

# BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2011

---

## PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

---

DURÉE de L'ÉPREUVE : 3 h 30 - COEFFICIENT : 8

---

**L'usage d'une calculatrice EST autorisé**  
**Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré**

Ce sujet comporte un exercice de PHYSIQUE, un exercice de CHIMIE et un exercice de PHYSIQUE présentés sur 10 pages numérotées de 1 à 10, y compris celle-ci.

**La page d'annexe (page 10) EST À RENDRE AVEC LA COPIE, même si elle n'a pas été complétée.**

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres.

## EXERCICE I : LES CURIE « PIONNIERS DE L'ATOME » (5,5 points)

Les parties 1 et 2 sont indépendantes

### 1. La radioactivité naturelle

A partir des travaux d'Henri Becquerel sur l'uranium, c'est en 1898 que Marie et Pierre Curie découvrent la propriété atomique qu'ont certains éléments lourds d'émettre spontanément un rayonnement.

Marie Curie donnera le nom de radioactivité à cette propriété persistante dans tous les états chimiques et physiques de la matière.

C'est également en 1898 qu'ils annoncent la découverte de deux nouveaux éléments radioactifs : le polonium et le radium.

Leurs travaux seront couronnés par deux prix Nobel, l'un en 1903, l'autre en 1911.



Données :

Noyau	${}^{226}_{88}\text{Ra}$	${}^{222}_{86}\text{Rn}$	${}^4_2\text{He}$	neutron	proton
Masse en u	225,9791	221,9703	4,00150	1,008665	1,007276

- Unité de masse atomique :  $1 \text{ u} = 1,66606 \times 10^{-27} \text{ kg}$
- $1 \text{ an} \approx 365,25 \text{ j}$  ; célérité de la lumière dans le vide :  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
- Constante d'Avogadro :  $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- Constante de Planck :  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$
- $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$
- Masse molaire du radium :  $M = 226,0 \text{ g.mol}^{-1}$

On rappelle la relation :  $\lambda t_{1/2} = \ln 2$ , où  $\lambda$  est la constante radioactive, et  $t_{1/2}$  la demi-vie.

1.1. Le becquerel est une unité de mesure utilisée en radioactivité, donner sa définition.

1.2. Le noyau de radium  ${}^{226}_{88}\text{Ra}$  se désintègre spontanément en donnant un noyau de radon  ${}^{222}_{86}\text{Rn}$  lui-même radioactif. Cette désintégration s'accompagne de l'émission d'un rayonnement  $\gamma$  de longueur d'onde  $6,54 \times 10^{-12} \text{ m}$ .

1.2.1. Donner la composition du noyau de radium.

1.2.2. Ecrire l'équation de la réaction de désintégration du radium et préciser le type de radioactivité.

1.2.3. Expliquer la présence du rayonnement  $\gamma$  émis lors de la désintégration du radium. Quelle information fournit-elle sur le noyau ?

1.3. Déterminer l'énergie libérée par la désintégration d'un noyau de radium, on la notera  $E$  et on l'exprimera en joules.

1.4. L'activité d'un gramme de radium est égale à  $A = 3,70 \times 10^{10} \text{ Bq} = 1 \text{ Curie}$ .

1.4.1. Déterminer le nombre  $N$  de noyaux de radium présents dans l'échantillon de 1,00 g.

1.4.2. Calculer le temps de demi-vie  $t_{1/2}$  du radium et vérifier que  $t_{1/2} = 1,58 \times 10^3$  années. (On rappelle que  $\lambda t_{1/2} = \ln 2$ )

1.4.3. Au bout de combien de temps les  $\frac{3}{4}$  des noyaux de radium seront-ils désintégrés ?

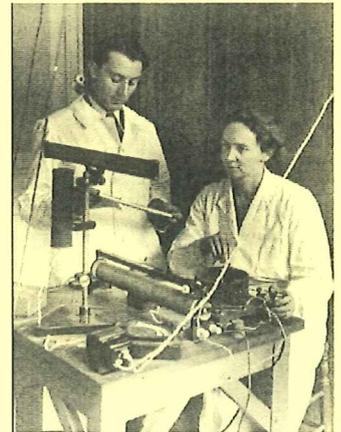
## 2- La radioactivité artificielle

*Irène et Frédéric Joliot-Curie découvrent en 1934 la radioactivité artificielle, ce qui leur vaudra le prix Nobel de physique en 1935.*

*Ils ont notamment réussi la synthèse du phosphore 30 ( $^{30}_{15}\text{P}$ ), isotope radioactif du phosphore 31 ( $^{31}_{15}\text{P}$ ).*

*Le phosphore 30, produit artificiellement, se transforme spontanément par désintégration  $\beta^+$  en silicium 30 ( $^{30}_{14}\text{Si}$ ), noyau obtenu directement dans son état fondamental.*

*La diversité des radioéléments artificiels a permis leur utilisation dans les domaines de la médecine, la biologie, l'astrophysique, la géophysique, la radiothérapie, la datation...*



### 2.1. Exploitation du texte

- 2.1.1. Quelle est la différence entre la radioactivité naturelle et la radioactivité artificielle ?
- 2.1.2. Pourquoi le phosphore 30 est-il dit isotope du phosphore 31 ?

### 2.2. Désintégration du phosphore 30

- 2.2.1. Donner le nom et le symbole de la particule émise lors d'une désintégration  $\beta^+$ .
- 2.2.2. Ecrire l'équation de la désintégration du phosphore 30 en indiquant les lois utilisées.
- 2.2.3. Y a-t-il émission d'un rayonnement lors de la désintégration du phosphore 30 ? Justifier.

**EXERCICE II : CHIMIE AU QUOTIDIEN : (6,5 points)**  
**DES EXPERIENCES DE CHIMIE REALISABLES CHEZ-SOI**

**Les parties 1 et 2 sont indépendantes**

**1. La pile au citron**

Une expérience simple à réaliser chez soi : alimenter un cadran d'horloge, comme l'écran à cristaux liquide d'un réveil de voyage, avec un citron !

Matériel nécessaire pour réaliser la pile :

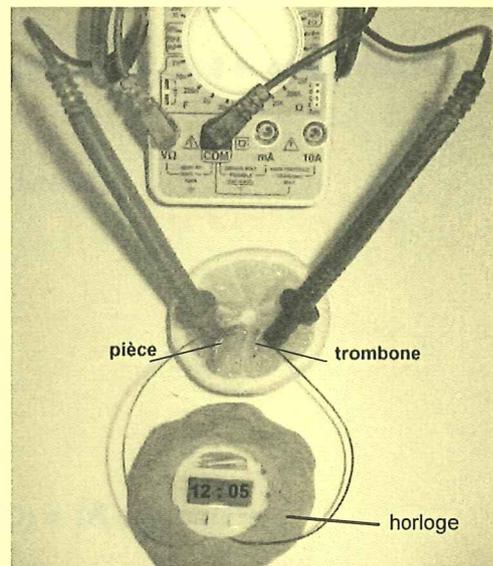
- Pièces anciennes en cuivre
- Trombones galvanisés (entièrement recouverts de zinc)
- Fils électriques
- Plusieurs citrons
- Un multimètre

L'objectif de cet exercice est d'expliquer scientifiquement le phénomène.

Données :

- $M(\text{Zn}) = 65,4 \text{ g.mol}^{-1}$  ;
- Constante de Faraday :  $F = 96500 \text{ C.mol}^{-1}$
- couples oxydant / réducteur :  
 $\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) / \text{Zn}(\text{s})$  ;  $\text{H}^+(\text{aq}) / \text{H}_2(\text{g})$ .

**Figure 1 : la pile au citron**



**1.1. Polarité de la pile**

On désire mesurer la tension à vide aux bornes de « la pile au citron ».

Pour ce faire, on a réalisé le montage de la **figure 1** ci-dessus : l'indication donnée par le voltmètre est : + 0,84 V.

- 1.1.1. Quel autre nom donne-t-on à la tension à vide d'une pile ?
- 1.1.2. Déterminer la polarité de la pile au niveau de la pièce et du trombone. Justifier votre réponse.

**1.2. Principe de fonctionnement de la pile**

Au cours de son utilisation on constate une effervescence au niveau de la pièce ancienne. Après analyse du gaz, on en déduit qu'il s'agit de dihydrogène.

- 1.2.1. Comment peut-on mettre en évidence expérimentalement la présence de dihydrogène ?
- 1.2.2. Ecrire les équations des réactions d'oxydoréduction ayant lieu à chaque électrode en précisant le type de réaction (oxydation ou réduction) et le nom de chaque électrode.
- 1.2.3. En déduire l'équation de la réaction globale se produisant au cours du fonctionnement de cette pile.
- 1.2.4. D'où proviennent les ions  $\text{H}^+(\text{aq})$  présents dans les réactifs ?
- 1.2.5. Parmi les solutions aqueuses telles que le vinaigre, l'eau sucrée et le jus d'orange, justifier celle(s) qui aurai(en)t pu remplacer le citron ?
- 1.2.6. Comment peut-on obtenir, avec le matériel disponible, un dispositif délivrant une tension à vide deux fois plus grande ?

### 1.3. Etude quantitative

La pile est utilisée pour faire fonctionner une horloge pendant une durée  $\Delta t = 5 \text{ min } 30 \text{ s}$ . L'intensité  $I$  du courant débité par la pile est égale à 10 mA.

1.3.1. Quelle quantité d'électricité  $Q$  est débitée par la pile pendant la durée  $\Delta t$  ?

1.3.2. Déterminer  $n$ , la quantité de matière de zinc consommée au cours du fonctionnement de la pile. Justifier.

1.3.3. En déduire la variation de masse  $\Delta m$  du trombone pendant la durée de fonctionnement  $\Delta t$ .

## 2. Cuivrer un objet en fer

*Une autre expérience simple à réaliser chez soi : cuivrer un objet en fer, soit encore déposer du cuivre sur un objet en fer.*

*Matériel nécessaire pour réaliser le dépôt :*

- Bouillie bordelaise en poudre, en vente dans les jardinerie
- Eau déminéralisée
- Un objet à cuivrer : une clé en fer
- Un petit objet en cuivre
- Une cuve
- 2 fils électriques
- Une pile de 4,5 V

*Données :  $M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ g.mol}^{-1}$  ;  $M(\text{S}) = 32,1 \text{ g.mol}^{-1}$  ;  $M(\text{O}) = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$*

### 2.1. Préparation de l'électrolyte

*On trouve du sulfate de cuivre  $\text{CuSO}_4$  dans « la bouillie bordelaise », poudre très connue des jardiniers qui l'utilisent comme fongicide (produit conçu pour tuer ou limiter le développement des champignons parasites des végétaux). Sur un paquet de « bouillie bordelaise » acheté en jardinerie, on peut lire « contient 80 % en masse de  $\text{CuSO}_4$  ».*

2.1.1. Déterminer la masse notée  $m$  de bouillie bordelaise à prélever dans un paquet pour préparer un volume  $V = 250 \text{ mL}$  de solution aqueuse de sulfate de cuivre de concentration molaire apportée  $C = 1,0 \text{ mol.L}^{-1}$ . Cette solution servira d'électrolyte.

2.1.2. Indiquer le protocole expérimental pour préparer l'électrolyte à l'aide du matériel que l'on peut trouver dans les laboratoires de chimie d'un lycée.

### 2.2. Cuivrage par une transformation spontanée

En plongeant la clé en fer dans l'électrolyte préparée au 2.1., elle se recouvre instantanément d'une mince couche de cuivre Cu.

Les couples intervenant au cours de la transformation sont  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})/\text{Cu}(\text{s})$  et  $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})/\text{Fe}(\text{s})$ .

2.2.1. Ecrire l'équation de la réaction qui modélise la transformation se produisant dans le mélange réactionnel. Préciser l'espèce jouant le rôle d'oxydant et celle jouant le rôle de réducteur.

2.2.2. Calculer le quotient de réaction initial  $Q_{r,i}$  et justifier le caractère spontané de cette transformation ; la constante d'équilibre de la réaction vaut  $K = 10^{26}$ .

2.2.3. La présence de cuivre à la surface de la clé interrompt la réaction, le dépôt de cuivre sur la clé est donc très mince, proposer une explication pour rendre compte de ce phénomène.

### 2.3. Cuivrage par une transformation forcée

Afin d'augmenter le dépôt de cuivre sur la clé, on réalise une électrolyse à anode soluble.

Pour ce faire on plonge l'objet en cuivre et la clé dans l'électrolyte préparé au 2.1 (cf. **figure 2 de l'annexe page 10**) puis on les relie convenablement à la pile de 4,5 V avec deux fils électriques.

Le seul couple mis en jeu au cours de l'électrolyse est celui relatif au cuivre  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})/\text{Cu}(\text{s})$ .

- 2.3.1. Sur quelle électrode doit se faire le dépôt de cuivre ? Écrire l'équation de la réaction à cette électrode.
- 2.3.2. En déduire la l'équation de la réaction à l'autre électrode et montrer que le bilan de l'électrolyse est :  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{Cu}(\text{s})_{\text{pièces}} = \text{Cu}(\text{s})_{\text{clé}} + \text{Cu}^{2+}(\text{aq})$
- 2.3.3. Sur le schéma du montage de la **figure 2 de l'annexe page 10 à rendre avec la copie**, placer les fils électriques et la pile de 4,5 V en précisant sa polarité pour un montage correct et le déplacement des charges lors de l'électrolyse.

## EXERCICE III : LA PHYSIQUE DU VIDE GRENIER ! (4 points)

Les parties 1 et 2 sont indépendantes.

### 1. Emetteur radiophonique

#### 1.1. Étude du signal à transmettre

Au cours d'un vide grenier, un élève achète un diapason dont il veut vérifier la fréquence car il veut l'utiliser pour accorder son instrument de musique. Pour cela, il frappe la fourche du diapason qu'il a placé devant un microphone relié à un système d'acquisition par ordinateur. Il visualise alors, à l'aide d'un logiciel adapté, le signal musical correspondant au son du diapason (cf. figure 1 ci-dessous).

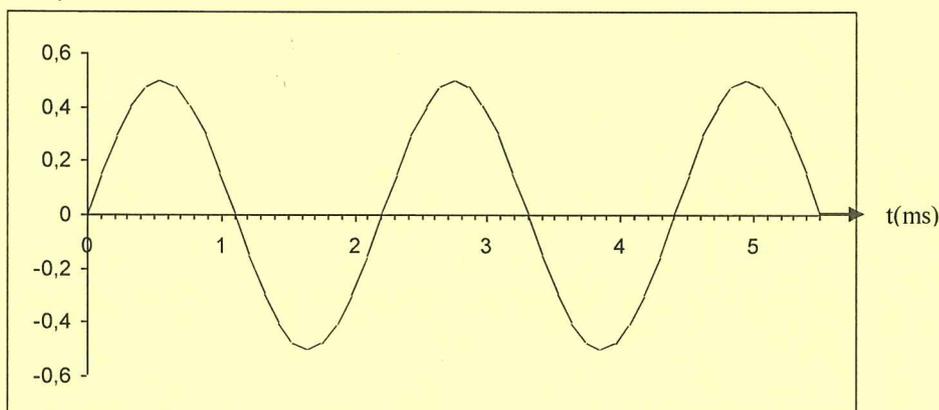
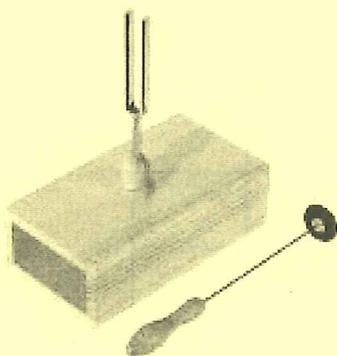


Figure 1

1.1.1. Mesurer la période  $T$  sur la **figure 1** et calculer la fréquence  $f$  du signal musical.

1.1.2. Le diapason était accordé car la note émise est un  $La_3$  (note de référence pour les musiciens). Ce signal musical est-il un son complexe ou un son pur ? Justifier.

#### 1.2. Étude du signal émis

L'élève décide de transmettre ce signal musical de fréquence  $f = 440$  Hz et réalise une modulation d'amplitude à l'aide d'un multiplieur. Il visualise le bon fonctionnement du matériel à l'aide d'un logiciel d'acquisition et obtient l'oscillogramme ci-dessous (**figure 2**) sur lequel il identifie :

- $u_m$  (le signal à transmettre) d'amplitude 0,5 V
- $u_s$  (le signal de l'onde porteuse modulée en amplitude)
- l'enveloppe de  $u_s$

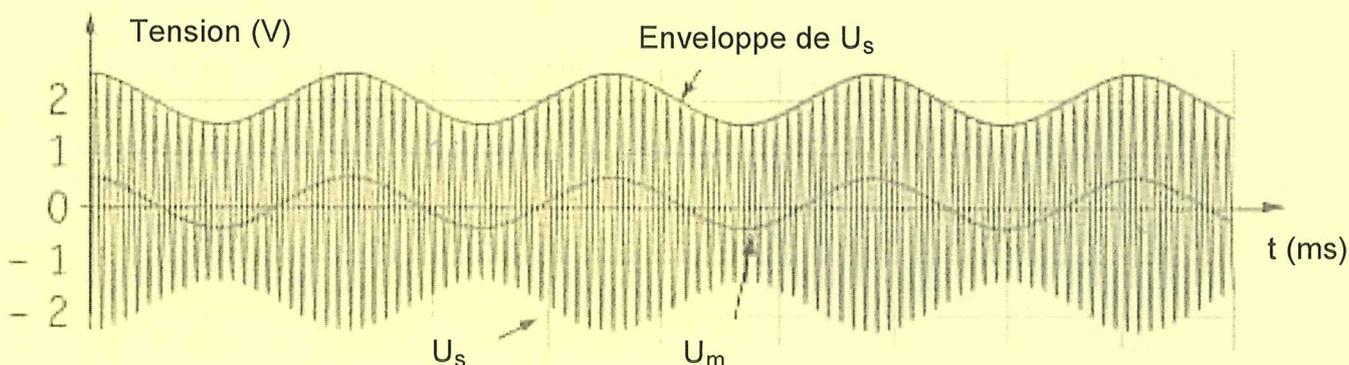
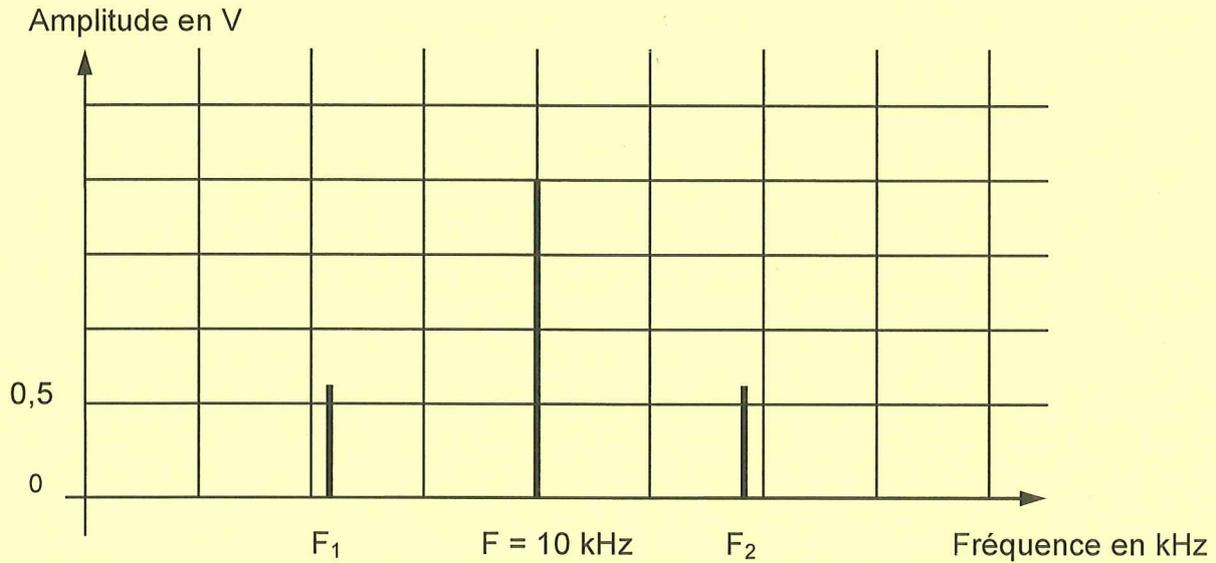


Figure 2 : oscillogramme obtenu lors de la modulation d'amplitude

- 1.2.1. A partir de l'oscillogramme (**figure 2 page 7**), expliquer pourquoi la modulation est satisfaisante.
- 1.2.2. Pour réaliser la modulation, l'élève a ajouté une tension continue  $E = 2 \text{ V}$  au signal à transmettre  $u_m$ . En déduire la valeur du taux modulation  $m$  du multiplieur défini comme le quotient de l'amplitude de  $u_m$  par la tension continue  $E$ .
- 1.2.3. Quelle allure aurait eu la modulation si l'élève avait ajouté une tension continue  $E$  inférieure à  $0,5 \text{ V}$  ? (On pourra faire un dessin).

### 1.3. Etude du spectre du signal émis

On réalise le spectre de  $u_s$ . On obtient la **figure 3** ci-dessous.



**Figure 3 : spectre du signal émis**

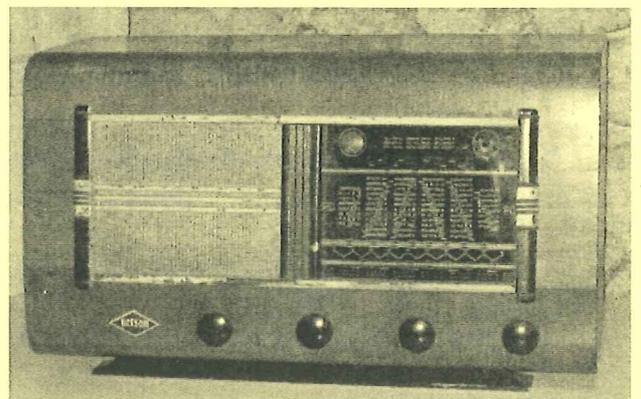
- 1.3.1. Exprimer les fréquences  $F_1$ ,  $F_2$  indiquées sur la **figure 3**. en fonction des fréquences  $F$  de la porteuse et  $f$  du signal à transmettre.
- 1.3.2. La largeur de la bande passante  $\Delta f$  nécessaire pour transmettre la note émise par le diapason est définie comme la différence entre  $F_2$  et  $F_1$ . Calculer sa valeur.

## 2. Récepteur radiophonique

Au cours de ce même vide grenier, l'élève a déniché un poste de radio ancien permettant l'écoute des stations émettant en modulation d'amplitude comme France Inter pour un réglage sur  $164 \text{ kHz}$ .

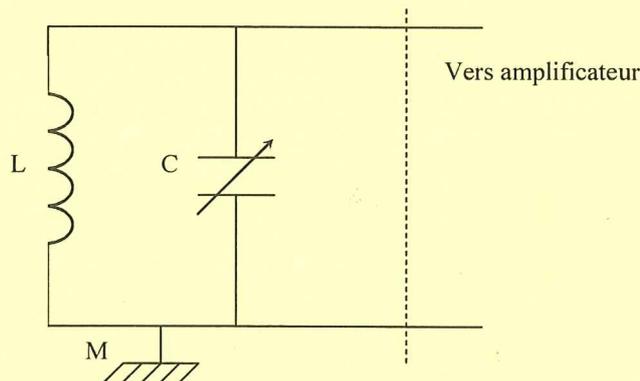
En démontant le poste pour le nettoyer, il a identifié les étages suivants :

- Capteur
- Amplificateur
- Démodulateur
- Haut-parleur.



## 2.1. Le capteur d'ondes électromagnétiques

Ce capteur est équivalent à une bobine d'inductance  $L$  associée en dérivation avec un condensateur de capacité variable  $C$ .



2.1.1. Pour une valeur donnée de  $C$ , ce circuit permet une bonne écoute de France Inter. Quelle est alors la valeur de la fréquence propre  $f_0$  du circuit ( $L, C$ ) ?

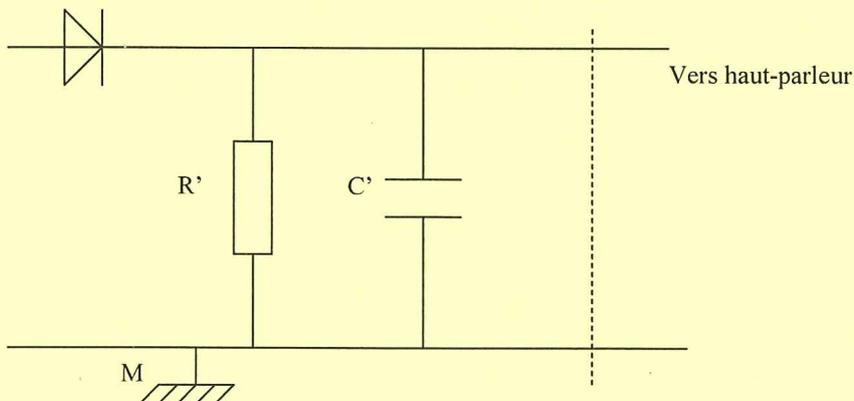
2.1.2. L'expression de la fréquence propre  $f_0$  d'un tel capteur est  $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ .

Calculer la valeur de la capacité  $C$  du condensateur permettant de capter France Inter si  $L = 2,0$  mH.

2.1.3. Lors du nettoyage du poste, l'élève s'aperçoit que le condensateur de capacité variable  $C$  est lié mécaniquement au bouton de sélection des stations de radio, justifier cette connexion.

## 2.2. Le démodulateur

Le démodulateur est constitué d'une diode, d'un conducteur ohmique de résistance  $R'$  et d'un condensateur de capacité  $C'$ .



2.2.1. Le dipôle ( $R', C'$ ) est un détecteur d'enveloppe. Montrer que le produit  $R'.C'$  est homogène à un temps.

2.2.2. Pour avoir une bonne détection, il faut que la constante de temps  $\tau = R'.C'$  satisfasse la double inégalité suivante :  $T_p \ll \tau < T_m$  avec :

- $T_p$  la période de la porteuse.
- $T_m$  la période du signal sonore.

Le conducteur ohmique a une résistance  $R'$  de  $15 \text{ k}\Omega$ , les ondes sonores ont une fréquence moyenne  $f = 1,0 \text{ kHz}$ .

Déterminer la valeur de la capacité  $C'$  permettant de respecter au mieux la condition indiquée parmi le choix suivant :  $50 \text{ pF}$ ,  $50 \text{ nF}$  et  $50 \text{ }\mu\text{F}$ .

Ce choix sera justifié par un calcul.

ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE II

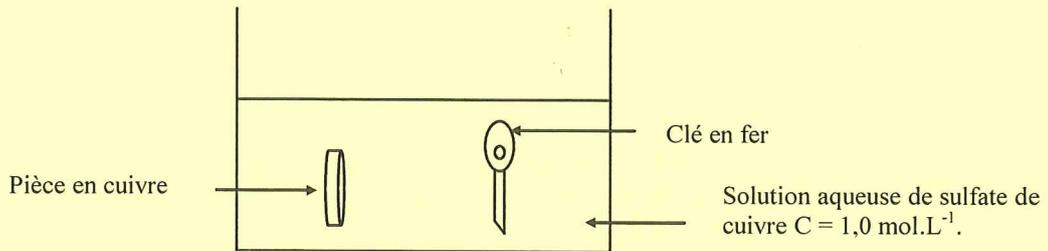


Figure 2 : schéma de l'électrolyse à anode soluble