

Sujet de *PHYSIQUE-CHIMIE*

SESSION DE 2004

CA/PLP

Concours interne

Section : MATHÉMATIQUES-SCIENCES PHYSIQUES

Composition de physique-chimie

Durée : 4 heures

Calculatrice autorisée (conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999).

Il est recommandé aux candidats de partager également le temps entre la physique et le chimie.

La composition comporte deux exercices de physique et deux exercices de chimie, composant deux parties, que les candidats peuvent résoudre dans l'ordre qui leur convient, tout en :

- *résolvant physique et chimie sur des copies séparées ;*
- *respectant la numérotation de l'énoncé.*

Si, au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale dans sa copie et poursuit sa composition en indiquant les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre.

Les correcteurs tiennent le plus grand compte des qualités de soin et de présentation.

Plan du sujet

PREMIERE PARTIE : CHIMIE

Exercice n°1 : Dosage des ions chlorures.

Exercice n°2 : Polyaddition

DEUXIEME PARTIE : PHYSIQUE

Exercice n°1 : Redressement et filtrage.

Exercice n°2 : Acoustique

PARTIE A : - CHIMIE

Données utiles pour la résolution des exercices de CHIMIE.

L'atome de carbone : $\begin{matrix} 12 \\ \text{C} \\ 6 \end{matrix}$ L'atome d'hydrogène : $\begin{matrix} 1 \\ \text{H} \\ 1 \end{matrix}$

Masses molaires atomiques :

$M_{\text{Ag}} : 107,9 \text{ g/mol}$; $M_{\text{N}} : 14,0 \text{ g/mol}$; $M_{\text{O}} : 16,0 \text{ g/mol}$; $M_{\text{Cl}} : 35,5 \text{ g/mol}$; $M_{\text{Cr}} : 52,0 \text{ g/mol}$

L'ion chromate : CrO_4^{2-}

EXERCICE I - Dosage des ions chlorures.

Extrait condensé du protocole d'un sujet de travaux pratiques de Baccalauréat Professionnel.

Détermination expérimentale de la concentration molaire C_0 en ions chlorures d'une eau minérale.

1 – Préparation de la burette.

En ajustant au zéro, remplir la burette d'une solution de nitrate d'argent de concentration molaire $C_1 = 0,0125 \text{ mol/L}$.

2 – Préparation d'une solution témoin.

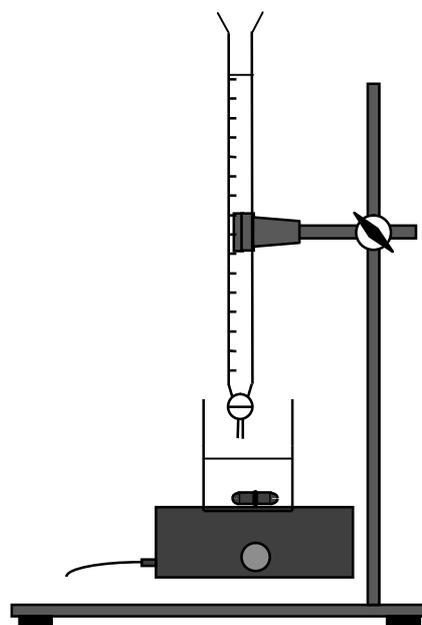
Dans un bécher étiqueté « solution témoin », verser 20 mL d'eau minérale ; ajouter 5 gouttes de chromate de potassium et 10 gouttes de nitrate d'argent de concentration 0,1 mol/L (la solution devient opaque mais ne change pas de couleur).

3 – Préparation de la prise d'essai pour le dosage.

Dans un bécher, placer $V_0 = 20 \text{ mL}$ d'eau minérale et ajouter 5 gouttes de chromate de potassium.

4 – Dosage.

En agitant (agitateur magnétique), verser la solution de nitrate d'argent contenue dans la burette dans le bécher contenant la prise d'essai et noter la couleur de la solution ; repérer le volume V correspondant au changement de couleur.



Questions destinées aux candidats du concours PLP.

1- Préparation de la solution de nitrate d'argent de concentration $C_1 = 0,0125 \text{ mol/L}$.

- 1.1. Donner la formule chimique du nitrate d'argent et calculer sa masse molaire moléculaire.
- 1.2. Calculer, en grammes (arrondie au milligramme), la masse m de nitrate d'argent anhydre solide nécessaire pour préparer 500 mL d'une solution aqueuse de concentration molaire $C_1 = 0,0125 \text{ mol/L}$.
- 1.3. Sur l'étiquette du flacon contenant le nitrate d'argent solide figurent diverses informations dont :

un pictogramme :



une phrase de risque :

R 34 : *provoque des brûlures.*

Indiquer quelle est la signification du pictogramme.

Indiquer les mesures de sécurité nécessaires pour réaliser la pesée.

2- Chlorure d'argent et chromate d'argent.

Le chlorure d'argent et le chromate d'argent sont considérés comme des sels insolubles.

- 2.1. Donner une définition de la solubilité s d'un sel en précisant l'unité.
- 2.2. Ecrire les équilibres de dissociation du chlorure d'argent et du chromate d'argent dans l'eau pure.
- 2.3. Donner les expressions des constantes d'équilibres K_1 et K_2 pour ces deux équilibres.
Pour chacun des deux sels d'argent, donner l'expression du produit de solubilité (K_{s1} et K_{s2}).
- 2.4. Les pK_s du chlorure d'argent et du chromate d'argent sont respectivement $pK_{s1} = 10,0$ et $pK_{s2} = 11,7$.
Calculer, en mole par litre puis en gramme par litre, la solubilité s_1 du chlorure d'argent et la solubilité s_2 du chromate d'argent.

3 - Préparation de la solution témoin.

- 3.1. Le protocole précise que la solution devient opaque mais ne change pas de couleur.

Indiquer ce qui rend la solution opaque et préciser la couleur.

Calculer quelle devrait être la concentration molaire c en ions chlorure de l'eau minérale pour que la solution reste limpide lorsque l'on ajoute 10 gouttes de nitrate d'argent à $0,1 \text{ mol/L}$ à 20 mL d'eau. Donner une conclusion. On prendra $v = 5 \cdot 10^{-5} \text{ L}$ pour le volume d'une goutte.

- 3.2. Le chromate d'argent forme un précipité rouge dans l'eau.

Expliquer pourquoi, lorsque l'on ajoute 5 gouttes de chromate de potassium à une solution contenant de l'eau minérale additionnée de 10 gouttes de nitrate d'argent, le précipité de chromate d'argent n'apparaît pas.

4 - Dosage.

La couleur rouge apparaît dans le bécher contenant la prise d'essai lorsque l'on a versé $V = 14,5 \text{ mL}$ de la solution de nitrate d'argent contenue dans la burette.

- 4.1. Calculer la concentration molaire C_0 en ions chlorure de l'eau minérale.
- 4.2. Sur la bouteille d'où provient l'eau minérale utilisée, on lit :

teneur en ions chlorures Cl^- : 322 mg/L .

La valeur trouvée à la question 4.1 est-elle en accord avec cette indication ? Présenter les calculs justifiant la réponse.

- 4.3. Pourquoi cette méthode de dosage est-elle dite « à précipitation préférentielle » ? Sous quel autre nom est-elle connue ?

EXERCICE II - Polyaddition.

Les programmes de Sciences Physiques des Baccalauréats Professionnels sont constitués de différentes unités spécifiques. L'unité spécifique C9 est intitulée : *Matériaux organiques : polyaddition.*

Questions destinées aux candidats du concours PLP.

1 - L'éthène. L'éthène est un alcène de formule brute C_2H_4 .

- 1.1. Décrire un test simple permettant de caractériser un alcène.
- 1.2. Ecrire la formule développée de la molécule d'éthène et préciser ses caractéristiques géométriques.
- 1.3. Après avoir présenté la structure électronique du carbone et de l'hydrogène, préciser la nature des liaisons dans la molécule d'éthène et montrer qu'elle permet d'expliquer certaines caractéristiques de cette molécule.

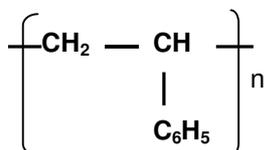
2 - Polymérisation : le polyéthylène.

Selon les conditions expérimentales, on peut obtenir deux types de polyéthylène.

- Sous haute pression (≈ 2000 bars) et à une température de $180^\circ C$ en présence de traces d'oxygène, on obtient le polyéthylène basse densité (PE bd ; $d \approx 0,91$).
 - Sous basse pression (de 10 à 30 bars) et à une température d'environ $60^\circ C$ en présence de catalyseurs (de type Ziegler-Natta à base de titane et d'aluminium), on obtient le polyéthylène haute densité (PE hd ; $d \approx 0,95$).
- 2.1. Citer deux utilisations industrielles ou de la vie courante de chacun de ces deux types de polyéthylène.
 - 2.2. Donner la formule du polyéthylène ; définir les termes : monomère, polymère, degré (ou indice) de polymérisation .
 - 2.3. Définir ce qu'est un catalyseur ; préciser son rôle dans une réaction et indiquer son mode d'action.

3 - Un autre polymère important : le polystyrène. Le polystyrène est un polymère très utilisé.

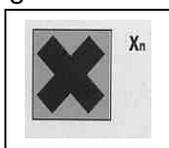
Sa formule est :



- 3.1. Préciser quel est le monomère et donner la formule développée de sa molécule.
- 3.2. Au laboratoire de chimie, face aux élèves, on veut réaliser la synthèse du polystyrène.

Sur l'étiquette du flacon contenant le monomère figurent diverses indications dont :

un pictogramme :



des phrases de risque :

R10 : *inflammable.*
R20 : *nocif par inhalation.*
R36/38 : *irritant pour les yeux et la peau.*

Décrire la manipulation réalisée en indiquant :

- les produits nécessaires en précisant le catalyseur utilisé (donner sa formule semi-développée) ;
- le produit formé en précisant s'il est liquide ou solide ;
- les conditions expérimentales et notamment les mesures de sécurité à respecter.

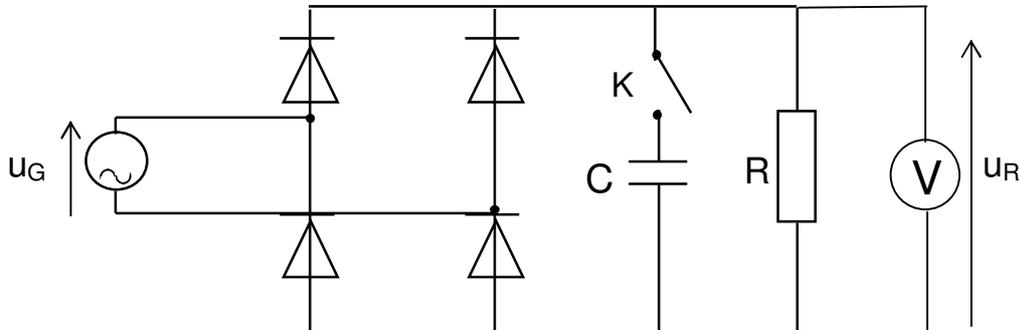
3.3. Le polystyrène existe également sous forme **expansée**. Indiquer comment, industriellement, on obtient le polystyrène expansé et citer deux utilisations industrielles ou de la vie courante.

PARTIE B : PHYSIQUE

EXERCICE I : Redressement et filtrage.

Extrait d'un sujet de Baccalauréat Professionnel

Le schéma suivant représente une partie d'une alimentation d'antenne parabolique de télévision.



G : générateur de tension sinusoïdale

C : condensateur

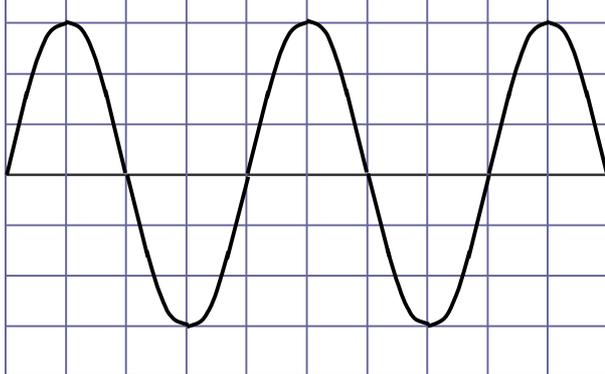
R : résistance

K : interrupteur

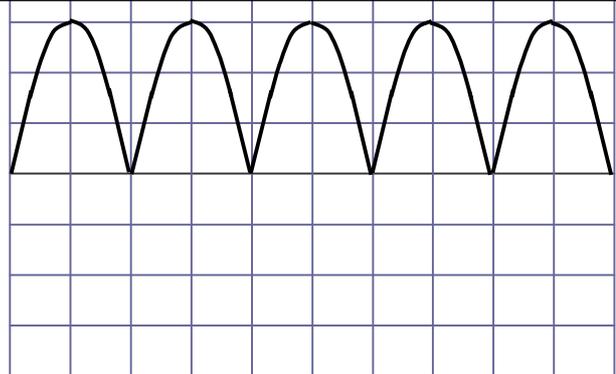
V : voltmètre

Question 1 : L'interrupteur K étant ouvert, à l'aide d'un oscilloscope, on obtient les oscillogrammes :

oscillogramme 1 : tension u_G délivrée par le générateur
5 ms pour une division ; 5 V pour une division



oscillogramme 2 : tension u_R aux bornes de la résistance R.
5 ms pour une division ; 5 V pour une division

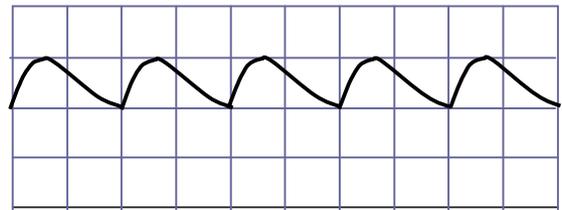


- Quel est le rôle du pont de diodes appelé "Pont de Graëtz" ?
- A l'aide de l'oscillogramme 1, déterminer la période, la fréquence puis la valeur maximale U_{Gmax} de la tension délivrée par le générateur.
- A l'aide de l'oscillogramme 2 :
 - déterminer la période, la fréquence puis la valeur maximale U_{Rmax} de la tension visualisée aux bornes de la résistance ;
 - citer les deux valeurs qui ne peuvent pas être lues sur le voltmètre parmi les trois valeurs suivantes : 0 V ; 15 V ; 10,6 V .

Question 2 : On ferme l'interrupteur K.

A l'aide de l'oscilloscope, on obtient l'oscillogramme 3, représentant la nouvelle tension u_R aux bornes de la résistance R.

- quel est le rôle du condensateur ?
- le voltmètre indique une tension $U_R = 13,5V$ lorsque la résistance est $R = 10 \Omega$; calculer l'intensité du courant traversant la résistance R .



oscillogramme 3 :
tension u_R aux bornes de la résistance R
5 ms pour une division ;
5 V pour une division

Questions destinées aux candidats du concours PLP.

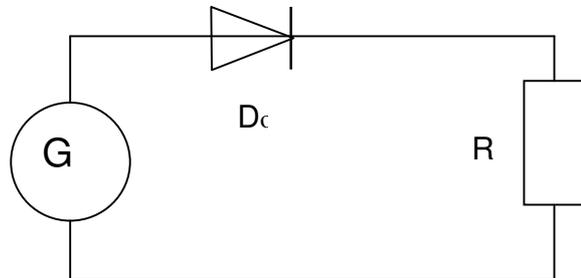
1. Rédiger le corrigé de cet extrait de sujet de Baccalauréat Professionnel (le barème n'est pas demandé).

2. Diodes et redressement.

2.1. Décrire rapidement une diode à jonction et indiquer sa particularité essentielle.

2.2. Tracer l'allure de la caractéristique $I = f(U)$ d'une diode à jonction réelle. Préciser la notion de « tension de seuil » et, sur la tracé de la caractéristique, montrer comment on l'obtient.

2.3. On réalise le montage ci-contre, où G délivre une tension sinusoïdale. À l'oscilloscope, on relève la tension aux bornes du résistor R. Dessiner l'allure de l'oscillogramme observé.



2.4. Après avoir reproduit le schéma du pont de Graëtz alimenté par une tension sinusoïdale et débitant dans un résistor R, donner les explications permettant de justifier la courbe obtenue sur l'oscillogramme 2 de l'extrait du sujet de baccalauréat professionnel.

2.5. Quel est l'intérêt d'utiliser un tel pont par rapport au montage de la question 2.3 ?

3. Charge d'un condensateur.

3.1. Décrire rapidement un condensateur en précisant les différents éléments constitutifs. A quoi correspond le « claquage » d'un condensateur ?

3.2. Il existe deux types de condensateurs : les condensateurs à lame mince et les condensateurs électrochimiques. Indiquer les principaux avantages et les principaux inconvénients de chacun de ces types de condensateurs.

3.3. On charge un condensateur de capacité C par un courant d'intensité constante $I = 330\text{mA}$. Le condensateur, complètement déchargé à l'instant $t = 0$, acquiert, au bout d'une durée $\Delta t = 0,1\text{s}$, une tension à ses bornes de $U = 15\text{V}$. Calculer la capacité C en microfarad (μF). Compte tenu de la valeur trouvée, dire s'il s'agit d'un condensateur à lame mince ou d'un condensateur électrochimique.

4. Décharge d'un condensateur au travers d'un résistor.

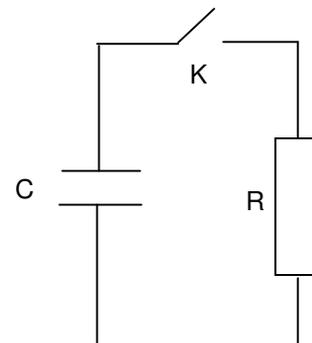
Un condensateur de capacité $C = 2200 \mu\text{F}$ est initialement chargé. La tension à ses bornes est alors $U = 15\text{V}$.

On réalise le montage ci-contre, avec $R = 10 \Omega$.

4.1. Etablir et résoudre l'équation différentielle permettant d'obtenir l'expression de la tension $u(t)$ aux bornes du condensateur lorsque l'on ferme l'interrupteur K.

4.2. Tracer l'allure de la courbe $u(t)$.

4.3. Faire les tracés permettant de retrouver graphiquement la « constante de temps » τ du circuit. Expliquer rapidement l'influence d'une augmentation de cette constante de temps τ .



5. Retour sur le montage de l'alimentation de l'antenne.

L'oscillogramme 3 de l'extrait du sujet de baccalauréat professionnel représente la tension aux bornes de la résistance R en parallèle avec un condensateur de capacité C, cet ensemble étant alimenté à travers un pont de Graëtz.

Commenter l'allure de l'oscillogramme en distinguant les différentes phases au cours d'une période et expliquer alors le rôle du condensateur.

Quelle modification apporterait une augmentation de la constante de temps τ du circuit ?

Cela représenterait-il un avantage ou un inconvénient pour le but recherché par un tel montage ?

EXERCICE II : Acoustique.

EXTRAIT D'UN SUJET DE BACCALAURÉAT PROFESSIONNEL

En fonctionnement, une machine à tronçonner des profilés d'aluminium émet un bruit de puissance sonore $P_s = 0,5 \text{ W}$.

L'oreille d'un ouvrier est à une distance $d = 1,20 \text{ m}$ de la source sonore supposée ponctuelle.

1. Calculer l'intensité acoustique I reçue par l'oreille de l'ouvrier.
Calculer alors le niveau d'intensité acoustique L .
2. Au delà d'un niveau d'intensité acoustique $L = 85 \text{ dB}$, la norme oblige le port d'un casque anti-bruit. Celui-ci est-il obligatoire pour l'utilisation de la machine à tronçonner ? Justifier la réponse.

$$\text{Rappels : } I = \frac{P_s}{4\pi d^2} \quad ; \quad L = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0} \quad ; \quad I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$$

Questions destinées aux candidats du concours PLP.

1. Rédiger une solution pour l'exercice du sujet (le barème n'est pas demandé).

2. Caractéristiques des sons.

Un son est considéré comme une onde se propageant dans le milieu matériel.

2.1. Préciser si cette onde est transversale ou longitudinale.

2.2. Chaque son possède ses propres qualités : intensité, hauteur et timbre. Préciser à quoi correspond chacune de ces qualités et à quelle caractéristique de l'onde elle correspond.

3. Perception d'un son par l'oreille humaine.

3.1. L'oreille humaine ne perçoit pas tous les sons émis ; indiquer quelles sont, approximativement, les limites du champ auditif normal.

3.2. La grandeur caractérisant la perception d'un son par l'oreille située à une distance d (en m) d'une source émettant un son avec une puissance sonore P_s (en W) est l'intensité acoustique I (en W/m^2). Justifier l'expression donnant I en fonction de P_s .

3.3. En terme de mesure, c'est le niveau d'intensité acoustique L (en dB) qui est relevé.

Quel est l'appareil permettant de mesurer un niveau d'intensité acoustique ?

Que représente la valeur $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$ de la formule de calcul ?

3.4. Une façon d'abaisser le niveau d'intensité acoustique L au niveau d'une oreille est de s'éloigner de la source émettrice. Calculer à quelle distance d' d'une source considérée comme ponctuelle émettant un son de puissance sonore $P_s = 0,5 \text{ W}$ il faut se placer pour que le niveau d'intensité acoustique soit de 85 dB.

3.5. Une seconde machine à tronçonner identique (puissance sonore émise $P_s = 0,5 \text{ W}$) se met en route. L'oreille de l'ouvrier est située à la même distance $d = 1,20 \text{ m}$ des deux machines. Calculer la variation de niveau d'intensité acoustique provoquée par la mise en fonctionnement de la seconde machine, la première étant déjà en marche.

4. La propagation du son.

- 4.1. Décrire une expérience montrant la nécessité d'un milieu matériel pour qu'un son puisse se propager
- 4.2. Donner deux exemples de situations concrètes simples que l'on peut citer à des élèves pour leur faire comprendre que le son se propage dans l'air avec une certaine célérité.
- 4.3. Proposer et décrire un dispositif expérimental permettant en classe de mesurer la célérité du son dans l'air. Quelle est la valeur approximative que l'on s'attend à trouver, la mesure étant faite à une température ambiante voisine de 18°C ?
- 4.4. La célérité de propagation du son dans un gaz est donnée par la relation de Laplace :

$$V = \sqrt{\gamma \frac{P_0 \cdot T}{a_0 \cdot d \cdot T_0}}$$

$\gamma = \frac{c_p}{c_v}$: rapport des chaleurs massiques du gaz ;
 p_0 : pression atmosphérique normale ($p_0 = 1,013 \cdot 10^5$ Pa) ;
 a_0 : masse volumique de l'air dans les conditions normales ($a_0 = 1,293$ kg/m³) ;
 d : densité du gaz par rapport à l'air ($d \approx M/29$, M masse molaire moléculaire du gaz) ;
T : température absolue en Kelvin ;
 T_0 : température absolue normale ($T_0 = 273$ K).

- 4.4.1. Calculer la célérité théorique du son dans l'air à 25°C sous la pression atmosphérique normale (pour l'air, $\gamma \approx 1,4$).
- 4.4.2. Quelle serait la valeur de cette célérité si, dans les mêmes conditions, on se plaçait dans le dihydrogène H₂ (pour un gaz diatomique, $\gamma \approx 1,4$; $M_H = 1$ g/mol).
- 4.5. Le son se propage également dans les liquides et les solides. Donner les ordres de grandeur des célérités du son dans l'eau et l'acier.