CINEMATIQUE DU POINT

NUL N'ENTRE DANS CE CAR RAPIDE S'IL NE FAIT PAS TOUS LES EXERCICES

Exercice1 :
Un insecte se déplace sur le plateau d'un manège en rotation uniforme suivant un rayon du plateau. On suppose que sa vitesse est constante.
1) Quel est le mouvement de l'insecte par rapport au plateau du manège.
2) Quel est le mouvement de l'insecte par rapport au sol ? Faire un dessin approximatif de la nouvelle trajectoire.

Exercice 2 :
Un cycliste parcourt un trajet formé de quatre parties distinctes :
- première partie : un ‹‹ plat ›› de 20 km ; sa vitesse moyenne est $v_1 = 22$ km/h ;
- deuxième partie : une montée de 10 km ; sa vitesse moyenne est $v_2 = 15$ km/h ;
- troisième partie : un ‹‹ plat ›› de 15 km ; sa vitesse moyenne est $v_3 = 26$ km/h ;
- quatrième partie : une descente de 5 km ; sa vitesse moyenne est $v_4 = 35$ km/h.

Calculer la vitesse moyenne du cycliste au cours de ce parcours.

Exercice 3 :
L'équation paramétrique d'un mobile en mouvement rectiligne est : $x = \frac{1}{2}t^2 + 2t + 1$ (m)
1) Quelle est l'équation de sa trajectoire ?
2) Déterminer :
- la position initiale du mobile (position à t = 0 s) ;
- la vitesse initiale du mobile (vitesse à t = 0 s) ;
- le module de l'accélération du mobile à un instant quelconque. Conclure.
3) Calculer la vitesse moyenne v_m du mobile entre les instants $t_1 = 0$ s et $t_2 = 2$ s.
4) Calculer les vitesses v_1 et v_2 du mobile aux instants respectifs $t_1 = 0$ s et $t_2 = 2$ s.
5) Comparer v_1 et v_2 à v_m. Conclure.

Exercice 4 :
L'équation horaire de l'abscisse x d'un mobile en mouvement rectiligne est : $x(t) = t^4 - 2t^2$ (x en m).
1) Comment peut-on repérer le mouvement de ce mobile ?
2) Déterminer :
- le module du vecteur vitesse à l'instant t = 0,5 s ;
- le module du vecteur accélération à l'instant t = 0 s.
3) Donner l'équation de la trajectoire du mobile.
4) Déterminer les intervalles de temps pendant lesquels le mouvement est accéléré ou retardé.

Exercice 5 :
Les équations horaires du vecteur vitesse d'un mobile à un instant t quelconque sont données par :
$V_x = 0{,}1$
$V_y = 0{,}2\,t$ (en m/s)
1) Déterminer les équations horaires x(t) et y(t) des coordonnées de ce mobile à l'instant t sachant qu'à t = 0 s, le mobile se trouve en un point de coordonnées $x_0 = 0{,}1$ m et $y_0 = 0{,}1$ m.
2) Donner l'équation de sa trajectoire.

Exercice 6 :

Un mobile ponctuel M se déplace dans un plan muni d'un repère d'espace orthonormé $(O, \vec{i}, \vec{j})$. A chaque instant t,

$\overrightarrow{OM} = (t + 2)\,\vec{i} + (3t^2 + 5t)\,\vec{j}$ (t en seconde)

1) Quelles sont les équations horaires du mouvement ?
2) Quelle est l'équation cartésienne de la trajectoire de M ?
3) Quelles sont les cordonnées du vecteur vitesse ? Cette vitesse peut-elle s'annuler ?
4) Quelle est la position du mobile à la date t = 0 ? Quelle est alors la vitesse v_0 de M ? Quel angle fait le vecteur $\vec{v_0}$ avec $(O, \vec{i})$?
5) Montrer que le vecteur accélération de M est constant.

Exercice 7 :

Dans un relais 4 × 100 m, un coureur arrive avec un mouvement uniforme de vitesse 9,9 m/s. A 15 m son coéquipier s'élance avec un mouvement uniformément varié d'accélération 3 m /s^2. On suppose que le passage s'effectue dans une ligne droite.

1) Les deux coureurs vont-ils se rejoindre ?
2) En précisant bien l'origine des instants, déterminer l'instant de passage du témoin.
3) Quelles distances respectives ont alors parcourues les deux coureurs depuis l'instant origine ?

Exercice 8 :

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

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

1) Rechercher l'équation cartésienne de la trajectoire.
2) Donner les caractéristiques du vecteur vitesse lorsque le mobile passe par son ordonnée maximale y_{max}.
3) Calculer l'abscisse du mobile lorsque celui-ci repasse par l'ordonnée y = 0.
4) Calculer la valeur de la vitesse à la date t = 6 s.

Exercice 9 :

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 10 :

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 ?

Exercice11 :
On étudie le mouvement de chute suivant une même verticale de deux billes assimilables à des ponts matériels. On admet que les mouvements sont uniformément variés. Le vecteur accélération est vertical et dirigé de haut en bas. Son module est

$\|\vec{a}\| = 10\ m/s^2$.

1) D'un point O, on lance une première bille A verticalement vers le haut avec une vitesse $\vec{v_0}$.
   a) Ecrire l'équation horaire de son mouvement en précisant les repères de temps et d'espace choisis.
   b) Quelle est l'altitude maximale atteinte par cette bille ? A quelle date atteint-elle ce maximum ? On prendra $v_0 = 30$ m/s.
2) Trois secondes après le départ de la bille A, on lance une deuxième bille B verticalement à partir du même point O avec la même vitesse $\vec{v_0}$.
   a) Ecrire l'équation du mouvement de B en prenant les mêmes repères que précédemment.
   b) Quand et où les deux billes se rencontrent-elles ?

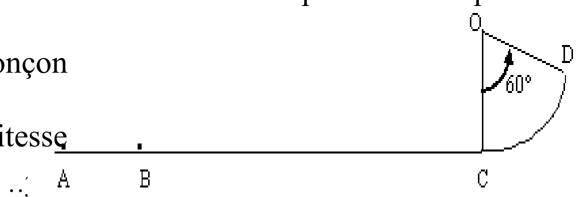
Exercice 12 :
Une automobile démarre lorsque le feu passe au vert avec une accélération $a = 2{,}5\ m/s^2$ pendant une durée $\theta = 7{,}0$ s ; ensuite le conducteur maintient sa vitesse constante.
Lorsque le feu passe au vert, un camion, roulant à la vitesse v = 45 km/h, est situé à une distance d = 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 13 :
Un dispositif permet d'enregistrer à des intervalles de temps égaux, les positions d'un point matériel en mouvement rectiligne. Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

t (s)	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
x (cm)	5	15	29	47	69	95	124,5	154,5	184,5	214,5	244,5

1) Montrer que le mouvement admet une première phase uniformément accélérée et calculer son accélération. Etablir l'équation du mouvement dans cette phase.
2) Montrer que le mouvement devient uniforme vers la fin de l'enregistrement. Etablire l'équation horaire pour cette phase. On considérera qu'à l'instant initial $v = v_0 = 0$.

Exercice 14 :
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 $\theta = f(t)$ 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 15:
A la date t = 0, un mobile M est en un point de cordonnées : x_0 = 4,0 m ; y_0 = - 1,0 m.

Il est animé d'un mouvement rectiligne uniforme dans un plan muni d'un repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$. Les cordonnées du vecteur vitesse sont :

$\vec{v}$ (v_x = 2,0 m/s ; v_y = - 3,0 m/s)
1) Calculer la vitesse du mobile.
2) Donner les équations paramétriques du mouvement.
3) Donner l'équation de la trajectoire.

Exercice 16 :
Un point M animé d'un mouvement rectiligne part sans vitesse. Le démarrage se fait avec une accélération égale à 0,8 m/s^2. Puis le point M dès qu'il atteint la vitesse de 8 m/s parcours 24 m à cette vitesse. Enfin au cours du freinage M parcourt 8 m d'un mouvement uniformément retardé jusqu' à l'arrêt.
1) Etablir les équations horaires des trois phases dans le même repère (t = 0 : instant de départ de M ; x = 0 : position de M au démarrage). Donner les équations des trois vitesses.
2) Tracer les diagrammes d'espaces, de vitesses et d'accélérations pour l'ensemble des trois phases.

Exercice 17 :
Sur le quai d'une gare, une voyageuse en retard court pour essayer de prendre son train à une vitesse constante d'intensité
v = 8 m/s. Le train démarre alors qu'elle est à 100 m du dernier wagon, l'accélération constante du train a une intensité a = 0,5 m/s^2.
1) La voyageuse rejoindra-t-elle son train, sinon à quelle distance minimale s'en trouvera-t-elle ?
2) Quelle devrait être la distance maximale, à l'instant du démarrage, entre le train et la voyageuse pour que celle-ci atteigne effectivement le dernier wagon ?

Exercice 18 :
La terre tourne uniformément autour de son axe. Le jour sidéral est égal à 8,616.10^{4}s.
1) Calculer sa vitesse angulaire de rotation.
2) Trouver en fonction de la latitude, la vitesse et l'accélération d'un point à la surface de la terre.
3) Calculer ces grandeurs en un point de l'équateur (R = 6,35.10^6 m). Pourquoi d'après vous, ne ressentons nous pas l'effet de cette grande vitesse.

Exercice 19 :
A l'instant t = 0 un mobile M se trouve en un point de coordonnées x_0 et y_0 en cm. Sa vitesse est donnée par $v_x(t) = v_0$ et $v_y(t) = 2t$ (en cm/s)

1) Donner les équations horaires x (t) et y (t).
2) En déduire l'équation de la trajectoire y = f(x) ainsi que le module v de la vitesse de M.

   Application numérique : $x_0 = 1$ cm ; $y_0 = 0$ cm ; $v_0 = 1$ cm/s.

Exercice 20:

Sur un porte-avion, les avions de combat sont lancés sur une distance d = 25 m, par l'intermédiaire d'une catapulte. On suppose que l'accélération du mouvement est constante pendant l'opération. La vitesse de l'avion à la fin du lancement vaut :

v = 203 km/h.

1) Calculer l'accélération de l'avion au cours du catapultage.
2) Calculer la durée de cette opération.

Exercice 21 :

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 22 :

Un enfant est assis sur un cheval d'un manège de chevaux de bois qui tourne avec une vitesse angulaire $\omega = 0,4$ rad/s. A une distance d = 5 m de l'axe de rotation, le préposé au fonctionnement du manège marche en sens inverse de la rotation à la vitesse v = 7,2 km/h.

1) Quel est le mouvement du proposé par rapport à l'enfant ?
2) Quel est le mouvement du proposé par rapport aux parents de l'enfant assis sur un banc près du manège ?

Exercice 23 :

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 24:

Une rame de métro effectue un trajet entre deux stations.

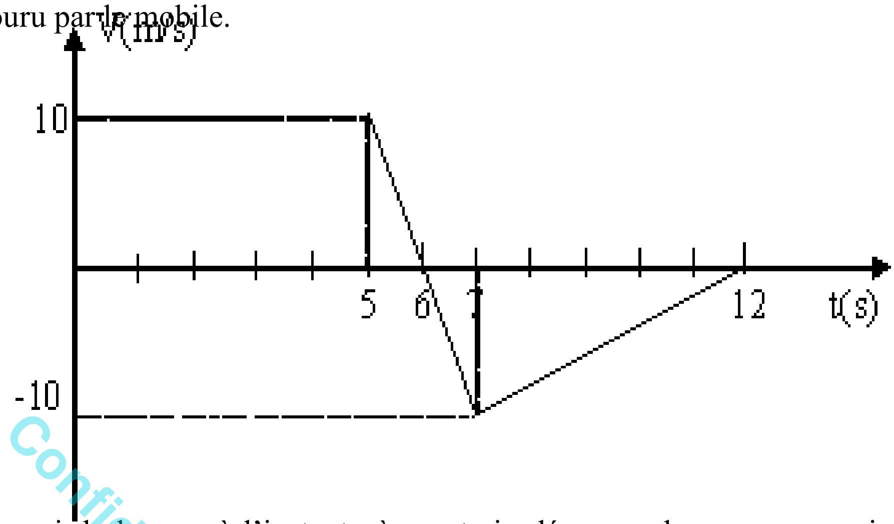
Partant de la première station, le conducteur lance sa rame avec une accélération de valeur $a_1 = 0,85$ m/s. Au bout d'une durée θ_1, lorsqu'il juge la vitesse suffisante pour pouvoir atteindre l'autre station, le conducteur coupe définitivement le courant.

Différentes causes ralentissent le mouvement qui s'effectue alors avec une décélération constante de valeur absolue : $|a_2| = 0,05$ m/s^2.

La rame s'arrête à la deuxième station séparée de la première par la distance d = 1500 m. Calculer :

1) les durées θ_1 et θ_2 des deux phases du parcours ;
2) les longueurs l_1 et l_2 de ces deux phases ;
3) la vitesse maximale de la rame entre les deux stations.
4) Sans justifier le tracé et en utilisant les résultats des trois première questions, représenter graphiquement les fonctions : x = f (t) ; y = g (t) ; a = h (t)

Exercice 25 :
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 ϵ [0 ; 12] en secondes.
2) Calculer l'espace parcouru par le mobile.

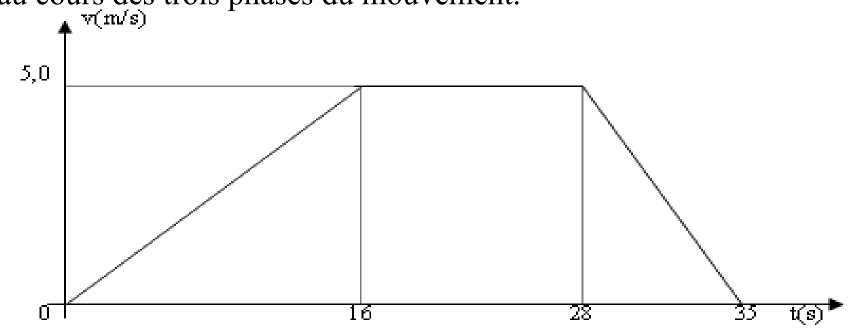


Exercice 26 :
Un voyageur arrive sur le quai de la gare à l'instant où son train démarre ; le voyageur, qui se trouve à une distance d = 25 m de la portière, court à la vitesse constante v_1 = 24 km/h.
Le train animé d'un mouvement rectiligne d'accélération constante a = 1,20 m/s^2.
1) Le voyageur pourra-t-il rattraper le train ?
2) Dans le cas contraire, à quelle distance minimale de la portière parviendra-il ?

Exercice 27 :

On donne l'équation horaire d'un mobile M par rapport au repère (O, $\vec{i}$, $\vec{j}$) :
$$\begin{cases} x = A\cos\omega t \\ y = A\sin\omega t \end{cases}$$
avec A = 10 cm et ω = 10 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 ?

Exercice 28:
Un mobile décrit une trajectoire rectiligne. On donne la représentation graphique de sa vitesse en fonction du temps figure ci-dessous.
1) Calculer son accélération au cours des trois phases du mouvement.



2) Calculer la distance parcourue par le mobile jusqu'à son arrêt à la date 35 s.

Exercice 29 :
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 30 :
Un mobile est animé d'un mouvement rectiligne sinusoïdal d'amplitude X_m = 24 cm et de période T = 4 s. L'instant t = 0 étant un instant d'élongation maximale positive.
1) Ecrire l'équation horaire du mouvement.
2) Calculer l'élongation et l'accélération à la date t = 0,5 s
3) Quelle est la vitesse à t = 0,5 s.
4) Calculer la date du premier passage à l'abscisse x = - 12 m et la vitesse à cet instant.

Exercice 31 :
Un mobile ponctuel M se déplace sur un axe x'Ox d'origine O. La loi horaire de son mouvement est
$x = 2\times10^{-2} \cos (40 \pi t - \frac{\pi}{6})$ (x 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 32 :
L'équation horaire du mouvement d'un mobile est $x = 2\times10^{-2} \sin (40 \pi t + \varphi)$. Calculer φ pour chacun des cas suivants :
1) à l'instant initial, le mobile passe par l'origine des espaces dans le sens des élongations croissantes ;
2) à l'instant initial, le mobile passe par l'origine des espaces dans le sens des élongations décroissantes ;
3) à l'instant initial, le mobile passe par l'élongation maximale ;
4) le mobile passe par l'élongation minimale à l'instant initial.

APPLICATIONS DES BASES DE LA DYNAMIQUE

Exercice 1 :
Un joueur de golf frappe une balle avec un cube. Une chronophotographie montre que la balle, de masse m = 45,9 g, part avec une vitesse v = 250 km/h et que la durée du choc est δt = 400 µs.
Donner la valeur de la force moyenne qui s'est exercée sur la balle. On négligera son poids.

Exercice 2 :

Un joueur de tennis renvoie une balle qui arrive à la vitesse v_1= 100 km/h. Après la frappe, la balle part à la vitesse v_2 = 160 km/h dans une direction identique à la direction incidente.
Une photographie faite au moment du choc permet de mesurer la force exercée sur la balle en étudiant la déformation du cordage.
L'intensité F de cette dernière est estimée à 250 N. On négligera le poids de la balle devant la force de frappe de la raquette.

1) Calculer la durée du contact balle-raquette si l'on suppose constant la valeur de la force F. On donne la masse de la balle : m = 57 g.
2) Que peut-on dire de la force exercée par la balle sur la raquette ?

Exercice 3 :
Une automobile de masse M = 1 tonne glisse sur une route verglacée et percute de face un mur de neige à la vitesse v = 80 km/h. Sous l'effet du choc, elle s'enfonce dans la neige fraîche, d'une distance d = 4,2 m. On suppose que l'action de la neige sur l'automobile se réduit à une force constante $\vec{F}$; calculer l'intensité de cette force.

Exercice 4 :

Un wagon de masse M = 40 t, initialement au repos, est tiré pendant une durée Δt = 90 s, avec une force $\vec{F}$ constante, sur une voie rectiligne et horizontale ; la vitesse atteinte est alors v = 100 km/h.

1) Montrer que l'accélération du wagon est constante.
2) Calculer la valeur de la force $\vec{F}$.
3) Quelle est la distance nécessaire pour que le wagon puisse atteindre la vitesse v dans les conditions exposées précédemment ?

Exercice 5 :
Une automobile de masse M = 1 100 kg descend en roue libre une côte rectiligne dont la pente est 8 % (l'altitude diminue de 8 m lorsqu'on parcours 100 m sur la route). Partie sans vitesse initiale, elle atteint la vitesse v = 65 km/h après une durée Δt = 45,1 s.

1) Calculer l'accélération prise par l'automobile, si l'on suppose que le mouvement est uniformément accéléré.
2) Quelle est la distance parcourue au cours de cette mesure ?

Exercice 6 :
Un solide s de masse M = 4 kg glisse en suivant la ligne de plus grande pente d'un plan incliné.

1) On donne au plan l'inclinaison α_1 = 30° ; le solide S est, dans ces conditions, animé d'un mouvement de vitesse constante v = 1 m/s. Montrer que le solide est nécessaire soumis à une force de frottement $\vec{f}$; quelle est la valeur de f ?
2) La force de frottement garde la précédente, mais on donne désormais au support l'inclinaison α_2 = 45°. Calculer l'accélération a du solide.

Exercice 7 :

1) Une automobile assimilable à un solide de masse M = 1 200 kg, gravite une route rectiligne de pente 10 % (la route s'élève de 10 m pour un parcours de 100 m) à la vitesse constante
v = 90 km/h. En dehors du poids, aucune force ne s'oppose à l'avancement du véhicule.

Calculer la valeur de la force motrice $\vec{F_m}$

2) A une date que l'on choisi comme origine (t = 0), le moteur est coupé et la voiture poursuit son ascension en roue libre.

- A quelle date t_1 la voiture s'immobilise-t-elle,
- Quelle distance x_1 a-t-elle parcouru depuis l'arrêt du moteur ? Donner deux méthodes pour résoudre cette question.

3) Reprendre la question 2) en supposant désormais que le véhicule est soumis à une force de freinage $\vec{f}$ constante d'intensité f = 300 N.

Exercice 8 :

Un mobile de masse M = 0,60 kg, reposant sur une table horizontale, est soumis à une force constante $\vec{F}$ de valeur f = 0,65 N et de direction parallèle au support. L'ensemble des frottements est assimilable à une force constante $\vec{f}$ parallèle à la trajectoire du mobile. On se propose de déterminer la valeur de $\vec{f}$ par deux méthodes différentes dans les parties **A** et **B**.

On enregistre les positions successives de la projection A du centre d'inertie G du mobile toutes le 60 ms (**fig.1**).

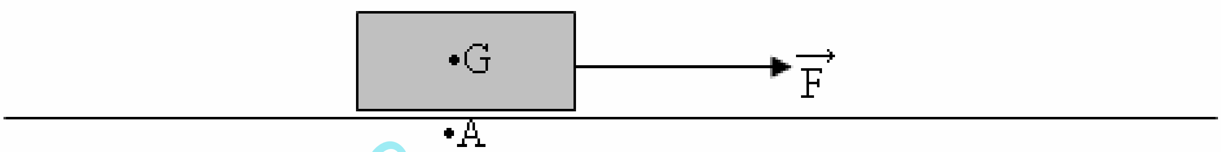


Fig.1

On a reproduit ci-dessous une partie de cet enregistrement en indiquant la position des points sur axe dont l'origine a été choisie arbitrairement en A_1 (**fig.2**)

1) Déterminer la valeur de la vitesse aux points A_2, A_3, A_4, A_5, A_6 et A_7. On présentera les résultats sous forme de tableau.

Fig.2

2) On choisit comme origine des dates l'instant du passage en A_1. Représenter graphiquement la vitesse en fonction du temps.

- Echelles : $\begin{cases} 1 \text{ cm pour } 20 \text{ ms} \\ 1 \text{ cm pour } 2.10^{-2} \text{ m/s} \end{cases}$

Déduire de ce graphe la nature du mouvement.

3) En expliquant votre raisonnement, déterminer la valeur de $\vec{f}$.

4) La valeur de la vitesse au passage en a_2 est : $v_2 = 0{,}18$ m/s.

La valeur de la vitesse en A_6 est : $v_6 = 0{,}54$ m/s.

En utilisant le théorème de l'énergie cinétique, que l'on énoncera, déterminer la valeur de $\vec{f}$

Exercice 9 :

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 10 :

La cabine d'un ascenseur de masse M = 1 600 kg s'élève directement, du rez-de-chaussée au dernier étage d'un tour, sur une hauteur H.

1) La montée comporte trois phases :
- durant t_1 = 2,8 s, le mouvement est uniformément accéléré ;
- durant t_2 = 8,0 s, le mouvement est uniforme sur une distance d_2 = 52 m ;
- durant t_3 = 3,5 s, le mouvement est uniformément retardé jusqu'à l'arrêt.

Calculer la hauteur H.

2) Calculer la tension du câble de traction au cours de chacun des trois phases de la montée.

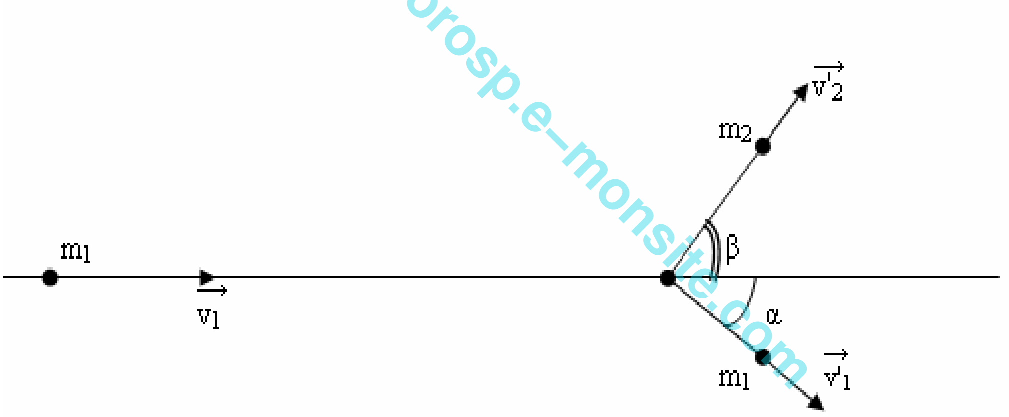
Exercice 11 :

On lance un projectile avec une vitesse initiale v_0 = 30 m/s à partir du sol horizontal. L'angle de tir vaut : α = 50°

1) Déterminer l'équation de la trajectoire dans un repère lié au sol, dont l'origine coïncide avec le point de lancement.
2) Calculer la flèche du tir.
3) a) Quelle doit être la valeur de l'angle de tir pour que la flèche soit maximale ?
   b) Quelle hauteur le projectile atteint-il alors ?

Exercice 12 :

Un projectile de masse m_1 = 100 g glisse sur la surface d'un lac gelé et rencontre une pierre de masse m_2 = 70 g qui est immobile. Le projectile rebondit sur la pierre, sa nouvelle direction faisant un angle α = 30° avec la direction de sa trajectoire initiale, tandis que la pierre part dans une direction faisant l'angle β = 50° avec la direction initiale du projectile (**voir figure ci-dessous**). La vitesse du projectile avant le choc est v_1 = 10 m/s



1) Calculer sa vitesse v'_1 et celle de la pierre v'_2 après le choc.
2) Y a-t-il conservation de l'énergie cinétique au cours du choc ?

Exercice 13 :

Bath et Demba jouent aux billes dans une cour horizontale que l'on suppose parfaitement lisse. La bille de Bath lancée à la vitesse de 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°.

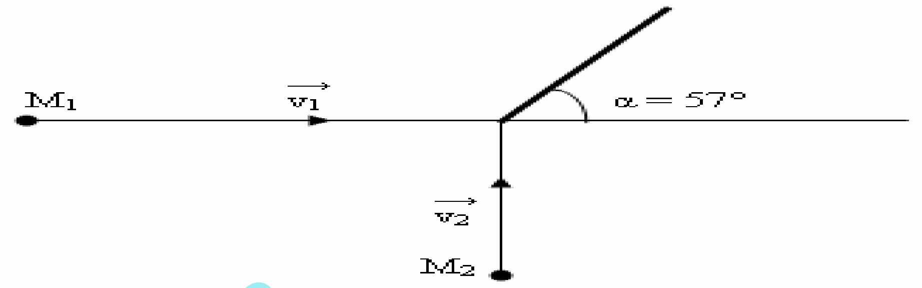
1) Donner les caractéristiques des vitesses $\vec{v'_1}$ et $\vec{v'_2}$ des deux billes après le choc, sachant qu'elles ont la même masse.

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 $\vec{v'_1} = -\frac{\vec{v_1}}{2}$.

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

Exercice 14 :

Par un jour d'hiver, les chaussées sont glissantes et l'on suppose que les véhicules qui s'y déplacent sont des solides pseudo-isolés. Deux automobiles se heurtent au croisement de deux routes perpendiculaires (**voir figure**).



La première, de masse $M_1 = 1000$ kg, roulait à la vitesse $v_1 = 40$ km/h. La deuxième, de masse $M_2 = 800$ kg, se déplaçait à la vitesse v_2. Après le choc, les deux automobiles restent accrochées et la direction prise par l'ensemble forme un angle $\alpha = 57°$ avec la direction initiale du premier véhicule.

La vitesse sur ces deux routes étant limités à 45 km/h, le deuxième véhicule était-il en infraction pour excès de vitesse ?

Exercice 15 :

On lance un projectile, avec la vitesse initiale $v_0 = 200$ m/s, sur une cible située à une distance D = 1,2 km sur le même plan horizontal.

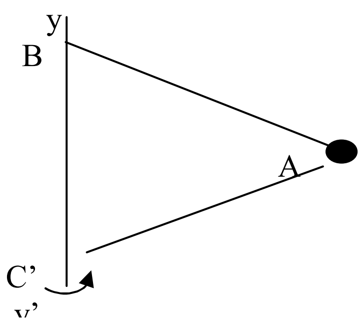
1) On envisage un tir tendu.
   a) Calculer la valeur α_1 de l'angle de tir.
   b) Déterminer la durée t_1 du tir.
2) On effectue désormais un tir courbe.
   c) Quelle est la valeur α_2 de l'angle de tir ?
   d) Quelle est sa durée t_2 ?

Exercice 16 :

Un corps ponctuel A de masse m, est fixé à deux fils de masse négligeables reliés aux points B et C de l'axe y'y. L'ensemble tourne à la vitesse angulaire ω (**voir fig. ci-contre***)*. On appelle l la longueur commune aux deux fils AB et AC : AB = AC = l.

1) Déterminer les tensions des fils lorsqu'ils sont tous les deux tendus.
2) Montrer que le fil AC n'est tendu qu'à partir d'une certaine vitesse angulaire ω_0 dont on déterminera la valeur.
3) Calculer les tensions des fils pour : $\omega_1 = \frac{\omega_0}{2}$ et $\omega_2 = 2\omega_0$.

Données : m = 0,5 kg ; l = 0,8 m ; BC = d = 1 m ; g = 9,80 N/kg

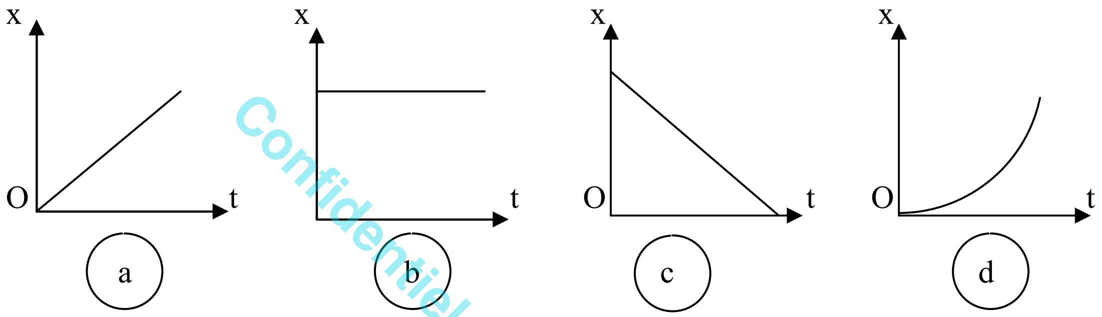


Exercice 17 :

Répondre aux deux questions en indiquant la lettre correspondant à la réponse correcte et en justifiant ce choix.

(Les situations suivantes sont décrites dans un référentiel galiléen.)

1) Toutes les actions, sauf une, nécessitent l'intervention d'une force. Laquelle fait exception ?
   a) faire passer un solide, assimilable à n point matériel, de l'état de repos à l'état de mouvement.
   b) Conserver à cet objet un mouvement de vecteur vitesse constant.
   c) Modifier la vitesse de cet objet sans changer le sens et la direction du mouvement.
   d) Modifier la direction du mouvement de cet objet sans changer sa vitesse.
2) Un solide glisse sans frottement selon une ligne de plus grande pente d'un plan incliné.



Quel est la distance x parcourue par son centre d'inertie en fonction du temps (fig. ci-dessus).

Exercice 18:

On néglige tous les frottements et on prendra $g = 10\ m/s^2$. La piste de lancement d'un projectile M est située dans un plan vertical ; elle comprend une partie rectiligne horizontale ABC et une portion circulaire CD, centré en O, de rayon R = 1 m, d'angle au centre $\alpha = 60°$ (**fig. ci-contre**).

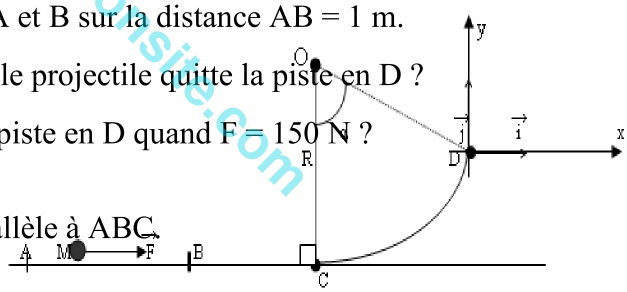
Le projectile M, assimilable à un point matériel de masse m = 0,5 kg, est lancé sans vitesse initiale, suivant AB, avec une force constante $\vec{F}$, horizontale, s'exerçant entre A et B sur la distance AB = 1 m.

1) Quelle intensité minimum faut-il donner à $\vec{F}$ pour que le projectile quitte la piste en D ?

2) a) Avec quelle vitesse $\vec{v_D}$ le projectile quitte-t-il la piste en D quand F = 150 N ?

b) Donner l'équation de sa trajectoire dans un repère orthonormé d'origine D (D, $\vec{i}$, $\vec{j}$), $\vec{Dx}$ parallèle à ABC.

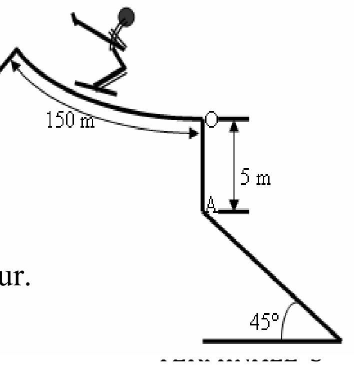
c) En déduire la hauteur maximale atteinte au-dessus de l'horizontale ABC ?



2) Quelle est l'intensité de la force exercée par le projectile sur la piste, lorsqu'il quitte, en D, avec la vitesse $\vec{v_D}$?

Exercice 19 :

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 (**voir fig. ci- contre**).



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 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 20 :

Les deux plaques (A et B) horizontales de longueur L et séparées par une distance d, constituent un condensateur plan. On travaille dans le repère R = $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ où le point O est équidistant des deux plaques (**voir fig. ci-dessous**)

Toute l'expérience a lieu dans le vide et on néglige les forces de pesanteur.

Un faisceau de protons homocinétique, émis en C à la vitesse nulle, est accéléré entre les points C et D, situé dans le plan $(O, \vec{i}, \vec{j})$. Il pénètre en O, en formant l'angle α avec $\vec{i}$, dans le champ $\vec{E}$ supposé uniforme (voir figure 7).

1) Indiquer, en le justifiant, le signe de $V_D - V_C$.

Calculer en fonction de $U = |V_D - V_C|$ la vitesse V_0 de pénétration dans le champ $\vec{E}$.

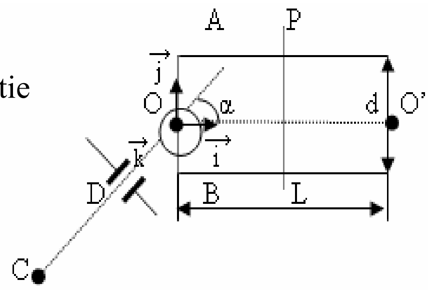
A.N : $|V_D - V_C| = U = 1000$ V, $m_p = 1{,}6.10^{-27}$ kg, $e = 1{,}6.10^{-19}$ C.

2) Indiquer, en le justifiant, le signe de $V_A - V_B$ pour que le faisceau de proton puissent sortir par le point O' de coordonnées (L,0,0). Etablir l'équation de la trajectoire des protons dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ en fonction de U, $U' = |V_A - V_B|$, α et d.

Quelle est la nature du mouvement des protons ?

Calculer la valeur numérique de U' permettant de réaliser la sortie en O' pour $\alpha = 30°$, L = 20 cm et d = 7 cm.

3) Dans le cas où la tension U' a la valeur précédemment calculée, Déterminer à quelle distance minimale de la plaque supérieure passe le faisceau de protons.



Exercice 21 :

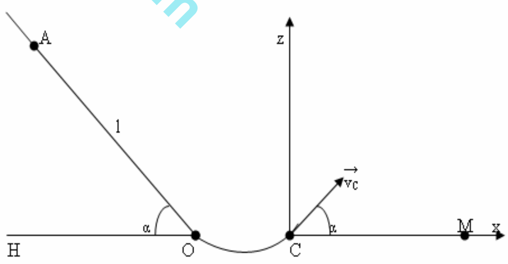
Tous les frottements sont négligés.

Du point A d'un plan incliné de l'angle α sur le plan horizontal HOCM, on abandonne sans vitesse initiale un corps assimilable à un corps B de masse m. Il glisse selon la ligne de plus grande pente AO du plan et arrive en O avec une vitesse $\vec{v_0}$.

Le plan incliné se raccorde tangentiellement en O avec une piste circulaire de rayon R. Au-delà du point C, le mobile quitte la piste et retombe en M sur le plan horizontal (**voir fig. ci-dessous**). Le vecteur vitesse du mobile en C ($\vec{v_C}$) fait avec le plan horizontal, le même angle α que AO.

1) Etablir l'équation horaire du mouvement du mobile sur le plan incliné : AB = f(t). Exprimer sa vitesse v_0 en O en fonction de α, g et de la distance AO = l. Pourquoi la mesure de la vitesse du mobile en C est-elle la même qu'en O ?

2) Etablir en fonction de α, v_0 et g l'équation de la trajectoire du mobile entre C et M dans le repère $\vec{Cx}$, $\vec{Cz}$ (**voir fig.**).

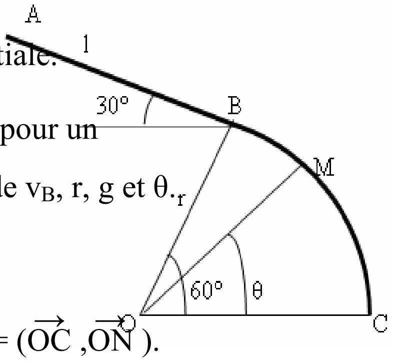


Donner l'expression de la portée CM en fonction de v_0, α et g, puis de l et α. Pour $\alpha = \frac{\pi}{4}$ rad et l = 1,6 m, calculer v_0 et la portée CM.

3) Pour faire varier la portée, on réalise un système mécanique déformable permettant de modifier l'angle α. Le mobile étant toujours lâché du point A situé à la distance l de O sur le plan incliné de l'angle α avec l'horizontale, il quitte la piste en C avec un vecteur vitesse faisant l'angle α avec le plan horizontal. Pour quelle valeur de α cette portée CM est-elle maximale ?

Exercice 22 :

Une glissière est formée de deux parties (**fig. ci-contre**) : AB est un plan incliné de 30° par rapport à l'horizontal, de longueur AB = l = 1 m ; BC est une portion de cercle, de centre O, de rayon r = 2 m et d'angle : $\theta_0 = (\overrightarrow{OC}, \overrightarrow{OB}) = 60°$. Dans tout le problème on prendra g = 10 m/s2 et on considérera les frottements comme négligeables.

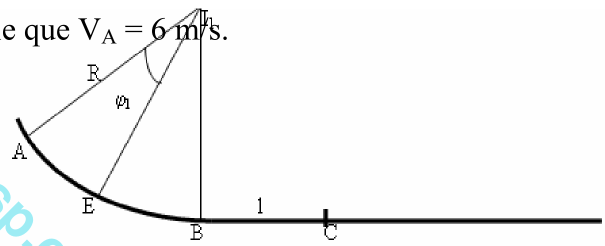


1) Un solide ponctuel, de masse m = 100 g, quitte A sans vitesse initiale. Exprimer et calculer la vitesse du solide v_B en B.
2) Le solide aborde la partie circulaire avec la vitesse v_B. Exprimer, pour un point M du cercle tel que $(\overrightarrow{OC}, \overrightarrow{OM}) = \theta$, la vitesse v_M en fonction de v_B, r, g et θ.
3) Quelle est, au point M, la réaction $\overrightarrow{R}$ de la glissière sur l'objet ? Exprimer R en fonction de v_B, r, g, θ et m.
4) Montrer que le solide quitte la piste en un point N et calculer $\theta_1 = (\overrightarrow{OC}, \overrightarrow{ON})$.

Indication : un mobile quitte son support lorsque la réaction exercée par ce dernier est s'annule.

Exercice 23 :

Un cube M de masse m = 1 kg, assimilable à un point matériel, glisse sur une piste formée de deux parties AB et BC (**voir fig.ci-dessous**). AB et BC sont dans un même plan vertical. AB représente $\frac{1}{6}$ de la circonférence de centre O et de rayon R = 15 m. Le point O est situé sur la verticale de B. BC est une partie rectiligne de longueur l = 15 m. Le cube est lancé en A, vers le bas, avec une vitesse initiale $\overrightarrow{v_A}$ telle que $V_A = 6$ m/s.



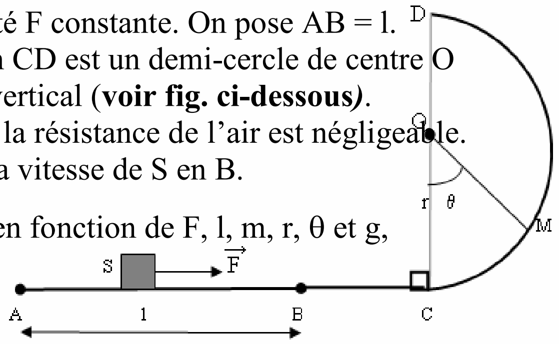
1) On néglige les frottements. Calculer la vitesse en un point E défini par l'angle $\varphi_1 = (\overrightarrow{OA}, \overrightarrow{OE}) = \frac{\pi}{6}$ rad.

Quelle est la valeur de la réaction $\overrightarrow{R_N}$ de la piste sur le cube en ce point ?

2) En fait, sur le trajet ABC existent des forces de frottement assimilable à une force $\overrightarrow{f}$ tangente à la trajectoire, d'intensité supposée constante. Le mobile arrive en C avec une vitesse $\overrightarrow{v_C}$. Calculer l'intensité f sachant que $V_C = 12{,}5$ m/s.

Exercice 24 :

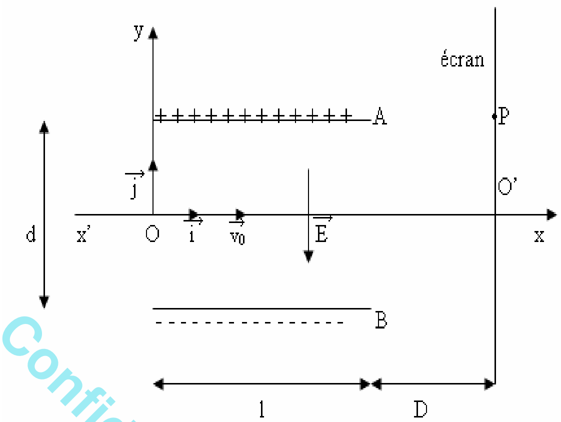
On étudie le mouvement d'un solide ponctuel S dans le référentiel terrestre supposé galiléen. Ce solide, de masse m, est initialement au repos en A. On le lance sur la piste ACD, en faisant agir sur lui, le long de la partie AB de sa trajectoire, une force $\overrightarrow{F}$ horizontale et d'intensité F constante. On pose AB = l. La portion AC de la trajectoire est horizontale et la portion CD est un demi-cercle de centre O et de rayon r ; ces deux portions sont dans un même plan vertical (**voir fig. ci-dessous**). On suppose que la piste ACD est parfaitement lisse et que la résistance de l'air est négligeable.



1) Déterminer, en fonction de F, l, et m, la valeur V_B de la vitesse de S en B.
2) Au point M défini par l'angle $(\overrightarrow{OC}, \overrightarrow{OM}) = \theta$, établir, en fonction de F, l, m, r, θ et g, l'expression de
   a) la valeur V de la vitesse de S ;
   b) l'intensité R de la réaction $\overrightarrow{R}$ de la piste.
3) De l'expression de R, déduire, en fonction de m, g, r et l, la valeur minimale F_0 de F pour que S atteigne D.

Calculer F_0 sachant que : m = 0,5 kg ; r = 1 m ; l = 1,5 m ; g = 9,8 N/kg.

Exercice 25:
On maintient entre les plaques (**voir fig. ci-dessous**) une différence de potentiel U. La longueur de ces plaques est l et leur distance est d. Un électron est injecté dans une direction perpendiculaire au champ avec une vitesse initiale $\vec{v_0} = v_0\ \vec{i}$, au point O milieu des plaques.
Données : l= 2 cm ; d = 1 cm ; D = 50 cm ; U = 100 V ; v_0 = 107 m/s ; me = $9{,}1.10^{-31}$kg ; e = $1{,}6.10^{-19}$ C
On néglige le poids de l'électron.
1) Calculer le champ électrique (supposé uniforme) entre les deux plaques.



2) L'électron sort de la région où règne le champ électrique en un point S. Calculer les coordonnées de S et celles du vecteur vitesse $\vec{v_S}$ en ce pont. En déduire v_S.
3) On place un écran à la distance D de l'extrémité des plaques. Quelle est la position du point d'impact de l'électron sur l'écran ?

GRAVITATION UNIVERSELLE

Exercice 1 :
Questions de cours
Répondre par oui ou par non.

1) La vitesse de libération d'un objet ne dépend pas de sa masse.
2) L'énergie cinétique au moment du lancement ne dépend pas de la masse de l'objet à lancer
3) a) L'énergie requise pour amener un satellite à une altitude de 1 600 km par rapport à la terre est supérieure à l'énergie nécessaire pour le mettre en orbite une fois rendue à cette altitude ?
   b) L'énergie requise pour amener un satellite à une altitude de 3 200 km par rapport à la terre est supérieure à l'énergie nécessaire pour le mettre en orbite une fois rendue à cette altitude ?
4) Deux satellites artificiels sur des orbites de rayon différents peuvent tourner avec la même vitesse angulaire.
5) Un satellite ne peut être géostationnaire que si le plan de son orbite est identique au plan équatorial de la terre.
6) Un satellite géostationnaire peur se placer à la verticale de Dakar.
7) Un satellite à sa trajectoire nécessairement équatorial.
8) La vitesse d'un satellite sur son orbite dépend de sa masse.
9) Tous les satellites tournent dans le même sens, celui de la rotation de la terre sur elle-même.
10) Un satellite est en état d'impesanteur dans le repère du satellite lui-même et non dans le repère géocentrique.

Exercice 2 :
Dans un repère géocentrique, un satellite artificiel de la terre est animé d'un mouvement circulaire dont le centre est celui de la terre.

1) Montrer que la vitesse du satellite est constante.
2) Calculer sa vitesse. On donne :
- altitude du satellite dans le plan équatorial : z = 1 000 km
- rayon terrestre : R = 6 370 km
- valeur du champ gravitationnel au du niveau du sol : G_0 = 9,8 N/kg.
  La terre est supposée à symétrie sphérique.
3) Calculer la période de révolution T du satellite.

Exercice 3 :

1) Donner l'expression de la période de révolution d'un satellite autour de sa planète en fonction :
   - de la masse M de la planète ;
   - du rayon r de l'orbite supposée circulaire ;
   - de la constante d'interaction gravitationnelle : $G = 6,67.10^{-11}$ $N.m^2.kg^{-2}$.
2) On donne la période de révolution et le rayon r de l'orbite des 5 satellites d'Uranus découvert depuis la terre. Dix autres ont étés découverts par la sonde interplanétaire Voyageur 2 en 1986.

	T : en jours (86 400 s)	r : en km
Miranda	1,4135	130 000
Arial	2,520	192 000
Umbiel	4,144	267 000
Titania	8,706	438 000
Obéron	13,46	586 000

a) Pour chaque satellite, calculer T^2 et r^3.
b) Sur un système d'axe orthogonaux, porter en abscisses r^3 et en ordonnées T^2 ; ceci pour chaque satellite.
3) Montrer que $\frac{T^2}{r^3} = C^{te}$ (3^e lois de Kepler).
4) Calculer la masse d'Uranus en utilisant la droite tracée.

Exercice 4 :
Un satellite de masse m = 1 000 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 ΔE = + 7.109 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 5 :
Une fusée de masse m_0 = 100 tonnes est destinée à placer un satellite en orbite autour de la terre.
1) Calculer l'accélération de la fusée lorsqu'elle quitte le sol sachant que les moteurs exercent une force verticale d'intensité $f = 2.10^6$ N. On néglige les forces de frottements. Au niveau du sol, on prendra ; g_0 = 9,8 m/s^2.
2) Le satellite de masse m à une orbite circulaire de rayon r dans le plan équatorial terrestre à l'altitude z = 36 000 km. On considère que la terre est une sphère de rayon R, pour laquelle la répartition de la masse possède la symétrie sphérique.
a) Calculer la valeur de l'intensité g du champ de pesanteur à l'altitude z en fonction de g_0, R et r.
Application numérique : R = 6 400 km.
b) En précisant le référentiel choisi, calculer la vitesse du satellite et sa période de révolution.

Exercice 6 :
Un satellite de 220 kg se déplace sur une orbite à peu près circulaire à une altitude de 640 km au-dessus de la surface de la terre.
1) Quelle est sa vitesse ?
2) Quelle est sa période ?
3) Pour différentes raisons, le satellite perd de l'énergie mécanique au rythme moyen de $1,4.10^5$ J à chaque révolution orbitale. En supposant que la trajectoire est un cercle dont le rayon diminue lentement, déterminer l'altitude du satellite, sa vitesse et sa période au bout de 1 500 révolutions orbitales.
4) Quelle est la valeur moyenne de la force freinant le satellite ?

Exercice 7 :
On donne :
- masse de la lune : $M_L = 7,35.10^{22}$ kg ;
- masse du soleil : $M_S = 1,99.10^{30}$ kg ;
- distances entre les centres d'inertie :
- de la terre et de la lune : $D_L = 3,85.10^8$ m ;

- de la terre et du soleil : $D_S = 1{,}50.10^{11}$ m.

Quelles sont les positions relatives de la terre, de la lune et du soleil, pour que le champ gravitationnel créé par la lune et le soleil au centre d'inertie de la terre :

1) soit minimal ;
2) soit maximal.

Exercice 8 :

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 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 ω_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 9 :

Dans tout cet exercice, la terre est considérée comme une sphère homogène, de masse M, de centre O et de rayon R.

1) Etablir l'expression qui donne l'intensité G du vecteur champ de gravitation terrestre à une altitude h en fonction de sa valeur G_0 au niveau du sol (h = 0).
2) Dans le repère géocentrique, un satellite de la terre décrit une orbite circulaire à une altitude h_1 : établir l'expression de sa période de révolution T_1 en fonction de R, G_0 et h_1.
   AN : R = 6 370 km ; $G_0 = 9{,}8$ N/kg ; $h_1 = 3\,600$ km. Calculer T_1.
3) On considère maintenant que le satellite, sous l'influence d'actions diverses, perd de l'altitude à chaque tour. La réduction d'altitude à la fin de chaque tour est supposée égale au millième de l'altitude en début de tour :

$$\Delta h = \frac{h}{1\,000}$$

Le satellite étant initialement à l'altitude h_1, montrer que dans ces conditions, ses altitudes ultérieures à la fin de chaque tour varient en progression géométrique. En déduire la valeur n du nombre de tours effectués par le satellite quand il atteint l'altitude $h_2 = 100$ km.

Exercice 10 :

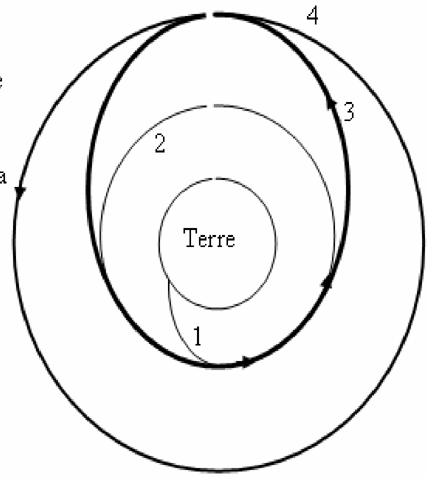
««Le lanceur européen ARIANE a été conçu pour placer, en orbite circulaire équatoriale située à 35 800 km d'altitude, des satellites qui restent immobiles dans le ciel et qu'on appelle satellite géostationnaires. Comme il serait très onéreux de propulser la fusée porteuse jusqu'à cette altitude, on procède par ««transfert d'orbites»» (voir fig. ci-dessous).

- Dans un premier temps le satellite est placé par la fusée porteuse sur une orbite basse (200 km) ;
- Dans un deuxième temps, le lanceur largue le satellite en lui fournissant une impulsion qui le place sur une orbite elliptique dont le périgée est à l'altitude 200 km et l'apogée à l'altitude 35 800 km ;

- Dans un troisième temps, le satellite assure lui-même, par une deuxième impulsion, sa mise en place définitive en orbite circulaire.

Les deux premières phases du lancement s'effectuent grâce à trois moteurs entrant successivement en fonctionnement et qui sont largués après avoir rempli leur rôle. »»

1) Préciser l'expression utilisée par l'auteur : ««satellites qui restent immobiles dans le ciel »»».
A quel usage sont destinés de tels satellites ?
2) L'orbite d'un satellite géostationnaire est-elle nécessairement une ««« orbite circulaire équatoriale »»» ? Justifier la réponse, éventuellement à l'aide d'un schéma.
3) Dans le repère géocentrique, quel est le sens de rotation du satellite : vers l'est ou vers l'ouest ?
4) Pourquoi utilise-t-on, ««« trois moteurs entrant successivement en fonctionnement »»» au lieu d'un seul ?
5) Quelle signification l'auteur donne-t-il au mot ««impulsion»»» ?



Exercice 11 :

Un satellite est mis sur orbite en un point de l'équateur.

Dans le repère géocentrique, le satellite décrit une orbite circulaire équatoriale de rayon r, sa vitesse est v. La période de révolution de la terre autour de l'axe des pôles est T, le rayon de la terre est R_T, la masse de la terre est M_T.

1) Donner l'expression de l'énergie potentielle de gravitation du satellite ans le champ terrestre. On suppose que cette énergie est nulle lorsque le satellite se trouve infiniment éloigné de la terre.
2) Montrer que l'énergie totale du satellite sur son orbite peut se mettre sous la forme :
$E = \frac{k.M_T.m}{2r}$ (k est la constante de gravitation)
Donner l'allure de la courbe E = f (r).
3) Donner l'expression de l'énergie E_0 du satellite placé en A sur sa base de lancement à l'équateur.
Montrer que l'énergie du lancement du satellite peut se mettre sous la forme :

$$E_l = \frac{k.M_T.m}{R_T} - \frac{k.M_T.m}{2r} - \frac{mV^2}{2}$$

On montre que le terme $\frac{mV^2}{2}$ est négligeable devant les autres. Montrer que l'expression précédente se met sous la forme

$E_l = \frac{m.G_0.R_T^2}{2}$ lorsque l'altitude z est très faible devant R_T.

G_0 est l'intensité du champ de gravitation terrestre au sol.

Exercice 12 :

Un satellite de masse m décrit une orbite circulaire équatoriale à une altitude h = 650 km de la terre.

1) Calculer la vitesse v du satellite dans le repère géocentrique.
2) Calculer la période T du satellite.
3) Par suite des frottements dans l'atmosphère, l'altitude du satellite décroît de $\frac{1}{100}$ à chaque tour. Montrer que les altitudes du satellite au bout des différents tours sont en progression géométrique.
4) Au bout de combien de tours l'altitude du satellite devient-elle égale à 250 km ?
On donne : G_0 = 9,8 N/kg ; R = 6 400 km.

Exercice 13 :

La terre est assimilée à une sphère homogène de centre O, de rayon R_T et de masse M_T.
Le champ de gravitation créé par la terre en tout point A de l'espace situé à une distance r du point O est

$\vec{G} = \frac{KM_T}{r^2}\vec{u}$,   K constante gravitationnelle et $\vec{u} = \frac{\vec{OA}}{\|\vec{OA}\|}$

1) Un satellite (S) de masse m décrit d'un mouvement uniforme une orbite circulaire de rayon r autour de la terre. Le mouvement est rapporté au repère géocentrique et on suppose que (S) est soumis à la seule action du champ de gravitation terrestre.
   a) Exprimer la vitesse de (S) en fonction de l'intensité G_0 du champ de gravitation au sol, de R_T et de r.
   b) En déduire l'expression de la période T du mouvement. Calculer T on donne r = 8 000 km.

2) a) A partir du travail élémentaire, $dW = \vec{f}\,.\vec{dr}$ de la force de gravitation exercée par la terre sur le satellite, montrer que le travail de cette force, lors du déplacement du sol jusqu'à l'orbite de rayon r, est donné par :
   $W = mG_0R^2_T\,(\frac{1}{r} - \frac{1}{R_T})$.
   b) En déduire l'expression de l'énergie potentielle du système terre-satellite en fonction de G_0, m r et R_T. On choisira le niveau du sol comme état de référence pour l'énergie potentielle.
   c) Exprimer l'énergie cinétique de (S) en fonction m, G_0, r et R_T. En déduire l'expression de l'énergie mécanique E.
3) Il se produit une faible variation dr du rayon r, telle que la trajectoire puisse toujours être considérée comme circulaire.
   a) exprimer la variation dv de la vitesse qui en résulte et montrer que $dv = \frac{\pi}{T}\,dr$.
   b) La variation dr est en réalité due au travail $dW(\vec{f})$, des forces de frottement exercées par les couches raréfiées de l'atmosphère pendant le déplacement. Du signe de $dW(\vec{f})$, déduire l'effet de ces force sur l'altitude et la vitesse de (S).

Exercice 14 :

A-1) Donner l'expression de l'intensité du vecteur champ de gravitation terrestre $\vec{G_0}$ à la surface de la terre.

2) Donner l'expression de l'intensité du vecteur champ de gravitation terrestre $\vec{G}$ en un point A situé à une altitude h de la terre.
3) Ecrire la relation qui lie G et G_0.
Montrer que lorsque h est très faible devant le rayon de la terre R, l'expression précédente peut s'écrire
$G = G_0\,(1 - 2\frac{h}{R})$. On posera : masse de la terre = M ; rayon de la terre = R

B- On donne : distance terre-lune r = 380 000 km
masse de la terre = M_T
masse de la lune = M_L ; $M_T = 81\ M_L$

Un vaisseau spatial se déplace de la terre vers la lune. En un point A situé sur la droite joignant le centre de la terre à celui de la lune, le champ de gravitation terrestre a même intensité que celui de la lune.
Déterminer la distance de ce point A au centre de la terre. Quel est à votre avis l'intérêt de ce point ?

C- On pose : masse de la terre = M_T ; rayon de la terre = R_T
Masse du soleil = M_S ; rayon du soleil = R_S.

Comparer :
- l'intensité du champ de gravitation solaire à la surface du soleil et l'intensité du champ de gravitation terrestre à al surface de la terre.
- La masse volumique de la terre et la masse volumique du soleil.
  On donne : $M_S = 330\ 000\ M_T$; $R_S = 110\ R_T$

OSCILLATIONS MECANIQUES LIBRES

Exercice 1 :

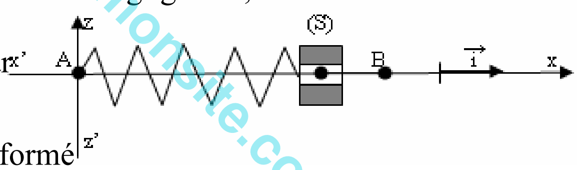
L'équation horaire du mouvement d'un oscillateur mécanique rectiligne sinusoïdal est donnée par la relation :

$x = 3\cos(20t + \frac{\pi}{4})$, avec x en cm et t en s.

1) Quelles sont la période, la fréquence et l'amplitude des oscillations.
2) Exprimer la vitesse et l'accélération de l'oscillateur à chaque instant.
3) Calculer les amplitudes de la vitesse et de l'accélération.
4) Calculer la vitesse et l'élongation aux dates t = 0 et t = 4 s.
5) Calculer l'énergie de l'oscillateur, sachant que sa masse est égale à 0,1 kg.

Exercice 2 :

Un solide s, assimilable à un point, de masse m, peut glisser sans frottement sur une tige horizontale AB ; il est fixé à l'extrémité d'un ressort à spires non jointives, de masse négligeable, de raideur k. L'autre extrémité du ressort est accrochée en A.



On repère la position du centre d'inertie G du solide S par son abscisse x, sur un axe $(O, \vec{i})$ porté par AB.
Quand l'ensemble est en équilibre, le ressort n'est pas déformé et le point G a pour abscisse 0. L'équation différentielle du mouvement de S est : $m\ddot{x} + kx = 0$

La solution de cette équation différentielle peut se mettre sous la forme : $x = X_m \cos(\omega t + \varphi)$, avec $X_m > 0$.

1) La pulsation ω est-elle égale à $\sqrt{\frac{k}{m}}$ ou à $\sqrt{\frac{m}{k}}$?
2) La période T des oscillations est-elle égale à $2\pi\omega$ ou à $\frac{2\pi}{\omega}$?
3) L'amplitude du mouvement oscillatoire est-elle X_m ou $X_m\cos\varphi$?
4) Les quantités X_m et φ dépendent-elles des conditions initiales ?
5) Application numérique : $X_m = 5$ cm ; ω = 2 rad/s

Calculer l'abscisse de G et la mesure algébrique de la vitesse à l'instant t = 0, dans les trois cas suivants :
φ = 60°, φ = 90°, φ = - 60°

On représentera le vecteur vitesse sur un schéma.

Exercice 3 :

On reprend encore le dispositif décrit dans l'exercice 2. On se propose de déterminer les équations horaires dans diverses conditions portant sur l'abscisse x_0 et la vitesse $\dot{x}_0$, à l'instant t = 0. On rappelle que les équations horaires du mouvement sont données par :

$$x = X_m \cos(\omega t + \varphi)$$

$$\dot{x} = - X_m\omega \sin(\omega t + \varphi).$$

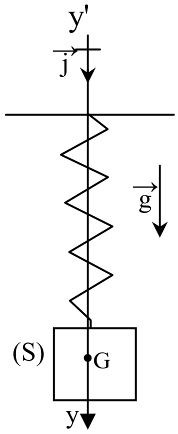
1) Compléter le tableau suivant avec ω = 5 rad/s

x_0 (m)	0,200	0	0	0,200	- 0,200
$\dot{x}_0$ (m/s)	0	0,200	- 0,500	0,400	0,500
X_m					
tan φ					
φ					

2) Ecrire dans chaque cas x (t) et $\dot{x}$ (t)

Exercice 4 :

Un oscillateur harmonique est constitué d'un ressort de masse négligeable suspe un point fixe A, auquel est accroché un solide ponctuel S de masse m = 200g et c d'inertie G.



1) La longueur à vide du ressort est ℓ_0 = 20 cm. Quand on accroche le solide S, le ressort s'allonge de 8 cm. On prendra g = 10 m/s^2.
   a) Ecrire les conditions d'équilibre de la masse dans le champ de pesanteur.
   b) Calculer la constante de raideur k du ressort.
2) On tire le solide S verticalement vers le bas en donnant un allongement supplémentaire a = 2 cm au ressort. On lâche ensuite le solide sans vitesse initia
   a) Faire un bilan des forces qui s'exercent sur S. On prendra comme origine des déplacements la position d'équilibre du ressort avec le solide accroché.

L'axe vertical $(O, \vec{j})$ est orienté vers le bas.

   b) Etablir l'équation différentielle du mouvement.
   c) Déterminer l'équation horaire t → y (t)

Exercice 5 :

L'équation différentielle du mouvement d'un oscillateur repéré par sa position x sur un axe $(O, \vec{i})$ est :

$\ddot{x} + \omega^2 x = 0$. La solution de cette équation différentielle peut s'écrire sous la forme :

$$x = x_0 \cos \omega t + \frac{\dot{x}_0}{\omega} \sin \omega t.$$

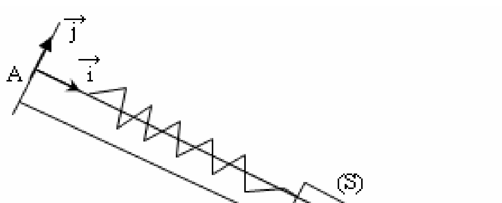
1) Que représente les paramètre x_0 et $\dot{x}_0$,
2) Calculer la vitesse $\dot{x}$ (t).
3) Montrer qu'on peut mettre la solution sous la forme :

$$x = X_m \cos(\omega t + \varphi)$$

Exprimer X_m, cos φ, sin φ et tan φ en fonction de x_0, $\dot{x}_0$ et ω.

Exercice 6 :

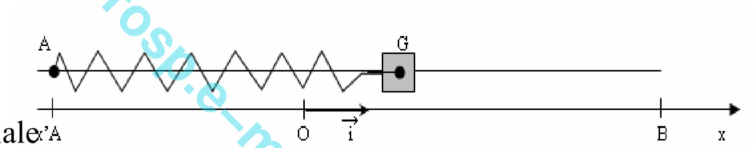
Un solide S, de masse m = 200 g et de centre d'inertie G, peut se déplacer d'un mouvement de translation rectiligne, sans frottement, le long d'un banc à coussin d'air. Celui-ci fait un angle α = 10° avec l'horizontale.



Le solide est attaché à l'extrémité inférieure d'un ressort de masse négligeable, à spires non jointives et à réponse linéaire ; l'autre extrémité du ressort est fixée en A (**voir figure**). On prendra g = 10 m/s^2.

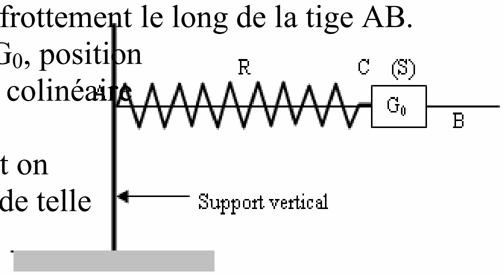
1) Le solide S étant en équilibre, son centre d'inertie est en G_0.
Le ressort dont l'axe est parallèle à la direction du banc, a subi un allongement $\Delta\ell_0$ = 6 cm.
   a) Représenter les forces qui s'exercent sur le solide S.
   b) Ecrire la condition d'équilibre du solide S sous forme vectorielle et projeter la relation suivant les deux axes $(O, \vec{i})$ et $(O, \vec{j})$.
   c) Exprimer le coefficient de raideur k du ressort en fonction des données.
Calculer sa valeur numérique.
2) On écarte le solide de sa position d'équilibre vers le bas. Son centre d'inertie est alors en G_1. La distance G_0G_1 mesurée le long du banc vaut d = 5 cm. On abandonne le solide sans vitesse à une date que l'on prendra pour origine des temps. La position G_0 sera prise comme origine des abscisses.
   a) Ecrire la relation de la dynamique (ou théorème du centre d'inertie).
   b) Etablir l'équation différentielle du mouvement.
   c) Déterminer l'équation horaire du mouvement.

Exercice 7 :
Un ressort à spires non jointives, de masse négligeable, de raideur k, est enfilé sur une tige horizontale AB. Une de ses extrémités étant fixée en A, un corps de masse m, de centre d'inertie G, est attaché à l'autre extrémité. Le ressort et le corps de masse m peuvent coulisser sans frottement le long de la tige AB. Au repos le centre d'inertie G est en o. On associe à la tige horizontale un repère $(O, \vec{i})$.



Le corps de masse m est écarté de sa position d'équilibre dans le sens positif d'une distance $OG = X_m$ = 5 cm, puis lâché sans vitesse initiale à la date t = 0.
1) Etablir la nature du mouvement.
2) Calculer sa période et déterminer son équation horaire x = f(t).
On donne : k = 45 N/m ; m = 0,20 kg.
3) Calculer l'énergie mécanique du système masse-ressort.
En déduire la vitesse de G au passage par la position d'équilibre.

Exercice 8 :
On considère le dispositif représenté ci-dessous. AB est une tige horizontal, fixée en a au support. Le ressort r, enfilé sur la tige AB, est fixé en A à ce même ressort. L'autre extrémité C est liée à un autre solide S de masse m. Le solide, percé d'un trou, et le ressort peuvent coulisser sans frottement le long de la tige AB.
A l'équilibre, le centre d'inertie g du solide occupe une position G_0, position que l'on prendra pour origine des abscisses. L'axe des abscisses, colinéaire à AB, sera orienté positivement de la gauche vers la droite.



1) On écarte le solide s de sa position d'équilibre vers la droite et on l'abandonne sans vitesse initiale. L'origine des temps est choisie de telle façon que l'équation du mouvement de G soit :

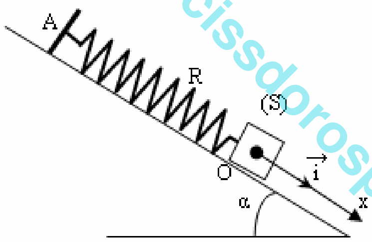
$$x = 3.10^{-2} \cos(4\pi t + \frac{\pi}{3})$$

où x est exprimé en mètre et t en seconde
Quelles sont l'amplitude et la période du mouvement ? Quelle est la position du centre d'inertie G du solide à l'instant $t_0 = 0$? Dans quel sens se déplace le solide et quelle est sa vitesse à cet même instant t_0 ?

2) Le solide a une masse égale à 50 g. Donner les caractéristiques de la somme des forces qui s'exercent sur lui quand son centre d'inertie passe à l'abscisse 2 cm. En déduire la constante de raideur k du ressort.
3) Donner l'expression littérale de l'énergie mécanique du système masse-ressort. Retrouver la vitesse du solide à l'instant $t_0 = 0$ en utilisant la conservation de l'énergie mécanique.

Exercice 9:
Sur un plan incliné d'un angle α par rapport au plan horizontal, on dispose un ressort R de masse négligeable et de constante de raideur k, de longueur à vide l_0, fixé par une de ses extrémité à un point A d'une butée fixe. A son autre extrémité se trouve un petit solide de masse m, de centre d'inertie g pouvait glisser sans frottement le long du plan incliné.

1) Quand S est au repos, la longueur du ressort est l et g est en 0. Déterminer lorsque S est au repos, l'expression de l'allongement du ressort en fonction de k, m, g, α.
   <u>**A.N**</u>: k= 10 N/m; m = 400 g; g = 10 m/s^2 ; α = 30°.
2) En tirant sur le ressort de façon que son axe demeure toujours parallèle à une droite de plus grande pente du plan incliné, on écarte S de sa position d'équilibre de x0 = 8 cm. Puis on le libère en le lançant vers le haut avec une vitesse v = 0,3 m/s. Des oscillations prennent alors naissance.
   a) Déterminer l'énergie mécanique totale du système [ressort R - solide S – Terre] à un instant t pendant les oscillations. On prendra l'énergie potentielle de pesanteur nulle au point O.
   b) En déduire l'équation différentielle du mouvement et écrire l'équation horaire du mouvement du centre d'inertie G de S, dans le repère (O, $\vec{i}$), l'instant du début des oscillations étant pris comme origine des temps.



Exercice 10 : **(Bac TS$_2$ 2007)**
Un groupe d'élèves utilise deux méthodes différentes pour déterminer la constante de raideur K d'un ressort à spires non jointives.

1) <u>La méthode statique</u>

L'extrémité supérieure du ressort est fixée. A son extrémité libre, sont suspendues successivement des masses de différentes valeurs (figure a). Pour chaque masse m l'allongement Δl du ressort est mesuré à l'aide d'une règle (non représenté sur la figure). Le tableau de valeurs suivant est obtenu :

m(kg)	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Δl(cm)	2,5	5,0	7,5	10	12,4	15,1	17,5	19,8

   a) Tracer le graphe Δl en fonction de la masse m. En déduire la relation numérique entre Δl et m.
   b) Sur le schéma, représenter les forces s'exerçant sur la masse m. traduire alors la condition d'équilibre et en déduire l'expression de K en fonction de m, Δl et l'intensité de la pesanteur g.
   c) En déduire la valeur de la constante de raideur K. On prendra g = 9,81 m.s^{-2}.

2) <u>La méthode dynamique</u>

Dans cette partie le ressort précédent est utilisé pour réaliser un oscillateur horizontal. Le solide de masse M, de valeur inconnue, solidairement lié au ressort, se déplace sur un support horizontal (figure b). Tous les frottements sont négligés. On utilise un axe X'X horizontal orienté par le vecteur unitaire $\vec{i}$ et on repère la position du centre d'inertie G du solide par son abscisse x sur cet axe.

A l'équilibre le ressort n'est ni comprimé, ni allongé et l'abscisse x est nulle (le point G est confondu avec l'origine de l'axe X'X).

a) Faire l'inventaire des forces qui s'exercent sur la masse M à un instant t donné et les représenter sur un schéma.
b) Par application du théorème du centre d'inertie appelé aussi deuxième loi de Newton, établir l'équation différentielle du mouvement. En déduire l'expression de la période T_0 des oscillations en fonction de la constante de raideur K et de M.
c) La mesure de 10 oscillations donne 10,6 s. Calculer T_0.
d) L'objet précédent de masse M est surchargé d'une masse m_1 = 20g fixée sur lui. Le système est à nouveau mis en oscillation comme précédemment. Cette fois la durée de 10 oscillations donne 10,7s. Exprimer la nouvelle période T en fonction de K, m_1 et M
e) En déduire l'expression de K en fonction de T_0, T et m_1.
f) Calculer K. Comparer avec le résultat obtenu par la méthode statique. Expliquer.

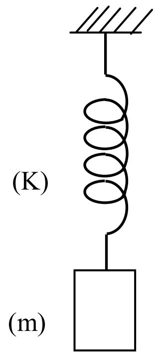


Figure a

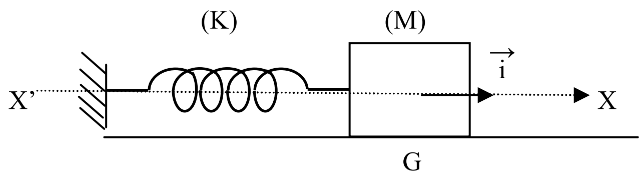


Figure b

GENERALITES SUR LE CHAMP MAGNETIQUE
CHAMPS MAGNETIQUES DES COURANTS

Exercice 1 :

On répondra par vrai (V) ou par faux (F).

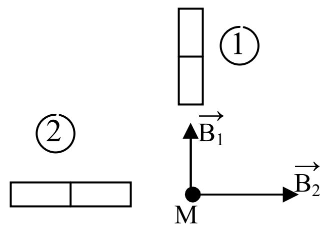
1) Un champ magnétique possède toujours une action sur une particule chargée.
2) Un courant électrique peut faire dévier une aiguille aimantée.
3) Le champ magnétique terrestre n'agit que par sa composante horizontale.
4) En présence d'un courant le champ magnétique n'agit pas.
5) Plus les lignes d'un spectre sont resserrées plus l'intensité du vecteur champ magnétique $\vec{B}$ est élevée.

Exercice 2 :

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)

respectivement $\|\vec{B_1}\| = 3.10^{-3}$ T et $\|\vec{B_2}\| = 4.1$

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



Exercice 3 :

Une bobine de longueur 50 cm, comprenant 1 000 spires de diamètre 4 cm, est parcourue par un courant d'intensité 300 mA.

1) Peut-on considéré que le champ magnétique au centre de cette bobine est donné par la relation $B = 4\pi.10^{-7}\ nI$? Pourquoi a-t-on donné le diamètre de la bobine ?
2) Quelles grandeurs représentent n et I ? Indiquer leurs valeurs pour cette bobine dans le système international d'unités.
3) Calculer l'intensité du champ magnétique à l'intérieur du solénoïde.
4) On juxtapose un solénoïde identique au précédent de façon à constituer un solénoïde de longueur double. Quel est le champ à l'intérieur de cette association ?

Exercice 4 :
Un solénoïde d'axe horizontal est suspendu à un fil sans torsion. Ce solénoïde, de longueur de 0,5 m, comporte 1 000 spires de 2 cm de diamètre ; il est parcouru par un courant de 10 A.
1) Représenter graphiquement la direction et l'orientation des lignes de champ, ainsi que le sens du courant.
2) Quelle est la valeur du champ magnétique à l'intérieur du solénoïde ? Pourquoi a-t-on donné le diamètre des spires
3) Comment s'oriente le solénoïde dans le champ magnétique terrestre ?
4) On approche de sa face nord le pôle nord d'un aimant droit. Que se passe-t-il ?

Exercice 5 :
Un solénoïde long est constitué par cinq couches de fil à spires jointives ; le fil a un diamètre de 1 mm, isolant compris. Son axe, horizontal, est perpendiculaire au méridien magnétique. Une boussole est placée en son centre.
1) Dessiner une vue de dessus.
2) On fait passer dans le solénoïde un courant de 5 mA.
   a) Indiquer sur le schéma le sens du courant et le sens de rotation de l'aiguille aimantée.
   b) De quel angle tourne l'aiguille ?
   Donnée : $B_h = 2.10^{-5}$ T

Exercice 6 :
Pour chaque question de cet exercice, on fera un schéma.
Un solénoïde d'axe horizontal se trouve dans le plan du méridien magnétique ; il comporte n spires par mètre. On place en son centre une aiguille aimantée.
1) Déterminer le sens et l'intensité i1 du courant qui devra traversé les spires pour que l'aiguille ne prenne aucune direction privilégiée à l'intérieur du solénoïde.
   Données : $B_h = 2.10^{-5}$ T et n = 1000
2) On fait passer dans le solénoïde un courant $I_2 = 2\ I_1$. déterminer l'angle α dont on doit faire tourner le solénoïde autour d'un axe vertical pour que l'aiguille tourne de 90° :
   a) si le courant a le même sens que dans la question 1) ;
   b) s'il est de sens contraire.

Exercice 7 :
On place une aiguille aimantée au centre d'un solénoïde d'axe horizontal comprenant 500 spires par mètre. L'aiguille tourne d'un angle α = 30° lorsqu'on fait passer dans les spires un courant d'intensité I = 61 mA. Déterminer l'angle θ que fait l'axe du solénoïde avec le plan du méridien magnétique.

Exercice 8 :
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. La position de la sonde servant à déterminer l'intensité B (en mT) du champ magnétique est repérée par sa distance d (en cm) au centre du solénoïde. On relève les valeurs suivantes :

d	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
B	3,41	3,41	3,40	3,40	3,40	3,39	3,38	3,31	3,16	2,69	1,54	0,53

1) Représenter graphiquement B en fonction de d.

2) Sur quelle partie du solénoïde peut-on considérer que le champ diffère de moins de 10 % du champ existant au centre ?
3) Le solénoïde a une longueur de 37 cm et il comporte N spires, de rayon moyen 2,5 cm. L'intensité du courant est de 5 A. Calculer N
4) Expliquer qualitativement la décroissance du champ lorsqu'on s'écarte du centre.

Exercice 9 :

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 ℓ_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
$\|\vec{B}\|$	60.10^{-5}	85.10^{-5}	120.10^{-5}	150.10^{-5}	190.10^{-5}	215.10^{-5}	245.10^{-5}	275.10^{-5}	310.10^{-5}

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 ℓ_2 = 0,80 m comportant N_2 = 768 spires. On obtient les résultats suivants :

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

a) Calculer le nombre n de spires par mètre pour chacun des deux solénoïdes.
b) Déduire des deux expériences une relation entre I et n.
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 10 :

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

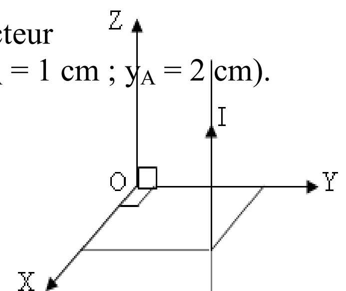
Dans une deuxième expérience on mesure B en un point distant de 0,5 cm pour diverses valeurs de l'intensité I traversant le fil.

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 11 :

Dans un système d'axe orthonormé (OX, OY, OZ) est placé un fil conducteur rectiligne très long parallèle à OZ.Le fil coupe le plan (OX, OY) en A (x_A = 1 cm ; y_A = 2 cm).
Le fil est parcouru par un courant ascendant d'intensité I = 10 A.



Donner les caractéristique des vecteurs champs magnétiques créés par le courant en :

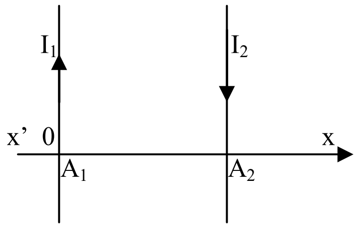
- C (-1 cm ; 2 cm ; 0 cm)
- D (0 cm ; 0 cm ; 5 cm)
- E (0 cm ; 4 cm ; 0 cm).

Exercice 12 :

Deux fils conducteurs rectilignes D_1 et D_2 verticaux sont parcourus par des d'intensités respectives I_1 et I_2 de sens contraire : $I_1 = I_2 = 1$ A.

Les deux fils sont distants de d = 10 cm.

Un axe horizontal coupe les deux fils en A_1 et A_2.



1) Trouver le champ magnétique résultant B en un point de l'axe tel que A
2) Tracer le graphe b = f(x). On distinguera deux cas :
   a) premier cas : $d < x < \infty$;
   b) deuxième cas : $0 < x < d$.

Exercice 13 :

Un solénoïde supposé très long comporte 20 spires par cm de longueur. Il est parcouru par un courant d'intensité I = 2 A.

1) Représenter le solénoïde vu de dessus.
2) Préciser le sens du courant. Représenter les lignes de champ.
3) Calculer la valeur du champ magnétique créé par le courant au centre du solénoïde.

Exercice 14 :

Un solénoïde comporte 800 spires non jointives sur une couche. Le diamètre du fil, isolant compris est de 0, 2 mm.

Le diamètre du solénoïde est de 6 cm.

Le solénoïde est parcouru par un courant d'intensité I = 5 A.

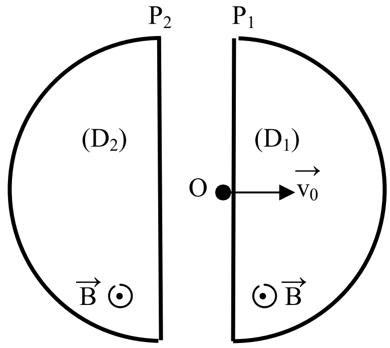
Trouver le champ magnétique créé au centre du solénoïde.

MOUVEMENT D'UNE PARTICULE CHARGEE DANS UN CHAMP MAGNETIQUE UNIFORME

Exercice 1 :

A l'intérieur des deux dees D_1 et D_2 d'un cyclotron règne un champ magnétique uniforme (**voir figure ci-contre**).

Une tension U est maintenue entre les parois $P_1P'_1$ et $P_2P'_2$; cette tension change de signe périodiquement. Des protons sont lancés à partir d'un point O dar



région D_1 avec un vecteur vitesse $\vec{v_0}$.

1) Exprimer le rayon R_1 de la trajectoire des protons dans la région D_1, ain la durée du trajet effectué.

2) Déterminer le vecteur $\vec{v_1}$ des protons lorsqu'ils sortent de la région D_1 traversant la paroi $P_1P'_1$. Quel doit être alors le signe de la tension U pour ε les protons ? Avec quelle vitesse v_2 pénètrent-ils dans la région D_2 ?

3) Exprimer le rayon R_2 de la trajectoire des protons dans la région D_2, ain durée du trajet effectué.

4) Quel est le signe de la tension U lorsque les protons quittent la région D_2 en traversant la paroi $P_2P'_2$? Calculer la période et la fréquence de la tension U, en négligeant la durée de transfert dans l'intervalle entre les deux dées.

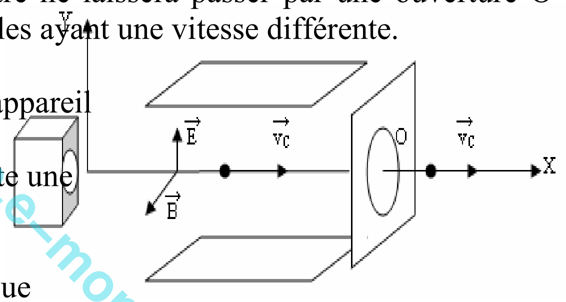
5) Soit R_D le rayon des dées. Calculer la vitesse et l'énergie cinétique maximales acquises par les protons.

Exercice 2 :

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 $\vec{E}$ existe un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ orthogonal à $\vec{E}$ et à l'axe des abscisses.



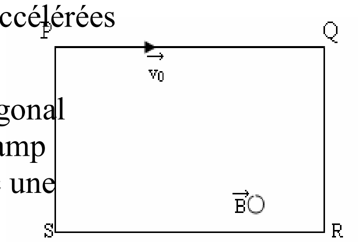
1) On observe que pour une certaine vitesse v_0 les particules ne sont pas déviées. Montrer que : $v_0 = \dfrac{E}{B}$.

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 8:

Des particules pénètrent dans un champ magnétique après avoir été accélérées Par un champ électrique à partir d'une vitesse négligeable.



Dans le carré PQRS de 5cm de coté, le champ magnétique $\vec{B}$, orthogonal au plan du carré, est constant, d'intensité 25.10^{-2} T. A la sortie du champ électrique, les particules entrent en P dans le champ magnétique avec une vitesse $\vec{v_0}$ colinéaire à $\vec{PQ}$ (**voir figure ci-dessus**).

1) Les particules sont des deutons (noyaux de deutérium, isotope de l'hydrogène de formule ^2_1H, et notés D^+).

Préciser le sens de B pour que les particules parviennent en S. Déterminer la trajectoire des particules entre P et S, et les caractéristiques de leur vecteur en S.

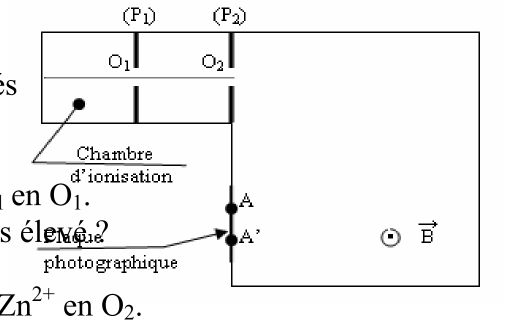
2) On injecte maintenant un faisceau de particules α (He^{2+}). Déterminer le vecteur vitesse d'injection $\vec{v_1}$ en P dans le champ magnétique pour que les particules α parviennent en R. Préciser les caractéristiques de leur vecteur vitesse en ce point et trouver la tension accélératrice U nécessaire pour obtenir v_1.

Données : $m_{D^+} \approx 3{,}32.10^{-27}$kg ; $m_\alpha = 6{,}64.10^{-27}$kg.

Exercice 3 :

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.



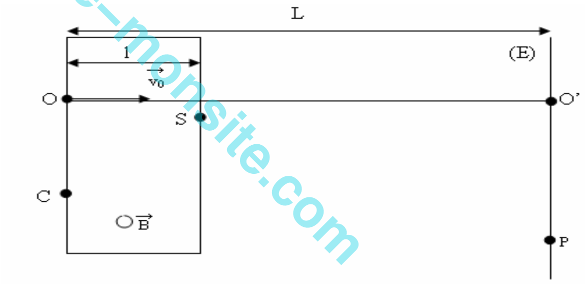
1) Une chambre d'ionisation produit des ions $^{68}Zn^{2+}$ et $^{x}Zn^{2+}$, de masses respectives 68 u et x u. Ces ions sont ensuite accélérés dans le vide entre deux plaques métalliques parallèles P_1 et P_2. La tension accélératrice à pour valeur $U = 10^3$ V. On négligera la vitesse des ions lorsqu'ils 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 :

Un faisceau homocinétique d'électrons de vecteur vitesse $\vec{v_0}$ pénètre en un point O dans une région ou règne un champ magnétique uniforme de vecteur $\vec{B}$ (**voir figure ci-contre**).

Dans cette région, de largeur l, leur trajectoire est circulaire de centre C et de rayon : $R = \dfrac{mv_o}{eB}$

Les électrons sortent de cette région en un point S.



1) Préciser l'orientation du vecteur $\vec{B}$.
2) On considère l'angle $\alpha = (\vec{CS}, \vec{CO})$.
Montrer que : $\sin\alpha = \dfrac{l}{R}$.
3) Quelle est la nature du mouvement des électrons une fois sortie du champ magnétique ?
4) Les électrons heurtent, en un point P, un écran situé à la distance L = OO' du point O. En supposant L nettement supérieur à l, donner une valeur approchée de tanα en fonction de la déviation D = O'P et de L.
5) On suppose que l'angle α est petit. Exprimer alors la déviation D en fonction du rapport $\dfrac{q}{m}$ et de la vitesse v_0.

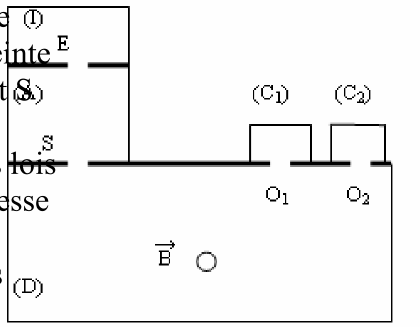
Exercice 5 :

On considère un faisceau homocinétique d'électrons abordent une région de l'espace où règne un champ magnétique uniforme, de vecteur $\vec{B}$ orthogonal à $\vec{v}$ et d'intensité $B = 1{,}1.10^{-3}$ T.

1) Déterminer les caractéristiques de la force F qui s'exerce sur les électrons. Faire un schéma où l'on indiquera les vecteurs $\vec{v}$, $\vec{B}$ et $\vec{F}$.

2) Indiquer la nature du mouvement des électrons sous l'action de la force $\overrightarrow{F}$. Préciser le plan de la trajectoire et calculer son rayon R.
Calculer le temps T mis par les électrons pour faire un tour sur leur trajectoire.
3) Déterminer la valeur v' de la vitesse pour que le rayon de la trajectoire devienne R' = 0,8 cm.
Calculer le temps T' mis par les électrons pour faire un tour sur la trajectoire de rayon R'. Justifier le résultat obtenu.

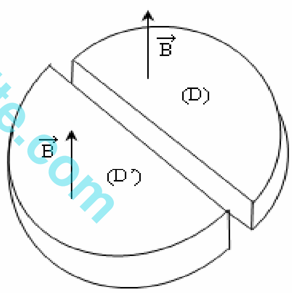
Exercice 6 :
La figure représente une coupe horizontale, vue de dessus d'un spectrographe de masse.



1) Des ions de masse m et de charge q < 0 sont produit dans la chambre d'ionisation (I) avec une vitesse négligeable. Il 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'applique. 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_1ou 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.

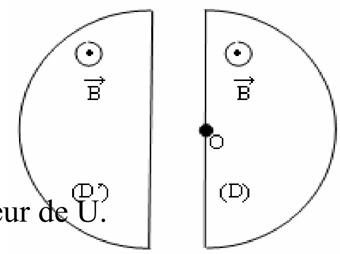
Données : $|U| = 4{,}00.10^3$ V ; B = 0,1 T

Exercice 7 :



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



Vue de dessus

   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.

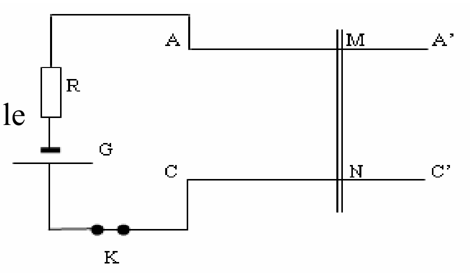
Application numérique : $\|\overrightarrow{B}\| = 1$ T.
2) Les ions ressortent de D'. on inverse la tension $U_{DD'}$ en conservant la valeur de U.
Etablir les expressions littérales :
   a) de leur vitesse et de leur énergie cinétique ;
   b) du rayon de leur trajectoire dans D. Plus généralement, exprimer 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.

LOI DE LAPLACE

Exercice 1 :

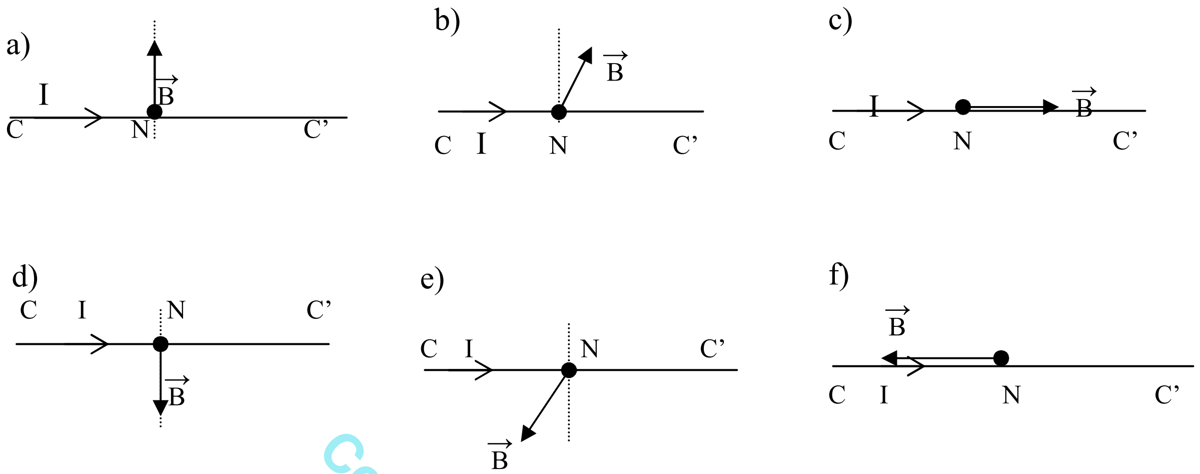
On considère le dispositif classique **ci-contre** :
G est un générateur de courant continu R est un résistor ;
AA' et CC' sont des tiges conductrices parallèles situé dans le même plan horizontal ;MN est une tige de cuivre posés



perpendiculairement aux deux rails AA' et CC' ;K est un interrupteur.

L'ensemble est placé dans un champ magnétique $\vec{B}$ uniforme.

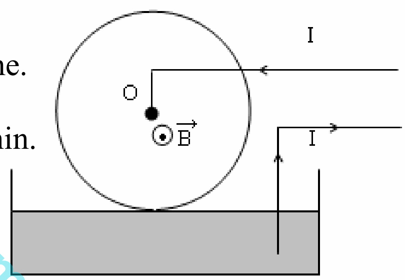
On peut modifier la direction et le sens de $\vec{B}$. Le vecteur $\vec{B}$
peut prendre successivement les directions et sens indiqués sur les croquis a, b, c, d, e et f.



1) Représenter sur chaque croquis la force électromagnétique $\vec{F}$.
2) Dans quel (s) cas la tige MN a-t-elle tendance :
   - à se déplacer vers la droite ?
   - à se déplacer vers la gauche ?
   - à demeurer immobile ?

Exercice 2 :

Une roue de rayon R plonge légèrement par sa partie inférieure dans du mercure. Elle est plongée entièrement dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ perpendiculaire à son plan.



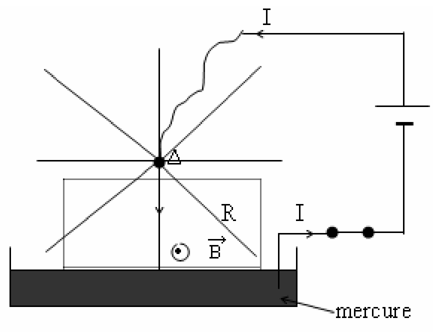
1) On «lance» dans la roue (**voir figure ci-contre**) un courant d'intensité I.
Le courant arrive par l'axe O et sort par le mercure : on constate que la roue tourne.
Expliquer. Préciser le sens de rotation sur une figure très claire.
2) La roue atteint au bout d'un certain temps une vitesse constante de 90 tours/min.
Calculer le moment du couple dû aux forces résistantes.
Calculer la puissance de la force électromagnétique qui s'exerce sur la roue.
3) On coupe le courant. Au bout de combien de temps la roue s'immobilise-t-elle si les forces résistantes demeurent constantes ?

On donne : R = 5 cm ; I = 5 A ; B = 0,02 T ; masse de la roue m = 20 g

<u>Exercice 3</u> :

Roue de Barlow

La roue est placée dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ perpendiculaire au plan de la roue. Le contact en M est ponctuel et le courant traverse la roue suivant le rayon OA.



1) Calculer la force de Laplace et son moment par rapport à l'axe de rotation.
2) Calculer la puissance du moteur ainsi constitué lorsque la roue effectue n tours par seconde.

Exercice 4:

Une barre de cuivre AA' peut rouler sur deux rails de cuivre CC' et DD' horizontaux. C et D sont reliés aux bornes d'un générateur.

La distance entre les rails est d. Le milieu de AA’ est fixé à un fil inextensible de masse négligeable passant sur la gorge d’une poulie. Le fil porte une masse m à son autre extrémité.
La tige AA’ est soumise en son milieu à un champ magnétique uniforme B sur une longueur l = 10 cm (5 cm de part et d’autre de son milieu).

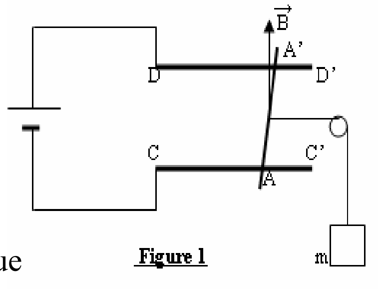


Figure 1

1) Le vecteur $\vec{B}$ est perpendiculaire au plan des rails (**voir figure 1**).
2) Lorsqu’on établit le courant, on constate que la tige AA’ demeure immobile.
   a) Faire l’inventaire des forces qui s’exercent sur la tige.
   b) Calculer m.

3) $\vec{B}$ est perpendiculaire à la tige AA’ et fait un angle α = 30° avec la verticale passant par le milieu de AA’ (**voir figure 2**). Répondre aux mêmes questions que précédemment.

4) $\vec{B}$ est dans le plan des rails et fait un angle de α = 30° avec AA’ (**voir figure 3**). Peut-on trouver une valeur de m pour laquelle AA’ reste immobile.

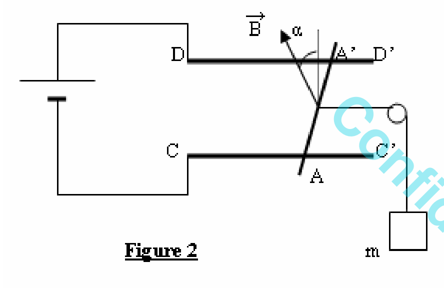


Figure 2

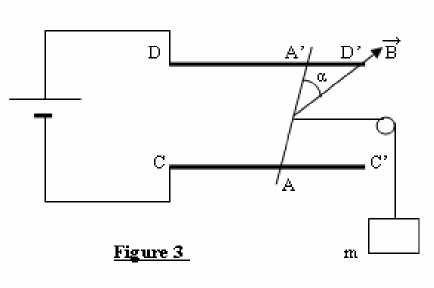
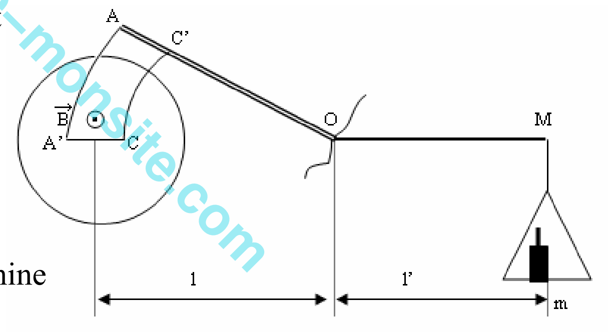


Figure 3

Exercice 5 :
La de Cotton était utilisé jadis pour déterminer l’intensité des champs magnétiques uniforme. MOA est un levier qui porte une plaquette isolante AA’CC’. Un fil conducteur est appliqué le long de OAA’CC’O. AA’ et CC’ sont les arcs de cercles de centre O. La balance est mobile autour de O perpendiculairement au plan de la figure et est en équilibre en l’absence de courant.
On donne : A’C = 2 cm ; g = 9,8 S.I ; l = l’ ; zone d’action du champ magnétique.

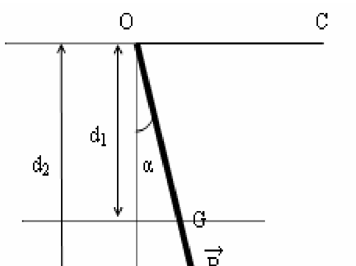


1) Préciser sur la figure les forces qui agissent sur la balance ;
2) Ecrire les conditions d’équilibre de la balance.
3) Afin de déterminer la valeur de B, on fait des mesures suivantes : pour différentes de l’intensité du courant, on détermine la valeur de la masse qu’il faut pour rétablir l’équilibre.

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

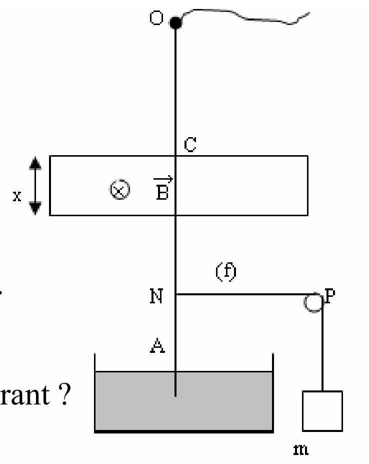
Tracer le graphe m = f(I) en précisant l’échelle. Déterminer le cœfficient de la droite obtenue. En déduire B.

Exercice 6 :
Un conducteur rectiligne et homogène OA, de masse m = 12g 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.
1) Un champ magnétique uniforme est créé comme l’indique la figure :
la direction de $\vec{B}$ est horizontal et le sens de l’arrière vers l’avant.



Le conducteur OA s'écarte de sa position d'équilibre d'un angle $\alpha = 5°$.
On suppose que A est situé au voisinage de la surface du mercure.
Donner la polarité des bornes C et D.
2) Calculer l'intensité du champ magnétique B.
On donne : $d_1 = 20$ cm ; $d_2 = 25$ cm.

Exercice 7:

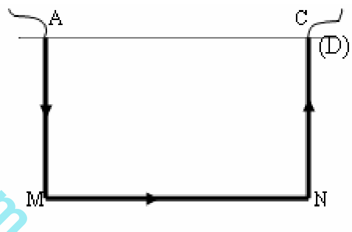


On réalise le dispositif suivant :

- OA est une tige de cuivre de longueur l mobile autour de O et plongeant en A dans le mercure ;
- la tige est placée dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ sur la longueur x
- f est un fil inextensible de masse négligeable ;
- P est une poulie de masse négligeable ; m est une masse marquée.

La tige est maintenue initialement verticale ;
1) On « lance » un courant d'intensité I dans la tige : elle demeure en équilibre vertical, le entre N et P étant horizontal. Quel est le sens du courant ?
Faites l'inventaire des forces qui s'exercent sur la tige et la masse m.
Ecrire la condition d'équilibre de la tige. On posera OC = a et ON = b
Calculer m.
2) On brûle le fil f, la tige dévie de α par rapport à la verticale.
Calculer α (on supposera que la longueur de la tige placée dans le champ reste sensiblement égal à x)
Données : I = 10 A ; l = 80 cm ; x = 4 cm ; b = 70 cm ; a = 48 cm; B = 0,02 T; la masse de la tige est M = 10 g

Exercice 8 :
Un conducteur indéformable AMNC est composé de trois parties rectilignes de même section formant trois côté d'un rectangle. Il est mobile sans frottement autour d'un axe horizontal (D) passant par A et C.
Des fils conducteurs et souples relient a et C aux bornes d'un générateur. Le courant circule de A vers C.
1) I = 0 : le cadre est en équilibre sous l'action de son poids et de la réaction de l'axe.
Quelle est la position d'équilibre de la tige ?



2) I non nul : en étudiant les forces de Laplace sur les trois côtés du cadre dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$, indiquer dans lequel des trois cas suivants le cadre quitte sa position d'équilibre initial.

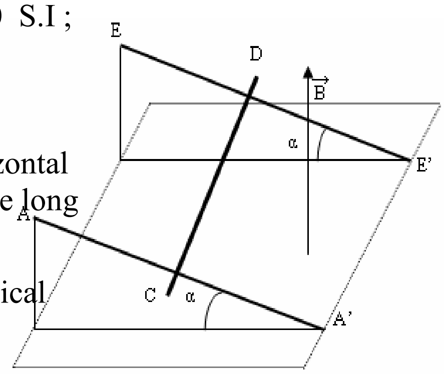
a) $\vec{B}$ est parallèle à MN, de même sens que le courant dans MN.

b) $\vec{B}$ est perpendiculaire au plan vertical contenant l'axe et dirigé de l'arrière vers l'avant.

c) $\vec{B}$ est vertical, sens de bas en haut.

Dans le cas où le cadre prend une nouvelle position d'équilibre écartée du plan vertical d'un angle α, déterminer les caractéristiques de la force magnétique appliquée sur chacun des trois côtés.
Faites l'inventaire de toutes les forces appliquées au cadre. Ecrire que la somme algébrique des moments de ces forces par rapport à l'axe d est nulle ; En déduire α.
Données :
AM = CN = a = 6 cm ; MN = l = 12 cm ; I = 1 A ; B = 0,2 T ; g = 10 S.I ;
masse du conducteur par unité de longueur $\mu = 5.10^{-2}$ kg/m.

Exercice 9:



Deux rails de cuivre AA' et EE' sont inclinés par rapport au plan horizontal d'un angle α. Une tige de cuivre CD peut se déplacer sans frottement le long de ces deux rails.

L'ensemble est plongé dans un champ magnétique $\vec{B}$ uniforme et vertical

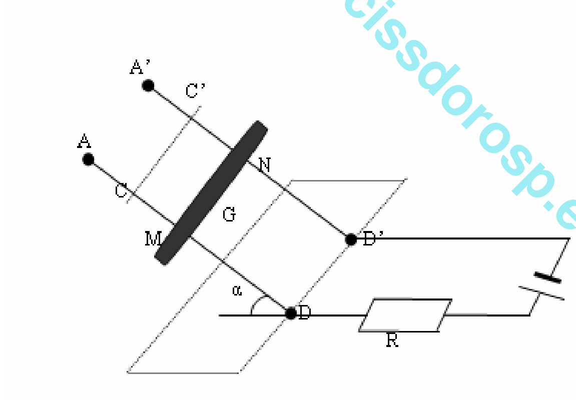
dont le sens est donné de bas en haut. La tige CD reste perpendiculaire à AA'.
1) Donner la polarité des bornes A et E pour que la tige CD puisse rester immobile lorsqu'un courant passe dans le circuit.
2) Calculer alors l'intensité du courant.

On désigne par m la masse de CD et on donne :
$g = 9,8\ m/s^2$; $B = 9,3.10^{-2}$ T ; CD = l = 118 cm ; $\alpha = 15°$; m = 10 g

Exercice 10 :

Deux rails parallèles AD et A'D', distants de 12 cm, sont disposés selon des lignes de plus grande pente d'un plan faisant un angle $\alpha = 8°$ avec le plan horizontal. Les deux rails sont reliés à un générateur électrique ; et le circuit est fermé par une tige T de masse m = 32 g qui peut glisser sans frottement en M et en Nsur les rails en restant horizontale. Le circuit est alors parcouru par un courant d'intensité I = 2 A (indépendant de la position de la tige).

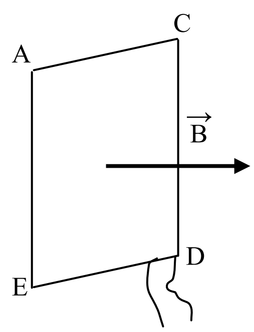
1) Un champ magnétique uniforme et vertical s'exerce sur la tige
   a) Représenter les trois forces qui s'exercent sur la barre MN.
   b) Déterminer le sens et la norme du vecteur champ magnétique $\vec{B}$ pour que la tige reste immobile ($g = 10\ m/s^2$).
2) On supprime instantanément le champ magnétique à une date t = 0. Indiquer la nature du mouvement du centre d'inertie G de la tige (situé au milieu de MN). Préciser son équation horaire jusqu'aux extrémités D et D' des rails, supposés situées dans un même plan horizontal. Calculer sa vitesse à ce moment si, à l'instant initial, elle occupe la position CC' telle que CD = 15 cm.
3) En réalité, la vitesse de G est 0,60 m/s. Expliquer les raisons de la différence avec la valeur calculée précédemment.



INDUCTION ELECTROMAGNETIQUE

Exercice 1 :

On considère une spire rectangulaire conductrice placée dans un champ magnétique uniforme. La direction du vecteur champ est orthogonale au plan du cadre.



1) On augmente progressivement la norme du champ $\vec{B}$. Dans quel sens circule le co
2) On diminue progressivement la norme du champ $\vec{B}$. Dans quel sens circule le cou
3) Le champ $\vec{B}$ garde maintenant une norme constante,
mais il change progressivement d'orientation pour tourner de π.
Le courant induit garde-t-il toujours le même sens ?
4) On supprime brusquement le champ $\vec{B}$. Y a-t-il création d'un courant induit ? Si o
son intensité est-elle plus grande que dans la première question ?

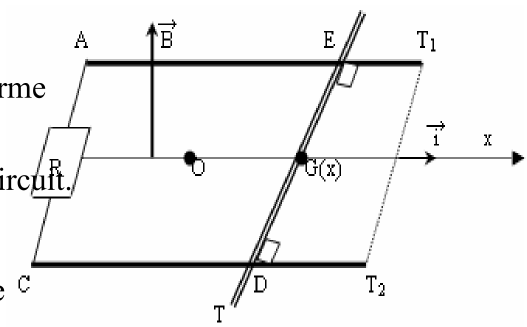
Exercice 2 :
A l'aide de bobines de Helmholtz, On crée un champ magnétique dont les lignes de champ sont des droites parallèles, mais dont l'intensité varie en fonction du temps, selon la loi :

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

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 : B0 = 0,05 T ; ω = 50 rad/s

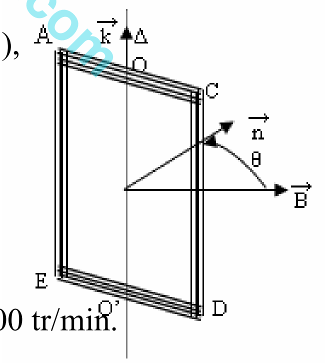
Exercice 3 :

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 ℓ. 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 :
$\mathbf{\Phi} = \mathbf{\Phi}_0 + at$, 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 : ℓ = 12 cm ; v = 2 m/s ; R = 2 Ω. Calculer e et $\|\vec{F}\|$.

Exercice 4:
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 (Δ, $\vec{k}$), 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 5 :
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.

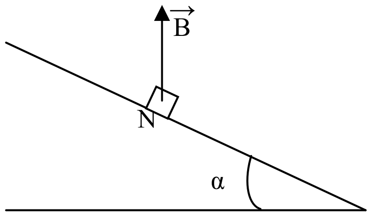


figure.1

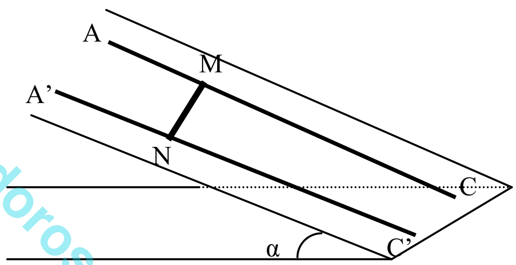
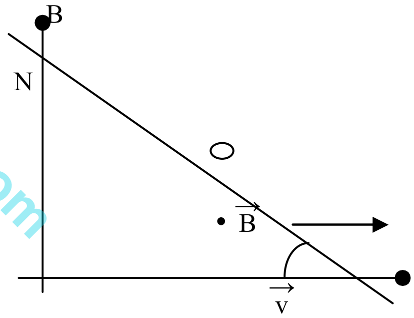


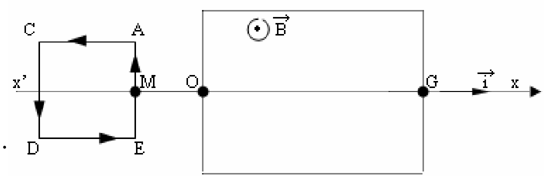
Figure.2

Exercice 6 :
Deux conducteurs rectilignes OA et OB, de même longueur l = 1 m, sont soudés en O, perpendiculaire l'un à l'autre.
Un troisième conducteur, rectiligne, beaucoup plus long, et appuyé par les deux premiers, est déplacé parallèlement à lui-même. Sa direction fait un angle de 45° avec les directions OA et OB.
On appelle M et N les points de contact. Le point M se déplace de O vers A à la vitesse constante v = 25 m/s. On pourra poser OM = x



1) En supposant qu'à l'instant zéro, M et N coïncidaient avec O, établir l'expression de la surface du circuit OMN ainsi formé en fonction du temps.
2) L'ensemble est plongé dans un champ magnétique $\vec{B}$ est normal au plan du circuit et son intensité est B = 0,1 T.
   Donner l'expression de la f.e.m induite dans le circuit.
Quelle est sa valeur maximale ? Donner, en le justifiant, sens du courant induit.

Exercice 7 :
Un cadre carré ACDE, de côté a, constitué d'un fil métallique, pénètre dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$, de largeur $\overline{OG}$ = 2a. Le plan du cadre est orthogonal à $\vec{B}$.
On oriente le cadre selon le sens ACDE.
Le cadre se déplace à la vitesse constante $\vec{v} = v\,\vec{i}$



le long de l'axe (O, $\vec{i}$) ; sa position est définie par :

$$\vec{OM} = vt\,\vec{i}\ .$$

1) Exprimer le flux Φ du champ $\vec{B}$ à travers le cadre en fonction de a, v et t. (On distinguera plusieurs cas de figure.)
2) Représenter graphiquement la variation de Φ en fonction de t.
3) En déduire le f.e.m. d'induction qui apparaît dans le circuit. Représenter sa variation en fonction du temps.
4) Préciser le sens du courant i selon la position du cadre.

Exercice 8 :

Un solénoïde comportant 200 spires de rayon r = 5 cm est placé dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ de telle façon son axe ait pour direction celle de $\vec{B}$.

1) Calculer le flux du champ $\vec{B}$ à travers une spire, puis à travers tout le solénoïde.

Application numérique : B = 0,1 T.

2) La norme du champ $\vec{B}$ décroît de 0,1 T à 0,05 T en 0,05 s. Calculer la valeur absolue de la f.e.m. moyenne induite qui apparaît aux bornes du solénoïde.

Exercice 9 :

Une bobine plate est formée de 100 spires de rayon 0,01 m. Elle est placée perpendiculairement aux lignes d champ d'un champ magnétique uniforme d'intensité 0,2 T.

Trouver la valeur absolue de la f.e.m. induite dans la bobine si, en 0,1 à partir de la même position initiale :

- le champ est doublé ;
- le champ est ramené à zéro ;
- le champ change de sens mais en conservant la même intensité ;
- la bobine est tournée de π/2 ;
- la bobine est tournée de π.

Dans chaque cas, faire un schéma indiquant le sens du courant induit.

Exercice 10 :

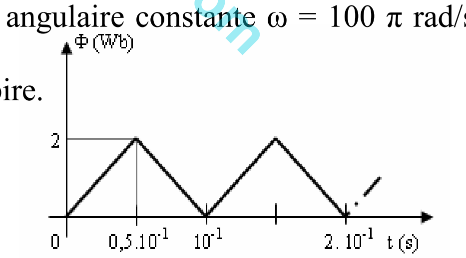
Dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$, de norme constante égale à 0, 05 T, on introduit une bobine plate constituée de 100 spires enroulées sur un cadre carré de 5 cm de côté.

1) Calculer le flux du champ $\vec{B}$ lorsque le plan du cadre fait un angle θ avec le vecteur $\vec{B}$.
2) Ce cadre tourne autour d'un axe médian avec une vitesse angulaire constante ω = 100 π rad/s. calculer la f.e.m. induite.

On indiquera sur un dessin le sens d'orientation choisi sur la spire.

Exercice 11 :

Le flux magnétique Φ à travers une bobine varie en fonction du temps (**voir figure ci-contre**).



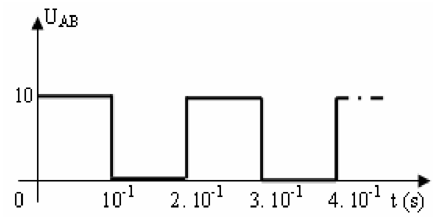
Calculer la f.e.m. induite. Représenter graphiquement la variation de la tension aux bornes de la bobine en fonction du temps.

Exercice 12 :

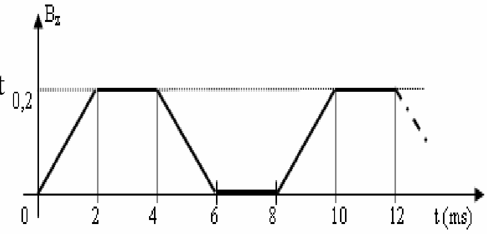
La tension U_{AB} aux bornes d'une bobine varie en fonction du temps (**voir figure ci-contre**). Cette tension résulte d'une variation de flux magnétique Φ à travers la bobine.

Représenter graphiquement la variation du flux Φ en fonction temps.

Y a-t-il plusieurs solutions possibles ? Examiner le cas où l'on précise que le flux s'annule périodiquement.

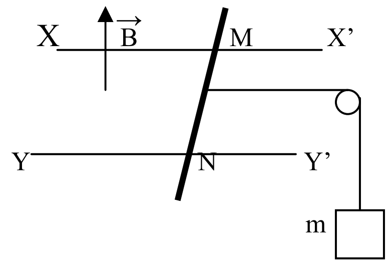


Exercice 13 :



Une spire conductrice carrée, de côté 0,3 m, est placée dans un champ magnétique uniforme. La composante B_z du champ magnétique suivant l'axe de la spire varie en fonction du temps (**voir figure**).
Calculer la f.e.m. induite dans la spire.
On relie les deux bornes de la spire à celles d'un oscillographe. Qu'observe-t-on à l'écran ?

Exercice 14 :

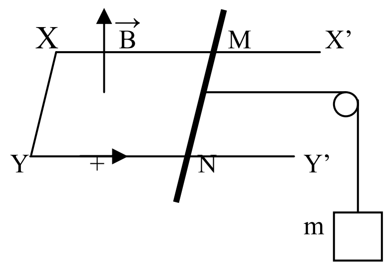


On considère le dispositif ci-contre :
- XX' et YY' sont deux rails conducteurs situé dans le même plan h

et distant de d. Entre eux règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ ve
- 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 mou
   b) Montrer qu'il va apparaître entre M et N une tension. Expliqu

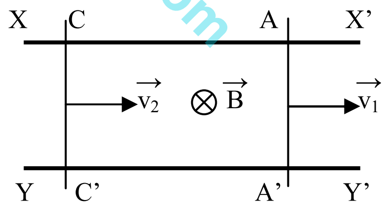


2) Les points X et Y sont maintenant reliés par un conducteur.
La tige immobilisée de nouveau est lâchée sans vitesse à la date 0.
   - Donner à une date t > 0 l'expression de la f.e.m. (e) induite, la vitesse à cet instant étant v.
   - Donner l'expression de l'intensité I du courant, la résistance du circuit est supposée constante égale R.
   - Donner l'équation différentielle de la vitesse.

Exercice 15 :

Deux rails XX' et YY' sont situés dans le même plan horizontal. Ils sont distants de a.
Deux traverses AA' et CC' sont posées perpendiculairement à ces rails. Elles sont initialement distantes de a.

L'ensemble est placé dans un champ magnétique uniforme vertical $\vec{B}$.
La résistance des rails et des traverses par unité de longueur est



Les traverses AA' et CC' sont déplacée à partir de la date t = 0 a des vitesses constante v_1 et v_2 de même direction et de même se (**voir figure ci-contre**) avec $v_1 > v_2$.
1) Donner à une date t l'expression de la distance d qui sépare deux traverses
2) Donner à une date t l'expression de la f.e.m. induite dans le
Préciser le sens du courant induit.
3) Donner à une date l'expression de l'intensité i du courant induit.

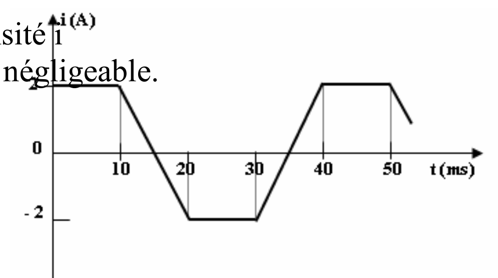
AUTO – INDUCTION ELECTROMAGNETIQUE

Exercice 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.

Exercice 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.

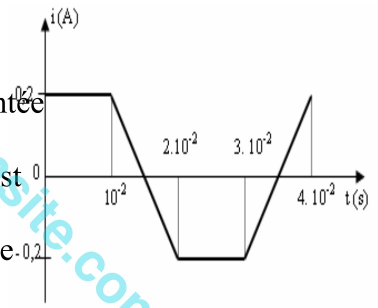
Exercice 3 :
1) Calculer l'inductance L d'un solénoïde formé de 1 000 tours de fil uniformément enroulé sur un tube de carton de 50 cm de longueur et de 4 cm de diamètre.
2) Si on produit une variation de 1,5 en 0,02 s du courant qui traverse le solénoïde, quelle est le f.e.m. moyenne induite ?
3) Le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

Exercice 4 :
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.



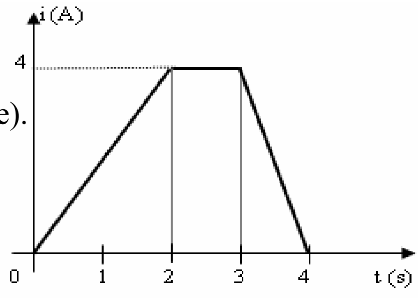
1) Calculer les valeurs prises par la f.e.m. d'auto-induction e depuis l'origine des dates jusqu'à l'instant t = 40 ms.
2) Représenter graphiquement e en fonction du temps.
3) Déterminer la tension $U_{AB} = U_L$.
4) Représenter graphiquement l'énergie emmagasinée dans la bobine en fonction du temps.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

Exercice 5 :
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 6 :
Une bobine (A, B) d'inductance L = 0,2 H et de résistance r = 5 Ω est traversée par un courant i.



1) L'intensité du courant dans la bobine varie en fonction du temps (voir figure). Déterminer la f.e.m. e induite dans la bobine pendant les intervalles de temps (en s)] 0, 2[,]2,3[et]3,4[. Représenter graphiquement e en fonction du temps.
2) Exprimer i en fonction du temps sur chacun de ses intervalles précédents.
3) Déterminer la tension UAB aux bornes de la bobine pendant ces mêmes intervalles de temps. Représenter graphiquement UAB en fonction du temps.

CONDENSATEURS

Exercice 1 :
Approuvez ou réfutez les affirmations suivantes :
1) Sous la même tension de charge lorsqu'on diminue l'épaisseur du diélectrique d'un condensateur on diminue la charge de son armature négative.
2) L'énergie emmagasinée dans un condensateur est proportionnelle à la tension de charge
3) Le rapport de l'énergie emmagasinée dans un condensateur par le carré de la tension de charge est une constante caractéristique du condensateur.
4) L'intensité du courant dans le régime transitoire de charge d'un condensateur décroît linéairement au cours du temps.
5) Le condensateur favorise le passage du courant alternatif et bloque par contre le courant continu.

Exercice 2 :
Un condensateur de capacité C = 2 µF est chargé sous une tension constante U_0 = 1 000 V.
1) Trouver sa charge Q_0 et l'énergie W_0 initialement emmagasineuse.
2) Le condensateur précédent, isolé, après la charge, est par la suite branchée aux bornes d'un second condensateur initialement déchargé, de capacité C' = 0,5 µF. Calculer à l'équilibre :
   a) la tension U aux bornes de chaque condensateur ;
   b) les charges Q et Q' des deux condensateurs.
   c) L'énergie W' totale emmagasinée dans l'association des condensateurs.
   Comparer cette énergie W_0. Qu'est devenue la différence d'énergie ?

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 :

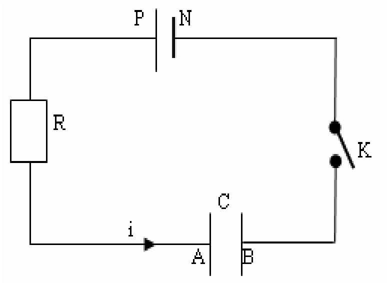
t (s)	0	2	4	6	8	10
U_{AB} (V)	0	1	1,96	3	4	4,90

   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 $\rightarrow\infty$?
   Ces limites sont-elles accessibles ? Pourquoi ?

Exercice 4 :
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 $\rightarrow\infty$.
3) Tracer le graphe q_A = f (t) avec les échelles :
   1 ms $\rightarrow$ 5 mm
   1 µF $\rightarrow$ 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 ι du point d'intersection de la

tangente à la courbe à l'origine avec l'asymptote horizontale. Quelle est la signification physique de ι ?



OSCILLATIONS ELECTRIQUES LIBRES NON AMORTIES ET AMORTIES

Exercice 1 :

On réalise le montage schématisé ci-dessous (**fig. a**). Un ordinateur couplé à un Interface permet de visualiser la tension aux bornes du condensateur. La capacité du condensateur est C = 0,1 µF, et l'inductance L de la bobine est inconnue.

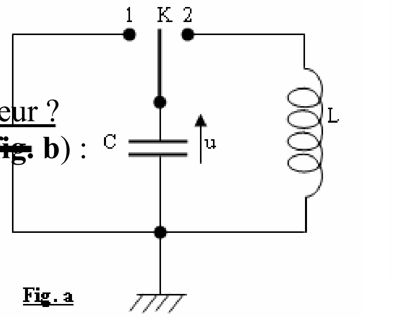


Fig. a

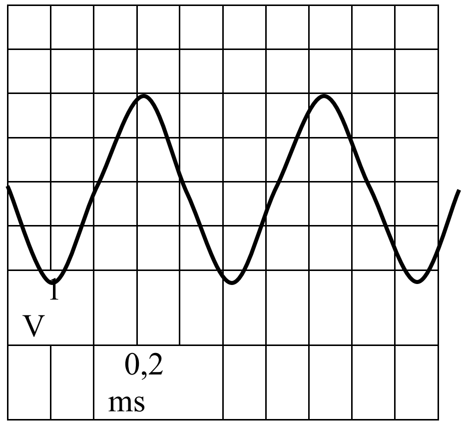
1) On place l'interrupteur K dans la position 1. Que se passe-t-il pour le condensateur ?
On place ensuite K en position 2. On observe alors sur l'écran la courbe suivante (**fig. b**) :
Quel phénomène représente-t-elle ?
Quelle est la valeur de la pseudo-période ?
L'amortissement est considéré comme 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.

Fig. b



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 ε_e.

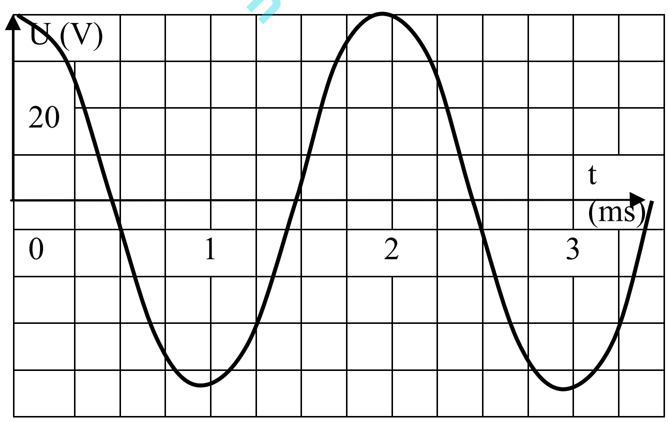
Application numérique : $C = 10^{-6}$ F ; U = 40 V.

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.



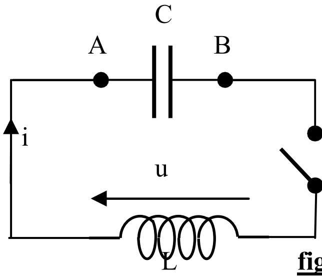
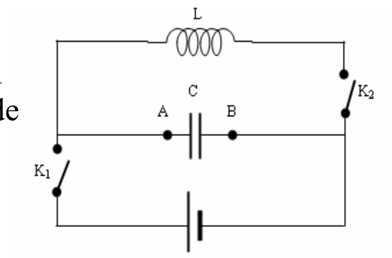


fig. b

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 ω_0 et la fréquence propre du circuit (L, C).
   Exprimer $u_C = u_{AB}$ en fonction de t, ω_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.
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 ?

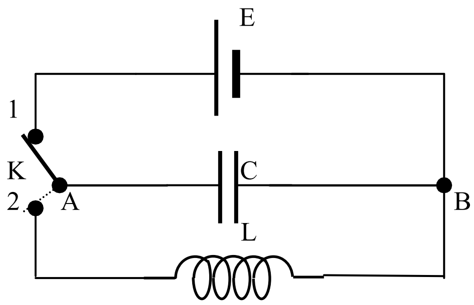
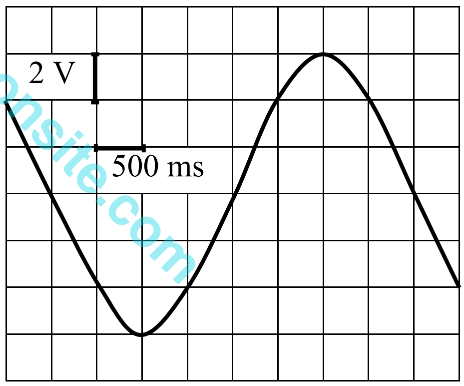
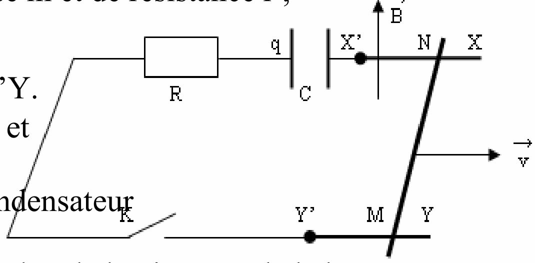


Fig. a



Exercice 5:
Dans le montage ci-contre :
- Les rails X'X et Y'Y de résistance pratiquement nulle, sont parallèles et situés dans un plan horizontal ;
- La barre MN est homogène, de longueur MN = l, de masse m et de résistance r ;
- Le champ $\vec{B}$ vertical est supposé uniforme ;
- La barre MN glisse sans frottement sur les rails X'X et Y'Y.
- Le résistor de résistance R, le condensateur de capacité C et l'interrupteur K sont branchés en série, aux bornes des rails.



A l'instant t = 0, on ferme K, la barre étant immobile et le condensateur portant une charge q = Q_0 positive.
1) Exprimer la f.e.m. induite dans le circuit en fonction de B, l et de la vitesse v de la barre.
2) Déterminer l'équation qui relie les grandeurs électriques du circuit, à savoir q en fonction de C, R, r, B, l, v.

3) Déterminer la vitesse du circuit. En déduire que la vitesse va tendre vers une vitesse V_{lim} telle que :

$$V_{lim} = \frac{BlQ_0}{m + B^2l^2C}$$

Exercice 6 :

On se propose de déterminer la capacité C d'un condensateur à l'aide du montage suivant (**figure a**).
Le générateur G débite un courant d'intensité constante I = 1 mA. Dès que la tension u_{AB} = u entre A et B atteint la valeur U_M = 5 V, un dispositif (noté DA sur la figure a) permet de décharger automatiquement et instantanément le condensateur.
L'oscillographe permet d'observer les charges et décharges successives (**figure b**).

1) a) Déduire de l'oscillogramme l'expression de la tension u (t) aux bornes du condensateur pour t compris entre 0 et 10 ms.
b) Dans le même intervalle de temps, exprimer i (t) en fonction de l'intensité I du courant débité par le générateur. (On admettra que l'intensité du courant dérivé dans le dispositif DA lors de la charge du condensateur est négligeable.) En déduire la capacité C du condensateur.
2) A l'instant t = 6 ms, on isole le condensateur du circuit précédent et on l'associe à une bobine, d'inductance L = 0,5 H et de résistance négligeable. On note q la charge instantanée de l'armature A et i l'intensité instantanée, dont le sens positif est précisé sur la **figure c**.
   a) Etablir l'équation différentielle vérifiée par la fonction q (t) après la fermeture de l'interrupteur K.
   b) Calculer la période des oscillations électriques qui prennent naissance dans le circuit.
   c) En précisant les valeurs numériques des constante, exprimer u (t) en fonction du temps. On prendra l'instant de fermeture de l'interrupteur K comme instant initial.

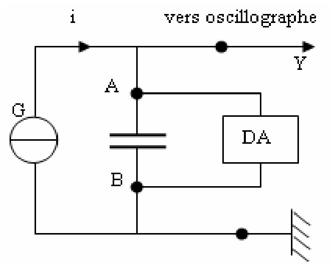


Fig. a

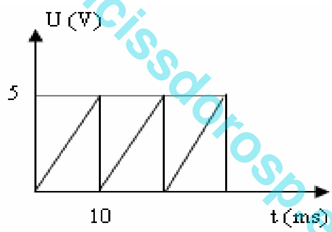


Fig. b

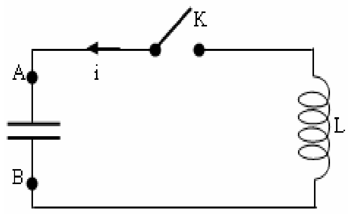


Fig. c

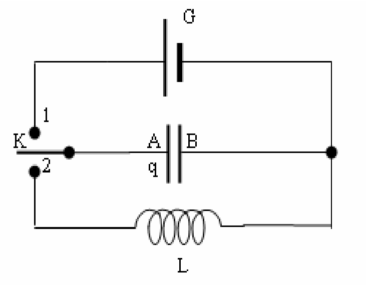
Exercice 7 :

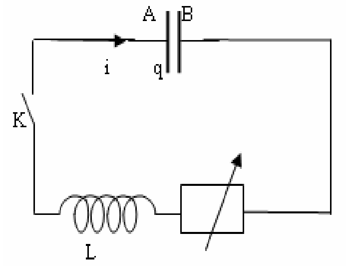
Un condensateur de capacité C = 2 µF est initialement chargé sous une tension constante U_0 = 10 V (interrupteur en position 1). On étudie expérimentalement sa décharge (K en position 2) dans une bobine inductive d'auto-inductance L et de résistance négligeable. On note q la mesure algébrique de la charge de l'armature A du condensateur et i la mesure algébrique de l'intensité du courant.

1) Calculer la valeur de la charge Q_0 de l'armature A en fin de charge.
2) L'interrupteur K étant en position 2 :
   a) Etablir l'équation différentielle à laquelle obéit la charge q du condensateur ;
   b) Calculer la valeur de l'inductance de la bobine pour que la période des oscillations électriques T_0 = 1 ms.
   c) Donner les expressions de q et de i en fonction du temps sachant que l'intensité de date t = 0 correspond à l'instant où l'interrupteur K est basculé en position 2
   d) Donner les expressions des énergies W_C et W_B du condensateur et de la bobine en fonction du temps. Quelle est l'énergie totale de l'oscillateur ?
3) Le circuit oscillant précédent comprend en plus du condensateur et de la bobine, un résistor de résistance variable R.
   a) Que se passe-t-il si l'on fait croître R ?
   b) Etablir l'équation différentielle à laquelle obéit la charge q du condensateur. Démontrer que l'énergie de l'oscillateur décroît au cours du temps.
   c) Dans le cas où la résistance R est inférieur à une valeur notée R_C (résistance critique), les oscillations sont amorties et la solution de l'équation est de la forme $q = Q_m e^{-\alpha t} \cos(\omega t + \varphi)$; Q_m et φ dépendent

des conditions à l'origine des temps ; α et ω dépendent de l'oscillateur. Exprimer α et ω en fonction de R, L et C.

d) Déterminer alors la limite de R (valeur R_C), permettant d'avoir juste une décharge apériodique critique.





OSCILLATIONS FORCEES EN REGIME SINUSOIDAL : CIRCUIT RLC

Exercice 1 :

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.

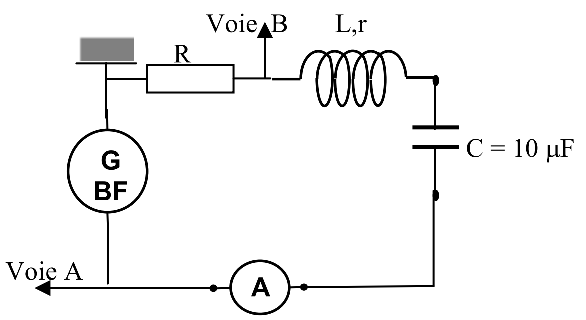
2) On ajoute maintenant dans le circuit un condensateur, de capacité $C = 25.10^{-9}$ F, disposé en série avec la résistance de la bobine.

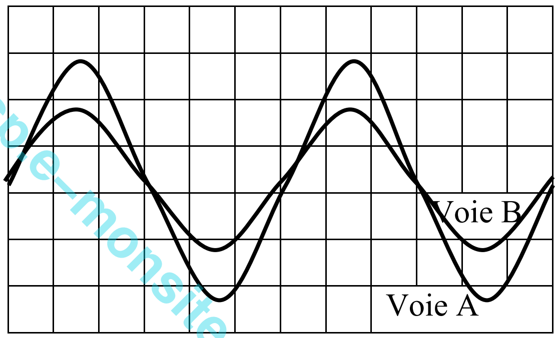
Déterminer la valeur à laquelle on doit régler la pulsation pour que la tension u soit en phase avec l'intensité dans le nouveau circuit considéré.
Calculer, dans ces conditions, l'intensité efficace du courant dans le circuit ainsi que les tensions efficaces U_L et U_C aux bornes de la bobine et de 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 2 :
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 11 :
Un dipôle AB comprend disposés en série :
-une bobine de résistance R = 4,7Ω, d'inductance $L = 2,5.10^{-4}$ H
- un condensateur de capacité $C = 4,7.\ 10^{-9}$ F.
On maintient entre A et B une tension sinusoïdale de fréquence f variable, de valeur efficace constante U = 2 V.
1) a) Etablir l'expression du facteur de puissance du circuit en fonction de l'impédance Z et de la résistance R du dipôle.
b) Donner l'expression de la puissance P en fonction de U, r et Z puis uniquement en fonction de U, R et Z puis uniquement en fonction de R et I intensité efficace du courant.
2) a) Sans faire le calcule indiquer l'allure de la courbe représentant les variations de la puissance P en fonction de la fréquence f.
b) calculer la fréquence f_M pour laquelle la puissance P est maximale.
c) exprimer cette puissance maximale P_M en fonction de U et de R. Calculer sa valeur numérique.
Exercice 3 :
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

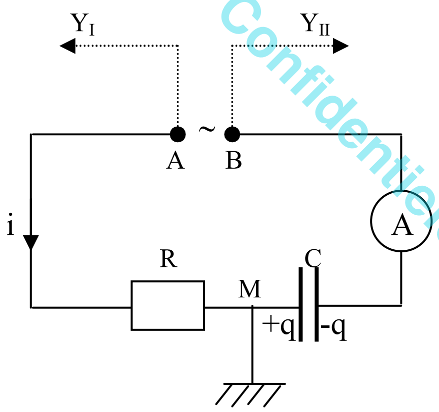
simultanément les tensions : u_{AM} aux bornes du résistor (courbe I) et u_{BM} aux bornes du condensateur de capacité C (courbe II).
Les courbes observées sont représentées sur la figure. Le balayage est identique pour les deux spots, il se fait de gauche à droite.
Les échelles de déviation sont :

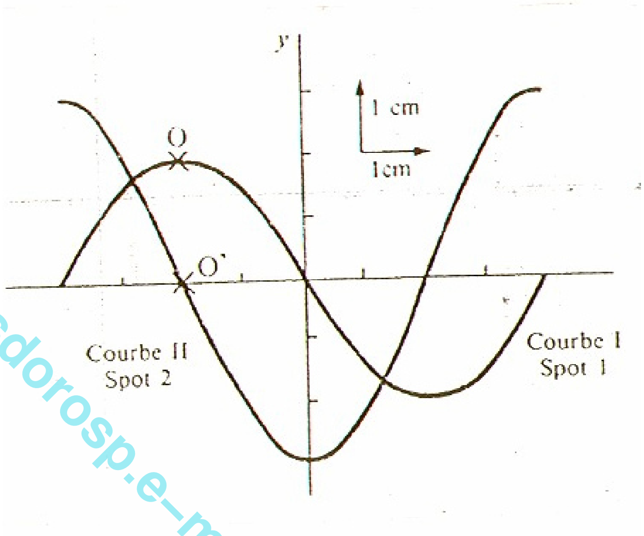
- verticalement 1 cm pour 3V
- horizontalement 1cm pour 2,5 ms.

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 4 :
Aux bornes M et P d'un dipôle constitué d'un condensateur de capacité C en série avec un conducteur ohmique de résistance R (fig. a ci-dessous) on établit une différence de potentiel sinusoïdale. Le document ci-dessous (fig. b), a été obtenu à l'oscillographe double trace. Il représente U_{MQ} (courbe 1) aux bornes du condensateur et U_{QP} (courbe 2) aux bornes de la résistance R en fonction du temps.

1) En supposant que le point O, origine des axes gradués, au centre du document, coïncide avec l'origine des dates

(t = 0) et compte tenu des échelles, expliciter u_{MQ}, u_{QP} en fonction du temps.

2) Sachant que R = 4 Ω, calculer l'intensité maximale dans le dipôle plus l'impédance de ce dipôle.

Fig. a

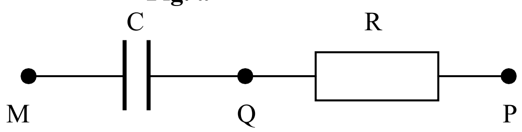
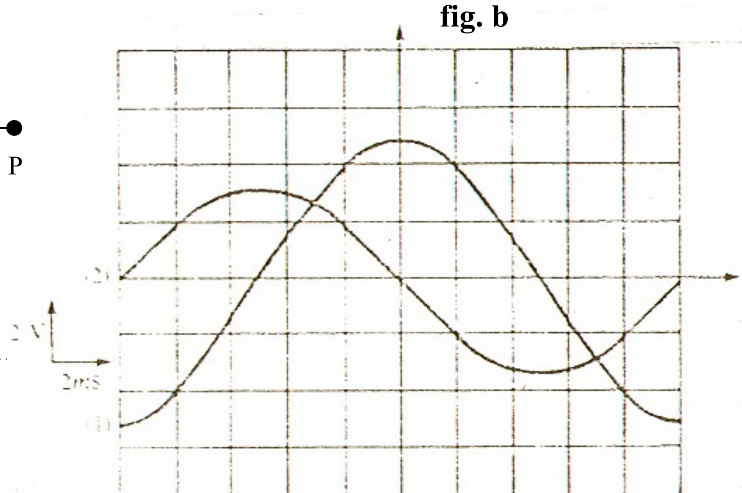


fig. b



Exercice 5:
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 $r_1 = 10\ \Omega$ et $r_2 = 32\ \Omega$ 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.

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'origineφ, 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.

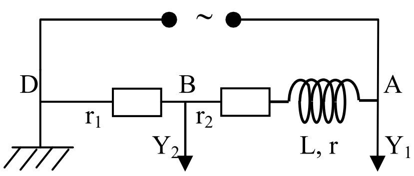


Fig. 1

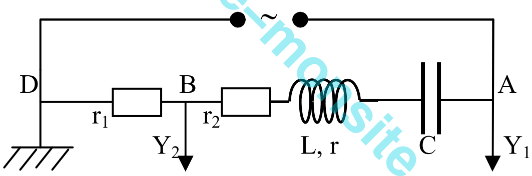
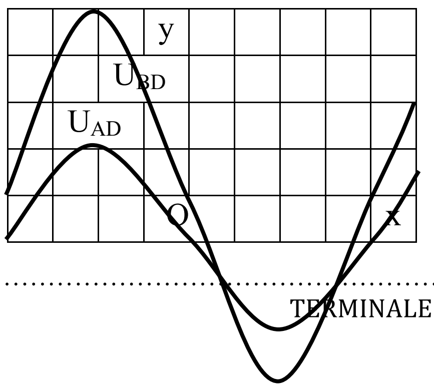
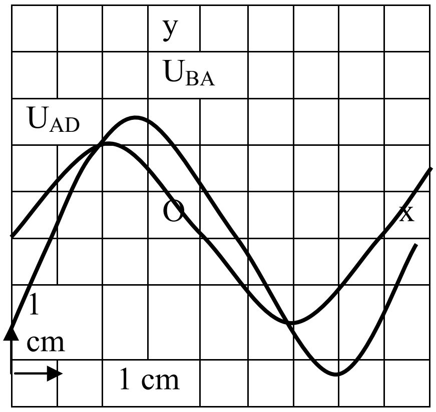
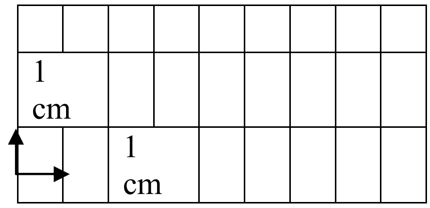


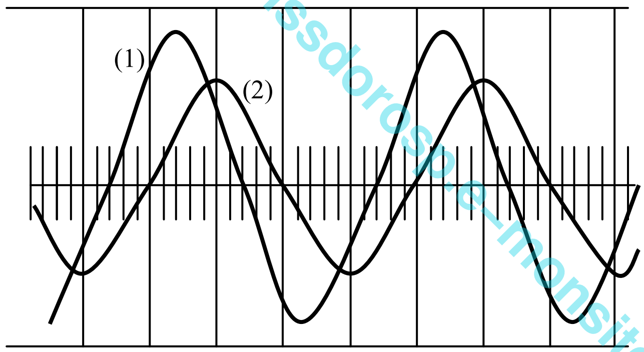
Fig. 2







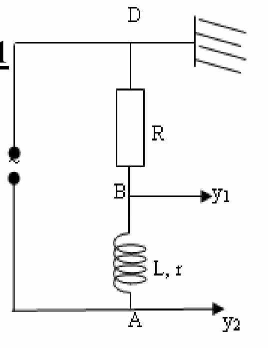
Exercice 12 :
La figure ci-dessous représente la photographie d'un écran d'oscillographe utilisé pour visualiser les fonctions i (t) et
u (t), respectivement intensité instantanée du courant dans une bobine et tension instantanée aux bornes de cette bobine alimentée en courant alternatif sinusoïdal de fréquence 50 Hz.
- Des deux courbes numérotées (1) et (2) ainsi visualisé, quelle est celle qui correspond à la fonction i (t) ? Justifier la réponse.
- De la disposition relative de ces courbe déduire le temps minimal qui sépare les annulations des fonctions i (t) et u (t).
- Déterminer le déphasage du courant par rapport à la tension ; en déduire l'inductance de cette bobine, sachant que sa résistance vaut 7,



Exercice 6 :
1) Une portion de circuit AD comprend en série :
   – une bobine d'inductance L et de résistance r ;
   – une résistance ohmique R = 20 Ω.

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**.

Fig. 1



   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.

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

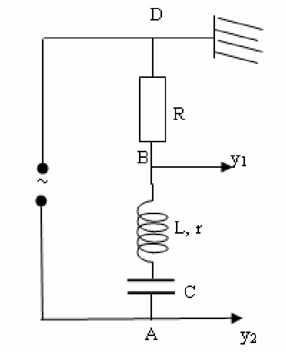


Fig. 4

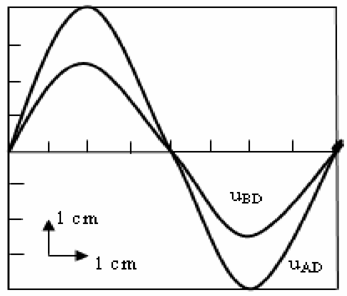
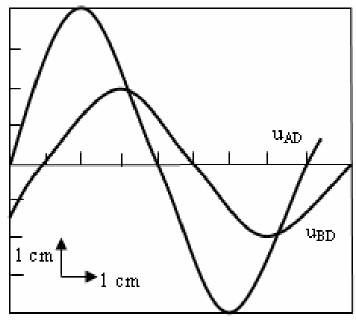


Fig. 2



Exercice 7 :

Un circuit comprend en série : un conducteur ohmique de résistance R = 10 Ω, un condensateur de capacité C = 8 µF, une bobine d'inductance L et de résistance r à déterminer (voir schéma ci-dessous).

On maintient entre M et N une tension alternative sinusoïdale $u(t) = U\sqrt{2}\cos \omega t$.

On visualise sur un oscillographe cathodique bicourbe les tensions $u_{MN} = u(t)$ (entrée A) et u_{PN} (entrée B).

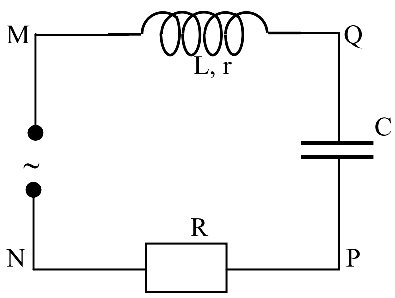
On obtient sur l'écran les courbes de la figure avec :

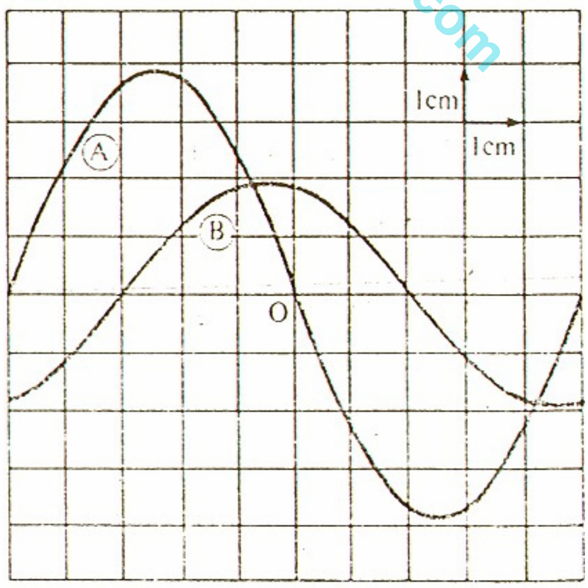
balayage 0,5 m.s par cm,

gain de l'entrée A 2 V par cm,

gain de l'entrée B 1 V par cm.

1) Indiquer clairement sur le schéma, les branchements à effectuer pour visualiser u_{MN} et u_{PN}.
2) Calculer la période et la fréquence du courant. Calculer la tension maximale U_{MN} (max) et la tension efficace U. En déduire l'expression de u (t).
3) Calculer la tension maximale U_{PN} (max). En déduire l'intensité maximale I_m et l'intensité efficace I du courant qui traverse le circuit. Calculer l'impédance du circuit.
4) L'intensité instantanée i (t) est-elle en avance ou en retard sur la tension u (t) ? Calculer son déphasage et donner son expression en valeurs numériques.
5) Calculer la résistance et l'impédance de la bobine.





Exercice 8 :

Un circuit comprend, en série, les éléments suivants :

- un générateur de courant alternatif sinusoïdal de fréquence N et pulsation ω : $\omega = 2\pi N$;
- un condensateur de capacité C : $C = 0{,}5\ \mu F$;
- une résistance R : $R = 100\ \Omega$;
- une inductance pure L : $L = 0{,}5$ H ;
- un ampèremètre A de résistance négligeable.

La tension aux bornes du générateur est de la forme : $u = U\sqrt{2}\cos(\omega t)$ avec $U = C^{te}$

Le courant qui traverse le circuit vaut : $i = I\sqrt{2}\cos(\omega t - \varphi)$.

1) a) Pour quelle valeur ω_0 de ω a-t-on $\varphi = 0$?

Pour quelles valeurs de ω a-t-on $\varphi < 0$ et $\varphi > 0$?

b) A toute pulsation $\omega_1 < \omega_0$, correspondant à un déphasage $\varphi = \varphi_1$, on peut associer une autre pulsation $\omega_2 > \omega_0$, correspondant à un déphasage $\varphi_2 = -\varphi_1$. Montrer qu'on a : $\omega_1\omega_2 = \omega_0^2$.

c) Calculer ω_1 et ω_2 pour avoir $|\varphi_1| = |\varphi_2| = \frac{\pi}{4}$ rad.

2) On pose $X = \frac{\omega}{\omega_0}$ Et on appelle Z l'impédance du circuit.

a) Exprimer le facteur de qualité Q de ce circuit en fonction de L, R et ω_0 et calculer sa valeur numérique.

b) Montrer que l'on a :

$$\frac{Z}{R} = \sqrt{1 + Q^2\left(X - \frac{1}{X}\right)^2}$$

Représenter la courbe donnant les variations de $\frac{Z}{R}$ en fonction de X pour x €] 0 ; 3[.

Exercice 9 :

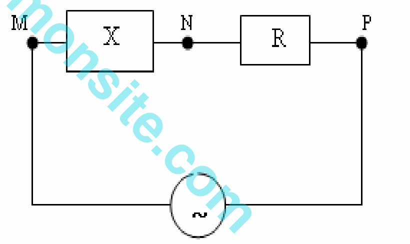
On considère une portion de circuit MP constituée par un dipôle X inconnu et un conducteur ohmique de résistance
$R = 10\ \Omega$ placés en série et alimentés en courant alternatif.

Les expressions des tensions instantanées sont :

$u_{NP} = u_1 = 8{,}1\cos(100\pi t + \frac{\pi}{5})$

$u_{MP} = u_2 = 10\cos 100\pi t$.

Les tensions sont exprimées en volts.



1) Quelle est la période de la tension appliquée à la portion du circuit ?

Donner l'expression de l'intensité instantanée du courant qui traverse le circuit. Quel est le décalage entre les deux fonctions u_1 et u_2 ? Préciser celle qui est en avance.

2) La lecture sur un wattmètre de la puissance moyenne consommée par la portion de circuit MP donne P = 3,30 W. Que pouvez-vous dire de la résistance du dipôle X ?

3) Le dipôle X étant soit une bobine d'inductance L, soit un condensateur de capacité C, indiquer la nature de ce dipôle et calculer son paramètre caractéristique L ou C.

Exercice 10 :

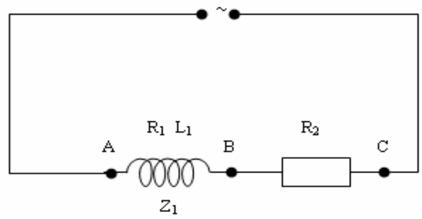
Soit le circuit électrique ci-dessous :

Le générateur fourni une tension sinusoïdale de pulsation ω. Entre A et B se trouve une bobine de résistance R_1, d'auto-inductance L_1 ; son impédance sera notée Z_1. Entre B et C se trouve un conducteur ohmique de résistance R_2.

Soit $i = I_m \sin\omega t$ l'expression de l'intensité instantanée du courant.

1) On désigne par φ le déphasage de la différence de potentiel entre les bornes A et B par rapport à l'intensité du courant. Donner en fonction de Z_1, R_2, Im, ω, t et φ les expressions des tensions instantanée u_{AB} et u_{BC}.

2) Un voltmètre de grande impédance est placé successivement entre A et B, entre B et C puis entre A et C. Il indique les valeurs efficaces suivantes :
$U_{AB} = 45$ V ; $U_{BC} = 40$ V ; $U_{AC} = 75$ V.
   a) Ecrire la relation entre les tensions instantanées u_{AB} , u_{BC}, u_{AC}.
   b) En utilisant la construction de Fresnel, déterminer la valeur du déphasage φ.
3) Sachant que $R_2 = 10\ \Omega$ calculer :
   a) La puissance consommée dans le conducteur ohmique ;
   b) La puissance consommée dans la bobine ;
   c) La résistance de la bobine.



Exercice 13 :
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.
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).
   On envisage pour D certaines hypothèse : 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 $N_0 = 2{,}15.10^3$ 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.

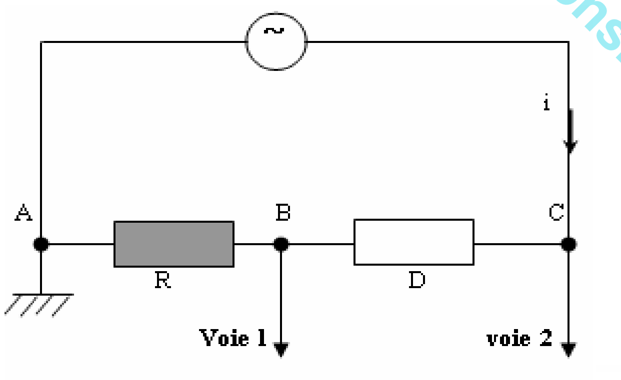


Fig. a

Exercice 14 :
Une source de tension alternative assure, entre les bornes M et N d'une portion de circuit, une différence de potentiel sinusoïdale :
$u = V_M - V_N = U\sqrt{2}\cos \omega t$ (U = 21 V ; ω = 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)

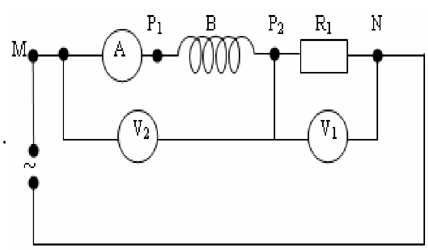
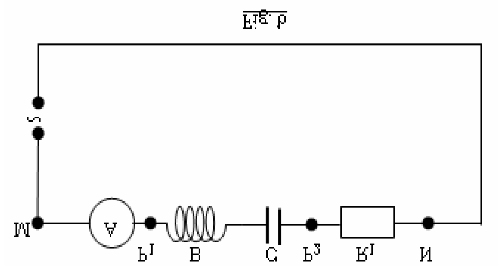


Fig. a

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.

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 rappellera, 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**).

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 15 :

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 ω_0 de ω la puissance consommée dans le circuit (1) est maximale.
Application numérique : calculer ω_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 φ_1 et φ_2 respectivement des intensités i_1 et i_2 par rapport à u sont égaux.

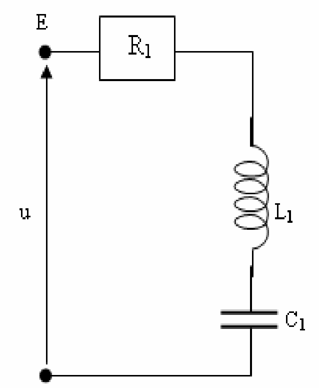


fig. a

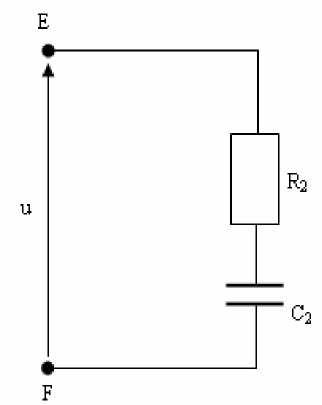


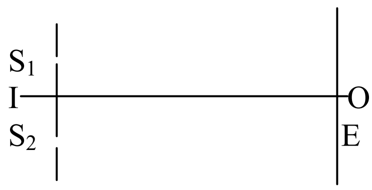
Fig. b

INTERFERENCES LUMINEUSES

Exercice 1 :

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 λ.
   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 λ, D et a.
   Déduire de cette relation les expressions littérales de x_1, x_2 et x
   des premières franges brillantes que l'on rencontre à partir de O (x
   d) On observe que, pour x = 2,32mm, M est situé au milieu d'une
   brillante et que quatre franges noires séparent M de O.
   En déduire la longueur d'onde de la lumière émise par S.



Exercice 2 :

La différence de marche entre deux rayons lumineux issus de S et passant l'un par S_1 et l'autre par S_2, vaut $\delta = \dfrac{ax}{D}$, lorsqu'ils se superposent en M. On donne : a = 1 mm ; D = 2 m

1) Déduire de cette relation l'expression des abscisses des points de l'écran, milieux des franges obscures.
2) Si la source S émet de la lumière blanche, quelles sont les radiations de même longueur d'onde et passant les unes par S_1, les autres par S_2 qui arrivent en opposition de phase en un point M' situé à 8mm de O' ? Les longueurs d'onde des radiations qui constituent la lumière blanche sont comprises entre 400 et 750 nm.
3) Si la source émet deux radiations de longueurs d'onde $\lambda_1 = 592$ nm et $\lambda_2 = 560$ nm, calculer l'abscisse du point de l'écran le plus proche de O', où on observe une extinction totale de la lumière.

Exercice 3 :

Un filament rectiligne, perpendiculaire au plan de la figure ci-dessous, constitue une source de lumière monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 0{,}6\ \mu$m. 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.

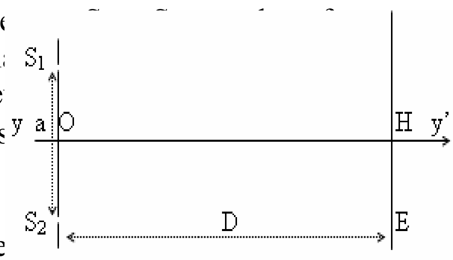
1) Qu'observerait-on sur E' si les fentes étaient larges ?
2) En réalité, F_1 et F_2 sont étroites : quel est le phénomène qui se produit à leur niveau et que doit-on alors observer sur E' ?
3) Calculer la période T de la radiation émise par F, sachant que l'ensemble du dispositif es dans l'air où la 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 Ω_1 l'onde lumineuse issue de F_1 et parvenant en M. Soit Ω_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 : $F_2M - F_1M = \dfrac{ax}{D}$ avec $a = F_1F_2$
   a) Montrer que le déphasage de ces deux ondes, au niveau de M, s'exprime, dans le temps, par : $\Delta t = \dfrac{ax}{CD}$

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: **(bac 2004 TS_1)**

On utilise un dispositif permettant d'observer dans l'air des interférences lumine
constituant des sources cohérentes et synchrones. L'axe yy' est confondu avec l
d'observation E est perpendiculaire à l'axe yy'. On éclaire d'abord les fentes de
monochromatique jaune de longueur d'onde $\lambda_1 = 0,6$ µm. On constate que la dis
la frange centrale d'ordre $k_1 = 10$ est de $x_1 = 6$ mm.
On éclaire ensuite les deux fentes avec une lumière rouge monochromatique de
qui sépare le milieu de la frange centrale du milieu de la frange brillante d'ordre



1) Montrer que la longueur d'onde λ_2 s'exprime par : $\lambda_2 = \dfrac{k_1\, x_2}{k_2\, x_1}\lambda_1$. Calculer λ_2.
2) Calculer les fréquences ν_1 et ν_2 correspondant à ces deux radiations.
3) On éclaire ces 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.
   a) Expliquer qualitativement cet aspect de l'écran c'est à dire l'apparition de la teinte orangée.
   b) La largeur totale du champ d'interférence sur l'écran E étant de 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 $\lambda_0 = 0,66$ µm. On éclaire la cathode successivement avec les trois radiations lumineuses déjà étudiées :
   (a) avec la lumière jaune de longueur d'onde λ_1.
   (b) avec la lumière rouge de longueur d'onde λ_2.
   (c) avec la lumière orangée formée par la 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 ?

On donne : célérité de la lumière dans le vide $c = 3,00.10^{8}$ m/s ; constante de Planck $h = 6,62.10^{-34}$ J.s.

Exercice 5 :

On réalise les interférences lumineuses en utilisant le dispositif des fentes de Young. Deux fentes fines et parallèles S_1 et S_2 distantes de a = 1 mm, sont éclairées par une fente lumineuse S parallèle aux précédentes et située à égale distance de chacune d'elles. On observe les interférences sur l'écran E parallèle au plan des fentes S_1 et S_2 et situé à la distance D = 2 m du plan de ces fentes.

1)
   a) La lumière utilisée est monochromatique.

Calculer sa longueur d'onde λ sachant que la largeur l de 10 interfranges est égale à 13,2 mm.
   b) On éclaire la fente S simultanément avec la radiation de longueur d'onde λ et une autre radiation de longueur d'onde λ'. La 7^{eme} brillante frange de la radiation λ', coïncide avec la 5^{eme} frange brillante de la radiation λ. Calculer la longueur d'onde λ'.
2) On opère maintenant en lumière blanche.
   a) Décrire sommairement le phénomène observé sur l'écran.
   b) On place dans le plan de l'écran E, parallèlement aux fentes S_1 et S_2, la fente d'un spectroscope. La fente du spectroscope est à 9 mm de la frange centrale. Calculer le nombre de radiation manquante et les longueurs d'ondes correspondantes. Les limites du spectre visible sont 0,4 µm et 0,8 µm.

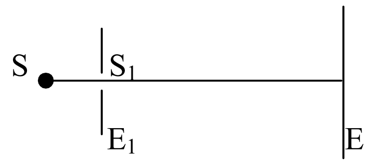
Exercice 6 :

On réalise une expérience d'interférence lumineuse avec le dispositif des fentes d'Young.
On donne a = 1,0mm et D=2,0 m.
1) Les sources S_1 et S_2 sont éclairées par une onde lumineuse bleu de longueur d'onde $\lambda_1 = 0,480$ µm. Calculer la fréquence N_1 de l'onde lumineuse et la distance i_1 séparant deux franges sombres consécutives sur l'écran E.
2) S_1 et S_2 sont maintenant éclairées par une onde rouge-orangé de longueur d'onde λ_2. On constate alors que le milieu de la seconde frange sombre occupe la place qu'occupait le milieu de la seconde frange

brillante du système de franges précédent. La frange centrale est notée zéro. Déduire de cette expérience la longueur d'onde λ_2 et la fréquence N_2 de la lumière rouge-orangé.

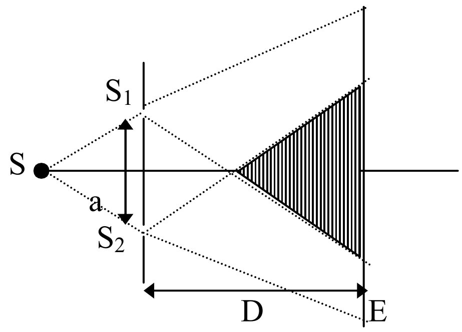
3) Les deux sources S_1 et S_2 sont éclairées simultanément avec les deux ondes lumineuses précédentes. Sur l'écran E, on observe la superposition des deux systèmes de franges. A quel distance de la frange centrale se produit sur l'écran la première coïncidence entre le milieu des franges brillantes ?

Exercice 5 : **(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 l 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_1.

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 le dispositif schématisé sur la figure ci – contre.

Les traits en pointillés représentent les limites des faisceaux lumineu
   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 e
   b) A partir de cette expérience, justifier la nature ondulatoire de
   c) La longueur occupée sur l'écran E par 10interfranges est l =

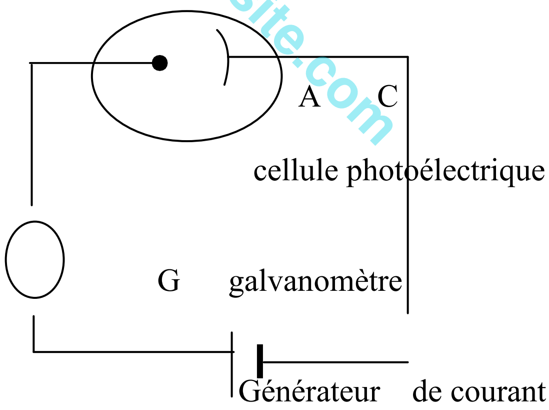
Calculer la longueur d'onde de la lumière émise par la source S.

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>Données</u> : 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 8 :

On réalise une expérience d'interférence lumineuse avec les fentes d'Young.

1) Les fentes sont éclairées avec une longueur d'onde $\lambda = 0{,}588\ \mu m$. L'interfrange correspondant $i = 0{,}735$ mm. Calculer la distance D de l'écran aux fentes sachant que a = 1,2 mm.
2) Calculer l'angle $\alpha = S_1OS_2$ (en rad.) sous lequel on voit les deux sources du point O de l'écran situé sur la frange centrale.

3) Le même dispositif est éclairé en lumière blanche dont les ondes lumineuses ont des longueurs d'onde comprise entre 0,40 µm et 0,80 µm. Chaque onde donnant son propre système de frange, déterminer celles qui présentent une frange sombre à la distance x = 5 mm du milieu O de la frange centrale (les ondes seront caractérisées par leurs longueurs d'onde).

Exercice 9 : (**Bac 2007 TS$_2$**)

1) On réalise une expérience d'interférences en lumière monochromatique de longueur d'onde λ. 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 sélection 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 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 λ_1 = 0,600 µm.
   - La longueur d'onde donnant un interfrange i_2 = 2,5 mm.

On opère maintenant en lumière blanche.

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.

EFFET PHOTOELECTRIQUE : MISE EN EVIDENCE EXPERIMENTALE

Exercice 1 :
La cathode d'une cellule photo-électrique au potassium est éclairée par deux radiations lumineuses, l'une de longueur d'onde λ = 0 49 µm, l'autre de longueur d'onde λ' = 0,68 µm. Le travail d'extraction vaut

1) W_s = 2,25 eV.
2) Les deux radiations permettent-elle l'émission d'électrons ? Justifier.
3) Lorsque le cellule est éclairée par la radiation de longueur d'onde λ = 0 49 µm. Quelle est la vitesse maximale avec laquelle les électrons quittent la cathode ?
4) La lumière ayant toujours la longueur d'onde λ = 0 49 µm, la puissance rayonnante reçue par la cathode étant P = 9.10^{-7} W on constate que l'intensité du courant de saturation dans le circuit de la cellule est

I = 4.10^{-9} A. En déduire :

- la sensibilité de la cellule $\sigma = I/P$;
- le rendement quantique η.

Exercice 2 :
Une radiation monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 3{,}6.10^{-7}$ m éclaire la cathode de potassium d'une cellule photo-électrique. On établit la tension $U_{AC} = V_A - V_C$ entre l'anode et la cathode, tension qui peut prendre plusieurs valeurs.
L'énergie minimale à fournir pour extraire un électron du potassium est W_0 = 2,26 eV.

1) Quelle est la condition nécessaire à l'extraction d'un électron de la cathode ? Fait-elle intervenir la radiation lumineuse, sa puissance, sa fréquence ou la tension U ? Montrer que cette condition est réalisée dans l'exercice.
2) Calculer :
   - l'énergie cinétique et la vitesse maximales de chaque électron à sa sortie du métal, en supposant que l'électron émis n'est pas relativiste ;
   - la valeur absolue de U_0, potentiel d'arrêt de la cellule, valeur de U pour laquelle le courant de cette cellule est annulé.
3) Montrer que $|U_0|$ est une fonction simple de ν, fréquence de la radiation, et calculer la fréquence pour laquelle U_0 est nul. Quelle est la signification de cette fréquence ?

On donne : constante de Planck h = $6{,}62.10^{-34}$ J.s ; célérité de la lumière dans le vide c = 3.10^{8} m.s^{-1} ; charge de l'électron -e = - $1{,}6.10^{-19}$ C ; masse de l'électron m = $9{,}1.10^{-31}$ kg.

Exercice 3 :
Une cellule photo-électrique à cathode métallique est éclairée simultanément par deux radiations monochromatiques de longueur d'onde λ_1 = 0,228 µm et λ_2 = 0,524 µm. L'énergie d'extraction d'un électron de cette cathode est W_0 = 3,40 eV.

1) Ces radiations provoquent-elles toutes deux l'effet photo-électrique ?
2) Calculer la vitesse maximale des électrons émis dans les conditions de l'expérience. L'augmente-t-on en changeant l'intensité du faisceau lumineux ?

3) On rappelle que le rendement de la cellule est le rapport du nombre n_0 d'électrons émis au nombre n_P de photons incidents. Dans le cas présent, ce rendement est égal à $2,5.10^{-3}$, te l'intensité du courant de saturation est égale à 1,2 μA.

Exprimer en milliwatts la puissance lumineuse reçue par la cathode de la part de la radiation λ_1.

On donne : $h = 6,62.10^{-34}$ J.s ; $c = 3.10^{8}$ m.s^{-1} ; $e = 1,6.10^{-19}$ C ; masse de l'électron $m = 9,1.10^{-31}$ kg ; $1eV = 1,6.10^{-19}$ J

NIVEAUX D'ENERGIE DE L'ATOME

Dans tous les exercices, on prendra : $h = 6{,}62.10^{-34}$ J.s ; $c = 3.10^{8}$ m/s ; $e = 1{,}6.10^{-19}$ C.

Exercice 1 :

1) Un photon a pour longueur d'onde dans le vide $\lambda = 656{,}30$ nm. Calculer sa fréquence en Hz, son énergie en J puis en eV.
2) Un photon a une énergie de 2,55 eV. Calculer son énergie en J, puis sa fréquence en Hz. En déduire sa longueur d'onde dans le vide en nm. Ets-il visible ?
3) Un photon a une fréquence de $6{,}91.10^{14}$ Hz. Calculer sa longueur d'onde en nm et son énergie en eV.
4) De façon générale, montrer que la longueur d'onde λ du rayonnement émis et l'énergie du photon correspondant sont liées par la relation : $\lambda = \frac{1241}{\varepsilon}$, lorsque λ est en nm et ε en eV.

Exercice 2:

Les niveaux d'énergie d'hydrogène H sont donné par : $E_n = -\frac{136.10^{-1}}{n^2}$ (eV), avec n entier non nul.

1) Représenter les cinq premiers niveau sur un diagramme (échelle : 1 cm ↔ 1 eV.
   Quelle est l'énergie minimale de l'atome d'hydrogène ? A quoi correspond-t-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 ; $H_\gamma = 434{,}05$ nm

   a) Déterminer les valeurs correspondantes de p.
   b) Balmer, en 1885, écrivait la loi de détermination de ces raies sous l forme $\lambda = \lambda_0 \frac{p^2}{p^2 - 4}$. Retrouver cette loi et déterminer λ_0.

Exercice 3 :

Un atome d'hydrogène, préalablement excité, se désexcite en passant du niveau d'énergie E_2 au niveau d'énergie E_1 (une telle transition est notée $E_2 \rightarrow E_1$). Il émet alors la radiation de longueur d'onde :
$\lambda_{21} = 1{,}216.10^{-7}$ m ; la fréquence de cette radiation sera notée ν_{21}.

On admet que l'énergie En du niveau n est donnée par une relation de la forme : $E_n = -\frac{E_0}{n^2}$ où E_0 est une constante positive.

1) Quelle est la signification physique du signe négatif de l'énergie E_n ?
2) Expliciter E_2 et E_1, puis écrire la relation qui lie ces deux énergies et ν_{21}.
3) Calculer la valeur de la constante E_0 dans les deux cas où l'énergie est exprimée en joules puis en électron-volts (eV).
4) Au cours de la transition $E_3 \rightarrow E_1$, l'atome d'hydrogène émet une radiation de longueur d'onde λ_{31} ; de même, au cours de la transition $E_3 \rightarrow E_2$, il émet une radiation λ_{32}.
   Calculer les valeurs λ_{31} et ν_{31}, établir la relation entre les fréquences ν_{31}, ν_{32} et ν_{21}. Faire ensuite l'application numérique et calculer ν_{32}.

Exercice 4 :

On classe les raies du spectre de l'atome d'hydrogène en séries, les premiers étant appelées respectivement séries de Lyman, de Balmer et de Paschen.
Pour chacune de ses raies, le nombre d'onde reste inférieur à un nombre d'onde donné par les valeurs suivantes :

- Lyman : $10{,}96776.10^{6}$ m^{-1} ;
- Balmer : $2{,}74194.\ 10^{6}$ m^{-1} ;
- Paschen : $1{,}21864.\ 10^{6}$ m^{-1} .

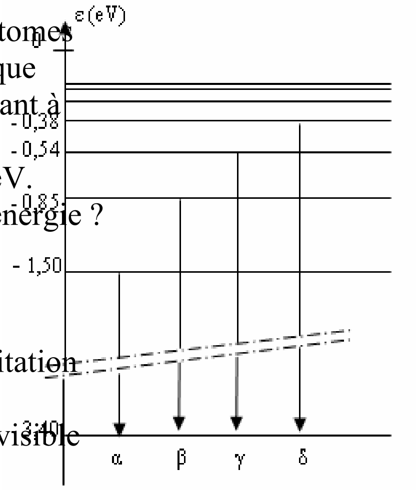
Le nombre d'onde d'une raie est l'inverse de sa longueur d'onde.

1) A quelle variation de l'énergie de l'atome correspond l'émission de ces raies limites ? calculer, en eV, les énergies des niveaux de l'hydrogène sachant ces raies mettent en jeu les trois premiers niveaux.
2) Montrer que ces énergies peuvent se mettre sous la forme : $E_n = -\frac{E_0}{n^2}$ Avec E_0 positif, n étant successivement l'un des trois entiers consécutifs ; déterminer n pour les trois premiers niveaux.
3) Expliquer pourquoi on peut mettre l'expression de l'énergie des photons correspondant aux différentes de la série de Lyman sous la forme :$E_L = -E_0\left(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{1^2}\right)$, p étant un nombre entier supérieur à 1.

Donner les expressions analogues de E_B et E_P pour les photons des séries de Balmer et de Paschen.

Exercice 5 :

Les radiations émises par une lampe à hydrogène sont issues des atomes qui passent d'un niveau d'énergie ε_p à un niveau d'énergie εn tel que $\varepsilon_p > \varepsilon_n$. La figure **ci-dessous** représente des transitions correspondant à de la lumière visible.



1) La raie β correspond à l'émission d'un photon d'énergie 2,55 eV.
Comment peut-on retrouver cette valeur à partir du diagramme d'énergie ?
Calculer la longueur d'onde de cette raie.
La couleur de cette raie est-elle bleue ou rouge ?
2) Calculer les longueurs d'onde des trois autres raies α, γ et δ.
3) La raie limite correspondant à cette série provient de la désexcitation du niveau d'énergie 0 au niveau $-3{,}4$ eV.
Quelle est sa longueur d'onde ? Cette raie est-elle visible (spectre visible : $400\ nm < \lambda < 700\ nm$) ?

Exercice 6 :

Les différents niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène sont donnés par la relation : $\varepsilon_n = -\frac{136.10^{-1}}{n^2}$, où εn est en eV et où est un nombre entier naturel non nul.

1) Faire le schéma classique du diagramme de ces niveaux d'énergie en utilisant l'échelle : 1 cm pour 1 eV (on ne représentera que les six premiers niveaux).
2) Déterminer l'énergie minimale, en eV et en J, qu'il faut fournir à un atome d'hydrogène pour l'ioniser :
   a) lorsqu'il est dans son état fondamental (n = 1) ;
   b) lorsqu'il est sur le premier niveau d'énergie excité (n = 2).
3) L'atome est excité sur le niveau 6. Montrer qu'en se désexcitant vers le niveau fondamental il peut émettre un grand nombre de raies. Déterminer la raie de plus grande énergie, par conséquent de plus courte longueur d'onde. Calculer cette longueur d'onde λ_1 en nm. (On admettra que toutes les transitions sont possibles).
4) Représenter par des flèches, sur le diagramme d'énergie, les transitions correspondant aux différentes raies d'émission de la série de Balmer (retour de l'électron au niveau n = 2). En déduire les deux longueurs d'onde limites λ_1 et λ_2 de la série de Balmer.
5) Un ion H^+ absorbe un électron d'énergie cinétique 1 eV. L'atome formé se désexcite aussitôt vers l'état fondamental. Quelle est la longueur d'onde de la radiation émise ?

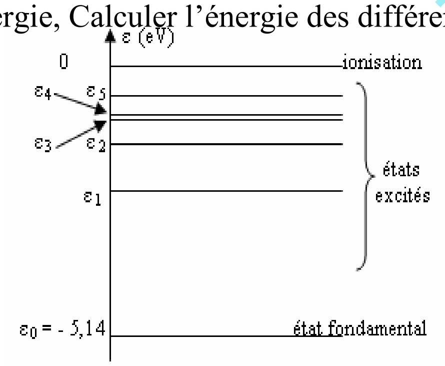
Exercice 7 :

Les différents niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène sont donnés par la relation : $\varepsilon_n = -\frac{136.10^{-1}}{n^2}$, où ε est en eV et n un nombre entier non nul.

1) La série de Lyman comprend les radiations émises par l'atome d'hydrogène excité ($n \geq 2$) lorsqu'il revient à son état fondamental ($n = 1$). Parmi toutes les raies d'émission de l'hydrogène, l'analyse spectroscopique permet de déceler des radiations $\lambda_1 = 121,6$ nm ; $\lambda_2 = 102,6$ nm ; $\lambda_3 = 97,3$ nm. Ces radiations appartiennent-elles à la série de Lyman ? Quelles transitions correspondent-elles ?
2) Calculer, en nm, l'écart $\Delta\lambda$ entre la plus grande et la plus petite longueur d'onde de la série de Lyman.
3) Un électron d'énergie cinétique 2 eV est capté par un ion H^+ supposé au repos. L'atome formé se désexcite aussitôt vers l'état ε_1. calculer la longueur d'onde de la radiation émise. Du fait de la conservation de la quantité de mouvement, l'atome formé possède une vitesse (effet de recul). Y-t-il lieu de tenir compte de l'énergie cinétique correspondante ? On montrera qu'on peut négliger la quantité de mouvement du photon émis.

Exercice 8 :
Le spectre d'émission de l'atome d'hydrogène comporte les radiations de longueurs d'onde :
λ_1= 1 875 nm ; λ_2 = 656,3 nm ; λ_3 = 486,1 nm ; λ_4 = 121,6 nm ; λ_5 = 102,6 nm.
1) A quels domaines (UV, visible, IR, etc.) du spectre électromagnétique ces radiations appartiennent-elles ?
2) Montrer certaines de ces fréquences correspondantes se déduisent des autres par soustraction.

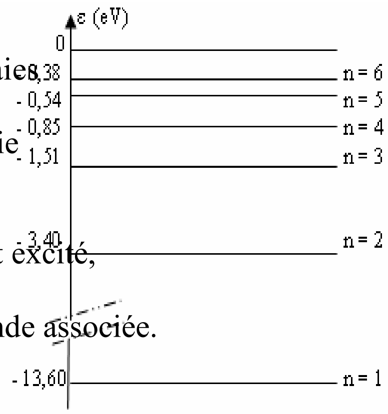
Exercice 9 :
L'analyse du spectre d'émission d'une lampe à vapeur de sodium révèle la présence de raies de longueurs d'onde bien définies.
1) La figure ci-dessous représente le diagramme simplifié des niveaux d'énergie de l'atome de sodium.
A partir du tableau donnant la longueur d'onde de la raie émise lors d'une transition entre deux niveaux d'énergie, Calculer l'énergie des différents états excités.



Niveau excité	4	5	1	3	2
Niveau dee désexcitation	0	1	0	1	1
Longueur d'onde en nm de la raie émise	330,3	568,8	589,3	819,5	1138,2

On donnera ε_k en eV avec deux chiffres significatifs après la virgule.
2) Un atome de sodium dans son état fondamental reçoit un photon de longueur d'onde λ = 589,3 nm. Est-il absorbé ? Quel est le niveau de l'énergie de l'atome de sodium ?
3) Un photon d'énergie 3,00 eV arrive sur un atome de sodium au repos, dans l'état fondamental. Est-il absorbé ? Pourquoi ?
4) Un photon d'énergie 6,14 eV arrive sur un atome de sodium à l'état fondamental. L'atome est-il ionisé ? Si oui, quelle est l'énergie cinétique de l'électron éjecté ?
5) Montrer que si un atome est excité dans son premier niveau ε_1, il suffit d'un photon d'énergie supérieure à 3,03 eV pour l'ioniser.

Exercice 9 :
Dans le spectre d'émission de l'atome d'hydrogène on trouve les trois raies suivantes, caractérisées par leurs longueurs d'onde : λ_1 = 434,1 nm ; λ_2 = 486,1 nm ; λ_3 = 656,3 nm. (Voir le diagramme des niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène ci-dessous).



1) a) Justifier la discontinuité du spectre d'émission.
b) A partir du diagramme, illustrer les termes : état fondamental, état excité, énergie d'ionisation.
2) a) rappeler la relation entre l'énergie d'un photon et la longueur d'onde associée.

b) Calculer, en eV, les énergies de photons de longueurs d'onde λ_1, λ_2, λ_3.

c) Monter que les trois raies étudiées correspondent à des transirions qui ramène l'atome d'hydrogène excité au même état.

Exercice 10 :

Les niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène sont donnés par la relation : $\varepsilon_n = -\frac{136.10^{-1}}{n^2}$, où ε est en eV et n un nombre entier non nul.

1) Quelle est l'énergie d'ionisation de l'atome d'hydrogène ?
2) Etablir l'expression littérale de la fréquence des radiations émises lorsque cet atome passe d'un état excité tel que
   n > 2 à l'état n = 2 (radiations de la série de Balmer).
3) L'analyse du spectre d'émission de l'atome d'hydrogène révèle la présence de radiations de longueurs d'onde : 656 nm (H_α) ; 486 nm (H_β) ; 434 nm (H_γ) ; 410 nm (H_δ).
   a) Déterminer à quelles transitions correspondent ces radiations de la série de Balmer.
   b) Tracer le diagramme représentant les transitions entre les différents niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène pour ces quatre raies. Sur l'axe des énergies, 2 cm correspondront à 1 eV.
   c) Entre quelles valeurs extrêmes les longueurs d'onde des radiations de cette série sont-elles situées ?
4) Un photon d'énergie 7 eV arrive sur un atome d'hydrogène. Que se passe-t-il :
   a) si l'atome est dans l'état fondamental ?
   b) si l'atome est dans l'état excité (n = 2) ?

Exercice 11 :

La grande nébuleuse d'Orion comporte quatre étoiles très chaudes rayonnant de la lumière ultraviolette de longueur d'onde inférieure à 91,2 nm, au sein d'un grand nuage de gaz interstellaire constitué en majorité d'atomes d'hydrogène. Le diagramme de l'exercice 9 présente quelques uns des niveaux d'énergie possibles pour l'atome d'hydrogène.

1) A quoi correspond le niveau d'énergie ε = 0 eV ?
2) Quel est le comportement d'un atome d'hydrogène pris à l'état fondamental lorsqu'il reçoit une radiation de longueur d'onde λ = 91,2 nm ?
3) Un atome d'hydrogène qui reçoit une radiation de longueur d'onde λ' = 110 nm peut-il être excité ? Pourquoi ?
4) Lorsque le gaz interstellaire de la nébuleuse d'Orion est ionisé, les électrons se recombinent avec les photons pour formé des atomes d'hydrogène dans un état excité.Un atome d'hydrogène excité se désexcite ensuite progressivement en émettant une succession de photons.
   Quelle est la longueur d'onde de la radiation émise lorsque cet atome excité n = 3 à l'état excité n = 2 ? Cette radiation est-elle visible ?

Exercice 12 :

On appelle atomes ionisés hydrogénoïdes des noyaux entourés d'un seul électron. Les niveaux d'énergie de ces atomes sont donnés par la relation : $\varepsilon_n = -\frac{\varepsilon_i}{n^2}$, où n est un nombre entier naturel non nul.

1) Que représente ε_i ?
2) Les ions He^+ et Li^{2+} sont-ils des atomes hydrogénoïdes ?
3) Les énergie d'ionisation de He^+ et Li^{2+} sont respectivement 54,4 eV et 122 eV. Trouver une relation simple entre leur numéro atomique Z, leur énergie d'ionisation est celle de l'atome d'hydrogène (laquelle est égale à 13,6 eV).
4) Calculer les valeurs des trois premiers niveaux d'énergie de ces atomes. Les comparer à celles correspondantes pour l'atome d'hydrogène. Pourquoi peut-on dire que l'électron devient de plus en plus lié à mesure que Z augmente ?

Exercice 13 :
Un électron unique gravite autour un atome de numéro atomique Z sur le niveau d'énergie n possède une énergie :
$E_n = -\dfrac{E_0 Z^2}{n^2}$.

1) Quand cet électron passe d'un niveau n à un niveau m (n > m), il y a émission lumineuse de longueur d'onde λ. L'ensemble de ces rayonnements constitue des séries de raies caractérisées par une même valeur de m.

Exemple : 2 → 1 ; 3 → 1 ; 4 → 1 constitue une série de raies (série de Lyman)
3 → 2 ; 4 → 2 ; 5 → 2 (série de Balmer) etc …

a) exprimer la longueur de la lumière émise par la transition d'un électron d'un niveau n vers un niveau m en fonction de E_0, Z, n, m, h et c.
b) calculer cette longueur d'onde pour la transition n = 5, m = 3 pour Li^{2+} (Z = 3).

2) On considère le spectre atomique de l'hydrogène, la série de raies pour lesquelles m = 1.
a) Calculer les longueurs d'onde des quatre raies de plus basse énergie.
b) Quelle est la limite inférieure des longueurs d'onde de cette série ?
c) Quelle est l'énergie d'ionisation de l'atome d'hydrogène.

3) On donne les longueurs d'onde dans le visible (400- 800) nanomètres (nm) du spectre de l'atome d'hydrogène :
(en nm) : 433,6 ; 486,3 ; 656,1
Ces longueurs d'onde correspondent à la série m = 2. Représenter le diagramme d'énergies et les transitions relatives à ces raies. (On précisera les valeurs numériques des niveaux d'énergie).

REACTIONS NUCLEAIRES

Dans tous les exercices on prendra (sauf indication):

$m_p = 1,007276$ u ; $m_n = 1,008665$ u ;
$m_e = 0,000549$ u ; $m_\alpha = 4,00150$ u ;
1 u = $1,66.10^{-26}$ kg = 931,5 meV.c^{-2} ;
Constante d'Avogadro = $6,02.10^{23}$ mol^{-}
$h = 6,62.10^{-34}$ J.s ; $c = 3.10^{8}$ m/s

Exercice 1 :

Compléter les réactions suivantes :

1) Noyaux émetteurs α :

$${}^{210}_{84}Po \rightarrow \ldots + Pb$$

$${}^{---}_{---}Th \rightarrow \ldots + {}^{219}_{88}Ra$$

2) Noyaux émetteurs β^- :

$${}^{14}_{6}C \rightarrow {}^{---}_{---}B + {}^{0}_{-1}e + \bar{\nu}$$

$${}^{---}_{---}P \rightarrow {}^{32}_{16}s + \ldots + \bar{\nu}$$

$${}^{56}_{---}Mn \rightarrow {}^{---}_{26}X + {}^{---}_{---}Y + \bar{\nu}$$

3) Noyaux émetteurs β^+ :

$${}^{12}_{7}N \rightarrow {}^{---}_{---}C + {}^{---}_{---}e + \nu$$

$${}^{---}_{---}Cd \rightarrow {}^{107}_{47}Ag + {}^{---}_{---}X + \nu$$

Exercice 2 :

Le bismuth ${}^{212}_{83}Bi$ est radioactif α.

1) Ecrire l'équation de désintégration. (Utiliser le tableau de classification périodique pour déterminer le noyau fils.)
2) Les particules α éjectées devraient avoir une énergie cinétique de 9 MeV. En réalité 70 % des particules α ont une énergie cinétique mesurée de 6 MeV. Comment interpréter cette différence ? Sous quelle forme se retrouve l'énergie manquante ?

Exercice 3 :

Les noyaux de radium $^{226,88}Ra$ se désintègrent en donnant un rayonnement α constitués de noyaux d'hélium $^{4}_{2}He$ et un noyau fils Y.

1) Ecrire l'équation de désintégration du radium en indiquant les règles utilisées et donner le non du noyau fils Y formé. (On consultera le tableau de classification périodique).
2) Calculer le défaut de masse lors de la réaction nucléaire. En déduire l'énergie libérée. Sous quelles formes apparaît-elle ?
3) Pour un certain pourcentage de désintégration, toute l'énergie n'apparaît pas sous forme d'énergie cinétique, et certains noyaux d'hélium ont une énergie inférieure à 0,19 MeV à celle de la majorité des noyaux
   a) sous quelle forme cette énergie est-elle libérée ?
   b) Quelle est la longueur d'onde du rayonnement γ émis lors de la désexcitation du noyau fils Y ?
   Données : m_{Ra} = 225,9771 u ; m_{Rn} = 221,9703 u

Exercice 4 :

Le tatane $^{204}_{81}Ti$ se désintègre à raison de 2,6 % vers le niveau fondamental du mercure $^{204}_{80}Hg$ et de 97,4 % vers le niveau fondamental du plomb $^{204}_{82}Pb$.

1) Donner les équations de désintégration en précisant dans chaque cas le type de radioactivité.
2) Cette désintégration s'accompagne-t-elle d'une émission γ.

Exercice 5 :

La constante radioactive du $^{210}_{84}Po$ est : $\lambda = 5{,}8.10^{-8}\ s^{-1}$.

1) Calculer, en secondes et en jours, la période radioactive T.
2) On considère un échantillon contenant initialement N_0 noyaux de $^{210}_{84}Po$. Calculer combien il en reste en moyenne aux instants $\frac{T}{2}$, T, 2T, 3T. Donner l'allure de la courbe de décroissance.

Exercice 6 :

La loi de décroissance d'un élément radioactif est : $\overline{N}(t) = \overline{N_0}\, e^{-\lambda t}$.

1) Donner la signification des termes $\overline{N}(t)$; $\overline{N_0}$ et λ.
2) Le bismuth 210 subit une désintégration β^- ; sa constante radioactive est $\lambda = 5{,}77.10^{-4}\ s^{-1}$.
   a) Calculer la période T ou demi-vie du bismuth 210.
   b) Définir l'activité (c'est-à-dire le nombre moyen de désintégration par seconde) de l'échantillon à la date t en fonction de $\overline{N}(t)$ et de λ.
3) Un échantillon contient à t = 0 une masse m = 10^{-6} kg de bismuth 210. Déterminer l'activité de cet échantillon aux instants t = 0 et t = T.

Exercice 7 :

Le radionucléide $^{232}_{90}Th$ a une période de $13{,}9.10^{9}$ ans, soit environ cinq fois l'âge de la terre. La substance mère du $^{232}_{90}Th$ est $^{236}_{92}U$, émetteur α qui a pour période $2{,}4.10^{7}$ ans, soit environ le cinquième de l'âge de la terre.

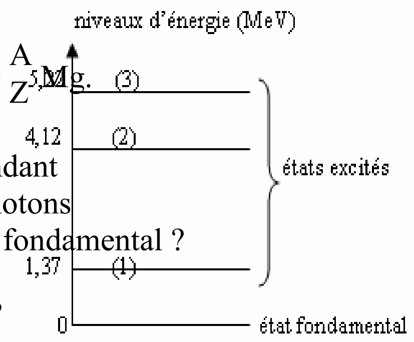
Justifier par le calcul les deux affirmations suivantes :

- On trouve dans la nature l'élément $^{232}_{90}Th$.

• $^{236}_{92}U$ n'existe pas dans la nature. L'étude géophysique prouve que cet élément était l'un des isotopes naturels de l'uranium ordinaire lorsque l'univers était très jeune.

Exercice 8 :

Le nucléide $^{24}_{11}Na$ est radioactif β^- ; sa désintégration donne le nucléide $^{A}_{Z}Mg$.



1) Ecrire l'équation de cette désintégration.
2) Le noyau fils peut apparaître sous différents états excités correspondant aux diagrammes des énergies. Quelles sont les longueurs d'onde des photons émis lors de la désexcitation des noyaux fils d'un état excité au niveau fondamental ?
3) Comment se répartit l'énergie libérée par cette désintégration ?
   En particulier l'énergie cinétique de la particule β^- est-elle quantifiée ?

Exercice 9 :

Le noyau de bismuth $^{212}_{83}Bi$ se désintègre pour donner du thallium $^{208}_{81}Tl$.

1) Ecrire cette réaction nucléaire en explicitant les règles appliquées.
2) Les particules α émises forment plusieurs groupes monocinétiques ; on dit qu'on observe des raies α. Ces se caractérisent par l'énergie cinétique des particules :
$\varepsilon_{\alpha 1} = 5,60$ MeV ; $\varepsilon_{\alpha 2} = 5,62$ MeV ; $\varepsilon_{\alpha 3} = 5,76$ MeV ; $\varepsilon_{\alpha 4} = 6,05$ MeV ; $\varepsilon_{\alpha 5} = 6,09$ MeV.
Une émission γ accompagne également cette radiation. Le spectre des rayonnements γ est un spectre de raies dont les énergies caractéristiques sont : $\varepsilon_{\gamma 1} = 0,04$ MeV ; $\varepsilon_{\gamma 2} = 0,33$ MeV ; $\varepsilon_{\gamma 3} = 0,47$ MeV ; $\varepsilon_{\gamma 4} = 0,49$ MeV.
Expliquer pourquoi toutes les particules α non pas la même énergie cinétique.
3) Représenter le schéma de désintégration mettant en évidence les différents niveaux d'énergie du noyau fils.

Exercice 10 :

Un noyau d'astate $^{211}_{85}At$ se désintègre en émettant une particule α. Calculer la période de ce nucléide, sachant que $2,7.10^{15}$ particules α sont émises lors de la première heure de désintégration d'une masse $m = 10^{-5}$ g d'astate $^{211}_{85}At$.

Exercice 11 :

Un noyau radioactif a une demie-vie de 1 s.
1) Calculer sa constante de désintégration λ.
2) A un instant donné, un échantillon de cette substance radioactive a une activité de $11,1.10^{7}$ désintégrations par seconde. Calculer le nombre moyen de noyaux radioactifs présents dans l'échantillon à cet instant.

Exercice 12 :

Une substance radioactive dont la demie-vie est de 10 s émet initialement 2.10^{7} particules par seconde.
1) Calculer sa constante de désintégration de la substance.
2) Quelle est l'activité de cette substance ?
3) Initialement, combien y a-t-il en moyenne de noyaux radioactifs ?
4) Combien restera-t-il en moyenne de noyaux radioactifs après 30 s ?
5) Quelle sera alors l'activité de la substance ?

Exercice 13 :

A une date origine t = 0, on dispose d'un échantillon contenant en moyenne $\overline{N_0}$ noyaux de $^{210}_{84}Po$ radioactif.

A une date t, on détermine le nombre moyen de N de noyaux non désintégrés. Les mesures donnent :

t (jours)	0	40	80	120	160	200	240

$\frac{N}{N_0}$	1	0,82	0,67	0,55	0,45	0,37	0,30

1) A l'aide d'une représentation graphique, déduire de ces mesures les valeurs de la constante radioactive λ et de l période T du polonium ${}^{210}_{84}Po$. On portera t en abscisse (1 cm pour 20 jours) et $-\ln\frac{N}{N_0}$ en ordonnée (1 cm pour 0,1)
2) Au bout de combien de temps la masse restante de ${}^{210}_{84}Po$ devient-elle le dixième de la masse initiale ?

Exercice 14 :

On utilise du phosphore ${}^{32}_{15}P$ comme traceur radioactif dans la détection de certaines tumeurs. Cet élément est un metteur β de période 14,2 j. Des préparations cellulaires marquées au ${}^{32}P$ ont une activité de 1,6 mCi. Calculer la durée d'utilisation de ces préparations, sachant qu'elles sont jetées lorsque leur activité n'est plus que de 10 µCi. (On rappelle que 1 Ci = $3{,}7.10^{10}$ Bq).

Exercice 15 :

Une ampoule contient 0,2 cm^3 de radon ${}^{222}Rn$ sous 0,1 bar et à la température de 30°C. Ce gaz monoatomique est considéré comme parfait ; sa période est de 3,8 j.
1) Quelle est l'activité initiale de cette ampoule ?
2) Que devient cette activité six mois plus tard ?

Données : constante de gaz parfaits R = 8,32 (S.I) ; 1 bar = 10^5 Pa

Exercice 16 :

Lors de la catastrophe de Tchernobyl, du césium 134 et du césium 137 ont été libérés dans l'atmosphère.
1) Le césium 137 est radioactif β^-. Ecrire les lois de conservation intervenant dans cette réaction et l'équation bilan de désintégration, en précisant les produits formés.
2) La période du césium 134 est T = 2 ans. En déduire la constante radioactive λ. Au bout de combien de temps 99 % du césium 134 libéré auraient-ils disparu ?

Même question pour le césium 137, dont la période est 30 ans.

Exercice 17 :

On considère la famille radioactive dont le nucléide père est l'uranium ${}^{238}_{92}U$ et le nucléide final stable, le plomb ${}^{206}_{82}Pb$.
1) Le radium est un nucléide de cette famille qui, à la suite de désintégrations de type α ou β^-, conduit au plomb ${}^{206}_{82}Pb$.
   a) Donner l'équation générale de la radioactivité α. En utilisant les éléments de cette famille notés dans le tableau ci-après, écrire l'équation d'une désintégration de ce type.

${}^{226}_{88}Ra$	${}^{222}_{86}Rn$	${}^{210}_{84}Po$	${}^{206}_{82}Pb$

   b) Donner l'équation générale de la radioactivité β^-.

c) Quels sont les nombres de désintégrations de type α et de type β^- permettant de passer du noyau $^{226}_{88}Ra$ au noyau $^{206}_{82}Pb$?

2) On considère une masse m_0 à une date choisie comme origine des temps. La période du radon est de 3,825 j.
   a) Déterminer la masse de radon restant au bout de 1, 2, ….., n périodes. En déduire la masse de radon désintégrée au bout de n périodes.
   b) Calculer les durées nécessaire pour désintégrer les $\frac{4}{9}$ et les $\frac{9}{10}$ de la masse m_0 du radon.

Exercice 18 :

1) Le rayonnement α est constitué de noyaux d'hélium $^{4}_{2}He$.
   a) Quels sont les autres rayonnements radioactifs que vous connaissez ? Préciser à chaque fois le type de particules émises
   b) Calculer en MeV l'énergie de liaison par nucléon dans le noyau d'hélium.
2) Le polonium $^{218}_{84}Po$ subit la désintégration α en donnant un noyau $^{A}_{Z}X$. Ecrire l'équation de désintégration. Identifier le noyau $^{A}_{Z}X$.

On donne :

$_{80}Hg$	$_{81}Tl$	$_{82}Pb$	$_{83}Bi$	$_{84}Po$	$_{85}At$	$_{86}Rn$

3) La période radioactive du $^{218}_{84}Po$ est de 3 min 03 s.
   a) définir la période radioactive d'un radioélément.
   b) Un échantillon renferme initialement 1 mg de $^{218}_{84}Po$. Quelle masse de polonium 218 reste-t-il au bout de 12 min 12s.

Exercice 19 :

Le bismuth $^{212}_{83}Bi$ est radioactif et émetteur α. Une source contenant 0,05 g de ce radionucléide produit $1{,}89.10^{17}$ désintégrations en 7,0 s.

1) Calculer en Bq, l'activité de cette source.
2) En déduire la constante et la période radioactive de Bi
3) Calculer le volume d'hélium (C.N.T.P) produit en 1 min par cette source en supposant son activité constante.

Exercice 20 :

1) Le potassium $^{40}_{19}K$ est radioactif. Il se désintègre en donnant l'argon $^{40}_{18}Ar$. Ecrire l'équation de cette désintégration.
2) La période de $^{40}_{19}K$ est $T = 1{,}5.10^9$ ans. Calculer λ.
3) Pour déterminer l'âge des cailloux lunaires rapportés par les astronautes d'Apollo XI, on mesure les quantités relatives de potassium 40 et de son produit de décomposition l'argon 40 qui est en générale retenu par les roches.

Un échantillon de 1 g contient $8{,}2.10^{-3}$ cm^3 d'argon 40 (CNTP) et $1{,}66.10^{-6}$ g de potassium 40. En déduire l'âge des cailloux.

Exercice 21 :

1) Qu'appelle-t-on radioactivité naturelle d'un élément ?

2) La désintégration radioactive du polonium 210 peut s'écrire sous la forme :

$$ {}^{218}_{84}\mathrm{Po} \rightarrow {}^{a}_{b}\mathrm{X} + {}^{206}_{82}\mathrm{Pb} $$

Trouver a, b et X. de quel type de radioactivité s'agit-il ?

3) a) Calculer en MeV l'énergie libérée lors de la désintégration d'un noyau de polonium 210.

b) En supposant qu'il y n'a pas d'émission γ secondaire, calculer en MeV l'énergie cinétique ainsi que la vitesse de la particule ${}^{a}_{b}\mathrm{X}$ émise. (On rappelle qu'il y a conservation de la quantité de mouvement et de l'énergie totale des particules).

4) Sachant que la demie-vie (ou période) du polonium 210 est de 138 jours, calculer le temps au bout du quel le quart d'une masse initiale m_0 de polonium 210 se sera désintégrée. (On rappelle que si m_0 est la masse initiale d'un échantillon radioactif, la masse restante dans l'échantillon au bout d'un temps t est de la forme $m(t) = m_0\, e^{-\lambda t}$, avec $\lambda = \frac{\ln 2}{T}$, λ représente la constante de désintégration de l'échantillon radioactif et T sa demie-vie).

On donne : $m_{Po} = 209,9360$ u ; $m_{Pb} = 205,9296$ u.

Exercice 22 :

1) L'uranium naturel comprend deux isotopes ${}^{238}_{92}\mathrm{U}$ et ${}^{235}_{92}\mathrm{U}$ dans des proportions très différentes. La première désintégration de l'isotope ${}^{238}_{92}\mathrm{U}$ et de type α.

a) Ecrire l'équation de cette réaction nucléaire.

b) On suppose un atome de cet isotope, initialement isolé et au repos. En utilisant la conservation de la quantité de mouvement, exprimer, en fonction de $\vec{v_1}$, vitesse d'éjection de la particule α de masse m_1, la vitesse de recul $\vec{v_2}$ du noyau fils de masse m_2. Calculer numériquement v_2, si $v_1 = 1,5.10^4$ km/s. Exprimer en fonction de E_{c1}, énergie cinétique de la particule α, l'énergie cinétique totale E_c emportée par la particule α et le noyau fils. Calculer numériquement E_c en J et en MeV.

c) L'énergie libérée par chaque atome désintégré est E = 5 MeV. En déduire la longueur d'onde du photon libéré lors de cette réaction. Constante de Planck : $h = 6,62.10^{-34}$ J.s

2) L'isotope 235,92 U est fissible : bombardé par un neutron, un noyau d'uranium 235 peut conduire à la réaction suivante : $ {}^{235}_{92}\mathrm{U} + {}^{1}_{0}\mathrm{n} \rightarrow {}^{139}_{x}\mathrm{Xe} + {}^{y}_{38}\mathrm{Sr} + 2\,{}^{1}_{0}\mathrm{n} $.

a) Calculer x et y.

b) L'énergie libérée par la fission d'un noyau d'uranium 235 est 200 MeV. Déterminer la variation de masse Δm que subit le système, en kg et en u.

c) Un neutron émis lors de cette fission possède une vitesse moyenne $v_0 = 20\,000$ km/s. Afin que la fission puis se produire et s'entretenir, il faut ralentir ces neutrons grâce à des chocs successifs qu'on supposera élastiques et colinéaires sur d'autres noyaux supposés initialement au repos de façon que la vitesse finale au bout de n chocs soit, au plus, $v_n = 2$ km/s.

c-1 – Soit m la masse d'un neutron et M la masse du noyau contre lequel se produit le choc. Exprimer, en fonction de m, M et v_0, la vitesse v_1 de ce neutron après le premier choc

c-2- Exprimer en fonction de m, m et v_0, les vitesses v_2, v_3, ……, v_n du neutron après 2, 3, …….., n chocs successifs.

c- 3- Calculer le nombre de chocs nécessaires pour obtenir la vitesse finale v_n si les chocs ont lieu sur des noyaux de deutérium de masse M = 2 m.

3) Une centrale nucléaire utilisant la fission de l'uranium 235 fournit une puissance électrique de 2,4 MW. Sachant que 30 % de l'énergie libérée lors de la fission est transformée en énergie électrique, calculer la masse d'uranium 235 consommée par jour.

Exercice 23 :

Le potassium 40 est radioactif avec une période radioactive voisine de : T = $1{,}5.10^9$ ans
Un échantillon d'obsidienne (roche volcanique) de 10 g contient 3 %, en masse, de potassium ; 0,012 % (en masse) de potassium est sous forme du radioélément potassium 40.
Quelle est l'activité de cet échantillon ? Préciser l'unité.

Exercice 24 :
On a fait des prélèvements d'échantillons de terrains ensevelis lors d'anciens séismes en Californie. On a pu mesurer, pour chacun d'eux, l'activité radioactive du au carbone 14, radioactif β^-, de période 5 700 ans.
1) Ecrire l'équation de désintégration du carbone 14. Calculer sa constante radioactive. On appelle activité A d'un échantillon le nombre de désintégrations de cet échantillon par unité de temps : $A = -\frac{dN}{dt}$. Quelle est la loi de variation de A au cours du temps ?
2) Principe de la datation du carbone 14 :
La proportion des atomes de carbone 14 dans la biosphère est constante au cours des derniers millénaires : un atome de carbone 14 pour 10^6 de carbone 12. A sa mort l'organisme cesse de consommer des composées carbonées ; la concentration en carbone 14 radioactif commence à décroître. Il suffit donc, en principe, de mesurer l'activité d'un échantillon pour connaître la date de la mort des organismes vivants qu'il contenait ; ainsi en est-il pour les végétaux détruits lors d'une secousse sismique.
En Californie, les mesures de ces activités pour divers échantillons ont été, en 1979 : 0,233 ; 0,215 ; 0,223 ; 0,251 (unités SI), tandis que l'activité du terrain non enseveli, qui reste constante, est 0,255.
   b) Quel est l'âge approximatifs des échantillons étudiés ici ? A quelle date se sont produits les séismes que ces échantillons permettent de dater ?
   c) Quelle est, dans l'échantillon le plus ancien, la proportion de carbone 14 par rapport aux atomes de l'isotope de carbone 12 ?

LES ALCOOLS

Exercice 1 :
Donner les noms, en nomenclature internationale, des alcools suivants :

a) $CH_3-CHOH-CH_3$

b) $CH_3-CH_2-CHOH-CH_2-CH_3$

c)
```
        CH2-CH3
CH3-CH-CHOH-CH2-OH
        |
c)  CH2-C-CH3
        |
        OH
```

d)
```
                  CH2-CH3
                  |
CH3-CHOH-CH-C-CH3
         |  |
         CH3 CH3
```

e)
```
 |
 CH2-CH3
```

Exercice 2 :
Ecrire la formule semi-développée des composés dont les noms suivent :
a) 2,3-diméthylbutan-1-ol
b) pentan-2,3-diol
c) 4-éthyl-4méthylhexan-3-ol
d) 3,3-diéthylpentan-2-ol

Exercice 3 :
1) Un monoalcool saturé A à pour masse molaire 60 g/mol. Quelle est la formule brute de cet alcool ?

2) On procède à une oxydation ménagée de A par du dichromate de potassium en milieu acide. Le composé obtenu ne réagit ni sur le réactif de Tollens, ni sur la liqueur de Fehling. Par contre, il donne un précipité jaune avec la dinitrophénylhydrazine (DNPH).
Montrer que ces renseignements permettent de déterminer la formule développée de cet alcool. Quel est son nom ?
3) Ecrire les équations-bilans des réactions effectuées.

Exercice 4 :
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.
   a) Ecrire les formules semi développées de C et D. Les nommer.
   b) Quels tests permettent de caractériser la fonction chimique de D sans ambiguïté ?
   c) 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 5 :
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 6 :
1) Un composé X ne contient que les éléments C, H et O. Un échantillon de 616 mg de X fournit 904 mg de dioxyde de carbone et 370 mg de vapeur d'eau.
Quelle est la composition centésimale massique de X ?
Quelle est la composition centésimale molaire de X ?
2) On effectue sur X diverses expériences afin de préciser sa structure. Interpréter les résultats suivants.
   a) X réagit sur du sodium en donnant un dégagement de dihydrogène.
   b) X donne un test négatif avec la DNPH.
   c) X a des solutions aqueuses acides.
   d) X réagit sur le dichromate de potassium en milieu sulfurique pour donner Y.
   e) Y donne un test positif avec la DNPH mais négatif avec le réactif de Tollens.
3) 10 cm^3 d'une solution aqueuse de X à 8,35 g.L^{-1} sont dosés par une solution d'hydroxyde de sodium à 0,105 mol.L^{-1} en présence de phénophtaléine. Le virage est obtenu pour 8,85 cm^3. En déduire la masse molaire et la formule développée de X. Quel est son nom systématique ?

Exercice 7 :
Un alcène gazeux non ramifié A, de densité par rapport à l'air d = 1,93 , conduit, par hydratation, à un mélange de deux composés B et C. Afin de déterminer la composition de ce mélange, on procède à sa déshydrogénation catalytique, en l'absence d'air, sur du cuivre maintenu à 300°C. Les composés B' et C'alors obtenus sont condensés. Le mélange liquide recueilli est partagé en deux fractions égales.
Le dixième de la première fraction est traité par un large excès de solution de DNPH ; l'ensemble des précipités jaunes de même formule brute $C_{10}H_{12}N_4O_4$ est filtré, séché et pesé : sa masse est m =126 g.

L'autre fraction est intégralement traitée par un large excès de liqueur de Fehling ; le précipité rouge brique obtenu est filtré, séché et pesé : sa masse est m' = 7,15 g.

1) Déterminer la masse molaire puis la formule semi-développée et le nom de l'alcène A.
2) Déterminer la formule semi-développée et le nom de B et C ; lequel d'entre eux est obtenu de façon majoritaire ?
3) Ecrire les équations des réactions de passage de B à B' et de C à C'. Pourquoi a-t-on opéré en absence d'air ?
4) Déterminer la quantité (nombre de moles) de composés carbonylés ayant réagi lors du test à la DNPH.
5) Ecrire l'équation de la réaction observée avec la liqueur de Fehling. Déterminer la quantité de composé carbonylée qu'elle a consommée.
6) Déterminer les quantités de composés B et C dans le mélange issu de l'hydratation de A. Ces résultats confirment-ils la réponse au 2) ?

Exercice 8 :

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 9 :

L'hydratation complète de 16,8 g de propène conduit à un mélange de deux alcools isomères A et B.

1) Donner le nom et la classe des alcools formés. On désignera par A l'alcool primaire.
2) A et B, mélangés, sont oxydés en milieu acide par le dichromate de potassium en excès. On obtient, par une réaction totale, un mélange de deux composés organiques C et D que l'on sépare par des méthodes chimiques et que l'on dissout dans l'eau.

On constate que la solution contenant D donne un précipité jaune avec la 2,4-D.N.P.H. et ne conduit pas le courant électrique.

La solution C ne donne aucun précipité avec la 2,4-D.N.P.H., elle conduit le courant électrique et son pH est inférieur à 7.

   a) Identifier C et D en justifiant la réponse.
   b) Quel est l'alcool qui a conduit à C ?
3) On fait réagir la solution C avec de l'hydroxyde de sodium de concentration c_b = 0,25 mol.l^{-1}.

L'équivalence acido-basique est atteinte pour un volume v_b = 200 mL de solution d'hydroxyde de sodium.

Déduire de cette mesure la proportion :

$$\frac{n_A}{n_A + n_B}$$

de la quantité de matière n_A de l'alcool A à la quantité de matière totale des alcools A et B produits par l'hydratation du propène.

On donne : Masses molaires atomiques : $M(C) = 12\ g.mol^{-1}$; $M(H) = 1\ g.mol^{-1}$

LES AMINES

Exercice 1 :

Nommer les composés suivants :

a) $CH_3-NH-CH_3$

b) $CH_3-CH_2-NH_3^+$

c)
```
CH3–CH–CH–CH3
     |   |
    NH2 CH3
```

Exercice 2 :

Ecrire la formule développée des amines suivantes et préciser leur classe :

a) éthylméthylamine

b) butan–2–amine

c) phénylméthylamine

d) 2–méthylbutan–2–amine

e) N,N–diméthylbutan–2–amine

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 $23,7 g.mol^{-1}$.
Quelle est sa formule semi-développée et son nom ?

Exercice 4 :

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 5:

On considère la diéthylamine $(C_2H_5)_2NH$.

1) Quel est son acide conjugué ?

2) On la fait réagir avec une solution aqueuse d'acide chlorhydrique. On observe un précipité blanc. Quel est ce corps ? Ecrire l'équation-bilan de la réaction.

Exercice 6 :

Soit une amine renfermant n atomes de carbone.

1) Calculer, en fonction de n, sa densité par rapport à l'air.
2) Donner l'expression du pourcentage x d'azote dans l'aspirine.
3) Etablissez la relation entre x et n.
4) Appliquer ces résultats à l'éthanamine $C_2H_5NH_2$

Exercice 7 :

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 8 :

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

1) Donner sa formule brute et écrire 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.

- écrire 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.

LES ACIDES CARBOXYLIQUES

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) $$\begin{array}{ccccccc} CH_3 & - & CH & - & CH & - & COOH \\ & & | & & | & & \\ & & CH_3 & & CH_3 & & \end{array}$$

b) $C_6H_5-COO-C_2H_5$

c) $$\begin{array}{ccccccccccccc} CH_3 & - & CH & - & COO & - & CH_2 & - & CH & - & CH_2 & - & CH_3 \\ & & | & & & & & & | & & & & \\ & & CH_3 & & & & & & CH_3 & & & & \end{array}$$

d) $$\begin{array}{ccccccccc} CH_3 & - & CH & - & C & - & N & - & CH_3 \\ & & | & & \| & & | & & \\ & & CH_3 & & O & & C_6H_5 & & \end{array}$$

e) $$\begin{array}{ccccccccccccc} CH_3 & - & (CH_2)_2 & - & CH & - & C & - & O & - & C & - & CH_3 \\ & & & & | & & \| & & & & \| & & \\ & & & & CH_3 & & O & & & & O & & \end{array}$$

f) $$\begin{array}{ccccccccc} CH_3 & - & CH_2 & - & CH & - & C & - & Cl \\ & & & & | & & \| & & \\ & & & & CH_3 & & O & & \end{array}$$

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

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

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

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

e) $$\begin{array}{ccccc} CH_3 - CH_2 & - & C & - & Cl \\ & & \| & & \\ & & O & & \end{array} + H_2O \longrightarrow \ldots\ldots\ldots + \ldots\ldots\ldots$$

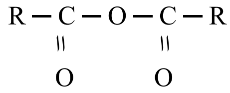
f) $CH_3COOCH(CH_3)_2 + OH^- \longrightarrow \ldots\ldots\ldots + \ldots\ldots\ldots$

g) $$\begin{array}{ccccc} H & - & C & - & Cl \\ & & \| & & \\ & & O & & \end{array} + \ldots\ldots\ldots \longrightarrow HCON(CH_3)_2 + \ldots\ldots\ldots$$

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

Exercice 3 : **(BAC D 92)**

On considère l'anhydride d'acide de formule gén



R étant une chaîne carbonée saturée

1) Ecrire l'équation de sa réaction d'hydrolyse.
2) Partant d'une masse de 1,02 g 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 1$mol.l^{-1}$ 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 4 :

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.
   a) Ecrire les formules semi développées de C et D. Les nommer.
   b) Quels tests permettent de caractériser la fonction chimique de D sans ambiguïté ?
   c) 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 5 :

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 6:

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 déca oxyde de tétra phosphore. 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 7 :

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'ammonium 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.

Exercice 8 :

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 9 :

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.

a) Quelle est la formule brute de E ?

b) 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.

Exercice 10 :

Le paracétamol est un principe actif de formule semi-développée : $HO-C_6H_5-NH-CO-CH_3$

1) Retrouver les formule 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 ρ = 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.

Données : densité de l'anhydride acétique d = 1,08 ; masse volumique de l'eau : ρ (eau) = 1,00 $g.ml^{-1}$.

CINETIQUE CHIMIQUE

Exercice 1 :

En milieu acide, les ions permanganate MnO_4^- oxyde lentement l'acide oxalique $H_2C_2O_4$, selon :

$$2\ MnO_4^- + 6\ H^+ + 5\ H_2C_2O_4 \rightarrow 2\ Mn^{2+} + 8\ H_2O + 10\ CO_2$$

On considère 20 mL d'une solution de permanganate de potassium à 0,20 mol/L, acidifié avec de l'acide sulfurique, et 20 mL d'une solution aqueuse d'acide oxalique à 0,50 mol/L. On mélange rapidement ces deux solutions et l'on détermine la concentration C des ions permanganate restant dans le mélange au cours du temps :

t (min)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
C (mmol/L)		96	93	60	30	12	5	3	2

1) Calculer la quantité d'ions permanganate initialement présents dans le mélange. Reste-t-il de l'acide oxalique à la fin de l'expérience ?
2) Compléter le tableau et tracer la courbe C = f (t).

Echelle : 1 cm pour 1 min et 1 cm pour 10^{-2} mol/L.

3) Rappeler la définition de la vitesse volumique de disparition de l'ion permanganate. Déterminer graphiquement la valeur de cette vitesse à la date t = 2,5 min.
4) Quelle est alors la valeur de la vitesse volumique de disparition de l'acide oxalique ? Quelle est la valeur de la vitesse de formation des ions manganèse (II).
5) Déterminer le temps de demi-réaction.

Exercice 2 :

L'eau oxygénée H_2O_2 se décompose lentement en eau et en dioxygène, selon l'équation-bilan :

$$H_2O_2 \rightarrow H_2O + \frac{1}{2} O_2$$

On se propose d'étudier la cinétique de cette réaction. Pour cela, on effectue des prélèvements échelonnés dans le temps. On dose immédiatement l'eau oxygénée restante par une solution acidifiée de permanganate de potassium, de concentration C = $1{,}5.10^{-2}$ mol/L. Les volumes V nécessaire pour obtenir l'équivalence dans chaque cas sont les suivants :

t (s)	0	220	390	570	735	910	1055
V (mL)	12,3	7,8	5,7	4,0	2,9	2,0	1,55
$[H_2O_2]$ mol/L							

1) Nommer et dessiner la verrerie nécessaire à la réalisation du dosage.
2) Comment peut-on mettre en évidence l'équivalence ?

Etablir l'équation-bilan de cette réaction d'oxydoréduction.

On donne les demi-équations :

$$O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons H_2O_2$$

$$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightleftharpoons Mn^{2+} + 4H_2O$$

3) Exprimer la concentration $[H_2O_2]$ lors de chaque prélèvement en fonction de C, V, et V_0. Compléter le tableau précédent. Tracer la courbe donnant $[H_2O_2]$ en fonction du temps.

Echelle : 1 cm pour 5 mmol/L et 1 cm pour 100 s.

4) Définir et calculer la vitesse volumique instantanée de disparition de l'eau oxygénée à t = 0 s.
5) Déterminer le temps de demi-réaction $t_{1/2}$, calculer la vitesse moyenne de disparition de l'eau oxygénée entre t = 0 et t = $t_{1/2}$.

Exercice 3 :

A la date t = 0, on verse, dans une solution aqueuse d'iodure de potassium KI, de l'eau oxygénée H_2O_2 et un peut d'acide sulfurique concentré. Il y a alors oxydation des ions iodure par le peroxyde d'hydrogène :

$$H_2O_2 + 2H^+ + 2I^- \rightarrow I_2 + 2H_2O$$

Une méthode appropriée permet de suivre l'évolution de la concentration en diiode dans le mélange, dont la température et le volume restent constants :

t (min)	0	1	2	4	6	8	12	16	20	30	40	60	120
$[I_2]$(mmol/L)	0	1,5	2,8	4,9	6,2	7,3	8,8	9,7	10,3	11,0	11,4	11,6	11,6

1) Tracer, la courbe $[I_2] = f(t)$ dans l'intervalle $0 < t < 30$ min.

Echelle : 1 cm pour 2 min, en abscisse ; 1 cm pour 1 mmol/L, en ordonnée.

2) Définir et calculer la vitesse volumique moyenne de formation du diiode entre les dates t = 0 et t = 30 min.
3) Définir la vitesse volumique instantanée de formation du diiode, $Vf(I_2)$, et la déterminer aux dates t = 0 et t = 10 min. Que peut-on en déduire à t = 100 min ?
4) Comment expliquer, de façon simple, l'évolution de   constatée à la question 3) ?
5) Sachant que les ions iodure et hydrogène ont été introduits en excès, déterminer la concentration initiale en peroxyde d'hydrogène dans le mélange.

Exercice 4 :

On étudie la réaction de l'acide chlorhydrique avec le magnésium. Pour cela, on introduit dans un ballon un morceau de ruban de magnésium de masse connue et de l'acide chlorhydrique en quantité connue, et on étudie le dégagement observé. On utilise 33 mg de magnésium et 10,0 mL d'acide à 1,0 mol/L que l'on dilue à 20 mL d'eau.

1) Ecrire l'équation-bilan de la réaction observée. Quel est le réactif en excès ? Quel volume maximal de gaz peut-on obtenir sachant que, dans les conditions de l'expérience, le volume molaire des gaz est 23,3 L/mol ?
2) On mesure le volume V de gaz dégagé en fonction du temps :

t(min)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V(mL)	0	0	2,9	5,5	8,2	10,9	13	15,9	18,5	21,5	24,6

t(min)	11	12	13	14	15	16	17	18	20
V(mL)	26,8	28,5	29,5	30,1	31,6	31,6	31,6	31,6	31,6

Tracer la courbe V = f (t). Calculer la vitesse de formation du gaz pour t = 5 min, t = 15 min et t = 18 min. Commenter les valeurs observées.

3) Calculer la vitesse de disparition du métal aux mêmes instants.
4) Déterminer le temps de demi-réaction.

Exercice 5 :

A l'instant de date t = 0, on mélange 1 L d'une solution d'éthanoate d'éthyle de concentration $C_1 = 10$ mmol/L avec 1 L d'une solution d'hydroxyde de sodium de même concentration. Le mélange est alors le siége d'une réaction totale et lente appelée saponification.

Cette saponification a une équation-bilan :

$$CH_3COOC_2H_5 + OH^- \rightarrow CH_3COO^- + C_2H_5OH$$

1) Calculer la concentration molaire des ions hydroxyde dans le mélange à l'instant t = 0.
2) Par dosage de prélèvement, on détermine la concentration molaire en ions hydroxyde à différentes date t :

t (min)	2	4	6	8	10	12	14	16
[OH-] (10^{-4} mol/L)	37	27	19	15	12,5	11	10	9
$[C_2H_5OH]$ (10^{-4} mol/L)								

Recopier et compléter le tableau précédent, en explicitant le calcul pour un prélèvement.

3) Représenter graphiquement, la concentration molaire en éthanol formé.

Echelle : 1 cm pour 1 min et 1 cm pour 5.10^{-4} mol/L.

4) Déterminer le temps de demi-réaction et la vitesse instantanée de formation de l'éthanol à cet instant. On l'exprimera en $mol.L^{-1}.h^{-1}$.
5) Déterminer la composition du système pour $t = 2.t_{1/2}$ et $t = 3.t_{1/2}$. Quelle est alors la vitesse instantanée de formation de l'éthanol ?

Exercice 6 :

On se propose d'étudier la cinétique de la réaction suivante :

$$H_2 \quad + \quad I_2 \quad \rightarrow \quad 2\ HI$$

Dans ce but, on porte à 350°C quatre ballons de 1 L : A, B, C et D renfermant chacun 0,50 mmol de diiode et 5,0 mmol de dihydrogène. Les ballons sont maintenus à cette température durant des durées différentes, puis ils sont brutalement refroidis. Le diiode restant dans chaque ballon est d'abord dissout dans une solution d'iodure de potassium (qui prend une couleur jaune), puis il est dosé par une solution de thiosulfate de sodium de formule $Na_2S_2O_3$ et de concentration molaire C = 0,050 mol/L.

La fin du dosage est indiquée par la décoloration de la solution de diiode. Soit $V_{éq}$ le volume de la solution de thiosulfate de sodium nécessaire pour obtenir la décoloration.

On donne les couples rédox suivants :

I2 / I- : E_1^0 = 0,62 V ; $S_4O_6^{2-} / S_2O_3^{2-}$: E_2^0 = 0,09 V.

1) Expliquer le principe général de la manipulation.
2) Expliquer le principe du dosage du diiode en solution et écrire l'équation de la réaction correspondante
3) Compléter le tableau suivant regroupant les résultats expérimentaux obtenus ;

ballon	A	B	C	D
t (min)	50	100	150	200
$V_{éq}$ (mL)	16,6	13,7	11,4	9,4
n ($S_2O_3^{2-}$) (mol)				
n (I_2) (mol)				

4) a) Tracer la courbe représentant la quantité de diiode restant dans le milieu réactionnel en fonction du temps

Echelle : 1 cm pour 25 min et 1 cm pour 50 mmol.

b) En déduire la vitesse instantanée de disparition du diiode à t = 100 min.

c) En déduire la vitesse instantanée de formation de l'iodure d'hydrogène à la même date.

Exercice 7 :

On prépare 200 mL d'une solution S en mélangeant, à la date t = 0, un volume V_1 = 100,0 mL d'une solution d'iodure de potassium de concentration C_1 = 0,40 mol/L et un volume V_2 = 100,0 mL d'une solution de peroxodisulfate de sodium $Na_2S_2O_8$ de concentration C_2 = 0,036 mol/L. La solution S, maintenue à température constante, se colore en raison de la formation de diiode par la réaction d'équation-bilan :

$$S_2O_8^{2-} \quad + \quad 2\ I^- \quad \rightarrow \quad 2\ SO_4^{2-} \quad + \quad I_2$$

On suit l'évolution de la réaction en déterminant, par dosage, la concentration du diiode formé. Différents instant, on effectue des prélèvements que l'on dilue rapidement dans de l'eau glacée. Les mesures réalisées sont consignées ci-dessous :

t (min)	10	20	30	40	50	60	70	80	90
$[I_2](10^{-3}$mol/L)	7,5	11,4	13,7	15,2	16	16,4	16,7	16,9	17

1) Préciser succinctement le protocole expérimental et le matériel utilisé. Pourquoi a-t-on maintenu la solution S à température constante et pourquoi avoir dilué chaque prélèvement dans de l'eau glacée.
2) Les couples rédox intervenant dans la réaction de dosage sont :

I_2 / I^- (E_1^0 = 0,62 V) et $S_4O_6^{2-} / S_2O_3^{2-}$ (E_2^0 = 0,09 V). Ecrire les demi-équations électroniques et établir l'équation-bilan de la réaction de dosage.

3) Tracer la courbe $[I_2]$ = f (t).

4) Définir et déterminer la vitesse volumique de formation du diiode aux dates $t_0 = 0$ min, $t_1 = 10$ min et $t_2 = 20$ min. Comment interpréter ces variations ?
5) Calculer les concentrations initiales des ions iodure et peroxodisulfate dans la solution S et vérifier qu'au-delà de 90 min la réaction est pratiquement terminée.

Exercice 8 :
Les ions iodure sont oxydés lentement par l'eau oxygénée, en milieu acide, selon la réaction (I) :

$$H_2O_2 \ + \ 2\,H^+ \ + \ 2\,I^- \ \rightarrow \ I_2 \ + \ 2\,H_2O$$

On peut déterminer le temps nécessaire pour qu'il se forme n moles de diiode I_2 en ajoutant à l'avance des quantités fixées de thiosulfate de sodium $Na_2S_2O_3$ qui réagit avec le diiode selon la réaction (II) :

$$I_2 \ + \ 2\,S_2O_3^{2-} \ \rightarrow \ 2I^- \ + \ S_4O_6^{2-}$$

Réaction très rapide qui régénère les ions iodure.
1) On prépare alors une solution contenant :
- 10,0 mL de solution d'iodure de potassium à 0,10 mol/L ;
- assez d'eau pour considérer le volume comme constant ;
- une solution acide qui maintient $[H^+]$ constant ;
- 1 mL d'une solution d'empois d'amidon ;
- 2,0 mL de thiosulfate de sodium à 1,0 mol/L.

A l'instant t = 0, on ajoute 1,0 mL d'eau oxygénée à 9,88 mol/L. A l'instant $t_1 = 86$ s apparaît la coloration bleue du diiode en présence d'amidon. On ajoute alors 2,0 mL de thiosulfate de sodium qui fait disparaître la coloration bleue ; celle-ci réapparaît à la date $t_2 = 183$ s. On ajoute 2,0 mL de solution de thiosulfate de sodium, etc ; ce qui permet de dresser le tableau suivant :

t (s)	86	183	293	419	570	755	996	1341	1955
n (mmol)	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0

a) Expliquer pourquoi cette méthode permet d'obtenir simplement n. Tracer, le graphe n = f (t).
b) Déterminer $v = \frac{dn}{dt}$, vitesse de formation du diiode dans la réaction (I) à la date t = 200 s. Comment varie la vitesse v au cours du temps ? Quel est, en fait, le seul facteur qui fait varier la vitesse ? Préciser dans quel sens il agit.
c) Quelle sera la quantité de diiode formé au bout d'un temps infini ? Quelle sera alors la vitesse de réaction ?

2) Pour étudier l'influence de $[H^+]$ sur la vitesse de réaction (I), on recommence l'expérience précédente dans des milieux ayant des $[H^+]$ différentes et l'on note $t_1^{'}$ nécessaire à la formation de $n_1 = 1$ mmol de I_2. On obtient :

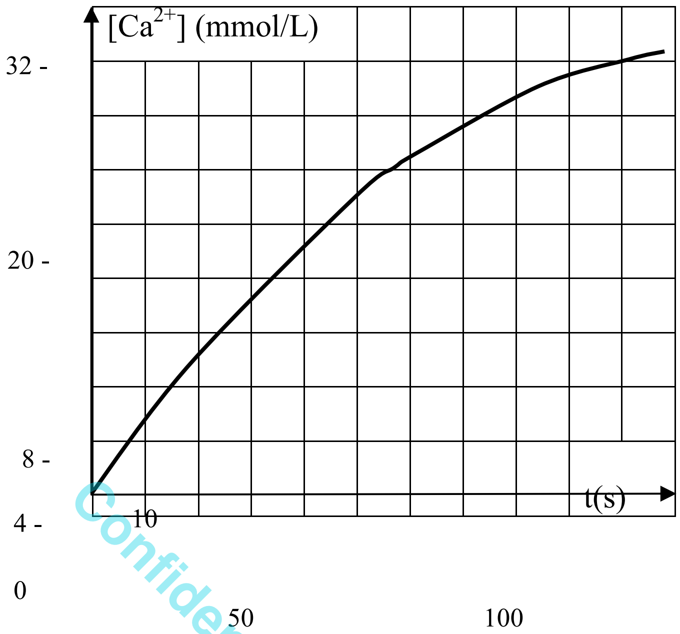
$[H^+]$ (mmol/L)	100	32	10
$t_1^{'}$ (s)	197	624	1970

Comment varie la vitesse de formation du diiode avec la concentration en ions hydrogène $[H^+]$?
3) Citez un autre facteur qui permettrait de faire varier cette vitesse.

Exercice 9 :
On traite un morceau de carbonate de calcium pour 100 mL d'une solution d'acide chlorhydrique à 0,10 mol/L. On observe la réaction d'équation-bilan :

$$CaCO_3(s) \ + \ 2\,H^+ \ \rightarrow \ Ca^{2+} \ + \ CO_2(g) \ + \ H_2O$$

Le dioxyde de carbone est récupéré par un montage approprié. On en mesure le volume, ce qui permet de déterminer la quantité des ions calcium formés, puis la concentration correspondante, $[Ca^{2+}]$. Le document ci-dessous donne $[Ca^{2+}]$ en fonction du temps :



1) Déterminer la vitesse moyenne de formation des ions calcium entre les instants t_1 = 2à s et t_2 = 80 s.
2) Déterminer la vitesse volumique instantanée de formation des ions Ca^{2+} aux dates t_1 = 2à s et t_2 = 80 s.
3) Déduire, des résultats précédents, la vitesse volumique instantanée de disparition des ions hydrogène à la date

t_1 = 20 s. Que vaut alors la vitesse de disparition du carbonate de calcium ?

4) On renouvelle deux fois l'expérience précédente en y apportant chaque fois une seule modification (les quantités de réactifs sont les mêmes) :

Première modification : le carbonate de calcium est utilisé en poudre.
Seconde modification : l'erlenmeyer est placé dans un bac contenant de la glace fondante.
Comparer la vitesse initiale de formation des ions calcium dans les trois expériences.

Exercice 10:
L'acide acétique et l'éthanol peuvent réagir l'un sur l'autre selon la réaction lente d'estérification d'équation-bilan :

$CH_3CO_2H \quad + \quad CH_3CH_2OH \quad \rightarrow \quad CH_3CO_2CH_2CH_3 \quad + \quad H_2O$

On réalise, à température constante, l'estérification d'un mélange d'éthanol et d'acide éthanoïque.
Pour ce faire, on prépare une série d'ampoules scellées contenant chacune 1,00 mol d'éthanol et 1,00 mol d'acide acétique que l'on porte à la température choisie.
On arrête la réaction à une date déterminer et l'on dose l'acide restant à l'aide d'une solution titrée d'hydroxyde de sodium. On obtient les résultats suivants :

ampoule n°	1	2	3	4	5	6	7	8
temps (h)	0	1	3	10	25	50	75	100
n_{acide} restant (mol)	1,00	0,79	0,60	0,49	0,40	0,37	0,35	0,34
n_{ester} formé (mol)								

1) Justifier la nécessité d'arrêter la réaction avant le dosage.

Indiquer comment on peut réaliser cette opération.

2) Compléter le tableau ci-dessus, tracer la courbe représentant la quantité d'ester formé en fonction du temps.

Echelle : 2 cm pour 10 h et 10 cm pour 0,5 mol d'ester.

3) En utilisant la courbe, déterminer la vitesse instantanée de formation de l'ester, exprimée en mol/h, pour t = 5 h
et t = 30 h. Interpréter la variation observée.
4) Que vaut cette vitesse à la date t = 100 h ? Quelle est alors la composition du mélange réactionnel.

Exercice 11 :
Le saccharose (sucre usuel) dissout dans l'eau s'hydrolyse en formant deux isomères :

$$\underset{\text{saccharose}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \rightarrow \underset{\text{glucose}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{fructose}}{C_6H_{12}O_6}$$

On prépare une solution aqueuse de saccharose de concentration C_0 = 0,200 mol/L et l'on suit l'évolution de la concentration C du saccharose en fonction du temps.

t (min)	0	200	400	600	800	1000	2000
C (mmol/L)	200	100	50	25	12,5	6,3	3,1

1) Déterminer la concentration C' du glucose aux dates précédentes.
2) Tracer la courbe C'(t).
Echelle : 1 cm pour 100 min ; 1 cm pour 20 mmol/L.
En déduire la vitesse volumique de formation du glycose aux dates t = 0, 300, 600 et 900 min.
Quelle explication peut-on donner des variations de la vitesse de formation du glycose en fonction du temps ?
3) En utilisant les résultats du 2), représenter $\frac{dC'}{dt}$ en fonction de C. Conclure.
Echelle : 1 cm pour 20 mmol/L
1 cm pour 0,1 $mmol.L^{-1}.min^{-1}$.

Exercice 12 :
On étudie la cinétique de la réaction lente des ions iodure sur les ions peroxodisulfate :

$$S_2O_8^{2-} + 2\,I^- \rightarrow 2\,SO_4^{2-} + I_2$$

A l'instant t = 0, on prépare une solution aqueuse S en mélangeant 100 mL d'une solution 0,80 mol/L d'iodure de potassium KI avec 100 mL d'une solution à 0,20 mol/L de peroxodisulfate d'ammonium $(NH_4)_2S_2O_8$.
La température étant maintenue constante, on effectue des prélèvements dans cette solution S et l'on détermine la concentration en diiode formé. On recommence la même expérience en ajoutant quelques gouttes d'une solution de sulfate de fer (II) dans la solution initiale. Les résultats obtenus sont les suivants :

t (min)	0	2,5	5	10	15	20	30
$[I_2]$ (mmol/L) **sans Fe^{2+}**	0	9,5	17,5	29,6	38,7	45,7	55,8
$[I_2]$ (mmol/L) **avec Fe^{2+}**	0	15,0	27,0	46,5	61,0	72,7	91,2

1) Rappeler le principe du dosage permettant la détermination de la concentration en diiode.
Quel est le réactif dosant ? Quelle est l'équation-bilan de la réaction de dosage ? Comment repère-t-on l'équivalence ? Quelle est la relation caractérisant l'équivalence ?
2) Chaque prélèvement effectué est immédiatement dilué avec de l'eau glacée avant le dosage. Pourquoi ?
3) Représenter sur un graphique les variations de $[I_2]$ en fonction du temps dans les deux expériences.
Echelle : 1 cm pour 2 min ; 1 cm pour 5 mmol/L.
4) Calculer les concentrations initiales en ions iodure et en ions peroxodisulfate dans la solution S.

Définir, puis déterminer graphiquement le temps de demi-réaction dans les deux expériences. Conclure quand au rôle des ions Fe^{2+}.

5) Déterminer la vitesse volumique d'apparition du diiode (en $mmol.L^{-1}.min^{-1}$) à la date t = 20 min, dans les deux expériences.

AUTOPROTOLYSE DE L'EAU-pH D'UNE SOLUTION AQUEUSE-INDICATEURS COLORES

Exercice 1 :

Les questions sont indépendantes.

1) Calculer le pH d'une solution aqueuse dont la concentration molaire en ions H_3O^+ est 2.10^{-5} mol.L^{-1} et celui d'une solution dont la concentration est 6.10^{-4} mol.L^{-1}.
2) Quelles sont les concentrations en ions hydronium et en ions hydroxyde d'une solution aqueuse dont le pH est égal à 8,67 ?
3) Quel est le nombre de moles de chacune des espèces précédentes contenues dans 10 mL de solution ?
4) Le produit ionique de l'eau pure à 50 °C est Ke = $5{,}5.10^{-11}$. Calculer le pH de l'eau pure à 50°C.
5) Quel volume de chlorure d'hydrogène HCl doit-on dissoudre dans de l'eau distillée pour obtenir 0,5 L d'une solution de concentration 2.10^{-2} mol/L. Le volume molaire dans les conditions expérimentales étant V_M = 22,4 mol/L.
6) On prépare une solution de chlorure de sodium en dissolvant 1 g de NaCl dans 200 cm^3 d'eau distillée. Quelle est la concentration molaire de la solution ? Quel volume de cette solution doit-on mélanger à l'eau pour obtenir une solution de concentration 5.10^{-2} mol/L.

Exercice 2 :

Calculer les concentrations en ions H_3O^+ et en HO^- pour les trois solutions suivantes :

1) Jus de citron de pH = 2,2.
2) Lait de vache de pH = 6,5.
3) Solution de lessive de pH = 11,5.

Exercice 3 :

Une bouteille d'eau minérale porte les indications suivantes :

Cations		Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+
	Masse volumique mg/L	64,3	10,7	1,3	36
Anions		HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-
	Masse volumique mg/L	219	17,3	56,7	9

Vérifier l'électroneutralité de cette solution.

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 présente dans la solution ? Quel est son pH ? Vérifier son électroneutralité.

Exercice 6 :

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.

Exercice 7: **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 8 :

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 9 :

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 10 :

Les questions suivantes sont indépendantes.

1) 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.

2) 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 ?
3) 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.

ACIDES FORTS-BASE FORTE-REACTION ENTRE ACIDE FORT ET BASE FORTE. DOSAGE

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) 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.
4) 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 ?
5) 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
6) 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 :
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 3 :
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 ?

Exercice 4 :
Dans un laboratoire, on dispose des solutions suivantes :
- Une solution S d'hydroxyde de sodium de masse volumique ρ = 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 ρ 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.

Exercice 5 :
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 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_{H3O+}							

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 $n(H_3O^+) = f(V)$.
      Echelle : 1 cm → 0,041 mol ; 2 cm → 5 cm^3.
   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.

Exercice 6 :
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 7 :
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 utiliser pour effectuer un dosage correct de l'acide chlorhydrique par la soude.

Exercice 8 :

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 9 :

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).

Exercice 10 :

L'étiquette d'une bouteille contenant une solution S_0 d'acide chlorhydrique porte les indications suivantes : «Acide chlorhydrique masse volumique : μ = 1190 g/L, pourcentage en masse d'acide chlorhydrique : 37 % ».

On introduit V = 4,2 mL de S_0 dans une fiole jaugée de V_0 = 500 mL contenant environ 100 mL d'eau distillée et l'on complète jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée.

1) Décrire le prélèvement des 4,2 mL de solution S_0.
2) Pourquoi a-t-on introduit de l'eau distillée dans la fiole jaugée avant d'introduire la solution d'acide chlorhydrique ?
3) Déterminer l'ordre de grandeur de la concentration de la solution S ainsi préparée.
4) Afin de vérifier cette concentration, on dose S par une solution B d'hydroxyde de potassium ce concentration

$C_b = 4{,}00.10^{-2}$ mol/L.

Dans 20 mL de cette dernière solution, on verse V_S mL de la solution S et l'on mesure le pH après chaque ajout. On obtient les résultats suivants :

V_S	0	1	2	3	4	5	6	7	8	8,5	9	10	11	12	13
pH	12,6	12,5	12,45	12,35	12,25	12,10	11,95	11,70	11,15	3,60	2,72	2,30	2,10	2,0	1,90

a) Faire un schéma annoté du dispositif utilisé pour le dosage.
b) Construire la courbe pH = f (V_S). Déterminer le volume équivalent V_{SE}.
c) En déduire la concentration de la solution S. Conclure.

5) Choisir, dans la liste ci-dessous, un indicateur coloré adapté pour ce dosage, et indiquer l'évolution de teinte lors du virage. Justifier la réponse.

indicateur	**zone de virage**
- hélianthine	rouge 3,1 - 4,4 jaunes

- bleu de bromophénol — jaune 3,0 – 4,6 bleu
- bleu de bromothymol — jaune 6,0 – 7,6 bleu

Exercice 11 :

Une solution S ne contient que de l'acide chlorhydrique et du chlorure de sodium dissous. Afin de déterminer la concentration de chacun des ions présents dans cette solution, on réalise deux dosages.

1) On prélève 5,0 mL de S que l'on fait réagir avec du nitrate d'argent en excès. Le précipité obtenu est filtré, rincé, séché, puis pesé. Sa masse vaut m = 61 mg.
   a) De quel ion cette manipulation permet-elle de déterminer la concentration ?
   b) Ecrire l'équation-bilan de la précipitation. En déduire la concentration, dans la solution S, de l'ion ainsi dosé.
   c) On laisse le précipité à la lumière. Qu'observe-t-on ? Justifier.

2) On dose 20,0 mL de S par une solution B d'hydroxyde de potassium de concentration : $C_b = 5{,}00 .10^{-2}$ mol/L en présence de phénolphtaléine comme indicateur. L'équivalence est obtenue pour $V_b = 18{,}8$ mL.
   a) Faire un schéma annoté du dispositif de dosage.
   b) Quelle évolution de teinte observe-t-on au virage ?
   c) De quel ion cette manipulation permet-elle de déterminer la concentration ?

Ecrire l'équation-bilan du dosage.

En déduire la concentration de cet ion dans la solution S.

3) Déterminer la concentration des ions hydroxyde présents dans la solution S prise à 25°C.
4) En déduire la concentration des ions sodium dans S.

ACIDES ET BASES FAIBLES-COUPLES ACIDES-BASES-CONSTANTE D'ACIDITE ET CLASSIFICATION DES COUPLES ACIDE-BASE

Exercice 1 :

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 2 :

1) Ecrire l'équation de la réaction d'autoprotolyse de l'eau. Ecrire les deux couples acide-base mise en jeu. Comment appelle-t-on le caractère acido-basique particulière de l'eau ?
2) Définir le produit ionique.
3) L'étude du pH de l'eau pure en fonction de la température a donné les résultats suivants :

Température (°C)	10	20	25	30	40	50	60
pH	7,27	7,08	7,00	6,92	6,77	6,63	6,5
$[H_3O^+]$ (mol/L)							
$[OH^-]$ (mol/L)							
Produit ionique							

a) Dans le cas de l'eau pure, donner la relation qui doit toujours exister entre les concentrations en ions H_3O^+ et OH^-.
b) Compléter le tableau précédent et indiquer, à partir des résultats, le rôle que joue la température sur l'autoprotolyse de l'eau.

Exercice 3 :
Une solution d'acide méthanoïque de concentration 10^{-2} mol/L a un pH = 2,9. Montrer de deux manières différentes que l'acide est faible puis écrire le bilan de sa réaction avec l'eau.

Exercice 4 :
Le pH d'une solution aqueuse S_1 de fluorure d'hydrogène HF, de concentration $C_1 = 9{,}8.10^{-3}$ mol/L est égal à 2,6.
1) L'ionisation du fluorure d'hydrogène dans l'eau est-elle partielle ou totale ? Justifier.
2) Ecrire l'équation de réaction du fluorure d'hydrogène avec l'eau.
3) On prélève un volume V = 1 mL de S_1 et on y ajoute de l'eau distillée jusqu'à obtenir 2 L de solution notée S_2.
a) Calculer la concentration C_2 en acide de la solution S_2.
b) On prélève trois échantillons de S_2 et on y ajoute quelques gouttes de trois indicateurs colorés différents. On observe les couleurs suivantes :

	Indicateurs	Dans S_2
Echantillon 1	Rouge de bromocrésol	Orange
Echantillon 2	Vert de bromocrésol	Vert
Echantillon 3	B.B.T	Jaune

Données :

Indicateurs	Milieu acide	Zone de virage	Milieu basique
Rouge de bromocrésol	Jaune	5,2 – 6,8	Rouge
Vert de bromocrésol	Jaune	3,8 – 5,4	Bleu
B.B.T	Jaune	6,0 – 7,6	Bleu

Déterminer le domaine des valeurs possibles du pH de S_2.
c) En déduire l'influence de la dilution sur l'ionisation du fluorure d'hydrogène.

Exercice 5 :

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 α_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 α_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 α_3 dans cette solution. Conclure.

Exercice 6 :

Le phosphate d'ammonium $(NH_4)_3PO_4$ est un engrais binaire qui apporte au sol les éléments azote N et phosphore P. On prépare une solution de phosphate d'ammonium en dissolvant 0,1 mol de phosphate d'ammonium solide dans un litre d'eau. Le couple NH_4^+ / NH_3 a un pKa égal à 9,2 et le couple HPO_4^{2-} / PO_4^{3-} un pKa égal à 12,4.

1) Placer les domaines de prédominance des diverses formes de ces deux couples sur un axe gradué en pH.
2) Les ions ammonium et phosphate peuvent-ils être tous les deux majoritaires dans la même solution ?
3) Le pH de la solution est 8,9, quelles sont les espèces effectivement majoritaires ?
4) Déterminer les concentrations en ions ammonium et ammoniac dans la solution.

NB : On négligera les autres couples acido-basiques faisant intervenir l'élément phosphore.

Exercice 7 :

On se propose d'étudier le couple acide/base ion méthylamonium/méthylamine $CH_3NH_3^+ / CH_3NH_3$ noté ci-dessous BH^+/B.

1) Définir la constante d'acidité de ce couple et son pKa.
2) Quelle est la relation entre pH de la solution et le rapport $\frac{[B]}{[BH^+]}$?

3) Afin d'étudier l'acidité du couple on procède à la manipulation suivante : un volume V = 40 mL d'une solution de chlorure de méthylamonium de concentration C = 5.10^{-2} mol/L est placé dans un bécher. On ajoute à l'aide d'une burette graduée un volume V' d'une solution de méthylamine de concentration C' = 0,1 mol/L. On agite et on relève les valeurs du pH. Les résultats sont les suivants :

V'(mL)	5,0	6,3	8,0	10,0	12,6	15,9	20,0	25,2	31,7	39,9	50,2
pH	10,1	10,2	10,3	10,4	10,5	10,6	10,7	10,8	10,9	11,0	11,1

a) Pour la valeur v = 5,0 mL, monter que le rapport r = $\frac{[B]}{[BH^+]}$ est pratiquement égal à $\frac{C'V'}{CV}$. On admettre que cette approximation reste valable dans la suite.

b) Monter que r$[H_3O^+]$ est pratiquement constant. En déduire la valeur de la constante d'acidité Ka ainsi que le pKa.

Exercice 8 :

Afin de mesurer le pKa du couple acide éthanoïque/ion éthanoate, on détermine le pH du mélange de deux solutions S_1 d'acide éthanoïque et S_2 d'éthanoate de sodium. S_1 et S_2 ont même concentration $C_1 = C_2 = 0,1$ mol/L.

1) On mélange V_1 = 10 mL de S_1 avec V_2 = 40 mL de S_2. Le pH est de 3,4.
   a) Déterminer les concentrations molaires de toutes les espèces chimiques dans le mélange.
   b) Vérifier l'égalité : $\frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} = \frac{V_2}{V_1}$.

2) On considère que le résultat 1-b) est vérifié. On effectue les mesures de pH pour les mélanges de S_1 et S_2 correspondant à différentes valeurs de V_1 et V_2. Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

Mélange	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6	M_7	M_8	M_9
V_2(mL)	4	10	20	30	4à	40	40	40	40
V_1(mL)	40	40	40	40	40	30	20	10	4
pH	3,6	4,0	4,3	4,5	4,6	4,7	4,9	5,2	5,6
Log $\frac{V_2}{V_1}$									

a) Compléter le tableau puis tracer la courbe pH = f (Log$\frac{V_2}{V_1}$).

En abscisse : 10 cm ↔ 1 unité et en ordonnées : 2 cm ↔1 unité pH.

b) En déduire la relation entre pH et le rapport $\frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}$.

3)

a) Ecrire le bilan de la réaction entre l'acide éthanoïque et l'eau.

b) Après avoir rappelé la définition du Ka, en déduire la relation entre le pH d'une solution contenant à la fois CH_3COOH et CH_3COO^-.

4) Déduire des questions précédentes la valeur approchée du pKa du couple étudié.

Exercice 9 :

1) Soit une solution aqueuse d'acide nitreux HNO_2 ; de concentration $C = 10^{-2}$ mol/L ; 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 ?

d) Le pKa du couple HNO_2 / HNO_2^- vaut 3,4. Quel est le pH de la solution ?

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) Ecrire l'équation de dissolution du chlorure d'hydrogène.

b) Quelle influence cette dissolution a-t-elle sur la dissociation de l'acide nitreux ?

c) 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 10 :

Trois solutions aqueuses ont même pH. La première contient 0,03 mol/L d'acide 2-chloropropanoïque ($CH_3CHClCOOH$), la seconde 0,6 mol/L d'acide 3-chloropropanoïque (CH_2Cl-CH_2-COOH) et la troisième 0,007 mol/L d'acide chlorhydrique. Le pH commun à ces trois solutions est 2,15.

1) Montrer que l'acide chlorhydrique est un acide fort.

2) Calculer, pour chacune des solution d'acide chloropropanoïque, les concentrations des deux espèces acide et base conjuguées.

3) En déduire la constante d'acidité des deux couples mettant en jeu les acides chloropropanoïques. Quel est le plus fort des deux acides ?

Exercice 11 :

1) Donner la formule brute d'une monoamine primaire saturée dont la molécule contient n atomes de carbone. Exprimer en fonction de n le pourcentage en masse d'azote.

2) L'analyse de 4,5 g de l'amine montre qu'elle renferme 1,4 g d'azote.

a) En déduire sa formule moléculaire.

b) Donner sa formule développée et son nom. Possède-t-elle un isomère de classe différente ? Justifier.

3) On dissout dans un litre d'eau pure 0,1 mol de l'amine primaire, le pH de la solution est 11,8. Calculer les concentrations des différentes espèces présentes dans la solution et en déduire le pKa_1 du couple acido-basique étudié.

4) Le diéthylamonium est une monobase faible.

   a) Donner sa formule semi-développée et écrire l'équation de son interaction avec l'eau.

   b) Connaissant les pKa des couples suivants :

Couple diéthylamonium / diéthylamine : $pKa_2 = 11,8$;

Couple ammonium / ammoniac : $pKa_3 = 9,2$.

Classer les différentes bases selon les basicité croissantes et expliquer dans quelle mesure le radical alkyle influe-t-il sur la force des bases.

Exercice 12 :

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 Cb ; 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 :

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

3) Cinq bécher contiennent un volume V de solutions différentes mais de concentration égale à $C = 10^{-2}$ mol/L. Pour identifier chaque solution, on mesure le pH en numérotant le bécher correspondant.

N °bécher	1	2	3	4	5
pH	5,6	7	10,6	11,3	12

   a) Les solutions sont préparées à partir des produit suivants : chlorure de sodium (NaCl) ; chlorure d'ammonium (NH_4Cl) ; méthanamine (CH_3NH_2) ; hydroxyde de sodium (NaOH) ; ammoniac (NH_3).

Ka_1 (NH_4+ / NH_3) = $6,3.10^{-10}$ et Ka_2 ($CH_3NH_3^+ / CH_3NH_2$) = $2,6.10^{-11}$

   b) On mélange le contenu de deux béchers, l'un contenant le chlorure d'ammonium et l'autre, l'ammoniac. Le pH final est 9,2. Retrouver à partir de l'étude du mélange, la valeur du pKa du couple NH_4^+ / NH_3.

REACTION ACIDE FAIBLE/BASE FORTE (et vice versa), EFFET TAMPON. DOSAGE

Exercice 1 : (**Bac T^les^ C et E**)

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 déterminer 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 2 :

1) Le pH d'une solution aqueuse d'ammoniac NH_3 de concentration 10^{-2} mol/L, est 10,6.
   a) Ecrire l'équation ayant lieu entre l'ammoniac et l'eau et calculer la concentration des espèces présentes dans la solution dans la solution (à l'exception de l'eau).
   b) En déduire la valeur de la constante Ka du couple acide/base mis en jeu lors de la réaction de l'ammoniac avec l'eau.
2) Le pH d'une solution de monoéthylamine $C_2H_5NH_2$ de concentration 10^{-2} mol/L est 11,4.
   a) Répondre aux mêmes questions 1-a) et 1-b).
   b) Dans les deux couples acide/base cités, entre l'ammoniac et la monoéthylamine, quelle est la base la plus forte ? Justifier.
3) Dans 20 cm^3 de la solution de monoéthylamine précédente, on verse progressivement une solution d'acide chlorhydrique obtenue en dissolvant 1,85 g de chlorure d'hydrogène gazeux dans 1 litre d'eau (on néglige la variation de volume)
   a) Quel sera le volume de l'acide chlorhydrique versé à l'équivalence ? Vous rappelez la définition de l'équivalence.

On donne les masses molaires atomiques : M (H) = 1g/mol ; M (Cl) = 35,5 g/mol.
   b) Tracer l'allure de la courbe de variation du pH en fonction du volume de solution d'acide chlorhydrique versé. Il ne sera fait aucun calcul, mais on choisira judicieusement quelques points de référence pour justifier le tracé.

Exercice 3 :

Un fournisseur d'acide éthanoïque garantit sur facture que son produit a une teneur supérieure à 76 % c'est-à-dire que dans 100 g de solution aqueuse d'acide éthanoïque il y a, au moins, 76 g d'acide éthanoïque pur.
Afin d'effectuer un dosage de contrôle, on introduit, dans une fiole jaugée, 10,0 mL de la solution commerciale. On complète le volume à un litre avec de l'eau distillée ; on obtient une solution diluée.
On place un bécher contenant un volume V_a = 50 mL de la solution diluée sous une burette graduée remplie d'une solution d'hydroxyde de sodium (soude) de concentration 0,1 mol/L. Le tableau ci-dessous indique le pH de la solution en fonction du volume V (en mL) de soude versée.

V(mL)	0	5	10	20	30	40	50	60	65	68	69	E0	71	72	75	80
pH	2,8	3,6	3,9	4,3	4,6	4,8	5,1	5,5	5,8	6,2	6,4	8,7	10,9	11,2	11,6	11,9

1) En utilisant les échelles suivantes :
Abscisse : 2 cm pour un volume de 10 mL

Ordonnées : 1 cm pour une unité de pH

a) Représenter graphiquement la variation du pH en fonction du volume V de la solution de soude versée.
b) Déterminer le volume V_b d'hydroxyde de sodium au point d'équivalence.

2) Déduire d'un point particulier de la courbe le pKa du couple acide éthanoïque/ion éthanoate.
3) Calculer la concentration, en mol/L, de la solution diluée ; en déduire la concentration de la solution commerciale.
4) La masse d'un litre de la solution commerciale est m = 1,068 kg. Calculer le pourcentage massique de l'acide éthanoïque commercial et le comparer à l'indication donnée sur la facture.

Données : masses molaires atomiques en g/mol : M (H) = 1 ; M (C) = 12 ; M (O) = 16.

Exercice 4 : **(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 :

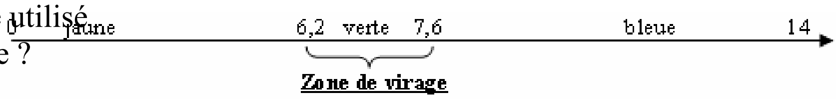
Amine	NH_3	$(CH_3)_2NH$	$(CH_3)_3N$	$(C_2H_5)_2NH$	$(C_2H_5)_3N$	$C_2H_3CH_2CH_2NH_2$
pKa	9,2	10,8	9,8	11,1	10,6	10,6

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 5 :

On souhaite déterminer la concentration d'un vinaigre (solution aqueuse d'acide éthanoïque). Pour cela, on prépare une solution de soude (hydroxyde de sodium) en dissolvant 0,2 g de pastilles anhydres dans 150 mL d'eau distillée.

1) Quelle est la concentration, en mol/L, de la solution basique ? Quel peut être son pH : 2 ; 3,1 ; 6,8 ; 7 ; 8,5 ; 12,5.

Cette solution placée, dans une burette, permet de faire un dosage. A l'équivalence, on a versé 14,5 mL de soude dans 20 mL de vinaigre.

2) Préciser le mode opératoire de ce dosage.
3) Calculer la concentration, en mol/L, du vinaigre. Quel est son degré ? On appelle degré d'un vinaigre la masse d'acide éthanoïque contenue dans 100 g de vinaigre, soit sensiblement dans 100 mL de solution.

4) Parmi les valeurs cités en 1), quelle peut être du pH du vinaigre ? pKa = 4,8 pour le couple CH_3-$COOH/CH_3COO^-$ (aucun calcul n'est demandé)

Exercice 6 :

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

Exercice 7 :

Une solution (A) d'ammoniac de concentration voisine de 10^{-2} $mol.L^{-1}$ a un pH proche de 10,7.

1) La base utilisée est-elle une base forte ? Pourquoi ?
2) On dose 20,0 cm^3 de cette solution par l'acide chlorhydrique de concentration $1{,}00.10^{-2}$ $mol.L^{-1}$. L'équivalence est obtenue lorsqu'il a été versé 23,6 cm^3 d'acide.
   a) Définir l'équivalence.
   b) Quelle est la concentration, en $mol.L^{-1}$, de la solution (A) ?
   c) Quel volume de solution (A) doit-on ajouter à de l'eau pure pour obtenir un litre de solution (B) de concentration $1{,}00.10^{-2}$ $mol.L^{-1}$.

3) Le pH de (B) est 10,65.
   a) Calculer les concentrations des espèces chimiques présentes.
   b) En déduire la valeur de la constante d'acidité Ka du couple acido-basique.
   c) On veut vérifier la valeur de Ka par une autre expérience. A 40,0 cm^3 de (B) on ajoute 10,0 cm^3 de chlorure d'ammonium de concentration $1{,}00.10^{-1}$ $mol.L^{-1}$; le pH devient 8,9 ; calculer les concentrations des espèces présentes. En déduire la valeur de la constante Ka, puis du pKa du couple.

Exercice 8 :

NB : L'unité utilisée pour la mesure de tous les volumes est le litre. Les résultats numériques seront donnés avec deux chiffres significatifs.

1) On veut préparer 0,100 L d'une solution de pH égal à 4,0. Pour cela on mélange un volume V_1 d'une solution d'acide méthanoïque de concentration $C_1 = 1{,}0.10^{-1}$ $mol.L^{-1}$ et un volume V_2 d'une solution de méthanoate de sodium de concentration $C_2 = 5{,}0.10^{-2}$ $mol.L^{-1}$. Le pKa du couple acide méthanoïque/ion méthanoate est égal à 3,8.
   a) Quelles sont les espèces chimiques présentes dans la solution ? Calculer leurs concentrations, en $mol.L^{-1}$, en fonction de V_1 et V_2.
   b) Calculer V_1 et V_2.
   c) Quelle est la quantité de matière d'ions méthanoate et de molécules d'acide méthanoïque présents dans le volume de solution préparée ?
2) On verse, dans 0,100 L de la solution ci-dessus, un volume V de solution de soude à 0,1 $mol.L^{-1}$.

a) Donner l'équation-bilan de la réaction chimique entre les ions OH^- et les molécules d'acide méthanoïque (on rappelle que cette réaction est considérée comme totale).

b) En déduire la quantité de matière d'ions méthanoate et de molécules d'acide méthanoïque dans le mélange après réaction (on exprimera ces deux nombres en fonction de V).

c) Calculer V sachant que le pH après réaction est égal à 4,1. Que peut-on conclure quant aux propriétés de la solution initiale ?

Exercice 9 :

On veut déterminer le pKa de l'acide benzoïque C_6H_5-COOH. Pour cela on fait trois mesures de pH à 25°C dans les conditions suivantes :

1) On prépare une solution aqueuse de cet acide de concentration 0,01 mol/L. Son pH vaut 3,1.
2) A 10 cm^3 de la solution précédente, on ajoute 5 cm^3 de solution d'hydroxyde de sodium de concentration 10^{-2} mol/L. Le pH mesuré est alors de 4,2.
3) On verse encore 5 cm^3 de soude à 10-2 mol/L dans la solution préparée selon 2) ; le pH passe alors à 8,0.

Dans chaque cas 1), 2), 3), calculer la concentration des différentes espèces en solution dans l'eau et en déduire, à chaque fois le pka du couple acide benzoïque/ion benzoate.

Laquelle des trois méthodes donne-t-elle la valeur la plus précise du pKa. Justifier la réponse.

Exercice 10 :

On dispose d'une série de solutions aqueuses de même concentration C = 10^{-2} mol/L ;

A : solution d'acide méthanoïque (HCO_2H) ; B : solution de méthanoate de sodium (HCO_2Na) ; C : solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) ; D : solution de chlorure de sodium (NaCl) ; E : solution d'acide chlorhydrique. Les pH mesurés dans l'ordre croissant sont : 2,0 ; 2,9 ; 7,0 ; 7,9 ; 12,0.

1) Attribuer, en justifiant brièvement, à chacune des solutions, le pH qui lui correspond.
2) Calculer les concentrations molaires des espèces chimiques présentes dans A et en déduire le coefficient d'ionisation de l'acide méthanoïque ainsi que le pKa du couple $HCO_2H\ /\ HCO_2^-$.
3) On mélange 20 mL de la solution A et 20 mL de la solution B pour obtenir une solution F. Le pH de la solution F est 3,75.
   a) Calculer les concentrations molaires des espèces chimiques dans F.
   b) Quelles sont les caractéristiques de la solution de F ?
   c) Que se passerait-il si on lui ajoutait un peu de solution D ?
4) On fait tomber progressivement la solution C dans 20 mL de la solution A.
   a) Quelle réaction chimique s'est produite ?
   b) Quel volume de C faut-il verser pour obtenir un mélange de même pH que la solution F ?
   c) Donner l'allure, en précisant les points importants, du graphe pH = f (V_C), V_C étant le volume de solution C ajouté.

Exercice 11 :

Une solution d'hélianthine met en jeu le couple acide/base HIn/In^- dont le pKa est 3,5 ; HIn et In^- n'ont pas la même couleur : HIn est rose et In^- est jaune.

Cette solution apparaît rose si $\frac{[HIn]}{[In^-]} > 3$ et jaune $\frac{[In^-]}{[HIn]} > 10$

1) Quelles sont les valeurs du pH délimitant la zone de virage de cet indicateur coloré ?
2) La valeur de la constante pKa du couple acide éthanoïque/ion éthanoate vaut 4,8. On ajoute quelques gouttes d'hélianthine à une solution aqueuse d'acide éthanoïque. Cette addition ne modifie pratiquement pas le pH.
3) Quelle masse minimale, m, d'hydroxyde de sodium solide faut-il ajouter à 1 L de cette solution S pour que l'hélianthine prenne la teinte de sa forme basique ?

On négligera la variation de volume.

Données : masses molaires atomiques en g/mol : M (H) = 1 ; M (O) = 16 ; M (Na) = 23.

Exercice 12 :

On dispose des solutions suivantes :

- S_0 : solution d'éthylamine $C_2H_5NH_2$ de densité par rapport à l'eau d = 0,92 et contenant 33 % d'éthylamine pure.
- S_1 : solution de chlorure d'éthylamine ($C_2H_5NH_3^+ + Cl^-$) de concentration $C_1 = 2.10^{-2}$ mol/L.
- S_2 : solution d'acide chlorhydrique de concentration $C_2 = 5.10^{-2}$ mol/L.

1) A l'aide de la solution S_0, on prépare 1,00 L d'une solution S_3 de concentration C_3 = 0,1 mol/L et de pH = 11,9.
   a) Calculer le volume V_0 de S_0 qu'il a fallu utiliser pour préparer S_3.
   b) L'éthylamine est-elle une base forte ou faible ? justifier.
   c) Ecrire l'équation d'ionisation d'éthylamine sur l'eau.
   d) Ecrire les concentrations molaires des espèces présentes dans S_3 et en déduire le pKa du couple $C_2H_5NH_3^+/C_2H_5NH_2$.
2) On prépare un volume V = 120 mL d'une solution S de pH = 10,8, en mélangeant deux des solutions S_1, S_2 et S_3.
   a) Quelles sont les propriétés de la solution S ?
   b) Décrire complètement deux méthodes de préparation de S. On calculera pour chacune des méthodes de préparation, les volumes des solutions à mélanger.

Exercice 13 :

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 14 :

On se propose de vérifier par dosage l'étiquette d'un flacon contenant une solution S_0 d'acide méthanoïque. L'étiquette portée des indications suivantes : 80 % en masse d'acide formique, masse volumique 1180 g/mL ; masse molaire
46 g/mol.

On dilue 200 fois un échantillon du flacon et on obtient une solution S. On prélève 10,0 mL de la solution S qu'on introduit dans un bécher et on ajoute quelques gouttes de pnénolphtaléine. On dose la solution par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration 0,1 mol/L. Le virage de l'indicateur est obtenu pour un volume de 10,3 mL de base versé.

1) Ecrire l'équation de la réaction chimique qui se produit lors du dosage.
2) Définir l'équivalence acido-basique. Quelle teinte est prise par la phénolphtaléine à l'équivalence ? Déterminer la concentration de la solution S.
3) Quelle est alors la concentration molaire de la solution S_0 ?
4) Le pourcentage annoncé sur l'étiquette est-il correct ?

Exercice 15 :

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 PH. 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.

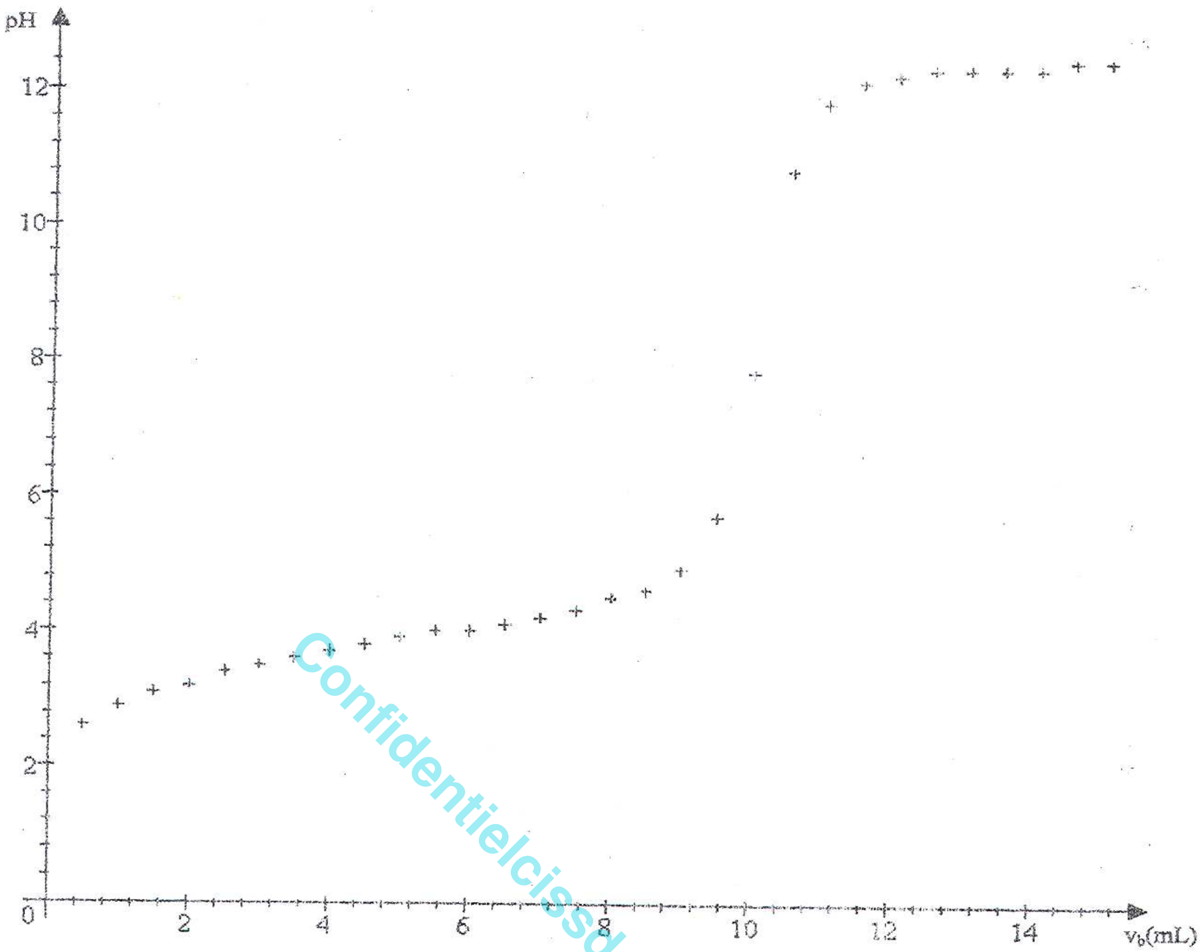
Exercice 16 : **(Bac 2001 TS₁)**

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.


pH
12
10
8
6
4
2
0
2
4
6
8
10
12
14
v_b(mL)

LES ACIDES α – AMINES

Exercice 1 :

Donner le nom systématique de chacun des composés suivants :

a) $(CH_3)_2CH{-}CH_2{-}\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{CH}}{-}COOH$

b) $H_2N{-}CH_2{-}COOH$

c) $H_2N{-}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}{-}COOH$

Exercice 2 :

Ecrire la formule des acides α-aminés suivants :

a) acide 2-amino-3-méthylbutanoïque

b) acide 2-amino-3-méthylpentanoïque

c) acide 2-amino-4-méthylpentanoïque

Exercice 3 :

L'acide aspartique est l'acide 2-aminobutanedioïque.

1) Ecrire la formule semi-développée de l'acide aspartique. La molécule de l'acide aspartique possède-t-elle une activité optique ?

2) Donner la représentation de FISCHER des différentes configurations de la molécule d'acide aspartique.

3) Quelle est la configuration qu'on trouve dans les organismes vivants ?

Exercice 4 :

La valine est un acide α-aminé dont la formule développée peut s'écrire : $R-\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{CH}}-COOH$

1) 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.

2) 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.

3) 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.

4) 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 :

a. $pK_{A1} = 2{,}3$; $pK_{A2} = 9{,}9$

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}.

$$R - \underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{CH}} - COOH$$

Exercice 6 : **(bac CE 92)**

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 7 :

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

$$R - \underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{CH}} - COOH$$

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 8 : **(Bac TS_2 2007)**

Les protéines participent au fonctionnement des organismes vivants, de l'être humain en particulier, en intervenant dans un grand nombre de réactions biochimiques d'importance capitale. Ce sont des macromolécules de natures diverses ; et pourtant elles ne sont constituées qu'à partir d'une vingtaine de maillons élémentaires : les acides α – aminés. Le nombre et l'ordre dans lesquels ces maillons sont liés caractérisent ces protéines.

1) Dans ce qui suit on considère les acides α – aminés de formule brute $C_6H_{13}O_2N$. L'un des acides α – aminés, l'acide 2- amino-3-méthylpentanoïque, usuellement appelé isoleucine, possède deux carbones asymétriques.

a) Ecrire la formule semi-développée de l'isoleucine et marquer d'une croix chaque carbone asymétrique.

b) Ecrire les formules semi-développées et donner les noms de trois acides α – aminés isomères de l'isoleucine.

2) En solution aqueuse, l'isoleucine donne un ion dipolaire appelé zwittérion qui coexiste avec un cation et un anion des proportions différentes selon le pH de la solution. Ecrire les équations des deux réactions du zwittérion sur l'eau. Attribuer aux couples acide-base du zwittérion les valeurs de pKA : $pK_1 = 2,2$ et $pK_2 = 9,6$. Quelle est l'espèce prédominante dans le duodénium où le pH est voisin de 7,4 ?

3) On réalise une réaction de condensation entre l'isoleucine et la glycine de formule $H_2N–CH_2–CO_2H$
   a) Montrer que cette réaction de condensation conduit à deux dipeptides isomères P_1 et P_2. Donner leur formule semi-développée en mettant en évidence la liaison peptidique.
   b) On désire synthétiser un des dipeptides P_1 et P_2. Décrire le principe de la synthèse.

FIN