

**BTS CHARPENTE - COUVERTURE**  
**SCIENCES PHYSIQUES**

**Durée : 2 h**

**Coefficient : 1,5**

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

*L'usage de la calculatrice est autorisé.*

**Les deux problèmes sont indépendants**

**Problème 1 : Dynamique .**

**Problème 2 : Optique.**

**PROBLEME 1 : Montgolfière.**

Une montgolfière est constituée d'un ballon sphérique de volume  $V = 2145 \text{ m}^3$  ouvert vers le bas, donc en communication avec l'atmosphère, et d'une nacelle avec son équipement.

Le volume  $V$  du ballon sera supposé constant.

Un brûleur permet de réchauffer l'air à l'intérieur du ballon et de le maintenir à la température souhaitée.

La masse volumique de l'air dans les conditions normales de pression et de température est :  
 $\rho_0 = 1,29 \text{ kg.m}^{-3}$  à la température  $T_0 = 273 \text{ K}$  et à la pression  $P_0 = 1 \text{ atm} = 1013 \text{ hPa}$

Rappels :

- La masse volumique  $\rho$  d'un gaz à la pression  $P$  et la température  $T$  est reliée à sa masse volumique  $\rho_0$  à la pression  $P_0$  et à la température  $T_0$  par  $\rho = \rho_0 \cdot \frac{P}{P_0} \cdot \frac{T_0}{T}$
- La valeur de l'accélération de la pesanteur  $g$  :  $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$ .

Tous les résultats numériques seront donnés avec **3 chiffres significatifs**.

**1.1. La montgolfière est au sol, prête à partir.**

La température extérieure est  $\theta_e = 17,0 \text{ }^\circ\text{C}$  et on chauffe l'air intérieur à la température  $\theta_i = 35,0 \text{ }^\circ\text{C}$   
La pression atmosphérique au sol est  $P_0$ .

- 1.1.1. Calculer l'intensité  $F_p$  du poids de l'air enfermé dans le ballon . Préciser la direction et le sens du vecteur  $\vec{F}_p$  représentatif de ce poids.
- 1.1.2. Préciser la direction et le sens du vecteur  $\vec{F}_a$  représentatif de la poussée d'Archimède sur le ballon. Vérifier que son intensité  $F_a$  est égale à  $2,56 \cdot 10^4 \text{ N}$ .
- 1.1.3. On appelle masse limite soulevable,  $M_m$ , la masse maximale qui pourra être soulevée quand on supprime les liens avec le sol (enveloppe du ballon, nacelle, équipement, passager(s) éventuel(s)).  
Déduire la valeur de  $M_m$  des deux questions précédentes.

**1.2. Etude du mouvement d'ascension de la montgolfière.**

On s'intéresse maintenant au mouvement d'ascension verticale de la montgolfière. On suppose que , quittant le sol à vitesse initiale nulle, elle s'élève verticalement dans l'atmosphère. On négligera en

première étude les variations de pression, de température de l'air à l'intérieur du ballon ( $\theta_i = 35,0 \text{ }^\circ\text{C}$ ) ainsi que celle de l'accélération de la pesanteur qui conservera la valeur  $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ .

La température extérieure est elle aussi constante et conserve la même valeur qu'au sol

$\theta_e = 17,0 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Ces conditions sont supposées valables tant que l'altitude atteinte est inférieure à  $Z_m = 300 \text{ m}$ .

Dans ce mouvement ascensionnel, la montgolfière est soumise aux forces suivantes:

- Le poids  $\vec{F}_p$  de l'air à l'intérieur ( masse  $M_p$ ) de l'enveloppe,
- La poussée d'Archimède:  $\vec{F}_a$ ,
- le Poids  $\vec{\Pi}$  de l'ensemble des équipements ( nacelle, enveloppe, passager...) dont la masse totale est  $M = 130 \text{ kg}$ ,
- Une force  $\vec{F}_r$  de frottements de l'air sur la montgolfière, verticale et dirigée vers le sol, d'intensité proportionnelle au carré de la vitesse de la Montgolfière  $F_r(t) = k v^2(t)$   
 $k$  étant une constante  $k = 60,0 \text{ S.I.}$  et  $v(t)$  étant la valeur algébrique de la vitesse de la montgolfière à l'instant  $t$ , mesurée selon la verticale ascendante Oz.

Le mouvement est étudié selon un axe vertical Oz, de vecteur unitaire  $\vec{i}$ , l'origine O étant au sol. L'origine des temps  $t = 0$ , est prise à l'instant où la montgolfière quitte le sol.

1.2.1 Ecrire sous forme vectorielle, la relation fondamentale de la dynamique pour le mouvement du centre de masse de la montgolfière. On précisera la signification de toutes les grandeurs apparaissant dans cette équation.

1.2.2 Que donne la projection de la relation précédente selon l'axe Oz ?

L'équation précédente se met sous la forme d'une équation différentielle:

$\frac{dv(t)}{dt} + A \cdot v^2(t) = B$  où  $\frac{dv(t)}{dt}$  est la dérivée de la vitesse par rapport au temps  $t$ ; A et B sont des constantes.

Pour la suite du problème, on prendra :  $A = 23,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^{-1}$  et  $B = 86,9 \cdot 10^{-3} \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ .

1.2.3 L'équation différentielle précédente peut être résolue analytiquement. On montre alors que la vitesse tend vers une valeur limite constante  $V_L$ .

Exprimer la valeur de cette vitesse limite en fonction de A et B.

Application numérique : calculer  $V_L$  numériquement.

1.2.4 Les graphes d'évolution de la vitesse  $v(t)$  et de l'altitude  $z(t)$  résultant de mesures réalisées toutes les 5 secondes avec des appareils embarqués, sont donnés à la page suivante.

a) L'examen des graphes est-il en accord avec le modèle proposé précédemment.

Pourquoi ?

b) Dans l'intervalle de temps  $0 < t < 15 \text{ s}$ , le graphe de  $v(t)$  permet-il de caractériser le mouvement de la montgolfière ? Quelle est approximativement la valeur de son accélération ?

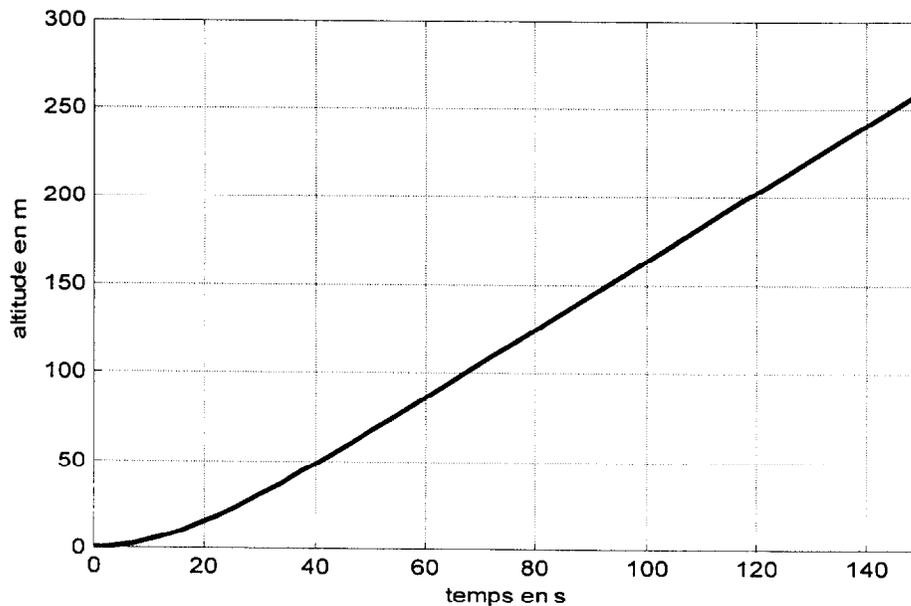
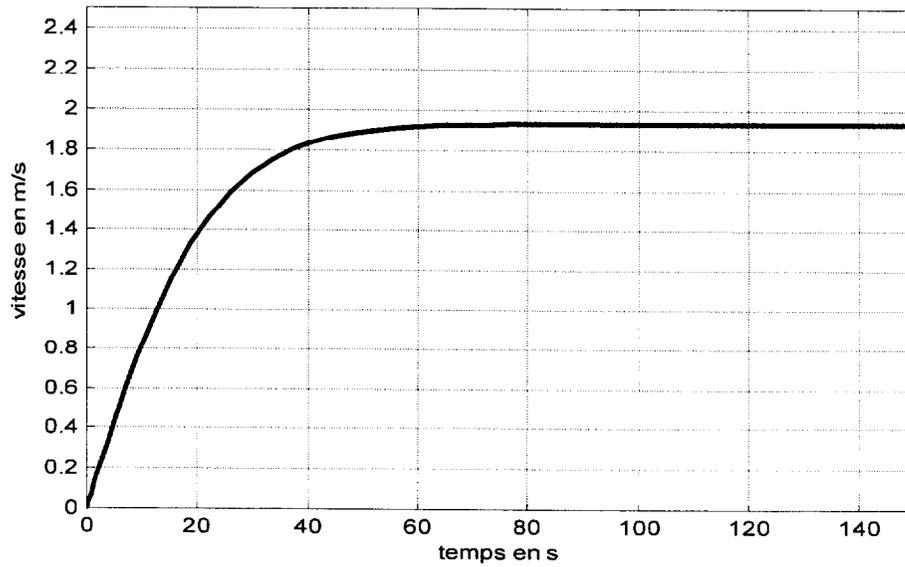
c) Déterminer le temps  $t_1$  mis par la montgolfière pour, que partant du sol, sa vitesse atteigne la valeur  $0,95V_L$ .

d) Déterminer l'altitude correspondante  $z_1$ .

e) Quelle est la valeur de l'énergie mécanique de la montgolfière à cette altitude  $z_1$  (le niveau du sol,  $z = 0$ , est choisi comme référence de l'énergie potentielle)?

Quelle était l'énergie mécanique au niveau du sol ?

f) Y-a-t-il eu conservation de l'énergie mécanique ? Pourquoi ?



1.2.5 Mouvement pour les altitudes  $z > z_2 = 130$  m.

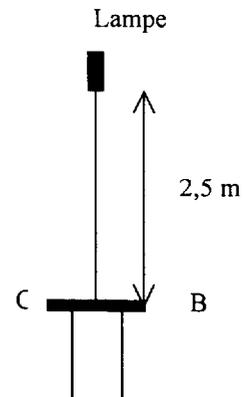
- Comment caractériser le mouvement pour des altitudes  $z$  telles que  $z_2 < z < Z_m$  ? On rappelle que  $Z_m = 300$  m.
- Ecrire pour  $z_2 < z < Z_m$ , l'équation horaire du mouvement de la montgolfière dans le repère de temps et d'espace proposé.
- Quelle est la durée du mouvement entre les altitudes  $z_2$  et  $Z_m$ .
- Que va-t-il se passer pour des altitudes supérieures à  $Z_m$ ? Quelles seront les conséquences sur le mouvement ?

## PROBLEME 2 : Eclairage d'une table.

On s'intéresse à l'éclairage d'une table de travail ( table ronde de diamètre 1,7 m ) réalisé avec une suspension équipée d'une lampe dichro 7 xénon (documentation jointe en annexe 2).

Un formulaire de photométrie est fourni en annexe 1.

L'éclairage du plan de travail doit être entre 300 lux et 400 lux.



2.1 - Le constructeur propose ces ampoules avec quatre valeurs pour l'angle au sommet du cône de lumière :  $10^\circ$ ,  $24^\circ$ ,  $38^\circ$ ,  $60^\circ$ .

Sachant que la lampe est à 2,5 m du plan à éclairer, montrer que le choix d'une ampoule  $38^\circ$  permet d'éclairer toute la table.

2.2 - En admettant que la valeur de  $I_{\max}$  donnée dans la documentation corresponde à l'intensité lumineuse uniforme dans le cône de lumière, calculer l'éclairage  $E_C$  du plan de travail à la verticale de la suspension pour chacune des trois puissances proposées. Choisir la puissance de la lampe qui satisfait aux conditions sur l'éclairage.

2.3 - Calculer l'éclairage  $E_B$  du bord de la table avec l'ampoule choisie.

2.4 - Calculer l'angle solide du faisceau d'une lampe sachant que pour un cône de révolution de demi-angle au sommet  $\alpha$  l'angle solide est  $\Omega = 2\pi (1 - \cos \alpha)$  et en déduire le flux lumineux total émis par une lampe.

2.5 - On définit le facteur de conversion de la lampe comme le rapport :

$$r = \frac{\text{flux lumineux émis (lumen)}}{\text{Puissance électrique reçue (W)}} . \text{ Calculer } r.$$

2.6 - La température du filament correspond à la température de couleur  $T_C$ . En s'aidant du graphique de l'**annexe**, dire si cette lampe émet toutes les radiations du visible ? Assure-t-elle un bon rendu des couleurs ?

2.7 - En admettant que le filament soit assimilé à un corps noir qui suit la loi de Wien, le spectre de la puissance rayonnée est maximal pour la longueur d'onde  $\lambda_m$  telle que  $\lambda_m \cdot T = 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ m.K}$ , T étant la température absolue du filament.

Quelle est la longueur d'onde  $\lambda_m$  du rayonnement émis par cette lampe ?

Se situe-il dans l'ultra-violet, le visible ou l'infrarouge ?

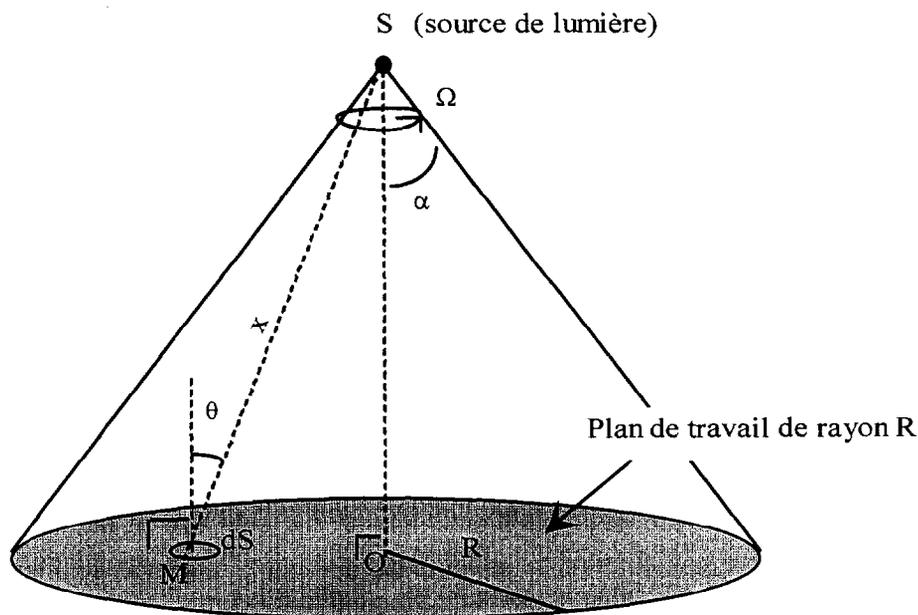
2.8 - On fait fonctionner cette lampe avec un gradateur qui abaisse la température du filament à 2000 K.

La lampe émet-elle toutes les radiations du visible ?

Assure-t-elle un bon rendu des couleurs ?

Dans ces conditions, on éclaire deux objets : un jaune et un bleu.

Comment voit-on chacun d'eux ?

ANNEXE 1Formulaire de photométrieFormules relatives à la source de lumière :

Intensité lumineuse en candela :  $I = \frac{d\Phi}{d\Omega}$  avec :

- $\Phi$  flux lumineux en lumen
- $\Omega$  angle solide en stéradian

Dans le cas d'une répartition uniforme de flux lumineux dans le cône de lumière d'angle solide  $\Omega$ , l'intensité lumineuse s'écrit :  $I = \frac{\Phi}{\Omega}$ .

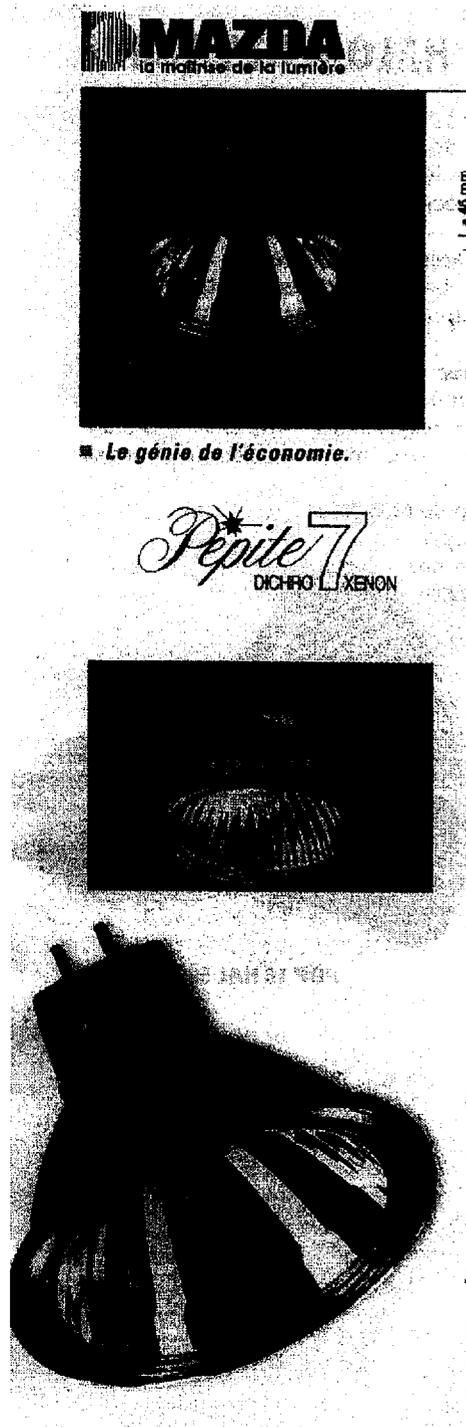
Formule relative au plan de travail.

Eclairement (en lux) d'une surface  $dS$  du plan de travail centrée en un point M :  $E = \frac{I \cos \theta}{x^2}$  avec

- $\theta$  : angle entre la normale à  $dS$  et un rayon lumineux (SM)
- $x$  : distance entre les points S et M.

DOCUMENT 1

## Lampe Pépite dichro 7 Xénon



## Description

Lampe réflecteur, à faisceau froid, fermée par une glace transparente, plane et traitée "Anti-Reflet", et équipée d'un brûleur halogène au Xénon.

**Caractéristiques**

- Tc = 3000 K
- Durée de vie moyenne = 4000 h.
- Conforme à la recommandation de l'A.F.E. pour l'éclairage des musées... car l'émission d'U.V. est inférieure à 75  $\mu\text{W}/\text{lm}$
- Jusqu'à 65% d'intensité lumineuse en plus par rapport à une dichro. Standard
- Un culot métallique GU 5,3 - plus de sécurité par la séparation de la tenue mécanique et de l'alimentation électrique de la lampe - encore moins de lumière à l'arrière
- Réduction de 30% du volume de l'emballage

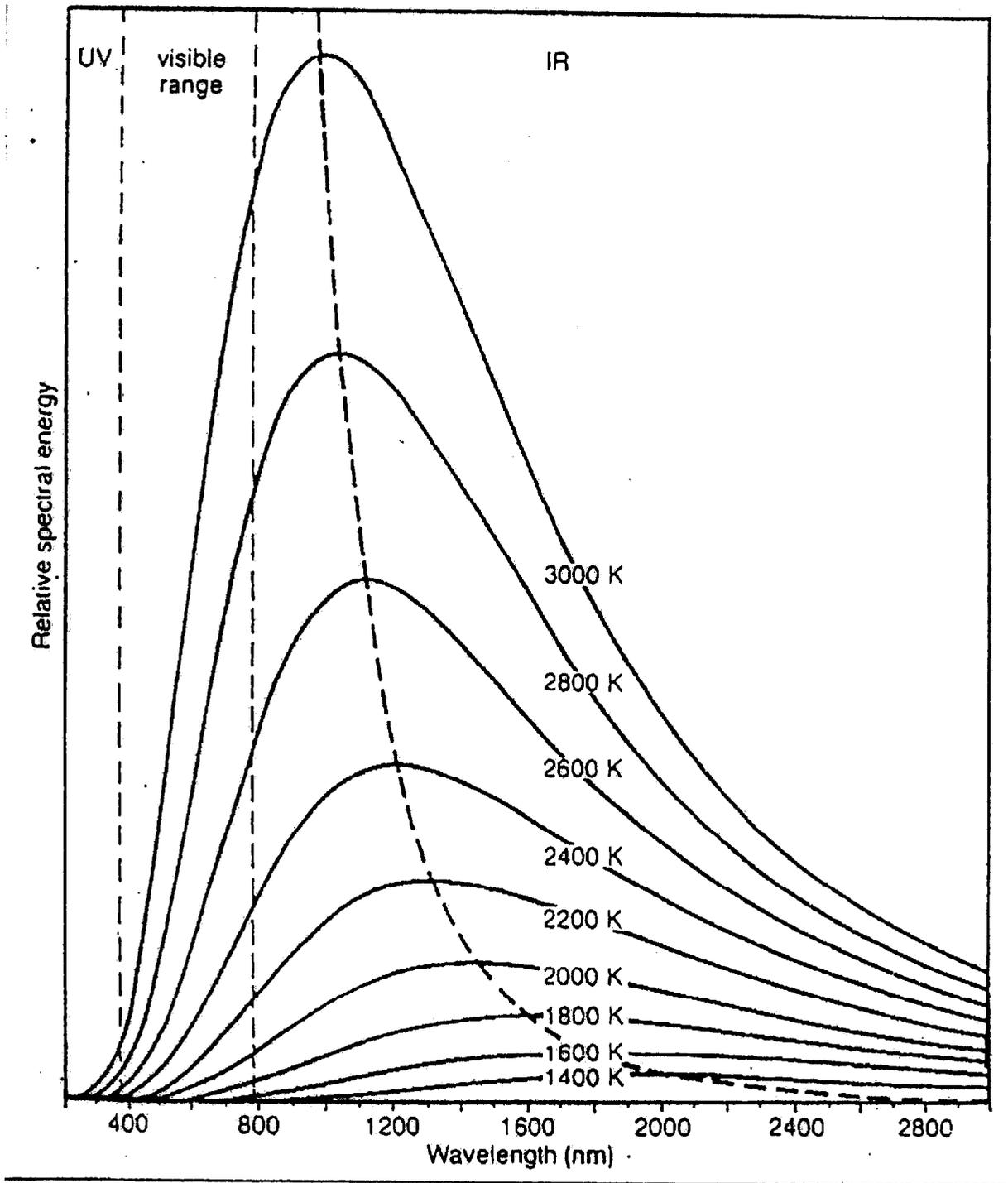
Températures maxi. admissibles :

- 240°C au rebord du réflecteur
- 250°C au réflecteur • 350°C au pincement
- 300°C aux contacts

Distance de sécurité 0,5 m.

PUISSANCE (W)	ANGLE	Imax (cd)
20 W	10 °	6500 cd
20 W	24 °	1700 cd
20 W	38 °	800 cd
20 W	60 °	350 cd
35 W	10 °	11000 cd
35 W	24 °	3500 cd
35 W	38 °	1600 cd
35 W	60 °	700 cd
50 W	10 °	15000 cd
50 W	24 °	5000 cd
50 W	38 °	2300 cd
50 W	60 °	1100 cd

DOCUMENT 2



ÉMITTANCE SPECTRALE D'UN CORPS NOIR À DIFFÉRENTES TEMPÉRATURES