

Tous les parties (**titres encadrés**) sont indépendantes et peuvent être traitées dans l'ordre choisi par le candidat. **Cependant, aborder chaque partie sur des feuilles séparées.**

La plus grande importance sera donnée à la qualité de la présentation et à la précision de l'argumentation des réponses. **Toute égalité non homogène ou résultat numérique sans unité sera pénalisé.**

Les résultats seront mis en valeur (encadrés, soulignés ...).

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

BON COURAGE !

Les calculatrices ne sont pas autorisées

CHIMIE (durée conseillée : 1h40)

Exercice 1 : Extrait Banque PT 2013 (durée conseillée : 1h10)

Partie 1 (20min) :

La molécule de monoxyde de carbone est constituée d'oxygène ($Z=8$) et d'un atome de carbone ($Z=6$).

- 1) Donner la configuration électronique des ces deux atomes.
- 2) Indiquer le nom des règles utiles à l'établissement de ces configurations.
- 3) Expliquer pourquoi le carbone est tétravalent.
- 4) A quoi correspondent des atomes isotopes ? Donner deux exemples connus d'isotopes du carbone et écrire leur représentation symbolique.
- 5) Où se situe l'oxygène dans la classification périodique (ligne, colonne) ?
- 6) Proposer une représentation possible de Lewis pour la molécule de monoxyde de carbone ?
- 7) Comment évolue l'électronégativité au sein d'une ligne du tableau périodique ?
- 8) La formule de Lewis proposée par vos soins est-elle alors en accord avec les électronégativités du carbone et de l'oxygène ?

Partie 2 (30min) :

L'oxyde de zinc peut exister dans la nature sous forme de poudre ou de cristal massif. Du point de vue cristallographique, ZnO peut exister selon les conditions d'élaboration, sous trois types de structures différentes. La première est la structure Würtzite, stable dans les conditions usuelles ; la seconde est la structure cubique, qui est instable et qui apparaît sous des pressions élevées ; la troisième est la structure Rocksalt qui apparaît sous des pressions très élevées. Ces différentes structures sont formées des ions Zn^{2+} et O^{2-} , de rayons respectifs $r_{Zn^{2+}}$ et $r_{O^{2-}}$. Pour la structure cubique, les atomes d'oxygène sont aux sommets du cube et un atome de zinc occupe le centre du cube. Pour la structure Rocksalt, les atomes d'oxygène occupent les sommets du cube et le milieu de chaque face ; les atomes de zinc occupent tous les sites octaédriques de cette structure.

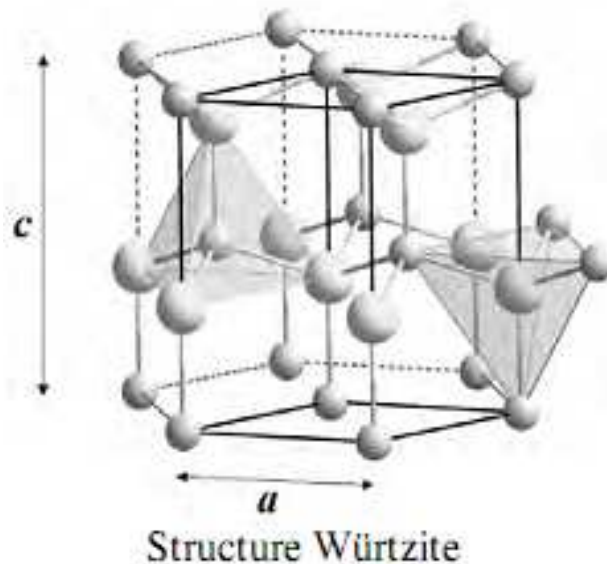
- 1) Dessiner sur l'annexe fournie (Cristallographie) les deux structures cubique et Rocksalt décrites précédemment.
- 2) Pour chaque maille, calculer le nombre d'atomes en propre de zinc et d'oxygène (c'est à dire le nombre d'atomes de zinc et d'oxygène réellement contenu dans la maille).
- 3) L'électroneutralité à l'intérieur de ces mailles conventionnelles est-elle respectée ?
- 4) Pour la structure cubique, préciser suivant quel axe s'effectue le contact entre atomes (arête, diagonale d'une face, diagonale du cube ?). En déduire l'expression littérale puis la valeur du paramètre de maille a correspondant.
- 5) Mêmes questions pour la structure Rocksalt.
- 6) Exprimer puis calculer la masse volumique de ces édifices.

La structure Würtzite (la plus stable) est caractérisée par des atomes d'oxygène disposés suivant une structure hexagonale compact et des atomes de zinc occupant la moitié des sites tétraédriques de ce réseau hexagonal compact. Pour les questions 7 à 9, on considèrera la maille conventionnelle de cette structure (surlignée en noir sur le schéma ci dessous).

7) Calculer le nombre d'atomes en propre d'oxygène.

8) L'électroneutralité est-elle respectée sachant que l'on a dans cette maille conventionnelle 2 atomes de zinc en propre ?

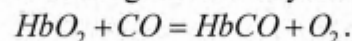
9) Exprimer puis calculer la masse volumique de ce cristal.



Partie 3 (20min):

Dans le corps humain, au niveau des poumons, le dioxygène gazeux se fixe par complexation sur l'hémoglobine (notée *Hb*) du sang et forme de l'oxyhémoglobine : HbO_2 . Cette molécule permet ensuite de véhiculer le dioxygène jusqu'aux organes.

Le monoxyde de carbone a la propriété de réagir avec l'oxyhémoglobine suivant la réaction :



La constante de réaction vaut $K = 210$ à $25^\circ C$. Ainsi lors de l'inhalation d'un air contenant un mélange de dioxygène et de monoxyde de carbone, ce dernier sera fixé à l'hémoglobine de façon privilégiée. Les organes du corps ne sont alors plus alimentés en dioxygène : c'est l'intoxication.

Dès lors qu'une intoxication est suspectée, il devient nécessaire de connaître le pourcentage de CO présent dans le sang pour fournir au patient le traitement médical le plus approprié, ou bien vérifier, le cas échéant, la cause du décès.

Une des méthodes employées consiste à imprégner le sang à analyser d'un réactif dénaturant la HbCO (méthode de Truhaut Boudène) afin de libérer l'intégralité du monoxyde de carbone préalablement capté par l'hémoglobine. On fait ensuite réagir le $CO(g)$ libéré avec une solution de chlorure de palladium ($Pd^{2+} + 2Cl^-$). Les produits obtenus sont du dioxyde de carbone gazeux et du palladium métallique (sous forme solide). Enfin, le palladium est titré par une méthode colorimétrique (non détaillée dans ce sujet).

1) Ecrire les demi-réactions d'oxydoréduction des couples impliquant $CO(g)$ et $Pd^{2+}(aq)$. En déduire l'équation bilan de la réaction.

2) Ecrire l'expression du quotient de réaction à l'équilibre de la réaction précédente.

3) En utilisant les expressions de Nernst des couples impliqués, déterminer l'expression de la constante de réaction en fonction des potentiels standards. Calculer l'ordre de grandeur de sa valeur numérique.

4) Que peut-on conclure à la vue de vos résultats précédents ?

5) Expliquer qualitativement, mais de façon suffisamment détaillée, comment le titrage du palladium formé permet de connaître le pourcentage de CO fixé à l'hémoglobine du sang.

Données

$$r_{Zn^{2+}} = 72 \text{ pm} ; r_{O^{2-}} = 140 \text{ pm} ; \frac{RT}{F} \ln 10 \approx 0,06$$

Constante d'Avogadro : $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$; Constante des gaz parfaits : $R = 8,314 \text{ J.K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$

Masse molaire : $M(\text{ZnO}) = 81,38 \text{ g.mol}^{-1}$

$T_{fus}(\text{ZnO}) = 2248 \text{ K}$; $T_{fus}(\text{Zn}) = 693 \text{ K}$; $T_{eb}(\text{Zn}) = 1180 \text{ K}$

Structure Würtzite : $a = 325 \text{ pm}$; $c = 521 \text{ pm}$

Potentiels standards : $E^0(\text{Pd}^{2+}(\text{aq})/\text{Pd}(\text{s})) = 0,951 \text{ V}$; $E^0(\text{CO}_2(\text{g})/\text{CO}(\text{g})) = -0,520 \text{ V}$

Aides numériques

$$\frac{81,38 \cdot 10^7}{6,02 \times (245)^3} \approx 9,192 ; \quad \frac{81,38 \cdot 10^7}{6,02 \times (424)^3} \approx 1,773 ; \quad \frac{424}{\sqrt{3}} \approx 245 ; \quad \frac{\sqrt{3}}{2} \times (325)^2 \times 521 \cdot 10^{-7} \approx 4,77 ;$$

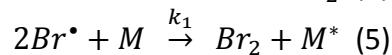
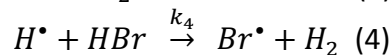
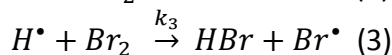
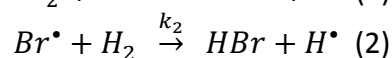
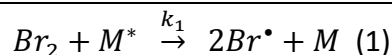
$$\frac{143}{4,64 \cdot 10^{-2}} \approx 3,08 \cdot 10^2 ; \quad 143 \times 4,64 \cdot 10^{-2} \approx 6,64 ; \quad \frac{4,64 \cdot 10^{-2}}{143} \approx 3,24 \cdot 10^{-4} ; \quad 1,773 \times 4 \approx 7,092 ;$$

$$\frac{1,773}{4} \approx 0,443 ; \quad \frac{2 \times 81,38}{6,02 \times 4,77} \approx 5,67 ; \quad \frac{52,5 \cdot 10^3}{8,314 \times 1273} \approx 4,96 ; \quad \frac{32,5 \cdot 10^3}{8,314 \times 1273} \approx 3,07 ; \quad e^{3,07} \approx 21,5 ;$$

$$e^{-3,07} \approx 4,64 \cdot 10^{-2} ; \quad e^{4,96} \approx 143 ; \quad e^{-4,96} \approx 7,01 \cdot 10^{-3} ; \quad \frac{1,049}{0,598} \approx 1,754 ; \quad \frac{0,583}{0,477} \approx 1,222 .$$

Exercice 2 : Cinétique (durée conseillée : 30min)

Le mécanisme proposé pour la synthèse du bromure d'hydrogène est le suivant :



Remarques :

- M est un partenaire de choc - molécule de la paroi par exemple - dont le rôle est d'absorber l'énergie libérée par la formation de la liaison. L'astérisque * signale un excès d'énergie.
- Les intermédiaires réactionnels se présentent sous forme de radicaux libres (espèce possédant un électron célibataire - Exemple : Br^\bullet -).

1) Sachant que le processus élémentaire (4) constitue une phase d'inhibition, caractériser les quatre autres processus (1-2-3-5). S'agit-il d'un mécanisme par stades ou en chaîne ?

2) A l'aide du mécanisme, donner le bilan majeur (qui mène aux produits majoritaires).

3) Exprimer les vitesses de formation des espèces chimiques intervenant dans le bilan majeur en fonction des vitesses des actes élémentaires. La vitesse globale du bilan est-elle définie ?

4) En appliquant l'approximation des états quasi-stationnaires aux intermédiaires réactionnels (AEQS), donner les relations entre les vitesses des différentes actes élémentaires. Vérifier que la vitesse globale est bien définie et montrer qu'elle correspond à la vitesse du processus élémentaire (3).

5) En utilisant la loi de Van't Hoff que suivent les différents actes élémentaires, exprimer la vitesse de ces actes en fonction des concentrations des espèces concernées.

6) A l'aide des questions précédentes, montrer que la vitesse globale a pour expression : $v = \frac{k[H_2][Br_2]^{1/2}}{1+k' \frac{[HBr]}{[Br_2]}}$

On donnera les expressions de k et k' en fonction des constantes de vitesses des différents actes élémentaires.

La réaction admet-elle un ordre ?

FIN DU SUJET DE CHIMIE

Extrait Banque PT 2008

La lunette astronomique est un instrument destiné à l'observation des astres lointains. Quoique supplantées aujourd'hui par les télescopes à miroir parabolique, les lunettes astronomiques ont eu une grande importance en astronomie.

Schématiquement, une lunette astronomique se compose de deux lentilles minces convergentes successives. La lumière provenant de l'astre observé arrive d'abord sur une lentille L_1 appelée *objectif*, de distance focale f'_1 , puis sur une lentille L_2 , appelée *oculaire*, de même axe optique que la précédente et de distance focale f'_2 ($f'_1 > f'_2$). Soient O_1 et O_2 les centres optiques respectifs de L_1 et L_2 et d la distance O_1O_2 . Le foyer image de L_1 est noté F'_1 et le foyer objet de L_2 est noté F_2 .

La lunette est utilisée dans les conditions de Gauss.

- 1) Définir les conditions de Gauss et rappeler ce qu'elles assurent pour la plupart des systèmes optiques centrés.
- 2) La lunette a son axe optique dirigé vers une étoile, objet ponctuel situé à l'infini. On veut que l'image finale de l'étoile par la lunette (donc après traversée des deux lentilles) soit elle aussi à l'infini (réglage dit afocal). Exprimer la distance d en fonction de f'_1 et f'_2 .
- 3) Compléter le schéma de la lunette (**annexe optique - document réponse 1** -) dans le réglage afocal et poursuivre la marche du rayon lumineux à travers la lunette.
- 4) On observe maintenant un objet ponctuel à l'infini situé hors de l'axe optique de la lunette. Les rayons issus de cet objet arrivant sur l'objectif forment un faisceau de rayons parallèles inclinés d'un angle α par rapport à l'axe optique de la lunette. Compléter le schéma de la lunette (**annexe optique - document réponse 2** -) dans le réglage afocal et poursuivre la marche du rayon lumineux à travers la lunette.
- 5) Le faisceau précédent émergeant de la lunette afocale est formé de rayons parallèles inclinés d'un angle α' par rapport à l'axe optique. Déterminer le grossissement (algébrique) $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$ en fonction de f'_1 et f'_2 .
- 6) Application numérique : calculer G dans le cas $f'_1 = 50\text{cm}$ et $f'_2 = 2\text{cm}$.

PHYSIQUE : Mécanique (durée conseillée : 35 min)

On se propose de faire l'étude très simplifiée de la mise en orbite d'un satellite d'observation autour de la planète Mars. Toute l'étude sera faite dans le référentiel lié au centre de masse O de la planète (l'équivalent, pour Mars du référentiel géocentrique) considéré comme galiléen; l'action du Soleil ne sera donc jamais prise en compte.

Le satellite sera assimilé à une masse ponctuelle P ; on notera $r = OP$.

Données numériques :

- Masse de la planète Mars : $M = 6,4 \cdot 10^{23}$ kg.
- Constante de gravitation universelle : $G = 6,7 \cdot 10^{-11}$ USI.
- On prendra comme convention pour l'énergie potentielle de gravitation: $E_p(\infty) = 0$ quand $r \rightarrow \infty$.

1. Etude de l'orbite circulaire

Le but de l'opération est de mettre le satellite de masse m sur une orbite circulaire de rayon r_0 autour de Mars. On néglige toute autre action que la gravitation martienne.

1-1- **Etablir** l'expression de la vitesse V_0 qu'aura le satellite sur cette orbite en fonction de M , G et r_0 .
Montrer que le mouvement est uniforme.

1-2- **Etablir** l'expression de la période T_0 qu'aura le satellite sur cette orbite en fonction de M , G et r_0 (3^{ème} loi de Kepler).

1-3- Rappeler l'expression de l'énergie potentielle de gravitation (en fonction de m , M , G et r_0).

Exprimer l'énergie cinétique E_0 du satellite sur l'orbite circulaire, en fonction de m , M , G et r_0 .

Exprimer son énergie mécanique totale E_m en fonction de E_0 .

Commenter le signe et la valeur de E_m .

2. Approche de la planète

Avant la mise sur orbite, la phase d'approche de la planète Mars se fait avec la seule force gravitationnelle martienne. On considère que le vaisseau arrive de l'infini (la Terre se trouve à plus de $78 \cdot 10^6$ km de Mars...) avec une trajectoire d'approche quasi parabolique (c'est la plus économique du point de vue énergétique).

2-1- Que vaut l'énergie mécanique totale E_m du vaisseau sur cette trajectoire parabolique ?

2-2- La trajectoire strictement parabolique est-elle vraiment souhaitable (quelle serait la vitesse du vaisseau « loin » de la planète Mars) ?

On admettra néanmoins le caractère parabolique de la trajectoire pour la suite du problème.

3. Mise en orbite du satellite

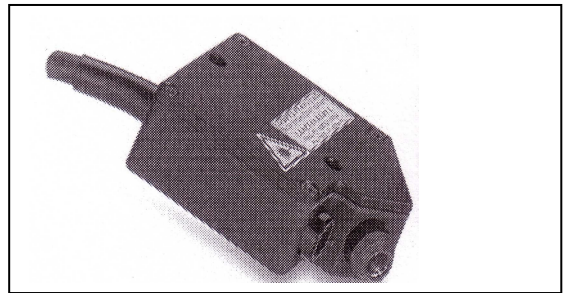
Le sommet S de la parabole d'approche se trouve sur la trajectoire circulaire sur laquelle on désire mettre le satellite en orbite ($OS = r_0$). On néglige toujours toute autre action extérieure que la gravitation martienne.

3-1- Montrer qu'en arrivant en S, la vitesse du satellite vaut $V_s = \sqrt{2} \cdot V_0$.

Extrait Banque PT 2009

PARTIE D Capteur de position par triangulation

L'élément de base du capteur est un photo détecteur, issu de la technologie des diodes PIN, appelé PSD (Position sensitive Detector).



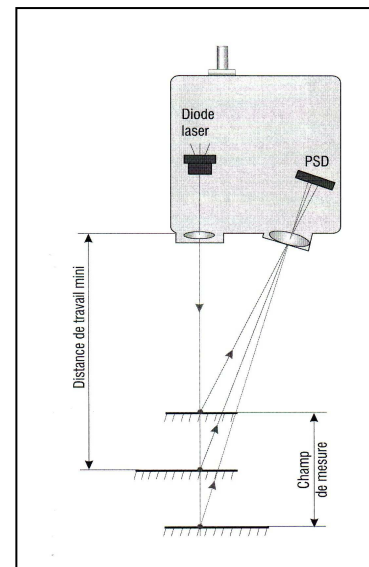
Principe de mesure par triangulation laser.

Un pinceau de lumière laser est projeté sur l'objet cible à mesurer et renvoyé de manière diffuse par celui-ci. A travers un objectif, un spot est reproduit sur un détecteur de position (PSD).

L'élément PSD fournit une tension de sortie analogique, asservie à la position, fonction de la distance mesurée.

L'objet cible doit présenter une surface diffusant la lumière : **une cible à surface réfléchissante ne permettrait pas au capteur de fonctionner correctement.**

On admettra qu'une surface diffuse renvoie la lumière dans toutes les directions.

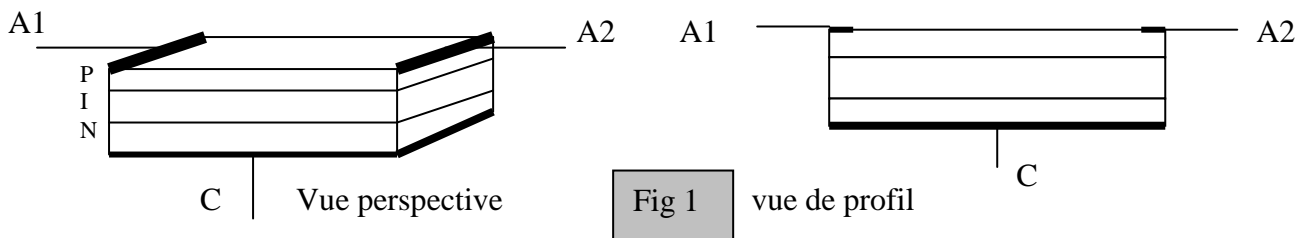


Aucune connaissance sur les diodes n'est requise pour toute la suite : on raisonnera sur le schéma équivalent de la figure 2.

I) Détecteur PSD

Il est formé de la superposition de 3 couches de silicium traité spécifiquement (couches P, I, N).

La base de la couche N, métallisée, est reliée au point C ; deux électrodes A1 et A2 sont déposées sur la couche P. **Ces électrodes sont distantes de L.**



Fonctionnement et schéma équivalent (voir Figure 2) :

- les électrodes A_1 et A_2 sont mises à la masse, le point C étant porté au potentiel V_0 positif.
- Dans l'obscurité, il n'y a aucun courant électrique.
- Un pinceau lumineux fin, de puissance P_0 , frappant la diode en M, à l'abscisse x (l'origine est au milieu de A_1A_2), traverse la mince couche P et, par ionisation dans la couche I, libère des charges mobiles. Il en résulte un courant électrique d'intensité I_0 proportionnelle à P_0 circulant de C vers l'ensemble A_1A_2 .
- Ce courant se divise pour sortir par les 2 électrodes A_1 et A_2 selon le schéma équivalent de la figure 2. **Les résistances R_1 et R_2 sont proportionnelles respectivement aux longueurs MA_1 et MA_2 avec une même constante de proportionnalité notée K' .**

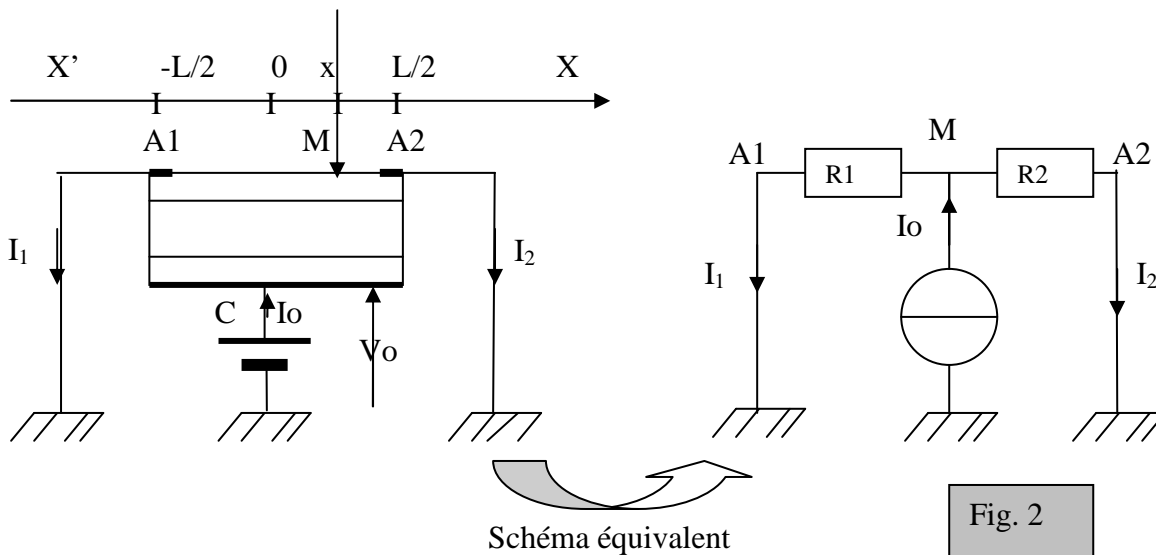
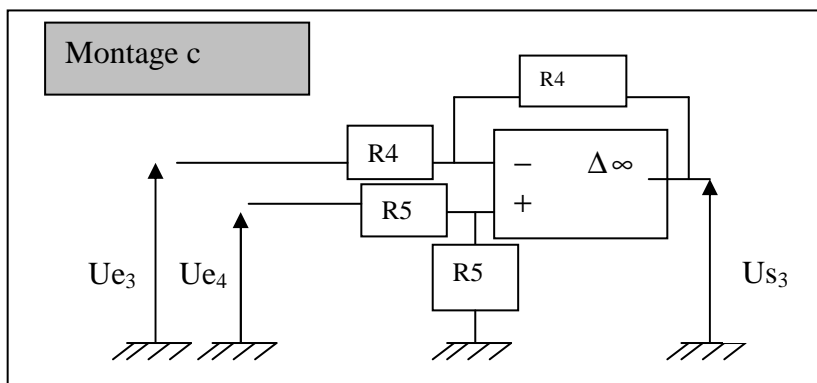
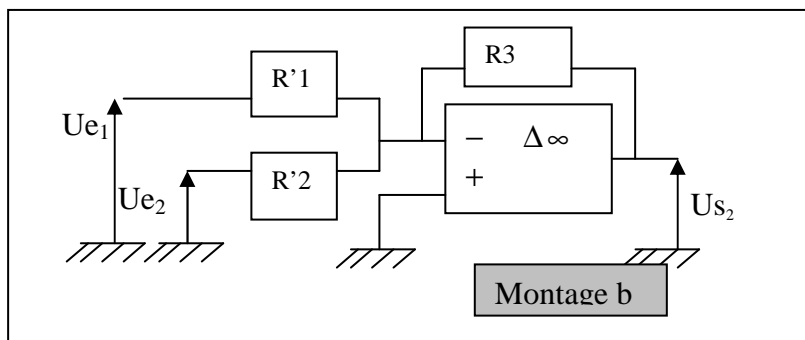
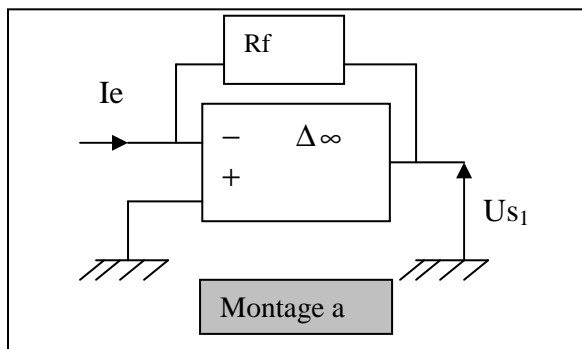


Fig. 2

- 1) Ecrire les expressions liant R_1 et R_2 à K' , L et x .
- 2) Déterminer I_1 et I_2 en fonction de I_0 , R_1 et R_2 puis de x , L et I_0 .
- 3) En déduire la relation donnant x en fonction de L , I_1 et I_2 .

II) Montages de base du conditionneur

Tous les amplificateurs opérationnels sont idéaux et fonctionnent dans le domaine linéaire.

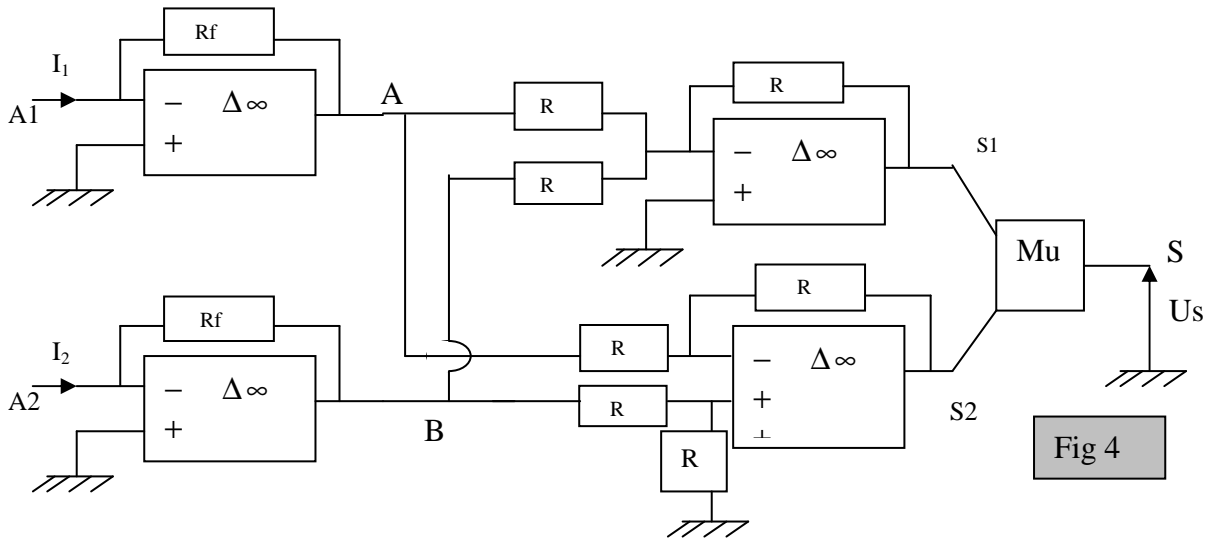


Pour les 3 montages (a,b,c), déterminer les tensions de sortie U_{s_i} en fonction des grandeurs d'entrée (I_e puis U_{e_1} , U_{e_2} puis U_{e_3} , U_{e_4}) et des résistances électriques indiquées sur les schémas. On reportera les réponses dans un tableau identique à celui ci dessous (à reproduire) :

montage a	montage b	montage c
$U_{s_1} =$	$U_{s_2} =$	$U_{s_3} =$

III) Le conditionneur

Les électrodes A1 et A2 du PSD sont connectées au conditionneur suivant :



1) Donner à l'aide du tableau précédent, en fonction de I_1 , I_2 et R_f , les potentiels V_{S1} du point S1 et V_{S2} du point S2.

2) Le composant noté Mu est connecté de telle sorte que :
$$U_s = -10 \times \frac{V_{S2}}{V_{S1}}$$

Déterminer U_s en fonction des intensités I_1 et I_2 .

3) En déduire la relation donnant l'abscisse x du pinceau lumineux en fonction de U_s et L .

PHYSIQUE : Thermodynamique (durée conseillée : 40min)

Préliminaires (durée conseillée : 15min)

1) Représenter sur le même diagramme (**P,V**) les transformations réversibles suivantes subies par un **gaz parfait** (γ constante) :

- Isotherme
- Adiabatique
- Isochore
- Isobare

Vous justifierez le tracé des transformations isotherme et adiabatique.

2) Représenter sur le même diagramme (**T,S**) les transformations précédentes **en justifiant le tracé des transformations isobare et isochore.**

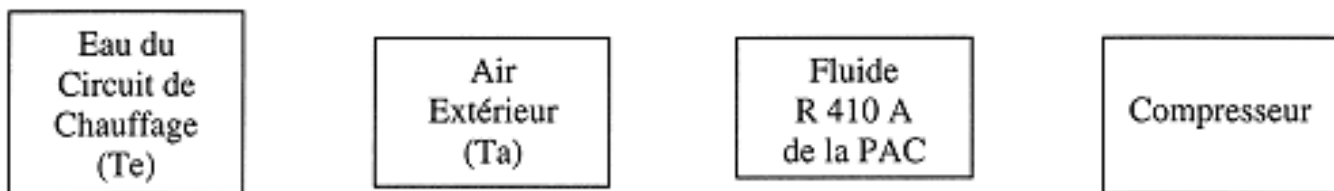
Extrait Banque PT 2010 (durée conseillée : 25min)

L'épuisement progressif des réserves de pétrole et de gaz, le coût du chauffage électrique, amènent à envisager des solutions de chauffage, qui, dans certains cas, s'avèrent plus économiques, entre autres les PAC (pompes à chaleur). On préconise néanmoins de les utiliser « en relève de chaudière » car nous allons voir qu'en-dessous d'une certaine température extérieure, le COP (coefficient optimal de performance ou efficacité) de la PAC chute fortement et la chaudière doit alors prendre le relais. Nous allons étudier les caractéristiques d'une PAC air/eau qui extrait un transfert thermique de l'air extérieur et en fournit à l'eau du circuit de chauffage (il existe aussi des PAC air/air et eau/eau).

La PAC contient un fluide en écoulement permanent qui est amené à subir des changements d'état (liquéfaction ou vaporisation). Le fluide échange de la chaleur avec les deux sources en traversant des échangeurs appelés condenseur ou évaporateur, selon la source avec laquelle s'effectue l'échange.

I. COP D'UNE POMPE A CHALEUR

1/ Sur UN schéma de principe, identifier les différents transferts énergétiques à l'œuvre dans une PAC, entre les différents éléments ci-dessous et les représenter au moyen d'une flèche ; identifier, en le justifiant, la source chaude et la source froide. (On indiquera le signe des transferts énergétiques)



2/ Redémontrer l'inégalité de Clausius en appelant T_1 la température de la source chaude et T_2 la température de la source froide. (Inégalité » de Clausius : relation entre chaleur et température)

3/ On considère une PAC idéale ; rappeler ce qu'on entend par « idéale » et déterminer l'expression du coefficient de performance ou COP . Comment serait modifié le COP pour une PAC réelle ? Pourquoi ?

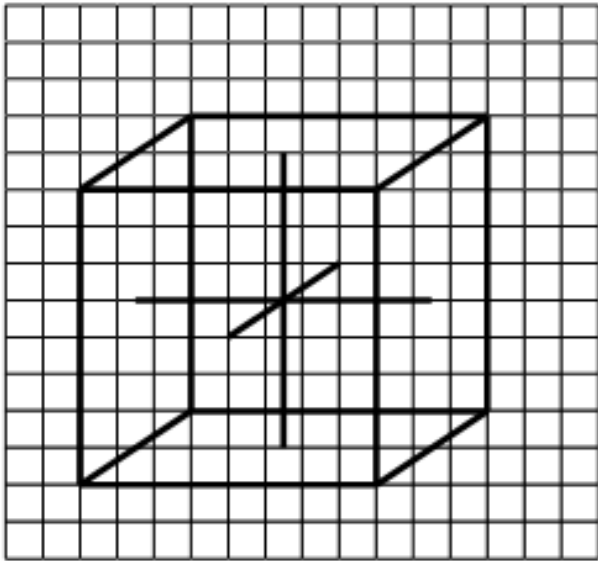
4/ D'après vous, le COP augmente-t-il ou diminue-t-il avec la différence des températures intérieure et extérieure de l'habitation ? Pourquoi ?

5/ Doit-on placer le condenseur au contact de la source froide ou de la source chaude ? Pourquoi ?

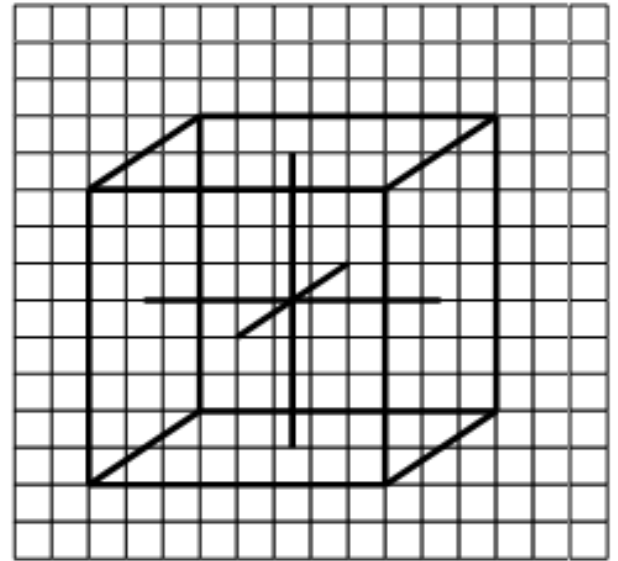
FIN DU SUJET DE PHYSIQUE

ANNEXE à rendre avec la copie

Cristallographie

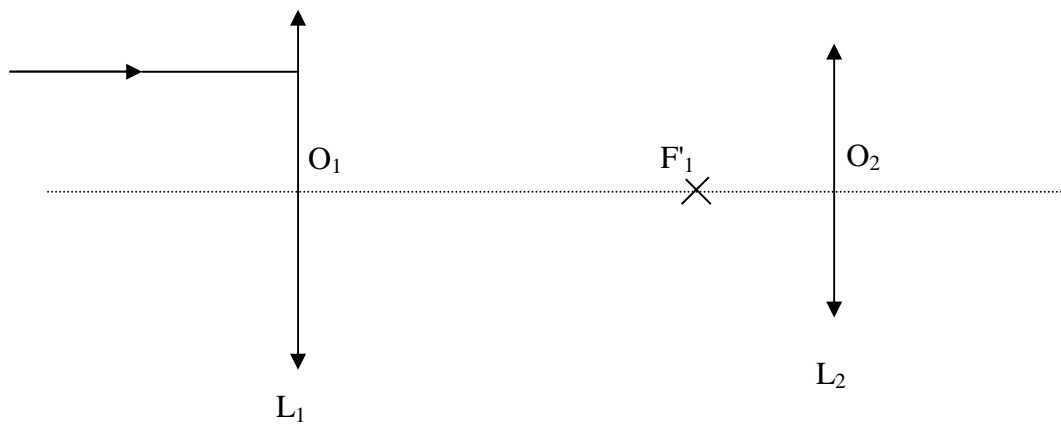


Structure cubique

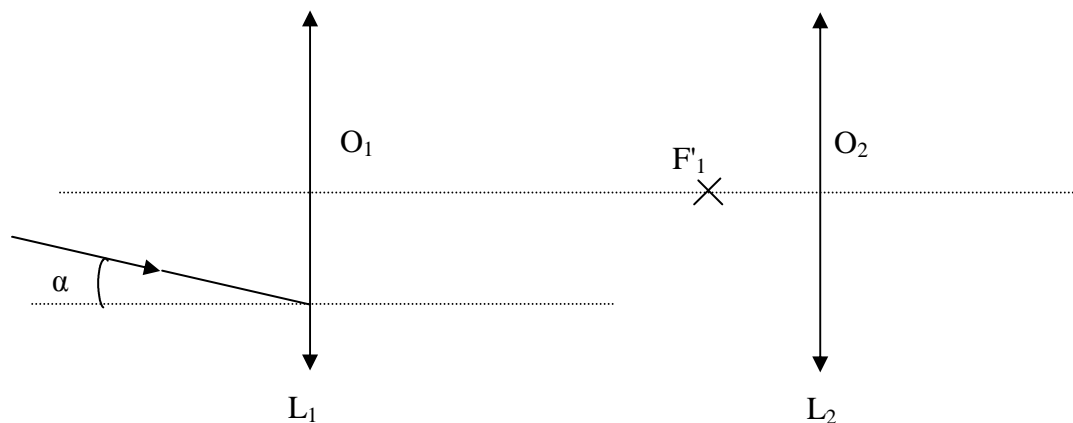


Structure Rocksalt

OPTIQUE



Document réponse 1



Document réponse 2