**CONCOURS D'ADMISSION**

**À**

**L'ÉCOLE MILITAIRE INTERARMES**

**EN 2013**

---

# CONCOURS SCIENCES

---

# ÉPREUVE DE SCIENCES PHYSIQUES

***Durée : 4 heures – Coefficient : 10***

**Mercredi 23 janvier 2013 de 14h00 à 18h00**

---

**L'usage de la calculatrice électronique de poche – y compris programmable, alphanumérique ou à écran graphique – à fonctionnement autonome, non imprimante, est autorisée pendant les épreuves.**

# SCIENCES PHYSIQUES

**Le barème donné pour chaque partie ou exercice est un barème indicatif**

## Partie I : Physique (≈ 07/20)

### Exercice 1 : radioactivité artificielle et fission nucléaire (≈ 03/20)

En 1896, Henri Becquerel découvrit fortuitement la radioactivité naturelle de sel d'uranium. Les travaux sur les propriétés des noyaux se multiplièrent ensuite. En 1932, Frédéric Joliot et Irène Curie ont ainsi découvert la radioactivité artificielle. A l'aide d'une source de polonium, émettrice de particules alpha, ils ont bombardé différents éléments dont l'aluminium et le bore. Ils ont ainsi constaté qu'après avoir enlevé la source de polonium, les échantillons d'aluminium et de bore irradiés conservaient une radioactivité durable pendant quelques minutes. Ces éléments naturellement stables étaient devenus radioactifs après l'irradiation par les particules alpha.

#### 1 Le polonium

1.1 Qu'est ce qu'un noyau radioactif ?

1.2 Qu'est ce qu'une particule alpha ?

1.3 Ecrire l'équation de la réaction nucléaire pour une émission alpha d'un noyau de polonium 210 : ${}^{210}_{84}Po$

| élément | thallium | plomb | bismuth | polonium | astate | radon | francium |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| symbole | Tl | Pb | Bi | Po | At | Rn | Fr |
| Nombre de charge Z | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 |

#### 2 Irradiation de l'aluminium :

En présence de la source de polonium, un noyau d'aluminium, composé de 13 protons et 14 neutrons, capture une particule alpha et émet immédiatement un neutron. Le noyau fils obtenu est un isotope instable du phosphore (P) composé de 30 nucléons dont 15 protons. Les produits de cette réaction sont donc le neutron et le noyau de phosphore instable. Le phosphore radioactif se désintègre à son tour en silicium (Si) stable en émettant un positon (ou positron).

2.1 Ecrire l'équation de la réaction nucléaire permettant de passer de l'aluminium stable au phosphore instable.

2.2 Quelle est la définition de noyaux isotopes ?

2.3 Ecrire l'équation de la réaction nucléaire de désintégration du phosphore instable en silicium.

2.4 De quel type de radioactivité s'agit-il ?

2.5 Tracer sur la copie, l'allure du graphe de l'évolution temporelle du nombre de noyaux de phosphore dans un échantillon contenant initialement $N_0$ noyaux de phosphore instable.

2.6 Qu'appelle-t-on période ou demi-vie d'un radioélément ?

2.7 La demi-vie du phosphore ${}^{30}P$ est de 2 min 55s, calculer la constante radioactive $\lambda$ de ce noyau.

## Exercice 2 : questions diverses : (≈ 04/20)

### 1 Les ondes :

1.1 Donner un exemple d'onde mécanique transversale

1.2 Donner un exemple d'onde mécanique longitudinale

Grace à un vibreur électromécanique fixé à l'extrémité d'une corde tendue mesurant 10m de longueur, on étudie la propagation d'une onde sinusoïdale le long de cette corde. Le vibreur est alimenté par un générateur « basses fréquences » (GBF) et on admet que les oscillations mécaniques se font à la même fréquence. Pour tester le dispositif, on débranche le vibreur et on créé manuellement une perturbation à l'extrémité de la corde. On constate que cette perturbation se déplace le long de la corde tendue et qu'elle atteint l'autre extrémité au bout de 0,8s.

1.3 Calculer la célérité de l'onde .

1.4 On admet que cette célérité est la même pour toutes les fréquences utilisées lors des expériences. Comment qualifie-t-on le milieu de propagation ?

1.5 La fréquence du GBF est réglée à 40 Hz, calculer la longueur d'onde.

1.6 Décrire une expérience simple permettant de mettre en évidence le caractère ondulatoire de la lumière

Le classique laser hélium-néon émet une lumière rouge de longueur d'onde dans le vide $\lambda_0$ = 633 nm.

1.7 Calculer la vitesse à laquelle cette radiation se déplace dans du verre d'indice $n_v = 1,5$. (donnée : vitesse de la lumière dans le vide : $c = 3,0.10^8$ m.s$^{-1}$)

1.8 La couleur associée à cette radiation varie-t-elle quand elle traverse le verre ?

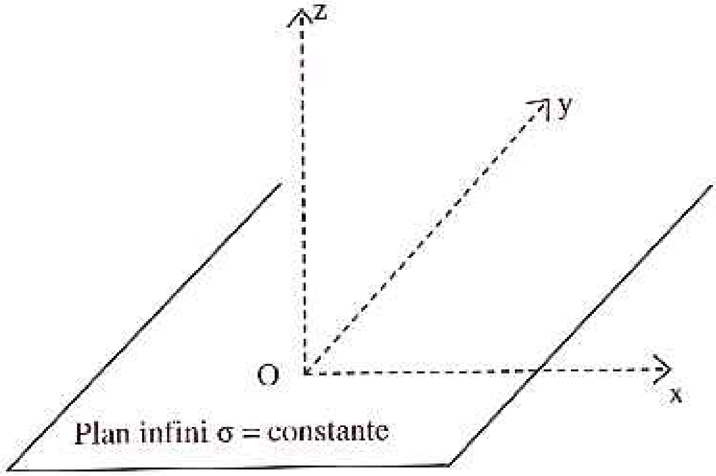
### 2 Electrostatique :

Soient deux charges ponctuelles $q_1$ et $q_2$ situées aux points $P_1$ et $P_2$ distants de r et placées dans le vide de permittivité diélectrique $\varepsilon_0$.

2.1 Donner l'expression vectorielle de la force électrostatique créée par la charge $q_1$ sur la charge $q_2$ et la représenter sur un schéma.

2.2 Enoncer le théorème de Gauss

On considère un plan infini uniformément chargé en surface (densité surfacique de charge $\sigma$). On utilisera le repère du schéma ci-dessous




2.3 Montrer qu'en tout point M de l'espace, le champ électrostatique $\overrightarrow{E(M)}$ est colinéaire au vecteur unitaire $\overrightarrow{e_z}$ de l'axe (Oz)

2.4 Montrer que $\overrightarrow{E(M)}$ ne peut dépendre que de la variable z.

2.5 Déterminer l'expression de $\overrightarrow{E(M)}$ en tout point M de l'espace

2.6 Quelle relation lie le champ électrostatique $\overrightarrow{E(M)}$ et le potentiel électrostatique V(M) en un point M ?

2.7 En supposant que le potentiel est nul sur le plan chargé, déterminer V(M) en tout point de l'espace.

# Partie II : Mécanique (≈ 06/20)

## Etude d'un sismographe :

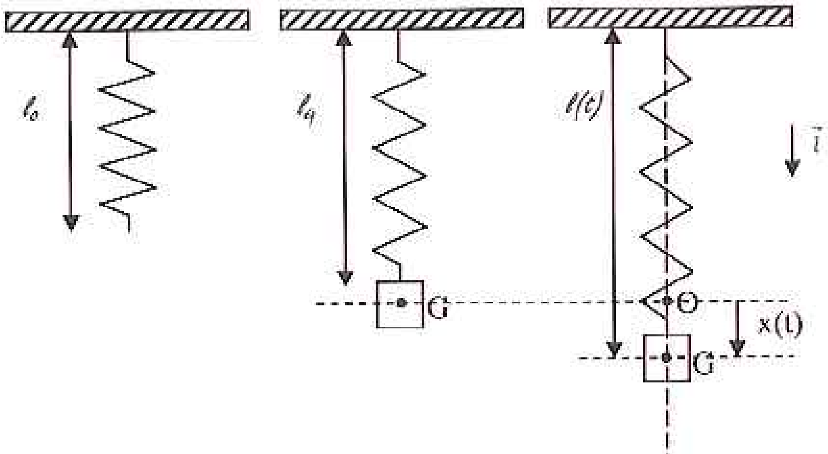
Un sismographe est un appareil permettant de mesurer et d'enregistrer sur un support visuel les mouvements du sol liés au passage d'ondes sismiques. L'objectif de cet exercice est l'étude simplifiée du fonctionnement de cet instrument.

### 1 Partie A : étude du système masse-ressort

On considère un ressort vertical à spires non jointives supposé parfait. Il est donc caractérisé par une constante de raideur k. Un solide S de centre d'inertie G et de masse m, est accroché à son extrémité inférieure.
L'étude est faite dans le référentiel (R) du laboratoire supposé galiléen. L'axe (Ox) de vecteur unitaire $\vec{i}$ est vertical et dirigé vers le bas, le point origine O correspondant à la position à l'équilibre du point G.
On utilise les notations suivantes :

- $\ell_0$ : longueur à vide du ressort
- $\ell_q$ : longueur du ressort à l'équilibre quand le solide S est suspendu et immobile.
- $\ell(t)$ : longueur du ressort à un instant t pendant le mouvement vertical du solide S.
- $x(t) = \ell(t) - \ell_q$ : position du centre d'inertie G du solide S par rapport à la position d'équilibre.

Données numériques : m = 10,0 kg ; k = 0,440 N.m$^{-1}$




1.1 Faire un bilan des forces appliquées au solide S lorsqu'il est à l'équilibre.

1.2 Même question pour une position quelconque de S (longueur du ressort $\ell(t)$ ou position x(t) de G)

1.3 Enoncer la seconde loi de Newton.

1.4 En déduire l'équation différentielle vérifiée par la variable x(t)

1.5 Résoudre cette équation pour les conditions initiales suivantes : $x(t=0) = x_0$ et vitesse initiale nulle.

1.6 Déterminer l'expression littérale de la période propre $T_0$ de cet oscillateur.

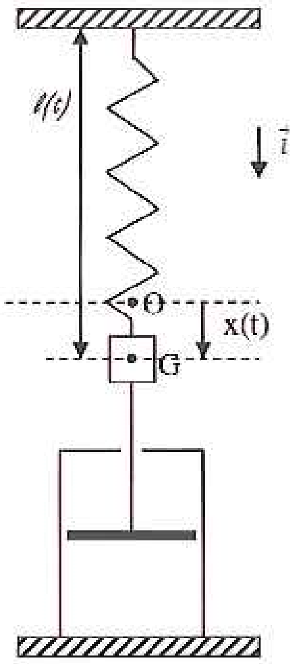
1.7 Faire l'application numérique pour $T_0$.

1.8 Quelle est l'énergie potentielle totale du solide S? On donnera son expression en fonction de m, k, g et x(t) en choisissant comme référence la position d'équilibre du solide S.

1.9 Calculer l'énergie mécanique du solide S dans les conditions initiales décrites en 1.5 et commentez le résultat obtenu.

## 2 Partie B : étude du système masse-ressort-amortisseur

On considère le même système que précédemment (mêmes notations, mêmes données numériques) auquel on a ajouté en série un système d'amortissement par une force de frottement fluide de la forme $\overrightarrow{F_f} = -f\vec{v}$ où f est une constante positive et $\vec{v}$ la vitesse du centre d'inertie du solide S.




2.1 Etablir la nouvelle équation différentielle du mouvement.

2.2 Cette équation est formellement identique à celle obtenue lors de l'étude d'oscillations électriques dans un circuit. De quel circuit électrique s'agit-il ?

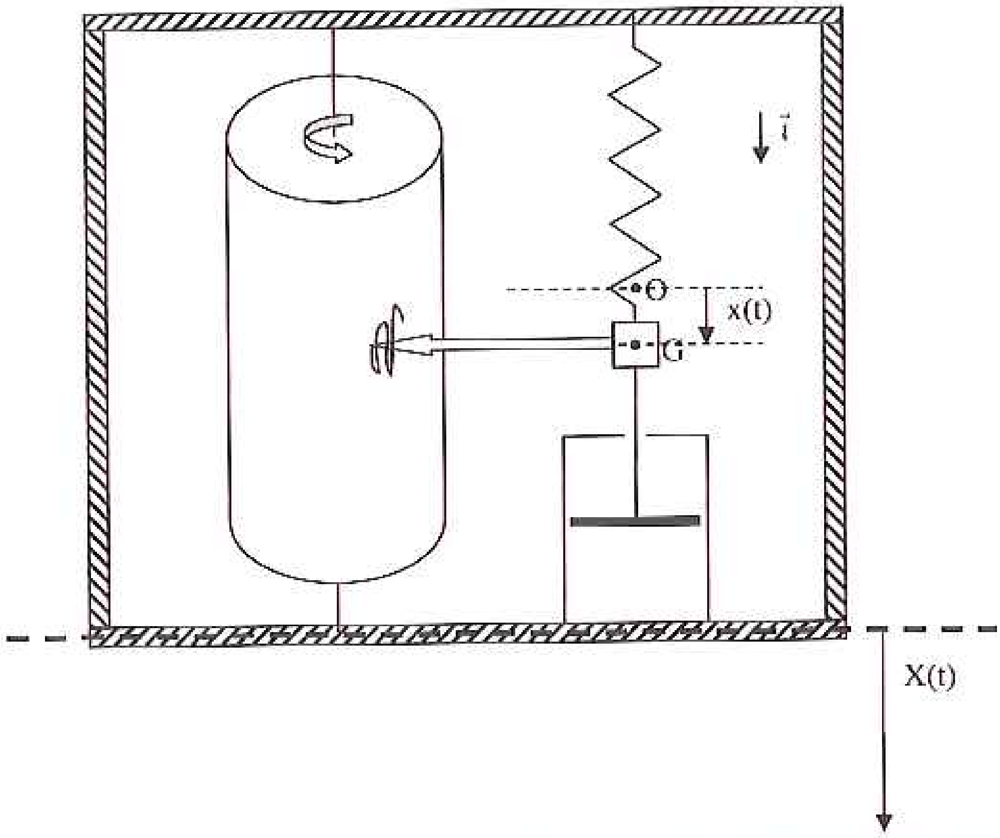
2.3 Si le frottement est faible, quel sera le type de mouvement observé ?

2.4 Tracer sur votre copie l'allure du graphe x = x(t) pour un frottement faible en faisant apparaître sur votre schéma la pseudo-période T de l'oscillateur.

2.5 Quels sont les deux autres régimes d'oscillation que l'on peut observer en augmentant le frottement ?

## 3 Partie C : un sismographe simple :

Le système étudié à la partie B est fixé à l'intérieur d'un boîtier en contact avec le sol.
Le solide S est solidaire d'un stylet qui inscrit les mouvements sur un papier placé sur un cylindre en rotation et fixé au boîtier solidaire du sol.




Lors du passage d'une onde sismique, on considère que le sol et donc le boîtier sont animés d'un mouvement vertical sinusoïdal. On repère la position du boîtier, à partir de sa position au repos, par son abscisse X(t), comptée positivement vers le bas.
Au passage d'une onde sismique, on a donc $X(t) = A\sin\omega t$

3.1 Identifier l'excitateur et le résonateur.

3.2 Expliquer pourquoi le référentiel du laboratoire qui est donc lié au sol et au boîtier et que l'on notera ($R_{boîtier}$) ne peut plus être considéré comme galiléen lorsque qu'une onde sismique passe ?

On distinguera donc dorénavant le référentiel galiléen lié au sol immobile ($R_g$) et le référentiel lié au boitier ($R_{boîtier}$)
La deuxième loi de Newton ou relation fondamentale de la dynamique doit dans ce cas être modifiée par la prise en compte d'une nouvelle force dite force d'inertie d'entrainement $\overrightarrow{F_{ie}} = -m\overrightarrow{a_e}$ où $\overrightarrow{a_e}$ est l'accélération d'entrainement.

3.3 Déterminer l'expression du vecteur $\overrightarrow{a_e}$ et en déduire la force $\overrightarrow{F_{ie}}$.

3.4 En déduire la nouvelle équation différentielle du mouvement du solide S.

La résolution de cette équation n'est pas demandée !

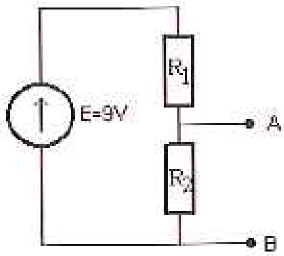
3.5 Quand dit-on qu'il y a résonance ?

3.6 Dans le cas d'un amortissement faible, donner l'allure de la courbe de réponse en amplitude, c'est-à-dire la courbe donnant l'amplitude des oscillations en fonction de la fréquence.

# Partie III : Electronique (≈ 07/20)

Les 3 exercices sont totalement indépendants entre eux. D'une façon générale, pour chaque question on effectuera d'abord les calculs littéraux puis les applications numériques.

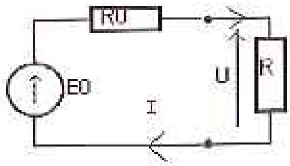
## Exercice 1 : (≈ 02/20)




On souhaite réaliser une source de tension de tension à vide 6 V à partir d'une source de tension de 9 V. Soit donc le circuit ci-contre réalisant cette fonction. On rappelle que la tension à vide entre deux points A et B est la tension en l'absence de charge connectée entre ces deux points.

1) Donner le schéma équivalent de Thévenin vu à gauche entre les points A et B ;
2) On souhaite une tension à vide de 6 V et une résistance interne (résistance de Thévenin) de 50 Ω. Quelles sont les valeurs de $R_1$ et $R_2$ ?

Le schéma de Thévenin obtenu est associé à une résistance R pour former le circuit représenté ci-contre.




3) La charge fonctionne avec une tension minimale Umin de 5 V. Quelles sont alors les valeurs de R admissibles ?
4) On rappelle que la puissance dissipée dans la résistance R, en continu, est donnée par : P=UI.
   a) Calculer cette puissance en fonction de $E_0$, $R_0$ et R.
   b) Calculer la dérivée de P par rapport à R. En annulant cette dérivée, en déduire la valeur de R rendant P maximale.

## Exercice 2 : (≈ 02/20)

Un circuit électrique est constitué de 3 dipôles associés en série : une source de tension idéale notée $V_e$, une résistance R et un condensateur de capacité C.

La source de tension est sinusoïdale avec : $V_e(t) = V_0 \sin \omega t$

On donne $V_0 = 5V$, $R = 1\ k\Omega$ et C= 10nF.

On s'intéresse à la tension Vs(t) définie comme étant la différence de potentiel existant aux bornes du condensateur.

1) Proposer sur un schéma le branchement d'un oscilloscope permettant de visualiser les variations temporelles des tensions $V_e$ et $V_s$.
2) $\underline{V_e}$ et $\underline{V_s}$ désignent les représentations complexes de $V_e(t)$ et $V_s(t)$. On désigne par $H(j\omega)$ le gain complexe du montage défini par :

$$H(j\omega) = \frac{\underline{V_s}}{\underline{V_e}}$$

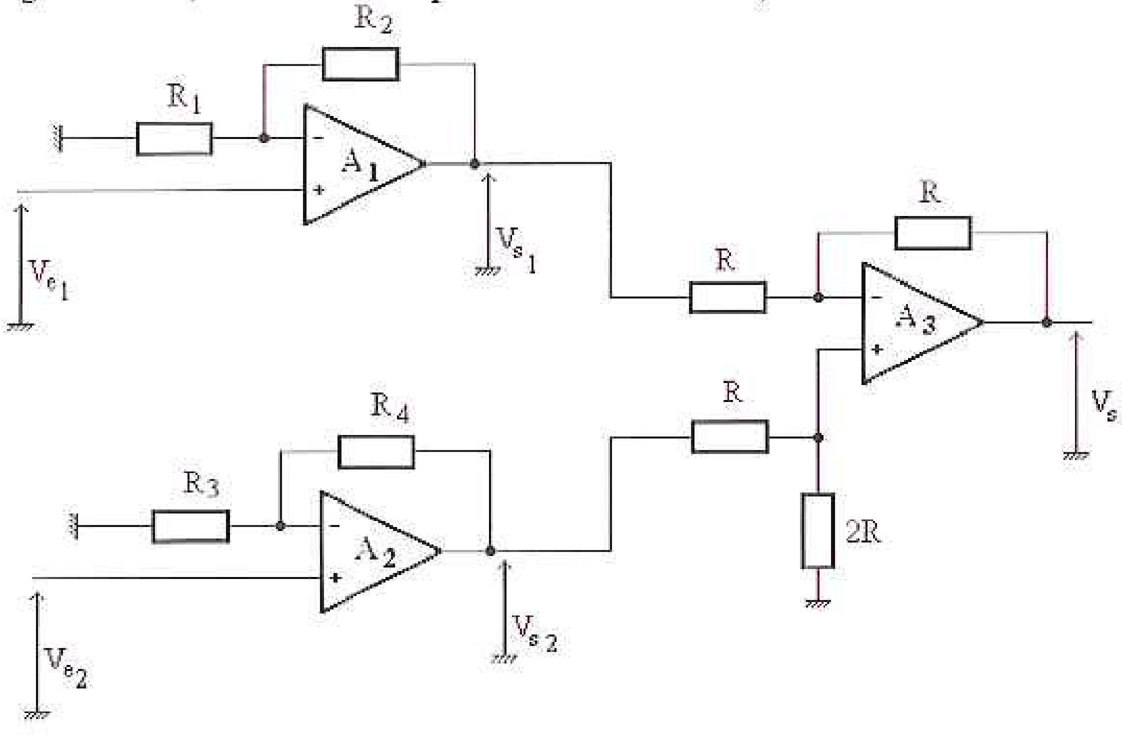
Déterminer $H(j\omega)$ et montrer qu'il peut se mettre sous la forme :

$H(j\omega)=\dfrac{K}{1+j\dfrac{\omega}{\omega_0}}$ ; on déterminera les valeurs de K, $\omega_0$ et $f_0$ la fréquence correspondant à la pulsation $\omega_0$.

3) Donner les expressions du module et de l'argument de $H(j\omega)$.
4) On suppose désormais que la fréquence de la source d'entrée est f = 100 Hz. Comparer cette valeur à celle de $f_0$. En déduire simplement les valeurs approchées prises par le module et l'argument de H à cette fréquence particulière. En déduire enfin l'expression approchée des variations temporelles de la tension de sortie $V_s(t)$.

## Exercice 3 : (≈ 03/20)

On s'intéresse au montage ci-dessous où les 3 amplificateurs opérationnels sont supposés idéaux (gains infinis, bandes passantes infinies, tensions nulles entre les pattes d'entrée + et – en régime linéaire, courants dans les pattes d'entrée + et – nuls).




*1) Etude de l'Ampli Op. $A_1$*
Exprimer $V_{s1}$ en fonction de $V_{e1}$, $R_1$ et $R_2$.
*2) Etude de l'Ampli Op. $A_2$*
Exprimer $V_{s2}$ en fonction de $V_{e2}$, $R_3$ et $R_4$.
*3) Etude de l'Ampli Op. $A_3$*
Exprimer $V_s$ en fonction de $V_{s1}$ et $V_{s2}$ (*Pour cela on aura intérêt à exprimer tout d'abord le potentiel de l'entrée – de A3 en fonction de $V_s1$ et $V_s$, puis le potentiel de l'entrée + en fonction de $V_{s2}$*)
En déduire l'expression de $V_s$ en fonction de $V_{e1}$ et $V_{e2}$ lorsque $R_1 = R_2$ et $R_4 = 2R_3$ et conclure sur la fonction du montage.