**CONCOURS NATIONAL D'ADMISSION DANS LES GRANDES ECOLES D'INGENIEURS**

**(Concours national DEUG)**

Epreuve commune aux 3 options (Mathématiques, Physique, Chimie)

# PHYSIQUE - PARTIE I

**Durée : 2 heures**

*N.B. : Le candidat attachera la plus grande importance à la clarté, à la précision et à la concision de la rédaction. Si un candidat est amené à repérer ce qui peut lui sembler être une erreur d'énoncé, il le signalera sur sa copie et devra poursuivre sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il a été amené à prendre.*

**Les calculatrices sont autorisées**

L'usage de tout ouvrage de référence et de tout document est interdit.

De très nombreuses parties sont indépendantes. Il est conseillé aux candidats de prendre connaissance rapidement de la totalité du texte du sujet.

Les candidats doivent respecter les notations de l'énoncé et préciser, dans chaque cas, la numérotation de la question posée.

## Partie A
## Projection d'une image sur un écran

Les lentilles sphériques minces, considérées dans cette partie et notées (**L** $_i$), sont utilisées dans le cadre de l'approximation de Gauss. Chaque lentille (**L** $_i$) est caractérisée par son centre optique $O_i$ et par sa distance focale image $f_i'$. Les foyers objet et image sont notés respectivement $F_i$ et $F_i'$.
La formule de conjugaison de Descartes (**1**) précise la position sur l'axe optique des points conjugués $A$ et $A'$ :

$$\frac{1}{\overline{O_iA'}} - \frac{1}{\overline{O_iA}} = \frac{1}{f_i'} \qquad (\mathbf{1})$$

Le matériel mis à la disposition d'un étudiant au cours d'une séance de Travaux Pratiques d'optique géométrique est le suivant :

- un objet lumineux $A_oB_o$ (segment de droite) de longueur $|\overline{A_oB_o}| = 2{,}0 \times 10^{-2}$ m ;
- une lentille divergente (**L** $_1$) de distance focale image $f_1' = -\,1{,}0 \times 10^{-1}$ m ;
- une lentille convergente (**L** $_2$) de distance focale image $f_2' = +\,2{,}0 \times 10^{-1}$ m ;
- un écran plan, noté (**E**) ;
- un banc d'optique, permettant, grâce aux différents supports adaptés, le réglage et le maintien des éléments précédents sur un même axe optique, noté $x'x$.

**1.** L'étudiant souhaite projeter, sur l'écran (**E**) suffisamment éloigné, l'image réelle $AB$ de l'objet $A_oB_o$. Les points $A_o$ et $A$ appartiennent à l'axe optique. L'objet $A_oB_o$ et l'écran sont orthogonaux à l'axe optique.


Figure **A.1**

**a)** Pour réaliser son expérience de projection, l'élève décide de n'utiliser qu'<u>une seule</u> des deux lentilles (**L** $_1$) et (**L** $_2$) proposées. Laquelle choisit-il ? Où la place-t-il ?

**b)** Recopier et compléter la figure **A.1** en proposant un tracé de rayons lumineux qui illustre le montage choisi par l'étudiant et qui relie objet $A_oB_o$ (à dessiner) et image $AB$ conjugués.

**c)** La taille de l'image réelle projetée sur (**E**) vaut $\overline{AB} = 5{,}0 \times 10^{-2}$ m. Déterminer la position de l'objet réel lumineux $A_oB_o$ en calculant la distance $\overline{A_oA}$.

**d)** Montrer qu'en choisissant l'autre lentille, l'expérience de projection sur l'écran (**E**) est impossible.

**2.** Sans modifier le montage et les réglages précédents (question **1**), l'opérateur interpose, entre la lentille choisie initialement et l'écran (**E**), une lentille (**L** $_3$) d'axe optique $x'x$ et de distance focale inconnue $f_3'$. Cette lentille (**L** $_3$), dont la position sur l'axe optique n'est pas connue avec précision, intercepte alors les rayons lumineux qui arrivent sur l'écran. Ce qui est projeté sur (**E**) est maintenant « flou ». Pour obtenir une nouvelle image nette $A'B'$ sur cet écran (**E**), l'étudiant doit le reculer, c'est-à-dire éloigner (**E**) de la lentille (**L** $_3$).

**a)** Proposer un tracé de rayons, sachant que l'image réelle initiale $AB$ (**partie A**, question **1**) est devenue objet virtuel pour la lentille (**L**$_3$).

**b)** Quelle est la nature de la lentille (**L**$_3$) ?

**c)** Il a fallu, pour faire apparaître l'image nette $A'B'$, éloigner (**E**) de (**L**$_3$) d'une distance $d = 3{,}0 \times 10^{-1}$ m. Que vaut la distance focale image $f_3'$, si la taille de la nouvelle image $A'B'$ sur l'écran a été doublée par rapport à celle de la première image $AB$ : $\overline{A'B'} = 2\,\overline{AB}$ ?

## Partie B
## Refroidissement d'un bloc métallique

Sous la pression atmosphérique $P_o$, le refroidissement d'un bloc métallique homogène, noté (**S**), est obtenu par circulation d'un courant de diazote $N_2$ liquide à l'intérieur du solide.
Le changement d'état réversible liquide-vapeur du corps pur diazote $N_{2(liq)} = N_{2(vap)}$ intervient à la température $T_o$ et sous la pression $P_o$, avec une enthalpie massique de vaporisation $\Delta_{vap}h(T_o)$.
Le diazote pénètre sous la forme de liquide saturant (liquide en équilibre avec une bulle de vapeur) à $T_o$ et $P_o$ dans le bloc (**S**), de masse $M$, de coefficient thermique massique $c_p$ (J kg$^{-1}$ K$^{-1}$) constant et de température initiale $T_{ext}$ égale à la température constante du milieu extérieur (avec $T_o < T_{ext}$).

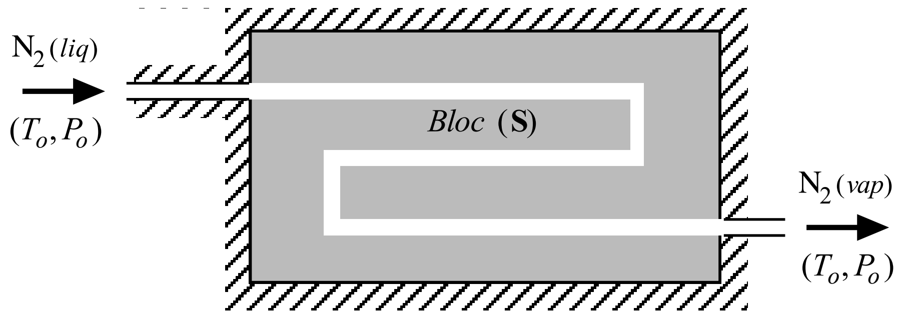



Figure **B.1**

<u>Les données de l'énoncé sont</u> : $M$, $c_p$, $T_{ext}$, $T_o$ et $\Delta_{vap}h(T_o)$.

**1.** Le système (**S**) est supposé thermiquement isolé. Le débit de fluide est tel que le corps pur $N_2$ se vaporise progressivement et qu'il sort de (**S**) à l'état de vapeur saturante (vapeur en équilibre avec une gouttelette de liquide), à $T_o$ et $P_o$ (figure **B.1**). Le bloc (**S**) est refroidi de la température $T_{ext}$ à la température $T_o$.

**a)** Pour cette transformation, donner l'expression, en fonction de certaines données de l'énoncé, de :
- la masse minimale $m$ de diazote nécessaire ;
- la variation d'entropie $\Delta S_m$ de cette masse $m$ de diazote ;
- la variation d'entropie $\Delta S_M$ du bloc (**S**).

**b)** Juger, sans effectuer de calcul, le caractère réversible ou irréversible de cette transformation (en trois lignes maximum).

**2.** Lorsque le bloc atteint la température $T_o$ (instant pris comme origine des temps : $t = 0$), l'écoulement du fluide réfrigérant est interrompu. L'isolant thermique étant de mauvaise qualité, (**S**) se réchauffe progressivement et sa température $T(t)$ augmente avec le temps : il reçoit, du milieu extérieur à la température constante $T_{ext}$, pendant la durée $dt$, la quantité de chaleur $\delta Q = k\,(T_{ext} - T(t))\,dt$, avec $k$ constante. La capacité thermique du fluide qui reste dans la conduite est négligée.

**a)** Préciser le signe et l'unité de la constante $k$.
**b)** Etablir la loi de variation $T(t)$ de la température du bloc, en fonction du temps.
**c)** Tracer l'allure de la courbe représentative de la fonction $T(t)$.

**3.** Applications numériques : $T_o = 77$ K ; $T_{ext} = 290$ K ; $M = 5{,}0$ kg ;
$c_p = 3{,}3 \times 10^2$ J kg$^{-1}$ K$^{-1}$ ; $\Delta h_{vap}(T_o) = 2{,}0 \times 10^5$ J kg$^{-1}$.

**a)** Déterminer la valeur numérique des grandeurs $m$, $\Delta S_m$ et $\Delta S_M$ mises en jeu au cours du refroidissement de **(S)** (**partie B**, question **1**).
**b)** En déduire l'entropie $S_C$ créée lors de cet échange thermique (**partie B**, question **1**).
**c)** Au cours du réchauffement (**partie B** question **2**), au temps $t = 3{,}6 \times 10^3$ s, la température du bloc atteint la valeur $T_1 = 100$ K. Calculer la constante $k$.

## Partie C
## Intérêt d'une « batterie tampon »

Il s'agit d'illustrer l'intérêt, dans un réseau électrocinétique, d'une batterie tampon (ou de secours).

**1.** Une pile notée (**1**), de résistance interne $r_1$ constante, alimente, à partir d'un instant pris comme instant initial $t = 0$ (date de fermeture de l'interrupteur **K**), un résistor **AB**, de résistance $R$ (figure **C.1**). Cette pile présente une force électromotrice (f.é.m.) $e_1(t)$ qui, lorsqu'elle débite, décroît linéairement au cours du temps selon la loi $e_1(t) = e_o - k\,t$, avec $e_o$ et $k$ constantes positives.

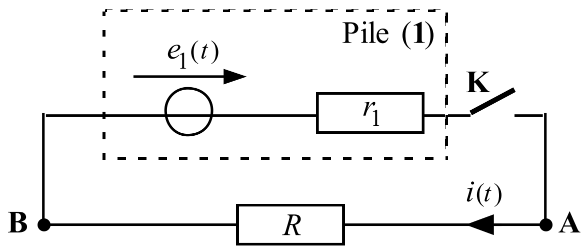



Figure **C.1**

Exprimer, en fonction de certaines des données de l'énoncé ($e_o$, $k$, $r_1$ et $R$), les grandeurs suivantes :
**a)** le courant $i(t)$ qui circule, au temps $t$, dans le résistor **AB** de résistance $R$ ;
**b)** la variation $\eta = di(t)/dt$ de ce courant $i(t)$ avec le temps.

**2.** L'expérience précédente est recommencée, mais avec un montage modifié. Dans le but de stabiliser le courant dans le résistor de résistance $R$, une batterie d'accumulateurs, notée (**2**), de résistance interne $r_2$ et de f.é.m. $e_2$ (caractéristiques constantes pour la durée de l'expérience), est branchée aux bornes du dipôle **AB**. A partir d'un instant pris comme instant initial $t = 0$, l'interrupteur **K** est fermé. La f.é.m. de la pile (**1**) vaut : $e_1(t = 0) = e_o$ à la fermeture de **K**, puis $e_1(t) = e_o - k\,t$ pour $t > 0$ (figure **C.2**, page 5).

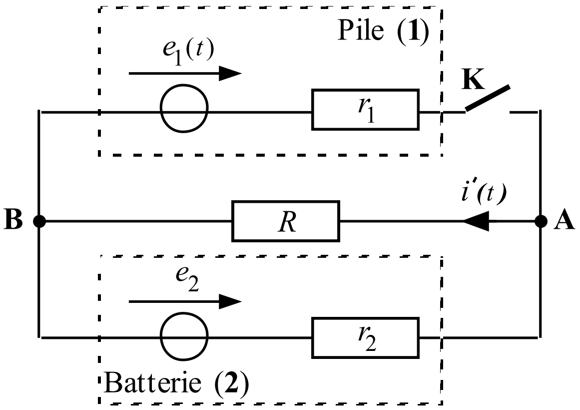



Figure **C.2**

Exprimer, en fonction de certaines des données de l'énoncé ($e_o$, $k$, $e_2$, $r_1$, $r_2$ et $R$), les grandeurs suivantes :

**a)** le courant $i'(t)$ qui circule, au temps $t > 0$, dans le résistor **AB** de résistance $R$ ;

**b)** la variation $\eta' = di'(t)/dt$ de ce courant $i'(t)$ avec le temps.

**3.** Applications numériques : $e_o = 6{,}0$ V ; $k = 5{,}0 \times 10^{-4}$ V s$^{-1}$ ; $e_2 = 4{,}0$ V ; $r_1 = 5{,}0\ \Omega$ ; $r_2 = 1{,}0 \times 10^{-1}\ \Omega$ ; $R = 10\ \Omega$.

**a)** Calculer $i(t{=}0)$ et $i'(t{=}0)$, courants à l'instant initial (date de fermeture de l'interrupteur **K**) dans le résistor de résistance $R$.

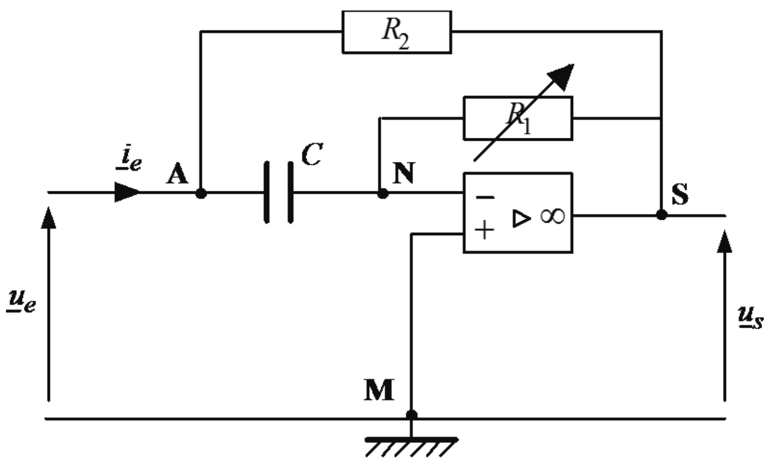
**b)** Comparer les valeurs numériques de $\eta$ et $\eta'$.

**c)** La présence de la batterie (**2**) dans le montage se justifie-t-elle ?

## Partie D
## Montage « multiplicateur » de capacité

Le circuit, représenté par la figure **D.1**, comporte un condensateur de capacité $C$, deux résistors de résistances respectives $R_1$ réglable et $R_2$ constante et un amplificateur opérationnel (AO) idéal, en fonctionnement linéaire. L'objet de l'exercice est de montrer que le dipôle **AM** de la figure **D.1** se comporte comme un dipôle « $R$, $C'$ » (résistance, capacité) en dérivation (ou parallèle), schématisé par la figure **D.2**.

Tous les signaux (tension et intensité) considérés dans cet exercice sont supposés alternatifs sinusoïdaux de pulsation $\omega$ : les grandeurs complexes associées sont soulignées (avec $j^2 = -1$).




⇔

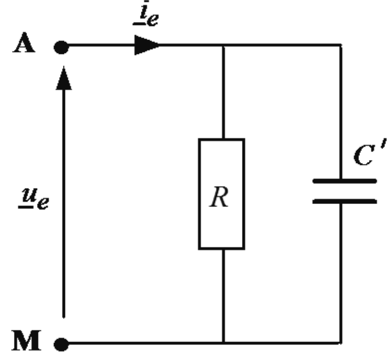



Figure **D.1** Figure **D.2**

Il est rappelé que l'impédance complexe du condensateur s'écrit $\underline{Z}_C = \dfrac{1}{jC\omega}$.

Les données de l'énoncé sont : $R_1$, $R_2$, $C$ et $\omega$.

**1.** Il s'agit d'établir une expression de l'admittance complexe d'entrée, notée $\underline{Y}_e$ (l'inverse de $\underline{Z}_e$, impédance d'entrée), reliant courant et tension d'entrée et définie par $\underline{Y}_e = \dfrac{1}{\underline{Z}_e} = \dfrac{\underline{i}_e}{\underline{u}_e}$, pour le dipôle **AM** schématisé figure **D.1** (page 5).

- **a)** Quelle relation simple existe-t-il entre les potentiels complexes $\underline{V}_N$ (au point **N**) et $\underline{V}_M$ (au point **M**) ? Justifier en deux lignes maximum.
- **b)** Etablir une relation entre les grandeurs $\underline{u}_s$, $\underline{u}_e$, $R_1$ et $\underline{Z}_C$.
- **c)** L'intensité complexe d'entrée $\underline{i}_e$ peut s'écrire sous la forme $\underline{i}_e = \underline{Y}_e\ \underline{u}_e$. Exprimer l'admittance complexe $\underline{Y}_e$ en fonction des données de l'énoncé.

**2.** Le montage de la figure **D.1** (page 5) se comporte comme un dipôle « $R$, $C'$ » en dérivation (ou parallèle). Exprimer, en fonction de $R$, $C'$ et $\omega$, l'admittance complexe d'entrée $\underline{Y'}_e$ du dipôle « $R$, $C'$ » de la figure **D.2** (page 5).

**3.** Par identification des admittances complexes $\underline{Y}_e$ et $\underline{Y'}_e$, exprimer $R$ et $C'$ en fonction de certaines des données de l'énoncé.

**4.** Application numérique : $R_2 = 1{,}0 \times 10^2\ \Omega$.

- **a)** Quelle valeur donner à $R_1$, résistance réglable, pour obtenir une capacité $C' = 10^3\ C$ ?
- **b)** Quel est l'intérêt d'un tel montage ?

**Fin de l'énoncé.**

IMPRIMERIE NATIONALE – 14 1395 – D'après documents fournis