Photo : Classe de Terminale S1 lycée Ahoune Sané année scolaire 2009 / 2010



# RECUEIL D'EXERCICES DE CHIMIE ET DE PHYSIQUE CLASSE DE TERMINALE S

PROPOSÉ PAR MONSIEUR COR NDONG, PROFESSEUR DE SCIENCES PHYSIQUES

Ce document regroupe des exercices de chimie et de physique, et il est destiné aux élèves des séries $S_1$, $S_2$, $S_4$ et $S_5$ du Sénégal. Les exercices ont été choisis en tenant compte des compétences visées par le nouveau programme sénégalais. Ils proviennent, pour la plupart, des séries d'exercices proposées par des collègues ayant une certaine expérience des classes de terminale et du bac. Les autres exercices sont tirés de certains sites du net ou d'anciennes épreuves du bac sénégalais et d'autres pays.

# CHIMIE

# Alcools

Exercice 1

On dispose d'un mélange de propan-1-ol (noté A) et de propan-2-ol (noté B) dont la masse totale est de 18,00g.

1) Ecrire les formules semi développées de ces deux alcools. Préciser leur classe.
2) On procède à l'oxydation ménagée, en milieu acide, de ce mélange par une solution aqueuse de dichromate de potassium en excès. On admet que A ne donne que l'acide C ; B donne D.
- Ecrire les formules semi développées de C et D. Les nommer.
- Quels tests permettent de caractériser la fonction chimique de D sans ambiguïté ?
- Ecrire l'équation bilan de la réaction d'oxydoréduction de A en C sachant que l'un des couples oxydant/réducteur mis en jeu est $Cr_2O_7^{2-}$ / $Cr^{3+}$.
3) On sépare C et D par un procédé convenable. On dissout C dans de l'eau et on complète le volume à 100 ml. On prélève 10 ml de la solution obtenue que l'on dose par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium, à 1 $mol.l^{-1}$. L'équivalence acido-basique est obtenue quand on a versé 11,3 ml de solution d'hydroxyde de sodium. Calculer les masses de A et B contenues dans le mélange initial. On admettra que les réactions d'oxydation de A et B sont totales.

Exercice 2

Un composé organique A de masse molaire 88 g. $mol^{-1}$ contient environ 68 ,2% de carbone ; 13,6% d'hydrogène ; 18 ,2% d'oxygène.

1. a. Déterminer les masses approximatives de carbone, hydrogène et oxygène.
   b. En déduire la formule brute du composé A. On nommera les différents isomères ainsi trouvés.
2. Le composé A est un alcool à chaine ramifiée. Montrer qu'il existe cinq formules développées pour A.
3. On fait subir à A une oxydation ménagée qui conduit à un composé B. B peut réagir sur la D.N.P.H. pour donner un précipité jaune.

Pourquoi cette seule expérience ne permet – elle pas de déterminer sans ambigüité la formule développée de A ?

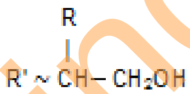
4. Le composé B ne réagit pas sur la liqueur de Fehling. Montrer que cette constatation permet de lever l'ambigüité précédente.

Donner les formules développées de corps A et B

5. Ecrire l'équation bilan de la réaction d'oxydation de A avec l'ion $MnO_4^-$

Exercice 3

Un alcool A a pour formule




R et R' sont des radicaux alkyle ~$C_n H_{2n+1}$

1) a. Quelle est la classe de cet alcool A ?
   b. On effectue une oxydation ménagée de cet alcool par l'ion $Cr_2O_7^{2-}$ en milieu acide. L'ion $Cr_2O_7^{2-}$ est réduit en ion $Cr^{3+}$ selon la demi – équation électronique de réduction :

$$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$$

Quels sont les corps susceptibles de se former ? Ecrire les demi – équations électroniques d'oxydation de l'alcool A ?

Ecrire l'équation d'oxydation de l'alcool dans le cas ou la solution oxydante est en excès.

2) Pour déterminer la formule complète de l'alcool précédent, on oxyde avec un excès d'oxydant $Cr_2O_7^{2-}$ une masse m = 15,0 g de A. On obtient un composé B. Le composé B est étudié avec une solution de soude (hydroxyde de sodium) de concentration molaire 2,00 $mol.L^{-1}$. L'équivalence acido – basique est obtenue lorsque l'on a versé $V_b$ = 85,2 $cm^3$ de solution basique. Quelle est la masse molaire de l'alcool A ? Quelle est la formule développée de l'alcool A ? Quel est son nom ?

Exercice 4

L'oxydation ménagée d'un alcool A à 4 atomes de carbone conduit à un composé B. B est sans action sur la liqueur de Fehling mais donne un précipité jaune en présence de DNPH.

- Déduire de ces données les formules développées et les noms de A et B. Préciser la classe de l'alcool A.
- Cet alcool A réagit avec un acide carboxylique C pour donner un ester. L'action de la soude sur cet ester (saponification), redonne l'alcool A et le dérivé sodé de l'acide C. La masse molaire de ce dérivé sodé cristallisé est 68 $g.mol^{-1}$. Quelle est la formule développée de l'acide C ? Quel est le nom de cet acide ?
- Ecrire l'équation bilan de la réaction d'estérification.

Exercice 5

1) On possède cinq flacons contenant les produits notés A,B,C,D et E tous différents. On ne connait pas le nom des cinq produits mais on sait que :

- Chaque produit est un corps pur et sa molécule ne contient que trois atomes de carbone, des atomes d'hydrogène, des atomes d'oxygène ;
- La chaine carbonée ne comporte pas de liaison multiple ;
- Parmi ces cinq produits il y a deux alcools.

On réalise une oxydation ménagée par le dichromate de potassium en milieu acide des produits A et B et on obtient les résultats suivants : A conduit à C ou D alors que B conduit uniquement à E.
Cette expérience est – elle suffisante pour connaitre les cinq produits A,B,C,D et E ? Justifier votre réponse (un seul argument suffit)

2) Pour préciser les résultats précédents on utilise le réactif de Tollens (nitrate d'argent ammoniacal). On constante de C est oxydé. Décrire l'expérience.

3) Identifier les cinq produits, donner leur nom et leur formule semi – développée.

Ecrire, en justifiant les coefficients, l'équation de la réaction d'oxydoréduction par le dichromate de potassium en milieu acide qui fait passer du produit A au produit D. Le couple oxydant réducteur mis en jeu dans le dichromate de potassium est $Cr_2O_7^{2-}/Cr^{3+}$.

4) On fait réagir ensuite le produit A avec le produit D. Ecrire l'équation de réaction en utilisant les formules semi- développées.

Donner le nom du produit organique obtenu. Donner rapidement les principales caractéristiques de cette réaction.

Exercice 6

Pour fabriquer du vinaigre, on fait ruisseler du vin sur des copeaux de bois : on réalise ainsi l'oxydation ménagée, par le dioxygène de l'air, de l'éthanol en acide éthanoïque. Ecrire les deux demi-réactions et l'équation-bilan globale.

On utilise du vin titrant 9°. Quelle masse d'acide obtient-on à partir de 100 hL de ce vin ? Quel est le volume d'air nécessaire à une température de 20°C sous une pression de101,3 kPa ?

Données : dans 100 $cm^3$ d'une boisson alcoolisée titrant x degrés, se trouvent x $cm^3$ d'éthanol pur.
Masse volumique de l'éthanol : 794 $g.L^{-1}$.

Exercice 7

1) Le dichromate de potassium en solution sulfurique est oxydant par ses ions $Cr_2O_7^{2-}$.
   a- Ecrire la demi-équation électronique correspondante.
   b- Quelle est la concentration des ions dichromate dans une solution A contenant 44,13 g par litre de dichromate de potassium ? On donne : M ($K_2Cr_2O_7$) = 294,2 $g.mol^{-1}$.
2) Les ions fer II se transforment en ions fer III par oxydation en milieu sulfurique.
   a- Ecrire la demi-équation électronique correspondante.
   b- Quelle est la concentration des ions fer II dans une solution B de sel de Mohr contenant 117,54 g de ce sel par litre. La formule du sel de Mohr est $Fe(SO_4)_2\ (NH_4)_2 6H2O$ et sa masse molaire est M = 391,8 $g.mol^{-1}$.
   c- Ecrire l'équation-bilan de la réaction d'oxydoréduction entre les ions fer II et les ions dichromate en milieu sulfurique.
3) L'oxydation de l'éthanol par les ions dichromate en excès et en milieu sulfurique aboutit à sa transformation totale en acide éthanoïque.

On se propose de déterminer, par cette méthode, le titre alcoolique d'un vin (solution C). On effectue un dosage dit en retour : 10 $cm^3$ d'une solution C'obtenue par dilution au 1/10 de la solution à titrer C sont traités par 20 $cm^3$ de solution A additionnée de 20 $cm^3$ d'acide sulfurique. On obtient 50 $cm^3$ d'une solution S. Le titrage des ions dichromate restant, après réaction, dans S nécessite 32,4 $cm^3$ de la solution B.

   a- Ecrire la demi-équation électronique correspondant à l'oxydation de l'éthanol en acide éthanoïque.
   b- En déduire l'équation d'oxydoréduction traduisant l'action des ions dichromate sur l'éthanol.
   c- Calculer la concentration de l'éthanol dans C.
   d- Le titre alcoolique exprimé en degré est égal au nombre de litre d'éthanol contenu dans 100 litres de mélange d'eau mesurés à 20°C. Calculer le titre alcoolique du vin dosé (solution C).

## Exercice 8

### Identification d'un composé organique oxygéné

A. Etude préliminaire

L'hydratation d'un alcène D conduit à un produit A, renfermant en masse 21,62 % d'oxygène.

1) Quelle est la fonction chimique du produit A ?
2) Calculer la masse molaire du composé A. Déterminer sa formule brute.
3) Indiquer les différentes formules semi-développées possibles de A. les nommer.

On se propose d'identifier le composé A par deux méthodes différentes.

B. Première méthode

Le produit A est oxydé, en milieu acide par du dichromate de potassium. Le composé B obtenu réagit avec la 2,4-dinitrophénylhydrazine mais sans action sur le réactif de Schiff.

1) En déduire, en le justifiant, la formule semi-développée de B et le nom du composé.
2) Donner les formules semi-développées et les noms des composés A et D.
3) Ecrire l'équation-bilan de la réaction d'oxydation de A par le dichromate de potassium.
4) Quelle est la masse de dichromate de potassium nécessaire pour oxyder complètement 2g du composé A ? On donne : $M(K_2Cr_2O_7) = 294$ g/mol

C. Deuxième partie

On introduit dans un tube 14,8g du produit A et *0,2 mol* d'acide éthanoïque. Le tube est scellé et chauffé.

1) Quelles sont les caractéristiques de la réaction qui se produit ?
2) Après plusieurs jours, l'acide restant est isolé puis dosé par une solution d'hydroxyde de sodium de concertation molaire $C = 2 mol.L^{-1}$. Il faut utiliser un volume V= 40mL de cette solution pour atteindre le point d'équivalence.
   2.1 Quel est le pourcentage du composé A estérifié ?
   2.2 Quel est le composé A sachant que la limite d'estérification, pour un mélange équimolaire acide éthanoïque-alcool, est environ 67% si l'alcool est primaire, 60% si l'alcool est secondaire, *2* à *5%* si l'alcool est tertiaire ? Justifier la réponse.

## Exercice 9

### Dosage de l'alcool contenu dans un vin

*(D'après Bac La Réunion, juin 2004.)*

Le degré alcoolique d'un vin est le pourcentage volumique d'alcool mesuré à une température de 20 °C. Pour déterminer le degré alcoolique d'un vin, il faut d'abord isoler l'alcool des autres composés du vin (acides, matières minérales, sucres, esters…) en réalisant une distillation. Cette méthode de séparation ne permet pas d'obtenir de l'éthanol pur, mais un mélange eau-éthanol dont les proportions sont constantes. Il est donc nécessaire d'ajouter de l'eau au vin pour être sûr de recueillir pratiquement tout l'éthanol contenu dans le vin.

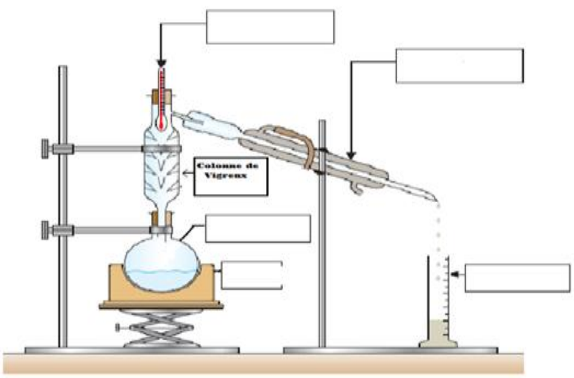
La solution aqueuse d'éthanol est ensuite ajustée à 100 mL avec de l'eau distillée, pour simplifier les calculs.

Puis l'alcool est oxydé quantitativement en acide éthanoïque (acétique) par un excès d'ions dichromates. L'oxydant excédentaire est dosé par une solution contenant les ions $Fe^{2+}$. Les données nécessaires sont en fin d'énoncé.

A. Extraction de l'éthanol

On prélève exactement V = 10,0 mL de vin, auxquels on ajoute environ 50 mL d'eau. On distille ce mélange et on recueille un volume de 42 mL de distillat (noté $S_1$).

**1.** Compléter la figure avec le nom des éléments du montage désignés par les flèches et préciser le sens de circulation de l'eau.



B. Préparation de la solution à titrer

On complète $S_1$ à 100 mL avec de l'eau distillée. On obtient ainsi une solution notée $S_2$. Cette solution contient donc tout l'éthanol présent dans les 10 mL de vin prélevés, dilués 10 fois.

**2.** Préciser le matériel utilisé pour obtenir $S_2$.

C. Réaction entre l'éthanol et le dichromate de potassium

Dans un erlenmeyer, on mélange :

– $V_0$ = 10 mL de solution $S_2$ ;

– $V_1$ = 20mL d'une solution de dichromate de potassium ($K^+$, $Cr_2O_7^{2-}$), de concentration $C_1 = 10^{-1} mol.L^{-1}$ ;

– environ 10 mL d'acide sulfurique concentré.

On bouche l'erlenmeyer et on laisse réagir pendant environ 30 minutes. On obtient alors une solution verdâtre, $S_3$.

3. Écrire les demi-équations électroniques puis en déduire l'équation bilan ci-dessus.

4. Justifier la couleur de la solution $S_3$.

5. Pourquoi doit-on boucher l'erlenmeyer ?

6. En vous aidant de l'équation-bilan de la réaction, montrer que la relation entre la quantité $n_0$ d'éthanol oxydé et la quantité $n(Cr_2O_7^{2-})$restant d'ions dichromate restant après cette oxydation est :

$$n(Cr_2O_7^{2-})_{restant} = C_1V_1 - \frac{2}{3}n_O$$

D. Dosage de l'excès du dichromate de potassium

On dose alors l'excès d'ions $Cr_2O_7^{2-}$ par une solution d'ions $Fe^{2+}$, de concentration $C_2 = 2{,}50.10^{-1}$ mol/L.

7. Ecrire l'équation-bilan de la réaction entre les ions $Fe^{2+}$ et les ions dichromate.

Le volume de solution d'ions $Fe^{2+}$ nécessaire pour atteindre l'équivalence est $V_2$ = 15,2 mL.

8. En vous aidant de l'équation-bilan de la réaction, montrer que $n(Cr_2O_7^{2-})_{restant} = \frac{C_2V_2}{6}$

9. Faire l'application numérique pour $n(Cr_2O_7^{2-})_{restant}$ et en déduire $n_0$.

E. Exploitation

10. Déterminer la quantité de matière d'éthanol $n_{éthanol}$ contenue dans 100 mL de vin.

11. En déduire le degré alcoolique du vin étudié.

12. L'étiquette de la bouteille indique que le vin étudié a un degré alcoolique d = 12°. Le résultat est-il concordant ?

*Données*

- Masse volumique de l'éthanol : $\rho_{eth} = 0{,}78 \ g.mL^{-1}$.
- Masse molaire de l'éthanol : M = 46 $g.mol^{-1}$.
- Couples oxydant-réducteur mis en jeu :

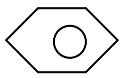
– acide éthanoïque/éthanol : $CH_3COOH/CH_3CH_2OH$ (incolore/incolore) ;

– ion dichromate/ion chrome $Cr_2O_7^{2-}/Cr^{3+}$ (orange/vert) ;

– ion fer III/ion fer II : $Fe^{3+}/Fe^{2+}$ ( rouille / verdâtre ).

# Amines

Exercice1

1) Donner les formules semi-développées des amines suivantes. Indiquer leur classe.
   a. N-éthyl,N-méthylbutan-2-amine ; b. N-méthyl,2-méthylpropan-1-amine ;
   c. N-méthylisopropylamine ; d. 3-éthyl-2,3-diméthylheptan-2-amine ;
   e. 1-méthyl-2-phényléthanamine ; f. propane-1,3-diamine ;
2) Nommer les composés suivants ; Préciser leur classe.
   a. $(CH_3)_3C\text{-}NH(C_2H_5)$
   b. $H_2N-CH(C_2H_5)_2$
   c. $(C_2H_5)_2NH$
   d. $$\begin{array}{l} C_2H_5 \\ \quad\quad \diagdown \\ \quad\quad\quad N-CH_2-CH_2-CH_3 \\ \quad\quad \diagup \\ CH_3 \end{array}$$
   e. $$\begin{array}{ccccccccc} & & & & CH_3 & & & & \\ & & & & | & & & & \\ CH_3 & - & CH & - & CH & - & NH & - & CH_3 \\ & & | & & & & & & \\ & & CH_3 & & & & & & \end{array}$$
   f.  $-N(CH_3)(C_2H_5)$

Exercice 2

Trouver les formules développées et les noms des composés des amines de formule brute $C_4H_{11}N$. Préciser la classe de chacune d'elles.

Exercice 3

1. Quelle est la formule d'une amine primaire à chaîne carbonée non ramifiée ?
2. Une amine primaire présente un pourcentage en masse d'azote de 23,7%.

Quelle est sa formule semi-développée et son nom ?

Exercice 4

On considère les monoamines primaires saturées non cycliques.

1) Donner la formule brute d'une telle amine contenant n atomes de carbone. Exprimer en fonction de n le pourcentage en masse d'azote qu'elle contient.
2) Une masse de 27 g d'une telle amine contient 5,22 g d'azote. Trouver sa formule brute.
3) Ecrire les formules semi développées possibles correspondant à cette formule brute. Préciser leurs noms.

Exercice 5

Une *amine saturée A* contient *31,2 %*, en masse, d'azote.

1) Ecrire sa formule brute, puis les formules semi-développées possibles pour A.
2) La réaction de l'amine A avec le *chlorure d'éthanoyle* conduit à la *N,N-diméthyléthanamide* B.

- Ecrire la formule semi-développée de B. Comment appelle-t-on ce type de composé ?
- En déduire la *formule semi-développée de l'amine A* et écrire *l'équation-bilan de la réaction* mise en jeu.

Exercice 6

Soit une amine primaire A de formule brute $C_5H_{13}N$.

1- Ecrire les formules semi-développées possibles de A

2- Traitée par l'iodométhane en excès, l'amine A conduit à un iodure d'ammonium quaternaire B.

B peut, par ailleurs, être obtenu par action du 2-iodopentane sur le triméthylamine.

Donner la formule semi-développée de B, et en déduire celle de l'amine A.

Exercice 7

On dissout 7.5 g d'une amine A dans de l'eau pure de façon a obtenir un litre de solution. On dose un volume $V_1$=40cm$^3$ de cette solution par de l'acide chlorhydrique de concentration 0.2 mol/l. Le virage de l'indicateur coloré se produit quand on a versé un volume $V_2$= 20,5 cm$^3$ d'acide.

1) En déduire la masse molaire de l'amine A et se formule brute.

2) L'action de l'iodométhane sur l'amine A permet d'obtenir une amine secondaire, une amine tertiaire ainsi qu'un iodure d'ammonium quartenaire. Quelles sont les formules semi-développées possibles de A?

3) On sait par ailleurs que l'amine A est chirale. Montrer que sa formule semi-développée peut être déterminée sans ambigüité.

4) Ecrire les formules semi- développées des amines et de l'ion ammonium quartenaire obtenus par action de l'iodométhane avec l'amine A. L'ion ammonium quartenaire présente-t-il des propriétés nucléophiles?

# Acides carboxyliques et dérivés.

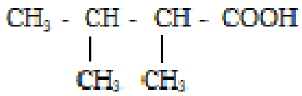


## Exercice 1

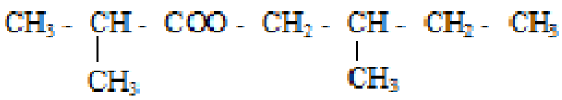
1) Ecrire les formules semi développées des composés suivants :

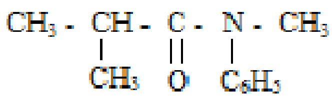
a) acide 3,4-diméthylpentanoïque.
b) acide butanedioïque.
c) N-éthyl N-méthyl éthanamide.
d) Chlorure de 3-phényl butanoyle.
e) Anhydride benzoïque.
f) N-éthyl 2-méthyl pentanamide.
g) benzoate de 2-méthyl propyle.
h) pentanoate de 2-méthyl butyle.
i) anhydride éthanoïque et propanoïque.
j) benzoate de benzyle.

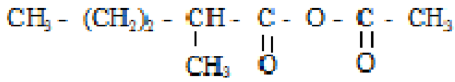
2) Donner les noms des corps dont la formule est :

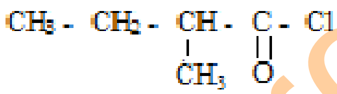
a) 

b) $C_6H_5 - COO - C_2H_5$

c) 

d) 

e) 

f) 

g) $CH_3(CH_2)_6CO_2(CH_2)_9CH_3$

h) $CH_3CH_2CONHC_6H_5$.

i) $CH_3(CH_2)_2CO - O - CO(CH_2)_2CH_3$.

## Exercice 2

Compléter les équations des réactions suivantes en précisant le nom des corps :

a) $C_6H_5 - COOH \xrightarrow{P_4O_{10}} H_2O + ..........$

b) $C_6H_5 - COOH + PCl_5 \xrightarrow{H^+} HCl + ........ + ........$

c) $C_6H_5COOH + CH_3 - OH \xrightarrow{900°} H_2O + .........$

d) $C_6H_5COOH + NH_3 \longrightarrow ......... \longrightarrow H_2O + .........$

e) $CH_3 - CH_2 - \underset{\underset{O}{\|}}{C} - Cl + H_2O \longrightarrow ......... + ..........$

f) $CH_3COOCH(CH_3)_2 + OH^- \longrightarrow .......... + ..........$

g) $H - \underset{\underset{O}{\|}}{C} - Cl + .......... \longrightarrow HCON(CH_3)_2 + .........$

h) $C_3H_7 - OH \xrightarrow{Cr_2O_7^{2-} / H^+} ......... \xrightarrow{SOCl_2} ........ .. \xrightarrow{C_3H_7 - OH} .............$

## Exercice 3

Soit un corps A, à chaîne carbonée saturée, ne possédant qu'une seule fonction organique, dont on veut déterminer la formule développée.

1) Sur 3,7 g de A, on fait réagir du chlorure d'éthanoyle en excès. Il se forme un ester et du chlorure d'hydrogène.
   a) Quelle est la fonction portée par A ?
   b) Ecrire l'équation de la réaction réalisée (on utilisera pour A une formule du type général).
   c) Le chlorure d'hydrogène formé est recueilli en totalité dans 5litres d'eau, le pH de la solution obtenue vaut 2. Déterminer la masse molaire et la formule brute de A.
   d) Donner les formules semi développées envisageables pour A.
2) Sur une autre part de A, on fait à présent agir une petite quantité de dichromate de potassium en milieu acide. Il se forme un produit B qui donne avec la liqueur de Fehling à chaud, un précipité rouge brique.
   a) Quelle est la fonction portée par B ?
   b) Ces expériences ont-elles permis de déterminer précisément le composé A ?

Exercice 4

1) Deux amines différentes ont pour formule brute $C_2H_7N$.
   Donner leurs formules semi développées et leurs noms.
2) On fait agir du chlorure d'acyle sur ces amines. L'action peut-elle se faire sur les deux amines ? Ecrire dans chaque cas l'équation de la réaction en utilisant la formule générale d'un chlorure d'acyle. Quelle est la fonction chimique des corps organiques obtenus ?
3) L'hydrolyse de 1,57 g du chlorure d'acyle utilisé fournit 0,73g de chlorure d'hydrogène. Quelles sont, la masse molaire et la formule semi-développée de ce chlorure d'acyle ?
4) Comment peut-on fabriquer ce chlorure d'acyle à partir de l'acide organique correspondant ?

Exercice 5

On dissout m = 3,11 g d'un acide carboxylique A à chaîne carbonée saturée dans de l'eau pure. La solution obtenue a un volume V = 1litre. On prélève un volume $V_A$ = 10 cm$^3$ que l'on dose à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $C_B = 5.10^{-2}$ mol.l$^{-1}$. L'équivalence est atteinte quant on a versé un volume $V_B$ = 8,5 cm$^3$ de la solution d'hydroxyde de sodium.

1) Calculer la concentration $C_A$ de la solution d'acide.
2) En déduire la formule brute de l'acide A, sa formule semi développée et son nom.
3) On fait réagir sur A le penta chlorure de phosphore. Donner la formule semi développée et le nom du composé obtenu. Donner une autre méthode de préparation de ce composé.
4) On fait réagir sur A le décaoxyde de tétraphosphore. Donner la formule semi développée et le nom du composé obtenu.
5) On fait réagir sur A le butan-1-ol. Donner la formule semi développée et le nom du composé obtenu. Quelles sont les caractéristiques de cette réaction ?

Exercice 6 (BAC D 92)

On considère l'anhydride d'acide de formule générale : $R-\underset{\underset{O}{\parallel}}{C}-O-\underset{\underset{O}{\parallel}}{C}-R$

R étant une chaîne carbonée saturée

1) Ecrire l'équation de sa réaction d'hydrolyse.

2) Partant d'une masse de 1,02g de cet anhydride on obtient à la fin de l'hydrolyse, un composé X intégralement recueilli dans un certain volume d'eau distillée. La solution obtenue est dosée en présence d'un indicateur coloré approprié. Il faut alors verser 20 cm$^3$ d'une solution de soude à 1mol.l$^{-1}$ pour atteindre l'équivalence.

   a) Donner la formule développée de X ; préciser sa fonction et la nommer.

   b) En déduire la masse molaire de l'anhydride d'acide, préciser sa formule développée et le nommer.

Exercice 7

On chauffe un mélange équimolaire d'acide éthanoïque et d'acide propanoïque avec de l'oxyde de phosphore $P_4O_{10}$. La distillation fractionnée des produits de la réaction permet d'isoler trois composés organiques A, B et C. Tous réagissent vivement avec l'eau :

- A engendre l'acide éthanoïque ;
- B conduit à l'acide propanoïque ;
- C donne naissance à un mélange équimolaire des deux acides éthanoïque et propanoïque.

1) Identifier les composés A et B. Donner leurs formules semi développées et leurs noms. Ecrire les équations bilan de leurs réactions de formation.
2) Identifier le corps C. Donner sa formule semi développée. Ecrire l'équation bilan de sa réaction de formation.
3) A et B réagissent avec l'ammoniac en engendrant, respectivement, les amides A' et B'.
   Ecrire les équations-bilan et nommer A' et B'.
4) Le composé C réagit aussi avec l'ammoniac et forme un mélange équimolaire de deux amides A'et B'. Essayez d'interpréter les réactions conduisant à A' et B' par des équations bilan.

Exercice 8

1) On fait réagir un acide organique X sur un alcool primaire ; on obtient un produit de formule brute $C_4H_8O_2$.
Quelles sont les formules développées possibles de ce produit ? Donner les noms correspondants.

2) En faisant réagir l'ammoniac sur l'acide organique X, utilisé à la question 1), on obtient un carboxylate d'ammonim Y. Celui-ci par chauffage, se déshydrate ; on obtient un composé Z de formule $C_3H_7ON$.

   a- Ecrire les formules développées et donner les noms de X, Y et Z.

   b- Ecrire l'équation-bilan de la transformation de l'acide organique en carboxylate d'ammonium, puis celle correspondant à la formation de Z.

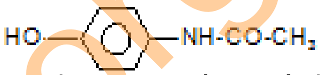
3) On a obtenu 14,6g du composé Z de formule $C_3H_7ON$. Sachant que le rendement de la réaction de déshydratation est de 85%, déterminer la masse de carboxylate d'ammonium utilisée.

<u>Exercice 9</u>

On considère les acides gras distincts $R_1 - COOH$ ; $R_2 - COOH$ ; $R_3 - COOH$.

1) Combien existe-t-il de triglycérides différents dont l'hydrolyse fournit simultanément les trois acides précédents ? Ecrire leurs formules semi développées.
2) Même question, mais l'hydrolyse conduit, cette fois, à un mélange des deux premiers acides.
3) Quelle est la formule brute $C_xH_YO_z$ d'un ester d'acide carboxylique à chaîne saturée linéaire non cyclique et d'alcool dérivé d'un alcane linéaire ?
4) Dans un ester E, la masse de carbone est égale à 2,25 fois la masse de l'oxygène qu'il renferme.
   - Quelle est la formule brute de E ?
   - Quelles sont les formules semi développées de tous les esters isomères de E ?
5) On chauffe l'ester E avec une solution aqueuse concentrée d'hydroxyde de sodium puis on ajoute, après refroidissement, de l'acide chlorhydrique avec précaution jusqu'à ce que le pH devienne égal à 2 (environ).
   En écrivant la formule de l'ester sous la forme $R - CCOR'$, donner les équations bilan des deux réactions précédentes.
6) Soit A et B les produits formés. On chauffe leur mélange avec une solution sulfurique de dichromate de potassium ; B est alors complètement transformé en A. En déduire les formules sémi-développées et les noms des composés A, B et C.

<u>Exercice 10</u>

Le paracétamol est un principe actif de formule semi-développée : 


1) Retrouver les formules semi développées de l'acide carboxylique et du composé azoté dont il est issu.
2) Pourquoi utilise-t-on de l'anhydride acétique plutôt que l'acide acétique pour synthétiser le paracétamol ? Ecrire l'équation bilan correspondante en considérant que l'amine utilisée ne réagit pas avec l'acide formé au cours de la réaction.
3) Le rendement de cette synthèse par rapport au paraminophénol est égal à $\rho = 79{,}7$ %. Déterminer la quantité de para-aminophénol nécessaire à la synthèse de m (P) = 3,00g de paracétamol, masse globale de principe actif contenue dans une boite de Doliprane pour enfant. Quel est le volume V minimal d'anhydride acétique qui est alors nécessaire ?
4) Quelle réaction supplémentaire pourrait-on prévoir entre le paracétamol et l'anhydride acétique ? En fait, dans les conditions expérimentales utilisées, cette réaction n'a pas lieu.
   <u>Données</u> : densité de l'anhydride acétique d = 1,08 ; masse volumique de l'eau : $\rho$ (eau) = 1,00 g/ml.

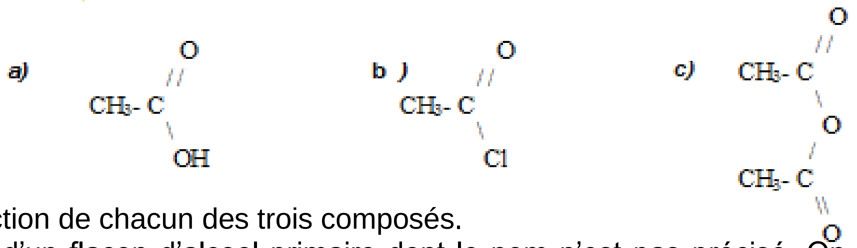
<u>Exercice 11</u> :

Une expérience d'estérification est réalisée en mélangeant une mole d'alcool ROH et une mole d'acide carboxylique $R_1COOH$. Les groupes R et $R_1$ sont des motifs alkyles acycliques.

1) Le mélange est de 164 mL. Alors que la réaction n'est pas terminée, 10 mL du mélange sont prélevés. Il faut 24,4 mL d'une solution molaire d'hydroxyde de sodium pour neutraliser l'acide présent dans la prise d'essai. Calculer la quantité de matière d'ester (mole) formé pendant la réaction.
2) Dans un but analytique, on oxyde totalement l'ester formé sous forme de dioxyde de carbone et d'eau en présence d'oxyde cuivrique jouant le rôle de catalyseur. 0,65 g d'ester conduit à 0,63 g d'eau. En déduire la formule brute ainsi que la masse molaire de l'ester.
3) L'alcool utilisé pour la préparation de l'ester est un alcool tertiaire. Indiquer les formules semi-développées des esters possibles ainsi que leur nom. C: 12 ; H : 1; O : 16 g/mol

<u>Exercice 12</u>

1) On dispose de trois flacons sur lesquels sont inscrites les formules suivantes :




Indiquer le nom et la fonction de chacun des trois composés.

2) On dispose, de plus d'un flacon d'alcool primaire dont le nom n'est pas précisé. On fait réagir cet alcool sur chacun des composés. L'un des produits obtenus est commun aux trois réactions. Sa masse molaire est M = 102 $g.mol^{-1}$
   a) Indiquer la formule semi-développée et le nom de ce produit.
   b) Quelle est la formule de l'alcool et son nom ?

3) Ecrire les équations des réactions de l'alcool avec chacun des trois composés cités à la question 1). Dans quel(s) cas la réaction est-elle totale ?

4) Comment peut-on obtenir les composés *b)* et *c)* à partir du composé a)

Exercice 13 ($TS_1 – TS_2$)

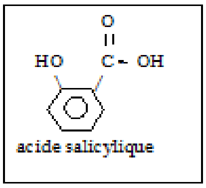
C'est d'abord dans les organes végétaux et animaux que des molécules d'anesthésiants et d'antalgiques ont été isolées. Depuis pour adoucir les douleurs chroniques, divers composés ont été synthétisés par les chimistes pharmaciens.

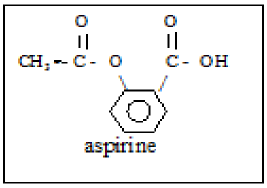
L'acétanilide, fébrifuge formulée sous la marque « antifébrine », est préparé à partir d'une amine aromatique, l'aniline, et du vinaigre (acide éthanoïque).

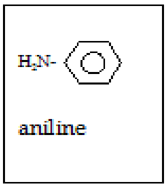
L'essence de wintergreen, extraite de la gaulthérie, arbrisseau d'Amérique du Nord, remède traditionnel contre la fièvre, contient comme principe actif un ester méthylique de l'acide salicylique, le salicylate de méthyle.

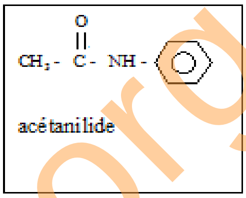
L'acide acétylsalicylique ou aspirine, connu pour ses vertus thérapeutiques diverses, est préparé par action de l'anhydride acétique sur l'acide salicylique.

Les formules de molécules évoquées dans le texte sont données ci-contre :




1) On s'intéresse d'abord à l'antifébrine.
   a. Donner le nom de l'acétanilide dans la nomenclature officielle.
   b. La synthèse actuelle de l'acétanilide utilise l'anhydride éthanoïque plutôt que le vinaigre cité dans le texte ; donner une explication à cette préférence. Ecrire l'équation de la réaction.
2) La molécule qui est à la base de l'activité de l'essence de wintergreen peut être synthétisée à partir de l'acide salicylique et du méthanol en présence d'acide sulfurique qui joue le rôle de catalyseur.

Ecrire l'équation-bilan de la réaction conduisant à ce principe actif.

3) Lors d'une synthèse de l'aspirine 3,00g d'acide salicylique et 6 mL d'anhydride acétique ont été utilisés. Après réaction une masse de 3,08 g d'aspirine pure a été obtenue.
   a. Ecrire l'équation-bilan de la réaction.
   b. Montrer que l'un des réactifs est en excès.
   c. Déterminer le rendement de la réaction par rapport à l'acide salicylique
4) L'aspirine est l'un des comprimés les plus utilisés dans le monde. Plus de 20.000 tonnes d'aspirine sont consommés par an. Sur la notice d'une boîte d'aspirine, on lit entre autres indications :
   - composition : acide acétylsalicylique (aspirine) 320 mg par comprimé
   - posologie : dose pour un adulte, 1 à 2 comprimé par prise ; à renouveler toutes les 4 heures si nécessaire. Ne pas dépasser 12 comprimés par jour.

- Quelles quantités minimales de réactifs faut-il mettre en œuvre pour satisfaire la demande mondiale annuelle en aspirine ?
- Calculer la quantité de matière d'aspirine maximale que ne peut dépasser un adulte pour un traitement de trois jours. Quel volume minimal d'eau a-t-il fallu utiliser pour dissoudre cette quantité de matière ?

**Données** : La solubilité de l'aspirine est 5,7 g/L à 20°C ; densité de l'anhydride acétique d = 1,08 ; masse molaire de l'aspirine : $M_1 = 180\ g.mol^{-1}$ ; masse molaire de l'acide salicylique : $M_2 = 138\ g.mol^{-1}$.

# Cinétique chimique.

Exercice 1

On se propose d'étudier la cinétique de la réaction entre l'acide éthanoïque et l'éthanol. Pour ce faire on mélange 60 g d'acide éthanoïque avec 46 g d'éthanol et 2 mL d'acide sulfurique concentré. Ce mélange est réparti en parts égales dans dix ampoules scellées que l'on place au bain-marie à 100°C.

A intervalles de temps réguliers, on retire une ampoule du bain- marie et on la plonge dans l'eau glacée. L'acide restant dans l'ampoule est alors dosé à l'aide d'une solution titrée d'hydroxyde de sodium (ou soude), en présence de phénolphtaléine. Les résultats des dosages effectués permettent de calculer la quantité d'ester formé dans une ampoule au cours du temps.

1) Écrire l'équation-bilan de la réaction en utilisant les formules semi-développées des réactifs et des produits. Après avoir nommé la réaction, préciser ses trois caractéristiques principales.

2) Quel est le rôle de l'acide sulfurique ? Peut-il modifier le rendement ?

3) Pourquoi est-il nécessaire de plonger les ampoules dans l'eau glacée avant d'effectuer le dosage ?

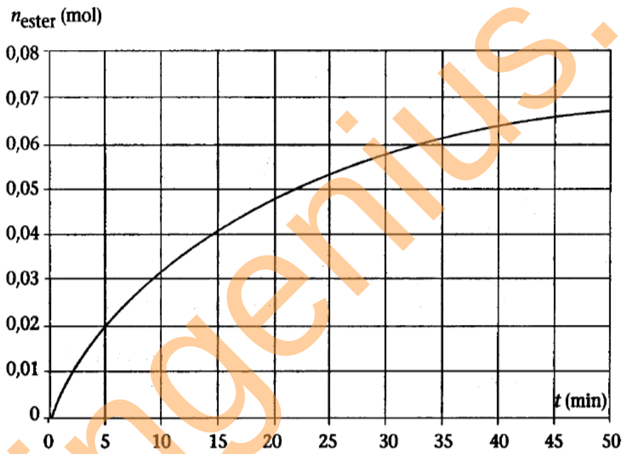
4) Montrer que le mélange réactionnel préparé est équimolaire.

5) A l'aide des résultats des dosages on a tracé la courbe jointe en annexe,

a) Définir la vitesse instantanée de formation de l'ester à un instant de date *t* quelconque. Comment détermine-t-on sa valeur en pratique ?

b) A l'aide de la courbe donnée en annexe, déterminer les valeurs de cette vitesse aux dates $t_1$ = 10 min et $t_2$ = 30 min.

c) Justifier l'évolution de cette vitesse au cours du temps.




Exercice 2 : ETUDE CINEMATIQUE DE L'EAU DE JAVEL

Pour étudier la cinétique de la réaction de décomposition de l'eau de javel catalysée par les ions $Co^{2+}$, on a utilisé un volume $V_1$ = 100 mL de cette solution S. On déclenche le chronomètre à l'instant où l'on met le catalyseur dans la solution. Pour suivre l'évolution de la réaction, on mesure à température et pression constantes le volume de dioxygène dégagé au cours du temps. On néglige la quantité de dioxygène dissoute dans l'eau par rapport à la quantité de dioxygène produite.

L'équation bilan de la réaction est : $2ClO^- \longrightarrow 2\ Cl^- + O_2$

Dans le tableau suivant, $V(O_2)$ représente le volume de dioxygène dégagé et mesuré dans des conditions de température et de pression telles que le volume molaire est Vm = 22,4 $L.mol^{-1}$

| t(S) | 0 | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 | 180 | 210 | 240 | 270 | 300 | 330 | 360 | 390 | 420 | 450 | 480 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $V(O_2)$ en ml | 0 | 42 | 74 | 106 | 138 | 163 | 189 | 212 | 231 | 246 | 255 | 269 | 278 | 286 | 291 | 295 | 295 |
| $[ClO^-]$ en $mol.L^{-1}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | |

1) Etablir l'expression littérale de la concentration en ions hypochlorite $ClO^-$ dans la solution S à chaque instant de date t en fonction de $[ClO^-]_0$, $V_{O2}(t)$, $V_1$ et Vm puis compléter le tableau.
2) Tracer le graphe représentant les variations de la concentration en ion hypochlorite en fonction du temps.
3) Définir la vitesse instantanée de disparution d'un réactif et de formation d'un produit. Calculer la vitesse instantanée de disparition de l'ion hypochlorite à t = 240 s. En déduire la vitesse de formation du dioxygène $O_2$ à la même date.

4) Définir le temps de demi-réaction. Déterminer sa valeur.

Exercice 3

A 25°C, une solution contenant des ions peroxodisulfate $S_2O_8^{2-}$ et des ions $I^-$ se transforme lentement. Le tableau ci-contre traduit l'évolution d'un systeme contenant initialement 10 mmol de peroxodisulfate d'ammonium et 50 mmol d'iodure de potassium.

| t (min) | 0 | 2,5 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $S_2O_8^{2-}$ mmol | 10 | 9 | 8,3 | 7 | 6,15 | 5,4 | 4,9 | 4,4 |

1) Ecrire l'équation bilan de la réaction sachant qu'elle fournit du diiode et des ions sulfate.
2) Tracer la courbe $n(S_2O_8^{2-})$ mmol = f(t)
3) Déterminer la composition du mélange réactionnel pour t = 7,5min
4) Déterminer en précisant son unité, la vitesse de disparition des ions peroxodisulfate pour t= 7,5min. Quelle est alors la vitesse de formation du diiode?
5) Le mèlange initial est-il stoechiométrique? Déterminer le temps de demi-réaction.
6) Par quelle méthode peut-on suivre le déroulement de la réaction?

Exercice 4

On étudie la saponification de l'éthanoate d'éthyle par l'hydroxyde de sodium à la température de 30°C. A la date t = 0 min, on réalise une solution aqueuse contenant les deux réactifs avec des concentrations $c_1 = c_2 = 5.10^{-2}$ mol.L$^{-1}$. Des prises d'essai de 10 mL chacune sont effectuées à différents instants. Un indicateur approprié permet de doser les ions $OH^-$ restant par une solution aqueuse d'acide chlorhydrique de concentration $10^{-2}$ mol.L$^{-1}$. Soit x le volume de solution acide utilisée pour réaliser ce dosage à l'instant de date t. Les résultats sont les suivants :

| t (min) | 4 | 9 | 15 | 24 | 37 | 53 | 83 | 143 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| x (ml) | 44,1 | 38,6 | 33,7 | 27,9 | 22,9 | 18,5 | 13,6 | 8,9 |
| $[C_2H_5OH]$ | | | | | | | | |

1) Ecrire l'équation-bilan de la réaction étudiée.
2) Tracer la courbe représentant les variations de la concentration de l'éthanol formé en fonction du temps.
   On donne les échelles suivantes :
   - En abscisses : 1 cm correspond à 10 min ;
   - En ordonnées 1 cm correspond à $2.10^{-3}$ mol.L$^{-1}$.
3) Définir la vitesse instantanée de formation de l'éthanol. La calculer à 9 min et à 53 min. Comment évolue cette vitesse ? Interpréter.
4) A quelle date la concentration de l'éthanol sera-t-elle égale à $2,5.10^{-2}$ mol.L$^{-1}$ ?

Exercice 5

On réalise, en présence d'un catalyseur, la réaction de décomposition du peroxyde d'hydrogène $H_2O_2$ (eau oxygénée) en eau et gaz dioxygène.

L'expérience est réalisée à température constante. On considérera que le volume v de la solution de peroxyde d'hydrogène reste constant et que le volume molaire gazeux est $V_m$ = 24,0L.mol$^{-1}$.

On utilise v = 10,0 mL de solution de peroxyde d'hydrogène de concentration c = $6,0.10^{-2}$mol.L$^{-1}$. On ajoute quelques gouttes du catalyseur et on note à divers instants t le volume $V_{O2}$ du gaz dioxygène dégagé. Les résultats sont indiqués dans le tableau suivant :

| t (min) | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 30 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $V_{O2}$ formé (mL) | 0 | 1,56 | 2,74 | 3,65 | 4,42 | 5,26 |
| $[H_2O_2]$ restant (mol.L$^{-1}$) | $6.10^{-2}$ | | | | | |

1) Ecrire l'équation-bilan de la réaction de décomposition du peroxyde d'hydrogène.
2) Montrer que la concentration (exprimée en mol.L$^{-1}$) du peroxyde d'hydrogène restant est donnée par :

$$[H_2O_2]_{\text{restant}} = c - \frac{2V_{O2}}{v.V_m}.$$

3) Recopier et compléter le tableau.
4) Tracer la courbe $[H_2O_2]_{\text{restant}}$ = f (t).
   **Echelles : 1cm → 2min ; 1cm → $0,4.10^{-2}$mol.L$^{-1}$.**
5) Donner la définition de la vitesse instantanée de disparition du peroxyde d'hydrogène. Calculer cette vitesse (exprimée en mol.L$^{-1}$.min$^{-1}$) aux dates $t_0$ = 0min et $t_{25}$ = 25min.

6) Déduire de la courbe la date à laquelle le volume de gaz dioxygène est égal à 2,40 mL.
7) Tracer, sur le même graphique, l'allure de la courbe obtenue lorsque l'expérience est réalisée à une température légèrement supérieure.

Exercice 6

- Potentiels normaux des couples rédox : $E^{\circ}$ ($Zn^{2+}$/ Zn) = - 0,76 V et $E^{\circ}$ ($H_3O^+$/ $H_2$) = 0,00 V.
- Volume molaire dans les conditions de l'expérience : $V_0$ = 24 $L.mol^{-1}$.
- Masse molaire en g/mol : Cl = 35,5 ; H = 1 ; O = 16 ; Zn = 65,4.

On étudie la cinétique de la réaction naturelle entre deux couples. A t = 0 s, on introduit une masse m = 1g de zinc en poudre dans un ballon contenant v = 40mL d'une solution d'acide chlorhydrique de concentration Ca = 0,5 $mol.L^{-1}$. On recueille le gaz dihydrogène formé au cours du temps et on mesure son volume v ($H_2$). A chaque instant on désigne par x le nombre de mole d'acide disparu et par $C_R$ sa concentration molaire résiduelle.

1) Ecrire l'équation-bilan de la réaction.
2) Tenant compte des données numériques de l'énoncé et de l'équation précédemment écrite, établir les relations : $x = \frac{v(H_2)}{12}$ et $C_R = 0,5 - 25x$. (x est en mol, v ($H_2$) en L et $C_R$ en $mol.L^{-1}$).

3) Compléter le tableau de mesure ci-dessous et tracer la courbe $C_R$ = f (t). Choisir une échelle judicieuse à préciser.

| t (min) | 0 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| V ($H_2$) (mL) | 0 | 57,6 | 96 | 124,8 | 144 | 163,2 | 177,6 | 187,2 | 201,6 |
| x (mol) | | | | | | | | | |
| $C_R$ ($mol.L^{-1}$) | | | | | | | | | |

4) Déterminer la vitesse moyenne de disparition des ions $H_3O^+$ entre les dates $t_1$ = 200 min et $t_2$ = 500 min.
5) Déterminer graphiquement la vitesse instantanée de disparition des ions hydronium à la date $t_1$ = 200 min.
6) Déterminer la concentration $C_1$ de la solution en ion $Zn^{2+}$ à t = 300 min.
7) Déterminer la concentration $C_2$ de la solution en ion $Zn^{2+}$ en fin de réaction et calculer la masse $m_r$ de zinc restant.
8) Etablir une relation entre les vitesses instantanées de disparition de $H_3O^+$ et de formation de $Zn^{2+}$. En déduire la vitesse instantanée de formation de $Zn^{2+}$ à $t_1$ = 200 min.

Exercice 7

L' éthanoate de pentyle ou parfum de poire est plus connu sous le nom d'acétate d'amyle. Il peut être obtenu par réaction de l'acide acétique avec l'alcool amylique, alcool extrait jadis de la pomme de terre, tubercule riche en amidon.

La formule semi-développée est :

$$CH_3 - \underset{\underset{O}{||}}{C} - O - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3$$

**PARTIE 1- Etude théorique**

1) Nommer la fonction chimique présente dans cette molécule.
2) L'éthanoate de pentyle peut être obtenu à partir de deux réactifs A et B.

2.1 Le réactif A est l'acide carboxylique. Quelle est la fonction organique que contient le réactif B ? Écrire sa formule semi-développée.

2.3 Écrire l'équation de la réaction chimique conduisant à la formation de la molécule d'éthanoate de pentyle.

2.4 Nommer les réactifs A et B dans la nomenclature officielle ainsi que l'autre produit formé au cours de cette synthèse.

2.5 Quel est le nom de cette synthèse ?

**PARTIE 2- Etude cinétique**

3) À un instant t = 0 s, on mélange 0,50 mol de réactif A et 0,50 mol de réactif B. On ajoute une petite quantité d'acide sulfurique. Le milieu réactionnel est maintenu à une température constante de 25°C et le volume total du mélange réactionnel est V= 83 mL.

3.1 Quel est le rôle de l'acide sulfurique ?

3.2 L'acide sulfurique intervient-il dans l'équation de la réaction ?

4) On détermine, toutes les 5 minutes, la quantité n de matière d'éthanoate de pentyle formée.

Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau ci-dessous :

| Temps en min | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| n en mol | 0,00 | 0,14 | 0,21 | 0,25 | 0,275 | 0,295 | 0,31 | 0,32 | 0,325 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,33 |

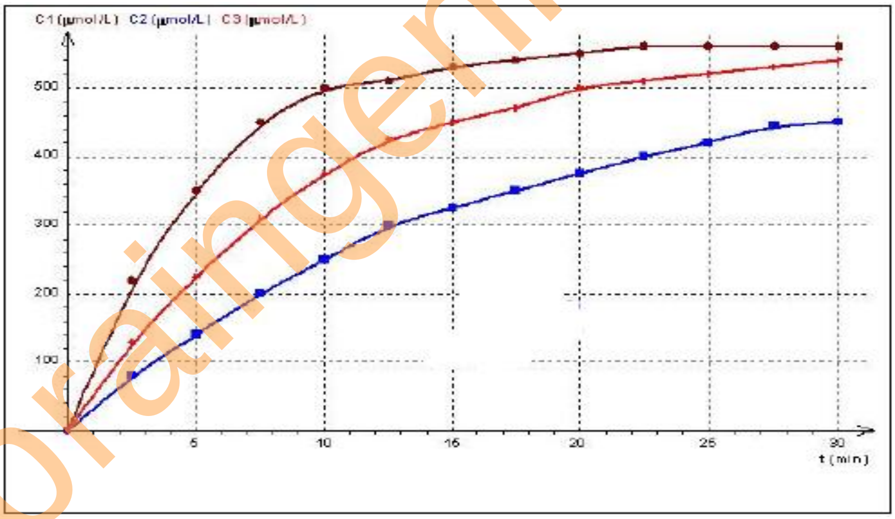
4.1 Tracer le graphe n = f(t).

Echelle : 1 cm ↔ 5 mn ; 1cm ↔ 0,05 mol

4.2 Définir la vitesse instantanée de formation de l'éthanoate de pentyle. Déterminer la vitesse à t = 27mn et à t = 46 mn.
4.3 Comment évolue cette vitesse de réaction au cours du temps ? Quel facteur cinétique permet d'expliquer cette évolution ?
4.4 Quel est l'état du système à partir de t = 50 min ?
5) Définir le temps de demi-réaction $t_{1/2}$. Le déterminer graphiquement.
6) On considère maintenant le cas où la synthèse est faite sans ajout d'acide sulfurique. Comment évolue le temps de demi-réaction par rapport à celui de la question 5 ?

<u>Exercice 7</u>

Les couples rédox mis en jeu dans l'exercice sont : $H_2O_2$/ $H_2O$ et $I_2$ / I-.
L'eau oxygénée $H_2O_2$ réagit lentement avec des ions iodures I- pour former du diiode et de l'eau.
1) Montrer que l'équation de la réaction s'écrit : $H_2O_2 + 2I^- + 2H_3O^+ = 4H_2O + I_2$.
2) Quel est l'oxydant et quel est le réducteur de transformation chimique ?
3) Comment peut-t-on montrer, simplement et qualitativement, que la transformation est lente ?
Un dispositif, non étudié, ici a permis de tracer les courbes d'évolution du système avec des conditions initiales différentes :
Expérience A : $[H_2O_2]_i = 2{,}0.10^{-3}$ mol.L$^{-1}$ et $[I^-]_i$ =0,2 mol.L$^{-1}$ à $t_A$= 25°C
Expérience B : $[H_2O_2]_i = 2{,}0.10^{-3}$ mol.L$^{-1}$ et $[I^-]_i$ =0,1 mol.L$^{-1}$ à $t_B$= 25°C
Expérience C : $[H_2O_2]_i = 2{,}0.10^{-3}$ mol.L$^{-1}$ et $[I^-]_i$ =0,2 mol.L$^{-1}$ à $t_C$= 40°C
Voici les courbes :




4) Les 3 courbes notées $C_1$, $C_2$ et $C_3$ sont des courbes représentant la concentration en $I_2$ formée au cours du temps. Reliées ces courbes aux expériences A, B et C. Justifier votre réponse.
5) Définir la vitesse de réaction pour une expérience donnée. Donner son évolution (sans calcul) dans l'expérience correspondant à la courbe C1.
6) Donner le nom du matériel utilisé et son principe s'il fallait voir l'évolution de cette réaction par Spectrophotométrie.

# Autoprotolyse de l'eau - pH d'une solution aqueuse- Indicateurs colorés

Exercice 1

***Les questions sont indépendantes***.

1) Quel est le pH d'un mélange obtenu en ajoutant 8,2 $cm^3$ de solution décimolaire de soude à 20 $cm^3$ d'une solution chlorhydrique de concentration $5.10^{-2}$ mol/L.
2) Quel volume d'une solution décimolaire d'hydroxyde de sodium doit-on ajouter à 100 $cm^3$ d'une solution centimolaire d'acide chlorhydrique pour un pH = 11.
3) On dispose de V = 10 mL d'acide iodhydrique de concentration C = $6.10^{-3}$ mol/L. On lui ajoute un volume V' = 90 mL d'eau pure. Quelle est la valeur de son pH ?
4) On obtient une solution S en mélangeant $S_1$ et $S_2$ d'acide chlorhydrique :
   $S_1$ : $C_1 = 1,5.10^{-2}$ mol/L ; $V_1$ = 100 mL
   $S_2$ : $C_2 = 2,5.10^{-2}$ mol/L ; $V_2$ = 150 mL

a) Exprimer la concentration de la solution finale en fonction de $C_1$, $C_2$, $V_1$ et $V_2$. Calculer sa valeur numérique.
b) En déduire le pH de S

5) On verse 10 mL d'une solution d'hydroxyde de sodium à $2.10^{-2}$ mol/L dans 15 mL d'une solution chlorhydrique à 0,012 mol/L. Quel est le pH du mélange.

Exercice 2 **produit ionique de l'eau à 37°C**

La manipulation proposée a pour but de déterminer le produit ionique de l'eau à 37°C, en mesurant le pH de six solutions d'hydroxyde de potassium maintenues à cette température.

Les solutions sont préparées en introduisant un volume $V_i$ d'une solution $S_0$ d'hydroxyde de potassium de concentration $C_0 = 5,0.10^{-2}$ $mol.L^{-1}$ dans une fiole jaugée de 100 mL et en complétant avec de l'eau distillée. Le pH est ensuite mesuré à 37°C, en commençant par la solution la plus diluée.

Les résultats obtenus lors d'une manipulation sont les suivants :

| Solution | $S_1$ | $S_2$ | $S_3$ | $S_4$ | $S_5$ | $S_6$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $V_i$ (mL) | 0,5 | 1,0 | 2,0 | 5,0 | 10,0 | 20,0 |
| pH | 10,0 | 10,3 | 10,6 | 10,9 | 11,2 | 11,5 |

1) Avec quelle verrerie doit-on mesurer $V_i$ ?
2) Pourquoi mesure-t-on d'abord le pH des solutions les plus diluées ?
3) Etablir un tableau contenant $V_i$, pH, $C_i$ et log $C_i$, $C_i$ étant la concentration de la solution $S_i$.
4) Tracer le graphe pH = f (- log $C_i$) ; en déduire le produit ionique de l'eau à 37°C et le pH de l'eau pure à cette température.

Exercice 3

On obtient une solution S en mélangeant :

- 100 mL d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $C_1$ = 0,16 mol/L.
- 200 mL de solution d'hydroxyde de potassium de pH = 12.
- 200 mL d'eau distillée.

a) Calculer la concentration des ions $OH^-$ dans la solution S. Quel est son pH ?
b) Déterminer la concentration de toutes les espèces présentes dans la solution S.
c) Vérifier l'électroneutralité de S.

Exercice 4

1) Le chlorure de sodium NaCl est entièrement dissocié en ions $Na^+$ et $Cl^-$ en solution aqueuse. On dissous 11,7 g de chlorure de sodium dans 2 L d'eau. Recenser les différents ions présents dans cette solution et calculer leur molarité (concentration molaire) sachant que la solution a un pH = 7.
2) Dans 20 mL d'une solution décimolaire de chlorure de baryum $BaCl_2$, on ajoute 300 mL d'eau. Calculer les molarités en ions $Ba^{2+}$ et en ions $Cl^-$ avant et après l'eau d'eau ($BaCl_2$ est totalement dissocié en solution aqueuse et le pH de la solution est 7).
3) On mélange 10 mL de solution décimolaire de NaCl et 200 mL de solution centimolaire de $BaCl_2$. Calculer la concentration des différents ions présents dans la solution. Vérifier l'électroneutralité de la solution.

Exercice 5

1) A 10 $cm^3$ d'une solution de chlorure d'hydrogène. On ajoute 40 $cm^3$ d'eau et on obtient alors, une solution de pH = 2,7. Quelle est la concentration de la solution de chlorure d'hydrogène initiale ?
2) Quel volume d'eau distillée doit-on ajoute à 40 $cm^3$ d'une solution de chlorure d'hydrogène de concentration $2.10^{-2}$ mol/L pour obtenir une solution de pH = 2,4 ?
3) On mélange une solution de chlorure d'hydrogène de pH = 3,1 avec 10 $cm^3$ de solution d'acide chlorhydrique de pH = 2,3. Déterminer le pH du mélange obtenu.
4) A 20 $cm^3$ d'une solution chlorhydrique de pH = 3, on ajoute 20 $cm^3$ d'une solution centimolaire de chlorure de sodium. Quelles sont les molarités des espèces chimiques présentes dans la solution ? Quel est son pH ? Vérifier son électroneutralité.

Exercice 6

Par analogie avec le pH d'une solution, on peut aussi définir le pOH d'une solution : pOH = -log [$HO^-$].

1) Déterminer le pOH d'une solution telle que : [$HO^-$] = $3,2.10^{-2}$ $mol.L^{-1}$.
2) Trouver la relation liant pH, pOH et $pK_e$.
3) Quel serait à 25°C, le pOH d'une solution dans laquelle [$H_3O^+$] = $1,0.10^{-3}$ $mol.L^{-1}$ ?

Exercice 7

1) Une solution commerciale d'hydroxyde de sodium de densité 1,38, contient 35 % en masse d'hydroxyde de sodium pur. (C'est-à-dire 100 mL de la solution commerciale contient 35 mL d'hydroxyde de sodium pur).
   a) Quel volume $V_1$ de cette solution doit-on diluer pour obtenir 1 L de solution de pH = 12,5 ?
   b) On verse 5 mL de la solution commerciale dans un litre d'eau. Quel est le pH de la solution obtenue ?
2) On considère 200 mL d'une solution de soude de pH égal à 11,4.
   a) Quel volume d'eau faut-il ajouter pour obtenir une solution de pH égal à 11 ?
   b) On ajoute 0,005g de chlorure de sodium dans 200 mL de la solution de soude de pH égal à 11.
      - Calculer la concentration des ions présents en solution.
      - Calculer le pH de la nouvelle solution.

Exercice 8

1) Rappeler la définition du pH d'une solution aqueuse.
2) La concentration en ions $H_3O^+$ d'une solution A est [ $H_3O^+$ ]=$2,0*10^{-3}$ $mol.L^{-1}$. Calculer son pH.
3) Une solution aqueuse B a un pH égal à 3,5. Calculer la concentration en ions $H_3O^+$ de la solution B.
4) Calculer le nombre de moles d'ions $H_3O^+$ contenues dans un volume V=20mL de cette solution B.
5) On prépare une solution C en mélangeant un volume V=20mL de la solution B avec un volume V'=80mL d'eau pure. Calculer la concentration du mélange en négligeant les ions $H_3O^+$ provenant de la dissociation de l'eau. En déduire le pH de la solution C.

Exercice 9

L'hydroxyde de calcium $Ca(OH)_2$ est soluble dans l'eau à raison de 1,8 gramme par litre à 25°C ; on obtient alors une solution saturée en hydroxyde de calcium. Quelle est la concentration de cette solution ?

Son pH étant égal à 12,7. Montrer que l'hydroxyde de calcium est entièrement dissocié dans cette solution aqueuse et écrire son équation de dissociation.

# Acide fort- Base forte- Réaction entre acide fort et base forte ; Dosage.

Exercice 1

Une solution d'acide nitrique de concentration $2.10^{-3}$ mol/L à un pH = 2,7 est-ce un acide fort ? Ecrire l'équation de sa réaction avec l'eau.

Exercice 2

1) Une solution $S_1$ d'acide chlorhydrique de concentration $C_1 = 3,16.10^{-2}$ mol.L$^{-1}$ a un pH = 1,5.

1.1 Calculer la concentration des espèces chimiques présentes dans la solution

1.2 Quelle conclusion pouvez-vous tirer des calculs précédents ?

1.3 Quel volume $V_g$ de chlorure d'hydrogène faut-il dissoudre dans de l'eau distillée pour obtenir 500cm$^{-3}$de $S_1$ ? Volume molaire dans les conditions de l'expérience : $V_0$ = 24 L.mol$^{-1}$.

1.4 Quel volume d'eau distillée faut-il ajouter à 100 cm$^{-3}$ de la solution $S_1$ pour obtenir une solution $S_2$ de pH égal 2,0 ?

2) On prépare une solution $S_3$ de soude en faisant dissoudre 6 mg de soude en pastilles dans l'eau pure. Le volume de la solution préparée est $V_3$ = 100 mL et son pH est sensiblement égal à 11,17.

2.1 Calculer la concentration des espèces chimiques présentes dans la solution $S_3$.

2.2 Tirer une conclusion.

3) On prépare une solution $S_4$ de dichlorure de calcium ($CaCl_2$) par dissolution de 4 g de ce composé dans 500 mL d'eau distillée.

On considère qu'il n'y a pas eu variation de volume lors de la dissolution et que la réaction de dissociation de $CaCl_2$ dans l'eau est totale. Déterminer :

3.1 La concentration des ions présents dans cette solution ;

3.2 La nature de la solution

4) On mélange 100 cm$^3$ de la solution $S_1$ avec 400 cm$^3$ de a solution $S_4$.

4 .1 Déterminer la concentration des espèces chimiques présentes dans le mélange obtenu.

4.2 En déduire le pH de ce mélange.

Exercice 3

L'acide sulfurique $H_2SO_4$ peut être considéré comme un diacide fort. On dispose d'une solution commerciale d'acide sulfurique de densité 1,815 et contenant 90% d'acide pur.

1) On souhaite préparer 1L d'une solution A d'acide sulfurique à 1 mol.L$^{-1}$. Quel volume de solution commerciale utiliser pour cela ?
2) Ecrire l'équation de la réaction de l'acide sulfurique avec l'eau.
3) La solution précédemment obtenue sert à préparer deux solutions plus diluées : 500 mL d'une solution B de

pH = 1,5 et 250 mL d'une solution C de pH = 1. Quel volume de A utiliser pour cela ?

4) On mélange B et C. Quel est le pH de la solution obtenue ?

Exercice 4

On considère 20 cm$^3$ d'une solution d'hydroxyde de calcium de concentration $2,7.10^{-2}$ mol/L.

1) Déterminer la molarité des différents ions dans la solution et son pH.
2) Quel volume $V_A$ d'acide chlorhydrique doit-on ajouter à cette solution pour obtenir une solution finale de pH = 7 ?
3) Quel serait le pH du mélange final si on ajoute aux 20 cm$^3$ de la solution d'hydroxyde de calcium, 100 cm$^3$ d'une solution centimolaire d'acide sulfurique, Recenser les espèces chimiques présentes dans le mélange et calculer leur molarité. Quel volume de solution d'acide sulfurique aurait-il fallu ajouter pour que le pH du mélange soit égal à 7 ? Quelle serait alors la masse du solide obtenu par évaporation lent du mélange ?

Exercice 5

On étudie la variation du pH d'une solution d'hydroxyde de sodium à la quelle on ajoute progressivement une solution d'acide chlorhydrique de concentration $10^{-3}$ mol/L. Le bécher ou est réalisé le mélange contient initialement 10 cm$^3$ d'hydroxyde de sodium. On obtient les résultats suivants :

| V(HCl) cm$^3$ | O | 4 | 8 | 12 | 14 | 16 | 17 | 17,5 | 18 | 18,5 | 19 | 20 | 22 | 26 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| pH | 11,3 | 11 | 10,7 | 10,4 | 10,2 | 9,9 | 9,5 | 9,2 | 7 | 4,7 | 4,5 | 4,2 | 3,9 | 3,7 |

1) Tracer le graphe pH = f ($V_{HCl}$).

2) Quel est le volume de HCl versé à l'équivalence acido-basique ? Quelle est la concentration de d'hydroxyde de sodium utilisée,

3) Calculer la concentration des ions présents dans le mélange quand on ajoute 12 $cm^3$ de solution chlorhydrique ?

4) Vers quelle valeur tendrait le pH du mélange si on continuait à ajouter la solution chlorhydrique ?

5) A l'équivalence, quelle masse de chlorure de sodium se trouve dissous dans la solution ? Cette masse augmente t-elle après l'équivalence ?

<u>Exercice 6</u>

Dans un laboratoire, on dispose des solutions suivantes :

- Une solution S d'hydroxyde de sodium de masse volumique $\rho$ = 1,2 kg/L de pourcentage massique en hydroxyde de sodium pur 16,7 %.
- Une solution d'acide sulfurique de concentration molaire $C_A$.
- De l'eau distillée.

1) Montrer que la concentration volumique $C_B$ de la solution S peut s'écrire : $C_B = \frac{167}{40}\rho$ (avec $\rho$ en g/L).
2) On prélève 10 mL de la solution qu'on dilue pour obtenir une solution S' de concentration molaire volumique $C'_B$ = 0,1 mol/L. Déterminer le volume d'eau distillée nécessaire à la préparation.
3) Afin de déterminer la concentration $C_A$ de l'acide sulfurique, on dose 10 mL de celle-ci par la solution S' d'hydroxyde de sodium.
   a) Ecrire l'équation-bilan de la réaction.
   b) A l'équivalence, le volume de la solution S' d'hydroxyde de sodium utilisé est 20 mL.

- Définir l'équivalence acido-basique et évaluer qualitativement le pH du mélange à l'équivalence.
- Calculer $C_A$.
- Calculer les concentrations molaires des espèces chimiques présentes dans le mélange à l'équivalence.

<u>Exercice 7</u>

On se propose d'effectuer le dosage d'une solution d'acide sulfurique de concentration molaire inconnue $C_a$ et de volume $V_a$ = 500 $cm^3$ par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $C_b$ également inconnue.

On relève le pH pour différentes valeurs de volume V de solution basique versé.

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau ci-dessous.

| V ($cm^3$) | 5 | 10 | 25 | 35 | 45 | 50 | 60 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| pH | 2,04 | 2,12 | 2,42 | 2,67 | 3,16 | 4,03 | 10,77 |
| n($H_3O^+$) | | | | | | | |

1) Ecrire l'équation bilan de la réaction et exprimer les concentrations molaires [$Na^+$] ; [$SO_4^{2-}$] et [$H_3O^+$] du mélange en fonction de Ca, $C_b$, V et Va. On se limitera à la partie de dosage avant l'équivalence.
2) Définir l'équivalence acido-basique ; exprimer le volume à l'équivalence Ve en fonction de Ca, $C_b$, et Va. Déduire des résultats précédents la relation :

$$[H_3O^+] (Va + V) = C_b (Ve - V)$$

3) On pose $n(H_3O^+) = [H_3O^+] (Va + V) = 10^{-pH} (Va + V)$.
   a) Compléter le tableau et tracer la courbe $n(H_3O^+)$ = f (V). Choisir une échelle convenable
   b) Déterminer graphiquement la concentration $C_b$ de la solution d'hydroxyde de sodium utilisée et le volume à l'équivalence Ve. Puis calculer la concentration Ca de la solution sulfurique.

<u>Exercice 8</u>

Dans une fiole jaugée de 500 mL, on place 20 mL d'un monoacide fort de concentration inconnue et on complète jusqu'au trait de jauge par de l'eau distillée.

La solution obtenue est dosée par une solution de soude de soude de concentration 0,2 $mol.L^{-1}$ ; le dosage, suivi au pH-mètre, a fourni les résultats suivants où V est le volume de soude versé.

| V(mL) | 2,0 | 4,0 | 6,0 | 8,0 | 9,0 | 9,9 | 10,0 | 10,1 | 11,0 | 12,0 | 14,0 | 16,0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| pH | 2,5 | 2,6 | 2,8 | 3,1 | 3,4 | 4,4 | 7,0 | 9,6 | 10,6 | 10,9 | 11,2 | 11,4 |

1) Tracer la courbe donnant le pH en fonction du volume de soude ajoutée.
2) Calculer la concentration de la solution acide initiale.
3) Déterminer, graphiquement et par le calcul, le pH de la solution acide après la dilution.

4) Au lieu de suivre le dosage au moyen d'un pH-mètre, on utilise un indicateur coloré, l'hélianthine, dont le début du virage se produit pour un pH voisin de 3,3. Quelle erreur relative commet-on sur le dosage, si on arrête l'addition de soude dès le début du virage de l'hélianthine ?

Exercice 9

On dispose d'un indicateur coloré pour lequel on donne les renseignements :

$0 < pH < 4$ (coloration rouge) ; $4 < pH < 6$ (zone de virage) ; $6 < pH < 14$ (coloration jaune)

1) On prépare une solution $S_A$ en dissolvant 224 $cm^3$ de chlorure d'hydrogène gazeux par litre de Solution. On prélève 25 $cm^3$ de cette solution, à laquelle on ajoute quelques gouttes de l'indicateur. Quelle est la teinte observée ?

2) On ajoute alors progressivement une solution $S_B$ de soude centimolaire. Quel est le volume $V_1$ de solution de soude utilisée quand on commence à observer le virage de l'indicateur ? Quel est le volume $V_2$ correspondant à la fin du virage ? Peut-on l'utiliser pour effectuer un dosage correct de l'acide chlorhydrique par la soude.

Exercice 10

On prépare une solution aqueuse A en prélevant 10 mL d'une solution d'un monoacide fort de concentration inconnue. On ajoute à ces 10 mL, placés dans une fiole jaugée, la quantité d'eau distillée nécessaire pour compléter à 250 mL. Cette solution A est dosée par une solution B de soude de concentration 0,2 mol/L. La mesure du pH du mélange au cours de l'addition donne les résultats suivants :

| V(soude mL) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4,5 | 4,95 | 5 | 5,05 | 5,5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| pH | | 2,2 | 2,6 | 2,8 | 3,1 | 3,4 | 4,4 | 7,0 | 9,8 | 10,5 | 1O,9 | 11,2 | 11,4 |

1) Tracer la courbe pH = f (volume de soude versé) ; calculer la concentration de la solution acide A étudiée, et celle de la solution du monoacide initial, avant dilution. Remplir la première case ci-dessus.
2) Déterminer le pH du mélange obtenu en ajoutant 5 mL de solution B aux 10 mL de solution du monoacide initial.

Exercice 11

On dose 20 $cm^3$ d'une solution d'acide sulfurique $H_2SO_4$ à l'aide d'une solution centimolaire de soude, en présence de phénolphtaléine. Celle-ci change de teinte pour un volume de solution de soude égal à 16 $cm^3$. Quel est le changement de couleur observé et calculer la concentration de la solution d'acide sulfurique ainsi dosée, Quel est son pH ?

On fait évaporer lentement la solution obtenue. Quel est le nom du solide obtenu ? (On supposera que l'acide sulfurique est un diacide entièrement ionisé).

# Acides et bases faibles - couples acide-base - constante d'acidité et classification des couples acide-base.

Exercice 1.

Donner la définition d'un acide et d'une base au sens de Brönsted.

Exercice 2 :

On prépare une solution aqueuse d'acide carboxylique noté HA en dissolvant 1,80 g de cet acide pur dans de l'eau distillée. Le volume de solution obtenue est de 3 litres, et la concentration molaire apportée est de 0,01 mol / L. Le pH de cette solution est de 3,4.
masse atomique molaire (g/mol) : C : 12 ; H : 1 ; O : 16.
a) En solution aqueuse, cet acide est-il totalement dissocié en ions ? Justifier.
b) Calculer la masse molaire de cet acide. Ce dernier peut-il être l'acide éthanoïque ?
c) Définir puis calculer la constante d'acidité Ka.

Exercice 3.

Une solution d'acide acétique $CH_3COOH$ (ou acide éthanoïque) a une concentration molaire C = $10^{-2}$ mol/L. Le pKa de l'acide est 4,7.

1) Ecrire les différentes relations entre les concentrations des espèces chimiques présentes dans la solution.
2) En précisant les approximations utilisées et sachant que le pH de la solution est 3,35, calculer les concentrations des différentes espèces chimiques en solution et vérifier la valeur de C donnée au début de l'énoncé.

Exercice 4

1) On considère le couple acide / base noté AH / $A^-$ de pKa connu. Montrer que le pH d'une solution de AH de concentration Ca peut s'écrire sous la forme : $pH = \frac{1}{2}(pKa - \log Ca)$.
2) Soit une base faible B en solution aqueuse, de concentration $C_b$ ; on suppose que le pKa du couple $BH^+$ / B est connu. Montrer que le pH de cette solution de base faible peut s'écrire sous la forme :

$$pH = 7 + \frac{1}{2}(pKa + \log Cb)$$

Exercice 5

1) Soit une solution aqueuse d'acide nitreux $HNO_2$ de concentration C = $10^{-2}$ mol/L et de volume V = 50 mL. L'acide nitreux est un acide faible.
   a) Ecrire l'équation de dissolution de l'acide nitreux dans l'eau.
   b) Ecrire les relations d'électroneutralité de la solution et de conservation de la matière.
   c) Quelle est l'expression de la constante d'acidité Ka du couple acide nitreux / ion nitreux. L'exprimer en fonction de $[H_3O^+]$ et C. Quelle (s) approximation est-il légitime de faire ?
2) On dissout sans que le volume ne soit affecté, 2,5.$10^{-4}$ mol de chlorure d'hydrogène HCl dans la solution d'acide nitreux.
   a) Le pKa du couple $HNO_2$ / $HNO_2^-$ vaut 3,4. Quel est le pH de la solution ?
   b) Ecrire l'équation de dissolution du chlorure d'hydrogène.
   c) Quelle influence cette dissolution a-t-elle sur la dissociation de l'acide nitreux ?
   d) Le pH de la solution vaut 2,3 après dissolution du chlorure d'hydrogène. Vérifier, en calculant les concentrations molaires en acide nitreux $HNO_2$ et en ion nitreux $HNO_2^-$, la réponse à la question précédente.

Exercice 6

On dispose d'une solution B d'acide benzoïque de concentration Ca = 2,5.$10^{-2}$ mol/L et une solution d'acide chlorhydrique C de concentration Ca = 1,0.$10^{-3}$ mol/L.

1) Le pH de B est de 2,9. Montrer que l'acide benzoïque est un acide faible et déterminer son coefficient d'ionisation $\alpha_1$.
2) On prélève 10 mL de B que l'on place dans une fiole jaugée de 1 L. On complète avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge. Le pH de la solution ainsi obtenue est 3,9. Déterminer le nouveau coefficient d'ionisation $\alpha_2$ de l'acide benzoïque.

3) On mélange 100 mL de la solution B avec 100 mL de la solution C. Le pH du mélange obtenu est 3,25. En négligeant les ions $H_3O^+$ venant de l'autoprotolyse de l'eau, déterminer la quantité $n_{H3O+}$ résultant de l'ionisation de l'acide benzoïque dans ce mélange. En déduire son coefficient d'ionisation $\alpha_3$ dans cette solution. Conclure.

Exercice 7

L'éthanamine, composé organique de formule $C_2H_5NH_2$, est une base.

1. Quelle est la formule de son acide conjugué ? Ecrire l'équation-bilan de la réaction de l'éthylamine sur l'eau.
2. Une solution d'éthanamine, de concentration molaire $1,26.10^{-2}$ mol/L a un pH = 11,4 à 25° C. Calculer la valeur de la concentration molaire $[C_2H_5NH_2]$ dans la solution. Déduisez en que l'éthylamine est une base faible et calculer le pKa du couple acide base correspondant.
3. Comparer la force des deux bases : éthanamine et ammoniaque. $\mathrm{pK_A(NH_4^+/NH_3)}$ = 9,2. Justfier la réponse.

Exercice 8

1. Une solution d'acide méthanoïque de concentration $C_1$ a un pH de 2,9. Calculer $C_1$, sachant que le pKa du couple $\mathrm{HCO_2H/HCO_2^-}$ est égale à 3,8.
2. Une solution de méthanoate de sodium de concentration $C_2 = 10^{-2}$ mol/L a pour pH = 7,9. Calculer les concentrations molaires des différentes espèces chimiques présentes dans la solution et retrouver la valeur du pKa du couple $\mathrm{HCO_2H/HCO_2^-}$.
3. Quel volume de méthanoate de sodium de concentration $C_3 = 5.10^{-2}$ mol/L faut-il ajouter à un volume V = 100 mL d'une solution d'acide méthanoïque de concentration $C_4 = 2.10^{-2}$ mol/L pour obtenir une solution de pH = 3,8.

Exercice 9

Considérons un litre de solution obtenue en dissolvant dans l'eau 0,2 mol d'acide éthanoïque, 0,15 mol d'hydroxyde de sodium, 0,02 mol de cyanure de potassium (KCN solide ionique totalement dissocié en solution aqueuse) et 0,16 mol d'éthanoate de sodium. $CH_3COOH$ / $CH_3CO_2^-$ : pKa = 4,8 ; HCN /$CN^-$ : pKa = 9,3

1) Placer sur une échelle des pKa les couples qui interviennent dans la solution.
   - Quelle est la réaction prépondérante.
   - Ecrire l'équation-bilan.
   - Calculer sa constante d'équilibre ou constante de réaction Kr. Conclure.
   - Quelles sont les concentrations des espèces présentes en solution.
2) Déterminer la nouvelle réaction prépondérante.
   - Ecrire l'équation-bilan.
   - Calculer sa constante d'équilibre ou constante de réaction Kr. Conclure.
   - Quelles sont les concentrations des espèces présentes en solution.
3) En déduire le pH de la solution.

Exercice 10

Un litre de solution d'engrais pour plante a été préparé en dissolvant 0,10 mol de phosphate d'ammonium $(NH_4)_3PO_4$ solide dans une quantité d'eau suffisante.

1) Placer sur un axe gradué en pH, les domaines de prédominance des espèces acides et basiques de ces deux couples.
2) Les ions ammonium et phosphate peuvent-ils tous les deux prédominer dans la solution d'engrais ?
3) Ecrire l'équation bilan de la réaction qui se produit entre les ions $\mathrm{PO_4^{3-}}$ et $\mathrm{NH_4^+}$. Calculer sa constante de réaction $K_R$. La réaction est-elle totale ?
4) Le pH de la solution est 8,9.
   a) Quelles sont les espèces prédominantes pour chacun des couples ?
   b) Déterminer les quantités de $\mathrm{PO_4^{3-}}$ et $\mathrm{NH_4^+}$ initialement introduites pour préparer la solution, puis justifier la valeur du pH. On donne $\mathrm{pK_A(NH_4^+/NH_3)}$ = 9,2 ; $\mathrm{pK_A\ (HPO_4^{2-}/PO_4^{3-})}$ = 12,4

# Réaction acide faible/base forte (et vice versa), effet tampon. Dosage.

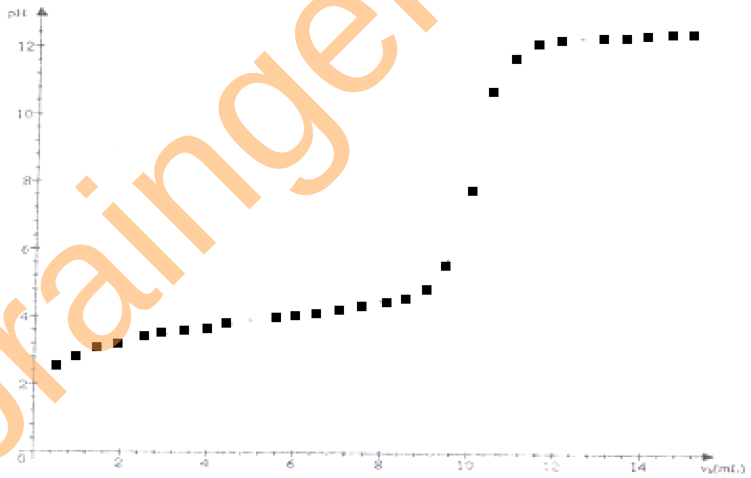
Exercice 1 :
On dispose de deux solutions :
-une solution aqueuse A d'acide chlorhydrique de concentration $C_A$= 0,1mol $L^{-1}$ ;
-une solution aqueuse B d'une amine saturée $RNH_2$ de concentration $C_B$ = $3,2.10^{-2}$mol$L^{-1}$ et de pH =11,4.

1) Ecrire l'équation bilan de la réaction du chlorure d'hydrogène avec l'eau. En déduire la valeur du pH de la solution A.
2) Montrer que l'amine est une base faible.
3) Ecrire l'équation bilan de la réaction entre l'amine et l'eau.
4) Calculer le coefficient d'ionisation de l'amine.
5) Déterminer le pka du couple acide –base associé à l'amine.
6) Pour préparer la solution B il a fallu dissoudre une masse m = 0,72g de l'amine dans 500mL d'eau distillée. Donner le nom et la classe de l'amine.

**Données** : Masses molaires atomiques en g$mol^{-1}$ : H = 1 ; C =12 ; N = 14.

7) Pour préparer une solution tampon (S) de pH = 10,8, on mélange un volume $V_A$ de la solution A et un volume $V_B$ de la solution B.
   7.1 Ecrire l'équation bilan qui se produit l'or du mélange.
   7.2 Déterminer les volumes $V_A$ et $V_B$ nécessaires pour obtenir un volume V = 116mL de la solution tampon (S) de pH = 10,8 si l'on suppose que le pka du couple de l'amine est = 10,3.

Exercice 2 (**Bac 2001 TS$_1$**)
On dispose d'un flacon contenant une solution d'acide carboxylique $C_nH_{2n+1}COOH$ dont la densité est 1,95 et titrant en masse 77 % d'acide pur. Avec une pipette on prélève un volume de 5 mL de cette solution que l'on étend à un litre avec de l'eau distillée dans une fiole jaugée de 1 litre.
On prélève 20 mL de la solution ainsi diluée que l'on dose par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire volumique $C_b$ = 0,2 mol/L.
Dans la figure ci-dessous sont données quelques points de la courbe pH = f ($V_b$) où $V_b$ le volume de base versé. On considère que pH = 2 pour $V_b$ = 0.




1) Compléter le tracé de la courbe et déduire de cette courbe la concentration molaire volumique $C_a$ de la solution diluée ainsi dosée et le pKa du couple $C_nH_{2n+1}COOH$ / $C_nH_{2n+1}COO^-$.
2) Calculer la masse molaire de l'acide carboxylique. En déduire sa formule semi-développée et son nom.
3) On désire préparer un volume V = 315 mL de solution tampon de pH = 4 en mélange un volume $V_1$ de la solution d'acide de concentration $C_a$ et un volume $V_2$ de solution saline $C_nH_{2n+1}COONa$ de concentration molaire volumique $C_b^{'}$ = $5,0.10^{-2}$ mol/L.
   a) Qu'est ce qu'une solution tampon ? Quelles sont ses propriétés ?
   b) Déterminer les valeurs de $V_1$ et $V_2$.

Exercice 3
On place dans un bécher 20 $cm^3$ d'une solution d'acide carboxylique R-COOH dans laquelle on verse progressivement une solution d'hydroxyde de sodium de concentration 0,1 mol/L. Au cours de l'addition on mesure, on mesure les valeurs du pH du mélange. On appelle V le volume de solution d'hydroxyde de sodium versé. Les résultats sont groupés dans le tableau ci-dessous.

| $V(cm^3)$ | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 17 | 17,5 | 18 | 18,5 | 19 | 20 | 22 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| pH | 2,4 | 2,8 | 3,1 | 3,3 | 3,5 | 3,7 | 3,9 | 4,2 | 4,5 | 5,0 | 5,7 | 9,7 | 11,5 | 12,0 | 12,2 | 12,4 |

1) Tracer la courbe représentant les variations du pH du mélange en fonction de V.
**1 cm sur l'axe des abscisses représente 1 $cm^3$**
**1 cm sur l'axe des ordonnées représente 1 unité pH**
2) Déterminer sur la courbe les coordonnées du point d'équivalence. Quelle est la concentration de la solution initiale d'acide ?
3) Déterminer sur la courbe les coordonnées du point de demi-équivalence. En déduire la constante d'acidité Ka du couple dont la forme acide est R-COOH.

Recenser les espèces chimiques présentes dans le mélange et calculer leurs concentrations lorsque le pH est 3,6.

Exercice 4

L'étiquette d'un litre de vinaigre du commerce indique 6°. Le degré d'acidité exprime la masse en gramme d'acide éthanoïque pur contenu dans 100 g de vinaigre. On considère le vinaigre comme une solution aqueuse d'acide éthanoïque. On désire déterminer la concentration C d'acide éthanoïque de ce vinaigre.

1) On prépare une solution $S_1$ de volume $V_1$ = 100 mL et de concentration en acide éthanoïque $C_1 = \frac{C}{100}$ mol/L. Décrire le mode opératoire en précisant le volume V de vinaigre à 6° à prélever.
2) On prélève un volume $V_2$ = 10 mL de la solution $S_1$ que l'on dose par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $C_b = 10^{-2}$ mol/L en présence d'un indicateur approprié. L'équivalence est réalisé pour $V_b$ = 10,8 mL de base versé.
   a) Ecrire l'équation de dosage.
   b) Faire un schéma du dispositif expérimental, choisir en le justifiant un indicateur de dosage.
   c) Calculer la concentration $C_1$ de $S_1$. En déduire C
3) Calculer le degré d'acidité du vinaigre. Le résultat est-il en accord avec l'indication de l'étiquette

**Données** :

Phénolphtaléine : zone de virage : 8,2 – 9,8
Hélianthine : zone de virage : 3,2 – 4,4
Bleu de bromothymol : zone de virage : 6,2 – 7,6

Exercice 5

L'acide ascorbique (vitamine C) de formule $C_6H_8O_6$, est vendu en pharmacie sous forme de comprimé. Il contribue à améliorer la qualité des tendons et des os mais provoque des insomnies en cas d'abus.
On pourra l'assimiler a un acide AH. On dissout un comprimé ascorbique dans de l'eau distillée de façon à obtenir 200 mL de solution noté $S_1$. On prélève $V_1$ = 10 mL de $S_1$ que l'on dose par une solution $S_2$ d'hydroxyde de sodium de concentration $C_b = 1,5.10^{-2}$ mol/L en présence d'un indicateur approprié, le rouge de crésol. L'équivalence a lieu pour un volume $V_2$ = 9,5 mL de $S_2$.

1) Nommer les instruments utilisés pour la dissolution du comprimé et pour le prélèvement de $V_1$.
2) Faire le schéma annoté du dispositif expérimental utilisé pour le dosage.
3) Qu'entend t-on par indicateur approprié ?
4) Comment se situe le pH à l'équivalence par rapport à 7 ? Justifier qualitativement.
5) Calculer la quantité de matière d'acide ascorbique dans un comprimé et la masse correspondante.
6) Déterminer $C_1$, la concentration de la solution $S_1$.
7) Le pH de $S_1$ vaut 2,7 à 25°C. en déduire le pKa du couple acide ascorbique / ion ascorbate.

Exercice 6 (**Bac 2001 $TS_2$**)

**Données** : Masses molaires en g/mol : M (H) = 1 ; M (C) = 12 ; M (N) = 14

On prépare une solution aqueuse d'une monoamine saturée B en versant une masse m = 5,9 g de cette amine dans de l'eau pure afin d'obtenir un volume V = 2 litres de solution.
On dose ensuite un volume $V_B$ = 20 mL de cette solution (B) à l'aide d'une solution (A) d'acide sulfurique (diacide fort) de concentration $C_A = 5.10^{-2}$ mol/L.
Le pH-mètre permet de suivre l'évolution du pH du mélange au cours de ce dosage.

**I-** 1) Donner l'allure de la courbe pH = f (VA) avec $V_A$ le volume de la solution (A) versé.
2) Cette courbe présente deux points remarquables :
- le point D de coordonnées $V_D$ = 5 mL et $pH_D$ = 9,8 ;
- le point équivalent E de coordonnées $V_E$ = 10 mL et $pH_E$ = 6,0
  a) Définir l'équivalence acido-basique. Déterminer la concentration molaire volumique $C_B$ de la solution (B).
  b) Déterminer alors la formule brute de l'amine B.

3) On note $BH^+$ l'acide conjugué de l'amine B. En justifiant brièvement, donner la valeur du pKa de ce couple acide/base. Expliquer la valeur du pH à l'équivalence ($pH_E$)

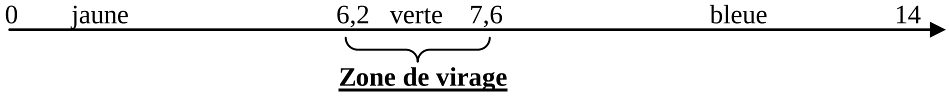
4) On donne le tableau suivant :

| Amine | $NH_3$ | $(CH_3)_2NH$ | $(CH_3)_3N$ | $(C_2H_5)_2NH$ | $(C_2H_5)_3N$ | $C_2H_3CH_2CH_2NH_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| pKa | 9,2 | 10,8 | 9,8 | 11,1 | 10,6 | 10,6 |

En déduire la formule semi-développée de l'amine B et son nom.

**II-** On revient au dosage de la question I. Calculer les concentrations molaires volumiques des différentes espèces chimiques présentes dans la solution lorsqu'on se trouve au point D ($V_D$ = 5 mL). Quelles sont les propriétés de cette solution ?

**III-** On donne la zone de virage du bleu de bromothymol (BBT) :




Le bleu de bromothymol aurait-il pu être utilisé lors du dosage pour repérer l'équivalence ?

Exercice 7 (**Bac T^les S1**)

1) Une solution aqueuse d'acide carboxylique $C_nH_{2n+1}$-COOH de concentration molaire volumique $C_A$ = 0,1 mol/L à un pH = 2,9.

a) Après avoir préciser la force de l'acide (justification à l'appui), calculer la pKa de $C_nH_{2n+1}$-COOH/ $C_nH_{2n+1}$-$COO^-$.

b) Pour préparer 125 $cm^3$ de cette solution acide, il a fallu dissoudre dans l'eau pure 0,75 g d'acide pur. Après avoir déterminé le nombre de moles d'acide en déduire sa formule semi-développée et son nom.

2) A partir de l'acide qu'on écrira R-COOH on se propose de préparer une solution tampon.

a) Déterminer les volumes $V_A$ et $V_B$ de solution d'acide et de solution saline R-COONa de concentration $C_B$ = 0,1 mol/L nécessaire à la préparation de 260 $cm^3$ de solution tampon de pH = 5.

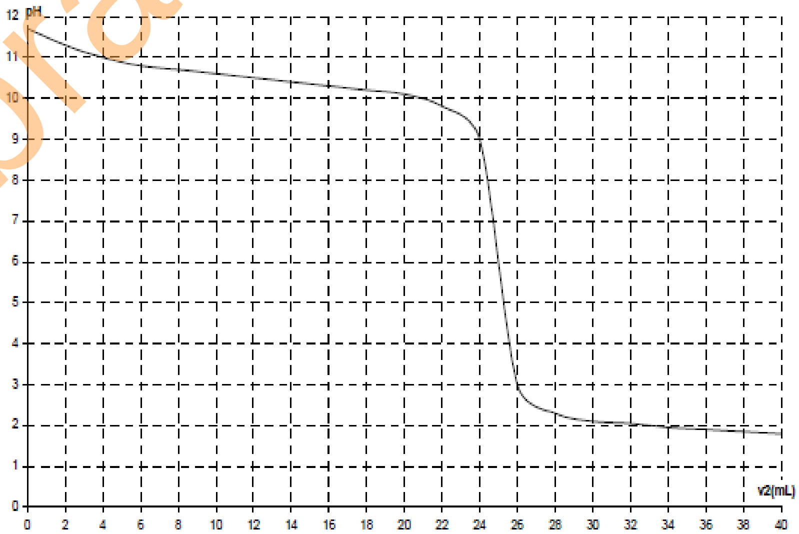
b) On remplace la solution R-COONa par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $C_B$ = 0,1 mol/L. Quel volume $V'_B$ faut-il ajouter à $V'_A$ = 50 $cm^3$ de la solution acide pour préparer la solution tampon pH = 5.

Exercice 8

On dissout une masse *m* de méthylamine $CH_3NH_2$ dans de l'eau distillée à 25°C pour obtenir un volume $v_0$ = 500 mL d'une solution S ($CH_3NH_2$ est une base faible en solution aqueuse).

À un volume $v_1$=50 mL de solution S contenue dans un bécher, on ajoute progressivement une solution d'acide chlorhydrique de concentration molaire $C_2$ = 0,10 mol·$L^{-1}$.

À l'aide d'un pH-mètre, on suit l'évolution du *pH* de la solution contenue dans le bécher en fonction du volume $v_2$ de solution d'acide chlorhydrique versée. On obtient la courbe ci-dessous :




1)

La solution titrante d'acide chlorhydrique utilisée a une concentration *C* = 0,10 mol·$L^{-1}$. Celle-ci est préparée à l'aide d'une solution mère d'acide chlorhydrique de pourcentage massique égal à 30% et de densité *d* =1,15.

1.1. Calculer la concentration molaire de la solution mère.
1.2. Quel volume de la solution commerciale doit-on utiliser pour préparer 200 mL de cette solution titrante ?
2)
2.1. Ecrire l'équation-bilan de la réaction du dosage.
2.2. Déterminer graphiquement les coordonnées du point d'équivalence.
2.3. Calculer la concentration molaire de la solution S en méthylamine.
2.4. En déduire la masse *m* dissoute de méthylamine dissoute dans la solution S.
2.5. Déterminer graphiquement le pKa du couple acide-base mettant en jeu la méthylamine. Justifier la validité de cette détermination.
*Données:*
- Masses molaires : M(H) = 1 $g{\cdot}mol^{-1}$ ; M(Cl) = 35,5 $g{\cdot}mol^{-1}$; M(C) =12 $g{\cdot}mol^{-1}$ ; M(N)=14 $g{\cdot}mol^{-1}$.
- Constantes d'acidité à 25 °C Ka($H_3O^+/H_2O$)=1 ; Ka($H_2O/OH^-$)=$10^{-14}$

Exercice 9

**Données :**
- Masses molaires atomiques en g·mol–1
M(H) =1 M(C) =12 M(O) = 16 M(K) = 39 M(I)= 127
Une lotion traitante contient de l'acide lactique: $CH_3$–CHOH –COOH
La lotion a été obtenue à partir de la dissolution de 18 mg de cet acide dans un volume de 250mL d'eau.
1) Calculer la concentration en $mol{\cdot}L^{-1}$ de la solution d'acide lactique.
2) Le pH d'une solution d'acide faible est donnée par la relation $pH = \frac{1}{2}(pKa - \log c)$.
2.1. Ecrire l'équation-bilan de la réaction de l'acide lactique avec l'eau.
2.2. Quelles grandeurs sont représentées par les lettres Ka et c ? Que signifient les notations pH et pKa ?
Donner l'expression de la constante d'acidité en fonction des concentrations des espèces chimiques présentes en solution.
2.3. Préciser les conditions de validité de la relation : $pH = \frac{1}{2}(pKa - \log c)$.
2.4. Calculer le pH de la solution sachant que le pKa de l'acide lactique est 3,9. Conclure.
3) Par, maladresse, une esthéticienne a versé de l'eau distillée dans la lotion. Comment varie le *pH* de la solution ?
4)
4.1. Comment désigne-t-on une solution qui permet de maintenir le pH constant par suite d'une dilution modérée
4.2. Comment peut-on obtenir une lotion de pH égal à 3,9 à partir d'une solution d'acide lactique de concentration $10^{-2}$ mol $L^{-1}$ ?
Quels réactifs demanderez-vous : acide chlorhydrique ou hydroxyde de sodium (soude) ? A volume constant calculer les concentrations des espèces " actives " pour pH = 3,9.

Exercice 10

**Etude de l'acide éthanoïque**

Le vinaigre est assimilé du point de vue acido-basique à une solution d'acide éthanoïque de concentration *Co* = 1,00 $mol{\cdot}L^{-1}$.
1) On prélève un volume *V*o = 10,00 mL de vinaigre que l'on dilue avec de l'eau distillée dans une fiole jaugée de volume *V* = 100,0 mL.
Calculer le *pH* de la solution S ainsi préparée. Justifier les approximations effectuées au cours de ce calcul.
2) On se propose de doser un volume *V* = 10,0 mL de la solution S par une solution d'hydroxyde de sodium ($Na^+ + HO^-$) de concentration *C*' = 0,100 $mol{\cdot}L^{-1}$.
2.1. La réaction prépondérante est: $CH_3CO_2H + HO^- \rightarrow CH_3CO_2^- + H_2O$.
Justifier cette affirmation
2.2. Exprimer sa constante d'équilibre en fonction de Ka et Ke puis calculer sa valeur.
2.3. Lorsque l'on a ajouté un volume *V*' = 5,00 mL d'hydroxyde de sodium, préciser
• les concentrations molaires des composés de la réaction prépondérante
• les propriétés de la solution obtenue
• le pH de cette solution .

Données: A 25°C : pKe = 14,00 ; pKa ($CH_3COOH$ /$CH_3COO^-$) = 4,76.

Exercice 11

**État de conservation d'un lait**

L'acidité d'un lait augmente par fermentation lactique en cas de mauvaise conservation. Le dosage de l'acide lactique de formule $CH_3$–CHOH–COOH permet donc d'apprécier l'état de conservation du lait.

1) Écrire l'équation-bilan de la réaction du dosage de l'acide lactique par une solution d'hydroxyde de sodium.

2) On dose par pH-mètre $V_a$ = 20,0 mL de lait que l'on dilue en ajoutant environ 200 mL d'eau, avec une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire $C_b = 5{,}0\times10^{-2}$ mol·L$^{-1}$. On trace la courbe de la variation du pH en fonction du volume de solution d'hydroxyde de sodium versé.

2.1. Faire un schéma légendé (nom du matériel, nature des solutions) du montage utilisé.

2.2. Déterminer le point d'équivalence

- placer le point d'équivalence sur l'annexe,
- en déduire ses coordonnées.

2.3. Justifier le choix d'un indicateur pour faire ce dosage parmi ceux proposés dans la liste suivante

| Indicateur coloré | Zone de virage |
|---|---|
| Hélianthine | 3,1-4,4 |
| Vert de bromocrésol | 3,8-5,4 |
| Rouge de méthyle | 4,2-6,2 |
| Bleu de bromothymol | 6,0-7,6 |
| a-naphtolphtaléïne | 7,5-8,6 |
| Phénolphtaléïne | 8,2-10 |

2.4. Définir avec soin l'équivalence acido-basique.

2.5. Établir la relation permettant de déterminer la concentration molaire $C_a$ en acide lactique du lait en fonction de la prise d'essai du lait $V_a$, de la concentration molaire $C_b$ de la solution d'hydroxyde de sodium et du volume $V_{be}$ de la solution d'hydroxyde de sodium versée à l'équivalence.

Calculer la valeur de $C_a$.

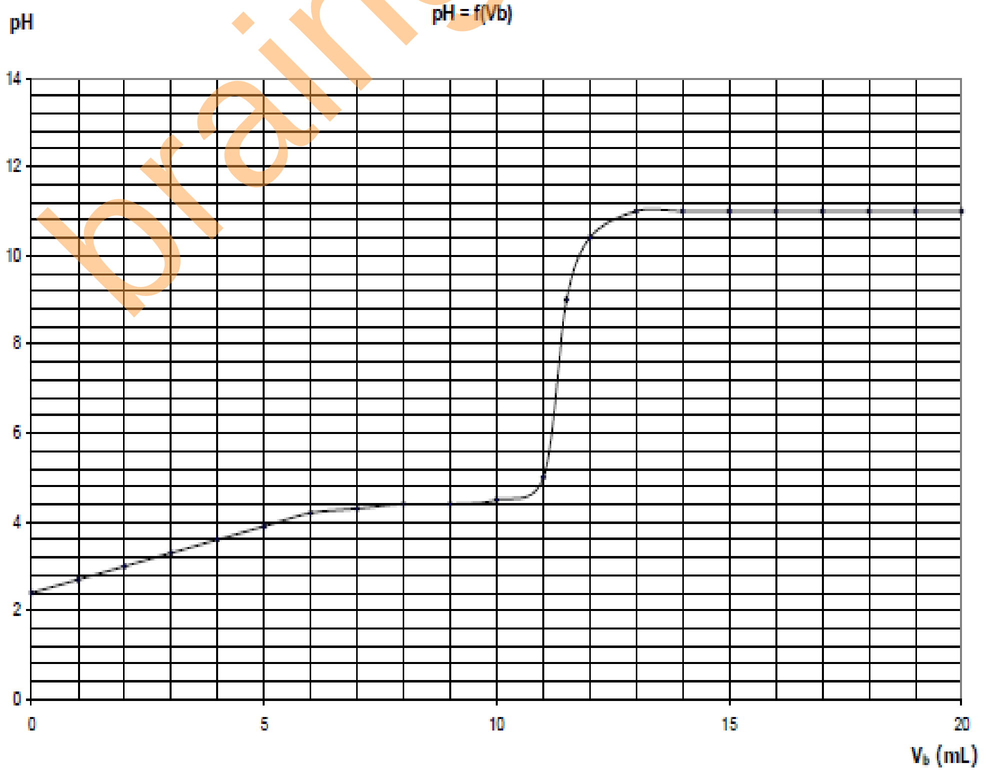
2.6. La dilution du lait permet de mieux apprécier le virage de l'indicateur. Expliquer pourquoi cela ne modifie pas la valeur du volume équivalent $V_{be}$.

3) Comment détermine-t-on le pKa de l'acide lactique ? Quelle est sa valeur ?

En déduire la détermination de la constante de la réaction de dosage. Calculer sa valeur. Discuter.

On donne : Ke = $10^{-14}$ à 25 °C

4) Sachant que le lait ne doit pas contenir plus de $2{,}4\times10^{-2}$ mol·L$^{-1}$ d'acide lactique, le lait dosé a-t-il été convenablement conservé ?



Exercice 12

L'acide ascorbique d'appellation commerciale « vitamine C 500 » est vendu en pharmacie sous forme de comprimés de vitamine. C'est un acide de formule $C_6H_7O_6H$.

Pour étudier cet acide, on dissout un comprimé de vitamine C dans de l'eau distillée afin d'obtenir une solution S de volume $V_S$ = 200 mL.

On prélève un volume $V$ = 10,0 mL de cette solution S, que l'on dose avec une solution d'hydroxyde de sodium ($Na^+$+$HO^-$) de concentration $C_B$ = 1,5.10$^{-2}$ mol·L$^{-1}$, en présence d'un indicateur coloré : le rouge de crésol. Le virage de l'indicateur est obtenu pour un volume d'hydroxyde de sodium versé $V_E$= 9,4 mL.

*Les questions 1, 2 et 3 sont indépendantes.*

1. Écrire l'équation-bilan traduisant la mise en solution aqueuse de l'acide ascorbique.

1.1. Donner la formule de la base conjuguée de l'acide ascorbique, appelée ion ascorbate.

1.2. Exprimer la constante d'acidité $K_A$ du couple acide ascorbique/ion ascorbate. En déduire une relation entre le $pK_A$ de ce couple et le pH de la solution.

2.

2.1. Que peut-on dire de la valeur du *pH* à l'équivalence ? Quelle propriété doit avoir un indicateur coloré convenable ?

2.2. Écrire l'équation-bilan de la réaction du dosage.

2.3. Quelle relation peut-on écrire entre les quantités de matière à l'équivalence ? En déduire la concentration *C*s de la solution S, ainsi que la masse d'acide ascorbique contenue dans un comprimé de vitamine C.

2.4. L'appellation commerciale « vitamine C 500 » vous paraît-elle justifiée ?

3. Dans cette question, on se propose de déduire la valeur du $pK_A$ du couple acide ascorbique/ion ascorbate.

On pourra noter cet acide AH. La mesure du pH de la solution S conduit à 2,7.

3.1. Calculer la concentration en ions hydronium dans la solution S puis celle en ions hydroxyde.

3.2. Écrire la relation traduisant l'électroneutralité de la solution S ; en déduire la concentration en ion ascorbate dans cette solution.

3.3. Écrire la relation traduisant la conservation de la matière lors de la mise en solution de l'acide ascorbique. En déduire la concentration de la forme acide dans la solution S.

3.4. Calculer le $pK_A$ de ce couple.

*Données*

- Masses molaires atomiques : M(H) = 1 g·mol$^{-1}$ M(C) = 12 g·mol$^{-1}$ M(O) = 16 g·mol$^{-1}$ .
- Produit ionique de l'eau : Ke = $[H_3O^+].[HO^-] = 10^{-14}$

# ACIDES α-AMINES

Exercice 1

**1.** L'alanine et la glycine sont deux acides a-aminés de formules semi-développées :

$$CH_3 - \underset{\underset{NH_2}{|}}{CH} - COOH \qquad\qquad H - \underset{\underset{NH_2}{|}}{CH} - COOH$$

Alanine (Ala) Glycine (Gly)

1.1 L'un de ces acides a-aminés possède un atome de carbone asymétrique. Lequel? Justifier votre réponse.

1.2 Recopier sur votre copie la formule de cet acide a-aminé et indiquer avec un astérisque (*) le carbone asymétrique.

1.3 Représenter en projection de Fischer, la configuration L de l'alanine.

2. On réalise un mélange équimolaire d'alanine et de glycine.

2.1 Combien de dipeptides différents peut-on obtenir à partir de ces deux acides a-aminés? Donner leur nom.

2.2 Écrire l'équation bilan de la réaction qui permet d'obtenir l'un de ces dipeptides au choix.

2.3 Entourer la liaison peptidique dans le dipeptide obtenu.

2.4 La liaison peptidique est un cas particulier d'un groupe fonctionnel. Lequel?

Exercice 2

Le lysozyme est une protéine contenue dans le sang, les larmes et les sécrétions des voies respiratoires. Cette protéine est formée de l'assemblage, dans un ordre précis, de 130 acides $\alpha$-aminés. Le premier de ces acides $\alpha$-aminés est la lysine (Lys) et le second est la valine (Val).

Donnée : formules des acides a-aminés :

Lysine $H_2N - (CH_2)_4 - \underset{\underset{NH_2}{|}}{CH} - COOH$ (Lys)

Valine $CH_3 - \underset{\underset{CH_3}{|}}{CH} - \underset{\underset{NH_2}{|}}{CH} - COOH$ (Val)

1. Recopier la formule de la lysine, entourer et nommer les fonctions acide carboxylique et amine.
2. Donner la définition d'un atome de carbone asymétrique et, après avoir recopié la formule de la valine, repérer, à l'aide d'un astérisque (*), le ou les atome(s) de carbone asymétrique présent(s) dans cette molécule.
3. En utilisant la représentation de Fischer, représenter la valine en configuration D.
4. La condensation de la valine et de la lysine conduit à la formation de plusieurs peptides.

Ecrire l'équation qui conduit à la formation d'un de ces dipeptides au choix.

5

5.1 Quel est le nom donné à la liaison formée au cours de cette réaction de condensation ?

5.2 A quelle famille de groupes fonctionnels cette liaison appartient-elle ?

Exercice 3

1) Un acide aminé a pour formule brute $C_3H_7O_2N$. Ecrire les deux formules développées planes possibles et donner les noms des corps correspondants.

L'un d'eux est un acide α-aminé ; préciser lequel.

2) A partir de cet acide α-aminé pris comme exemple et en utilisant la représentation de FISCHER, définir les notions suivantes : carbone asymétrique, chiralité, configuration D et L, composés énantiomères.

3) L'acide α-aminé étudié dans cet exercice est l'isomère de configuration L. quand cet acide α-aminé est en solution dans l'eau, l'espèce chimique prépondérante est un « amphion » ou « zwittérion » ; écrire la formule de cet amphion.

Donner la formule de la base conjuguée de cet amphion et celle de son acide conjugué. Ecrire les équations des réactions avec l'eau des acides des deux couples acide-base présents dans la solution.

Exercice 4

La valine est un acide α-aminé dont la formule développée peut s'écrire :

$$\begin{array}{c} R - CH - COOH \\ \quad | \\ \quad NH_2 \end{array}$$

a. On effectue une décarboxylation et il se forme, entre autre, un composé organique B. Ecrire l'équation bilan de la réaction et préciser la fonction ainsi que la classe de B.
b. On dissout m = 131mg de B dans très peu d'eau. Ecrire l'équation de la réaction entre B et l'eau et préciser les couples acido-basiques en présence.
c. La solution obtenue est neutralisée par une solution d'acide chlorhydrique de concentration $C_A$ = $1,5.10^{-1}$mol/L. L'équivalence est atteinte pour un volume $V_A$ = 12 mL. Calculer le nombre de moles de B ($n_B$) ayant réagi et en déduire la masse molaire $M_B$ de B, sa formule brute et sa formule développée.
d. Donner la formule brute de la valine et préciser les formules semi-développées correspondantes. Sachant que le radical alkyle de la valine est ramifié, déduire la formule semi-développée de la valine et donner son nom systématique.

Exercice 5

1) L'alanine est un acide α-aminé dont la composition centésimale massique est la suivante :

C : 40,45 ; H : 7,87 ; O : 35,96

La molécule d'alanine comporte un seul atome d'azote.

a. Déterminer la formule semi-développée de l'alanine et donner le nom systématique. La molécule d'alanine est-t-elle chirale ?
b. Ecrire la formule de l'ion mixte dipolaire présent dans une solution aqueuse d'alanine. Donner le terme général désignant cet ion.
c. Donner les deux couples acide-base correspondant à cet ion mixte en solution aqueuse puis attribuer à chacun d'eux le $pK_A$ lui correspondant : $pK_{A1}$ = 2,3 ; $pK_{A2}$ = 9,9

Quelle est l'espèce chimique relative à l'acide α-aminé à pH = 2 ; pH = 6 ; pH = 11 ?

2) On forme un dipeptide par condensation d'une molécule d'un acide α-aminé et d'une molécule d'alanine. Le dipeptide obtenu est tel que l'alanine est l'acide aminé N-terminal.

a. Ecrire l'équation de cette réaction de condensation en mettant en évidence les fonctions activées ou bloquées.

b. Déterminer la formule semi-développée complète et le nom systématique de l'acide α-aminé sachant que la masse molaire du dipeptide formé est M = 174 $g.mol^{-1}$.

Exercice 6

La leucine et l'isoleucine sont deux acides α-aminés de même formule

$$\begin{array}{c} R - CH - COOH \\ \quad | \\ \quad NH_2 \end{array}$$

dont les groupes alkyles diffèrent.

Le groupe alkyle de la leucine est noté $R_L$ et celui de l'isoleucine $R_I$

1) La masse molaire des deux acides α-aminés est M = 131 $g.mol^{-1}$. en déduire la formule brute du groupe alkyle.
2) Les groupes $R_L$ et $R_I$ possèdent chacun une seule ramification. La leucine comporte un carbone asymétrique et l'isoleucine en comporte deux.
   a. Ecrire la formule développée de chacun des deux acides α-aminés.
   b. Donner la représentation de FISCHER des deux énantiomères de la leucine et préciser ses isomères L et D.
3) Montrer que la réaction de condensation de la leucine sur l'isoleucine conduit formellement à deux dipeptides $P_1$ et $P_2$ (On ne tiendra pas compte de l'isomérie optique ni dans cette question, ni dans les questions suivantes)
4) En fait, la réalisation expérimentale de la réaction entre la leucine et l'isoleucine conduit à quatre dipeptides. Pourquoi ?

On désir synthétiser un des dipeptides $P_1$ ou $P_2$. Indiquer succinctement quels sont les moyens expérimentaux qui permettent de n'obtenir que $P_1$ (ou $P_2$).

Exercice 7

Amines, amides, acides aminés et autres sont des composés organiques azotés qui jouent un rôle important dans le fonctionnement des organismes vivants, de l'être humain en particulier, en intervenant dans un grand nombre de réactions biochimiques. Les acides α-aminés, en particulier, constituent les matières de base des polypeptides et des protéines qui peuvent intervenir dans les systèmes de régulation et jouer le rôle d'enzymes (catalyseurs biologiques).

1) Écrire la formule générale d'une amine primaire et celle d'un acide $\alpha$-aminé.

2) Un acide $\alpha$-aminé A donne, par décarboxylation, une amine primaire B de masse molaire 31 g/mol. Donner la formule semi-développée et le nom de l'amine primaire B. En déduire la formule semi-développée et le nom de l'acide $\alpha$-aminé A.
3) Ecrire l'équation-bilan de la réaction de l'amine B avec l'eau. Préciser le couple acide/base auquel appartient B.
4) On considère une solution aqueuse de l'amine B de concentration initiale C. En supposant que la valeur de C est telle $[OH^{-1}] << C$, démontrer que le pH de cette solution est donné par la relation :

$$pH = 7 + \frac{1}{2}(pKa + \log C).$$

En déduire la valeur du pH d'une solution à $10^{-1}$mol.L$^{-1}$ de l'amine.
Le pKa du couple acide/base auquel appartient B vaut : pKa = 10,7
5) On désire synthétiser un dipeptide D à partir de l'acide $\alpha$-aminé A et de l'alanine. Le groupe amine de l'alanine est bloqué lors de cette synthèse. Écrire l'équation-bilan de la synthèse du dipeptide D en mettant en évidence la liaison peptidique.
On donne la formule de l'alanine :

$$\begin{array}{l} CH_3 - CH - COOH \\ \qquad\quad | \\ \qquad\ NH_2 \end{array}$$

Exercice 8

***Données*** : Masse molaires en g.mol$^{-1}$ : H = 1 ; C = 12 ; O = 16 ; N = 14
L'aspartame est un édulcorant possédant un pouvoir sucrant et qui est utilisé dans les boissons "light".
La formule de l'aspartame est :

$$\begin{array}{ccccccccccccc} & & & & O & & & & O & & & & \\ & & & & \| & & & & \| & & & & \\ HOOC & - & CH_2 - & CH & - C - & NH & - & CH & - C - & O & - & CH_3 \\ & & & | & & & & | & & & & \\ & & & NH_2 & & & & CH_2 - C_6H_5 & & & & \end{array}$$

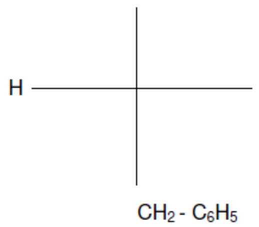
1. Recopier la molécule d'aspartame et répondre aux questions suivantes :
1.1. Encadrer la liaison peptidique.
1.2. D'autres groupes fonctionnels sont présents dans cette molécule.
Entourer et identifier clairement les groupes fonctionnels acides carboxyliques et ester.
1.3. Sachant que l'aspartame a pour formule brute $C_{14}H_{18}O_5N_2$, montrer que sa masse molaire est M = 294 g.mol$^{-1}$.
1.4. Un litre de limonade allégée contient m = 0,60 g d'aspartame.
1.4.1. Montrer que la quantité de matière $n_{asp}$ d'aspartame contenue dans le litre de cette limonade vaut $n_{asp} = 2,0 \times 10^{-3}$ mol.
1.4.2. Calculer la concentration molaire c en aspartame de la boisson.
2. Après consommation d'une telle boisson, l'aspartame est hydrolysé dans l'estomac. Les produits de la réaction sont deux acides $\alpha$-aminés et du méthanol.
2.1. On donne la formule générale d'un acide $\alpha$-aminé :

$$\begin{array}{l} R - CH- COOH \\ \qquad\ | \\ \qquad NH_2 \end{array}$$

Sur la formule recopiée, entourer et identifier clairement les groupes fonctionnels caractéristiques des acides $\alpha$-aminés.
2.2. Après hydrolyse, l'un des deux acides $\alpha$-aminés obtenus est la phénylalanine de formule :

$$\begin{array}{ccc} & & O \\ & & \| \\ H_2N- & CH- & C - O - H \\ & | & \\ & CH_2- C_6H_5 & \end{array}$$

Compléter, après l'avoir recopiée, la configuration D de la phénylalanine en projection de Fischer.



# PHYSIQUE

# Cinématique du point.

Exercice 1

Les équations paramétriques du mouvement d'un mobile se déplaçant dans un plan muni d'un repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$ sont :

$$\begin{cases} x = 5t \\ y = 3t^2 - 4t \end{cases}$$

On utilise les unités du système international.

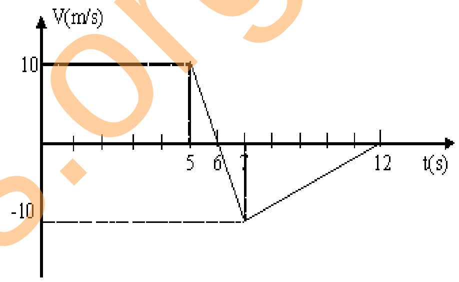
1) Rechercher l'équation cartésienne de la trajectoire.
2) a) Calculer l'abscisse du mobile lorsque celui-ci repasse par l'ordonnée y = 0.
   b) Calculer la vitesse de ce mobile en ce point.
3) Déterminer les cordonnées du mobile à l'instant t = 4 s.

Quelle est alors sa vitesse ?

4) Déterminer l'accélération du mobile au point O, A, B dont les abscisses sont : $x_O = 0$ ; $x_A = 2$ m ; $x_B = 4$ m. Conclusion.

Exercice 2

La représentation graphique de la vitesse v = f (t) d'un mobile est donnée à la figure ci-dessous.




1) a) Calculer les accélérations du mobile au cours des trois phases du mouvement.
   b) Tracer la représentation graphique a = g(t) de l'accélération a en fonction du temps, avec t є [0 ; 12] en secondes.
2) Calculer l'espace parcouru par le mobile.

Exercice 3

Un automobiliste roule sur un tronçon d'autoroute rectiligne à la vitesse de 130 km/h. Soudain, un obstacle fixe apparaît sur la voie à une distance D = 120 m. Le conducteur freine immédiatement et réduit sa vitesse à 150 km/h au bout d'une durée θ = 1 s.

1) Calculer la valeur de la décélération (accélération négative, supposée constante)
2) Si l'on suppose que la décélération de l'automobile reste constante, à quelle distance de l'obstacle la voiture va-t-elle s'arrêter ?
3) On envisage cette éventualité : le conducteur ne réagi pas tout de suite et commence à freiner une seconde après l'apparition de l'obstacle. Il impose alors à son véhicule la décélération calculée au 1) À quelle distance de l'obstacle, l'automobile va-t-elle s'arrêter ?

Exercice 4

Une automobile démarre lorsque le feu passe au vert avec une accélération a = 2,5 $m/s^2$ pendant une durée θ = 7,0 s ; ensuite le conducteur maintient sa vitesse constante.

Lorsque le feu passe au vert, un camion, roulant à la vitesse v = 45 km/h, est situé à une distance d = 20 m du feu, avant celui-ci. Il maintient sa vitesse constante.

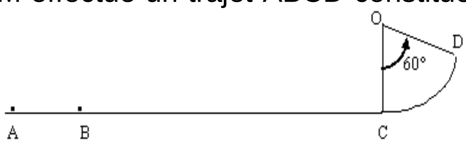
Dans un premier temps, le camion va doubler l'automobile, puis dans une deuxième phase, celle-ci va le dépasser.

En choisissant :- comme origine des dates, l'instant où le feu passe au vert, - comme origine des espaces, la position du feu tricolore, déterminer :

1) Les dates des dépassements ;
2) Les abscisses des dépassements ;
3) Les vitesses de l'automobile à ces instants.

Exercice 5

Un mobile supposé ponctuel M effectue un trajet ABCD constitué de trois portions et représenté par la figure ci-dessous :




AB et BC sont rectilignes. AC = 350 m. CD est un tronçon circulaire de rayon OC = 5 m.
L'angle COD vaut 60°. M part du point A avec une vitesse $V_A$ = 10 m/s. Le mouvement sur le tronçon AB est uniforme.

1) Ecrire l'équation du mouvement de M pour cette phase ( à t = 0 s, le mobile se trouve au point A considéré comme origine des espaces).
2) Déterminer la distance AB sachant que le parcours s'est effectué en 5 s.
3) La deuxième du mouvement est uniformément accélérée.
   a) Déterminer la valeur de l'accélération sachant que le mobile arrive en C avec une vitesse $V_C$ = 25 m/s. En déduire la durée de ce parcours.
   b) Etablir l'équation du mouvement de M pour cette phase en prenant pour origine des dates, l'instant où le mobile se trouve en B.
4) Le mobile parcours l'arc du cercle CD d'un mouvement uniformément accéléré. Sachant que la vitesse du mobile en D vaut 5,5 rad/s. Déterminer :
   a) l'accélération angulaire de M pour cette dernière phase ;
   b) l'équation horaire θ = f (t) en considérant qu'à l'instant initial le mobile se trouve au point C ;
   c) la durée du trajet CD ;
   d) la distance totale parcourue par le mobile M de A à D.

Exercice 6

Dans le repère orthonormé $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ vertical ascendant) un projectile ponctuel est lancé dans l'espace, du point O, à la date t = 0 avec la vitesse $\vec{v_0} = 2\,\vec{i}$ ; il subit une accélération constante $\vec{a} = -10\,\vec{k}$ .

1) Montrer que la trajectoire est plane. Déterminer ce plan.
2) Ecrire les lois horaires x (t) et z (t) du mouvement du projectile, puis l'équation cartésienne z = f(x) de sa trajectoire.
3) Déterminer le vecteur vitesse et la valeur de la vitesse du projectile à la date t = 0,5 s ainsi que les coordonnées de sa position $M_1$.
4) A quelle date $t_2$ le projectile rencontre-t-il le plan z = -5 m ?
5) Quelle est alors l'abscisse du projectile.

Exercice 7

Soit $\overrightarrow{OM} = x\,\vec{i}$ le vecteur position d'un point mobile M animé d'un mouvement rectiligne d'équation horaire :

$$x(t) = -5t^2 + 30t + 10 \quad t \geq 0$$

1. Déterminer les vecteurs vitesse $\vec{v}$ et accélération $\vec{a}$ du point mobile. Quelle est la nature du mouvement ? Préciser les valeurs de l'accélération, de la vitesse et de l'abscisse de M à l'instant initial.
2. Etudier la variation de vitesse v en fonction du temps t. A quelle date le mouvement de M change-il de sens ? Entre quels instants ce mouvement est-il accéléré ?décéléré ?
3. Représenter graphiquement la fonction x(t). Déterminer sur ce graphique l'instant où le vecteur $\vec{v}$ s'annule et change de sens. Quelle est alors l'abscisse du point M ?
4. Exprimer la vitesse v en fonction de l'abscisse x. Retrouver à partir de cette relation l'abscisse correspondant au changement de sens du mouvement.

Exercice 8

Un mobile ponctuel M se déplace sur un axe x'Ox d'origine O. La loi horaire de son mouvement est :

$$x = 2\times10^{-2} \cos\left(40\,\pi t - \frac{\pi}{6}\right) \quad (x \text{ en m}).$$

1) De quel mouvement s'agit-il ?
2) Préciser l'amplitude, la pulsation, la période, la fréquence et la phase initial du mouvement.
3) Quelle est la longueur du segment décrit par M ?
4) Quelle est la vitesse de M à la date t ? En déduire :
- la vitesse maximale de M ;
- la vitesse de M à la date t = 1 s.
5) Déterminer la date du premier passage du mobile M à la position x = $10^{-2}$ m.
6) Déterminer la phase à l'instant t = 2 s du mouvement de M.
7) Déterminer l'équation différentielle du mouvement de M. en déduire son accélération lorsqu'il passe par le point d'abscisse x = $10^{-2}$ m.

Exercice 9

Un point matériel est animé d'un mouvement rectiligne sinusoïdal d'amplitude 8 cm et de période T = 4 s. A l'instant t = 0s, il se trouve à l'abscisse maximale positive. Déterminer :

1) L'équation horaire du mouvement.
2) L'abscisse et la vitesse du point à l'instant t = 0,5 s.
3) La date du premier passage à l'abscisse x = - 6cm et la vitesse à cet instant.

4) La date du 2ème passage à l'abscisse x = - 6 cm et la vitesse à cet instant.
5) les dates des 3èmes et 4èmes passages à l'abscisse x = -6cm. Généraliser.

Exercice 10

Un satellite de communication tourne à vitesse constante autour de la terre, dans le même que cette dernière, à une altitude
z = 35 800 km. Le mouvement a lieu dans le plan de l'équation. Il effectue un tour complet par rapport à un repère géocentrique en une durée de 24 h. On donne la valeur du rayon de la terre : R = 6370 km.

1) Quel est le mouvement relatif du satellite par rapport à la surface terrestre ?
2) Calculer la vitesse du satellite par rapport au repère géocentrique.
3) Calculer son accélération par rapport à ce même repère géocentrique.
4) Reprendre la question a) en supposant que la rotation du satellite s'effectue en sens inverse.

Exercice 11

On fait tourner un disque initialement au repos jusqu'à atteindre une vitesse constante de 8 rad/s.

1) Quelle est la valeur de l'angle balayé par un rayon du disque au cours de ce mouvement si l'accélération vaut 2,5 rad/s$^2$.
2) Ecrire l'équation horaire du mouvement du disque (à t = 0 s ; $\theta = \theta_0 = 0$ rad)
3) Lancé à la vitesse ci-dessous, le disque est freiné. Il s'arrête alors au bout de 2 s.
   a) Calculer la valeur de sa nouvelle accélération.
   b) Quelle est la valeur de l'angle balayé par un rayon du disque depuis le début du freinage jusqu'à l'arrêt complet ?
   c) Quel est le nombre de tours effectués par un rayon du disque pendant cette deuxième phase du mouvement ?

Exercice 12

On donne l'équation horaire d'un mobile M par rapport au repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$ :

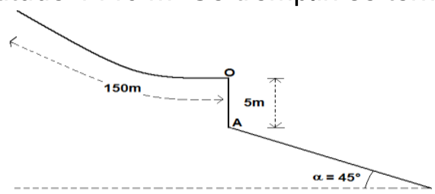
$$\begin{cases} x = A\cos\omega t \\ y = A\sin\omega t \end{cases} \quad \text{avec } A = 10 \text{ cm et } \omega = 10 \text{ rad/s.}$$

1) Montrer que la valeur de la vitesse est constante et la calculer.
2) Montrer que la valeur de son accélération est constante et la calculer.
3) Quelle est la trajectoire du mobile ? Que représente A ?
4) Quels sont la direction et le sens du vecteur accélération ?

# Applications des bases de la dynamique.

## Exercice1

Un sauteur à ski, de masse M = 75 kg, s'élance sur un tremplin dont la piste, de longueur 150 m, est située entre l'altitude 1540 m et l'altitude 1440 m. Ce tremplin se termine par une partie horizontale




1) Quelle est la valeur de la vitesse du sauteur quand il quitte le tremplin en O, sachant que les frottements de la neige sur les skis sont équivalents à une force de valeur constante et égale à 400 ? On prendra
   $g = 10\ m/s^2$.On négligera le frottement de l'air sur le skieur.
2) La piste d'atterrissage est plane et inclinée à $\alpha$=45° par rapport à l'horizontale. Elle passe par un point A situé sur la verticale du point O, à 5 m en dessous de ce dernier. Déterminer à quelle distance du point A le skieur touche le sol.

## Exercice 2

Un skieur de masse m =60 kg glisse sur une portion de piste formée de trois parties AB, BC, CD. AB est un arc de cercle de rayon R, de centre O et tel que $\alpha = (\widehat{AOB}) = \pi/2$. La partie BC est horizontale de longueur 2R. La partie CD est un quart de cercle de centre O' et de rayon R. Toute la trajectoire est située dans le plan vertical. On donne $g = 9{,}8\ m/s^2$. Le skieur démarre en A avec une vitesse nulle. Le long du trajet ABC, les frottements se réduisent à une force $\vec{f}$ .


1) Exprimer les vitesses $V_B$ et $V_C$ du skieur en B et C en fonction de m, g, f et R en appliquant le principe de la non conservation de l'énergie mécanique. On choisira l'origine des potentiels en B.
2) Le skieur arrive en C avec une vitesse nulle. Déterminer la valeur de f.
3) Le skieur aborde la partie CD avec une vitesse nulle. Les frottements sont négligeables.
   a) Exprimer sa vitesse $V_E$ en fonction de R, g et β en appliquant le théorème de l'énergie cinétique.
   b) Exprimer la réaction $R_E$ du sol en E en fonction de m, g et β en appliquant le théorème du centre d'inertie.
   c) Le skieur perd le contact au point E. Calculer la valeur de β.
4) Déterminer dans le repère $(E, \vec{i}, \vec{j})$ l'équation cartésienne de la trajectoire. En déduire la nature du mouvement.

## Exercice 3

Dans tout l'exercice le solide S sera supposé ponctuel et de masse m = 50g. On donne $g = 10 N.Kg^{-1}$. Tous les frottements sont supposés négligeables.

1) On attache S à un fil inextensible de masse négligeable et de longueur $l_0$ = OS = 1m.

L'extrémité supérieure O du fil est attachée à un point fixe. On écarte OS de sa position d'équilibre d'un angle $\alpha_0$ = 60° et on le lâche sans vitesse initiale.

a) Enoncer les théorèmes suivants :

- Théorème de l'énergie cinétique
- théorème du centre d'inertie.

b) Soient v la vitesse linéaire de S et T la tension du fil quand OS fait un angle $\alpha < \alpha_0$ par rapport à la position d'équilibre. Etablir les expressions de v et T en fonction de g, $l_0$ , α et $\alpha_0$.

c) Calculer T et v pour α = 30°.

d) Le solide peut-il remonter jusqu'à la hauteur h = 0,5m au dessus de sa position d'équilibre ? Justifier votre réponse.

2) Le solide S toujours attaché au fil est mis en mouvement de rotation uniforme comme l'indique la figure 2. Le solide fait 77 tours/min et on règle OS à la longueur l = 0,6m.

2.a. Calculer la vitesse angulaire $\omega$ du solide.
2. b. Calculer l'angle $\beta$ et la tension $T'$ du fil.
3) On augmente la vitesse angulaire du mouvement qui est fixée à une valeur $\omega'$. Le mouvement de S s'effectue alors dans un plan horizontal situé à h = 2m du sol. Le fil, pour cause de défaut, se rompt et le solide vient heurter le sol à une distance $d' = 3,75$m de la verticale passant par A (figure 3).

3. a) Etablir l'équation cartésienne de la trajectoire du solide S dans le repère $(A, \vec{i}, \vec{j})$. En déduire la valeur de la vitesse initiale $V_1$ du solide S.
3.b) Calculer la vitesse $V_2$ de S au point d'impact $S_1$ avec le sol en utilisant le principe de la conservation de l'énergie mécanique du système (Terre-solide S)

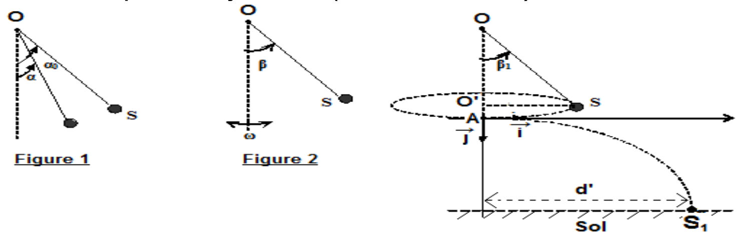


Figure 1 Figure 2 Figure 3

Exercice 4
On néglige l'action de l'air sur le mouvement du ballon et on prendra g = 9,81 m.s$^{-2}$.
Lors d'un math de football, pour marquer un but, il faut que le ballon passe par un cadre rectangulaire. Ce cadre est constitué par deux montants verticaux réunis au sommet par une barre transversale qui est à une hauteur h = 2,44 m du sol.
XOY est le plan vertical et XOZ est le plan horizontal. Pour simplifier on remplace le ballon par un point matériel dont la masse est m = 430 g. Le ballon est posé en O sur le sol horizontal face au cadre à une distance d = 25 m.

**1$^{er}$ cas : tir sans obstacle.**

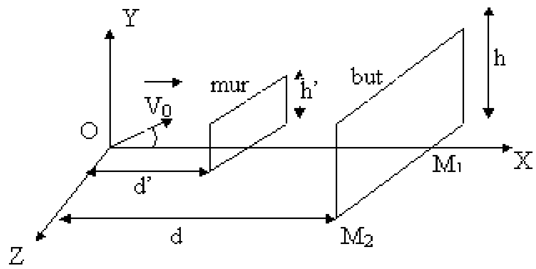
Un joueur, non gêné par un adversaire, tire sur le ballon et lui communique une vitesse $\vec{V_0}$ continue dans le plan vertical XOY. Sa direction fait un angle α =30° avec le plan horizontal.

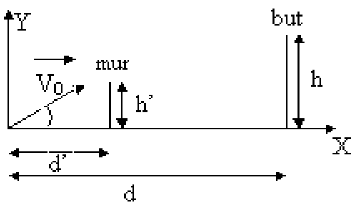
1) Montrer que la trajectoire du ballon est dans le plan vertical.
2) Etablir l'équation de la trajectoire du ballon dans le système d'axes indiqué.
3) Entre quelles valeurs doit se situer la norme de nn pour que le but soit réussi.

**2$^{er}$ cas : tir avec obstacle.**

Le joueur effectue à nouveau le tir mais on place un mur en face du ballon à une distance d' = 9,15 m du ballon. La direction du mur est parallèle à l'axe OZ et sa hauteur est h' = 1,75 m. Le joueur tire sur le ballon et lui communique une vitesse $\vec{V_0}$, de valeur $v_o$ =16,83 m.s$^{-1}$ et faisant un angle α = 30° avec le sol horizontal.

1) Montrer que :
   a) le ballon n'est pas arrêté par le mur.
   b) Le point d'impact du ballon sur le sol est $M_1$ (25m ; 0 ; 0).
2) Quelle est la durée du mouvement du ballon entre le mur et le but.
3) Le gardien de but est au point $M_2$ (25m ; 0 ; 3,66m). Il voit le ballon lorsque ce dernier passe au dessus du mur. A partir de cet instant, à quelle vitesse, supposée constante, doit-il se déplacer suivant une direction parallèle à OZ pour empêcher le ballon de rentrer dans le but ?



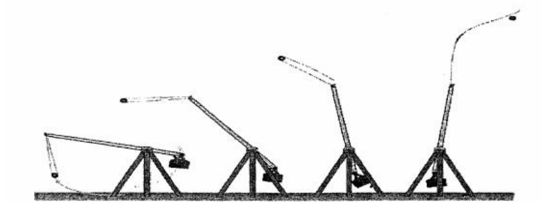




Exercice 5 *(D'après Bac La Réunion, juin 2007.)*

Le trébuchet

Le trébuchet est une machine de guerre utilisée au moyen âge au cours des sièges de châteaux forts. Le projectile pouvait faire des brèches dans les murailles des châteaux forts situés à *200 m* du trébuchet.

Son principe de fonctionnement est le suivant :
Un contrepoids relié à un levier est maintenu à une certaine hauteur par des cordages. Il est brusquement libéré. Au cours de sa chute il agit sur un levier au bout duquel se trouve une poche en cuir dans laquelle est placée le projectile.
Lors de la libération, le projectile se trouve à une hauteur *H = 10 m* et est projeté avec une vitesse Vo faisant un angle α avec l'horizontale ( voir figure )



Les mouvements du contrepoids et du projectile s'effectuent dans un champ de pesanteur uniforme.

**Données :**
Masse du projectile m = 130 Kg.
Intensité du champ de pesanteur g = 10 m.s$^{-2}$.
Hauteur du projectile au moment du lancer H = 10 m.
Masse volumique de l'air $\rho_{air}$= 1,3 kg.m-3.
Volume du projectile V = 50 L.

Etude du mouvement après libération : Le système étudié est le projectile. Les frottements de l'air sur le projectile seront négligés dans cette étude. Le champ de pesanteur g est parallèle à l'axe Oz.
Représenter le projectile et placer clairement les forces qui s'appliquent sur celui-ci.
Donner les caractéristiques du poids $\vec{P}$ et de la poussée d'Archimède $\vec{P_A}$ ( $\vec{P_A} = -\rho_{air} V . \vec{g}$ ) qui s'exercent sur le projectile.

1) Est-il judicieux de négliger par la suite la poussée d'Archimède ?
2) En appliquant la 2$^{ème}$ loi de Newton dans le cadre de la chute libre, déterminer les coordonnées $a_x$ et $a_z$ du vecteur accélération du centre d'inertie du projectile dans le repère indiqué.
3) Donner l'expression des coordonnées du vecteur vitesse initiale $V_o$, notées $V_{ox}$ et $V_{oz}$ en fonction de Vo et α.
4) On appelle composante horizontale de la vitesse la coordonnée $V_x(t)$ du vecteur V et composante verticale la coordonnée la coordonnée $V_z(t)$.

Déterminer l'expression des composantes horizontale et verticale $V_x(t)$ et $V_z(t)$ du vecteur vitesse *V* du système au cours du mouvement.

5) En déduire la nature du mouvement du projectile en projection sur l'axe horizontal. Justifier.
6) Déterminer l'expression des équations horaires du mouvement du projectile.
7) Montrer que l'équation de la trajectoire du projectile est la suivante :

$$z = -\frac{1}{2} g \frac{x^2}{V_0^2 \cos^2 \alpha} + x \tan \alpha + H .$$

8) Quelle est la nature de la trajectoire du projectile ? Représenter qualitativement l'allure de la trajectoire sur la copie à rendre.
9) En utilisant l'expression de l'équation de la trajectoire obtenue à la question 8, indiquer les paramètres de lancement qui jouent un role dans le mouvement du projectile.
10) Dans le cas où le projectile est lancé avec une vitesse initiale horizontale, montrer que l'abscisse de point de chute est :

$$x = v_0 . \sqrt{\frac{2H}{g}} .$$

11) Avec quelle vitesse initiale $V_o$ horizontale, le projectile doit-il être lancé pour atteindre la base du mur du château situé à une distance x = 100 m ?

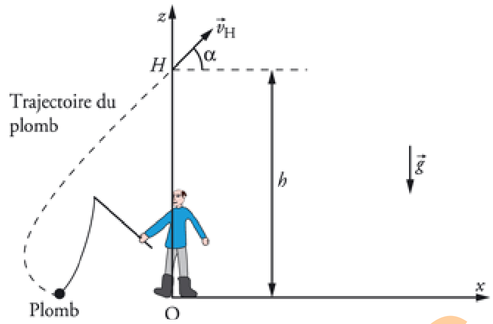
Exercice 6

Le casting ou lancer de compétition est une épreuve de pèche qui consiste pour le compétiteur à lancer sa ligne aussi loin et aussi précisément que possible. Cette technique consiste à lancer un plomb d'une

centaine de grammes à l'aide d'une canne et d'un moulinet. Le record de France, établi pour un plomb de 150 g est de 263,01 m.
Lors de son passage à la verticale du pécheur, le plomb est à une altitude h = 6,00 m et possède une vitesse $v_H$ faisant un angle $\alpha$ avec l'horizontale.
Le mouvement du plomb, objet sphérique, s'effectue dans le champ de pesanteur uniforme.
On donne : g = 9,81 m $s^{-2}$ ; vitesse initiale $v_H$ = 44,4 m/s ; $\alpha$ = 50,0° ; $m_{Plomb}$= 150 g

Etude du mouvement du plomb après passage à la verticale du pêcheur.

Le système étudié est le plomb. Dans cette phase du mouvement, la tension du fil sera négligée par rapport aux autres forces. On se propose, en situation de compétition, de déterminer les caractéristiques (vitesse, accélération et position) du plomb lors de son arrivée au sol. Les frottements de l'air sur le plomb seront négligés dans cette étude. Le champ de pesanteur $\vec{g}$ est parallèle à l'axe *Oz*, La situation est représentée sur la figure ci-dessous :




NB : Dans tout l'exercice on négligera la poussée d'Archimède par rapport au poids.
1. Détermination de la vitesse du plomb lorsqu'il arrive au sol. Le plomb est assimilé dans la suite du sujet à un objet ponctuel.
1.1 Le choix des états de référence est tel que : l'énergie potentielle de pesanteur $E_{PP}$ est nulle au niveau du sol.
Exprimer l'énergie potentielle de pesanteur du plomb lors de son passage à la verticale du pêcheur, au point H.
1.2. Exprimer l'énergie cinétique du plomb lors de son passage à la verticale du pêcheur, au point H.
1.3. Déduire des deux questions précédentes, l'expression de l'énergie mécanique du plomb lorsqu'il passe à l'altitude *h*.
1.4. En appliquant la conservation de l'énergie mécanique, montrer que la vitesse du plomb a pour expression $v_S = \sqrt{2gh + v_H^2}$ lorsqu'il touche le sol. Calculer sa valeur.
2. En appliquant la deuxième loi de Newton, déterminer les coordonnées $a_x$ et $a_z$ du vecteur accélération du centre d'inertie du plomb dans le repère *xOz*.
3. Exprimer les coordonnées $v_x(t)$ et $v_z(t)$ du vecteur vitesse du centre d'inertie du plomb dans le repère d'espace *xOz*. L'origine des dates étant repérée par l'instant de passage à la verticale du pêcheur en *H*.
4. En déduire l'expression de la vitesse *v(t)* du plomb en fonction des paramètres $v_H$, t, g et $\alpha$.
On rappelle que $(\cos\alpha)^2 + (\sin\alpha)^2 = 1$ .
5. Etablir les équations horaires du mouvement. En déduire la durée parcourue par le plomb, entre le point H et le point S lors qu'il lancé par le recordman de France ( Xmax= 263,01 m).
6. Etablir l'équation de la trajectoire du centre d'inertie du plomb à partir des équations horaires du mouvement. Quelle est la nature de la trajectoire du plomb ?
7. En utilisant l'expression de l'équation de la trajectoire, indiquer les paramètres de lancement qui jouent un rôle dans le mouvement ultérieur du projectile.

Exercice 7

Un électron de charge q = - e, de masse m, arrive dans le vide, à l'instant t = 0 au point origine O d'un référentiel galiléen (voir schéma ci-dessous). Sa vitesse est :

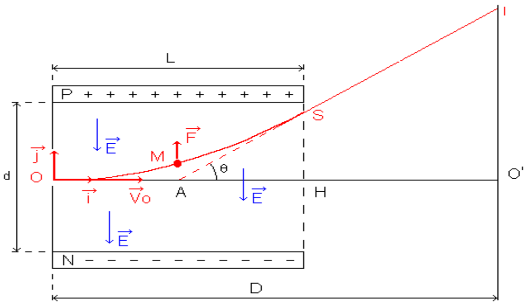
$$\vec{V_0} = V_0\vec{i} \qquad (V_0 > O)$$

Cet électron est alors soumis à l'action d'un champ électrostatique uniforme :

$$\vec{E} = -\frac{U}{d}\vec{j} \quad \text{avec} \quad U = U_P - U_N > 0$$

Ce champ électrostatique uniforme est créé entre deux plaques P et N dans la région d'espace définie par :

$$O < x < L \quad \text{et} \quad -\frac{d}{2} < y < \frac{d}{2}.$$



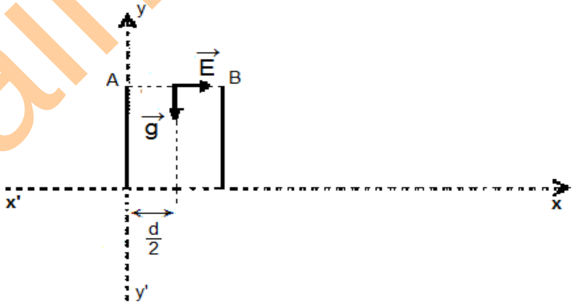

1) Montrer qu'entre les plaques la trajectoire de l'électron est parabolique.
2) Donner la condition sur la tension U pour que la particule sorte du champ sans heurter les plaques.
3) Cette condition réalisée, la particule frappe un écran situé dans un plan x = D > L.
Exprimer la déviation 0'I du point d'impact et montrer qu'elle est fonction linéaire de la tension
$U = U_P - U_N$ appliquée entre les plaques P et N.

<u>Exercice 8</u>

Deux plaques métalliques verticales (A) et (B) sont placées dans le vide à une distance d l'une de l'autre et sont soumises à une tension $V_A - V_B = U_{AB}$ *positive*. La hauteur des plaques est l (**voir figure**). Entre les plaques, se superposent deux champs : le champs de pesanteur supposé uniforme, caractérisé par $\vec{g}$, et un champ électrique uniforme, caractérisé par $\vec{E}$.
Une petite sphère M ponctuelle, de masse m, portant une charge électrique positive q, est abandonnée sans vitesse initiale à l'instant t = 0 s en un point $M_0$ dont les coordonnées dans le système d'axes x'Ox, y'Oy sont $x_0 = \frac{d}{2}$ ; $y_0 = l$.
NB : on ne peut pas négliger l'action de la pesanteur
1) Trouver les deux forces qui agissent sur la petite sphère. Montrer que cette dernière reste dans le plan de la figure (O, x, y).

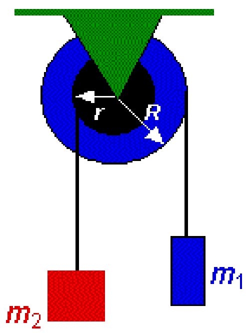
2) En déduire les composantes sur les axes Ox et Oy du vecteur accélération $\vec{a}$ du mouvement de la sphère.

3) Déterminer, en fonction du temps les coordonnées du vecteur $\vec{v}$ ainsi que celles du vecteur position $\vec{OM}$. Ecrire l'équation de la trajectoire. Quelle est sa nature ?
4) Calculer la date d'arrivée de la sphère dans le plan horizontal passant par O.
5) Quelle valeur doit-on donner à $U_{AB}$ pour que la trajectoire de la sphère passe par le point P de coordonnées *(d , 0 ) ? Données :* $d = 4\ cm$ ; $l = 1\ m$ ; $\frac{q}{m} = 10^{-6}\ C.kg^{-1}$ ; $g = 10\ m.s^{-1}$




<u>Exercice 9</u>

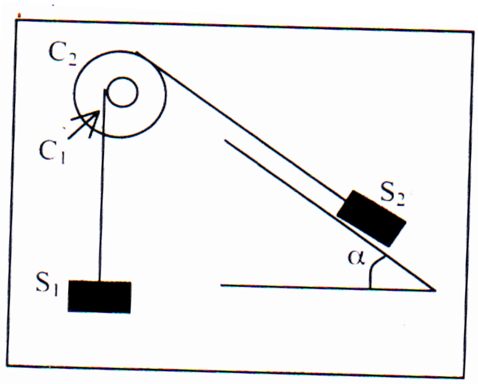
Deux blocs ($m_1$ = 2 kg et $m_2$ = 3 kg) sont suspendus à une poulie composée de deux disques pleins solidaires tournant autour du même axe (le plus grand de rayon R = 20 cm l'autre de rayon r = 10 cm ). Le moment d'inertie total de cette poulie est de 0,3 kg·m$^2$.



1) Quelle est l'accélération angulaire de la poulie ?
2) Quelle est la tension dans la corde reliant la masse $m_1$ à la poulie ?
Quelle est la tension dans la corde reliant la masse $m_2$ à la poulie

Exercice 10

On considère le dispositif suivant : ($C_1$) et ($C_2$) sont deux cylindres homogènes de même axe de révolution ($\Delta$), de masses respectives $m_1$ et $m_2$ et de rayons respectifs $R_1$ et $R_2$. AB est un plan incliné de $\alpha = 30°$ par rapport au plan horizontal. ($S_1$) et ($S_2$) sont des solides supposés ponctuels de masses respectives $M_1$ et $M_2$. On donne $R_2 = 2R_1 = 20cm$ ; $m_2 = 4m_1 = 800g$ ; $M_1 = 5M_2 = 1kg$.




Le système est abandonné sans vitesse.

1) Dans quel sens les cylindres vont – ils tourner ? Justifier votre réponse.
2) Calculer :
   - L'accélération angulaire des poulies ;
   - L'accélération linéaire de chacun des solides $S_1$ et $S_2$.
3) Calculer la tension de chaque brin de fil.
4) Calculer la variation de l'énergie cinétique du système entre l'instant de départ et l'instant où la vitesse ($S_1$) atteint la valeur $V_1 = 1m/s$. Vérifier le théorème de l'énergie cinétique.
5) A l'instant où la vitesse de ($S_1$) devient égale à 1m/s, le fil maintenant se casse en déclenchant un dispositif qui freine le système en exerçant sur les cylindres un couple de forces de moment ***M*** constant. Calculer ***M*** sachant que le système s'immobilise 10s après la rupture du fil.

Exercice 11

Bath et Demba jouent aux billes dans une cour horizontale que l'on suppose parfaitement lisse. La bille de Bath lancée à la vitesse 10 $cm.s^{-1}$ rencontre la bille de Demba immobile. Après le choc la bille de Bath rebondit dans une direction qui fait un angle de 60° avec $\vec{v_1}$ . La bille de Demba quant à elle se met en mouvement avec une vitesse $\vec{v_2}$ qui fait avec la direction initiale de $\vec{v_1}$ un angle de 30°.

1) Donner les caractéristiques des vitesses $\vec{v_1}'$ et $\vec{v_2}'$ des deux billes après le choc, sachant qu'elles ont la même masse.

2) Donner les caractéristiques des vitesses $\vec{v_1}'$ et $\vec{v_2}'$ des deux billes après le choc, si les deux billes se heurtent de plein fouet et après le choc et si $\vec{v_1}' = -\dfrac{\vec{v_1}}{2}$ .

**AN** : $m_1 = 20$ g ; $m_2 = 50$ g ; $v_1 = 10\ cm.s^{-1}$ ; $v_2 = 5\ cm.s^{-1}$.

Exercice 12

A l'intersection de deux routes à angles droits, un camion de masse totale $m_2 = 5$ tonnes roulant à la vitesse de 10 $km.h^{-1}$ grille le feu rouge et heurte une camionnette de masse $m_1 = 2$ tonnes roulant à 30 $km.h^{-1}$. En supposant que les deux véhicules restent accrochés après le choc et en négligeant tous les frottements au sol, on demande :

1) La direction prise par l'ensemble après le choc.
2) La vitesse de l'ensemble après le choc.

Exercice 13

Deux pendules simples de même longueur l , sont suspendus au même point O . Les billes $A_1$ et $A_2$ qui les constituent possèdent les masses $m_1$ et $m_2$ , et seront supposées ponctuelles. Au départ, $A_1$ et $A_2$ sont en équilibre. On écarte A1 d'un angle a , puis on l'abandonne sans vitesse initiale.

1. Déterminer les angles d'écart maximum $a_1$ et $a_2$ de $A_1$ et $A_2$ après le choc, en fonction de a et du rapport des masses $x = \dfrac{m_2}{m_1}$ :

a) en supposant la collision parfaitement élastique ( que se passe-t-il pour x > 1 ; x = 1 ; x < 1 ? ) ;
b) si on enduit $A_1$ et $A_2$ de glu, de manière à rester collés après la collision (choc mou).

2. Application numérique : $\alpha = 60°$.

a) On se place dans le cas 1.a). Pour quelle valeur de x les pendules remontent-ils en sens contraire, du même angle que l'on déterminera ?
b) Pour x = 2, déterminer les angles d'écart dans les cas 1.a) et 1.b).

# Gravitation universelle.

Exercice 1

DONNEES : La terre et la Lune sont considérées comme des corps sphériques homogènes.
$G = 6,67.10^{-11}$ S.I Masse de la terre : $M_T = 6.10^{24}$kg ; Rayon de la terre : $R_T = 6400$km
Masse de la Lune : $M_L = 7,34.10^{22}$kg ; Rayon de la Lune : $R_L = 1740$km.
Distance terre-Lune : $D = 384.10^3$km.

1) A partir de la loi de l'attraction universelle, établir l'expression de l'intensité du champ de gravitation lunaire $\vec{G}$ en fonction de G, $M_L$, $R_L$ et h.
2) Calculer l'intensité du champ de gravitation créé par la Lune à sa surface.
3) Calculer la force de gravitation qu'exerce la Lune sur la terre.
4) En quel point du segment joignant les centres de la Lune et de la terre la force de gravitation est-elle nulle ?
5) Un satellite supposé ponctuel de masse $m = 10^3$kg décrit une orbite circulaire d'altitude h = 800 km.
   a) Calculer sa vitesse, sa période de révolution et son énergie cinétique.
   b) Démontrer que son énergie potentielle de gravitation vaut :$E_P = -\dfrac{GmM_T}{R_T + h}$ en prenant $E_P = 0$ à l'infini.
   c) Calculer l'énergie mécanique du système.
6) Exprimer la vitesse de libération d'un objet à la surface de la terre en fonction de $M_T$, $R_T$ et G. Calculer sa valeur numérique.
7) Qu'est-ce qu'un satellite géostationnaire ? Calculer son altitude.

Exercice 2

1) Calculer la vitesse angulaire de rotation de la Terre autour de l'axe des pôles.
2) Soit un satellite de masse m à l'altitude h assimilable à un point matériel ayant une orbite circulaire.
   a) Exprimer la force d'attraction que la Terre exerce sur le satellite en fonction de G, $R_T$, h, $M_T$ et m. Montrer que le mouvement du satellite est uniforme.
   b) Etablir l'expression de la vitesse du satellite sur sa trajectoire.
   c) Exprimer la période $T_S$ du satellite en fonction de h, $R_T$ et $G_0$.
3) Le satellite est géostationnaire :
   a) définir le terme géostationnaire et préciser les caractéristiques de la trajectoire du satellite.
   b) à quelle altitude a-t-on placé le satellite ?
4) Le satellite, ayant toujours une orbite circulaire, est dans le plan de l'équateur à l'altitude 600km.
   a) le satellite est-il géostationnaire ?
   b) le satellite se déplace vers l'Est. Calculer l'intervalle de temps qui sépare deux passages successifs à la verticale d'un même point de l'équateur.

Exercice 3

Un satellite de masse m = 1000 kg se déplace à l'altitude h = 500 km. On fera l'étude dans un référentiel géocentrique considéré comme galiléen.

1) Calculer la vitesse du satellite et son énergie cinétique $E_C$.
2) a) Donner l'expression de son énergie potentielle $E_P$, nulle à l'infini.
   b) En déduire l'énergie mécanique $E_m$ du satellite.
   c) Comparer $E_P$ à $E_C$ et $E_m$ à $E_C$.
3) On fournit au satellite une quantité supplémentaire d'énergie $\Delta E = + 7.10^9$ J. Il se place sur une nouvelle orbite. Calculer :
   a) sa nouvelle énergie cinétique et sa nouvelle vitesse.
   b) sa nouvelle énergie potentielle et sa nouvelle altitude

Exercice 4

La terre est assimilée à une sphère de rayon R = 6 370 km animée d'un mouvement de rotation uniforme autour de la ligne des pôles (qui est perpendiculaire au plan de l'équateur). On supposera que le repère géocentrique, dont l'origine coïncide avec le centre de la terre et dont les axes ont une direction fixe par rapport aux étoiles, est galiléen. A la surface de la terre, l'intensité du champ de pesanteur est $g_0 = 9,8$ N/kg. A l'altitude h, elle est égale à :

$$g_h = g_0 \frac{R^2}{(R + h)^2}$$

1) Un satellite assimilé à un point matériel, décrit d'un mouvement uniforme sur une orbite circulaire à l'altitude h = 400 km. L'orbite est dans le plan de l'équateur.
   a) Déterminer la vitesse v du satellite dans le repère géocentrique.
   b) Déterminer, dans le même repère, la période T et la vitesse angulaire $\omega_0$ du satellite.
   c) Le satellite se déplace vers l'est. Calculer l'intervalle du temps qui sépare deux passages successifs du satellite à la verticale d'un point donné de l'équateur (la vitesse angulaire de rotation de la terre dans le repère géocentrique est $\omega_T = 7,29.10^{-5}$ rad/s, et on rappelle que, dans ce repère, la vitesse d'un point de l'équateur est dirigée vers l'est).
2) Un satellite géostationnaire reste en permanence à la verticale d'un même point du globe. Son orbite est dans le plan de l'équateur.
   a) Quelle est la vitesse angulaire de ce satellite dans le repère géocentrique ?
   b) Calculer le rayon de son orbite.

Exercice 5

Dans le référentiel héliocentrique, la planète Mars décrit une trajectoire quasi circulaire autour du soleil de rayon moyen r = 228 millions de km avec une période 1,88 année (1 année = 365,25 jours).
La masse du soleil est notée $M_S$, celle de Mars $M_M$. Données : $G = 6,67.10^{-11}$S.I

1) En précisant les hypothèses choisies, donner l'expression de la force de gravitation du soleil sur la planète Mars.
2) Dans l'hypothèse du mouvement circulaire, déterminer l'expression de la période de révolution de la planète Mars.
3) En déduire la masse du soleil et la comparer à celle trouvée à partir de la trajectoire de la terre autour du soleil. **Donnée** : distance Terre-soleil = $1,496.10^{11}$m
4) La planète Mars possède un satellite : Phobos. L'orbite de Phobos est un cercle de rayon 9380 km parcouru avec une période de 7 h 39mn dans un repère galiléen ayant pour centre le centre d'inertie de Mars et les axes liés à trois étoiles lointaines.
   a) Exprimer la troisième loi de Kepler pour le satellite Phobos.
   b) En déduire le rapport de la masse de Mars à celle de la terre, sachant que la lune, satellite naturel de la terre, décrit une trajectoire circulaire de rayon moyen égal à 384 000 km en 27j 7h 44mn. Conclure.

Exercice 6

*On s'intéresse à la mise en orbite d'un satellite artificiel autour de la Terre.*
***On donne** : masse de la Terre $M_T = 5,98\ 10^{24}$ kg ; jour sidéral : $T_J = 86164$ s ; $G = 6,67\ 10^{-11}$ S.I.*
*Un jour sidéral est la durée que met la Terre pour faire un tour sur elle- même par rapport aux étoiles.*

Etude de la phase de lancement.

Le satellite est placé sur une orbite circulaire à l'aide d'une fusée.
Le lancement débute lors de la mise à feu des moteurs de la fusée. L'ensemble de la fusée et du satellite ont alors une masse $M = 2,34\ 10^6$ kg.
Pendant les premières secondes suivant le lancement, on admet que l'éjection du gaz par les moteurs a le même effet qu'une force extérieure appelée poussée de valeur $F = 4,51\ 10^7$ N. La trajectoire par rapport au sol est verticale. On suppose que les frottements et la diminution de masse de la fusée sont négligés, l'intensité de la pesanteur ne varie pas et a pour valeur $g = 9,81$ m s$^{-2}$.

1) Représenter sur un schéma les forces s'exerçant sur la fusée juste après le décollage. En appliquant le théorème du centre d'inertie, déterminer le vecteur accélération.
2) a. Calculer la distance d parcourue pendant $\Delta t = 2,0$ s suivant le décollage.
   b. En déduire le travail de chaque force pendant $\Delta t$.
   c. En appliquant le théorème de l'énergie cinétique, déterminer la vitesse acquise au bout de $\Delta t$.

Etude du satellite en orbite.

Le satellite a une masse m = 893 kg. Son orbite est circulaire à l'altitude h.

3) Montrer que le satellite a un mouvement uniforme.
4) Le satellite possède t-il une accélération ? Si oui la représenter sur un schéma sans souci d'échelle.
5) Définir le terme géostationnaire. Quelles conditions doit remplir un satellite pour être géostationnaire ?
6) Exprimer la valeur de la vitesse du satellite en fonction de G, $M_T$ et $T_J$. Faire l'application numérique.
7) Calculer pour ce satellite le rapport $\frac{T^2}{r^3}$ où T représente la période de son orbite et r le rayon de l'orbite. Que vaut ce rapport pour la Lune. Expliquer.

# Oscillations mécaniques libres.

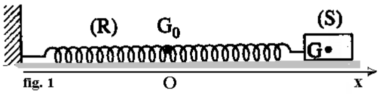
Exercice 1

Un oscillateur mécanique est constitué d'un ressort à spires non jointives de raideur k dont une extrémité est fixée à un solide S de dimensions telles qu'il peut être assimilé à un solide ponctuel de masse m. L'autre extrémité du ressort est fixe. On donne : m = 100 g ; k = 40 $N.m^{-1}$.

Dans cette expérience, on néglige tous les frottements.

Le plan sur lequel se déplace le solide S est horizontal. La position du centre d'inertie G est donnée par le vecteur position $\overrightarrow{OG} = x\vec{i}$ .

L'origine du repère est choisie de telle sorte que lorsque l'oscillateur passe par sa position d'équilibre, on ait $\overrightarrow{OG} = \vec{0}$.




1) Indiquer sur un schéma les forces appliquées à S lorsque l'on a $\overrightarrow{OG} = x\vec{i}$, pour x différent de zéro.

2) Établir l'équation différentielle du mouvement de S.

Calculer la pulsation propre $\omega_0$ et la période propre $T_0$ de l'oscillateur.

3) Donner la forme générale de l'équation horaire du mouvement de S.

4) On écarte S de sa position d'équilibre d'une quantité $X_o$ = + 3 cm et on libère S sans vitesse initiale à une date prise comme origine des temps. Etablir l'équation horaire du mouvement de S.

5/ Donner en fonction du temps les expressions numériques de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle élastique de cet oscillateur. Vérifier que son énergie mécanique est constante.

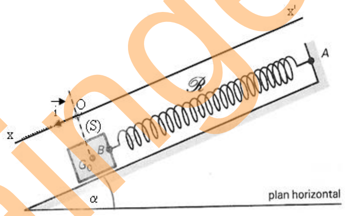
Exercice 2

Un ressort R, de masse négligeable et à spires non jointives, est accroché, à l'une de ses extrémités A, au bâti d'une table. Celle-ci est inclinée par rapport au plan horizontal d'un angle $\alpha = 25°$.

A l'autre extrémité B du ressort est accroché un solide autoporteur S dont la masse vaut $M = 570\,g$.

La longueur à vide du ressort vaut $\ell_0 = 16\,cm$.

Lorsque le solide S est accroché en B, la longueur du ressort devient $\ell = 29,6\,cm$.




1) Calculer la raideur k du ressort.

2) On tire le solide autoporteur d'une longueur $a = 7\,cm$ vers le bas et on le lâche sans vitesse à l'instant $t = 0$.

On prend comme origine spatiale la position $G_0$ du centre d'inertie G du solide S à l'équilibre. L'abscisse x de G à l'instant t sera déterminée sur l'axe $\left(O, \vec{i}\right)$.

2.1. Etablir l'équation différentielle qui régit le mouvement.

2.2. Calculer la pulsation propre $\omega_0$ de l'oscillateur.

2.3. Donner l'équation horaire du mouvement du solide S.

3) Calculer l'énergie mécanique de l'oscillateur. L'énergie potentielle de pesanteur sera, conventionnellement, prise égale à zéro, pour le solide S, dans sa position d'équilibre.

Exercice 3

Pour modéliser le système de suspension d'une voiture, un expérimentateur suggère d'utiliser un ressort R vertical de constante de raideur k.

1) L'expérimentateur se propose d'abord de déterminer la valeur de k. Pour cela il accroche une bille ponctuelle de masse m = 100 g à l'extrémité inférieure du ressort, l'extrémité supérieure du ressort étant fixée.

A l'équilibre le ressort s'est allongé de 5 cm. En déduire la constante de raideur du ressort.

On prendra g = 10 $N.kg^{-1}$.

2) L'expérimentateur écarte la bille de sa position d'équilibre d'une distance de 2 cm verticalement vers le bas. Puis il la lâche sans vitesse initiale à la date t = 0s.

Le mouvement de la bille est étudié dans le référentiel terrestre. Le repère choisi est un axe vertical X'OX orienté vers le bas. L'origine O du repère coïncide avec la position du centre d'inertie à l'équilibre. Durant tout le mouvement l'axe du ressort reste vertical. On néglige les frottements.

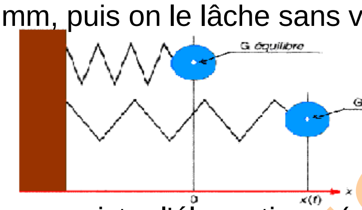
a) Etablir l'équation différentielle du mouvement de la bille.
b) En déduire l'expression de la période $T_0$ des oscillations, en fonction de m et k. Calculer $T_0$
c) Etablir l'équation horaire du mouvement. On explicitera toutes les constantes qui figurent dans cette équation.
d) Représenter graphiquement l'élongation x du mouvement en fonction du temps (courbe $C_1$). Préciser l'échelle utilisée.

3) Etablir l'expression de la vitesse en fonction du temps.
4) Calculer l'élongation et la vitesse à l'instant t = 4 s.

Exercice 4

Un oscillateur est matérialisé par un mobile autoporteur de masse m = 50,5g assimilé à une masse ponctuelle ramenée au centre d'inertie G et liée à un ressort de masse négligeable. On négligera toutes forces de frottement.

Sur l'axe des x, l'allongement du ressort est nul à l'origine x= 0 (position d'équilibre). On tire le mobile vers la droite d'une longueur $x=X_0=27mm$, puis on le lâche sans vitesse initiale.




A l'aide d'un dispositif non décrit ici, on enregistre l'élongation x (en mm) Figure 1, et la vitesse v (en $mm.s^{-1}$) Figure 2.

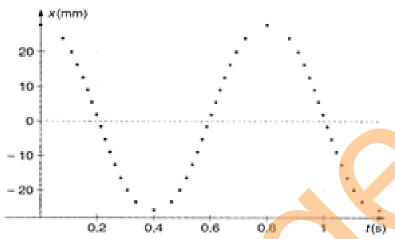


Figure 1

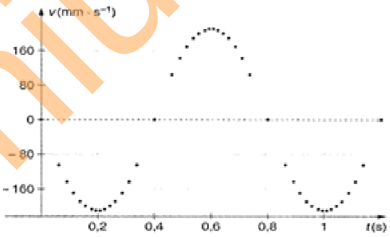


Figure2

1) Quel est la nature du régime d'oscillation ? Justifier.
2) A l'aide du graphe de la figure 1, déterminer la valeur de la période propre $T_0$ de l'oscillateur.
3) Après avoir fait le bilan des forces montrer que l'équation différentielle caractéristique du mouvement de G est :

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m}x = 0 \qquad \text{(avec k : la constante de raideur du ressort)}$$

4) On donne une solution à cette équation : $x(t) = X_m.\cos(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi)$. A l'aide de l'équation différentielle et de la question 2- en déduire la valeur de la constante de raideur k = 3,1 $N.m^{-1}$ .
5) Après avoir trouvé les valeurs de $X_m$ et de $\varphi$ pour vérifier que x(t) soit solution de l'équation différentielle, en déduire la relation numérique x(t) puis v(t) à tout instant t.
6) Compléter le tableau suivant (en utilisant les expressions de la question 5- ou des graphes) et conclure sur la valeur de $E_m$ : énergie mécanique.

| t(s) | 0 | $T_0 / 4$ | 0,5 | $T_0 / 2$ |
|---|---|---|---|---|
| x (m) | | | | |
| $E_P$ (J) | | | | |
| v ($m.s^{-1}$) | | | | |
| $E_C$ (J) | | | | |
| $E_m$ (J) | | | | |

Avec $E_C$ : énergie cinétique et $E_P$ énergie potentielle élastique.

Exercice 5

Sur les figures 1 et 2, (AB) est un plan lisse de longueu L = 60 cm, (s) est un solide ponctuel de masse m = 560 g, (R) est un ressort de raideur k = 7,2 N/ m et de longueur à vide $L_0$ = 15 cm.

A. (AB) est horizontal: la longueur de chaque ressort est L=30 cm.

1) Etablir l'équation différentielle régissant le mouvement de (s).
2) Calculer l'énergie mécanique l'oscillateur.

B. (AB) est incliné de α = 30° par rapport à l'horizontale. A l'équilibre les longueurs des ressorts sont $L_1$ et $L_2$.

3) Calculer $L_1$ et $L_2$.
4) On tire (s) suivant la droite (AB) de d = 6 cm et on lâche sans vitesse initiale.

a) Etablir l'équation différentielle.

b) Calculer l'énergie mécanique de l'oscillateur. (La position d'équilibre est la référence pour l'énergie potentielle de pesanteur).

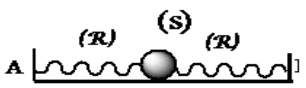


fig 1

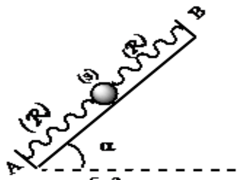
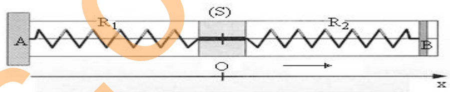


fig 2

Exercice 6

Un solide ponctuel (S) de masse $m = 0,2\,\text{kg}$ mobile sur table à cousin d'air horizontal, est accroché à deux ressorts identiques $R_1$ et $R_2$ de masse négligeable et de longueur à vide $\ell_0 = 15\,\text{cm}$ tendues entre deux points A et B comme l'indique la figure. $k = 10\,\text{N.m}^{-1}$ ; la distance des points A et B vaut $L = 40\,\text{cm}$.




1) Déterminer à l'équilibre l'allongement de chaque ressort.

2) (S) étant en équilibre, on l'écarte horizontalement de 3 cm vers B et on le lâche sans vitesse initiale à la date $t = 0$. Le centre d'inertie G du solide est repéré par l'axe horizontal x'ox ; l'origine O des abscisses coïncidant avec la position de G à l'équilibre. On néglige les frottements

2.1. Etablir l'équation différentielle du mouvement de G par application du T.C.I.

2.2. Ecrire l'équation horaire du mouvement du centre d'inertie G.

2.3. A quelle date le mobile passe – t –il par l'abscisse 1,5 cm en allant dans le sens négatif des élongations ? Quelle valeur prend sa vitesse ?

3)

3.1. Exprimer à la date t l'énergie mécanique totale $E_m$ du système en fonction de k, m, l'abscisse instantanée x de G et de sa dérivée première par rapport au temps $\frac{dx}{dt}$.

En déduire l'expression de $E_m$ en fonction de k, l'amplitude $x_m$ du mouvement de (S) et allongement $x_o$ initiale de chaque ressort. L'énergie potentielle élastique de chaque ressort est nulle lorsqu'il n'est ni comprimé ni tendu.

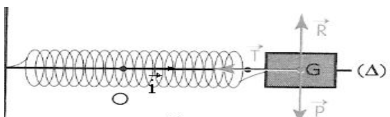
3.2. Retrouver l'équation différentielle du mouvement de (S) à la question (2.1.) en utilisant l'énergie mécanique.

Exercice 7

Un solide S de centre d'inertie G, de masse m = 0,1 kg, fixé à un ressort de raideur k = 10 $\text{N.m}^{-1}$ coulisse sur une tige horizontale. On désigne par x (t) la position de G dans le repère $(O, \vec{i})$ à l'instant t, O étant la position de G à l'équilibre.

On écarte S de sa position d'équilibre et on le lâche en lui donnant une vitesse initiale. L'unité de longueur est le mètre et l'unité de temps est la seconde ; on donne x (0) = 0,05 et $\dot{x}(0) = -0,5$.

1) On néglige les frottements. On dit que S est un oscillateur mécanique libre.



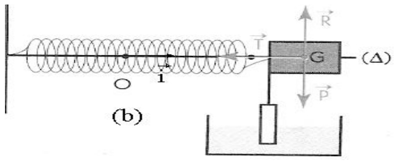
(a)

1.1. Démontrer que l'équation horaire du mouvement de G est de la forme : x (t) = $X_{max} \cos(\omega_0 t + \varphi)$.
Calculer $X_{max}$, $\omega_0$, φ et la période $T_0$ du mouvement.

1.2. Calculer la position et la vitesse de S à l'instant t = 5 s.

1.3. Tracer la courbe représentative (C) de l'élongation du mouvement de G.

2) Le mouvement de S est amorti par des frottements dont la force est proportionnelle à la vitesse du mobile, le coefficient de proportionnalité f de cette force étant tel que $f^2 < 4mk$. On dit que S est un oscillateur mécanique amorti.




2.1. Justifier que l'équation différentielle du mouvement de l'oscillateur mécanique est alors :

$$\ddot{x} + \frac{f}{m}\dot{x} + \frac{k}{m}x = 0 .$$

2.2 Démontrer que l'équation horaire du mouvement de G est de la forme :

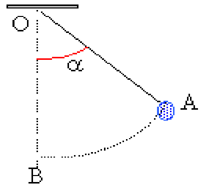
$$x(t) = \lambda e^{\alpha t}\cos(\omega t + \varphi).$$

Calculer λ, α, ω, φ et la pseudo période T du mouvement, sachant que f = 0,2 N/ms$^{-1}$.

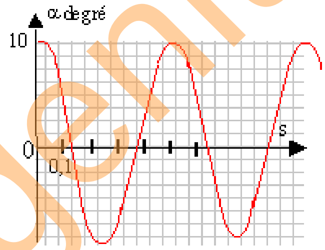
1.3. Tracer la courbe représentative (Γ) de l'élongation du mouvement de G.

<u>Exercice 8</u>

Un dispositif est constitué d'une bille de masse m suspendue à un fil de longueur L.

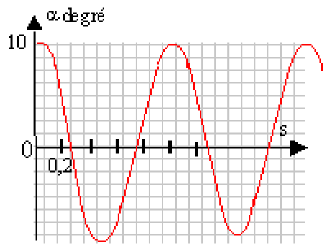



1) A quelle condition ce dispositif peut-il être assimilé à un pendule simple ?
2) On donne le graphe montrant l'évolution de l'angle $\alpha$ en fonction du temps.( à t=0, $\alpha$= 10°)

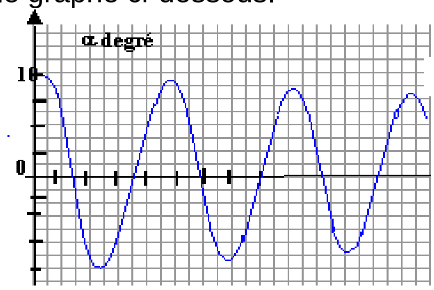



- Quelle est la nature des oscillations ?
- Déterminer la période des oscillations.

3) Lors d'une nouvelle acquisition, on a obtenu le graphe ci-dessous ; quel est le paramètre du dispositif expérimental qui a été modifié et dans quel sens ?



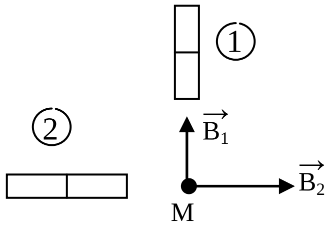

4) On a réalisé un enregistrement dans les mêmes conditions que l'acquisition n°1, mais sur une durée plus longue. Commenter le graphe ci-dessous.



# Généralités sur les champs magnétiques - Champs magnétiques des courants.

Exercice 1 : ***Superposition de deux champs magnétiques créés par deux aimants***

En un point de l'espace se superposent deux champs magnétiques $\vec{B_1}$ et $\vec{B_2}$ créés par deux aimants dont les directions sont orthogonales (voir fig. ci-contre). Leurs intensités sont respectivement $\|\vec{B_1}\| = 3.10^{-3}$ T et $\|\vec{B_2}\| = 4.10^{-3}$ T.




1) Déterminer les pôles des deux aimants.
2) Représenter, à l'échelle, graphiquement le champ résultant $\vec{B}$ .
3) Calculer $\|\vec{B}\|$ et $\alpha = (\vec{B_1}, \vec{B})$

Exercice 2 ***Expressions de l'intensité du champ magnétique au centre d'une bobine circulaire de rayon R***

On démontre que l'intensité du champ magnétique au centre d'une bobine circulaire de rayon R, de longueur L comportant N spires est donné par la relation : $B = \dfrac{4\pi\, N.I}{10^7\sqrt{L^2 + 4R^2}}$ .

1) Montrer que pour une bobine longue (longueur très grande par rapport au diamètre de la spire), on retrouve la formule $B = 4\pi.10^{-7}$ n.I d'un solénoïde infiniment long.
2) Retrouver la formule d'une bobine plate à partir de la formule générale ci-dessus.
3) Etudier le cas d'une bobine où la longueur est égale au diamètre de la spire et donner l'expression de B en fonction du diamètre D.

Exercice 3 ***Détermination expérimentale de l'expression de l'intensité du champ magnétique B d'un solénoïde.***

On étudie à l'aide d'un teslamètre l'intensité $\|\vec{B}\|$ du champ magnétique créé par un courant passant dans un solénoïde en son centre, en fonction de divers paramètres.

1) Dans une première expérience, on utilise un solénoïde de longueur $\ell_1 = 0{,}50$ m comportant $N_1 = 240$ spires. On fait varier l'intensité I (en A) du courant qui passe dans le solénoïde ; pour chaque valeur de I, on note la valeur $\|\vec{B}\|$ (en T). Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

| I | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\|\vec{B}\|.10^{-5}$ T | 60 | 85 | 120 | 150 | 190 | 215 | 245 | 275 | 310 |

Représenter graphiquement $\|\vec{B}\|$ en fonction de I. (**Echelles : 1 cm pour 0,5 A ; 1 cm pour 20.10$^{-5}$ T**).

En déduire une relation entre $\|\vec{B}\|$ et I.

2) On refait la même expérience avec un solénoïde de longueur $\ell_2 = 0{,}80$ m comportant $N_2 = 768$ spires. On obtient les résultats suivants :

| I(A) | 1,0 | 2,0 | 3,0 | 4,0 |
|---|---|---|---|---|
| $\|\vec{B}\|$ | $120.10^{-5}$ | $240.10^{-5}$ | $380.10^{-5}$ | $480.10^{-5}$ |

a) Représenter graphiquement $\|\vec{B}\|$ en fonction de I.
b) Calculer le nombre n de spires par mètre pour chacun des deux solénoïdes.
c) Déduire des deux expériences une relation entre B, I et n.
d) Dans la formule théorique liant B, n et I intervient un cœfficient $\mu_0 = 4\pi.10^{-7}$ (unité SI). Comparer cette valeur à celle qui est déterminé par le graphique obtenu à la question 1).

Exercice 4 ***Détermination de l'expression de l'intensité du champ magnétique créé par un courant rectiligne***

On utilise une sonde de HALL pour explorer le champ magnétique créé par un courant rectiligne placé dans le vide. Dans une première expérience l'intensité étant fixée à 10 A, on mesure le champ B par la sonde pour différentes valeurs de la distance d au fil.

| d (cm) | 0,5 | 1 | 2 | 2,5 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| B ($10^{-3}$ T) | 0,42 | 0,20 | 0,13 | 0,09 | 0,05 |

Dans une deuxième expérience on mesure B en un point distant de 0,5 cm pour diverses valeurs de l'intensité I traversant le fil.

| I (A) | 1 | 2 | 3 | 5 | 6 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| B ($10^{-3}$ T) | 0,042 | 0,08 | 0,120 | 0,200 | 0,240 | 0,420 |

1) Déduire des deux expériences, par un procédé graphique, la relation entre B, I et d.
2) Déterminer la perméabilité du vide.

Exercice 5 : ***Etude de la déviation d'une aiguille aimantée placée à l'intérieur d'un solénoïde***

Un solénoïde est enroulé à spires non jointives, à raison de 10 spires par centimètre. Le fil conducteur est en cuivre de 0,2 mm de diamètre et de résistivité $\rho = 1{,}6.10^{-8}$ Ω.m. La longueur du solénoïde est L = 40 cm et le rayon d'une spire est r = 5 cm.

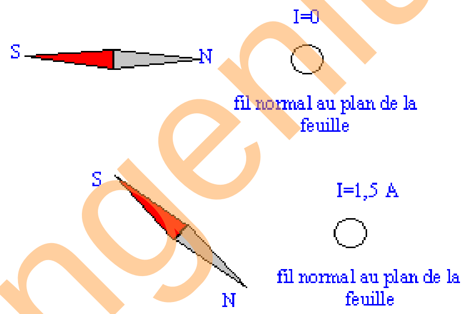
On réalise un circuit comportant un générateur, de f.é.m. E = 1,5 V et de résistance interne r = 0,5 Ω, et la bobine. L'axe de la bobine est orienté perpendiculairement au plan du méridien magnétique. Une petite aiguille aimantée horizontale placée au centre de la bobine dévie d'un angle $\alpha_1 = 60°$ lorsque l'on ferme le circuit.

1) Quelle est la résistance R de la bobine ? On rappelle la formule : $\mathbf{R = \rho.\frac{L}{s}}$
2) Calculer la valeur de la composante horizontale du champ magnétique terrestre $B_0$.
3) Calculer la résistance $R_x$ du conducteur à mettre en série avec la bobine pour ramener la déviation de l'aiguille à $\alpha_2 = 45°$ ?
4) On comprime les spires de manière à obtenir une bobine plate. En supposant que l'aiguille aimantée est toujours au centre de la bobine, calculer sa nouvelle déviation $\alpha_3$.

NB : Ce circuit ne comporte que le générateur et la bobine.

Exercice 6

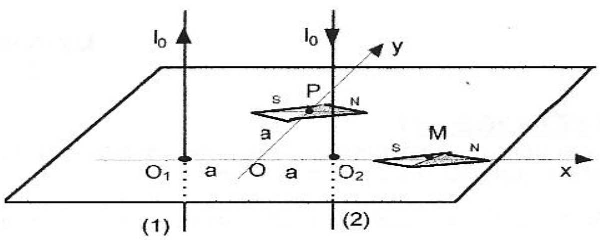
On place un fil de cuivre vertical en face du pôle nord d'une boussole horizontale orientée dans le champ magnétique terrestre. Lorsqu'on fait circuler un courant d'intensité 1,5 A dans le fil, on constate que la boussole est déviée d'un angle a= 45 ° par rapport à sa position initiale.




1) Représenter la composante du champ magnétique terrestre
2) Quelle est l'allure des lignes de champ magnétique créées par le courant électrique traversant le fil. Représenter le champ magnétique créé par le courant électrique au point M où se trouve la boussole. En déduire le sens du courant électrique dans le fil.
3) Quelle est l'expression vectorielle du champ magnétique résultant au point M ?
4) En admettant que $B_h$ = 20 µT, déterminer la valeur du champ créé par le courant au point M.
5) On considère que le champ magnétique créé par le courant est proportionnel à l'intensité du courant électrique. Déterminer l'orientation que prendra la boussole en M si on fait passer un courant d'intensité 5 A dans le fil.

Exercice 7

Soient deux fils rectilignes verticaux, infinis, parallèles situés à la distance $O_1O_2$ = 2a l'un de l'autre et parcourus par des courants de sens opposé et de même intensité $I_0$. Le plan des deux fils est contenu dans le plan du méridien magnétique terrestre et une aiguille aimantée placée en leur voisinage s'oriente comme sur la figure lorsqu'aucun courant ne traverse les fils.



On rappelle qu'un fil rectiligne infini, parcouru par un courant crée en un point M' de l'espace un champ magnétique de valeur $B = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I}{d}$, où d est la distance de M'au fil. $\mu_0 = 4\pi\ 10^{-7}$SI ; 2a= 20cm ; $B_h = 2\ 10^{-5}$ T, composante horizontale du champ magnétique terrestre.

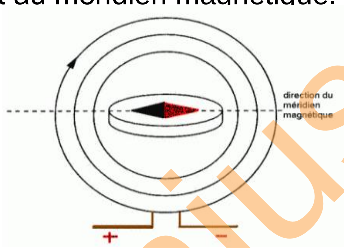
1) Calculer $I_0$ pour qu'un fil infini crée en un point H tel que a= 10 cm un champ magnétique de valeur égal à $B_h$.
2) On se place en un point M de l'axe Ox situé à a=10 cm à droite de $O_2$. Exprimer en fonction de $B_h$, les normes $B_1$ et $B_2$ des champs crée en M par les deux fils. Représenter ces champs ainsi que le champ résultant $B_r$ en M.
   Après avoir exprimé la norme de $B_r$ en fonction de $B_h$, calculer de quel angle $\alpha$ tourné l'aiguille aimantée.
3) On se place en un point P de l'axe Oy à une distance a= 10 cm de O. Exprimer les distances $O_1P$ et $O_2P$ en fonction de a. Montrer que le triangle $PO_1O_2$ est rectangle en P. Exprimer en fonction de $B_h$, les normes $B_1$ et $B_2$ des champs crée en P par les deux fils.

Représenter ces champs ainsi que le champ résultant $B_r$ en P.
Après avoir exprimé la norme de $B_r$ en fonction de $B_h$, calculer de quel angle $\alpha$ tourne l'aiguille aimantée.

<u>Exercice 8</u>

On prépare une bobine plate de rayon moyen R, parallèlement au plan du méridien magnétique.
Au centre C de cette bobine plate, on place une petite aiguille aimantée, mobile autour d'un axe vertical.

4) Elle se déplace au dessus d'un cadran gradué en degrés ce qui permettra de mesurer l'angle α sous lequel sera déviée l'aiguille par rapport au méridien magnétique.




Lorsqu'il n'y a pas de courant qui se déplace dans la bobine, l'aiguille se trouve dans le plan du méridien magnétique, en face de la graduation α = 0°.
Lorsque le courant circule, il se crée un champ magnétique au centre C : on observe une rotation de l'aiguille qui s'immobilise sous un angle α.
1-Sur un schéma vu de dessus, préciser la direction et le sens des champs magnétiques qui sont appliqués à l'aiguille aimantée.
2-En déduire la relation entre l'angle α, le champ B crée par la bobine et la composante horizontale du champ magnétique terrestre $B_h$.
3-Donner une relation permettant de trouver I l'intensité du courant sachant qu'au point C le champ s'exprime par : $B = \frac{\mu_0}{2} \cdot \frac{NI}{R}$ où N est le nombre de spires et R le rayon de la bobine.
4-En faisant varier l'intensité I du courant on mesure plusieurs déviations α dans le tableau suivant :

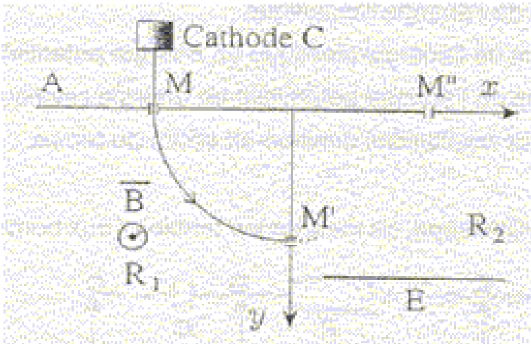
| I (en A) | 2 | 1,6 | 1,2 | 0,8 | 0,4 |
|---|---|---|---|---|---|
| $\alpha$ (en ° ) | 70 | 65 | 58 | 47 | 28 |
| Tan $\alpha$ | | | | | |

5) Calculer tanα puis tracer la courbe I = f(tanα)
6) En déduire la validité de la relation de B de la question 3-.
   Données : $\mu_0 = 4.\pi.10^{-7} H.m^{-1}$   R = 0,12m   $B_h = 2.10^{-5}$ T ; N = 5

# Mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique uniforme.

Exercice 1

Une cathode C est portée à haute température et émet des électrons à une vitesse négligeable devant toutes les vitesses considérées dans l'exercice. Le faisceau d'électrons émis par cette cathode est accéléré par une anode A. La différence de potentiel entre la cathode et l'anode est $U_{AC}$. Le faisceau d'électrons traverse l'anode par un petit trou M et pénètre dans un région où règne un champ magnétique perpendiculaire au plan de la figure. Le faisceau d'électrons décrit un quart de cercle et pénètre dans un espace $R_2$ sans champ magnétique où règne un champ électrique uniforme crée par l'électrode E. Le potentiel de cette électrode est inférieur à celui de l'anode A




1) Déterminer l'expression littérale de la vitesse des électrons en M. Calculer v.
2) Déterminer le sens du champ magnétique.
3) Montrer que l'expression du rayon de la trajectoire dans la région $R_1$ est de la forme $R=\frac{mV}{|q|B}$
4) Déterminer l'équation horaire des électrons dans la région $R_2$. Quel doit être la valeur du champ électrique pour que les électrons passent en M'' ?
   masse de l'électron $m=9,1\ 10^{-31}$ kg ; charge de l'électron $q= -1,6\ 10^{-19}$ C ; $U_{AC}= 1000$ V ; OM=OM'=OM''=R=10 cm

Exercice 2 ***Défléxion magnétique***

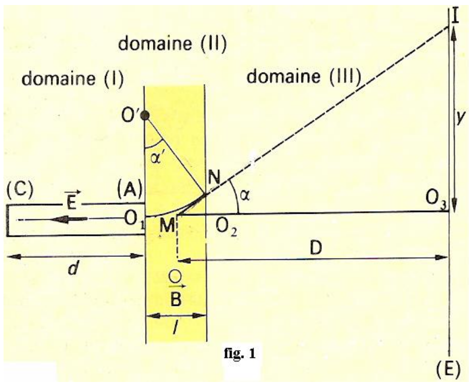
La figure 1 n'est pas à l'échelle. Dans tout l'exercice, on négligera le poids de l'électron devant les autres forces qui agissent sur lui.

1) Des électrons de masse m et de charge q sont émis sans vitesse initiale par la cathode (C). Ils subissent sur la longueur d, l'action du champ électrique uniforme $\vec{E}$ .

1.1. Quelle est la nature du mouvement de l'électron entre la cathode (C) et l'anode (A) ?

1.2. Quelle est la valeur $v_0$ de la vitesse d'un électron au point $O_1$ ?

On donne : $q = - e = -1,6.10^{-19}$ C ; $m = 9,1.10^{-31}$ kg ; d = 10 cm ; $E = 5,0.10^4\ V.m^{-1}$.




2) Arrivés en $O_1$, les électrons subissent sur la distance l l'action d'un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ perpendiculaire au plan de la figure. Quel doit-être le sens du vecteur $\vec{B}$ pour que les électrons décrivent l'arc de cercle $O_1N$ ? Justifier la réponse. Etablir l'expression du rayon $R = O'O_1 = O'N$ de cet arc de cercle.

Application numérique : Calculer R pour $B = 2,0.10^{-3}$ T.

3)

3.1. Quelle est la nature du mouvement des électrons dans le domaine III où n'existe aucun champ ?

3.2. Le domaine III est limité par un écran (E) sur lequel arrivent les électrons. Exprimer en fonction de m, e, B, D, l et $v_0$ la déflexion magnétique $O_3I = Y$ subie par un électron à la traversée du système II + III.

La droite IN coupe l'axe $O_1O_2$ au point M.

L'écran E est à la distance D de ce point M.

On fera les hypothèses simplificatrices suivantes :

- dans le domaine II de l'espace, on peut confondre la longueur de l'arc $O_1N$ avec la longueur $O_1O_2 = l$ où règne le champ $\vec{B}$;
- on suppose que la déviation angulaire est faible.

3.3. Sachant que Y = 3,35 cm, retrouver la valeur $v_0$ de la vitesse de l'électron au point $O_1$.

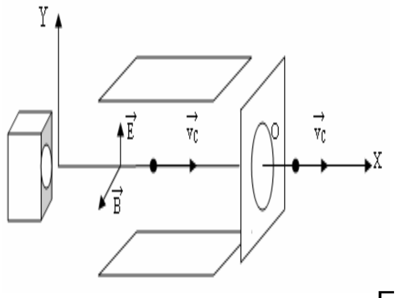
On donne : D = 40 cm ; l = 1,0 cm.

Exercice 2 ***Sélecteur de vitesses***

Pour obtenir un faisceau homocinétique à l'entrée d'un spectromètre de masse, on place avant la chambre de déviation un sélecteur de vitesses (**filtre de Wien**). Ce filtre ne laissera passer par une ouverture O que les particules ayant une certaine vitesse $v_O$ et déviera les particules ayant une vitesse différente.

Le principe d'un filtre considéré est le suivant :

- des particules chargées positivement sont projetées dans l'appareil suivant l'axe des abscisses ;
- Deux plaques parallèles distantes de d entre lesquelles existe une tension U produisent un champ électrique $\vec{E}$
- dans toute la région où règne $\vec{B}$ existe un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ orthogonal à $\vec{E}$ et à l'axe des abscisses.

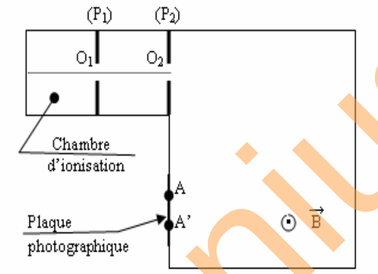



1) On observe que pour une certaine vitesse $v_0$ les particules ne sont pas déviées. Montrer que : $v_0 = \frac{E}{B}$.
2) Décrire comment seront déviées les particules de vitesse $v > v_0$ et celles de vitesse $v < v_0$.
3) Calculer $v_0$ dans le cas ou B = 0,10 T, d = 0,5 cm et U = 50V.

Exercice 3 ***Spectrographe de masse.***

On envisage la séparation d'isotopes du zinc à l'aide d'un spectrographe de masse.

On négligera le poids des ions devant les autres forces.

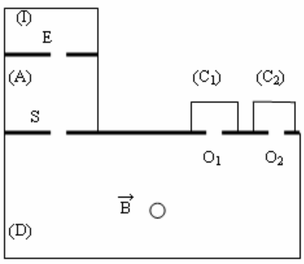



1) Une chambre d'ionisation produit des ions $^{68}Zn^{2+}$ et $^{x}Zn^{2+}$, de masses respectives 68u et xu. Ces ions sont ensuite accélérés dans le vide entre deux plaques métalliques parallèles $P_1$ et $P_2$.
La tension accélératrice à pour valeur $U = 10^3$ V.
On négligera la vitesse des ions lorsqu'ils traversent la plaque $P_1$ en $O_1$.
   a) Quelle est la plaque qui doit être portée au potentiel le plus élevé ?
   b) Calculer la vitesse $v_0$ des ions $^{68}Zn^{2+}$ lorsqu'ils sont en $O_2$.
   c) Exprimer en fonction de x et de $v_0$ la vitesse $v'_0$ des ions $^{x}Zn^{2+}$ en $O_2$.
2) Les ions pénètrent ensuite dans une région ou règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ orthogonal au plan de la figure, d'intensité B = 0,1T.
   a) Indiquer sur le un schéma le vecteur $\vec{B}$ pour que les ions $^{68}Zn^{2+}$ parviennent en A, et les ions $^{x}Zn^{2+}$ en A'. Justifier la construction.
   b) Montrer que les trajectoires des ions sont planes ; établir la nature du mouvement ainsi que la forme de ces trajectoires. Calculer le rayon de courbure pour les ions $^{68}Zn^{2+}$.
   c) On donne AA' = 8 mm. Calculer x.

Exercice 4 ***Spectrographe de masse.***

La figure représente une coupe horizontale, vue de dessus d'un spectrographe de masse.

1) Des ions de masse m et de charge q < 0 sont produit dans la chambre d'ionisation (I) avec une vitesse négligeable. Ils entrent en E dans l'enceinte A, sous vide, où ils sont accélérés, et ils ressortent en S. Les orifices E et S sont pratiquement ponctuels. On note $U_0$ la différence de potentiel accélératrice.



La vitesse des ions reste suffisamment faible pour que les lois de la mécanique classique s'appliquent. Exprimer la norme du vecteur vitesse d'un ion à sa sortie S, en fonction de m, q et $U_0$.

2) A leur sortie en S, les ions pénètrent dans une seconde enceinte sous vide D, dans laquelle règne un champ magnétique uniforme vertical.

a) Déterminer le sens du vecteur champ magnétique pour que les ions puissent atteindre le point $O_1$ ou le point $O_2$.

b) En S, le vecteur vitesse des ions est orthogonal à la droite passant par les points $O_1$, $O_2$ et S. Montrer que la trajectoire d'un ion dans l'enceinte D est plane et que la vitesse est constante. Prouver que la trajectoire est un cercle dont on déterminera le rayon.

3) Le jet d'ions sortant de la chambre d'ionisation est un mélange d'ions $^{79}Br^-$, de masse $m_1 = 1{,}3104.10^{-25}$ kg, et d'ions $^{81}Br^-$, de masse $m_2 = 1{,}3436.10^{-25}$ kg.

a) Déterminer le collecteur $C_1$ou $C_2$ qui reçoit les ions de masse m1.

b) Calculer la distance entre les entrées $O_1$ et $O_2$ des deux collecteurs.

c) Les quantités d'électricité reçues en une minute par les collecteurs $C_1$ et $C_2$ sont respectivement $q_1 = -6{,}60.10^{-8}$ C et $q_2 = 1{,}95.10^{-8}$ C. déterminer la composition du mélange d'ions.

**Données** : $|U| = 4{,}00.10^3$ V ; B = 0,1 T

<u>Exercice 5</u> (bac 2004 TS2)

Dans toute la suite on néglige le poids de la particule devant la force magnétique. Les mouvements sont rapportés au référentiel du laboratoire supposé galiléen.

1) Une particule de charge q, de masse m, pénètre dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ avec une vitesse $\vec{V_0}$ perpendiculaire à $\vec{B}$.

1.1 Montrer que le mouvement de la particule est à vitesse constante dans la région où règne le champ magnétique $\vec{B}$.

1.2 Montrer que la trajectoire est circulaire et est située dans un plan que l'on précisera. Donner l'expression littérale du rayon R de cette trajectoire.

2) Une chambre d'ionisation C produit des ions de masse m, de charge q, accélérés par une tension appliquée entre la chambre d'ionisation C et l'électrode K horizontal percée d'un trou O.

Passant en O avec une vitesse $\vec{V_0}$, les ions pénètre dans une région où règne un champ magnétique uniforme horizontal $\vec{B}$. La trajectoire décrite par les ions est telle qu'ils viennent frapper en $T_0$ la plaque photographique P située dans le plan horizontal passant par K (voir figure).

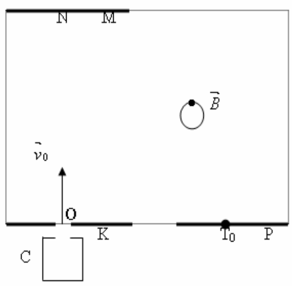
2.1 Exprimer en fonction de q, m, $v_0$ et B la distance $d_0 = OT_0$.

2.2 A l'entrée dans le champ $\vec{B}$ la valeur de la vitesse de l'ion est $v = v_0 + \Delta v$. L'ion frappe la plaque P en T. Exprimer en fonction de $d_0$, $v_0$ et $\Delta v$ la distance $D = TT_0$.

3) En réalité le faisceau d'ion n'est pas homocinétique, les valeurs des vitesses des ions sont comprises entre $v_0 - \Delta v$ et $v_0 + \Delta v$.

Exprimer littéralement les rayons $R_1$ et $R_2$ des trajectoires correspondant aux vitesses limites en fonction de q, m, $v_0$ et $\Delta v$.

Exprimer littéralement la distance entre les deux traces $T_1$ et $T_2$, puis calculer numériquement cette distance pour $\Delta v = 5.10^3$.




**Données** : $|q| = 3{,}2.10^{-19}$ C ; masse de l'ion m = 232 u ;

1 u = $1{,}66.10^{-27}$ kg ; $v_0 = 10^5$ m/s ; B = 0,20 T

4) On suppose au champ $\vec{B}$ un champ électrique uniforme $\vec{E}$.

Déterminer les caractéristiques de $\vec{E}$ pour recueillir sur la plaque M en N seulement les ions animés de la vitesse $v_0$ du faisceau non homocinétique précédent ( N est sur la même verticale que O).

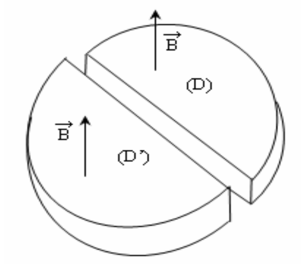
Qu'arrive-t-il aux particules de vitesse $v_0 - \Delta v$ ? De vitesse $v_0 + \Delta v$ ?

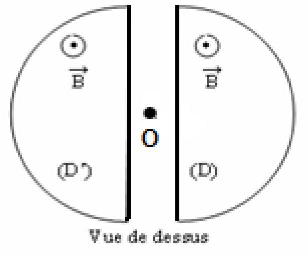
Le dispositif convient-il aussi bien pour les charges positives que pour les charges négatives ?

<u>Exercice 6</u> ***Cyclotron***

Un cyclotron est constitué par deux boîtes demi cylindriques D et D' à l'intérieur desquels on établit un champ magnétique de vecteur $\vec{B}$ .

Dans l'espace compris entre ces boîtes, on établit une tension alternative $U_{DD'}$ de valeur maximale U. Des ions positifs de charge q et de masse m sont injectés en O avec une vitesse négligeable mais non nulle.




1) La tension $U_{DD'}$ est positive.
   a) Exprimer l'énergie cinétique $E_c$ et la vitesse v de ces ions à leur première en D'. On suppose que les ions sont soumis au champ électrique d'intensité maximale.

*Application numérique :* Q = $3{,}2.10^{-19}$ C ; m = $0{,}33.10^{-26}$ kg ; U = $10^5$ V.

   b) Ces ions pénètrent alors dans D'. Quel est leur mouvement ultérieur ?

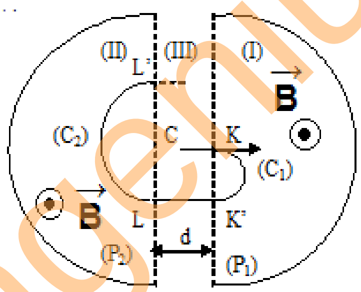
Exprimer le rayon R de leur trajectoire en fonction de B, q, U et m. Application numérique : $\|\vec{B}\|$ = 1 T.

2) Les ions ressortent de D'. on inverse la tension $U_{DD'}$ en conservant la valeur de U.

Etablir les expressions littérales :
   a) de leur vitesse et de leur énergie cinétique ;
   b) du rayon de leur trajectoire dans D. Plus généralement, exprimer le rayon de la trajectoire des ions en fonction de R et du nombre n de passage entre D et D'.
3) Le rayon du cyclotron étant de 49,5 cm, calculer le nombre total de tours décrit par ces ions et leur énergie cinétique (en eV) à leur sortie.

<u>Exercice 7</u> ***Cyclotron***

Dans un cyclotron, une particule de masse m et charge q, pénètre en C avec une vitesse négligeable, dans un espace (III) où règne un champ électrique $\vec{E}$ (cf.figure).Cet espace est limité par deux grilles planes ($P_1$) et ($P_2$), assimilables à deux plaques métalliques, distantes de d ; on applique entre ces grilles une tension électrique $U_{P2P1}$ positive.




La particule se déplace de C en K où son vecteur vitesse est $\vec{v_0}$ . Elle pénètre alors dans la région (I), décrit une trajectoire ($C_1$) et arrive en K'. De part et d'autre des grilles, dans les « dees » (régions (I) et (II), règne un champ magnétique uniforme et constant $\vec{B}$ perpendiculaire au plan de la figure.

1) a) Exprimer l'énergie cinétique de la particule en K', en fonction de m et $v_0$. Quel est le rôle du champ magnétique $\vec{B}$ ?
   b) Exprimer le rayon $R_1$ de la trajectoire ($C_1$) en fonction de m, q, $v_0$ et B.
2) Pendant que la particule était dans l'espace (I), le signe de la tension $U_{P2P1}$ a changé. Lors de son passage entre K' et L, la particule est animée d'un mouvement rectiligne uniformément accéléré. Exprimer son énergie cinétique en L en fonction de m, q, $v_0$ et U.

Quel est l'intérêt du passage de la particule dans (III) ?

3) La particule décrit ensuite la portion de trajectoire circulaire ($C_2$).
   a) Exprimer le rayon $R_2$ de la trajectoire ($C_2$) en fonction de m, q, $v_0$, B et U.
   b) Exprimer la durée du demi-tour KK'.
   c) En déduire la fréquence de la tension alternative $U_{P1P2}$ nécessaire pour accélérer la particule à chacun de ses passages entre les « dees ».
4) Un cyclotron a un diamètre maximal utile de 52 cm.
   a) Calculer en MeV, l'énergie cinétique maximale des protons accélérés par ce cyclotron lorsque la fréquence de l'oscillateur électrique qui accélère les protons entre chaque « dees » est de 12 mégahertz. Quelle est alors la valeur du champ magnétique $\vec{B}$ produit par l'électroaimant ?
   b) L'amplitude de la différence de potentiel alternative appliquée entre les deux « dees » est de

200 kV. Calculer le nombre de tours effectués par les protons pour atteindre leur énergie cinétique maximale.

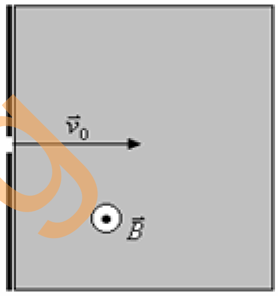
c) Avec le même cyclotron, on accélère des deutons ($m_d = 2\ m_p$) ou des particules α ($m_\alpha \approx 4\ m_p$). Les deutons possèdent une charge élémentaire +e, les particules α une charge +2e.

Quelles sont les énergies maximales atteintes par ces deux particules lorsqu'on maintient la fréquence à 12 Mhz ?

Données : 1 MeV = $1,6.10^{-13}$ J ; $m_p = 1,67.10^{-27}$ kg (masse du proton).

## Exercice 8

On se propose de déterminer la charge massique $\frac{e}{m}$ de l'électron, c'est-à-dire le rapport de la valeur absolue de sa charge à sa masse. Cela a pour but d'évaluer la masse de l'électron, sa charge ayant été déterminée par une autre expérience (expérience de Millikan). On néglige le poids de l'électron devant les autres forces.




On envoie un pinceau d'électrons dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$. Tous les électrons du pinceau entrent dans le champ magnétique en un même point O avec la même vitesse $\vec{v}_0$ perpendiculaire à $\vec{B}$ (voir fig. ).

1) Démontrer que chaque électron du pinceau prend, dans le champ magnétique, un mouvement circulaire uniforme dans un plan que l'on précisera. Exprimer le rayon R de l'arc de cercle décrit en fonction de m, $v_0$, e et B.

2) Dans une deuxième expérience, on superpose au champ magnétique uniforme $\vec{B}$ un champ électrique uniforme $\vec{E}$ perpendiculaire à la fois à $\vec{v}_0$ et à $\vec{B}$, de telle façon que le mouvement des électrons soit rectiligne.

2.1. Démontrer que le mouvement rectiligne des électrons est nécessairement uniforme.

2.2. Préciser le sens de $\vec{E}$, le sens de $\vec{B}$ étant celui indiqué sur la figure.

2.3. Trouver une relation entre $v_0$, E et B.

3)

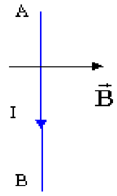
3.1. Exprimer $\frac{e}{m}$ en fonction de E, R et B. On mesure R = 15 cm ; sachant que B = $10^{-3}$ T et E = $2,65.10^{4}$ V.m$^{-1}$, évaluer numériquement $\frac{e}{m}$ en unités S.I.

3.2. En déduire la valeur de la masse m de l'électron sachant que la valeur trouvée pour e dans l'expérience de Millikan est e = $1,60.10^{-19}$ C.

# Loi de Laplace.

## Exercice 1

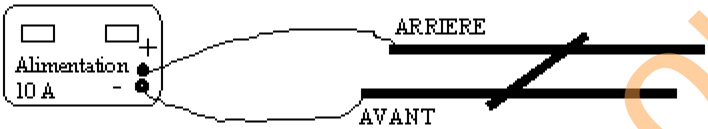
Le conducteur rectiligne AB est parcouru par un courant continu et plongé dans le champ magnétique $\vec{B}$.




Quels sont la direction et le sens de la force de Laplace à laquelle il est soumis : donner la réponse par une phrase, puis représenter cette force sur le schéma.

## Exercice 2

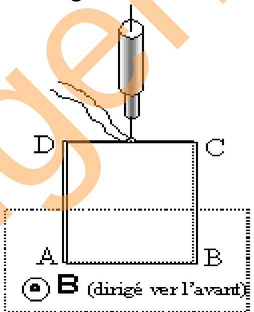
Une tige de cuivre peut rouler sur des rails de cuivre horizontaux. L'ensemble est alimenté en courant continu. La tige se déplace vers la droite.




- Représenter le vecteur champ magnétique auquel elle est soumise.
- Calculer la valeur de l'intensité de cette force lorsque le champ magnétique a une valeur de 0,2 T, le courant une intensité de 10 A, et que l'écartement des rails est de 8 cm.

## Exercice 3

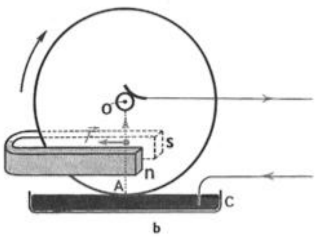
Un cadre rectangulaire indéformable ABCD est formé par un fil conducteur enroulé sur du carton. Le fil peut être relié à un générateur. L'enroulement comporte 100 spires rectangulaires bobinées sur le carton. Il est suspendu à un dynamomètre. Sa partie horizontale inférieure AB est immergée dans un champ magnétique uniforme B horizontal, orthogonal à AB et dirigé vers l'avant.




1) Montrer que les forces électromagnétiques agissant sur les portions CB et DA immergées dans le champ magnétique sont opposées, quel que soit le sens du courant dans l'enroulement.
2) Lorsque l'intensité I du courant dans l'enroulement est nulle, le dynamomètre indique 1,9 N. Pourquoi ?
3) On fait passer un courant d'intensité I = 10,0 A : le dynamomètre indique 2,5 N. Déterminer la valeur de la force électromagnétique qui agit sur la portion AB du cadre, ainsi que la direction et le sens de cette force, et le sens du courant.
4) Quelle sera l'indication du dynamomètre si l'on inverse le sens du courant ? Justifier.

## Exercice 4

La roue est placée dans un champ magnétique uniforme B perpendiculaire au plan de la roue. Le contact en A est ponctuel et le courant traverse la roue suivant le rayon OA.

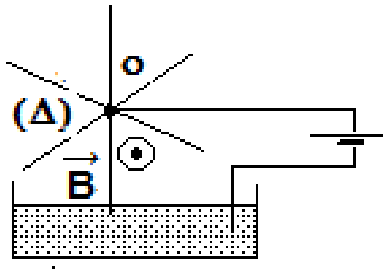


Calculer

1) La force de Laplace résultante
2) Son moment par rapport à l'axe de rotation
3) La puissance du moteur ainsi constitué lorsque la roue effectue n tours par seconde.
   **On donne :** $B = 2.10^{-2}$ T ; R = 10 cm ; I = 12 A ; n = 3.

Exercice 5

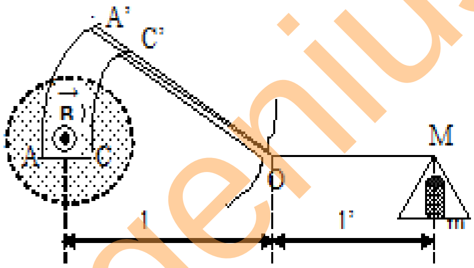
Soit le dispositif suivant : une roue mobile autour d'un axe horizontal (Δ) est constituée de rayons rigides en cuivre de longueur R régulièrement répartis. Le dispositif est plongé dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ .




1) Expliquer pourquoi on observe un mouvement de rotation. Préciser son sens.
2) La vitesse de rotation est 90 tours/minute. Calculer la puissance développée par la force électromagnétique, supposée appliquée au milieu d'un rayon.
   **On donne :** $B = 2.10^{-2}$ T ; R = 10 cm ; I = 6 A.

Exercice 6

MOA' est un levier coudé qui porte une plaquette isolante A'AC'C. Un fil conducteur est appliqué le long de OA'AC'CO ; AA' et CC' sont des arcs de cercles de centre O.
La balance est mobile autour de l'axe O, perpendiculaire au plan de la figure et en équilibre en l'absence de courant.




**On donne :** AC = 2 cm ; g = 9,8 $m.s^{-2}$ ; l = l'.

Le champ magnétique $\vec{B}$ est uniforme, horizontal, perpendiculaire à AC.

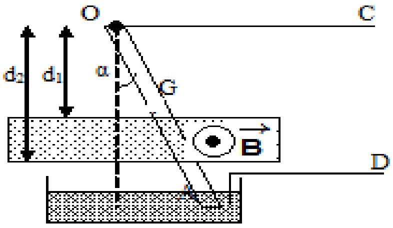
1) Préciser sur la figure les forces agissant sur la balance, ainsi que le sens du courant circulant dans le fil conducteur.
2) Ecrire la condition d'équilibre de cette balance. Montrer que $m = \frac{BdI}{g}$ , où d = AC.
3) Afin de déterminer la valeur de $\vec{B}$ , on a fait les mesures suivantes pour différentes valeurs de I :

| I (A) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| m (g) | 0 | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1 |

- Tracer le graphe représentant m en fonction de I en choisissant une échelle appropriée.
- En déduire la valeur du champ $\vec{B}$ .

Exercice 7

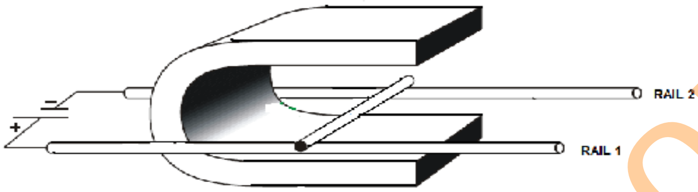
Un conducteur rectiligne et homogène OA, de masse m = 12 g et de longueur l = OA = 36 cm, est suspendu par son extrémité supérieure O à un point fixe. Le conducteur peut tourner librement autour de O. Les bornes C et D sont reliées à un générateur qui maintient dans le conducteur un courant d'intensité I = 7,5 A.
Le conducteur OA s'écarte de sa position d'équilibre d'un angle α = 5,3° sous l'action d'un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ (comme indiqué sur la figure).




1) On suppose que A est situé au voisinage de la surface du mercure. Donner la polarité des bornes C et D.
2) Calculer la valeur B du champ magnétique. **On donne :** $d_1$ = 20 cm ; $d_2$ = 25 cm.

Exercice 8

Deux rails conducteurs rectilignes sont disposés horizontalement comme indiqué sur la figure. Ils sont distants de L=10 cm. Une tige de cuivre de masse m=20 g est libre de se déplacer sur ces deux rails et assure le contact électrique. L'ensemble est placé à l'intérieur d'un aimant en U qui crée un champ magnétique uniforme B vertical et de valeur B=100 mT.




Si la tige est parcourue par un courant I, elle se déplace de la gauche vers la droite. Représenter et nommer la force responsable de ce déplacement.

1) Indiquer le sens du courant sur le schéma puis en déduire le sens du champ magnétique dans l'aimant.
2) Calculer la valeur de la force F lorsque I=2,00 A.
3) A l'instant t=0, la tige est placée à l'extrémité gauche des rails et le circuit est fermé. Faire l'inventaire des forces agissant sur la tige et les représenter sur un schéma. Les forces de frottements seront notées f.
4) On s'intéresse à la phase d'accélération pendant laquelle la tige parcourt 2,0 cm de rail. La force F=0,02 N et on peut négliger les frottements. Calculer le travail de chacune des forces pendant cette phase.
5) Quelle est la variation d'énergie cinétique pendant cette phase ?
6) En déduire la vitesse de la tige à la fin de cette phase d'accélération.
7) que vaut la variation d'énergie potentielle de pesanteur lors de cette accélération ?
8) Après avoir accéléré, on ne peut plus négliger les forces de frottements et la tige possède alors une vitesse constante. En déduire la valeur de la force f de frottements.

Exercice 9

Deux rails conducteurs rectilignes sont disposés horizontalement, parallèles entre eux et sont distants d'une longueur L=10cm. Une tige de cuivre cylindrique de masse m=30g est libre de rouler sur ces deux rails et assure entre eux un contact électrique. La résistance électrique du circuit ainsi formé est négligeable. Cette tige est placée dans l'entrefer de l'aimant en U qui crée un champ magnétique uniforme et vertical autour de la tige. Sa valeur est B=100mT. Les deux rails sont reliés aux bornes d'un générateur continu de force électromotrice E=12V et de résistance interne r = 1ohm.

1) Faire le schéma du dispositif en indiquant le sens du courant, du champ magnétique, de la force de Laplace.

2) Quelle est la valeur de la tension électrique aux bornes du générateur ? Calculer la valeur de l'intensité I du courant dans la tige.

3) Calculer la valeur de la force de Laplace qui s'exerce sur la tige.

4) Les rails sont, à présent, inclinés d'un angle de 10° par rapport à l'horizontale. L'intensité I' du courant dans la tige est suffisante pour qu'elle reste immobile sur les rails.

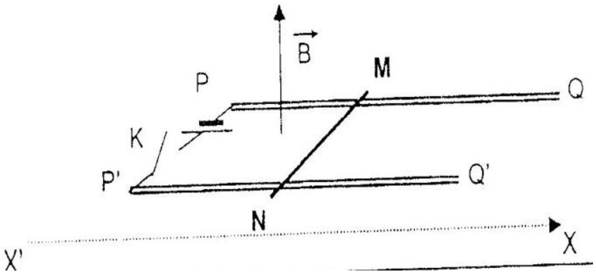
Ecrire la relation entre les forces agissant sur la tige, en projection sur un axe perpendiculaire à la tige.

5) Calculer la valeur de l'intensité I'. En déduire la valeur de la résistance R du rhéostat qu'il faut placer en série avec les rails pour obtenir cette intensité avec le générateur utilisé.

Exercice 10

**1. Rails horizontaux**

On dispose de deux rails conducteurs, parallèles PQ et P'Q', distants de l = 5cm et situés dans un plan horizontal. Une barre métallique MN de masse m = 10g est posée perpendiculairement aux rails et peut s'y mouvoir. L'ensemble est plongé dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ vertical et ascendant d'intensité B = 0,5T. Les extrémités P et P' sont reliées par un générateur en série avec un interrupteur k délivrant un courant continu d'intensité I. (voir figure).




a) A t = 0, on ferme l'interrupteur k. On observe que la tige se met en mouvement : Expliquer et donner le sens du mouvement.

b) Au cours de son mouvement, la tige est soumise entre autres forces, à une force de frottement de la forme $\vec{f}$ = -h$\vec{v}$ (α est une constante positive et v la vitesse de la tige à l'instant t). En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que la vitesse de la tige obéit à l'équation différentielle :

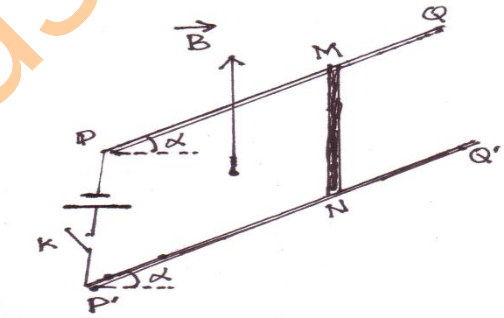
$$\frac{dv}{dt} + \frac{h}{m}\mathbf{v} = \frac{BIl}{m}$$

c) En tenant compte de la condition initiale, résoudre l'équation différentielle et donner la loi de variation de la vitesse en fonction du temps : v = f(t).

d) Montrer que cette vitesse tend vers une vitesse limite $v_L$ que l'on exprimera en fonction B, I, l et h.

2. **Rails inclinés**

On incline le plan des rails d'un angle α=30° par rapport à l'horizontal . P et P' étant toujours reliés au générateur. le circuit est fermé par la tige MN de masse m, perpendiculaire à la direction des rails, pouvant se déplacer cette fois ci sans frottement et l'ensemble étant toujours dans le champ $\vec{B}$ vertical ascendant voir figure.

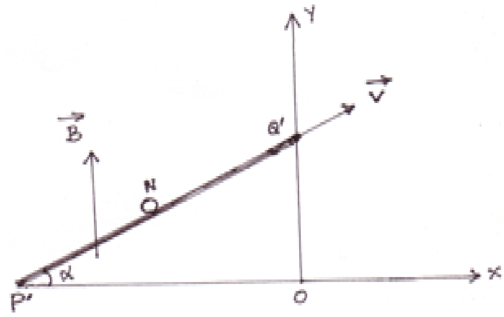



a) On veut d' abord que la tige reste en équilibre. Préciser le sens du courant dans la tige MN et sur un schéma **vu de profil,** représenter toutes les forces qui s'exercent sur la tige. Calculer l'intensité $I_0$ du courant I permettant l'équilibre de la tige.

b) On fait varier l'intensité du courant , on donne I = $I_1$ = 5 A et g = 10 m.s$^{-2}$. P' Q'= d = 1m
   - Calculer l'accélération de la tige après un parcours de 1 m .
   - Calculer la vitesse de la tige après un parcours de 1 m sachant que sa vitesse initiale est nulle.
   - En réalité la tige arrive avec une vitesse de 1 m.s$^{-1}$ .En déduire l'intensité des forces de frottement supposées constantes.

**3. Mouvement de la tige dans le champ de pesanteur**

Après le parcours sur le plan incliné, la tige quitte le plan au point Q' avec une vitesse V=1m.s$^{-1}$.
On assimilera la tige à un point matériel




a) Etablir l'équation de la trajectoire de la tige dans le repère indiqué sur le schéma.
b) En quel point et à quelle date la tige touche t-elle le sol ?
c) Déterminer la hauteur maximale atteinte par la tige

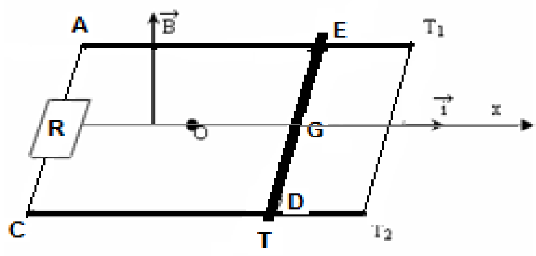
# Induction magnétique- Etude d'un dipôle (R, L).

## Exercice 1

Une tige T se déplace sans frottement à la vitesse constante $\vec{v} = v\,\vec{i}$ sur deux glissières rectilignes $T_1$ et $T_2$, horizontales et parallèles, distantes de $\ell$. la tige T est perpendiculaire aux glissières (**voir figure**).

On exerce une force $\vec{F} = F\,\vec{i}$ .

La tige, les glissières et la résistance R constitue un circuit électrique, lequel est placé dans un champ magnétique uniforme vertical $\vec{B}$ d'intensité B = 0,4 T




1) Expliquer pourquoi il apparaît un courant induit dans le circuit.
2) Quel est le sens du courant induit ?
3) Le circuit est orienté dans le sens du courant induit.

Montrer que le flux du champ magnétique à travers la surface délimitée par le circuit s'écrit :

$\Phi = \Phi_0 + at$, où a est une constante que l'on déterminera.

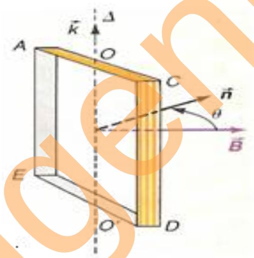
4) En déduire la f.e.m. induite e dans le circuit et l'intensité du courant. (On négligera la résistance des rails et de la tige devant R.)

5) Analyser les forces qui s'exercent sur la tige. Quelle force $\vec{F}$ doit-on exercer sur la tige pour maintenir sa vitesse constante ?

6) Application numérique : $\ell$ = 12 cm ; v = 2 m/s ; R = 2 Ω. Calculer e et $\|\vec{F}\|$.

## Exercice 2

Principe de l'alternateur : un cadre indéformable ACDE, d'aire S, comportant N spires, peut tourner autour d'un axe Δ passant par les milieux des côtés AC et DE. Ce cadre est placé dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ orthogonal à Δ. Les spires sont orientées dans le sens ACDE.




La normale au plan du cadre fait un angle θ, orienté autour de l'axe $(\Delta, \vec{k})$, avec la direction du champ $\vec{B}$ .

1) Calculer le flux du champ magnétique à travers une spire, puis à travers l'ensemble de la bobine.
2) La bobine tourne à la vitesse angulaire constante ω autour de Δ.

Montrer qu'il apparaît dans la bobine une f.e.m induite sinusoïdale. Préciser l'amplitude de cette f.e.m.

3) Application numérique : N = 150 ; S = 900 $cm^2$ ; B = 0,6 T ; ω = 3 000 tr/min.

Calculer l'amplitude de la f.e.m.

## Exercice 3

Une barre de cuivre MN, homogène, de masse m et de longueur l, peut glisser, sans frottement, le long de deux rails métalliques AC et A'C' contenu dans un plan incliné d'un angle α par rapport au plan horizontal (**voir figure.1**). Pendant tout le mouvement, la barre MN reste perpendiculaire aux rails AC et A'C' et maintient avec eux le contact électrique en M et en N.

On donne : l = 0,1 m ; g = 9,8 $m/s^2$ ; m = $2.10^{-2}$ kg ; α = 20°.

1) La barre MN est lâchée sans vitesse initiale sur le plan incliné. Après un parcours de longueur L, la mesure de sa vitesse v = 2,8 m/s ; Calculer L.
2) Les points A et A' sont maintenant reliés par un fil de résistance R = 0,2 Ω, les résistances électriques des rails et de la barre étant négligeables. Lorsque la barre a parcourue la distance L, elle pénètre, à l'instant t = 0, avec la vitesse v = 2,8 m/s dans une région de l'espace où règne un champ magnétique uniforme, vertical, ascendant, d'intensité B = 1 T ( voir figure.2)
    a) Quelle est l'intensité $I_0$ du courant qui apparaît dans le circuit A'AMN à l'instant t = 0 ? Indiquer sur un schéma très clair le sens de ce courant.

b) Quelles sont les caractéristiques de la force électromagnétique $\vec{F_0}$ qui s'exerce sur la barre à l'instant t = 0 ?

c) Faire le bilan des forces qui s'exerce sur la barre à l'instant t = 0 et montrer que l'accélération $\vec{a}$ est de sens opposé à $\vec{v}$ . expliquer qualitativement comment varie l'intensité du courant lorsque la barre continue à se déplacer dans le champ magnétique et comment évolue le mouvement, les rails étant supposé suffisamment longs.

3) La barre, toujours sur ses rails inclinés de α = 20°, acquiert maintenant dans le champ $\vec{B}$ un mouvement rectiligne uniforme de vitesse $\vec{v_1}$ .

a) Quelle est alors l'intensité de la force électromagnétique $\vec{F_1}$ qui agit sur la barre ?
b) Calculer l'intensité $I_1$ du courant induit et la valeur $v_1$ de la vitesse.

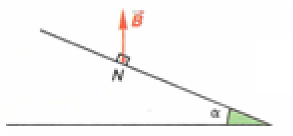


Fig 1.

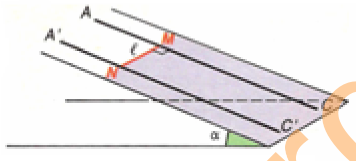
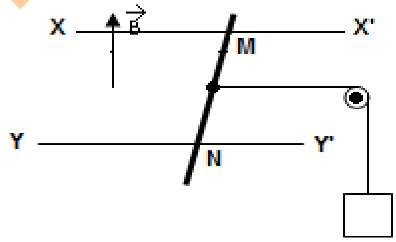


Fig 2.

Exercice 4

On considère le dispositif ci-contre :

- XX' et YY' sont deux rails conducteurs situé dans le même plan horizontal et distant de d. Entre eux règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ vertical ;
- MN est une tige de cuivre posée perpendiculairement aux rails, sa masse est μ ;
- f est un fil inextensible de masse négligeable ;
- c est une poulie de masse négligeable ;
- m est une masse marquée.

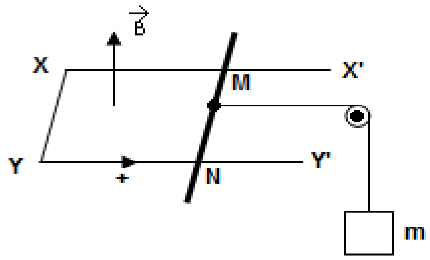



La barre est lâchée sans vitesse à la date 0.

1) a) Donner l'expression à la date 0 de l'accélération $a_0$ de son mouvement.
   b) Montrer qu'il va apparaître entre M et N une tension. Expliquer.
2) Les points X et Y sont maintenant reliés par un conducteur.

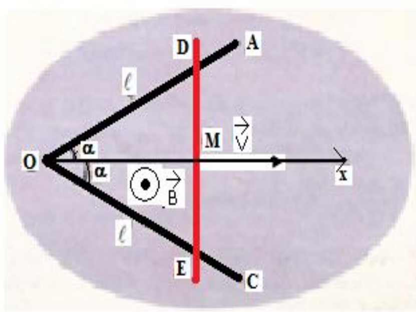
La tige immobilisée de nouveau est lâchée sans vitesse à la date 0.

- Donner à une date t > 0 l'expression de la f.e ;m. (e) induite, la vitesse à cet instant étant v.
- Donner l'expression de l'intensité I du courant, la résistance du circuit est supposée constante égale R.
- Donner l'équation différentielle de la vitesse.




Exercice 5

Une barre conductrice DE glisse sans frottement sur deux rails métalliques OA et OC horizontaux, d'un mouvement de translation uniforme de vecteur $\vec{v}$ horizontal. L'ensemble constitue un circuit déformable, ayant la forme d'un triangle équilatéral. Le circuit est plongé dans un champ magnétique de vecteur $\vec{B}$ perpendiculaire au plan du circuit.




1) Après avoir rappelé la loi qui permet de déterminer le sens du courant induit, indiquer le clairement sur un schéma. On orientera positivement le circuit dans le sens du courant.
2) La position du milieu M de la barre DE est repérée sur l'axe x'Ox par son abscisse x = OM. Donner l'expression du flux magnétique à travers le circuit en fonction du temps t. En déduire celle de la f.e.m induite.
3) Au cours du déplacement la résistance R du circuit varie. Soit r la résistance par unité de longueur.

3.1 Montrer que l'intensité i du courant induit ne dépend pas du temps.

<u>On donne</u> : B = 0,3 T ; r = 0,1 Ω.$m^{-1}$ ; V = 0,5 m.$s^{-1}$ ; $\alpha = 25°$.

3.2 Calculer la quantité d'électricité transportée par le courant induit entre la date t = 0 s (date de passage de M en O) et la date $t_1$ (date où D et E sont confondus avec A et C).

<u>On donne</u> : l = OA = OC = 1 m.

4) Donner l'expression de la force de Laplace s'exerçant à un instant t sur le conducteur en mouvement. Calculer sa valeur lorsque $t = t_1$.
5) Calculer le travail effectué par l'expérimentateur entre les instants t = 0 et $t = t_1$.

Exercice 6

1) Calculer l'inductance d'un solénoïde de 40 cm de longueur, 20 $cm^2$ de section et comportant 1 000 spires, en supposant que le champ est uniforme à l'intérieur.
2) Le flux propre qui passe à travers une bobine est de $2.10^{-3}$ Wb lorsqu'elle est traversée par un courant d'intensité 2 A. Quelle est son inductance.

Exercice 7

1) Calculer l'inductance L d'un solénoïde formé de 1 000 tours de fil uniformément enroulé sur un tube de carton de 50 cm de longueur et de 4 cm de diamètre.
2) Si on produit une variation de 1,5 en 0,02 s du courant qui traverse le solénoïde, quelle est le f.e.m. moyenne induite ?
3) Le coefficient L a-t-il en réalité une valeur supérieure ou inférieure à celle qui a été calculée ?

Exercice 8

A l'aide de bobines de Helmholtz, On crée un champ magnétique dont les lignes de champ sont des droites parallèles, mais dont l'intensité varie en fonction du temps, selon la loi :

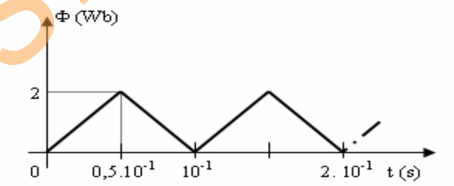
$$B = B_0 \cos \omega t$$

On place dans ce champ une petite bobine plate de diamètre 8 cm et comportant 100 spires. L'axe de cette bobine est orthogonal aux lignes de champ. Calculer l'amplitude de la f.e.m. induite dans cette bobine

**Données** : $B_0 = 0{,}05$ T ; $\omega = 50$ rad/s

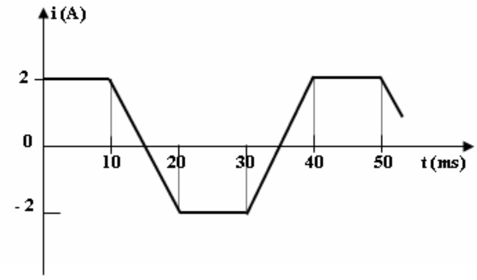
Exercice 9

Le flux magnétique Φ à travers une bobine varie en fonction du temps (voir figure ci-contre).
Calculer la f.e.m. induite. Représenter graphiquement la variation de la tension aux bornes de la bobine en fonction du temps.




Exercice 10

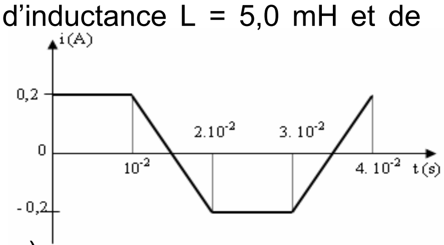
Le graphique représente la variation au cours du temps de l'intensité i qui traverse une bobine d'inductance L = 40 mH et de résistance négligeable.




1) Calculer les valeurs prises par la f.e.m. d'auto-induction e depuis l'origine des dates jusqu'à l'instant t = 40 ms.
2) Représenter graphiquement e en fonction du temps.
3) Déterminer la tension $U_{AB} = U_L$.
4) Représenter graphiquement l'énergie emmagasinée dans la bobine en fonction du temps. Calculer la valeur maximale $\varepsilon_m$ de cette énergie.

Exercice 11

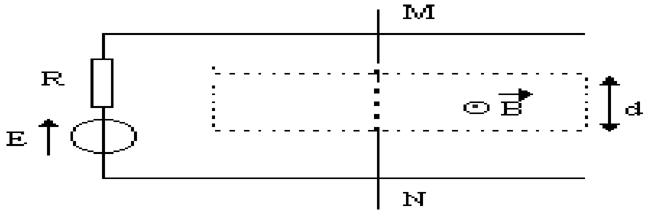
Une portion de circuit (A,B) est constituée d'une bobine sans noyau, d'inductance L = 5,0 mH et de résistance r = 2,0 Ω. La bobine est orientée de A vers B.




1) Calculer la variation du flux propre à travers la bobine quand elle est parcourue par un courant d'intensité i = 0,20 A.
2) La bobine est parcourue par un courant dont l'intensité varie avec le temps (**voir figure**).
   a) Pour quels intervalles de temps y a-t-il variation du flux propre à travers la bobine ? on se limitera aux instants t tels que $0 \leq t \leq 0{,}04$ (en s)
   b) En déduire que la bobine est le siége d'une f.e.m. d'auto-induction e, dans certains intervalles de temps que l'on précisera. Calculer cette f.e.m. dans chaque cas.
   c) Donner l'expression littérale de la tension $U_{AB}$ aux bornes de la bobine. Représenter graphiquement la variation de cette tension en fonction du temps. (préciser les échelles choisies).

Exercice 12

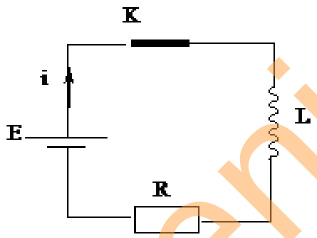
Considérons deux conducteurs parallèles formant un "rail de Laplace" sur lequel peut se déplacer une barre mobile conductrice MN selon le schéma ci-dessous (vue de dessus) .Le générateur a une f.é.m E = 5 V et une résistance interne R = 5 ohm , la barre MN de longueur totale L= 0.12 m a une résistance négligeable ; elle crée un court-circuit en refermant le circuit entre les deux rails. On place MN dans l'entrefer d'un aimant en U ( de largeur d = 4 cm ) où règne un champ magnétique uniforme de norme B = 0.1 T




1) Expliquez ( et justifiez à l'aide de quelques mots et d'éventuellement un schéma) comment on doit placer l'aimant en U pour obtenir le champ magnétique tel qu'il est représenté sur la figure par le vecteur $\vec{B}$,c'est à dire perpendiculaire au plan du schéma (ou des rails) et dirigé vers le haut.
2) Déterminez le sens et l'intensité du courant dans le circuit.
3) Déterminez en direction, sens et grandeur la force de Laplace agissant sur la barre MN. (aidez vous d'un schéma représentant les vecteurs significatifs)
4) La barre MN se déplace (à vitesse considérée constante) dans le champ magnétique sur une longueur de 6 cm dans le sens impliqué par la force de Laplace.
4.1 Déterminer le flux coupé par la barre
4.2 En déduire le travail exercé lors de ce déplacement de la barre MN.
5) Quelle est alors la force électromotrice induite dans le circuit si le parcours a lieu en 1ms
Représentez cette force électromotrice e
6) En conclusion , commentez le sens de la force électromotrice induite et les conséquences de son action dans le circuit.

Exercice 13 :

1) Le circuit ci-dessous comporte, associés en série, un générateur de f.é.m E = 12 V, un conducteur ohmique de résistance négligeable et une bobine inductive.




a) Déterminer l'équation différentielle par rapport à l'intensité i.
b) Vérifier que la solution de cette équation différentielle est de la forme **:** i (t) = A. (1 – $e^{-t/\tau}$) ;
**A** et $\boldsymbol{\tau}$ sont des constantes que l'on explicitera.

2) A l'aide d'un ampèremètre placé dans le circuit, on mesure l'intensité du courant qui traverse le circuit en fonction du temps ; on obtient les résultats suivants :

| t(ms) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I(A) | 0 | 0,27 | 0,47 | 0,63 | 0,76 | 0,86 | 0,93 | 0,99 | 1,04 | 1,10 | 1,14 | 1,16 | 1,18 | 1,19 |

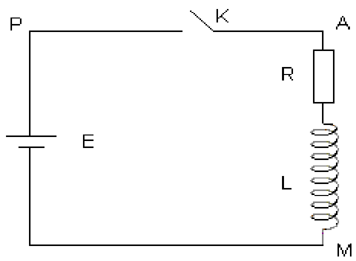
3)
a) Tracer le graphe i = f(t). Echelle : 1cm pour 0,10 A.
b) Montrer que la tangente à la courbe d'équation i = f(t) à l'instant t = 0 coupe l'asymptote de cette courbe à l'instant t égal à $\tau$.
Evaluer la constante de temps du circuit et en déduire la valeur de l'inductance L

4) Montrer que l'expression littérale de l'auto-inductance de la bobine est $L = \mu_0 \frac{N}{l} \pi R^2$

où $l$=1m est la longueur de la bobine, R = 10cm le rayon des spires et N le nombre de spires. Calculer N

Exercice 14

On considère le montage suivant :

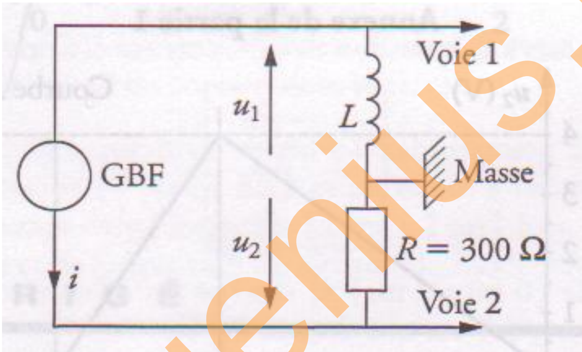


1) A la date t = 0, on relie K à P. Décrire brièvement ce qui va se passer.
Quel est le phénomène responsable du retard à l'installation du courant ?
2) Etablir l'équation différentielle reliant $i = i_{AM}$ à la date t. On appelle R la résistance totale du circuit.
3) Vérifier que $i = \frac{E}{R}\left[1 - e^{-\frac{R}{L}t}\right]$ est solution de cette équation différentielle.
Calculer la constante de temps $\tau = \frac{L}{R}$ du circuit. On donne R = 4,0 Ω , L = 120 mH.
4) Calculer la valeur de i aux dates 0,  , 5 $\tau$ et pour $t > 5\tau$ . On donne E = 12 V.
Tracer l'allure de la courbe donnant i en fonction de t. Montrer que la constante de temps $\tau = \frac{L}{R}$ du dipôle (L, R) est égale à la date pour laquelle la tangente à la courbe, tracée à l'origine des temps, coupe l'asymptote horizontale. Cette constante de temps $\tau$ caractérise le retard à l'établissement du courant dans le circuit.
5) Calculer l'énergie magnétique "stockée" dans la bobine à la date t = 0 puis en régime permanent (pour $t > 5\tau$).

Exercice 13 — Extrait du sujet de Bac : Polynésie, septembre 2002

**Partie 1.**

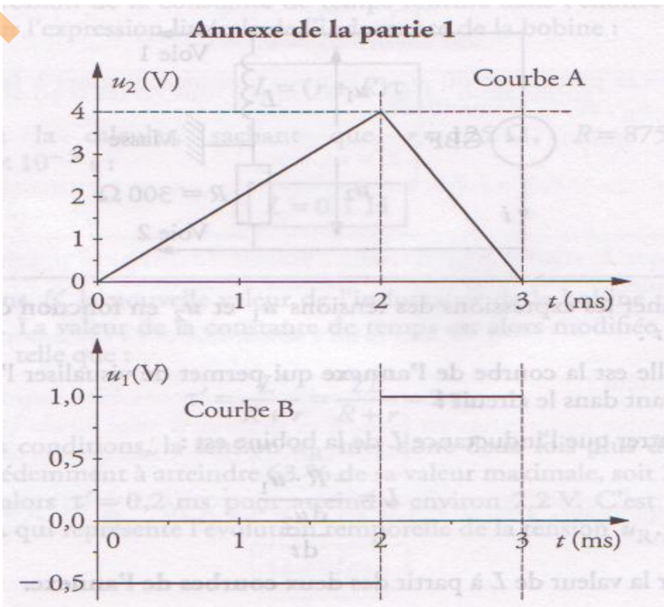
Le circuit comporte, en série, un conducteur ohmique de résistance R = 300 Ω et une bobine idéale (de résistance négligeable) d'inductance propre L.
Le courant imposé dans ce circuit est un courant en dent de scie délivré par un générateur basse fréquence.
On visualise, sur l'écran d'un ordinateur, les tensions $u_1$ et $u_2$ en fonction du temps.




1) Donner les expressions des tensions $u_1$ et $u_2$ en fonction de L, R, i et $\frac{di}{dt}$
2) Quelle est la courbe de **l'annexe** qui permet de visualiser l'intensité du courant dans le circuit ?
3) Montrer que l'inductance L de la bobine est :

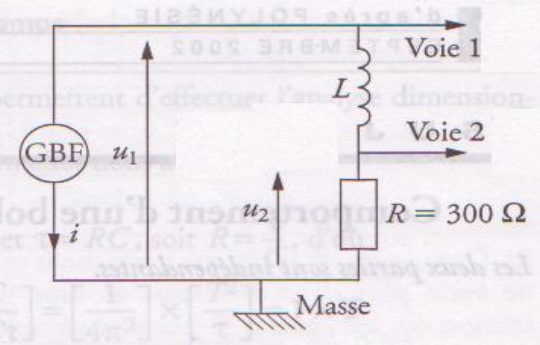
$$L = \frac{-R \cdot u_1}{\frac{du_2}{dt}}$$

Calculer la valeur de L à partir des deux **courbes de l'annexe**.



**Partie 2.**

Soit le montage dans lequel le G.B.F. délivre une tension créneau modélisant l'ouverture et la fermeture d'un circuit RL.



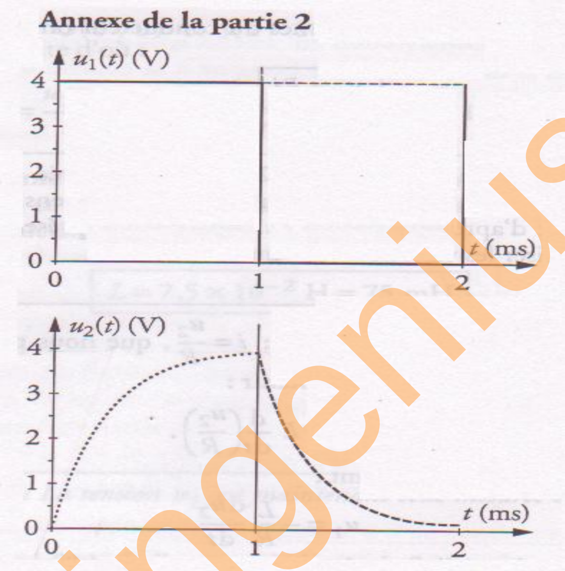

A partir des courbes de l'**annexe**, répondre aux questions suivantes :

1) Quel est le phénomène physique mis en évidence ?

2) Déduire la période et la fréquence de la tension d'alimentation du montage.

3) Donner un ordre de grandeur de la constante de temps du circuit RL en utilisant la méthode de votre choix.

4) En déduire un ordre de grandeur de la valeur de l'inductance L de la bobine.



# Etude du dipôle (R,C).

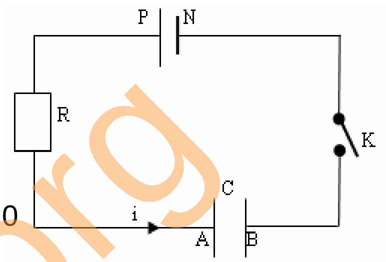
Exercice 1

Un condensateur de capacité C = 1 µF est chargée à l'aide d'un générateur de résistance interne négligeable délivrant une tension constante $U_{PN}$ = E = 10 V. La résistance de protection placée en série avec le condensateur vaut R = $10^4$ Ω.

A une date prise comme origine des temps t = 0, on ferme l'interrupteur K.

1) Etablir l'équation différentielle liant la charge $q_A$ de l'armature A, sa dérivée $\dot{q}_A$ , R, E et C. Résoudre cette équation.

2) Exprimer la tension $U_{AB}$ aux bornes du condensateur en fonction du temps. Vers quelle limite tende cette tension lorsque t →∞.




3) Tracer le graphe $q_A$ = f (t) avec les échelles :

1 ms → 5 mm
1 µF → 10 mm

4) Quelle grandeur électrique représente le coefficient directeur de la tangente à cette courbe à la date t ? Calculer cette grandeur à la date t = 0

5) Déterminer graphiquement l'abscisse $\tau$ du point d'intersection de la tangente à la courbe à l'origine avec l'asymptote horizontale. Quelle est la signification physique de $\tau$ ?

Exercice 2

Au cours de la charge d'un condensateur C à travers une résistance R à l'aide d'un générateur de tension de f.e.m E, on a relevé la tension $u_c$ aux bornes du condensateur en fonction du temps.

**Données :** R = 10 kΩ et E = 6 V.

| t(s) | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $u_c$(V) | 0 | 1,60 | 2,75 | 3,80 | 4,20 | 4,70 | 5,00 | 5,30 | 5,50 | 5,60 | 5,75 |

1) Établir l'équation différentielle décrivant l'évolution de $u_c$ .
2) Tracer $u_c$ = f(t).
3) Quelle est l'ordonnée de l'asymptote horizontale à cette courbe ? Interpréter ce résultat.
4) Mesurer graphiquement la constante de temps t .
5) Calculer C (justifier la formule utilisée par une étude dimensionnelle).
6) Calculer l'énergie emmagasinée par le condensateur après t = t s.
7) On refait la même expérience mais on change R, qu'observe-t-on si :

a) R double b) R diminue de moitié.

Calculer pour chaque cas l'énergie emmagasinée par le condensateur après t = t s.

Exercice 3

1) On charge un condensateur avec un générateur à courant constant délivrant une intensité de 0,1 mA. Un voltmètre électronique a permis de relever la tension aux bornes du condensateur à différentes dates :

| t (s) | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $U_{AB}$ (V) | 0 | 1 | 1,96 | 3 | 4 | 4,90 |

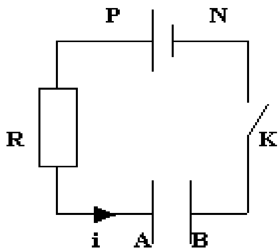
   a) Tracer $U_{AB}$ = f (t).
   b) Trouver la capacité du condensateur.

2) Etablir l'expression de l'énergie W emmagasinée dans le condensateur en fonction du temps.
   a) Tracer le graphe W = f (t).
   b) Vers quelles limites tendent théoriquement $U_{AB}$ et W lorsque t →∞ ?
   Ces limites sont-elles accessibles ? Pourquoi ?

Exercice 4: Charge d'un condensateur (1997)

On considère le circuit électrique schématisé ci-contre :un condensateur (A,B) de capacité C = 1 µF peut être chargé à l'aide d'un générateur de résistance interne négligeable et de force électromotrice E = 10 V. Un résistor de protection de résistance $R = 10^4\ ohm$ est placé en série avec le condensateur.

A la date t = 0, le condensateur étant non chargé, on ferme K. L'intensité instantanée i du courant est comptée positivement dans le sens qui pointe vers l'armature A (voir figure)




1) Etablir l'équation différentielle liant la charge q de l'armature A, sa dérivée première par rapport au temps $\frac{dq}{dt}$ et les constantes R, E et C.

2) Vérifier que : $= CE(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$ est solution de cette équation différentielle. Recopier et compléter le tableau suivant :

| $t(ms)$ | 0 | 2 | 6 | 10 | 14 | 18 | 22 | 26 | 30 | 40 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $q(\mu C)$ | | | | | | | | | | |

3) Tracer, alors, la courbe q = f(t) avec les échelles suivantes :

**Abscisses** : 1 cm pour 2 ms ; **Ordonnées** : 1 cm pour 1 µC

4)

4.1. Quelle est la grandeur électrique représentée par le coefficient directeur de la tangente à cette courbe à la date t ?

4.2. Déterminer graphiquement la valeur de cette grandeur à la date t = 0.

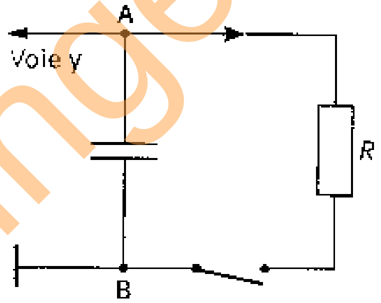
4.3. Quelle valeur de cette grandeur obtient-on à t = 0 à partir de l'expression de la charge q indiquée à la question 2 ? Comparer avec la valeur déterminée graphiquement.

5. Déterminer graphiquement puis par calcul la valeur de la constante de temps.

5.1. Exprimer la tension $u_{AB}$ aux bornes du condensateur en fonction du temps. Indiquer la limite supérieure de cette tension.

<u>Exercice 5</u>

Un condensateur de capacité C = 5,0 µF est initialement chargé sous une tension $U_{AB} > 0$, notée $U_0$. Le condensateur est branché dans un circuit représenté sur le schéma ci-après.




Les réglages de l'acquisition de la tension UAB sont les suivants :

- base de temps : 1 ms/div. ;
- sensibilité verticale : 1 V/div.

A l'instant t = 0, on ferme l'interrupteur.

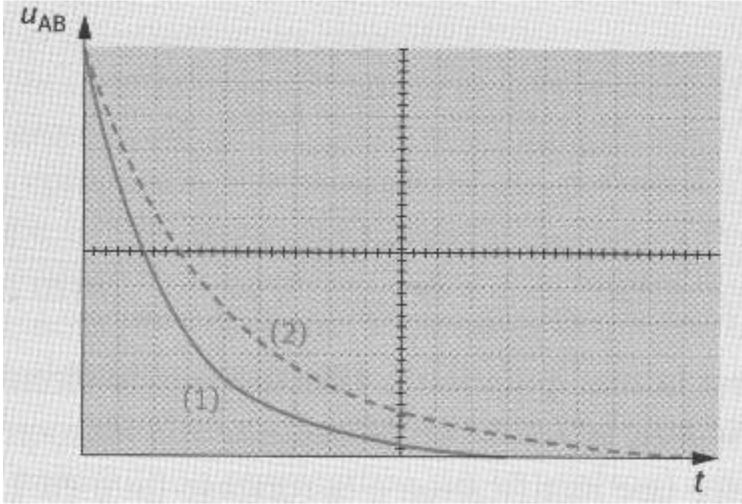
1) Etablir l'équation différentielle du circuit vérifiée par la tension $U_{AB}$ aux bornes du condensateur. Indiquer quelle est la condition initiale sur la tension $U_{AB}$.

2) Avec un conducteur ohmique de résistance $R_1$ = 500 Ω, on obtient la courbe 1 représentée sur le graphe ci-dessous. En effectuant la même opération avec un conducteur ohmique de résistance R2, on obtient la courbe 2 du graphe.

a) Indiquer la valeur de $U_0$.

b) Déduire de l'examen des deux courbes quelle résistance est la plus grande.

Proposer une méthode de détermination de $R_2$. Calculer sa valeur numérique. 3




3-a) Calculer l'énergie emmagasinée par le condensateur lors de sa charge.
3-b) En déduire la valeur de l'énergie dissipée par effet Joule dans le conducteur de résistance $R_1$ lorsque la décharge du condensateur est terminée.
3-c) Cette énergie est-elle différente avec la résistance $R_2$ ? Justifier la réponse.
4-a) Calculer la valeur de l'énergie dissipée par effet Joule dans le conducteur de résistance $R_2$ à la date t = 7,0 ms.
4-b) Cette énergie est-elle différente avec la résistance $R_1$ ? Si oui, est-elle plus grande ou plus petite qu'avec la résistance $R_2$ ?

<u>Exercice 6</u>

Un générateur de tension, de force électromotrice E, alimente un conducteur ohmique de résistance R= 100Ω et un condensateur de capacité C, associés selon le schéma représenté sur la figure 1 ci-dessous. Un oscilloscope numérique est utilisé pour suivre l'évolution temporelle de 2 tensions du circuit (en voie 1 et en voie 2). L'appareil n'est pas à entrées différentielles, la masse est donc commune aux deux voies.

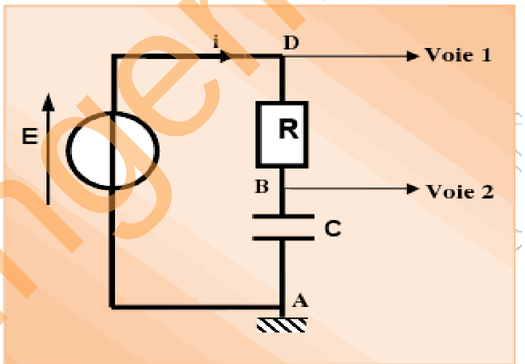
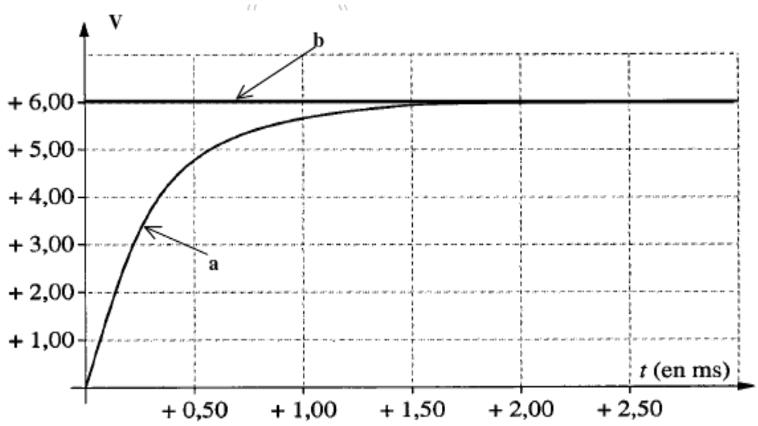



Figure 1.

A la date $t_0$ = 0 s, le condensateur étant préalablement déchargé, on ferme l'interrupteur K et l'oscilloscope enregistre les tensions dont les évolutions temporelles sont traduites par les courbes données figure 2.



1) Préciser les tensions (avec des lettres en indice), mesurées dans ce montage ; Indiquer sur le schéma la flèche-tension représentant en convention récepteur, la tension $u_c$ aux bornes du condensateur.
2) Des courbes a et b de la figure 2, quelle est celle qui correspond à la tension aux bornes du condensateur ? Justifier la réponse.
3) Evaluer, à partir de la figure 2, la durée Δt nécessaire pour charger complètement le condensateur.
4) Faut-il augmenter ou diminuer la valeur de R pour charger plus rapidement le condensateur ? Justifier la réponse par une argumentation d'ordre pratique et non théorique.
5. A partir de l'orientation du courant qui est indiquée sur la figure 1, établir l'équation différentielle du circuit, en $u_c$ (tension aux bornes du condensateur).
6) Montrer que $u_c = E(1 - e^{-t/\tau})$ est solution de l'équation différentielle si $\tau$ correspond à une expression que l'on déterminera.
7) Calculer la valeur du rapport $\frac{U_c}{E}$ lorsque $t = \tau$ ; utiliser ce résultat pour déterminer sur la figure 2 la valeur de $\tau$ et calculer la valeur de la capacité C du condensateur.
8) Calculer la valeur du rapport $\frac{U_c}{E}$ lorsque $t = 5\tau$ ; comparer ce résultat à celui de la question 3 et conclure.
9) En respectant l'orientation du courant qui est indiquée sur la figure 1, établir l'expression de i(t). En déduire l'allure de la courbe i = f(t) en précisant sa valeur initiale i0 à l'instant t = 0.
L'allure de cette courbe pourrait être fournie par une tension ; laquelle ? Cette tension est-elle observable avec le montage proposé ? Refaire un schéma modifié, permettant d'observer cette tension et la tension aux bornes du circuit RC, en précisant les branchements (voies 1, 2 et masse) de l'oscilloscope.
10) Lorsque le condensateur est totalement chargé, on ouvre l'interrupteur K et on court-circuite le circuit RC en reliant par un fil les points A et D. En conservant l'orientation du courant de la fig.1, indiquer l'allure de la courbe montrant l'évolution temporelle de $u_C$ pendant la décharge, puis sur un autre graphique, l'allure de la courbe montrant l'évolution temporelle de l'intensité i(t), en justifiant leur signe. Des deux grandeurs $u_C$ (t) et i(t), quelle est celle qui n'est pas une fonction continue du temps ?

# Oscillations électriques libres et oscillations électriques forcées

Exercice 1 :

On réalise le montage schématisé ci-dessous (**fig. a**). Un ordinateur couplé à une interface permet de visualiser la tension aux bornes du condensateur.

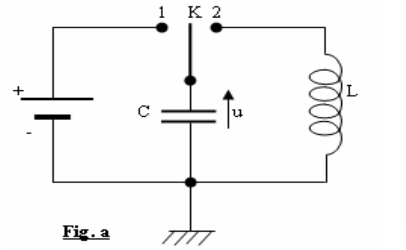


Fig. a

La capacité du condensateur est C = 0,1 μF, et l'inductance L de la bobine est inconnue.

1) On place l'interrupteur K dans la position 1. Que se passe-t-il pour le condensateur ?

On place ensuite K en position 2. On observe alors sur l'écran la courbe suivante (**fig. b**) :

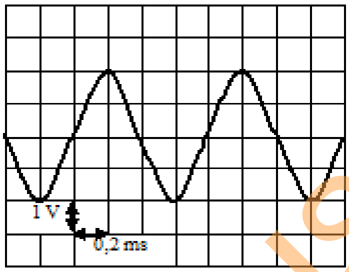


Fig. b

Quel phénomène représente-t-elle ?

Quelle est la valeur de la pseudo-période ?

L'amortissement est considéré comme négligeable dans la suit de l'exercice.

2) a) En déduire les expressions de la charge q du condensateur et de l'intensité i en fonction du temps. (On prend pour origine des temps à l'instant où q prend sa valeur maximale.) Représenter sur un même graphique les variations de q et de i.

b) Déterminer les énergies emmagasinées dans le condensateur et dans la bobine. Représenter graphiquement leurs variations en fonction du temps.

c) Calculer l'énergie totale du circuit.

Exercice 2 :

1) Un condensateur de capacité C est chargé sous une tension constante U (**fig.a**).

Calculer la charge Q portée par l'armature, ainsi que l'énergie emmagasinée $\varepsilon_e$.

**Application numérique** : C = $10^{-6}$ F ; U = 40 V.

2) Le condensateur C, chargé dans les conditions précédentes, est isolé, puis relié à une bobine d'inductance L.

La résistance du circuit est négligeable (**fig. b**).

a) On note q (t) la charge portée par l'armature A à la date t. L'intensité i (t) du courant est comptée positivement dans le sens indiqué sur la figure.

A partir de la courbe observée, exprimer u (t) en fonction du temps. Préciser la tension maximale et la pulsation.

b) Calculer l'inductance de la bobine.

c) Représenter graphiquement l'intensité i (t) pour t compris entre 0 et 3,5 ms.

d) Déterminer les énergie emmagasinées dans le condensateur et dans la bobine à l'instant t = 0,75 ms.

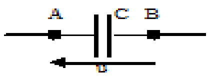


fig. a

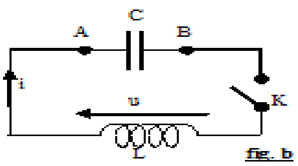
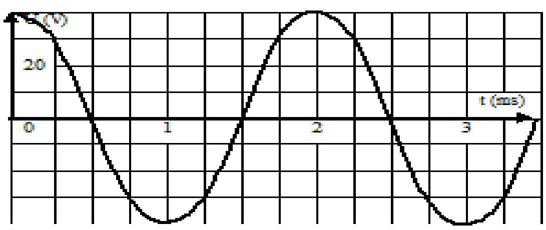
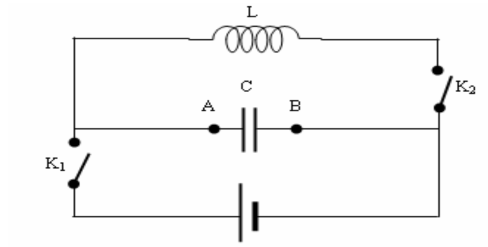


fig. b



Exercice 3 :

1) On charge un condensateur de capacité C = 12,5 µF et de résistance négligeable grâce à une batterie de f.e.m. 12 V (l'interrupteur $K_1$ est fermé et l'interrupteur $K_2$, ouvert).




Calculer la charge maximale du condensateur et préciser sur la figure l'armature qui s'est chargée positivement.

2) Ce condensateur peut ensuite se décharger dans une bobine d'inductance L = 0,8 H et de résistance nulle. Pour cela, on ouvre $K_1$ et, à la date t = 0, on ferme $K_2$.

a) Déterminer les valeurs $U_0$ de la tension $U_{AB}$ et l'intensité $i_0$ du courant dans le circuit (L, C) à la date t = 0.

   b) Etudier la variation de la tension $u_C$ aux bornes du condensateur en fonction du temps. Calculer la pulsation propre $\omega_0$ et la fréquence propre du circuit (L, C). Exprimer $u_C = u_{AB}$ en fonction de t, $\omega_0$ et $U_0$.

   c) On visualise $u_C$ sur l'écran d'un oscillographe. Le balayage horizontal correspond à $5.10^{-3}$ s.cm$^{-1}$ et la sensibilité verticale est 6 V.cm$^{-1}$. La largeur de l'écran est 8 cm. Représenter la courbe $u_C$ (t) que l'on observe sur l'écran.

   d) En réalité, la bobine a une résistance R. Dessiner une des allures que l'on peut observer sur l'écran. Quel est le rôle de R.

Exercice 4 :

On charge un condensateur de capacité C = 0,8 µF à l'aide d'un générateur de f.e.m. $e_0$ au moyen du circuit représenté figure a lorsque l'interrupteur est placé dans la position **1**. On le décharge ensuite dans une bobine, d'inductance L et de résistance négligeable, en basculant l'interrupteur en position **2**. Un ordinateur, couplé à un interface, permet de visualiser la tension aux bornes du condensateur. On observe le chronogramme représenté figure b.

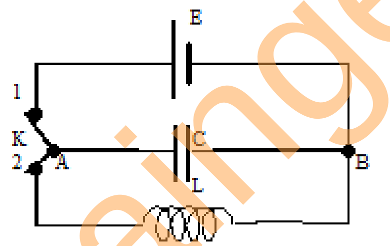



Fig a

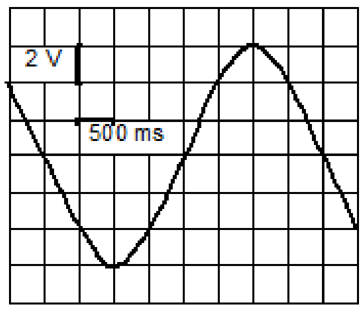



Fig b

1) Quelle est la charge maximale du condensateur ?
2) Quelle est l'énergie emmagasinée par le condensateur ?
3) Etablir une relation la charge q du condensateur, $\ddot{q}$ , L et C.
4) Quelle est la valeur de l'inductance L de la bobine ?
5) Quelle est la valeur de l'intensité maximale du courant ?
6) Comment serait modifié le chronogramme si la résistance du circuit n'était plus négligeable ?

Exercice 5:

On dispose d'une source de tension sinusoïdale de pulsation ω réglable dont la tension instantanée exprimée en volts est donnée par la tension : $u = 12\sqrt{2}\sin(\omega t)$.

1) A l'aide de cette source, on alimente une résistance et une bobine montée en série : la résistance vaut R = 300 Ω, celle de la bobine est négligeable et son inductance, inconnue, est notée L. Lorsque la pulsation du générateur est réglée à la valeur $\omega = 10^3$ rad.s$^{-1}$, l'intensité efficace du courant dans le circuit vaut I = 24 mA.

Calculer l'inductance L de la bobine. Calculer la phase φ de la tension u par rapport à l'intensité i du courant dans le circuit.

Ecrire alors, avec les unités convenables, l'expression de cette intensité i en fonction du temps.

2) On ajoute maintenant dans le circuit un condensateur, de capacité $C = 25.10^{-9}$ F, disposé en série avec la résistance de la bobine.

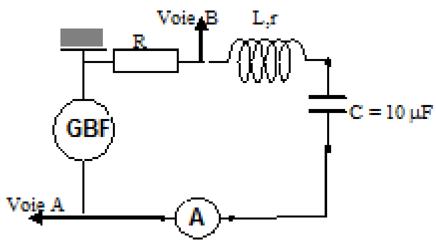
Déterminer la valeur à laquelle on doit régler la pulsation pour que la tension u soit en phase avec l'intensité dans le nouveau circuit considéré.

Calculer, dans ces conditions, l'intensité efficace du courant dans le circuit ainsi que les tensions efficaces $U_L$ et $U_C$ aux bornes de la bobine et de la capacité.

U étant la valeur efficace de la tension u, calculer les rapports $\frac{U_L}{U}$ et $\frac{U_C}{U}$ : quel nom donne-t-on à ces rapports et que caractérisent-ils ?

Exercice 6

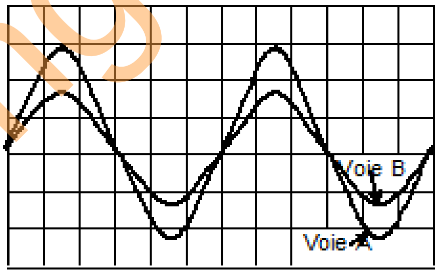
On réalise le circuit ci-dessous : générateur basse fréquence fournit une tension sinusoïdale.




On fait varier la fréquence f du générateur BF et on relève l'intensité efficace I du courant. On obtient les valeurs suivantes :

| f (Hz) | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 | 300 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I (mA) | 11,5 | 19 | 24 | 28 | 30 | 28,5 | 25,5 | 22,5 | 20 | 18 | 16 |

1) Tracer la courbe donnant I en fonction de f.
2) Déterminer graphiquement la fréquence $f_0$ et l'intensité efficace $I_0$ du courant correspondant à la résonance.
3) Calculer l'inductance de la bobine
4) On relie un oscillographe à deux voies au circuit et on règle la fréquence du générateur à la valeur $f_0$ correspondant à la résonance. On observe les courbes suivantes sur l'écran :
   a) A quelle durée correspond une division du balayage de l'oscillographe ?
   b) Sachant que pour les entrées A et B la sensibilité verticale est de 1V par division, calculer R.
   c) Donner la valeur de la résistance r de la bobine.




Exercice 7

On considère le circuit électrique schématisé ci-dessous. Il comprend un générateur donnant entre A et B une tension sinusoïdale, un résistor et un condensateur placés en série ; L'ampèremètre a une résistance négligeable et la tension entre ses bornes est pratiquement nulle. Grâce a un oscilloscope bicourbe, on observe simultanément les tensions : $u_{AM}$ aux bornes du résistor (courbe I) et $u_{BM}$ aux bornes du condensateur de capacité C (courbe II).

Les courbes observées sont représentées sur la figure. Le balayage est identique pour les deux spots, il se fait de gauche à droite.

Les échelles de déviation sont :

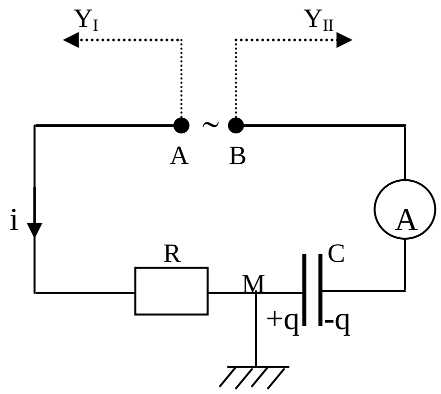
- Verticalement 1 cm pour 3V
- Horizontalement 1cm pour 2,5 ms.

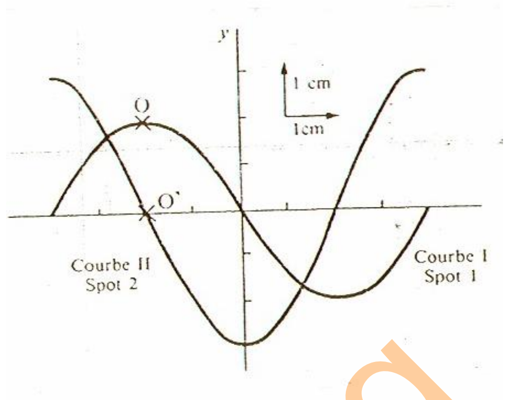
1) Déterminer la période, la fréquence et la pulsation des deux tensions.
2) D'après l'observation des deux courbe I et II, déduire les expressions $u_{AM}$ et $u_{BM}$ en fonction du temps, en prenant pour origine du temps l'instant du passage du spot 1 au point O, c'est-à-dire l'instant du passage du spot 2 au point O'. Avec cette convention, donner l'expression de la tension $u_{MB}$ en fonction du temps.

3) Exprimer la tension instantanée $u_{AB}$ en fonction de R,C,i et q (R désigne la résistance du résistor, C la capacité du condensateur, i et q les valeurs instantanées de l'intensité du courant et de la charge du condensateur).

Déterminer l'expression de $u_{AB}$ en fonction du temps ainsi que la valeur efficace $U_{AB}$ de $u_{AB}$.

4) L'ampèremètre indique une valeur efficace I = 20 mA. En déduire la valeur de R et de C.




Exercice 8

On alimente successivement par une même tension alternative sinusoïdale $u_{AD}$ les dipôles 1 et 2 représentés respectivement sur les figures 1 et 2.

Le dipôle 1 comprend en série : deux résistance $r_1$ = 10 Ω et $r_2$ = 32 Ω et une bobine d'inductance L et de résistance r.

Le dipôle 2 comprend en série : les deux résistances précédentes, la bobine précédente et un condensateur de capacité C.

On suit sur le même oscilloscope bicourbe les variations des tensions $u_{AD}$ (voie $Y_1$) et $u_{BD}$ (voie $Y_2$) en fonction du temps. Les caractéristiques de l'oscilloscope sont les suivantes :

- $2{,}5.10^{-3}$ s.cm$^{-1}$ pour la base de temps qui commande le balayage horizontal ox ;
- Voie $Y_1$ : 5 V.cm$^{-1}$ pour la déviation verticale oy ;
- Voie $Y_2$ : 0,5 V.cm$^{-1}$ pour la déviation verticale oy

On observe successivement sur l'écran de l'oscilloscope les courbes représentées sur les figures 1 et 2.

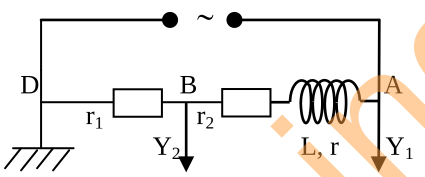



**Fig. 1**

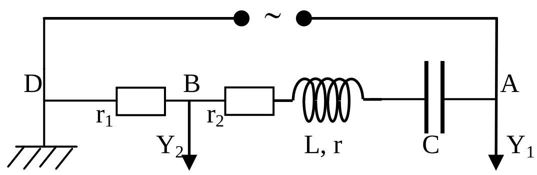
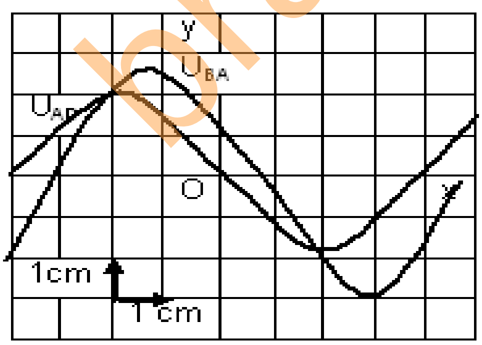
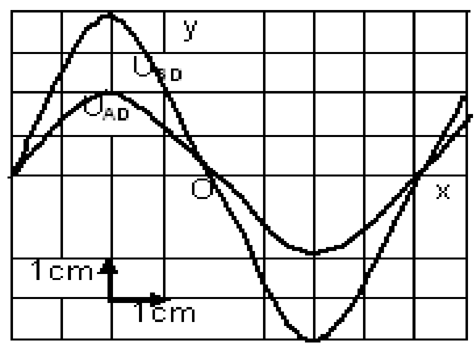



**Fig. 2**




1) Donner l'expression en fonction du temps de la tension $u_{AD}$, en précisant les valeurs numériques de la tension maximale $U_m$, de la pulsation ω et de la phase à l'origine φ, tension rapportée aux axes ox et oy des figures 1 et 2.

2) Etudier les déphasages entre l'intensité $i_{AD}$ et la tension $u_{AD}$ pour les dipôles 1 et 2.

A quel cas particulier correspond le dipôle 2 ?

3) Déduire des résultats expérimentaux la résistance r de la bobine.

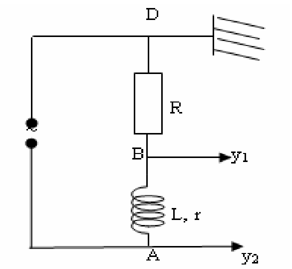
4) Calculer les valeurs numériques de L, inductance de la bobine et de C, capacité du condensateur.

Exercice 9

Une portion de circuit AD comprend en série :

- une bobine d'inductance L et de résistance r ;
- une résistance ohmique R = 20 Ω.

Fig. 1




On établit entre A et D une tension sinusoïdale $u_{AD} = U\sqrt{2}\cos\omega t$.

L'intensité instantanée est alors exprimée par $i_{AD} = I\sqrt{2}\cos(\omega t + \varphi)$.

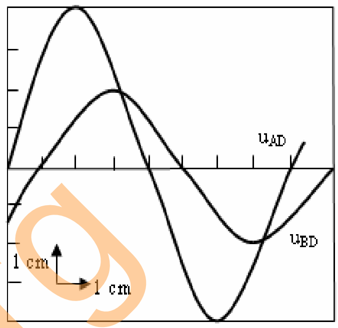
On branche, comme indique **figure 1**, un oscilloscope bicourbe dont le balayage est réglé à 2,5 ms.cm$^{-1}$, la sensibilité des voies $y_1$ et $y_2$ à 1 V.cm$^{-1}$.

On observe sur l'écran la **figure 2**.

a) Déduire des courbes observées :
- la pulsation ω,
- les valeurs de U et I,
- le déphasage φ entre l'intensité et la tension.

b) Trouver l'impédance Z de la portion AD du circuit, les valeurs de L et r.

Fig. 2




2) On intercale en série dans le circuit précédent, un condensateur de capacité C = 112 μF (fig. 3). Sans changer les réglages de l'oscillographe, on observe sur l'écran, **la figure 4**.

a) Quel est le nouveau déphasage entre $i_{AD}$ et $u_{AD}$ ? vérifier que ce résultat est compatible avec la valeur de L trouvée au 1)-b.

b) Quelle est la nouvelle valeur de l'intensité maximale ? En utilisant cette valeur, retrouver la valeur de r

Fig. 3

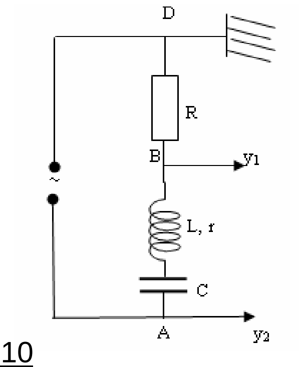
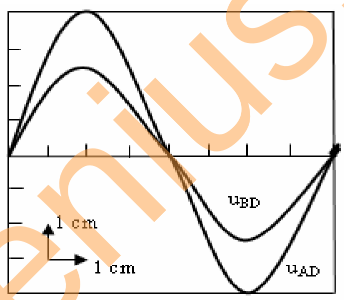



Fig. 4




Exercice 10

On considère un dipôle D de nature inconnue monté en série avec un conducteur ohmique de résistance R = 100 Ω et un générateur basse fréquence de tension sinusoïdale dont la tension et la fréquence sont réglables (**fig. a** ).

On utilise un oscillographe dont les réglages sont les suivants : balayage (5.10$^{-2}$ ms.cm$^{-1}$), déviation verticale (pour la **voie 1** : 0,5 V.cm$^{-1}$ ; pour la **voie 2** : 1 V.cm$^{-1}$).

On a reproduit, à l'échelle 1 (fig. b) une photographie de l'écran lorsque l'oscillographe est branché selon le schéma de la figure a.

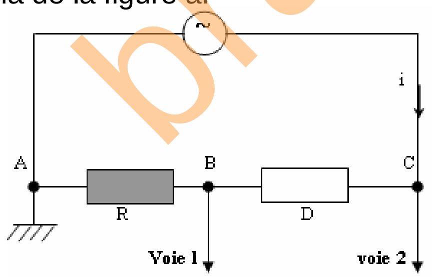



Fig. a

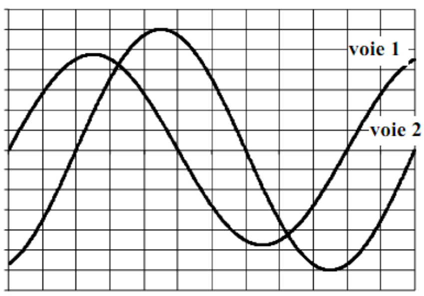



Fig b

Balayage : 5×10$^{-2}$ ms/div
voie 1 : 0,5 V/div voie 2 : 1 V/div

1) En déduire :

a) la fréquence de la tension sinusoïdale ;

b) les valeurs efficaces de l'intensité i (t) qui traverse le circuit et la tension instantanée $u_{CA}$ (t) aux bornes du générateur ;

c) la phase φ de la tension $u_{CA}$ (t) par rapport à l'intensité i (t). Préciser s'il y'a avance ou retard de $u_{CA}$(t) par rapport à i(t).

d) On envisage pour D certaines hypothèses :

D est un conducteur ohmique ;

D est une bobine de résistance r et d'inductance L ;

D est un condensateur ;

D est une bobine de résistance r et d'inductance L en série avec un condensateur de capacité C.

Sans calcul et en justifiant, éliminer les hypothèses non vraisemblables.

2) La tension efficace aux bornes du générateur étant maintenue constante à la valeur $U_0$ = 12 V, on fait varier la fréquence er on relève à chaque fois la valeur de l'intensité efficace.

Pour une fréquence $N_0$ = 2150 Hz, on constate que l'intensité efficace passe par un maximum de valeur $I_0$ = 107 mA.

Quelle est donc la nature du dipôle D ? En déduire toutes les valeurs numériques qui le caractérisent.

Exercice 11

Une source de tension alternative assure, entre les bornes M et N d'une portion de circuit, une différence de potentiel sinusoïdale : $u = V_M - V_N = U\sqrt{2}\cos\omega t$ avec ( U = 21 V ; $\omega$ = 100 π $rad.s^{-1}$).

Le circuit comprend : un ampèremètre d'impédance négligeable (dipôle $MP_1$), une bobine B de résistance $R_2$ et d'auto-inductance L (dipôle $P_1P_2$) et un résistor $R_1$ dépourvue d'inductance (dipôle $P_2N$) montés en série (**fig. a**)

Un voltmètre, branché entre P et N, indique $U_1$ = 14 volts et un autre, branché entre $P_2$ et M, indique $U_2$ = 11,9 volts lorsque l'ampèremètre indique 35 mA.

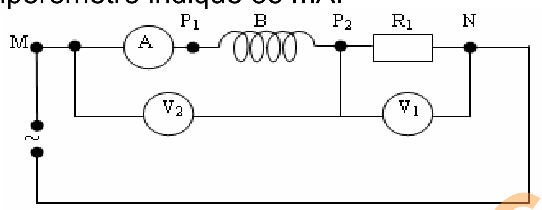


Fig. a

1) a) Déterminer les valeurs numériques des impédances $Z_1$ de $R_1$, $Z_2$ de la bobine et Z de l'ensemble ($R_1$ + B), puis, à partir des expressions littérales des impédances de chaque dipôle que l'on appellera, calculer les valeurs numériques $R_1$, $R_2$ et L.

b) Déterminer le déphasage φ entre la tension u aux bornes de l'ensemble et l'intensité i du courant dans le circuit. Préciser quelle est celle de ces grandeurs qui est en retard par rapport à l'autre et donner l'expression de i en fonction du temps.

2) On insère entre $R_1$ et B un conducteur de capacité C (**fig. b**).

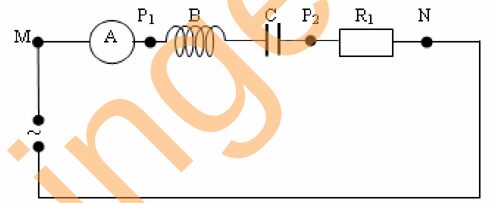


Fig. b

a) Montrer qu'il est possible, en donnant à C une valeur convenable, d'obtenir une intensité efficace maximale dans le circuit.

b) Calculer C et la valeur maximale de cette intensité efficace.

Exercice 12

Une source S fournit entre E et F une tension alternative sinusoïdale $u = U\sqrt{2}\cos(\omega t)$ de valeur efficace U constante (U = 20 volts) et de pulsation ω réglable.

1) On branche entre E et F le circuit (1) qui comprend un résistor de résistance $R_1$ en série avec une bobine d'auto-inductance $L_1$ et de résistance négligeable et un condensateur de capacité $C_1$ (**fig. a**)

$R_1$ = 400 ohms ; $L_1$ = 0,25 henry ; $C_1$ = 0,5 microfarad.

Donner les expressions littérales de l'impédance $Z_1$ de ce circuit et de la puissance $P_1$ consommée en régime sinusoïdal forcé. Dans quel élément du circuit cette puissance est-elle dissipée ? Le justifier.

Déterminer pour quelle valeur $\omega_0$ de ω la puissance consommée dans le circuit (1) est maximale.

Application numérique : calculer $\omega_0$ de la puissance maximale consommée par le circuit (1).

2) On remplace le circuit (1) par un circuit (2) comprenant un résistor de résistance $R_2$ en série avec un condensateur de capacité $C_2$.

$R_2 = R_1 = 400\ \Omega$ ; $C_2 = 1\ \mu F$ (**fig. b**)

a) Exprimer la puissance $P_2$ consommée dans le circuit (2). On désire que les puissances $P_1$ et $P_2$ soient égales. Montrer que ceci est réalisé pour deux valeurs de ω (ω' et ω") que vous exprimerez en fonction de $L_1$, $C_1$ et $C_2$.

Calculer ω' (ω' < ω") .

b) On désigne par $i_1$ et $i_2$ les valeurs instantanées des intensités des courants respectivement dans les circuits (1) et (2).
Montrer que pour ω = ω', les déphasages $\varphi_1$ et $\varphi_2$ respectivement des intensités $i_1$ et $i_2$ par rapport à u sont égaux.

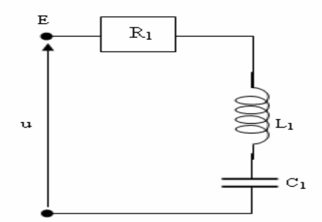


fig. a

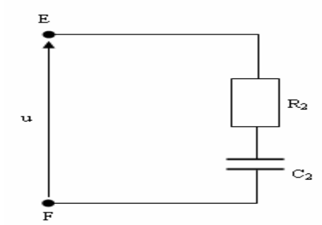
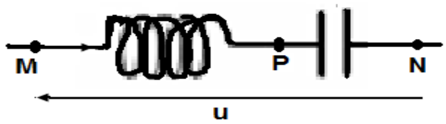


Fig. b

Exercice 13

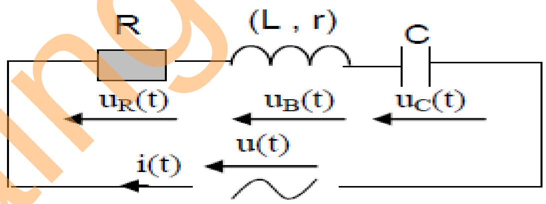
Une portion de circuit MN comprenant en série une bobine de résistance r et d'autoinductance L, et un condensateur de capacité C, est soumise à la tension u = $10\sqrt{2}$ cos (2500t). on mesure les valeurs efficaces ci-dessous :
I = 150 mA ; $U_{MP}$ = 19 V ; $U_{PN} = 12$ V




1) Faire la construction de Fresnel en prenant l'échelle suivante : 1 cm ↔ 2 volts
2) Déterminer, à partir de la construction graphique les valeurs r et L.
   a) Déterminer graphiquement l'avance algébrique de phase de u par rapport à l'intensité instantanée i. Donner l'expression de i en fonction du temps.
   b) Donner les expressions des tensions instantanées $u_{MP}$ et $u_{PN}$ en fonction du temps.
3) Calculer la puissance moyenne consommée par le dipôle MN.

Exercice 14

Soit un dipôle R,L,C série formé d'un résistor de résistance R, d'une bobine d'inductance L et de résistance r = 17,65 Ω et d'un condensateur de capacité C.
Il est relié aux bornes d'un générateur qui délivre une tension sinusoïdale de valeur efficace constante U = 1 V. la fréquence f de cette tension est réglable. Le dipôle est parcouru par un courant d'intensité i




1) Etablir l'équation différentielle qui fournit la valeur instantanée u(t) aux bornes du dipôle en fonction de R,r,L,C et la fréquence. En déduire l'expression de l'intensité efficace I en fonction de f.
2) L'expérience donne le tableau de mesure de l'intensité efficace en fonction de la fréquence, soit :

| f(Hz) | 160 | 180 | 200 | 210 | 215 | 220 | 230 | 240 | 250 | 270 | 300 | 350 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I(mA) | 1 | 1,8 | 4,3 | 7,2 | 8,5 | 7,2 | 4,7 | 3,2 | 2,4 | 1,5 | 1 | 0,7 |

Tracer la courbe I = g(f). Echelle 2cm ↔ 1 mA ; 1cm↔20Hz
3) Indiquer la fréquence de résonance $f_0$ et de l'intensité $I_0$ correspondante. En déduire R.
4) A la résonance d'intensité la tension efficace $U_0$ aux bornes du condensateur est donnée par $U_c = QU$ où Q est le facteur de qualité du circuit et U la tension efficace aux bornes du circuit. En déduire les deux expressions de Q est le facteur de qualité du circuit et u la tension efficace aux bornes du circuit. En déduire les deux expressions de Q, l'une en fonction de L, l'autre en fonction de C. Pourquoi l'appelle-t-on facteur de surtension ?

Déduire la courbe les valeurs $f_1$ et $f_2$ des fréquences qui limitent la bande passante usuelle.

5) En admettant que $|f_2 - f_1| = \frac{f_0}{Q}$. Calculer L et C pour ce circuit.

# Interférences lumineuses.

**Données** :
- constante de Planck : $h = 6{,}63.10^{-34}$J.s ;
- vitesse de la lumière dans le vide $c = 3.10^{8}$m.s$^{-1}$ ;
- Charge élémentaire $e = 1{,}6.10^{-19}$C ;
- masse de l'électron $m_e = 9{,}1.10^{-31}$Kg

Exercice 1

Soit un système de fentes de Young dans lequel a = 1 mm, D = 1 m.
On constate que la 10$^{éme}$ frange brillante (comptée à partir de la frange brillante centrale) se trouve à 7,0 mm du milieu de cette frange centrale.
En déduire :
— la longueur d'onde de la lumière incidente ;
— la valeur de l'interfrange ;
— la distance séparant les milieux des 6$^{ème}$ et 8$^{ème}$ franges sombres situées de part et d'autre de la frange centrale.

Exercice 2

Deux fentes $F_1$ et $F_2$ distantes de a = 2 mm émettent de la lumière provenant d'une même source F. Elles produisent un système d'interférence lumineuse sur un écran placé à la distance D = 2 m des fentes. La lumière provenant de la source F contient deux radiations monochromatiques, de longueur d'onde $\lambda_1 = 0{,}60$ µm et $\lambda_2 = 0{,}48$ µm.
L'interfrange i (distance séparant les milieux de deux franges sombres ou de deux franges brillantes consécutives) est lié à λ par la relation $i = \lambda \cdot \frac{D}{a}$.

1/ Représenter à l'échelle 5, sur une largeur de 15 cm :
— la figure d'interférence obtenue avec la radiation de longueur d'onde $\lambda_1$.
— la figure d'interférence obtenue avec la radiation de longueur d'onde $\lambda_2$.
— la figure d'interférence obtenue avec la radiation émise par la source F.

2/ Qu'observerait-on si la source F émettait de la lumière blanche ? Quelles sont les radiations éteintes au point d'abscisses x = 6 mm.

Exercice 3

Un filament rectiligne, perpendiculaire au plan de la figure ci-dessous, constitue une source de lumière monochromatique de longueur d'onde λ = 0,6 µm. Cette source éclaire deux fentes $F_1$ et $F_2$, équidistantes de F, taillées dans un écran opaque E. On fait des observations sur un écran E', parallèle à E à la distance D = 1m de ce dernier.

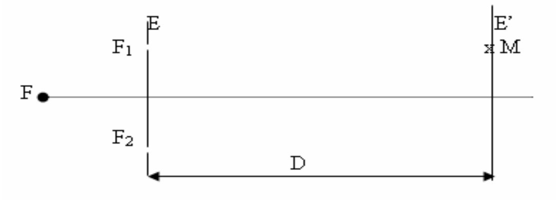
1) Qu'observerait-on sur E' si les fentes étaient larges ?
2) En réalité, $F_1$ et $F_2$ sont étroites : quel est le phénomène qui se produit à leur niveau et que doit-on alors observer sur E' ?
3) Calculer la période T de la radiation émise par F, sachant que l'ensemble du dispositif es dans l'air où la vitesse de la lumière est : $C = 3.10^{8}$ m.s$^{-1}$.
4) Soit un point M de l'écran E'situé à la distance IM = x du centre I de l'écran. Soit $\Omega_1$ l'onde lumineuse issue de $F_1$ et parvenant en M. Soit $\Omega_2$ l'onde lumineuse issue de $F_2$ parvenant en M. On montre que la différence de marche existant entre ces deux ondes, au niveau de M, s'exprime par :

$$F_2M - F_1M = \frac{ax}{D} \quad \text{avec} \quad a = F_1F_2$$

a) Montrer que le déphasage de ces deux ondes, au niveau de M, s'exprime, dans le temps, par :

$$\Delta t = \frac{ax}{CD}$$

b) En comparant Δt à la période T de la radiation, en déduire ce que l'on doit observer au niveau des points suivants, sachant que a = 0,5 mm :
* point $M_1$ tel que $IM_1 = x_1 = 12$ mm
* point $M_2$ tel que $IM_2 = x_2 = 12{,}6$ mm




Exercice 4

On considère, dans l'air, le dispositif sur le schéma ci-dessous $S_1$ et $S_2$ sont des sources lumineuses ponctuelles distantes de a = 1 mm.

1) Les deux sources $S_1$ et $S_2$ sont indépendantes et émettent des radiations de même fréquence. Pourra-t-on observer des interférences sur l'écran ? Justifier la réponse.
2) Les sources $S_1$ et $S_2$ sont obtenues à partir d'une source ponctuelle S située sur l'axe IO. La source S émet une radiation monochromatique de longueur d'onde $\lambda$.


   a) Le point O de l'écran est-il lumineux ou sombre ?
   b) Exprimer en un point M de l'écran d'observation la différence de marche entre deux rayons lumineux issus de S, l'un passant par $S_2$ et l'autre par $S_1$, en fonction de D, a et x.
   c) Etablir la relation donnant les abscisses des milieux des franges brillantes en fonction de $\lambda$, D et a. Déduire de cette relation les expressions littérales de $x_1$, $x_2$ et $x_3$, abscisses des milieux des premières franges brillantes que l'on rencontre à partir de O ($x > 0$).
   d) On observe que, pour x = 2,32mm, M est situé au milieu d'une frange brillante et que quatre franges noires séparent M de O.

   En déduire la longueur d'onde de la lumière émise par S.

Exercice 5

*La lumière a toujours eu un côté mystérieux qui a interpellé les physiciens depuis des siècles. Tour à tour onde ou corpuscule, elle semble échapper à toute représentation une et entière. Les physiciens du XXe siècle ont parlé de complémentarité et de « dualité » pour rendre compte de ces deux représentations qui s'excluent l'une l'autre.*

1) On désire retrouver la longueur d'onde d'une source laser He-Ne du laboratoire d'un lycée avec le dispositif interférentiel des fentes de Young. Dans ce dispositif la source laser S éclaire deux fentes secondaires $S_1$ et $S_2$ distantes de a. La source S est située sur la médiatrice de $S_1S_2$. L'écran d'observation E est parallèle au plan $S_1S_2$ et situé à une distance D de ce plan.

1.1 Faire le schéma légendé de l'expérience permettant de visualiser des franges d'interférences. Indiquer clairement sur ce schéma la zone où se produisent les franges.

1.2 Etablir l'expression de la différence de marche en un point M d'abscisse x comptée à partir du milieu de la frange centrale.

1.2.1 Quelle condition doit vérifier d pour que le point M apparaisse
a) brillant ? b) sombre (obscur) ?

1.2.2 Définir l'interfrange i et établir son expression.

1.3 On mesure la distance correspondant à 6 interfranges et on trouve d = 28,5 mm.

1.3.1 Pourquoi a-t-on préféré mesurer 6 interfranges au lieu d'une interfrange ?

1.3.2 Calculer, en nanomètres, la longueur d'onde l du laser He-Ne de ce laboratoire (avec 3 chiffres significatifs). On prendra : a = 0,20 mm ; D = 1,50 m.

2**)** On éclaire une cellule photoélectrique par des radiations lumineuses de longueur d'onde l = 633 nm. Le travail d'extraction du métal constituant la cathode de la cellule est Ws = 1,8 eV

2.1 Déterminer la longueur d'onde seuil l0 de la cathode. Comparer avec la longueur d'onde l des radiations éclairant la cellule. Conclure.

2.2 Déterminer, en électron-volt (eV), l'énergie cinétique maximale de sortie d'un électron extrait de la cathode de la cellule et calculer sa vitesse.

Exercice 6 : (Bac 2007 $TS_2$)

1) On réalise une expérience d'interférences en lumière monochromatique de longueur d'onde $\lambda$. On utilise pour cela une fente source horizontale avec laquelle on éclaire deux fentes très fines $F_1$ et $F_2$ distantes de a = 200 µm et situées à égale distance de la source. A la distance D = 1 m des fentes $F_1$ et $F_2$ on place un écran qui leur est parallèle et qui permet d'observer le phénomène d'interférences. On considère sur l'écran un axe OX vertical, le point O se trouvant dans le plan médiateur des fentes $F_1$ et $F_2$.
   a) Décrire et expliquer qualitativement l'aspect de l'écran.
   b) Pourquoi utilise-t-on une fente source avant les fentes $F_1$ et $F_2$.

c) Etablir pour un point M de l'axe OX d'abscisse X, la différence de marche δ entre les rayons provenant de $F_1$ et $F_2$.

d) Exprimons en fonction de λ, D, a et de entier k, l'abscisse d'un point de l'écran appartenant à une frange sombre et en déduire l'expression de l'interfrange i.

e) On mesure i = 2,74 mm. Quelle est la longueur d'onde de la lumière utilisée ?

2) On utilise maintenant des filtres permettant de sélectionner différentes radiations monochromatiques. Pour chaque radiation, on mesure la distance correspondant à sept (7) interfranges et on consigne les résultats obtenus dans le tableau suivant :

| λ (µm) | 0,470 | 0,520 | 0,580 | 0,610 | 0,650 |
|---|---|---|---|---|---|
| 7 i (mm) | | | | | |
| I | | | | | |

a) Pourquoi mesure-t-on la distance correspondant à 7 interfranges plutôt que celle de l' interfrange i ?

b) Compléter le tableau puis tracer la courbe représentative de la fonction i = f(λ).
Echelle : 1 cm → 0,05 µm en abscisses ; 1 cm → 0,2 mm en ordonnées

c) L'expression de l'interfrange établie à la question 1-d) est elle en accord avec la courbe obtenue ? Justifier.

d) A partir de la courbe, c'est-à-dire graphiquement, déterminer :
- L'interfrange obtenue à partir d'une radiation de longueur d'onde $\lambda_1$ = 0,600 µm.
- La longueur d'onde donnant un interfrange $i_2$ = 2,5 mm.

3) On opère maintenant en lumière blanche.

a) Décrire sommairement l'aspect de l'écran.

b) On place dans le plan de l'écran, parallèlement aux fentes $F_1$ et $F_2$, la fente d'un spectroscope à 12 mm du point O. Calculer le nombre de radiations manquantes et les longueurs d'ondes correspondantes. Les limites du spectre visible sont 0,4 µm et 0,8 µm.

<u>Exercice 7</u>

On utilise un dispositif permettant d'observer dans l'air des interférences lumineuses. $S_1$ et $S_2$ sont deux fentes constituant des sources cohérentes et synchrones. L'axe yy' est confondu avec la médiatrice de $S_1S_2$.

L'écran d'observation E est perpendiculaire à l'axe yy'. On éclaire d'abord les deux fentes avec une lumière monochromatique jaune de longueur d'onde $\lambda_1 = 0{,}6\,\mu m$.

On constate que la distance qui sépare le milieu de la frange centrale d'ordre zéro du milieu de la frange brillante d'ordre $k_1 = 10$ est de $x_1 = 6\,mm$.

On éclaire ensuite les deux fentes avec une lumière rouge monochromatique de longueur d'onde $\lambda_2$. La distance qui sépare le milieu de la frange centrale du milieu de la frange brillante d'ordre $k_2 = 12$ est de $x_2$ = 8,64 mm.

1) Montrer que la longueur d'onde $\lambda_2$ s'exprime par : $\lambda_2 = \dfrac{k_1.x_2}{k_2.x_1}\cdot\lambda_1$. Calculer $\lambda_2$.

2) Calculer les fréquences $\vartheta_1$ et $\vartheta_2$ correspondant à ces deux radiations.

3) On éclaire les deux fentes simultanément avec ces deux radiations ; ce qui donne une lumière paraissant orangée « à l'œil » au point H, intersection de yy' avec l'écran.

3.1. Expliquer qualitativement cet aspect de l'écran c'est-à-dire l'apparition de la teinte orangée.

3.2. La largeur totale du champ d'interférence sur l'écran E étant $18\,mm$, combien de fois retrouve-t-on l'aspect observé en H ?

4) On dispose d'une cellule photoémissive avec cathode au césium dont le seuil photoélectrique est $\lambda_0 = 0{,}66\,\mu m$. On éclaire la cathode successivement avec les trois radiations lumineuses déjà étudiées :

a) avec la lumière jaune de longueur d'onde $\lambda_1$.

b) avec la lumière rouge de longueur d'onde $\lambda$.

c) avec la lumière orangée formée par le mélange des deux précédentes.

Préciser pour chacune des expériences (a), (b) et (c) s'il y a eu émission d'électrons. Si oui avec quelle vitesse maximale ces électrons sortent-ils de la cathode ?

# Effet photoélectrique : mise en évidence et interprétation

**Données** :
- constante de Planck : h = $6{,}63.10^{-34}$J.s ;
- vitesse de la lumière dans le vide c = $3.10^{8}$m.s$^{-1}$ ;
- Charge élémentaire e = $1{,}6.10^{-19}$C ;
- Masse de l'électron $m_e = 9{,}1.10^{-31}$Kg

Exercice 1

1) L'énergie minimale nécessaire pour extraire un électron de la photo cathode émissive d'une cellule photo électrique est $W_0$ = 2,25 eV. En déduire la longueur d'onde $\lambda_0$ dans le vide correspondant au seuil photoélectrique.
2) Une source monochromatique S de longueur d'onde λ =0,275 µm éclaire la cathode de cette cellule. Calculer l'énergie cinétique maximale d'un électron émis. Quelle serait sa vitesse d'éjection ?
3) S supposée ponctuelle, émet dans toutes les directions avec une puissance totale P = 0,1W.

La cathode assimilable à une portion de sphère de rayon R = 2m, a une surface s = 1cm$^2$.
Déterminer la puissance P' captée par la cathode et en déduire le nombre de photons N qu'elle a reçu au bout du temps t = 1s.

Exercice 2

Le travail d'extraction d'un électron du zinc est $W_S$ = 3,3 eV.

1) Calculer la fréquence seuil et la longueur d'onde seuil du zinc.
2) On éclaire le zinc par une radiation UV de longueur d'onde λ= 0,25 µm. Calculer l'énergie cinétique maximale de sortie des électrons et leur vitesse.
3) On éclaire le zinc par la lumière d'un arc électrique en interposant une plaque de verre qui absorbe les ondes de longueur d'onde inférieure à 0,42 µm. Un effet photoélectrique est-il observé ?

Exercice 3

Le seuil photoélectrique du Césium correspond à $\lambda_0$ = 650nm.

1) Dans quel domaine du spectre électromagnétique se situe cette longueur d'onde ?

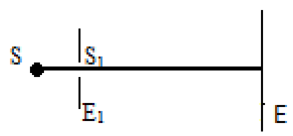
Calculer en joule et en électron-volt l'énergie minimale $W_0$ qu'il faut fournir pour extraire un électron du Césium.

2) On éclaire une plaque de Césium avec deux rayonnements successifs de longueur d'onde $\lambda_1$= 450nm et $\lambda_2$ =0,8µm.

De ces deux rayonnements, quel est celui qui produit un effet photoélectrique ?
Quelles sont les alors l'énergie cinétique et la vitesse maximale des électrons lorsqu'ils quittent le métal ?

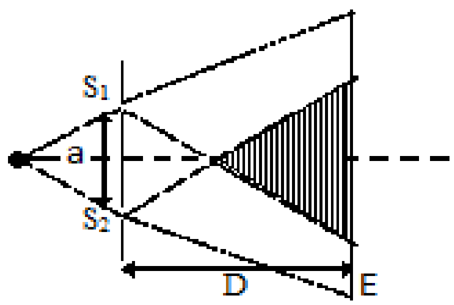
Exercice 4 (Bac 2003 TS$_2$)

1) On réalise l'expérience représentée par la figure ci – contre : S est une source lumineuse qui émet une lumière monochromatique de longueur d'onde λ. $S_1$ est un trou circulaire de diamètre $d_1 \equiv \lambda$ percé sur l'écran $E_1$ et E est l'écran d'observation.




a) Quel phénomène se produit à la traversée de la lumière en $S_1$ ?
b) Recopier le schéma et dessiner le faisceau émergent de S. En déduire l'aspect de l'écran.

2) On perce un deuxième trou $S_2$ identique à $S_1$ sur l'écran $E_1$ et on réalise le dispositif schématisé sur la figure ci – contre.



Les traits en pointillés représentent les limites des faisceaux lumineux

a) Décrire ce qu'on observe sur l'écran dans la zone hachurée. Quel est le nom du phénomène physique mis en évidence par cette expérience ?

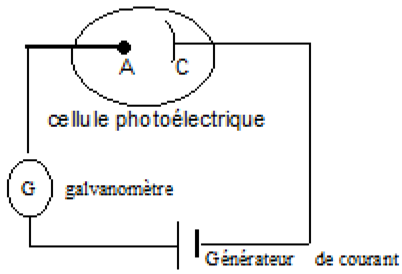
b) A partir de cette expérience, justifier la nature ondulatoire de la lumière.

c) La longueur occupée, sur l'écran E, par 10 interfranges est l = 5,85mm.

Calculer la longueur d'onde de la lumière émise par la source S.

On donne : a = $S_1S_2$ = 2mm. D = 2m

3) On réalise maintenant le dispositif de la figure ci – dessous :




a) Le galvanomètre détecte – t – il le passage d'un courant si la cathode n'est pas éclairée ? Justifier votre réponse.

b) On éclaire la cathode C de la cellule par la lumière issue de la source S précédente. Le travail d'extraction du métal constituant la cathode est de $W_0$ = 1,9eV.

b-1) Que se passe – t – il ? Interpréter le phénomène physique mis en évidence par cette expérience?

b-2) Quel est le modèle de la lumière utilisée pour justifier cette observation? Interpréter brièvement cette observation.

b-3) Évaluer la vitesse maximale des électrons émis de la cathode.

4) Expliquer brièvement la complémentarité des deux modèles de la lumière.

<u>Exercice 5</u>

La lumière serait de nature contradictoire. Si une théorie permet d'expliquer de nombreux phénomènes, elle peut s'avérer insuffisante pour en comprendre d'autres.

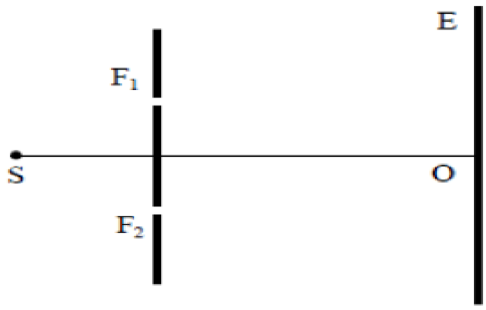
Le but de cet exercice est de montrer que, selon l'expérience réalisée, la lumière peut se comporter de façon différente. A cet effet on réalise le dispositif ci-après :

1) Dispositif expérimental.

(S) est une source de lumière qui éclaire deux fentes fines, verticales distantes de a = 1,5 mm

La source (S) est équidistante des deux fentes.

(E ) est un écran opaque vertical placé à une distance D = 2 m du Plan des fentes.




1.1 Quel phénomène se produit à la sortie de chaque fente ? Quel aspect de la lumière permet-il de mettre en évidence ?

1.2 Justifier l'utilisation d'une source unique pour éclairer les deux dentes.

1.3 Reproduire le schéma et représenter la marche des faisceaux lumineux issus des fentes $F_1$ et $F_2$. Hachurer le champ où l'on peut observer le phénomène d'interférence.

2) La source (S) émet une lumière monochromatique de longueur d'onde $\lambda$.

2.1 Qu'observe-t-on sur l'écran ? Préciser la direction des franges et la nature de la frange centrale qui se forme en O.

2.2 Pour déterminer la longueur d'onde $\lambda$, on compte 5 franges brillantes de part et d'autres de la frange centrale occupant ensemble une largeur $\ell$ = 8 mm. En déduire la valeur de $\lambda$.

3) La source précédente (S) est remplacée par une source (S') qui émet simultanément deux radiations monochromatiques de longueur d'onde $\lambda_1$ = 0,60 µm, et $\lambda_2$ = 0,54 µm. Il se produit une superposition des systèmes de franges formées par les deux radiations.

3.1 A quelle distance x du point O se produit la première coïncidence de franges brillantes ?

3.2 Une cellule photoélectrique reçoit un rayonnement lumineux issu de la source (S'). L'énergie d'extraction d'un électron du métal qui constitue la cathode de la cellule est $W_0$ = 2,2 eV

a) Montrer qu'il peut se produire l'effet photoélectrique de la cathode de la cellule.

b) Calculer la vitesse maximale des électrons émis par la cathode.

3.3 Quelle conclusion peut-on tirer des aspects manifestés par la lumière à travers ces expériences ?

# Niveaux d'énergie de l'atome.

**Données :**
- vitesse de la lumière : $c = 3.10^8\ m.s^1$ ;
- masse de l'électron : $m = 9{,}1.10^{-31}$ kg ;
- constante de Planck : $h = 6{,}62.10^{-34}\ J.s^{-1}$ ;
- $1\ eV = 1{,}6.10^{-19}$ J.

Exercice1

Le niveau d'énergie de l'atome d'hydrogène est donné par la relation :

$$E_n = -\frac{E_1}{n^2} \qquad \text{avec } E_1 = 13{,}6\ eV \ \text{ et } n \in N.$$

4) L'atome d'hydrogène est dans son état fondamental.
Déterminer l'énergie minimale nécessaire pour ioniser l'atome d'hydrogène. En déduire la longueur d'onde seuil $\lambda_0$ correspondante.

2)
a) Dire dans quel (s) cas la lumière de longueur d'onde $\lambda_i$ est capable :
— d'ioniser l'atome d'hydrogène ;
— d'exciter l'atome d'hydrogène sans l'ioniser.
b) Parmi les longueurs d'onde $\lambda_i$ suivantes lesquelles sont susceptibles d'ioniser l'atome, en déduire l'énergie cinétique de l'électron éjecté :

$$\boldsymbol{\lambda_1 = 88\ nm\ ;\ \lambda_2 = 121\ nm\ ;\ \lambda_3 = 146\ nm}.$$

c) Quelles sont les longueurs d'onde absorbables par l'atome parmi les longueurs d'onde $\lambda_1$ , $\lambda_2$ et $\lambda_3$ ?

5. La lumière émise par certaine nébuleuses contenant beaucoup d'hydrogène gazeux chauffé mais à basse pression, est due à la transition électronique entre les niveaux 2 et 3. Déterminer la couleur d'une telle nébuleuse. (1 pt)

On donne :


Exercice 2

Les niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène H sont donnés par : $E_n = -\frac{13{,}6}{n^2}$ (eV), avec n entier non nul.

2) Représenter les cinq premiers niveaux sur le diagramme (échelle : $1\ cm \leftrightarrow 1\ eV$).
Quelle est l'énergie minimale de l'atome d'hydrogène ? A quoi correspond-elle ?

2) Donner l'expression littérale de la longueur d'onde $\lambda_{p,m}$ de la radiation émise lors de la transition électronique du niveau $n = p$ au niveau $n = m$ en expliquant pourquoi on a $p > m$.

3) L'analyse du spectre d'émission de l'atome d'hydrogène montre la présence des radiations de longueurs d'onde :

$$H_\alpha = 656{,}28\ nm\ ;\ H_\beta = 486{,}13\ nm \text{ et } H_\gamma = 434{,}05\ nm.$$

Ces radiations sont émises lorsque cet atome passe d'un état excité $p > 2$ à l'état $n = 2$.

3.1. Déterminer les valeurs correspondantes de p.

3.2. Balmer, en 1885, écrivait la loi de détermination de ces raies sous la forme $\lambda = \lambda_0 \frac{p^2}{p^2-4}$.

Retrouver cette loi et déterminer la valeur de $\lambda_0$.

Exercice 3

Les niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène sont donnés par la relation $E_n(eV) = -\frac{13{,}6}{n^2}$, où n est un entier non nul.

1) Evaluer, en nanomètre, les longueurs d'onde des radiations émises par l'atome d'hydrogène lors des transitions :

a) du niveau d'énergie $E_0$ au niveau d'énergie $E_1$ ; (longueur d'onde $\lambda_1$)
b) du niveau d'énergie $E_2$ au niveau d'énergie $E_1$ ; (longueur d'onde $\lambda_2$)
c) du niveau d'énergie $E_3$ au niveau d'énergie $E_2$ ; (longueur d'onde λ )

2) Une ampoule contenant de l'hydrogène est portée à la température de 2800° K. Les atomes sont initialement dans leur état fondamental. Une lumière constituée des 3 radiations de longueur d'onde $\lambda_1$, $\lambda_2$, $\lambda$, traverse ce gaz.
Quelles sont les radiations absorbées par l'hydrogène contenu dans cette ampoule ? Justifier.
3)
3.1. Montrer que pour une transition entre un état, de niveau d'énergie $E_p$, et un autre, de niveau d'énergie inférieur $E_n$ (p > n), la relation donnant la longueur d'onde $\lambda$ de la radiation émise est :

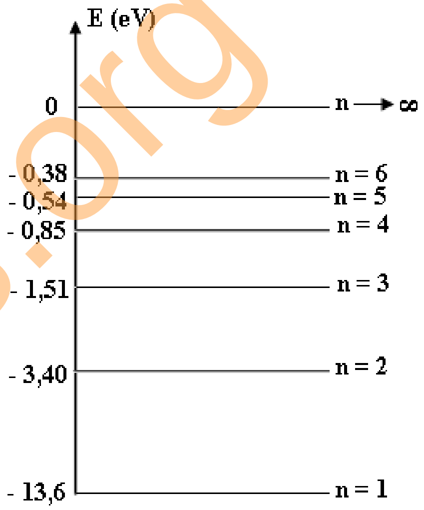
$$\frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{p^2}\right).$$

Dans cette relation, $R_H$ est une constante appelée constante de RYDBERG.
3.2. Calculer la valeur de la constante $R_H$.
4) La série de Lyman comprend les radiations émises par l'atome d'hydrogène excité (n > 2) lorsqu'il revient à son état fondamental (n = 1).
Evaluer, en nm, l'écart $\Delta\lambda$, entre la plus grande et la plus petite longueur d'onde des raies de la série de Lyman.

Exercice 4

1) Dans la théorie de Bohr de l'atome d'hydrogène, les énergies des différents niveaux sont données par la formule : $E_n = -\frac{13,6}{n^2}$ (en eV) ; n est un nombre positif.
Le spectre d'émission de l'atome d'hydrogène contient les trois raies visibles :
- (orangée) : $\lambda_1 = 656,3$ nm ;
- (bleue) : $\lambda_2 = 486,1$ nm ;
- (indigo) : $\lambda_3 = 434,1$ nm.

On donne les niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène dans le diagramme énergétique simplifié ci-contre :




1.1. Quel est le niveau correspondant à l'état fondamental ?
1.2. Calculer, en eV, l'énergie d'un photon des radiations lumineuses de longueur d'onde $\lambda_1$, $\lambda_2$, $\lambda_3$.
1.3. Montrer que chacune de ces trois raies correspond à une transition d'un niveau excité, que l'on précisera, au niveau $n = 2$.
1.4. Quelle est l'énergie d'ionisation de l'atome d'hydrogène ?
Quelle est la longueur d'onde correspondant à l'ionisation de l'atome d'hydrogène (pris à l'état fondamental) ?
2) Une source de lumière composée de trois ces radiations $\lambda_1$, $\lambda_2$, $\lambda_3$ est utilisée pour éclairer une cellule photoélectrique au potassium. L'énergie d'extraction d'un électron du métal potassium est $w_0 = 2,2$ eV. A l'aide de filtres appropriés on peut isoler on peut isoler chacune des radiations précédentes pour étudier leur effet.
2.1. Quelles sont parmi ces trois radiations celles qui provoquent une émission d'électrons ? Justifier la réponse.
2.2. Calculer la vitesse maximale d'émission des électrons pour chacun des cas ou l'émission est possible.

# Réactions nucléaires

Données :
- $c = 3{,}00.10^{8}$ m.s$^{-1}$ ;
- $1u = 1{,}66.10^{-27}$ kg = 931,5 MeV.C$^{-2}$ ;
- 1MeV = $1{,}66.10^{-13}$ J
- $e = 1{,}6.10^{-19}$C ;
- $N_A = 6{,}02.10^{23}$ mol$^{-1}$ ;
- $m_p$ = 1,007276 u = 938,28 MeV.C$^{-2}$ ;
- $m_n$ = 1,008665 u = 939,57 MeV.C$^{-2}$
- 1 Ci = $3{,}7.\,10^{10}$ Bq

Exercice 1

Lors de la catastrophe de Tchernobyl, du césium 134 et du césium 137 ont étaient libérés dans l'atmosphère.

1) Le césium 137 est radioactif $\beta^-$.

Enoncer les lois de conservations intervenant dans cette réaction et en écrire l'équation-bilan de désintégration en précisant les produits formés.

2) Le césium 134 a une période T = 2 ans. En déduire la constante radioactive λ du césium 134. Au bout de combien de temps 99% du césium 134 libéré aura-t-il disparu ?

On donne : Xenon (Xe) : Z = 54 ; Césium (Cs) : Z= 55 ; Baryum (Ba) : Z=56

Exercice 2

Le laboratoire d'un lycée possède une source contenant du césium 137. L'activité initiale de cette source est $A_0 = 1{,}5\text{x}10^{5}$ Bq. Le césium 137 est radioactif de type $\beta^-$ , sa demi-vie est de 30,2 ans

1. Ecrire l'équation de da désintégration du césium 137
2. Calculer la constante radioactive du césium 137
3. Calculer la masse initiale $m_0$ de césium 137 dans cette source
4. Calculer l'activité de cette source 3 ans plus tard
5. Cette source n'est plus utilisable lorsque son activité devient inférieure $0{,}3\text{x}10^{5}$ Bq. Déterminer la durée pendant laquelle elle est encore utilisable. Quelle est alors la masse de la source ?

Exercice 3

L'iode 131, émetteur $\beta^-$ , est utilisé en médecine nucléaire. Sa demi-vie est de 8,1 jours. A l'instant t=0, l'activité d'un échantillon est égale à $2{,}2.10^{5}$ Bq.

1. Ecrire son équation de désintégration
2. Calculer la constante radioactive de l'iode 131
3. Calculer l'activité de l'échantillon 20h après l'examen.
4. En déduire le nombre de radioéléments présents à cette date.
5. Au bout de combien de temps l'activité sera égale à 100 Bq ?

Exercice 4

Le césium 137, émetteur α, est un déchet des centrales. Sa constante radioactive est 5.10-10 s$^{-1}$. En novembre 2001, le nombre moyen $N_0$ de noyaux radioactifs non désintégrés dans l'atmosphère est de $4{,}1.10^{14}$

1. Ecrire son équation de désintégration
2. Calculer la demi-vie du césium 137
3. Calculer le nombre de radioéléments présents en novembre 2004
4. En déduire l'activité du césium 137 en novembre 2004
5. Au bout de combien de temps l'activité sera égale à 100 Bq ?

Exercice 5

1) Lorsque, dans la haute atmosphère, un neutrino faisant partie du rayonnement cosmique rencontre un noyau d'azote ${}^{14}_{7}\mathrm{N}$, la réaction donne naissance à du carbone ${}^{14}_{6}\mathrm{C}$, isotope radioactif du carbone ${}^{12}_{6}\mathrm{C}$. Ecrire le bilan de la réaction ; préciser la nature de la particule apparue au second membre avec le carbone ${}^{14}_{6}\mathrm{C}$.

Le noyau ${}^{14}_{6}\mathrm{C}$ se désintègre en émettant une particule $\beta^-$ : écrire le bilan de la réaction de désintégration.

2) Des végétaux absorbent le dioxyde de carbone de l'atmosphère provenant indifféremment du carbone 14, de période (ou durée de demi-vie) T = 5570 ans, et du carbone 12. La proportion de ces deux isotopes est la même dans les végétaux et dans l'atmosphère. Lorsque la plante meurt, elle cesse d'absorber le dioxyde de carbone, et le carbone 14 qu'elle contient se désintègre alors sans être renouvelé.

2.1. Au bout de combien de temps, après la mort d'une plante, la quantité de carbone 14 qu'elle contenait lors de sa mort aura-t-elle diminué de moitié ?

2.2. Si $N_0$ est le nombre des atomes de carbone 14 contenu dans la plante au moment de sa mort, montrer que le nombre N d'atome de carbone 14 restant au bout du temps t est donné par la relation :

$$N = N_0 \exp \frac{-0{,}693\,t}{T}.$$

2.3. Application : on compare l'émission $\beta^-$ d'un spécimen de bois trouvé dans une tombe égyptienne et celle d'un spécimen analogue, encore vivant, contenant la même quantité de carbone. Le rapport des indications du compteur est r = 0,56.

Sachant que l'indication du compteur de particules $\beta^-$ est proportionnelle au nombre de noyaux qui se désintègrent en un temps donné, calculer l'age $\tau$ du spécimen égyptien.

Exercice 6

*La Terre est bombardée en permanence par des particules très énergétiques venant du cosmos. Ce rayonnement cosmique est composé notamment de protons très rapides. Les noyaux des atomes présents dans la haute atmosphère « explosent » littéralement sous le choc de ces protons très énergétiques et, parmi les fragments, on trouve des neutrons rapides. Ces neutrons rapide peuvent à leur tour réagir avec des noyaux d'azote de la haute atmosphère. Lors du choc, tout se passe comme si un neutron rapide éjectait un des protons d'un des noyaux d'azote et prenait sa place pour former un noyau $Y_1$. Ce noyau $Y_1$ est un isotope particulier du carbone, le carbone 14, qui est radioactif : en émettant un électron et une particule non observable, l'antineutrino, il se décompose en un noyau Y2. La période ou demi-vie du carbone 14 est 5 570 ans. Comme le rayonnement cosmique bombarde la Terre depuis longtemps, un équilibre s'établit entre la création et la décomposition du carbone 14 : il y a autant de production que de décomposition si bien que la teneur en carbone 14 de tous les organismes vivants reste identique au cours du temps. Ce carbone s'oxyde en dioxyde de carbone qui se mélange à celui de l'atmosphère, à celui dissous dans l'eau, etc. et sera métabolisé par les plantes et à travers elles par tous les organismes vivants. Dans chaque gramme de carbone de l'atmosphère ou des organismes vivants, les atomes de carbone sont en très grande majorité des atomes de carbone 12, mais il y a $6{,}8.10^{10}$ atomes de carbone 14.*

*D'après I. Berkès «La physique du quotidien »*

*On donne pour différents noyaux :*

H : Z = 1 He : Z = 2 C : Z = 6 N : Z = 7 O : Z = 8; 1 an = 365 jours

**1. Réactions nucléaires dans la haute atmosphère**

1.1 Le proton est représenté par le symbole $^1_1H$. Justifier cette écriture.

1.2 L'équation de la réaction qui a lieu lorsque le neutron rapide éjecte un des protons du noyau d'azote peut s'écrire : $^1_0n + {}^{14}_{7}N \rightarrow {}^A_ZY_1 + {}^1_1H$.

1.2.a. Énoncer les lois de conservation qui régissent une réaction nucléaire.

1.2.b. Vérifier que, comme l'indique le texte, on obtient bien du carbone 14 ; préciser la composition de ce noyau.

1.3 Désintégration du carbone 14.

1.3.a. Écrire l'équation de la réaction qui a lieu lorsqu'un noyau de carbone 14 se décompose à son tour, en précisant le type de radioactivité du carbone 14. On ne tiendra pas compte de l'antineutrino produit.

1.3.b. Identifier l'élément $Y_2$.

**2. Phénomène de décroissance radioactive**

2.1 Donner la définition du temps de demi-vie $t_{1/2}$.

2.2 Constante radioactive

2.2.a. Donner la relation entre la constante radioactive λ et le temps de demi-vie $t_{1/2}$.

2.2.b. Par une analyse dimensionnelle, déterminer l'unité de λ.

2.2.c. À l'aide du texte calculer sa valeur pour la désintégration du carbone 14, en unité SI.

*Si l'on est incertain sur ce calcul on pourra prendre $\lambda = 4.10^{-12}$ SI pour les questions qui en découlent.*

2.3 Soit N le nombre de noyaux radioactifs restant dans un échantillon à la date t. Le nombre moyen de désintégrations pendant une durée Δt courte devant $t_{1/2}$ est –ΔN (opposé de la variation de N). Ce nombre moyen de désintégrations est donné par la relation –ΔN = λ.N.Δt. Déterminer le nombre de désintégrations par minute et par gramme de carbone d'un organisme vivant à partir de sa mort.

2.4 Calculer l'activité d'un gramme de carbone d'un organisme vivant ; utiliser l'unité SI.

**3. Datation au carbone 14**

3.1 Comment expliquer que la quantité moyenne de carbone 14 par kilogramme de matière (ou teneur) reste constante pour tous organismes en vie ?

3.2 Comment évolue globalement la teneur en carbone 14 quand un organisme meurt ? Expliquer qualitativement la réponse.

3.3 On date par la méthode du carbone 14 un morceau de sarcophage en bois trouvé dans une tombe de l'Égypte ancienne. Dans cet échantillon, on mesure en moyenne 10 désintégrations par minute et par gramme de carbone.

3.3.a. Déterminer le nombre de noyaux de carbone 14 subsistant dans cet échantillon.

3.3.b. Proposer un âge pour le bois de ce sarcophage.

<u>Exercice 7</u>

On donne :

| Nucléide X | $_{80}Hg$ | $_{82}Pb$ | $_{83}Bi$ | $_{84}Po$ |
|---|---|---|---|---|
| Masse du nucléide : $m_X$ | 203,9735 u | 205,9745 u | 208,9804 u | 209,9829 u |

1) L'uranium $^{238}_{92}U$ se désintègre avec ses « descendants » en émettant des particules $\alpha$ ou $\beta^-$.
Calculer le nombre de désintégration $\alpha$ et $\beta^-$, sachant qu'on aboutit au $^{206}Pb$.
Comment appelle-t-on l'ensemble des noyaux issus de l'uranium $^{238}U$ (lui-même compris) ?

2) Le plomb $^{206}Pb$ peut être obtenu par une désintégration $\alpha$ d'un noyau X avec une période T = 138 jours.

2.1. Ecrire l'équation-bilan de cette désintégration et identifier le noyau X.

2.2. Calculer en MeV puis en joule l'énergie libérée désintégration d'un noyau X.

3) On part d'un échantillon de 4,2 g de X.

3.1. Calculer l'activité $A_0$ de cet échantillon. L'exprimer en Becquerel puis en Curie.

3.2. Quelle est l'activité de cet échantillon au bout de 69 jours ?

3.3. Quelle masse de cet échantillon se désintègre-t-il au bout de 552 jours ?

<u>Exercice 8</u>

**DATATION DES SEISMES EN CALIFORNIE**

*La radioactivité se manifeste dans tout l'Univers. On peut utiliser les éléments radioactifs comme des horloges. Selon leur nature et leur durée de vie, ils peuvent renseigner sur l'âge de l'Univers, l'âge de la Terre, les processus géologiques et même l'histoire de l'humanité. On se propose ici de déterminer les dates de tremblements de terre qui se sont produits au cours des siècles à proximité de la faille de San Andreas en Californie.*

**PARTIE 1. Radioactivité naturelle du carbone**

1.1. Donner la composition en protons et en neutrons des noyaux atomiques suivants $^{12}_{6}C$ et $^{14}_{6}C$.

1.2. Les deux noyaux du 1.1. sont dits isotopes. Justifier cette affirmation en définissant le mot isotopes.

1.3. Le carbone $^{14}C$ est un noyau radioactif émetteur $\beta^-$.
Écrire l'équation de la réaction nucléaire correspondante en la justifiant. On admet que le noyau fils n'est pas obtenu dans un état excité.

1.4. Calculer l'énergie de liaison, en joules, du carbone $^{14}C$ que l'on notera $E_l$ ($^{14}C$).

1.5. En déduire l'énergie de liaison par nucléon du carbone $^{14}C$ (en joules par nucléon).

1.6. Calculer l'énergie libérée par la réaction de la question 1.3. (en joules).

Données :

- numéros atomiques : Z(Be) = 4 , Z(B) = 5 , Z(C) = 6 , Z(N) = 7 , Z(O) = 8 ;
- célérité de la lumière dans le vide : c = $2{,}998.10^{8}$ $m.s^{-1}$.
- masses de quelques particules :

| particule | proton | neutron | électron | noyau $^{14}C$ | noyau $^{14}N$ |
|---|---|---|---|---|---|
| masse (en kg) | $1{,}672\ 621\times 10^{-27}$ | $1{,}674\ 927\times 10^{-27}$ | $9{,}109\ 381\times 10^{-31}$ | $2{,}325\ 84\times 10^{-26}$ | $2{,}325\ 27\times 10^{-26}$ |

**PARTIE 2. Datation par le carbone 14**

*Deux scientifiques, Anderson et Libby, ont eu l'idée d'utiliser la radioactivité naturelle du carbone $^{14}C$ pour la datation. Les êtres vivants, végétaux ou animaux, assimilent du carbone. La proportion du nombre de noyaux de $^{14}C$ par rapport au nombre de noyaux de $^{12}C$ reste constante pendant toute leur vie. À la mort de l'organisme, tout échange avec le milieu naturel cesse et les atomes de $^{14}C$ disparaissent peu à peu. La radioactivité décroît alors avec le temps selon une loi exponentielle, qui* *permet d'atteindre un ordre de grandeur de l'âge de l'échantillon analysé. On admet que le rapport entre le nombre de $^{14}C$ et $^{12}C$ est resté constant dans les êtres vivants au cours des derniers millénaires.*

2.1. On note N(t) le nombre de noyaux radioactifs d'atomes de « carbone 14 » à un instant de date t pour un échantillon et $N_0$ le nombre de noyaux radioactifs à un instant pris comme origine des dates ($t_0$ = 0 s) pour ce même échantillon. On note $\lambda$ la constante radioactive. Écrire la loi de décroissance radioactive.

2.2. Temps de demi-vie et constante radioactive.

2.2.1. Donner la définition du temps de demi-vie d'un échantillon radioactif que l'on notera $t_{1/2}$.

2.2.2. Retrouver l'expression littérale du temps de demi-vie en fonction de la constante radioactive $\lambda$.

2.2.3. Le temps de demi-vie de l'isotope du carbone $^{14}C$ est $5{,}70.10^3$ ans. En déduire la valeur de la constante radioactive $\lambda$ en $an^{-1}$.

2.3. L'activité A(t) d'un échantillon radioactif à l'instant de date t est donnée ici par l'expression :

$$A(t) = \lambda.N(t)$$

2.3.1. Définir l'activité et donner son unité dans le système international.

2.3.2. En utilisant cette expression et la loi de décroissance, déduire que :

$A(t) = A_0.e^{-\lambda t}$ où $A_0$ est l'activité à l'instant de date $t_0$ = 0 s.

**PARTIE 3. La faille de San Andreas**

*En 1989, à proximité de la faille de San Andreas en Californie, on a prélevé des échantillons de même masse de végétaux identiques ensevelis lors d'anciens séismes. On a mesuré l'activité de chacun d'eux. On admet que cette activité est due uniquement à la présence de $^{14}C$.*

| échantillons numéro | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|
| activités de l'échantillon (SI) | 0,233 | 0,215 | 0,223 |

3.1. L'activité d'un échantillon de même végétal vivant et de même masse est $A_0$ = 0,255 SI.
On note t la durée qui s'est écoulée entre l'instant de date $t_0$ = 0 s du séisme et l'instant de la mesure. Déterminer la valeur $t_3$ qui correspond à l'échantillon n°3.

3.2. En déduire l'année au cours de laquelle a eu lieu le séisme qui correspond à l'échantillon n°3 étudié en 1989.

3.3. Pour les échantillons 1 et 2, on propose les années 586 et 1247. Attribuer à chaque échantillon, l'année qui correspond. Justifier sans calcul.

<u>Exercice 9</u> **Deux isotopes de l'iode pour étudier la thyroïde**

La glande thyroïde produit des hormones essentielles à différentes fonctions de l'organisme à partir de l'iode alimentaire. Pour vérifier la forme ou le fonctionnement de cette glande, on procède à une scintigraphie thyroïdienne en utilisant les isotopes 131 ($^{131}_{53}I$) ou 123 ($^{123}_{53}I$) de l'iode.

- Pour cette scintigraphie, un patient ingère une masse m = 1,00 µg de l'isotope $^{131}_{53}I$.

<u>**Données**</u> : *Masse molaire atomique de l'isotope $^{131}_{53}I$ : M = 131 g.mol$^{-1}$*

1) Donner la composition du noyau de l'isotope $^{131}_{53}I$.
2) Montrer que le nombre d'atomes radioactifs (donc de noyaux radioactifs) initialement présents dans la dose ingérée est égal à $4{,}60 \times 10^{15}$ atomes.
   *Ce nombre sera noté $N_0$ pour la suite de l'exercice.*
   *L'instant de l'ingestion est pris pour origine des dates (t =0 s).*
3) L'isotope $^{131}_{53}I$ est radioactif $\beta^-$. Après avoir précisé les lois de conservation utilisées, écrire l'équation de sa désintégration.
   *On admettra que le noyau fils n'est pas produit dans un état excité.*
   ***Données**: Quelques symboles d'éléments chimiques :*

| antimoine | tellure | iode | xénon | césium |
|---|---|---|---|---|
| $_{51}Sb$ | $_{52}Te$ | $_{53}I$ | $_{54}Xe$ | $_{55}Cs$ |

- La demi-vie de l'isotope $^{131}_{53}I$ vaut 8,0 jours.

4) Rappeler la loi de décroissance radioactive en faisant intervenir $N_0$ et la constante radioactive $\lambda$.
5) Définir la demi-vie $t_{1/2}$ d'un échantillon radioactif.
6) En déduire la relation $\ln(2) = \lambda \cdot t_{1/2}$.
7) Tracer, l'allure de la courbe correspondant à l'évolution au cours du temps du nombre de noyaux radioactifs dans l'échantillon, <u>en justifiant le raisonnement utilisé</u>.
   On placera correctement les points correspondant aux instants de $t_{1/2}$ , 2 $t_{1/2}$ et 3 $t_{1/2}$.

- On rappelle que l'activité A(t), à l'instant de date t, d'un échantillon de noyaux radioactifs est définie par $A(t) = \left|\frac{dN(t)}{dt}\right|$

8) A partir de la loi de décroissance radioactive montrer que l'activité de l'échantillon ${}^{131}_{53}I$ à l'instant de date t est proportionnelle au nombre de noyaux radioactifs à cet instant.
9) En déduire l'expression littérale de l'activité $A_0$ de l'échantillon à l'origine des dates, en fonction de $N_0$ et $t_{1/2}$. Calculer sa valeur numérique, exprimée dans le système international.
10) Calculer, dans le système international, l'activité $A$ de l'échantillon d'isotope ${}^{131}_{53}I$ à l'instant de l'examen, sachant qu'en général l'examen est pratiqué quatre heures après l'ingestion de l'iode radioactif ${}^{131}_{53}I$.
11) En déduire la perte relative d'activité $\frac{|\Delta A|}{A_0} = \frac{|A(t) - A_0|}{A_0}$ entre les deux instants évoqués.

   Cette perte sera calculée et exprimée en pourcentage.

- La demi-vie de l'isotope ${}^{123}_{53}I$ de l'iode est 13,2 heures. On considère maintenant que le patient ingère une quantité d'isotope ${}^{123}_{53}I$ telle que l'activité initiale de cet isotope soit la même que celle de l'isotope ${}^{131}_{53}I$ trouvé à la question 9.

12) L'activité $A$ (valeur calculée à la question 10) sera-t-elle atteinte après une durée identique, plus petite ou plus grande qu'avec l'isotope ${}^{131}_{53}I$ de l'iode? Justifier.

   Une méthode graphique peut être utilisée.

Exercice 10 : concours d'entrée à l'EMS 2004

**A**. Le polonium 210 subit une désintégration du type α selon l'équation suivante :

$${}^{210}_{84}Po \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{206}_{82}Pb + \gamma$$

1) a) Rappeler brièvement la signification de cette équation.

b) Donner la structure (nature et nombre des constituants) des nucléides intervenant dans cette réaction nucléaire.

c) Rappeler la définition de l'énergie de liaison et calculer, en MeV, celle de chacun des nucléides précédents.

d) Soit ΔE l'énergie libérée par la désintégration d'un noyau de polonium. Calculer ΔE en joule et en électronvolts. Sous quelle forme cette énergie est-elle libérée ?

e) On suppose que le noyau de polonium est initialement immobile et que l'énergie du photon γ est négligeable. Exprimer, les énergies cinétiques $Ec_1$ et $Ec_2$ d'un noyau d'hélium (de masse $m_1$) et d'un noyau de plomb (de masse $m_2$), en fonction de ΔE, $m_1$ et $m_2$. Comparer ces énergies et conclure.

Données : masses des noyaux ${}^{210}_{84}Po$ : m = 210,0857 u ; ${}^{4}_{2}He$ : $m_1$ = 4,0026 u ; ${}^{206}_{82}Pb$ : $m_2$ = 206,0789u.

2) La demi-vie du polonium est de 140 jours. On dispose d'une masse de 2,00 grammes de polonium à la date t = 0. Quel sera, à la date t' = 280 jours, le volume d'hélium obtenu, volume mesuré dans les conditions où le volume molaire est 24 $L.mol^{-1}$ ?

**B**. Les noyaux d'hélium émis par le polonium sont utilisés pour bombarder un échantillon de béryllium qui émet alors des neutrons ayant chacun une masse μ.

1) Un de ces neutrons de vitesse $\vec{v_0}$ heurte un noyau d'hydrogène de masse $m_H$, au repos.

Le choc est élastique et on admet que les vitesses des particules après le choc sont colinéaires. La vitesse du neutron après le choc est $\vec{v_1}$ et celle du noyau d'hydrogène $\vec{v_H}$ .Un autre neutron de vitesse $\vec{v_0}$ rencontre dans les mêmes conditions un noyau d'azote de masse $m_N$ qui après le choc a une vitesse $\vec{v_N}$ . Exprimer $v_H$ et $v_N$, déduire l'expression du rapport $\frac{v_N}{v_H}$.

2) On mesure la vitesse des noyaux d'hydrogène : $v_H = 3{,}3.10^7$ $m.s^{-1}$. On admettra que les du proton et du neutron sont égales à l'unité de masse atomique.

a) Calculer les vitesses $v_0$ et $v_1$ du neutron avant et après la collision neutron-hydrogène.

Ce résultat était-il prévisible ?

b) Sachant que le nombre de masse de l'azote est 14, calculer la vitesse du noyau d'azote et celle du neutron après la collision neutron-azote.

Exercice 11 Les réacteurs nucléaires

On donne :

- masse du noyau d'uranium 235 : 235,044 u
- masse du noyau de cérium 146 : 145,910 u
- masse du noyau de sélénium 85 : 84,922 u
- masse du noyau de deutérium : 2,0141 u

La France compte aujourd'hui 58 réacteurs nucléaires à eau sous pression (REP). La production d'énergie dans ces réacteurs repose sur la fission de l'uranium 235. En effet, lorsqu'un neutron heurte un noyau d'uranium ${}^{235}_{92}U$ , une des fissions possibles conduit à la formation d'un noyau de cérium ${}^{146}_{58}Ce$, d'un noyau de sélénium ${}^{85}_{34}Se$, ainsi qu'à un nombre *a* de neutrons.

1) Ecrire l'équation complète de cette réaction nucléaire; en déduire la valeur de *a*. Justifier en exprimant les lois appliquées.
2) Calculer la variation de masse $\Delta m$ qui accompagne la fission d'un noyau d'uranium 235.
3) Calculer, en joule et en MeV, l'énergie $\Delta E$ libérée par cette réaction.
4) Les centrales nucléaires françaises utilisant de l'uranium 235 fournissent au maximum une puissance électrique P = 1455 MW.

La combustion d'un kilogramme de pétrole libère une énergie E = $45.10^6$ J sous forme de chaleur. Le rendement de la transformation d'énergie thermique en énergie électrique est de 32,4%. En déduire la masse de pétrole qui serait nécessaire pour produire pendant un an la même énergie électrique que les centrales nucléaires françaises.

Exercice 12

Le combustible d'une centrale nucléaire R.E.P (réacteur à eau sous pression) est l'oxyde d'uranium $UO_2$ contenant l'isotope 235. L'une des réactions de fission de l'uranium fournit du cérium (Ce) et du zirconium (Zr) :

$${}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{142}_{58}Ce + {}^{91}_{40}Zr + x({}^{1}_{0}n) + y({}^{0}_{-1}e)$$

1)

a) En justifiant votre réponse, déterminez le nombre x de neutrons et le nombre y d'électrons produits par cette réaction.

b) Ecrire l'équation complète de cette réaction nucléaire.

2)

c) Calculer en MeV l'énergie libérée par la fission d'un noyau d'uranium 235.

d) En déduire en joules l'énergie produite par la fission d'une mole d'uranium 235 puis celle libérée par 1 gramme du combustible $UO_2$.

*On supposera que toutes les réactions de fission qui se produisent ont un bilan énergétique identique à celui de la réaction donnée plus haut.*

3) Sachant que le pouvoir calorifique du pétrole est $4,4.\ 10^7$ J/kg, calculer la masse de pétrole dont la combustion fournirait une énergie équivalente à celle fournie par la fission d'un gramme de combustible nucléaire $UO_2$.

4) Les éoliennes les plus récentes et les plus efficaces ont une puissance nominale de 1,5 MW avec une longueur de pale de 35 mètres. L'énergie qu'elles peuvent produire sur un site venté est d'environ 4 GWh / an.

Un parc de centrales nucléaires a été construit en 20 ans pour faire face à la crise pétrolière des années 1970. Ce parc nucléaire compte 58 réacteurs qui ont produit 422 milliards de kWh en 2008.

A partir des données fournies, on se propose d'essayer de comparer grossièrement deux types de production d'énergie électrique : l'éolien et le nucléaire.

a) Calculer, avec les données fournies pour le parc nucléaire de 2008, la production moyenne d'énergie d'un réacteur nucléaire.

b) Calculer, dans ces conditions, le nombre théorique d'éoliennes nécessaires pour remplacer un réacteur puis pour remplacer l'ensemble des réacteurs nucléaires.

c) Expliquer pourquoi la solution " tout éolien " est impossible.

***On néglige la masse des électrons devant celle des protons et neutrons.***

**On donne :**

| Noyau | ${}^{235}_{92}U$ | ${}^{142}_{58}Ce$ | ${}^{91}_{40}Zr$ |
|---|---|---|---|
| Masse d'un atome (en u) | 235,044 | 141,909 | 90,905 |

Exercice 13

Comparaison des énergies produites par des réactions de fusion et de fission

1) Une centrale nucléaire est une usine de production d'électricité. Actuellement ces centrales utilisent la chaleur libérée par des réactions de fission de l'uranium 235 qui constitue le « combustible nucléaire ». Cette chaleur transforme de l'eau en vapeur. La pression de la vapeur permet de faire tourner à grande vitesse une turbine qui entraîne un alternateur produisant l'électricité. Certains produits de fission sont des noyaux radioactifs à forte activité et dont la demi-vie ou période peut être très longue.

1.1 Définir le terme demi-vie (ou période).

1.2 Le bombardement d'un noyau d'uranium 235 par un neutron peut produire un noyau de strontium et un noyau de xénon selon l'équation suivante :

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{94}_{Z}Sr + ^{A}_{54}Xe + 3^{1}_{0}n$$

1.3 Déterminer les valeurs des nombres A et Z.

1.4 Calculer en MeV l'énergie libérée par cette réaction de fission.

1.5 Quelle est l'énergie libérée par nucléon de matière participant à la réaction ?

**Données :**

| particule ou noyau | neutron | hydrogène 1 ou proton | hydrogène 2 ou deutérium | hydrogène 3 ou tritium | hélium 3 | hélium 4 | uranium 235 | xénon | strontium |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| symbole | $^{1}_{0}n$ | $^{1}_{1}H$ | $^{2}_{1}H$ | $^{3}_{1}H$ | $^{3}_{2}He$ | $^{4}_{2}He$ | $^{235}_{92}U$ | $^{A}_{54}Xe$ | $^{94}_{Z}Sr$ |
| Masse en u | 1,00866 | 1,00728 | 2,01355 | 3,01550 | 3,01493 | 4,00150 | 234,9942 | 138,8892 | 93,8945 |

2) Il existe actuellement un projet dont l'objectif est de démontrer la possibilité scientifique et technologique de la production d'énergie par la fusion des atomes. La fusion est la source d'énergie du soleil et des autres étoiles. La réaction de fusion la plus accessible est la réaction impliquant le deutérium et le tritium. C'est sur cette réaction que se concentrent les recherches concernant la fusion contrôlée.

La demi-vie du tritium consommé au cours de cette réaction n'est que de 15 ans.

De plus il y a très peu de déchets radioactifs générés par la fusion et l'essentiel est retenu dans les structures de l'installation ; 90 % d'entre eux sont de faible ou moyenne activité.

2.1 Le deutérium de symbole $^{2}_{1}H$ et le tritium de symbole $^{3}_{1}H$ sont deux isotopes de l'hydrogène. Après avoir défini le terme « isotopes », donner la composition des noyaux de deutérium et de tritium.

2.2 Qu'appelle-t-on réaction de fusion ?

2.3 Écrire l'équation de la réaction de fusion entre un noyau de deutérium et un noyau de tritium sachant que cette réaction libère un neutron et un noyau noté X. Identifier le noyau X.

2.4 Montrer que l'énergie libérée au cours de cette réaction de fusion est de 17,6 MeV. Quelle est alors l'énergie libérée par nucléon de matière participant à la réaction ?

3) Conclure en indiquant les avantages que présenterait l'utilisation de la fusion par rapport à la fission pour la production d'électricité dans les centrales nucléaires