

# BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2001

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 6



**L'épreuve a été conçue pour être traitée SANS calculatrice**

**L'usage des calculatrices N'EST PAS autorisé**

**Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré**

*Les données sont en italique*

Ce sujet comporte deux exercices de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 10 pages numérotées de 1 à 10, y compris celle-ci. Les annexes 1 relative à l'exercice II (page 9) et 2 relative à l'exercice III (page 10) SONT À RENDRE AVEC LA COPIE.

**Le candidat doit traiter les quatre exercices, qui sont indépendants les uns des autres :**

- I. Hydrodistillation de l'estragon
- II. Acides et bases en questions
- III. Une application industrielle du champ électrostatique
- IV. Étude de la décharge d'un condensateur



### Questions

- 2.1. Quel est le rôle de l'eau introduite dans le ballon ?
- 2.2. Dans le schéma du montage d'hydrodistillation, nommer les différentes parties numérotées de 1 à 5 et préciser la fonction des tubulures latérales du dispositif 4.
- 2.3. Justifier l'ajout du chlorure de sodium au distillat en utilisant les données.
- 2.4.
  - 2.4.1. Faire le schéma de l'ampoule à décanter, après agitation et décantation. Préciser les positions de la phase aqueuse et de la phase organique. Justifier à partir des données.
  - 2.4.2. Quelle précaution liée à la sécurité doit-on prendre lors de l'agitation de l'ampoule à décanter ?
  - 2.4.3. Pourquoi après décantation récupère-t-on la phase organique plutôt que la phase aqueuse ?
- 2.5. Quel est le rôle du sulfate de magnésium anhydre ?

### 3. Chromatographie sur couche mince (CCM)

On se propose de vérifier la présence d'estragole dans l'essence d'estragon obtenue par hydrodistillation, ainsi que dans des essences d'estragon, de basilic et d'anis vert du commerce.

On souhaite vérifier simultanément la présence d'anéthole dans l'essence d'anis.

#### Mode opératoire

On réalise les six solutions suivantes dans le cyclohexane :

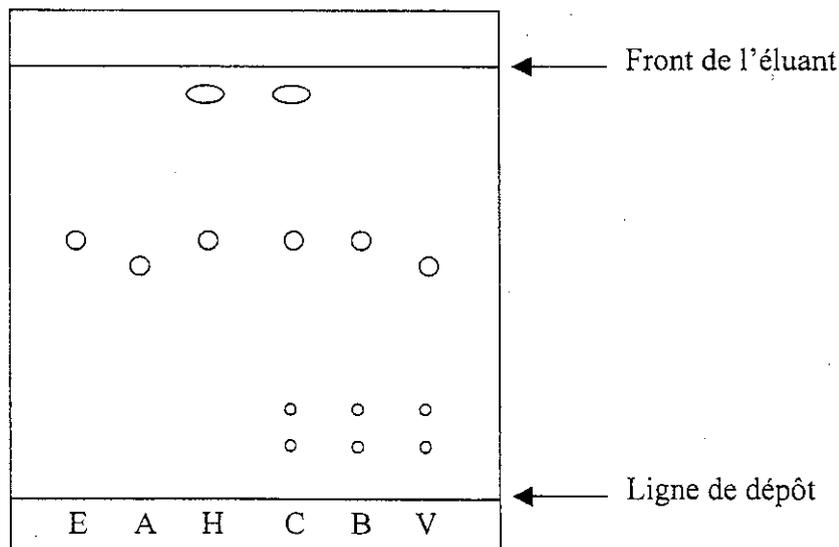
- |                           |  |  |
|---------------------------|--|--|
| - une d'estragole pur : E |  | - une d'essence d'estragon du commerce : C   |
| - une d'anéthole pur : A  |  | - une d'essence de basilic du commerce : B   |
| - une de la solution H    |  | - une d'essence d'anis vert du commerce : V. |

Sur une plaque de silice sensible au rayonnement ultra-violet, on effectue les dépôts de chacune de ces six solutions.

L'éluant est un mélange de cyclohexane à 97,5% et d'acétate d'éthyle à 2,5% en volume.

La plaque est révélée avec une lampe émettant des radiations ultraviolettes.

Le chromatogramme est reproduit ci-après :



Le chromatogramme permet-il toutes les vérifications attendues ? Justifier.

L'exercice est un **QUESTIONNAIRE À CHOIX MULTIPLES**. À chaque question peuvent correspondre aucune, une ou plusieurs propositions exactes.

Pour chacune des questions, chaque proposition doit être étudiée ; inscrire **EN TOUTES LETTRES "VRAI" ou "FAUX"** dans la case correspondante du tableau donné dans l'annexe 1 de la page 9/10 (**À RENDRE AVEC LA COPIE**). Les réponses fausses et l'absence de réponses seront pénalisées. Aucune justification n'est demandée.

Les solutions aqueuses sont à 25 °C et ont toutes une concentration égale à  $10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ .

Le logarithme décimal est noté lg.

**Question 1 :**

Parmi les couples acide/base ci-dessous, quel est ou quels sont, celui ou ceux correctement écrit(s) ?

- a)  $\text{H}_2\text{O} / \text{H}_3\text{O}^+$ ;
- b)  $\text{H}_2\text{O} / \text{HO}^-$ ;
- c)  $\text{H}_3\text{O}^+ / \text{HO}^-$ ;
- d)  $\text{HO}^- / \text{H}_3\text{O}^+$ .

**Question 2 :**

La relation qui relie le pH d'une solution d'acide faible HA au  $\text{pK}_a$  du couple HA/A<sup>-</sup> peut s'écrire :

- a)  $\text{pK}_a = \text{pH} + \lg \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$ ;
- b)  $\text{pH} = \text{pK}_a - \frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-]}$ ;
- c)  $\text{pK}_a = \text{pH} + \lg \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]}$ ;
- d)  $\text{pH} = \text{pK}_a + \lg \frac{[\text{A}^-]}{[\text{H}_3\text{O}^+]}$ .

**Question 3 :**

Une base est une espèce chimique capable :

- a) d'accepter un proton ;
- b) de céder un électron ;
- c) de céder un proton ;
- d) d'accepter un électron.

**Question 4 :**

Une solution aqueuse d'un monoacide a pour concentration  $c = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$  :

- a) si  $[\text{H}_3\text{O}^+] < c$ , alors l'acide est faible ;
- b) si  $[\text{H}_3\text{O}^+] > c$ , alors l'acide est fort ;
- c) si  $\text{pH} = 2$ , alors l'acide est fort ;
- d) si  $\text{pH} = 3$ , alors la réaction de l'acide avec l'eau est totale.

**Question 5 :**

Soient deux monobases faibles différentes. En solution aqueuse, à la même concentration et à la même température, la base la plus forte des deux est celle :

- a) dont la solution possède le pH le plus élevé ;
- b) dont la solution possède le pH le moins élevé ;
- c) dont le rapport  $\frac{K_a}{K_e}$  est le plus petit ;
- d) dont le rapport  $\frac{K_a}{K_e}$  est le plus grand.

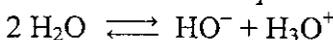
**Question 6 :**

Soit une solution d'acide HA dont le  $\text{pK}_a$  du couple associé vaut 4,2 :

- a) l'espèce A<sup>-</sup> prédomine pour  $\text{pH} = 6,2$  ;
- b) l'espèce HA prédomine pour  $\text{pH} = 5,5$  ;
- c) les espèces A<sup>-</sup> et HA sont en quantité égale pour  $\text{pH} = 4,2$  ;
- d) aucune des espèces A<sup>-</sup> et HA ne prédomine à  $\text{pH} = 7,0$ .

**Question 7 :**

Soit la réaction d'équation-bilan :



- a) elle correspond à la réaction entre un acide fort et une base forte ;
- b) la constante associée vaut  $10^{-14}$  à 25°C ;
- c) elle est appelée réaction d'autoprotolyse de l'eau ;
- d) n'a lieu que dans l'eau pure.

**Question 8 :**

On réalise le dosage d'une solution d'acide éthanoïque ou acétique (le  $\text{pK}_a$  du couple associé vaut 4,8) par une solution de soude :

- a) le pH à l'équivalence est égal à 4,8 ;
- b) le pH à l'équivalence est égal à 7,0 ;
- c) à la demi-équivalence, le pH est égal à 2,4 ;
- d) à la demi-équivalence, le pH est égal à 3,5.

### III. UNE APPLICATION INDUSTRIELLE DU CHAMP ÉLECTROSTATIQUE (6 points)

#### Présentation du dispositif :

La précipitation électrostatique est pratiquement la seule utilisable pour traiter les fumées rejetées par les centrales thermiques.

Les gaz passent dans des canaux métalliques verticaux.

Sur la figure 1 ci-dessous, 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  $V_F = -50 \text{ kV}$ .

Sur la figure 2 ci-dessous, l'ensemble de ces fils est modélisé, dans une première approximation, par une plaque (F) verticale, parallèle à (C) et (C'), équidistante de (C) et (C') et portée au potentiel  $V_F = -50 \text{ kV}$ . L'ensemble ainsi modélisé est équivalent à deux condensateurs plans :

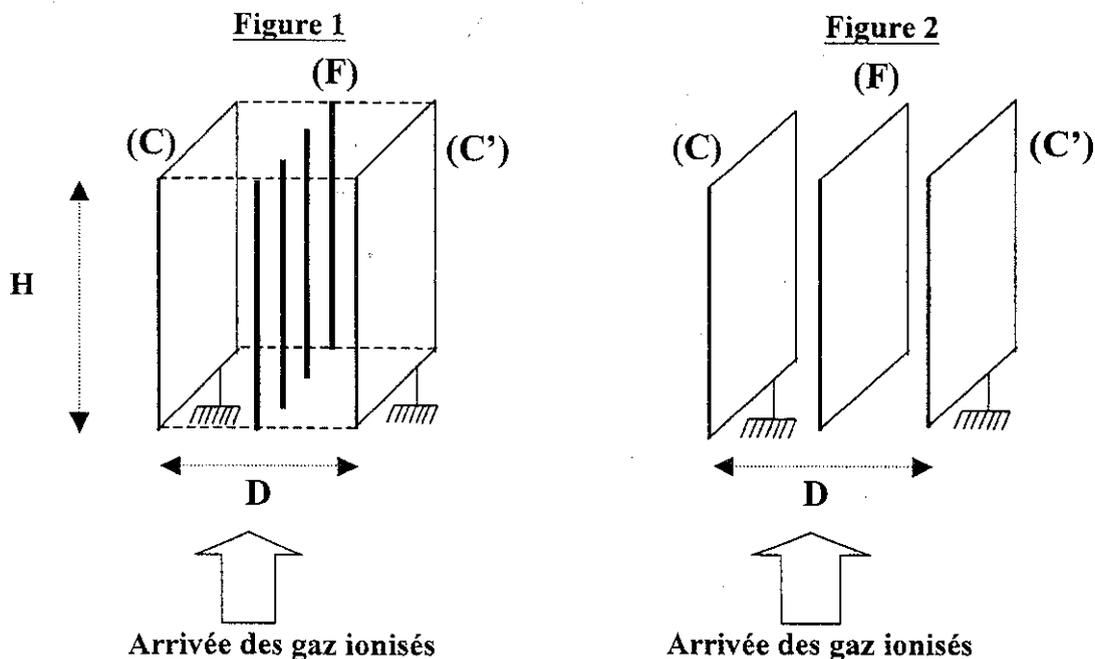
- l'un, formé par les plaques (C) et (F),
- l'autre, par les plaques (C') et (F).

Juste à l'entrée de ces canaux, un dispositif ionisant permet de charger négativement les particules en suspension dans les 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.

De telles installations de précipitation des fumées sont très coûteuses et peuvent représenter près de 10 % du prix de fabrication de la centrale thermique.



#### 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  $g \approx 10 \text{ N.kg}^{-1}$ .

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 de l'annexe 2 de la page 10/10 (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  $\vec{F}$ .

#### 1.1.

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

1.1.2. Représenter ce vecteur  $\vec{E}$  sans souci d'échelle sur la **figure 3 de l'annexe 2 de la page 10/10 (À RENDRE AVEC LA COPIE)**.

1.2. Écrire la relation entre le vecteur force électrostatique  $\vec{F}$  et le vecteur champ électrostatique  $\vec{E}$ .  
Représenter le vecteur force sur la **figure 3 de l'annexe 2 de la page 10/10** lorsque la particule est en  $O$ .

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

1.4. Compléter le tableau de l'annexe 2 de la page 10/10 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.

1.5. Établir les équations horaires  $x(t)$  et  $z(t)$  du mouvement de la particule.

1.6. L'équation de la trajectoire de la particule est de la forme :  $x = Kz^2$ .

1.6.1. Établir l'équation de la trajectoire à partir des équations horaires.

1.6.2. Identifier et donner le signe de la constante  $K$ .

1.6.3. Représenter, sans souci d'échelle, l'allure de cette trajectoire sur la **figure 3 de l'annexe 2 de la page 10/10**.

### 2. Application au traitement des fumées

2.1. Sur la **figure 3 de l'annexe 2 de la page 10/10**, représenter, sans justification :

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

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

2.2. L'ordre de grandeur de la charge électrique de la particule est le nanocoulomb.

Évaluer la masse maximale d'une particule pour que l'action de son poids soit négligeable devant celle de la force électrostatique.

2.3. Justifier alors brièvement et sans calcul la phrase de l'énoncé « *Présentation du dispositif* » qui est soulignée dans l'encadré.

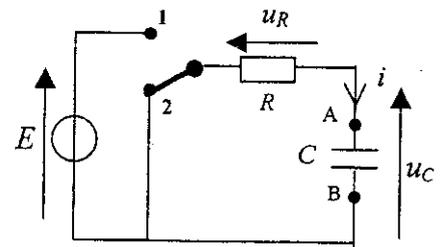
2.4. Quel est l'intérêt du traitement des fumées malgré le surcoût de fabrication de la centrale ?

#### IV. ÉTUDE DE LA DÉCHARGE D'UN CONDENSATEUR (5 points)

Le montage ci-contre permet d'étudier l'évolution de la tension  $u_C$  aux bornes d'un condensateur de capacité  $C$  en série avec une résistance  $R$ .

Le commutateur (interrupteur à plusieurs positions) a deux positions possibles repérées par 1 et 2.

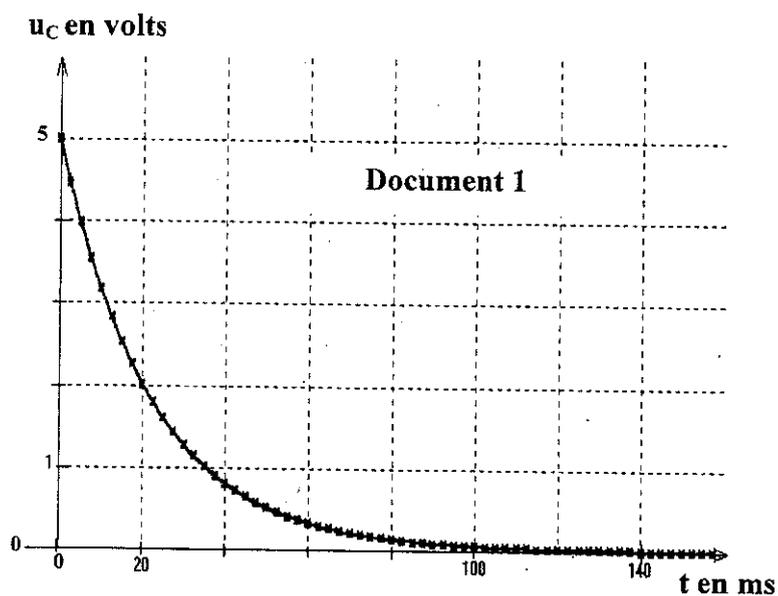
Une interface, reliée à un ordinateur, permet de saisir les valeurs instantanées de cette tension  $u_C$ .



Initialement, le commutateur est depuis longtemps en position 2 et le condensateur est déchargé.

Donnée :  $E = 5,0 \text{ V}$ .

1. Dès lors, comment faut-il manipuler le commutateur pour obtenir la courbe du **document 1** ci-dessous donnant l'évolution de la tension  $u_C$  aux bornes du condensateur en fonction du temps ?



- 2.
- 2.1. En respectant les conventions d'orientations du schéma du circuit :
- 2.1.1. préciser le signe de l'intensité  $i$  du courant lors de la décharge ;
  - 2.1.2. écrire la relation entre l'intensité  $i$  du courant et la tension  $u_R$  ;
  - 2.1.3. écrire la relation entre la charge  $q$  de l'armature A du condensateur et la tension  $u_C$  ;
  - 2.1.4. écrire la relation entre l'intensité  $i$  et la charge  $q$  ;
  - 2.1.5. écrire la relation entre les tensions  $u_R$  et  $u_C$  lors de la décharge.
- 2.2. En déduire que, lors de la décharge, l'équation différentielle vérifiée par la tension  $u_C$  est de la forme :

$$u_C + \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{du_C}{dt} = 0$$

- 2.3. Identifier le rapport  $\frac{1}{\alpha}$ .
- 2.4. Ce rapport est appelé constante de temps  $\tau$  du dipôle RC.  
En recherchant son unité, justifier cette appellation.

3. La solution de l'équation différentielle précédemment établie est de la forme :

$$u_C = E \cdot e^{-\alpha t}$$

3.1. La tension  $u_C$  est exprimée en volts. Établir l'expression du logarithme népérien de sa valeur, notée  $\ln u_C$ .

On rappelle que  $\ln ab = \ln a + \ln b$  ;

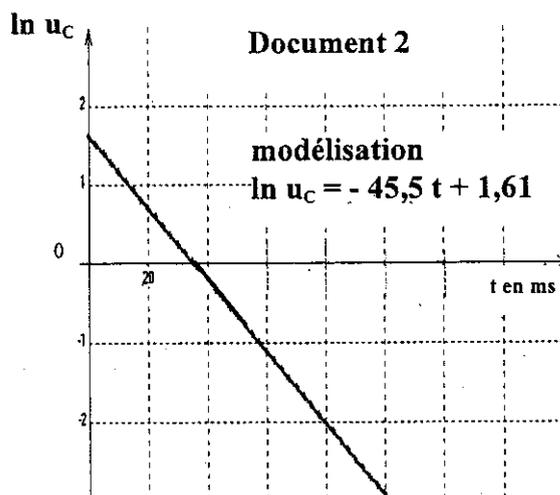
$\ln a^x = x \cdot \ln a$  ;  $\ln e = 1$ .

3.2. On a tracé, à l'aide d'un logiciel, la courbe représentant  $\ln u_C$  en fonction du temps (document 2 ci-contre)

3.2.1. Montrer que l'allure de cette courbe est en accord avec l'expression obtenue en 3.1.

3.2.2. Avec laquelle des trois valeurs proposées pour la constante de temps  $\tau$ , les résultats de la modélisation vous semblent-ils en accord ?

$\tau = 0,46 \text{ ms}$  ;  $\tau = 2,2 \text{ ms}$  ;  $\tau = 22 \text{ ms}$



4. Le logiciel permet de créer deux nouvelles grandeurs :

$p = 100 \frac{u_C}{E}$  représentant le pourcentage de charge restant à la date  $t$

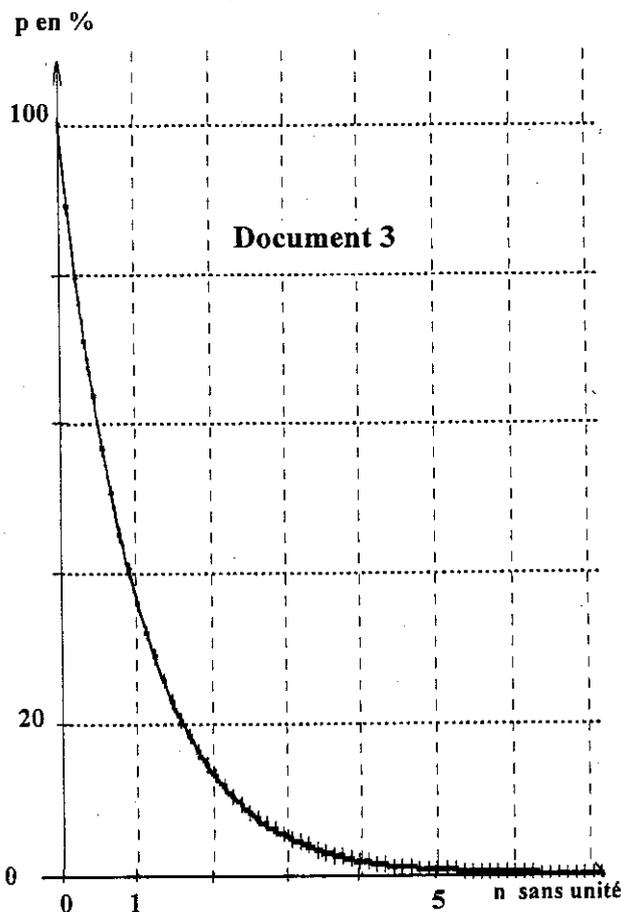
$n = \alpha t = \frac{t}{\tau}$  représentant la durée de la décharge en unités de constante de temps (c'est à dire quand  $t = \tau$ ,  $n = 1$  ;  $t = 2\tau$ ,  $n = 2$ , etc ...).

La courbe du document 3 ci-contre représente  $p$  en fonction de  $n$ .

4.1. Pour  $n = 1$ , déterminer graphiquement le pourcentage de charge restante.

4.2. Pour quelle valeur de  $n$ , la décharge peut-elle être considérée comme terminée ?

4.3. Quelle est la durée minimale pendant laquelle le commutateur doit rester dans la position convenable pour que la charge du condensateur puisse être considérée comme totale ?

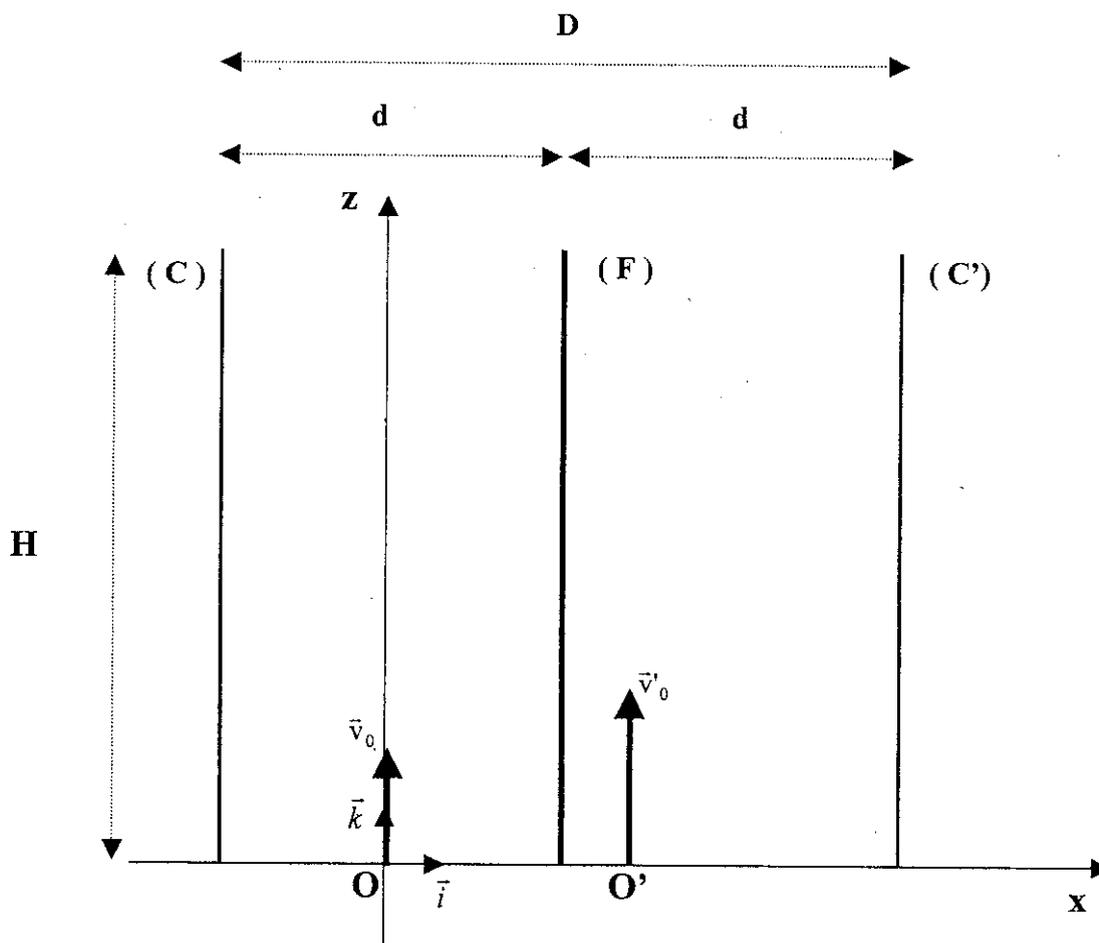


**ANNEXE 1 RELATIVE À L'EXERCICE II**  
**À RENDRE AVEC LA COPIE**

réponses questions	a	b	c	d
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

**ANNEXE 2 RELATIVE À L'EXERCICE III  
À RENDRE AVEC LA COPIE**

**Figure 3**



	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	$v_{0x} =$	$v_{0z} =$	