

CAPLP

Concours externe

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 trois exercices de physique et trois 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.*

L'annexe 1 est à rendre avec la copie.

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

PREMIÈRE PARTIE : PHYSIQUE

Exercice I : étude d'un circuit R,L,C
Exercice II : appareil photographique
Exercice III : solide à l'équilibre et en mouvement

DEUXIÈME PARTIE : CHIMIE

Exercice I: dosage conductimétrique
Exercice II : hydrolyse des corps gras
Exercice III : dosage des sucres dans une boisson de réhydratation

PREMIÈRE PARTIE : PHYSIQUE

Exercice I : étude d'un circuit R,L,C

Un dipôle comprend, en série, un résistor de résistance R , une bobine d'inductance L et de résistance négligeable, un condensateur de capacité C .

On applique, aux bornes A et B du dipôle ainsi constitué, une tension alternative sinusoïdale $u_{AB}(t)$ de fréquence f réglable, de valeur efficace U_{AB} constante et égale à 1,80 V.

I.A. Résonance et caractéristiques.

On fait varier la fréquence f et on mesure l'intensité efficace I du courant i dans le dipôle.

I.A.1. Quelle est l'allure de la courbe ? Justifier.

Sur cette courbe, on peut distinguer les trois points suivants :

S, correspondant au sommet de la courbe, de coordonnées (980 Hz ; 360 mA) ;

P_1 de coordonnées (955 Hz ; 254 mA) ; P_2 de coordonnées (1020 Hz ; 254 mA).

I.A.2. Quelle est la valeur de la résistance R du résistor ?

I.A.3. Définir et construire sur le graphique la bande passante à 3 décibels (3 dB) du dipôle (R,L,C), et déterminer sa largeur. En déduire la valeur du facteur de qualité Q du dipôle (R,L,C).

I.A.4. Quelle est la valeur de l'inductance L de la bobine ?

I.A.5. Quelle est la valeur de la capacité C du condensateur ?

I.A.6. Montrer que la tension efficace U_C de la tension u_c aux bornes du condensateur peut se mettre, à la résonance, sous la forme $U_C = Q \cdot U_{AB}$.

I.A.7. En déduire l'expression de Q en fonction de R , C et f_0 (fréquence de résonance du dipôle). Retrouver sa valeur.

I.A.8. Expliquer le danger que peut présenter le phénomène de résonance pour certains éléments du circuit.

I.B. Observation à l'oscilloscope.

Avec un oscilloscope bicourbe, on veut visualiser, à la résonance, les variations, en fonction du temps, de $u_{AB}(t)$ d'une part, et de l'intensité instantanée $i(t)$ d'autre part.

I.B.1. Indiquer, sur un schéma, les branchements de l'oscilloscope permettant de visualiser la tension $u_{AB}(t)$ et l'intensité instantanée $i(t)$. Justifier votre choix.

I.B.2. On veut observer, sur l'écran 10 cm sur 8 cm, des courbes correspondant sensiblement à deux périodes des grandeurs visualisées ; préciser les sensibilités que l'on doit utiliser, en les choisissant parmi les valeurs suivantes :

base de temps en ms.cm^{-1} : 0,1 ; 0,2 ; 0,5 ; 1 ; 2 ; 5 ; 10 ;

sensibilités des voies 1 et 2 en V.cm^{-1} : 0,1 ; 0,2 ; 0,5 ; 1 ; 2 ; 5 ; 10.

I.B.3. Représenter les oscillogrammes obtenus.

Exercice II : appareil photographique

On assimile l'objectif d'un appareil photographique à une lentille mince convergente (L) de distance focale $f'=50\text{mm}$, d'axe principal ($x'x$) et de centre optique O. La pellicule représente l'écran E de ce système.

II.A. L'appareil est d'abord mis au point sur un objet très éloigné.

Où se situe la pellicule par rapport à l'objectif ?

II.B. Sur le schéma de l'annexe 1, où les dimensions ne sont pas respectées :

II.B.1. Représenter la lentille L.

II.B.2. Construire l'image A'B' de l'objet AB sur l'écran E.

II.B.3. Construire le foyer principal image qu'on appellera F' ; en déduire la position du foyer principal objet qu'on appellera F.

II.C. Sur la partie quadrillée de l'annexe 1, réaliser la construction, en utilisant des échelles convenables, dans le cas où :

*l'objet est un disque de diamètre $D=10\text{cm}$, d'axe confondu avec l'axe principal de la lentille, et situé à 30 cm de la lentille ;
l'image se forme sur la pellicule.*

II.D. On désire, avec cet appareil, photographier un tableau situé à $2,55\text{m}$ devant l'objectif. Le nombre d'ouverture du diaphragme est $N = 8$. On rappelle que le nombre d'ouverture N du diaphragme est égal au rapport de la distance focale de l'objectif au diamètre du diaphragme.

II.D.1. A quelle distance de l'objet doit-on placer la pellicule pour que s'y forme une image nette du tableau ?

II.D.2. Les dimensions de la pellicule sont : $24\text{mm} \times 36\text{mm}$; quelles doivent être les dimensions maximales du tableau pour qu'on en obtienne une image complète ?

II.D.3. Déterminer la profondeur de champ de l'appareil photographique. On admettra qu'un point est vu nettement à condition que le diamètre de la tache lumineuse qu'il forme sur la pellicule soit inférieure à $30\ \mu\text{m}$.

II.D.4. Que devient cette profondeur de champ si on utilise un nombre d'ouverture du diaphragme égal à 4 ?

II.D.5. En déduire l'influence de l'ouverture du diaphragme sur la profondeur de champ.

Exercice III : Solide à l'équilibre et en mouvement

On considère deux cubes de même arête, de longueur 5 cm. Ces deux cubes sont en alliage aviation (aluminium, magnésium et lithium), de masse volumique $\rho=1,4\text{ g.cm}^{-3}$ ($1,4 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$ en unités S.I.). Le premier, C_1 , est plein, le second, C_2 , est creux. La cavité de C_2 est cubique et son centre coïncide avec celui du cube. Cette cavité occupe 75% du volume de C_2 . On néglige la masse volumique de l'air qui occupe la cavité devant celle de l'alliage aviation. Ces cubes sont solidarisés selon une face, pour former un solide, noté S, ayant la forme d'un parallélépipède rectangle (figure 1).

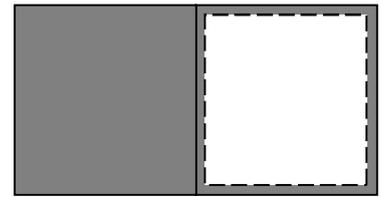


figure 1

III.A. ÉTUDE STATIQUE

III.A.1. Déterminer la position du centre de gravité du solide S.

III.A.2. On place S sur un plan incliné imparfaitement poli. Seul le cube plein est en contact avec le plan incliné, incliné d'un angle α (figure 2). On lève ce plan en partant de $\alpha = 0$. Calculer la valeur de α à partir de laquelle le solide S commence à glisser, sachant que le coefficient de frottement k entre le solide S et le plan incliné est 0,5 (k est le rapport entre réaction tangentielle et réaction normale du plan incliné).

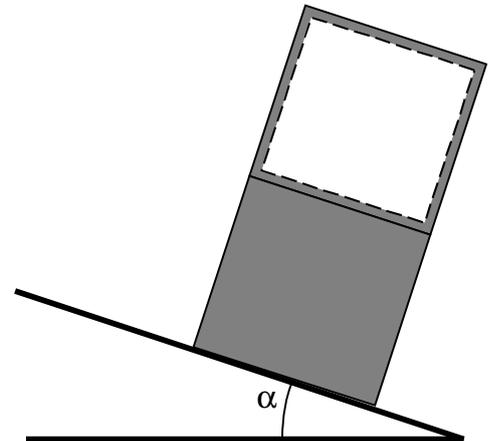


figure 2

III.A.3. On renverse le solide S ; seul le cube creux est en contact avec le plan incliné (figure 3). Calculer la valeur de α à partir de laquelle un déséquilibre apparaît. Comment se manifeste ce déséquilibre ? justifier.

III.A.4. On place le solide S dans l'eau. Montrer qu'il flotte et indiquer pourquoi le cube creux se trouve toujours vers le haut quelle que soit la façon d'introduire le solide dans l'eau ($\rho_{\text{eau}}=1,0\text{ g.cm}^{-3}$, soit $1,0 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$ en unités S.I.). Quelle est alors la hauteur de la partie émergée du solide ?

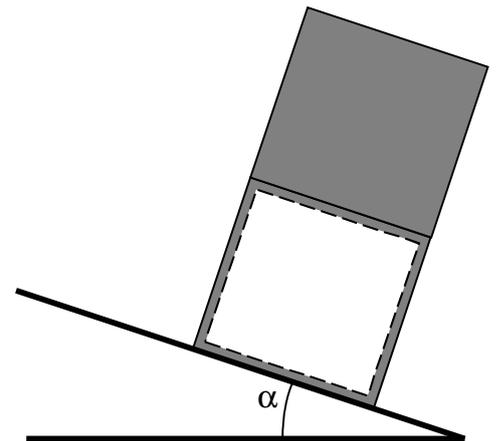


figure 3

III.B. ÉTUDE DYNAMIQUE

Le solide S se trouve toujours dans l'eau. On appuie sur S de façon à ce qu'il soit totalement immergé, la face supérieure étant juste à la surface de l'eau. On lâche S sans vitesse initiale.

III.B.1. Quel type de mouvement observera t'on ? Esquisser l'allure de la courbe représentant l'évolution de l'altitude z du centre de gravité du solide par rapport à la surface de l'eau, en fonction du temps.

III.B.2. En négligeant les frottements, établir l'équation caractéristique du mouvement, la résoudre et en interpréter et commenter les résultats.

DEUXIÈME PARTIE : CHIMIE

Exercice I: dosage conductimétrique

On étudie le dosage d'une solution d'acide éthanóique par la potasse. Le suivi du dosage se fera par une méthode conductimétrique. La solution de potasse a une concentration $C = 0,200 \text{ mol.L}^{-1}$.

I.A. étude préliminaire

- I.A.1. La potasse est le nom usuel d'un produit ; quelle espèce chimique désigne-t-il ?
- I.A.2. Schématiser et annoter le poste de travail qui permettrait un dosage conductimétrique d'une solution d'acide éthanóique par la solution de potasse.
- I.A.3. Rappeler les précautions à prendre pour ce genre de manipulation.
- I.A.4. Quelle grandeur physique mesure-t-on lors d'un dosage par conductimétrie ?
- I.A.5. Définir le terme équivalence dans un dosage.
- I.A.6. Avant l'équivalence, alors que de la solution de potasse a déjà été versée :
 - I.A. 6.a. Quelles sont les espèces chimiques présentes en solution qui vont influencer sur la valeur de la conductance de la solution ?
 - I.A. 6.b. Faites un inventaire exhaustif de la provenance de ces espèces.
- I.A.7. Pour faire un tel dosage, on utilise des électrodes en platine platiné et le conductimètre génère une tension alternative de 1000 Hz. À quoi servent ces précautions ?

I.B. dosage

On dose 20,0 mL de solution d'acide éthanóique de concentration inconnue C_1 ; on obtient la courbe de dosage fournie en annexe 2.

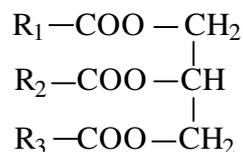
- I.B.1. Pour un volume de solution de potasse inférieur à 1 mL, écrire les demi-équations formelles des couples acides-bases mis en jeu.
- I.B.2. En déduire l'équation de la réaction de dosage.
- I.B.3. Pour réaliser le dosage, on rajoute 100 mL d'eau distillée. Quel en est l'intérêt ?
- I.B.4. Déterminer le volume à l'équivalence V_E ; en déduire la concentration de l'acide.
- I.B.5. Expliquer brièvement les différences de pentes observées sur la courbe de dosage.

Exercice II : hydrolyse des corps gras

Les corps gras sont des composés naturels d'origine végétale ou animale encore appelés lipides.

Ils sont essentiellement constitués de triglycérides, triesters du glycérol et d'acides gras.

Leur formule est du type :



Par hydrolyse des triglycérides, on obtient du glycérol et un mélange d'acides gras tels que les acides stéarique, oléique et linoléique.

Masse molaire atomique de l'hydrogène : $1,00 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Masse molaire atomique de l'oxygène : $16,00 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

II.A. Ecrire la formule semi-développée du glycérol et donner son nom dans la nomenclature systématique.

II.B. L'acide oléique est un acide gras mono-insaturé, nommé acide (Z)-octadéc-9-énoïque dans la nomenclature officielle. Ecrire sa formule semi-développée.

II.C. L'acide linoléique est un acide gras poly-insaturé, nommé acide (9Z, 12Z)-octadéca-9,12-diénoïque dans la nomenclature officielle.

II.C.1. Ecrire sa formule semi-développée.

II.C.2. Déterminer le nombre de stéréoisomères de configuration possibles pour cet acide et les nommer.

II.D. La combustion de $m = 2,84 \text{ g}$ d'acide stéarique produit $3,24 \text{ g}$ d'eau et $4,32 \text{ L}$ de dioxyde de carbone dans des conditions telles que le volume molaire gazeux est $V_m = 24,0 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$.

II.D.1. Déterminer les quantités (en mole) de dioxyde de carbone et d'eau produites, ainsi que le pourcentage massique en carbone dans l'acide stéarique.

II.D.2. En notant n le nombre d'atomes de carbone de la chaîne carbonée de l'acide stéarique, écrire sa formule brute puis déterminer, en fonction de n , son pourcentage massique en carbone. En déduire n .

II.D.3. Déterminer la formule semi-développée de l'acide stéarique, sachant que sa chaîne carbonée ne présente pas de ramification. Quel est son nom en nomenclature systématique ?

Exercice III : dosage des sucres dans une boisson de réhydratation

On se propose de doser le glucose, appelé glucose libre, et le saccharose contenus dans un sachet d'Adiaril. Les indications portées sur l'emballage sont les suivantes :

ADIARIL®

préparation de régime pour réhydratation
nourrissons et enfants en bas âge

FORMES et PRÉSENTATIONS :

Poudre orale : Étui de 14 sachets de 9,9 g (ACL 715 647.8).

Préparation diététique pour réaliser une solution hydro-électrolytique permettant de compenser rapidement les pertes hydriques lors des diarrhées aiguës.

COMPOSITION :

Ingrédients : glucose, saccharose, gluconate de potassium, bicarbonate de sodium, chlorure de sodium. Ne contient ni lait, ni protéines de lait.

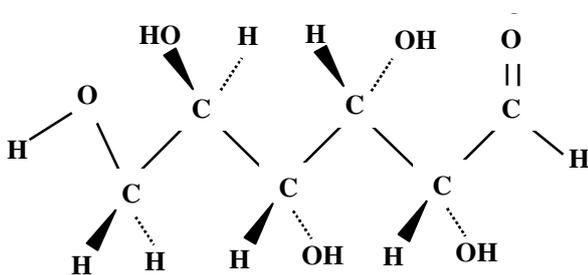
1 sachet = 1 biberon de 200 ml de produit reconstitué.

Analyse moyenne		p 100 g	p sachet
Valeur énergétique	kcal	323	32
	kJ	1374	136
Glucose	g	40,4	4 (22,2 mEq)
Saccharose	g	40,4	4 (11,6 mEq)
Sodium	g	2,28	0,226 (9,8 mEq)
Potassium	g	2,01	0,199 (5 mEq)
Chlorures (Cl ⁻)	g	1,83	0,181 (5 mEq)
Bicarbonates (HCO ₃ ⁻)	g	2,92	0,289 (4,8 mEq)
Gluconates (C ₆ H ₁₁ O ₇ ⁻) ..	g	10,05	0,995 (5 mEq)

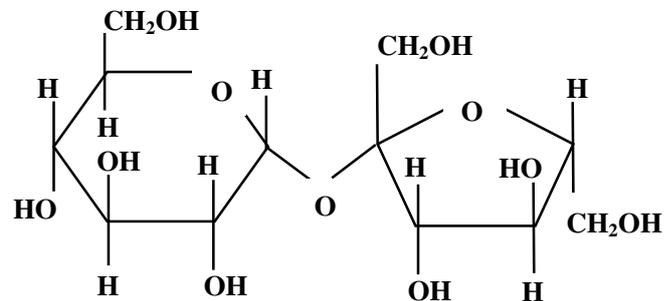
Osmolarité : 326 mOsm/l.

INDICATIONS : Réhydratation en cas de déshydratation hypertonique due aux diarrhées aiguës du nourrisson et de l'enfant.

quelques données :



glucose



saccharose

formule brute du glucose : C₆H₁₂O₆

formule brute du saccharose : C₁₂H₂₂O₁₁

masse molaire moléculaire du glucose = 180 g.mol⁻¹ ; masse molaire moléculaire du saccharose = 342 g.mol⁻¹.

III.A. Préparation de la solution d'Adiaril :

On veut préparer 1,00 L d'une solution par dissolution d'un sachet d'Adiaril. Soit S_1 la solution obtenue, de concentration C_G en glucose et C_S en saccharose. Décrire le protocole en précisant la verrerie utilisée.

III.B. Dosage du glucose par la liqueur de Fehling :

III.B.1. En milieu basique, la liqueur de Fehling contient des ions cuivre (II) complexés par des ions tartrates CuT_2^{2-} . Quelle est sa couleur ?

La réaction du glucose avec la liqueur de Fehling dépend des conditions expérimentales ; aussi utilise-t-on pour doser quantitativement le glucose, une méthode comparative : dans les mêmes conditions, on dose un même volume de liqueur de Fehling, d'une part par une solution de glucose S_0 , de concentration connue C_0 , et d'autre part par la solution de glucose de concentration inconnue.

III.B.2. Etalonnage de la liqueur de Fehling : on dose 10,0 mL de liqueur de Fehling. ; la solution étalon de glucose a une concentration $C_0 = 2,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

III.B.2.a. Quelle masse de glucose doit-on peser pour préparer 100,0 mL de la solution S_0 ?

III.B.2.b. Proposer un mode opératoire du dosage. Faire un schéma du dispositif.

III.B.2.c. Comment repère-t-on l'équivalence ?

III.B.2.d. Donner le nom du produit caractéristique qui se forme et préciser sa couleur.

III.B.2.e. Justifier le caractère oxydant ou réducteur du glucose.

Le volume de solution S_0 , versé à l'équivalence, est $V_0 = 14,7 \text{ mL}$.

III.B.3. Dosage du glucose libre : on réalise la même manipulation que précédemment, mais on remplace la solution étalon S_0 par la boisson S_1 ; l'équivalence est obtenue pour un volume versé $V_1 = 13,3 \text{ mL}$.

III.B.3.a. Déduire du dosage la concentration C_G , en glucose libre.

III.B.3.b. Calculer la masse m_G de glucose contenu dans un sachet d'Adiaril. Ce résultat est-il conforme à l'indication lue sur l'emballage ?

III.C. Dosage du saccharose par la liqueur de Fehling :

III.C.1. Dans les conditions du dosage précédent, le saccharose ne réagit pas avec la liqueur de Fehling ; pourquoi ?

III.C.2. Si on hydrolyse le saccharose, en présence d'un acide, la réaction se produit ; pourquoi ?

III.C.3. Préparation d'une solution S_2 : hydrolyse du saccharose : dans un erlenmeyer de 250 mL, on introduit, à l'aide d'une burette, 40,0 mL de solution S_1 et, avec précaution, 1 mL d'acide chlorhydrique concentré ; on chauffe le mélange réactionnel pendant 20 minutes, à environ 80°C ; le mélange est ensuite refroidi sous un courant d'eau froide et on ajoute environ 1 mL de solution d'hydroxyde de sodium concentrée ; ce mélange est ensuite utilisé pour préparer 50,0 mL d'une solution S_2 , de concentration C_2 en sucres.

Pourquoi doit-on ajouter un peu de solution d'hydroxyde de sodium après hydrolyse du saccharose présent dans la solution S_1 ?

III.C.4. Dosage de la solution S_2 : on réalise la même manipulation qu'avec les solutions S_0 et S_1 , mais on utilise cette fois la solution S_2 ; l'équivalence est obtenue pour un volume versé $V_2 = 8,3 \text{ mL}$.

III.C.4.a. Quels sucres dose-t-on dans la solution S_2 ?

III.C.4.b. Écrire la relation entre les concentrations C_G en glucose et C_S en saccharose de la solution S_1 après hydrolyse et la concentration C_2 de la solution diluée S_2 .

III.C.4.c. En déduire la concentration en saccharose C_S de la solution S_1 .

III.C.4.d. Calculer la masse de saccharose contenue dans un sachet d'Adiaril ; ce résultat est-il conforme à l'indication lue sur l'emballage ?

Annexe 1
(à rendre avec la copie)

