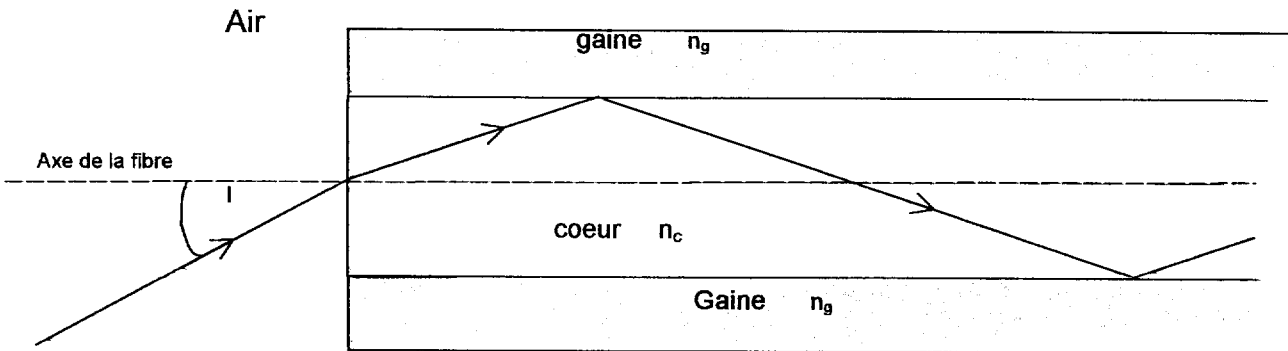


Fig.4 : Schéma en coupe longitudinale d'une fibre optique

1. Pour obtenir ces réflexions successives à la surface de la gaine, il faut que l'angle d'incidence i du rayon entrant par rapport à l'axe de la fibre soit inférieur à une certaine valeur notée i_{lim} . On appelle ouverture numérique (ON) le nombre donné par la relation :

$$ON = \sin i_{lim} = \sqrt{n_g + n_c} \times \sqrt{n_c - n_g}$$

- 1.a. Calculer l'ouverture numérique (ON) de cette fibre.
- 1.b. Déterminer la nature de la fibre étudiée à partir du tableau comparatif ci-dessous.
- 1.c. Déduire la valeur de i_{lim} à l'aide de la question 1.a.

	coeur	gaine	ON	Diamètre μm
Fibre A	Polyméthacrylate de méthyle	Elastomère de silicone vulcanisé à l'air	0,48	950
Fibre B	Polystyrène	Copolymère EVA à 25 % d'acétate de vinyle	0,56	300
Fibre C	Copolymère méthacrylate de méthyle- acrylate de méthyle	Copolymère statistique méthacrylate de méthyle et méthacrylate fluoré	0,61	450

Source : Technique de l'ingénieur, traité des plastiques

2. On s'intéresse maintenant au trajet des rayons lumineux arrivant sur la face d'entrée de la fibre avec un angle d'incidence $i = 50,0^\circ$.

Les angles représentés sur le schéma ne correspondent pas aux valeurs réelles.

2.a. Dioptré air-cœur.

Calculer la valeur de l'angle r entre le rayon réfracté et l'axe de la fibre (figure 5). On utilisera la loi de la réfraction.

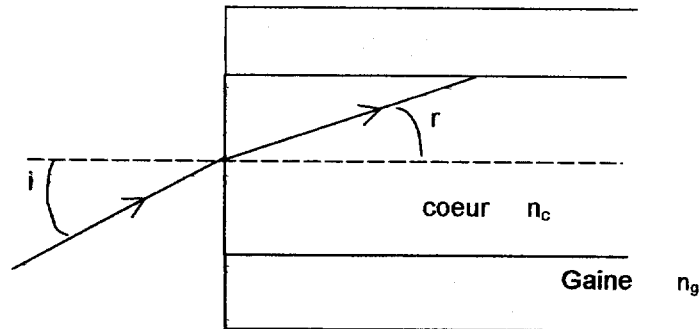


Fig. 5

2.b. Dioptré cœur-gaine.

Calculer la valeur de l'angle i' entre le rayon incident et la normale au dioptré Δ (figure 6).

2.c. En déduire la valeur de l'angle r' entre le rayon réfracté et la normale au dioptré Δ (figure 6).

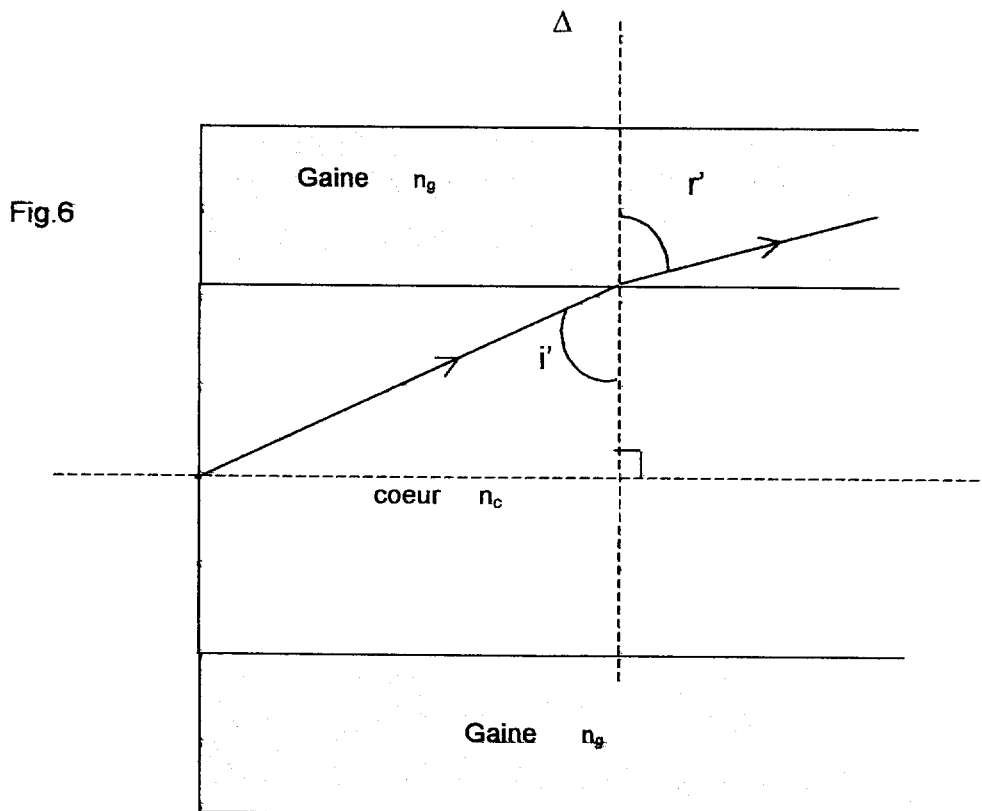


Fig.6

3. Dans ce cas, le rayon lumineux peut-il parcourir toute la longueur de la fibre ? Justifier.

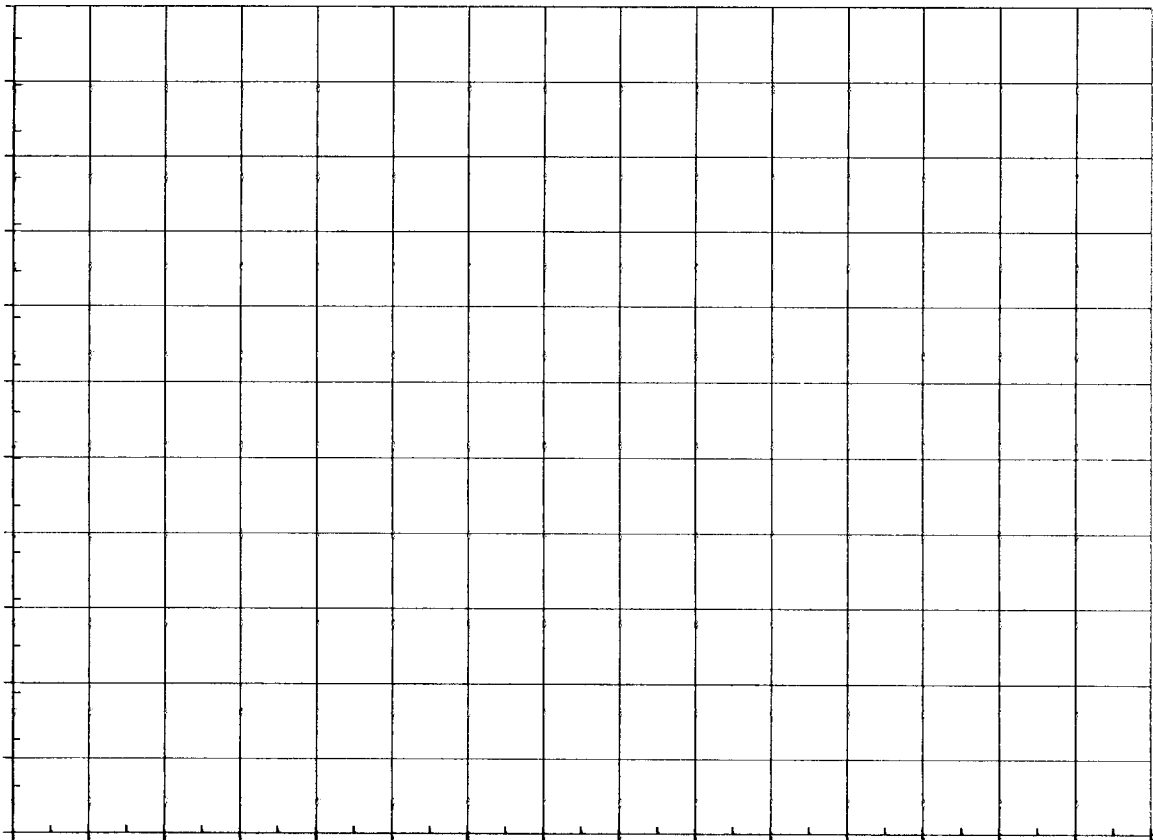
ANNEXE 1 à rendre avec la copie

Tableau :

$C \text{ (kg.m}^{-3}\text{)}$	2,000	5,000	8,000	10,00	14,00
$\Delta T \text{ (K)}$	0,069	0,256	0,543	0,799	1,461
$\frac{\Delta T}{C} \text{ (K. kg}^{-1}\text{.m}^3\text{)}$					

Graphe :

Échelles : 1 cm \Leftrightarrow 1 kg.m⁻³
 1 cm \Leftrightarrow 1 × 10⁻² K. kg⁻¹.m³



ANNEXE 2 :

d = diamètre de la cartouche en mm

l = longueur de la cartouche en mm

Cartouches chauffantes HASCO Din 4498 / 8 9632												
diamètre	W/cm ²	Intensité (A)	d	l	Watt	référence	W/cm ²	Intensité (A)	d	l	Watt	référence
16	6	0,73	16	60	160	Z 110/16 x 60 /160	6	0,73	16	100	400	Z 110/16 x 100/400
	8	0,90		60	200	Z 110/16 x 60 /200	8	0,90			500	Z 110/16 x 100/500
	10	1,14		60	250	Z 110/16 x 60 /250	10	1,14			630	Z 110/16 x 100/630
	13	1,43		60	315	Z 110/16 x 60 /315	13	1,43			800	Z 110/16 x 100/800
	16	1,82		60	400	Z 110/16 x 60 /400	16	1,82			1000	Z 110/16 x 100/1000
	20	2,27		60	500	Z 110/16 x 60 /500	20	2,27	130	500		Z 110/16 x 130/500
	25	2,86		60	630	Z 110/16 x 60 /630	25	2,86			630	Z 110/16 x 130/630
	9	1,47		80	315	Z 110/16 x 80 /315	9	1,47			800	Z 110/16 x 130/800
	11	1,82,		80	400	Z 110/16 x 80 /400	11	1,82,			1000	Z 110/16 x 130/1000
	14	2,27		80	500	Z 110/16 x 80 /500	14	2,27	160	630		Z 110/16 x 160/630
	18	2,86		80	630	Z 110/16 x 80 /630	18	2,86			800	Z 110/16 x 160/800
	22	3,64		80	800	Z 110/16 x 80 /800	22	3,64			1000	Z 110/16 x 160/1000