



MINISTÈRE  
DE L'ÉCONOMIE, DE L'INDUSTRIE  
ET DE L'EMPLOI

MINISTÈRE  
DU BUDGET, DES COMPTES PUBLICS  
ET DE LA FONCTION PUBLIQUE

# CONCOURS INTERNE POUR LE RECRUTEMENT DE TECHNICIENS SUPÉRIEURS DE L'INDUSTRIE ET DES MINES

SESSION 2009

ÉPREUVE ÉCRITE n°3  
du mercredi 25 février 2009

## PHYSIQUE

**(Durée : 3 heures – coefficient : 2)**

L'usage d'une calculatrice de poche est autorisé (standard, programmable ou alphanumérique) à condition qu'elle soit autonome et qu'elle ne comporte pas de dispositif d'impression, ni de dispositif externe de stockage d'information (cassette, bandes magnétiques, etc.).

**Les notices de fonctionnement ne sont pas autorisées.**

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.

**TOUTE NOTE INFÉRIEURE À 6 SUR 20 EST ÉLIMINATOIRE.**

Les différents exercices de ce sujet sont indépendants et, dans chaque exercice, de nombreuses questions sont indépendantes.

### Exercice I : Détection de la radioactivité

Le tube compteur Geiger Müller est un appareil permettant la mise en évidence d'un rayonnement radioactif. Il est constitué d'un tube cylindrique rempli d'argon sous faible pression, dans lequel un fil conducteur est tendu le long de son axe (le schéma est représenté sur la figure 1). Une tension  $U$  de quelques centaines de volts est appliquée en permanence entre la paroi cylindrique du tube, qui sert de cathode, et le fil, qui joue le rôle de l'anode via un conducteur ohmique de résistance  $R$ .

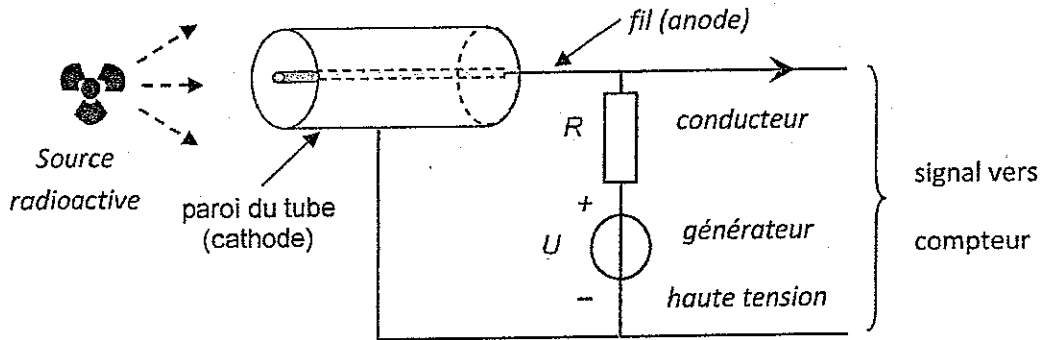


Figure 1

#### I.1. Circuit RC

Le tube constitué de la paroi extérieure et du fil central, rempli d'argon, soumis à la tension  $U = 500 \text{ V}$ , forme un condensateur de forme cylindrique, de faible capacité  $C = 1,0 \cdot 10^{-11} \text{ F}$ . L'association du tube et du conducteur ohmique constitue donc un circuit RC série schématisé sur la figure 2 ci-dessous.

Par souci de simplification, le tube est modélisé par un condensateur plan.

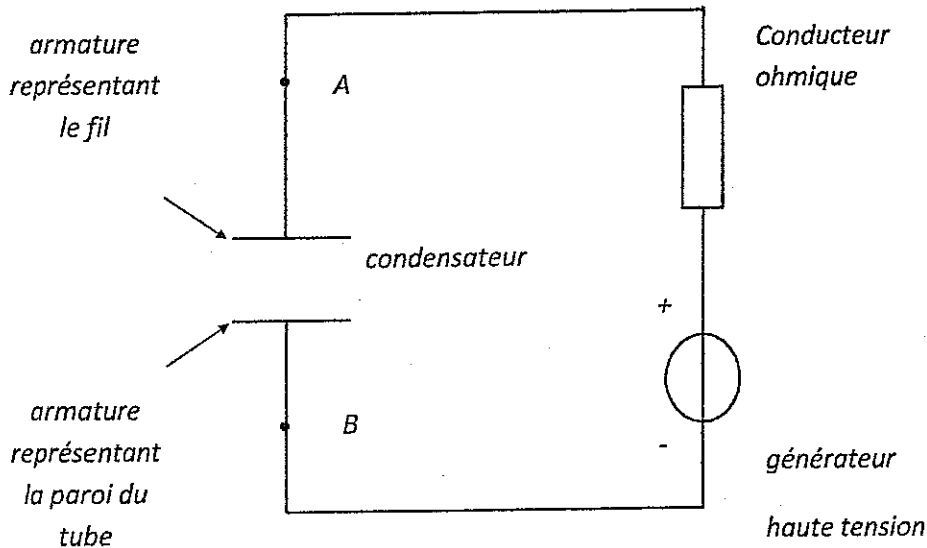


Figure 2

I.1.1. Sur le schéma électrique du circuit reproduit en ANNEXE, représenter la flèche tension  $u_c$  aux bornes du condensateur en respectant la convention récepteur,  $q$  désignant la charge du condensateur.

I.1.2. Rappeler l'expression de l'intensité  $i$  du courant électrique circulant dans le circuit en fonction de la charge  $q$ .

En déduire la valeur de l'intensité  $I$  du courant, une fois que le condensateur a atteint sa charge maximale  $Q$ . Justifier.

I.1.3. Calculer la valeur de la charge  $Q$  du condensateur dans ces conditions.

I.1.4. En raisonnant sur le schéma simplifié de l'annexe à rendre avec la copie, indiquer par des signes (+) et (-), la répartition des charges sur les armatures du condensateur lorsqu'il est chargé.

## I.2. Impulsion de décharge

Dans le tube, une particule émise par désintégration radioactive ionise des atomes d'argon sur sa trajectoire. Chaque atome ionisé donne naissance à deux particules : un ion argon et un électron. Les ions positifs dérivent vers la paroi du tube. Les électrons sont accélérés vers le fil et provoquent par collisions successives d'autres ionisations. Il en résulte alors une brève diminution de tension entre les électrodes du tube, appelée « impulsion de décharge ». Un compteur enregistre le nombre d'impulsions relevées pendant une durée de comptage donnée.

I.2.1. La durée moyenne d'une impulsion de décharge consécutive à la détection d'une particule est  $\Delta t = 0,10$  ms. Pour un bon fonctionnement du compteur Geiger Müller, la valeur de la constante de temps  $\tau$  du circuit RC vérifie la condition :  $\tau = 2 \Delta t$ . Calculer la valeur de la résistance  $R$ .

I.2.2. Montrer que la charge de l'anode diminue pendant la traversée de la particule.

I.2.3. Expliquer l'affirmation du texte : « Il en résulte alors une brève diminution de tension entre les électrodes du tube ».

I.2.4. Pour modéliser le phénomène, on considère que le passage de la particule dans le tube engendre  $N$  électrons et  $N$  ions argon. Montrer que la diminution de tension entre les bornes du condensateur est :

$$\Delta u_c = -\frac{Ne}{C} \quad \text{avec } e : \text{ charge élémentaire.}$$

## Exercice II : Risques liés à l'utilisation de l'oxyde d'éthylène

L'oxyde d'éthylène est utilisé dans de nombreuses industries chimiques comme matière première pour la fabrication de produits d'entretien, de peintures, de lubrifiants...C'est un gaz incolore, neurotoxique et irritant. L'oxyde d'éthylène a pour formule brute  $C_2H_4O$ .

Ce gaz, comprimé sous une pression  $P_1 = 1,25 \cdot 10^5$  Pa est stocké à  $15^\circ C$  dans une cuve cylindrique située dans un atelier de fabrication d'une usine de peinture.

### Données :

Dimensions de la cuve de stockage : Hauteur  $H = 3$  m ; Diamètre  $D_1 = 1,5$  m.

Dimensions de l'atelier de fabrication : Longueur  $L_2 = 10$  m ; Largeur  $l_2 = 6$  m ; Hauteur  $H_2 = 5$  m

II.1.1. Quel est le volume  $V_1$  de la cuve de stockage ?

II.1.2. En considérant que l'oxyde d'éthylène est un gaz parfait, calculer le nombre de moles contenu dans la cuve de stockage.

On donne :

- la constante des gaz parfaits :  $R = 8,314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$ .
- $T(K) = \theta (^\circ C) + 273$ .

II.1.3. Quel volume  $V_2$  l'oxyde d'éthylène occuperait-il dans les conditions de température et de pression suivantes :  $20^\circ C$  et  $P_2 = 1,0 \cdot 10^5$  Pa.

II.1. 4. Quel pourcentage représente ce volume  $V_2$  par rapport au volume de l'atelier ?

II.2. Mal refermée, la cuve laisse entièrement échapper l'oxyde d'éthylène dans l'atelier de fabrication. L'atelier se trouve à  $20^\circ C$  sous la pression  $P_2 = 1,0 \cdot 10^5$  Pa. Les limites inférieure et supérieure d'explosivité avec l'air d'un gaz ou d'une vapeur combustible sont les concentrations limites qui permettent que celui-ci s'enflamme et explose.

On donne pour l'oxyde d'éthylène :

- sa limite inférieure d'explosivité avec l'air LIE = 3 %
- sa limite supérieure d'explosivité avec l'air LSE = 100 %

Y a-t-il explosion ?

II.3. Des employés doivent intervenir pour une réparation dans cet atelier suite à la fuite. On appelle VLE( valeur limite d'exposition) la concentration d'une substance toxique au-delà de laquelle des problèmes de santé peuvent survenir. Pour l'oxyde d'éthylène  $VLE = 10 \text{ cm}^3.\text{m}^{-3}$ .

En considérant que le mélange est homogène, calculer la concentration en  $\text{cm}^3.\text{m}^{-3}$  d'oxyde d'éthylène dans l'atelier. Conclure.

### Exercice III : Traitement de fumées industrielles

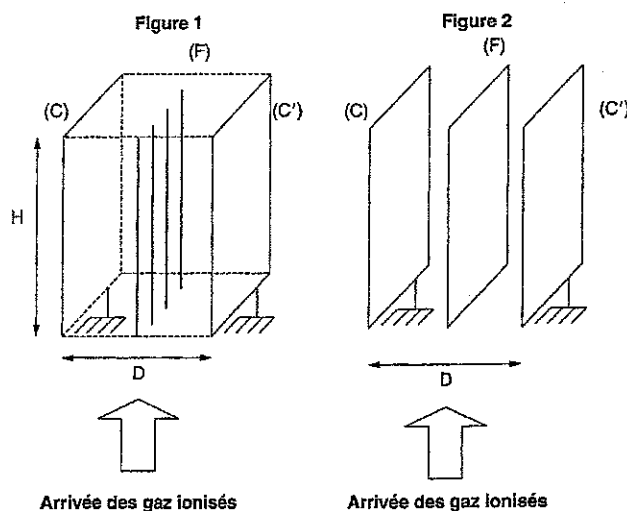
La précipitation électrostatique est utilisée pour traiter les fumées rejetées par les centrales thermiques. Les gaz passent dans des canaux métalliques verticaux. Sur la figure 1 ci-après, un canal métallique est représenté par deux parois métalliques (C) et (C'), planes, verticales, parallèles et reliées à la terre de potentiel électrique nul ( $V_C = V_{C'} = 0 \text{ V}$ ). La distance entre ces plaques (C) et (C') est  $D = 2d = 40 \text{ cm}$ , leur hauteur H est de plusieurs mètres.

Dans le plan de symétrie vertical des canaux, sont tendus, à intervalles réguliers, des fils verticaux notés F, très rapprochés et isolés, maintenus chacun à un potentiel électrique  $V_F = -50 \text{ kV}$ . L'ensemble ainsi modélisé est équivalent à deux condensateurs plans :

L'un formé par les plaques (C) et (F),

L'autre par les plaques (C') et (F).

Juste à l'entrée de ces canaux, un dispositif ionisant permet de charger négativement les particules en suspension dans le gaz. Les particules chargées sont déviées par les forces électrostatiques (ou électriques) vers les parois verticales reliées à la terre. Par vibration, on provoque la chute des particules qu'on récupère pour les éliminer.



Données supplémentaires :

On considère que l'action d'une force de valeur  $F_1$  peut être négligée par rapport à celle d'une force de valeur  $F_2$  si  $F_2 > 100 F_1$ .

Intensité du champ de pesanteur  $g = 10 \text{ N.kg}^{-1}$ .

Le référentiel terrestre d'étude est supposé galiléen.

#### 1-Trajectoire d'une particule

Une particule ponctuelle, de masse  $m$  et de charge  $q$  négative, pénètre avec une vitesse de valeur  $v_0$ , en un point O situé entre les plaques (C) et (F) ; O est équidistant de ces plaques (C) et (F).

Le vecteur  $\vec{v}_0$  est parallèle à l'axe vertical Oz représenté sur la figure 3 (fournie en annexe et à rendre avec la copie). La trajectoire de la particule se trouve dans le plan contenant le repère  $(O, \vec{i}, \vec{k})$ . L'origine des dates est choisie lorsque la particule pénètre en O entre les plaques. On suppose, dans cette question, que la particule n'est soumise, entre les deux plaques, qu'à l'action de la force électrostatique (ou électrique) notée  $\vec{F}$ .

III.1.1. Exprimer la valeur E du vecteur champ électrostatique (ou électrique)  $\vec{E}$  créée entre les deux plaques (C) et (F) en fonction de la tension  $U = V_C - V_F$ .

III.1.2. Représenter ce vecteur  $\vec{E}$  sans souci d'échelle sur la figure 3.

III.1.3. Ecrire la relation entre le vecteur force électrostatique  $\vec{F}$  et le vecteur champ électrostatique  $\vec{E}$ . Représenter le vecteur force sur la figure 3 lorsque la particule est en O.

III.1.4. Ecrire, en nommant la loi utilisée, la relation vectorielle entre l'accélération  $\vec{a}$  de la particule et la force électrostatique  $\vec{F}$ .

III.1.5. Compléter le tableau **fourni en annexe** en donnant les expressions littérales de chacune des coordonnées sur les axes Ox et Oz des différentes grandeurs (champ électrostatique, force électrostatique, accélération, vitesse initiale) en fonction de U, d, m, q et  $v_0$  ainsi que leurs unités dans le système international.

III.1.6. Etablir les équations horaires x(t) et z(t) du mouvement de la particule.

III.1.7. L'équation de la trajectoire de la particule est de la forme :  $x = K z^2$ .

III.1.7.a. Etablir l'équation de la trajectoire à partir des équations horaires.

III.1.7.b. Identifier et donner le signe de la constante K.

III.1.7.c. Représenter, sans souci d'échelle, l'allure de cette trajectoire sur la figure 3.

## 2- Application au traitement des fumées

III.2. Sur la figure 3, représenter, sans justification :

III.2.1. le vecteur champ électrostatique  $\vec{E}'$  entre les plaques (F) et (C').

III.2.2. l'allure de la trajectoire d'une particule chargée négativement arrivant en O' avec un vecteur vitesse  $\vec{v}'_0$ .

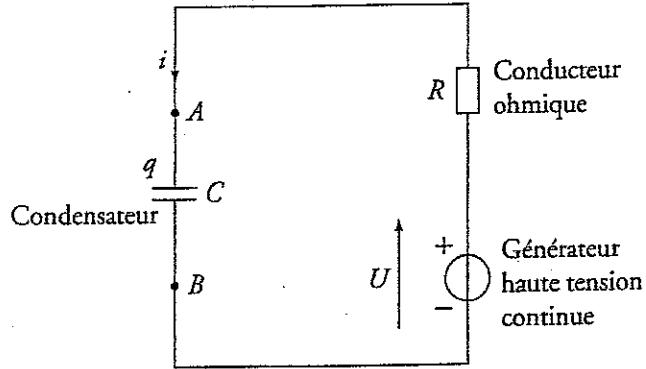
III.2.3. L'ordre de grandeur de la charge électrique est le nanocoulomb. Evaluer la masse maximale d'une particule pour que l'action de son poids soit négligeable devant celle de la force électrostatique.

III.2.4. Justifier alors brièvement et sans calcul la phrase en gras du texte introductif de l'énoncé.

III.2.5. Quel est l'intérêt du traitement des fumées malgré le surcoût de fabrication de la centrale ?

**ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE**  
**Attention cette annexe ne doit comporter ni nom ni signe distinctif.**

Exercice I :



Exercice III :

	Coordonnée sur l'axe (Ox)	Coordonnée sur l'axe (Oz)	Unité dans le système international
Champ électrostatique	$E_x =$	$E_z =$	
Force électrostatique	$F_x =$	$F_z =$	
Accélération	$a_x =$	$a_z =$	
Vitesse initiale	$V_{0x} =$	$V_{0z} =$	

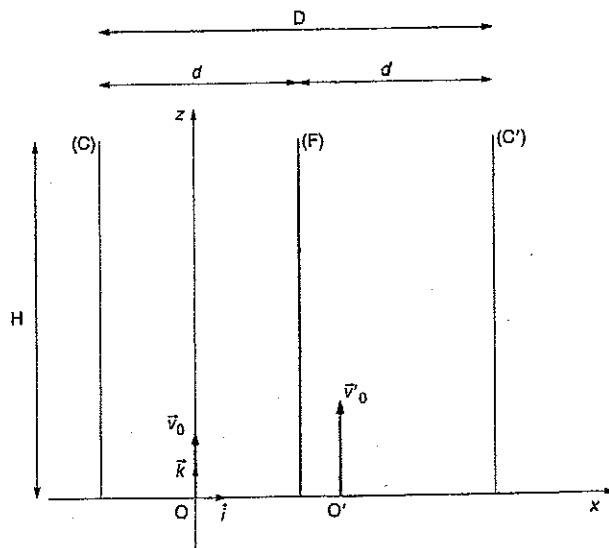


Figure 3