

# Devoir Surveillé 3

---

**L'emploi des calculatrices personnelles est interdit.**

## **Instructions générales**

Les candidats sont invités à porter une attention particulière à la rédaction. La présentation, la lisibilité, l'orthographe, la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des raisonnements entreront pour une part importante dans l'appréciation des copies. En particulier, les résultats non encadrés et non justifiés ne seront pas pris en compte.

Toute application numérique ne comportant pas d'unité ne donnera pas lieu à attribution de points.

Le candidat prendra soin de bien numéroter les questions.

Si au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble 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.

La chimie représentera le tiers des points.

## Première partie : Diagramme E-pH du cuivre

Les espèces prises en compte sont :  $\text{Cu}_{(s)}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cu}_2\text{O}_{(s)}$ ,  $\text{Cu}^+$  et  $\text{Cu}(\text{OH})_{2(s)}$ . On ne tient donc pas compte du degré d'oxydation +III.

On supposera que la concentration totale en espèces dissoutes vaut  $10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ .

1) Classifier les espèces par nombre d'oxydation et déterminer pour chaque nombre d'oxydation les domaines de prédominance de chacune des espèces en fonction du  $\text{pH}$ . On donnera avec précision les  $\text{pH}$  délimitant les différents domaines.

### Etude du couple $\text{Cu(II)}/\text{Cu(I)}$

L'allure du diagramme E-pH du couple  $\frac{\text{Cu(II)}}{\text{Cu(I)}}$  se trouve en Figure 1.

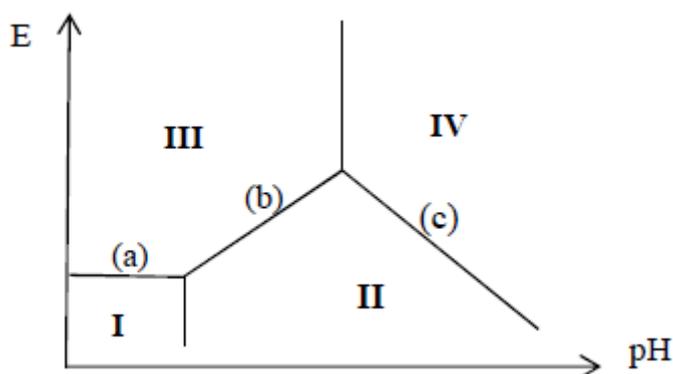


Figure 1. Diagramme E-pH du couple  $\frac{\text{Cu(II)}}{\text{Cu(I)}}$

2) Placer les espèces numérotées de I à IV.

3) Quelle est la valeur du potentiel du segment horizontal (a) ?

4) Déterminer la pente puis l'équation complète du second segment (b).

On admettra que la pente du troisième segment (c) est de  $-0,06\text{V}/\text{pH}$ .

### Etude du couple $\text{Cu(I)}/\text{Cu(0)}$

L'allure du diagramme E-pH du couple  $\frac{\text{Cu(I)}}{\text{Cu(0)}}$  se trouve en Figure 2.

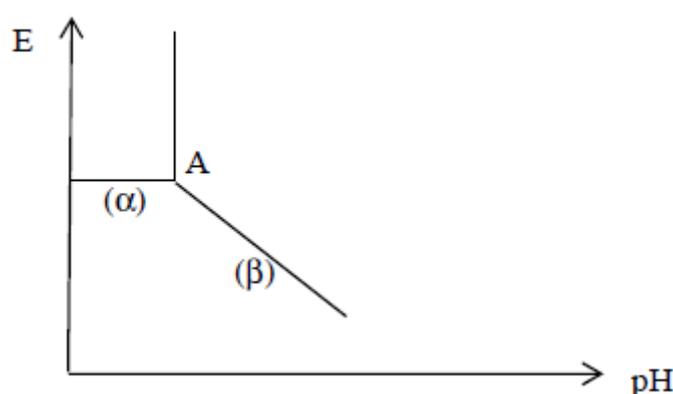


Figure 2. Diagramme E-pH du couple  $\frac{\text{Cu(I)}}{\text{Cu(0)}}$

5) Déterminer les coordonnées du point A ainsi que la pente du second segment ( $\beta$ ). En déduire l'équation complète du segment ( $\beta$ ).

### Diagramme E-pH provisoire

6) Superposer les deux diagrammes E-pH précédents. Commenter. Préciser le  $\text{pH}$  d'intersection des segments (b) et ( $\beta$ ).

## Diagramme E-pH du cuivre

7) Déterminer le potentiel standard  $E^0 \left( \frac{Cu^{2+}}{Cu(s)} \right)$  du couple  $\frac{Cu(II)}{Cu(0)}$ .

8) Donner l'équation du potentiel correspondant à la frontière  $\frac{Cu(II)}{Cu(0)}$  pour  $pH < 3$ . Est-il nécessaire d'étudier ce couple pour  $pH > 3$  ? Justifier.

9) Sur votre copie, reproduire le diagramme E-pH du cuivre fourni en Figure 3. Compléter la frontière manquante et placer les différentes espèces du cuivre. La représentation doit être claire et soignée car elle servira à nouveau par la suite.

10) On considère la réaction chimique :  $2Cu^+ = Cu^{2+} + Cu(s)$ . Comment nomme-t-on ce type de réaction ? Evaluer sa constante d'équilibre  $K_{dis}^0$ .

## Diagramme E-pH de l'eau ou de ses ions

L'eau (ou ses ions) peut agir comme oxydant ou comme réducteur.

Dans cette partie, on supposera les pressions égales à la pression standard, soit  $P_{H_2} = P_{O_2} = P^0$  avec  $P^0 = 1bar = 10^5 Pa$ .

11) Ecrire les deux demi-réactions d'oxydoréduction dans lesquelles interviennent les couples de l'eau. En déduire les deux équations des deux droites  $E = f(pH)$ , figurant dans le diagramme E-pH de l'eau.

12) Superposer le diagramme E-pH de l'eau sur le diagramme E-pH du cuivre tracé à la question 16.

13) Pourquoi le cuivre est-il qualifié de métal noble ? Justifier son utilisation dans la marine antique (scaphandre, poulie...). Connaissez-vous d'autres métaux nobles ? En citer deux.

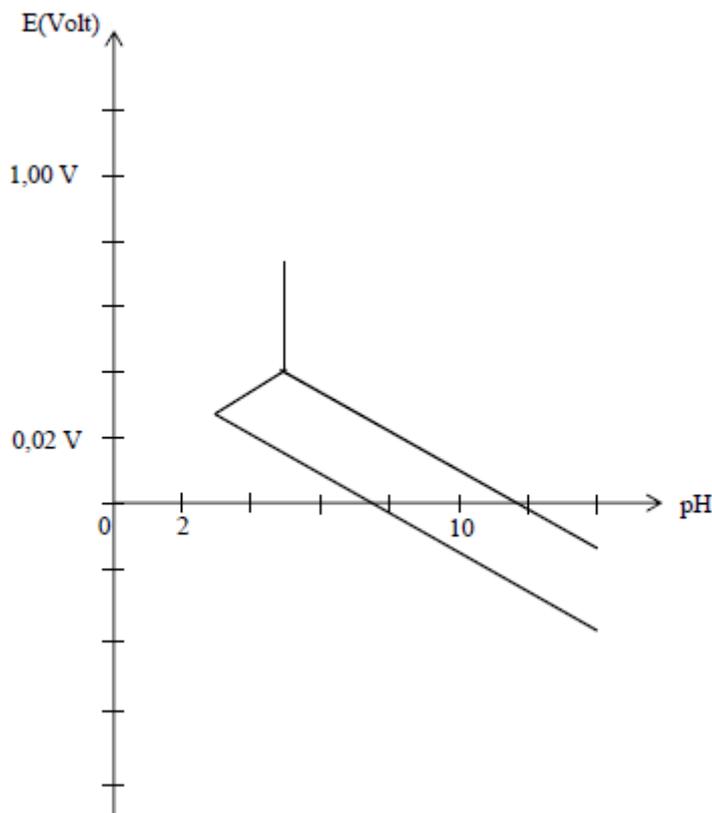


Figure 3. Diagramme E-pH du cuivre

**Deuxième partie : Orage et foudre**

Document 1. Préambule

L'électrosphère est une couche atmosphérique ionisée. L'électrosphère et la Terre, de rayon  $R = 6370\text{km}$ , forment un gigantesque condensateur terrestre (figure 4), où le champ électrique par beau temps est dirigé de l'électrosphère vers la Terre et atteint environ  $100$  à  $120\text{ V.m}^{-1}$ .

Les armatures de ce condensateur sont l'électrosphère et le globe terrestre, entre lesquelles il y a la troposphère et la stratosphère qui constituent le diélectrique, dont l'épaisseur est d'environ  $80\text{ km}$ .

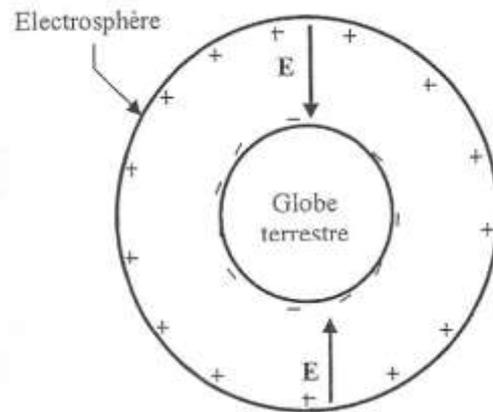


Figure 4. Direction du champ électrique par beau temps

L'air comprend en permanence des charges électriques, positives et négatives, créées par les rayonnements cosmiques ou la radioactivité de la Terre. Par beau temps, il en résulte un courant atmosphérique de densité volumique  $\vec{j}$  tendant à décharger le condensateur.

Suite aux perturbations atmosphériques et sous certaines conditions, il se forme des nuages orageux en général du type cumulo-nimbus (figure 5) de couleur sombre. Ils constituent une gigantesque machine thermique dont la base et le sommet sont respectivement à environ  $2\text{ km}$  et  $15\text{ km}$  d'altitude. Sa constitution est rendue possible par l'élévation d'air chaud par des courants ascendants dont la vitesse est de quelques mètres par seconde. Lors de son ascension, cette masse d'air se charge en humidité jusqu'à devenir un nuage. La partie supérieure, où il fait froid, est occupée par les particules de glace, tandis que les gouttes d'eau s'établissent dans la partie inférieure.

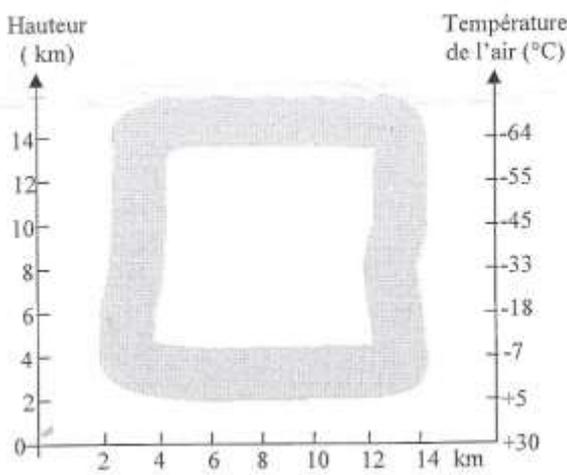


Figure 5. Cumulo-nimbus

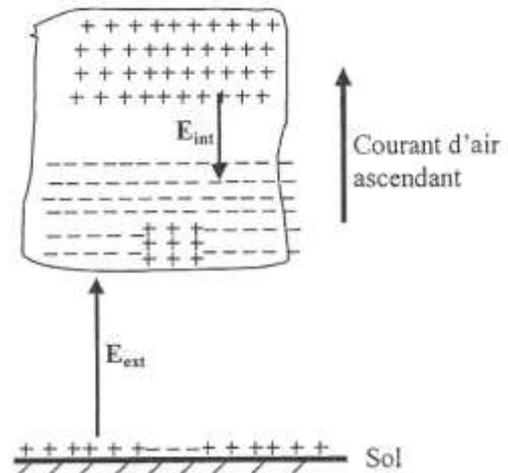


Figure 6. Dipôles électriques

Les violents courants ascendants provoquent des collisions entre les gouttes d'eau et les micro-particules de glace, ce qui produit la création de charges électriques par frottement. Ces micro-particules de glace, plus légères et chargées positivement, sont emportées vers le haut par le courant d'air ascendant et occupent ainsi la partie supérieure du nuage qui forme le pôle positif. Tandis que les gouttes d'eau chargées négativement s'établissent dans la partie inférieure et créent le pôle négatif. Cependant, une petite quantité de charges positives demeurent à la base du nuage.

Le nuage fait apparaître sur la Terre, par influence électrique, une charge de signe opposé et crée ainsi deux véritables dipôles électriques (figure 6) :

- Un dipôle interne généré entre les pôles positif et négatif du nuage. Si le champ électrique interne  $\vec{E}_{int}$  devient suffisamment grand, il provoque un claquage interne dans le nuage ;
- un dipôle externe, généré entre la base du nuage et la surface de la Terre. Si le champ électrique externe  $\vec{E}_{ext}$  atteint des conditions critiques de l'ordre de  $20\text{ kV.m}^{-1}$ , il finit par provoquer une grande décharge entre le nuage et la Terre.

## Document 2. Donnée issue de Météo France

Nombre moyen d'impact de foudre au sol par km<sup>2</sup> et par an : en France intérieure, suivant les régions entre 1 et 2.

## Document 3. La vie du rail – Hors série – Le TGV Nord Europe, 1993

Fiche technique du TGV Réseau

- Vitesse maximale en service commercial : 300 km.h<sup>-1</sup>
- Puissance aux arbres des moteurs de traction sous 25 kV : 8800 kW
- Puissance aux arbres des moteurs de traction sous 1,5 kV : 3680 kW
- Puissance unitaire des moteurs de traction : 1100 kW
- Nombre de moteurs de traction : 8

### Etude d'un condensateur sphérique

Un condensateur sphérique à air (figure 7), dont la permittivité diélectrique est assimilable à celle du vide  $\epsilon_0$ , est formé de deux armatures concentriques, de rayon  $R_1$  et  $R_2$ , avec  $R_1 < R_2$ .

L'armature intérieure de rayon  $R_1$  porte une charge totale  $Q$  uniformément répartie en surface.

L'armature extérieure porte la charge totale  $-Q$  uniformément répartie en surface.

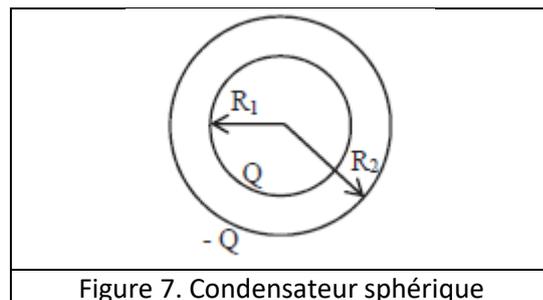


Figure 7. Condensateur sphérique

On travaillera ici dans la base classique des coordonnées sphériques  $(\vec{e}_r, \vec{e}_\theta, \vec{e}_\varphi)$  et dans l'approximation des régimes quasi-stationnaires (ARQS).

**14)** Définir les conditions d'applications de l'ARQS.

**15)** Enoncer le théorème de Gauss. De quelle équation de Maxwell découle-t-il ?

**16)** Par des arguments clairs et précis d'invariance et de symétrie, justifier qu'entre les armatures, le champ électrique est de la forme :  $\vec{E} = E(r)\vec{e}_r$

**17)** Déterminer l'expression du champ électrique  $\vec{E}$  entre les armatures, en fonction de  $r$ ,  $Q$  et  $\epsilon_0$ .

**18)** En déduire la différence de potentiel  $V_1 - V_2$  entre les deux armatures en fonction de  $Q$ ,  $R_1$ ,  $R_2$  et  $\epsilon_0$ .

**19)** En déduire l'expression de la capacité  $C$  de ce condensateur sphérique en fonction de  $R_1$ ,  $R_2$  et  $\epsilon_0$ .

**20)** On souhaite calculer  $\Delta V = V_1 - V_2$  en utilisant une procédure informatique d'intégration dite "méthode des rectangles", présentée ci-contre (Figure 6).

Donner les valeurs de  $a$  et  $b$  et l'expression de la fonction  $f$  utilisées dans la procédure ci-dessus.

```

fonction S=rectangles(a,b,n,f)
//méthode d'approximation dites des 'rectangles'
S=0
for i=0:n-1
    x1=a+i*(b-a)/n ;
    x2= a+(i+1)*(b-a)/n ;
    S=S+f((x1+x2)/2)*(x2-x1) ;
end
endfonction

```

Figure 6 : intégration par la méthode des rectangles

**21)** Le diélectrique n'est pas parfait. Il possède une résistivité électrique certes grande mais finie. Il circule alors un courant de densité volumique  $\vec{j}_V$  dans tout l'espace inter-conducteur. Faire un dessin montrant l'allure et le sens des lignes de courant dans le cas où  $Q > 0$ .

### Analyse du préambule

**22)** Combien de temps pourrait-on faire avancer un TGV en récupérant durant un an toute l'énergie issue des éclairs frappant une grande ville française ? Dans le cadre des énergies renouvelables, vous paraît-il judicieux de vouloir récupérer cette énergie ou non ?

*Cette résolution de problème devra présenter de manière claire une démarche scientifique détaillée et basée, d'une part sur les documents fournis, et d'autre part sur les connaissances du candidat. Toute tentative de réponse pertinente, même incomplète, sera prise en compte lors de la notation.*

## Protection contre la foudre et prise de terre

Il convient de dévier le courant de foudre vers la Terre de façon à ne pas laisser se propager des ondes de tension qui pourraient endommager les appareils électriques des usagers.

Une prise de terre (figure 7) est constituée d'une coque hémisphérique métallique de centre  $O$ , de rayon intérieur  $R_a$ , et de rayon extérieur  $R_b$ . On note  $\gamma_{\text{mét}}$ , la conductivité électrique du métal qui la constitue. Cette prise est enfoncée dans le sol, assimilé au demi espace  $z < 0$  et de conductivité électrique  $\gamma_{\text{sol}}$ .

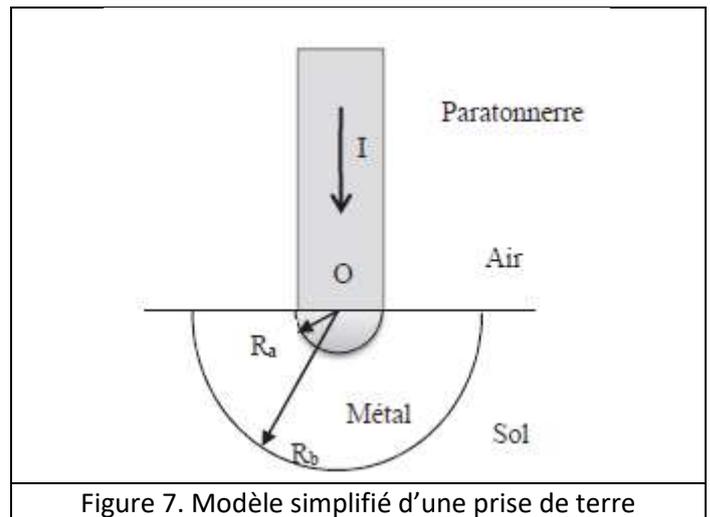


Figure 7. Modèle simplifié d'une prise de terre

La prise de terre se décompose ainsi en deux résistances hémisphériques  $R_{\text{métal}}$  et  $R_{\text{sol}}$ , l'une en métal de rayon intérieur  $R_a$  et de rayon extérieur  $R_b$ , l'autre associée au sol de rayon intérieur  $R_b$  et de rayon extérieur infini.

Elle est destinée à recevoir un courant  $I$  provenant d'un paratonnerre. Il sera supposé indépendant du temps et descendant.

On suppose que le courant, qui traverse la prise de terre, est radial. Sa densité est de la forme  $\vec{j} = j(r)\vec{e}_r$  en coordonnées sphériques.

**23)** Rappeler l'unité de la grandeur  $j(r)$ .

**24)** Donner l'expression de la densité de courant  $j(r)$  en fonction de  $I$  et de  $r$ .

**25)** Exprimer alors le champ électrique  $E(r)$  régnant dans le sol.

**26)** En déduire en fonction de  $I$ ,  $r$  et  $\gamma_{\text{sol}}$ , l'expression du potentiel électrique  $V(r)$  régnant dans le sol. On supposera que  $V = 0$  loin du point  $O$ .

**27)** Cette répartition non uniforme du potentiel à la surface de la Terre explique le foudroiement indirect des hommes ou des animaux.

On appelle  $R_h$ , la résistance du corps humain mesurée entre ses deux pieds supposés distants de  $a$ .

Pour ne pas être électrocuté (c'est-à-dire pour que son corps ne soit pas traversé par un courant supérieur à une valeur seuil notée :  $I_{\text{max}}$ ), un homme doit rester éloigné d'une distance au moins égale à  $D$  de la prise de terre.

Trouver une relation entre  $D$ ,  $a$ ,  $R_h$ ,  $I$ ,  $I_{\text{max}}$  et  $\gamma_{\text{sol}}$ .

**28)** En supposant  $D \gg a$ , exprimer  $D$  en fonction de  $a$ ,  $R_h$ ,  $I$ ,  $I_{\text{max}}$  et  $\gamma_{\text{sol}}$ .

**29)** Application numérique : évaluer  $D$  pour  $I = 5,0 \cdot 10^4 \text{ A}$ .

**30)** Ce phénomène d'électrocution à distance touche-t-il plutôt les grands animaux (vaches, chevaux, ...) ou les petits animaux (lapins, renards, ...) ?

On considère une coque hémisphérique homogène de conductivité électrique  $\gamma$ , comprise entre les rayons  $R_{\text{int}}$  et  $R_{\text{ext}}$  et parcourue par un courant radial.

On la décompose en une infinité de coques hémisphériques élémentaires comprises entre les rayons  $r$  et  $r + dr$ .

**31)** Exprimer en fonction de  $\gamma$ ,  $r$  et  $dr$ , la résistance élémentaire  $dR_C$  d'une coque hémisphérique élémentaire.

**32)** En déduire en fonction de  $\gamma$ ,  $R_{\text{int}}$  et  $R_{\text{ext}}$ , la résistance totale  $R_C$  de la coque hémisphérique.

**33)** Donner l'expression de la résistance globale, notée  $R_{\text{glob}}$  de la prise de terre en fonction de  $\gamma_{\text{mét}}$ ,  $\gamma_{\text{sol}}$ ,  $R_a$  et  $R_b$ .

**34)** Application numérique : évaluer  $R_{\text{glob}}$  pour  $R_a = 1,0 \text{ cm}$ ,  $R_b = 35 \text{ cm}$ ,  $\gamma_{\text{mét}} = 6,0 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$ .

**35)** La législation en termes de sécurité électrique impose que  $R_{\text{glob}} < 25 \Omega$ , est-ce respecté dans le cas de cette prise ? Sinon, que préconisez-vous pour remédier à ce problème ?

### Troisième partie : détecteur de métaux

Dans diverses applications, il peut être intéressant de mettre en place un capteur de déplacement. Ce capteur légèrement modifié peut aussi servir de détecteur de métaux. Le capteur utilise une bobine d'auto-induction. On s'intéresse dans un premier temps au champ magnétique créé par un solénoïde dans l'air, puis à partir de là au capteur lui-même, obtenu en insérant une partie mobile à l'intérieur du solénoïde.

#### Etude du solénoïde

On considère un solénoïde de longueur  $l_0$  et de rayon  $R$  recouvert de  $N$  spires jointives bobinées sur un cylindre rempli d'air, dans lesquelles circule un courant électrique d'intensité  $I$  (Figure 8). On considèrera que les propriétés magnétiques de l'air sont celles du vide et que le champ magnétique sur l'axe du solénoïde est donné en norme par la relation  $B = \mu_0 \left(\frac{N}{l_0}\right) I$ . Tous les calculs de champ magnétique seront menés dans le cas du solénoïde illimité.

**36)** Donner l'énoncé du théorème d'Ampère. De quelle équation de Maxwell découle-t-il ? Donner son expression. Dans quelles conditions doit-on travailler pour que le théorème d'Ampère soit valable ? On démontrera le lien entre l'équation de Maxwell énoncée et la formule intégrale du théorème d'Ampère.

**37)** Donner l'allure des lignes de champ magnétique d'un solénoïde à l'intérieur d'un solénoïde infini. On fera pour cela une étude complète des symétries et invariances du problème.

**38)** En supposant le champ magnétique nul à l'extérieur du solénoïde, déterminer complètement le champ magnétique en tout point intérieur du solénoïde.

**39)** En déduire l'expression littérale du coefficient d'auto-inductance ou inductance propre  $L_0$  du solénoïde, après en avoir rappelé la définition générale.

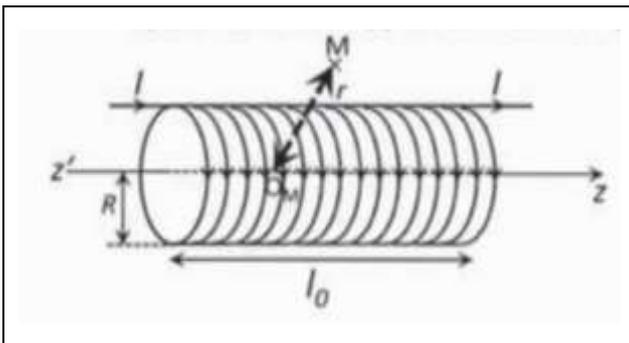


Figure 8. Solénoïde de longueur  $l_0$  constitué de  $N$  spires jointives bobinées sur un cylindre rempli d'air, dans lesquelles circule un courant électrique d'intensité  $I$

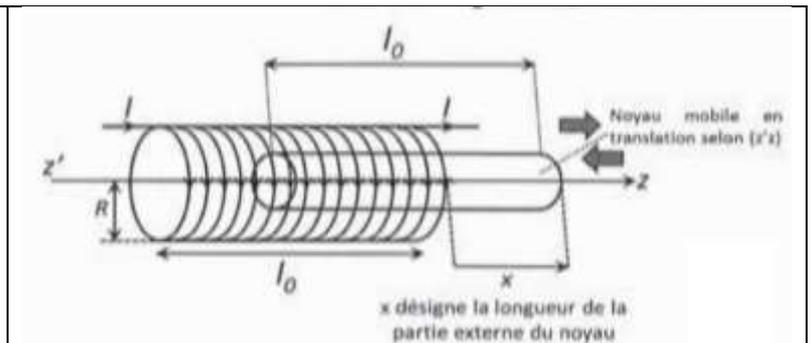


Figure 9. Capteur magnétique à insertion d'un noyau au sein du solénoïde de la Figure 8 initialement rempli d'air.

#### Etude du capteur

Le capteur étudié est représenté sur la Figure 9. Une partie mobile de longueur  $l_0$ , appelée noyau, peut se déplacer en translation à l'intérieur du solénoïde initialement rempli d'air. Pour la suite de l'étude, nous admettrons les résultats suivants :

- L'insertion d'un noyau à l'intérieur d'un solénoïde conduit à une modification de son coefficient d'auto-inductance : l'inductance en présence du noyau est le produit de l'inductance dans l'air par un facteur multiplicatif  $\delta$  ( $\delta \gg 1$ ).
- Le coefficient d'auto-inductance du capteur peut être évalué comme celui résultant de la mise en série de deux solénoïdes :
  - Le premier, de longueur  $x$ , est rempli d'air,
  - Le deuxième, de longueur  $l_0 - x$ , contient le noyau.

**40)** Déterminer en fonction de  $N$ ,  $l_0$  et  $x$ , le nombre  $N_1$  de spires de la partie gauche du solénoïde sans noyau et celui ( $N_2$ ) de la partie droite avec le noyau interne.

**41)** En déduire l'inductance propre de chaque partie puis l'inductance  $L(x)$  en fonction de  $\delta$ ,  $L_0$ ,  $l_0$  et  $x$ .

**42)** Représenter graphiquement  $L(x)$  en fonction de  $x$  si  $0 < x < l_0$ .

## Conditionnement des signaux par oscillateur

L'information de déplacement en provenance des capteurs inductifs peut être extraite à partir d'un oscillateur électronique (Figure 10). L'information de déplacement, qui induit une modification de l'inductance  $L$  est source d'une modification de la fréquence de résonance de l'oscillateur, aisément détectable, à l'aide d'un fréquencemètre.

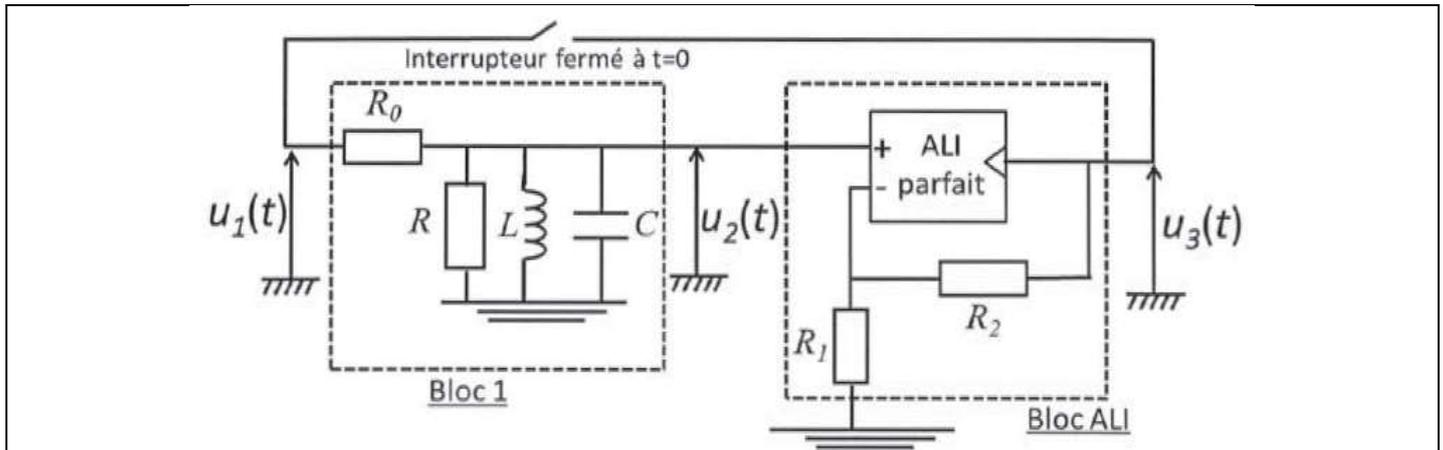


Figure 10. Oscillateur envisagé pour extraire l'information issue d'un capteur.

L'ALI utilisé, que l'on supposera parfait, est alimenté au moyen d'une alimentation symétrique  $\pm V_{cc} = \pm 12V$  et sa tension de saturation est  $V_{sat} = 11V$ .

### Etude du bloc 1

Le bloc 1 réalise un filtre de fonction de transfert complexe :  $\underline{H} = \frac{u_2}{u_1} = \frac{A_0}{1+jQ(x-\frac{1}{x})}$  avec  $A_0 = 0,1$ ,  $Q = 25$ ,  $x = \frac{\omega}{\omega_0}$

**43)** Préciser la nature de ce filtre. Exprimer  $\underline{H}$  en fonction de la valeur des composants du bloc 1 et de  $\omega$ . Par identification, donner les expressions de  $\omega_0$  et  $Q$  en fonction de la valeur de ces composants.

### Etude du bloc ALI

**44)** Déterminer l'expression littérale de la fonction de transfert complexe :  $\underline{G} = \frac{u_3}{u_2}$ . On pose  $K = |\underline{G}|$ .

### Système bouclé

On ferme l'interrupteur, réalisant ainsi le système bouclé.

**45)** Dédire des questions précédentes l'équation différentielle vérifiée par  $u_3$ .

**46)** A partir de cette équation, trouver une condition liant  $A_0$  et  $K$  pour que s'établissent des oscillations quasi sinusoïdales. Déterminer alors la fréquence  $f_0$  de ces oscillations.

**47)** Montrer qu'en pratique on obtient des oscillations dont l'amplitude  $A$  varie temporellement. Exprimer et représenter  $A$  en fonction de  $t$ . Dans la pratique, on obtient une stabilisation de l'amplitude à une valeur  $A_{max}$ . Expliquer pourquoi et expliciter  $A_{max}$ .

**48)** Compte tenu de ce qui précède, représenter l'allure de  $u_3(t)$ .

### Détection d'un déplacement

On utilise le dispositif complet pour suivre les déplacements  $X$  du noyau mobile du capteur précédent dont l'inductance peut être donnée par la loi  $L = L_0 \left(1 - \frac{X}{e}\right)$ , avec  $L_0 = 0,1mH$  et  $e = 1\mu m$ . Ce capteur forme le condensateur du bloc 1 de la Figure 10.

Les composants choisis sont tels que le montage oscille à une fréquence  $f_{osc}$  liée à l'inductance  $L$  par la relation :  $f_{osc} = \frac{D}{\sqrt{L}}$  avec  $D = 1$ . A la position de référence du capteur ( $X = 0$ ), la fréquence d'oscillation est  $f_{or}$ .

**49)** Montrer que, pour un petit déplacement  $X$  ( $\frac{X}{e} \ll 1$ ), la fréquence d'oscillation peut se mettre sous la forme  $f_{osc} \approx aX + b$ . Expliciter  $a$  et  $b$  en fonction des données.

**50)** On note  $\Delta f = f_{osc} - f_{or}$  la variation de fréquence liée à un déplacement. La plus petite variation détectable est  $\Delta f_{min}$ . Quel est le plus petit déplacement détectable ?

**Données**

Potentiels standards à 298 K : $E^0 \left( \frac{Cu^{3+}}{Cu^{2+}} \right) = 2,3V$ $E^0 \left( \frac{Cu^{2+}}{Cu^+} \right) = 0,16V$ $E^0 \left( \frac{Cu^+}{Cu} \right) = 0,52V$ $E^0 \left( \frac{H^+}{H_2} \right) = 0V$ $E^0 \left( \frac{O_2}{H_2O} \right) = 1,23V$	Produits de solubilité : $pK_{s1}(Cu_2O_{(s)}) = 30$ $Cu_2O_{(s)} + H_2O = 2Cu^+ + 2OH^-$ $pK_{s2}(Cu(OH)_2_{(s)}) = 20$ $Cu(OH)_2_{(s)} = Cu^{2+} + 2OH^-$  Produit ionique de l'eau : $pK_e = 14$
--	---

Constantes physiques :

Permittivité diélectrique du vide :  $\epsilon_0 = \frac{1}{36\pi 10^9} F \cdot m^{-1}$

Conductivité électrique du sol :  $\gamma_{sol} = 1,0 \cdot 10^{-2} S \cdot m^{-1}$

Résistance électrique entre deux pieds d'un homme :  $R_h = 2,5 k\Omega$

Longueur d'un pas humain :  $a = 1,0m$

Courant d'électrocution d'un être humain :  $I_{max} = 25mA$

Surface d'une sphère de rayon  $r$  :  $S_{sphère} = 4\pi r^2$

Théorème de Stokes :

Soit une surface ouverte  $S$  s'appuyant sur un contour fermé  $C$  dans une région de l'espace  $V$  où est défini un champ de vecteur  $\vec{a}$ , alors :  $\oint_C \vec{a} \cdot d\vec{l} = \iint_S \overrightarrow{rot}(\vec{a}) \cdot d\vec{S}$

Aide aux calculs :

$\sqrt{\frac{1}{25\pi}} = 0,113$	$\frac{1}{12\pi} = 0,027$	$\frac{1}{70\pi} = 0,0045$
----------------------------------	---------------------------	----------------------------