

FICHE 1 DE REVISIONS

Exercice 1 : VOYAGE DANS LA CEINTURE D'ASTÉROÏDES

« Le moteur le plus courant de l'univers du film Star Wars est un propulseur ionique. Il est amusant de constater que cette technologie a déjà été réellement utilisée. La sonde Dawn avait pour mission d'étudier Vesta et Cérès, les deux principaux corps de la ceinture d'astéroïdes. C'est grâce à ses propulseurs ioniques qu'elle a pu passer d'un astéroïde à l'autre. Le principe du moteur ionique consiste à ioniser un gaz inerte comme le xénon (c'est-à-dire à produire des ions), à l'aide d'un fort courant électrique. Ensuite, un champ électrique intense accélère les ions produits qui, éjectés par une tuyère, propulsent le vaisseau dans la direction opposée à leur flux. Ce mode de propulsion est très économique : à puissances égales, un moteur ionique consomme dix fois moins de combustible qu'un moteur de fusée classique. Cependant, les moteurs ioniques actuels ne produisent que des accélérations assez faibles et sont tout à fait incapables d'exécuter les acrobaties que réalisent les chasseurs interstellaires de Star Wars ».

Données :

- ⊕ Charge électrique élémentaire : $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$;
- ⊕ Constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N.m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$
- ⊕ Masse d'un ion xénon : $m = 2,18 \times 10^{-25} \text{ kg}$;
- ⊕ Expression du champ électrique : $E = \frac{U}{d}$
- ⊕ La valeur de la célérité c de la lumière dans le vide est supposée connue par le candidat.

Dans cet exercice, on étudiera le principe simplifié de la propulsion ionique, puis dans une partie indépendante, on déterminera la masse de l'astéroïde Cérès.

1. La propulsion ionique :

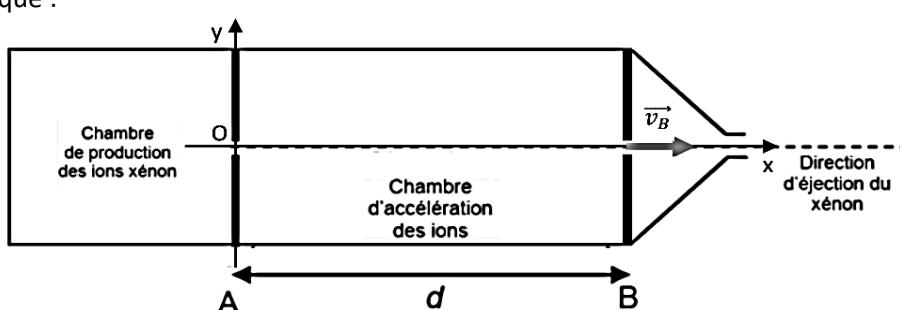


Figure 1. Schéma de principe simplifié d'un moteur ionique

Les ions xénon créés sont accélérés entre les grilles A et B par un champ électrique \vec{E} supposé uniforme. À la sortie de la chambre d'accélération, un dispositif appelé neutraliseur, transforme les ions xénon en atomes de xénon, afin de maintenir la charge électrique globale de la sonde Dawn constante. Les ions xénon Xe^+ , de masse m , pénètrent dans la chambre d'accélération en O, avec une vitesse que l'on considérera nulle. Une tension électrique U constante est appliquée entre les grilles A et B telle que $V_A = +150 \text{ MV}$ et $V_B = -150 \text{ MV}$ (figure 1).

1.1. Sur la figure 1, représenter sans souci d'échelle et en justifiant les tracés :

- Le vecteur champ électrique \vec{E} en un point quelconque situé entre les plaques
- Le vecteur force électrique \vec{F}_e en un point de la trajectoire

1.2. En utilisant la deuxième loi de Newton, déterminer les équations horaires $x(t)$ et $y(t)$ du mouvement d'un ion xénon dans le référentiel « moteur ionique ». Le poids de l'ion xénon est négligeable devant la force électrique.



1.3. Montrer que l'expression de la vitesse v_B d'un ion xénon à la sortie de la chambre d'accélération est :

$$v_B = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$$

1.4. Déterminer, pour une tension accélératrice de 300 MV, la valeur de la vitesse d'éjection des ions xénon. Commenter la valeur obtenue.

2. L'astéroïde Cérès :

En 2015, la sonde Dawn s'est mise en orbite quasi-circulaire de rayon r autour de l'astéroïde Cérès. Ses moteurs ioniques désactivés, la sonde Dawn a effectué une révolution autour de Cérès en 15 jours à la vitesse v .

Données :

- Rayon moyen de l'astéroïde Cérès : $R = 470$ km
- Altitude moyenne de la sonde Dawn autour de Cérès : $h = 13,5$ Mm
- Masse réelle de Cérès : $M_C = 9,46 \cdot 10^{20}$ kg

2.1. Donner l'expression vectorielle de la force exercée par Cérès sur la sonde Dawn. Faire un schéma représentant cette force ainsi que le repère de Frenet (\vec{t} , \vec{n}). On notera M_D la masse de la sonde Dawn.

2.2. Montrer que, dans le cas d'un mouvement circulaire, le mouvement de la sonde Dawn autour de Cérès est uniforme.

2.3. Établir l'expression de la vitesse v de la sonde Dawn sur son orbite de rayon r autour de Cérès.

2.4. Énoncer la troisième loi de Kepler.

2.5. Dans le cas d'un mouvement circulaire, déterminer l'expression de la constante présente dans la troisième loi de Kepler.

2.6. Déterminer la masse de l'astéroïde Cérès dans le cadre de l'hypothèse d'un mouvement circulaire. Commenter.

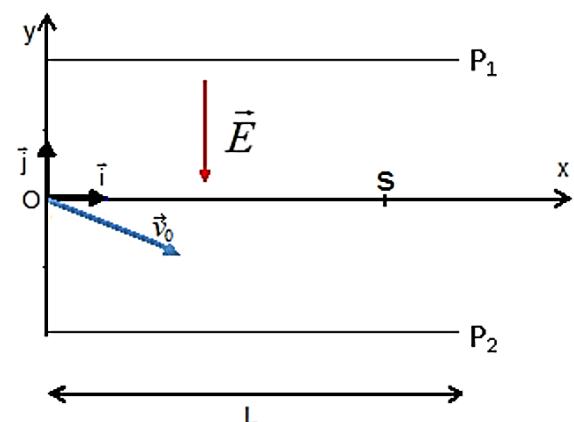
Exercice 2 : L'acide borique

L'acide borique peut être utilisé comme antiseptique pour les brûlures ou les coupures et est parfois employé dans les pommades et les onguents ou encore en solution très diluée comme bain oculaire. L'acide borique est également souvent utilisé comme insecticide relativement peu toxique, pour l'extermination des cancrelats, termites, fourmis, puces, et beaucoup d'autres insectes. L'acide borique H_3BO_3 est un acide faible qui réagit avec l'eau. On se propose d'étudier quelques propriétés d'une solution aqueuse S de cet acide de $pH = 6,8$.

1. Définir un acide et une base dans la théorie de Brönsted. En déduire les couples acide/base mis en jeu et écrire les demi-équations correspondantes.
2. En déduire l'équation de la réaction entre l'acide borique et l'eau.
3. Exprimer la constante d'acidité K_A associée au couple étudié.
4. A $25^\circ C$, le pK_A du couple vaut 9,2. En déduire la valeur de K_A .
5. Représenter le diagramme de prédominance du couple et en déduire l'espèce prédominante dans la solution S .

Exercice 3 : L'expérience de J.J. Thomson

Le problème posé par la nature des « rayons cathodiques » à la fin du XIXème siècle fut résolu en 1897 par l'Anglais J.J. Thomson : il s'agissait de particules chargées négativement baptisées par la suite « électrons ». La découverte de l'électron valut à Thomson le prix Nobel de physique en 1906. Lors de ses recherches dans son laboratoire de Cambridge, Thomson conçoit un dispositif dans lequel un faisceau d'électrons est dévié lors de son passage entre deux plaques où règne un champ électrique. L'étude suivante porte sur le mouvement d'un électron du faisceau qui pénètre entre deux plaques parallèles et horizontales P_1 et P_2 , dans une zone où règne un champ électrique supposé uniforme et perpendiculaire aux deux



plaques. À l'instant $t = 0$ s, l'électron arrive au point O (origine du repère Oxy) avec une vitesse \vec{v}_0 faisant un angle α avec l'axe Ox.

Données :

- Particule : électron
- $A = 15,0^\circ$
- Vitesse initiale de l'électron : $v_0 = 8,20 \cdot 10^5 \text{ m.s}^{-1}$
- $E = 670 \text{ V/m}$
- $L = 9,0 \cdot 10^{-2} \text{ m}$
- Masse de l'électron : $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
- Charge élémentaire : $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- Intensité de pesanteur : $g = 9,81 \text{ m.s}^{-1}$

1. Déterminer la polarité des plaques P_1 et P_2 . Justifier.
2. Donner l'expression vectorielle de la force électrique subie par l'électron. Comparer la direction et le sens de la force électrique à ceux du champ électrique. Représenter la force électrique sur le schéma.
3. Montrer que le poids de l'électron est négligeable devant la force électrique.
4. En précisant la loi utilisée et en expliquant votre démarche, donner les coordonnées du vecteur-accélération.
5. En déduire les équations horaires de vitesse et de position de l'électron.
6. Montrer que la date t_S à laquelle l'électron retrouve sa hauteur initiale est de l'ordre de la nanoseconde.
7. En déduire $x(t_S)$ correspondant à la coordonnée x à la date t_S .

Exercice 4 : De la composition d'un soda à sa consommation

Au XIXème siècle, une boisson à base de feuilles de coca et de noix de cola était préconisée par son inventeur comme remède contre les problèmes gastriques. Cette boisson est actuellement vendue comme soda. Sur l'étiquette de cette boisson, on peut lire la liste d'ingrédients suivante : eau gazéifiée au dioxyde de carbone ; sucre ; colorant (caramel) ; conservateur (acide benzoïque) ; acidifiant (acide phosphorique) ; extraits végétaux ; arômes naturels (extraits végétaux dont caféine).

Données :

- L'acide phosphorique appartient au couple $\text{H}_3\text{PO}_4(\text{aq})/\text{H}_2\text{PO}_4^-(\text{aq})$ dont la constante d'acidité K_A vaut $7,08 \cdot 10^{-3}$.
- Numéros atomiques et masses molaires atomiques :

	H	C	N	O	P
Z	1	6	7	8	15
M (g/mol)	1,0	12,0	14,0	16,0	31,0

Des études récentes laissent penser que l'acide phosphorique, H_3PO_4 , contenu dans certains sodas au cola est responsable d'un accroissement des risques d'insuffisance rénale et d'ostéoporose s'il est consommé en quantités trop importantes. Cet exercice vise à évaluer la consommation maximale de soda sans que l'acide phosphorique présente un risque pour la santé.

1. Etude d'une solution d'acide phosphorique On dispose de 250 mL d'une solution aqueuse d'acide phosphorique (H_3PO_4) de concentration $C = 5,00 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$. Le pH de cette solution vaut 3,00.

1.1. Définir un acide selon la théorie de Brönsted.

1.2. Écrire l'équation de la réaction de l'acide phosphorique avec l'eau.

1.3. Donner l'expression de la constante d'acidité du couple.

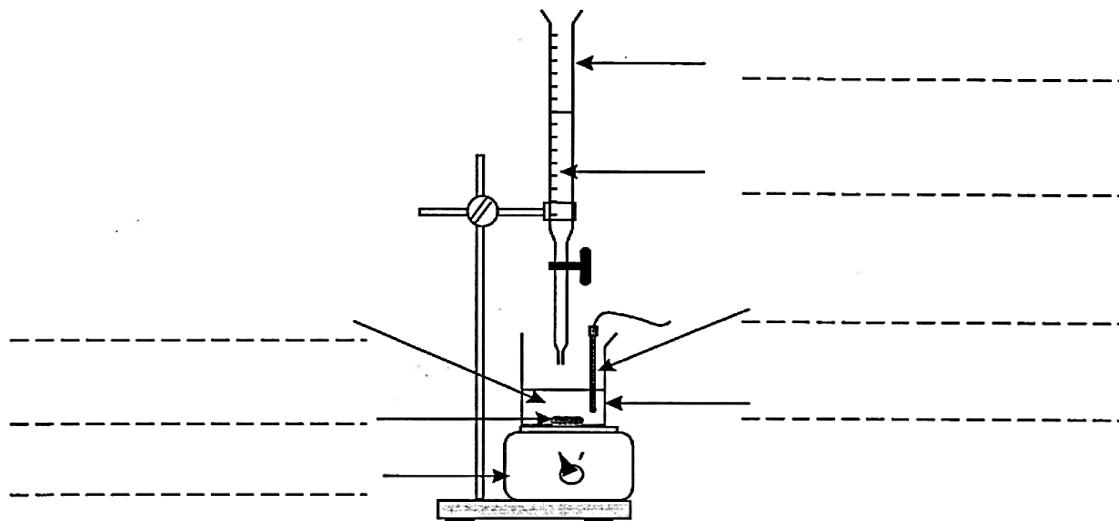
1.4. Montrer que l'acide phosphorique est un acide faible.

2. Dosage de l'acide phosphorique dans le soda étudié Pour déterminer la concentration en acide phosphorique dans le soda, on dégaze un volume $V_S = 10,0 \text{ mL}$ de soda afin d'éliminer le dioxyde de carbone dissous. On mesure le pH du soda dégazé : $\text{pH} = 2,00$.

2.1. Établir le diagramme de prédominance relatif au couple $\text{H}_3\text{PO}_4/\text{H}_2\text{PO}_4^-$ et donner l'espèce prédominante dans le soda dégazé.

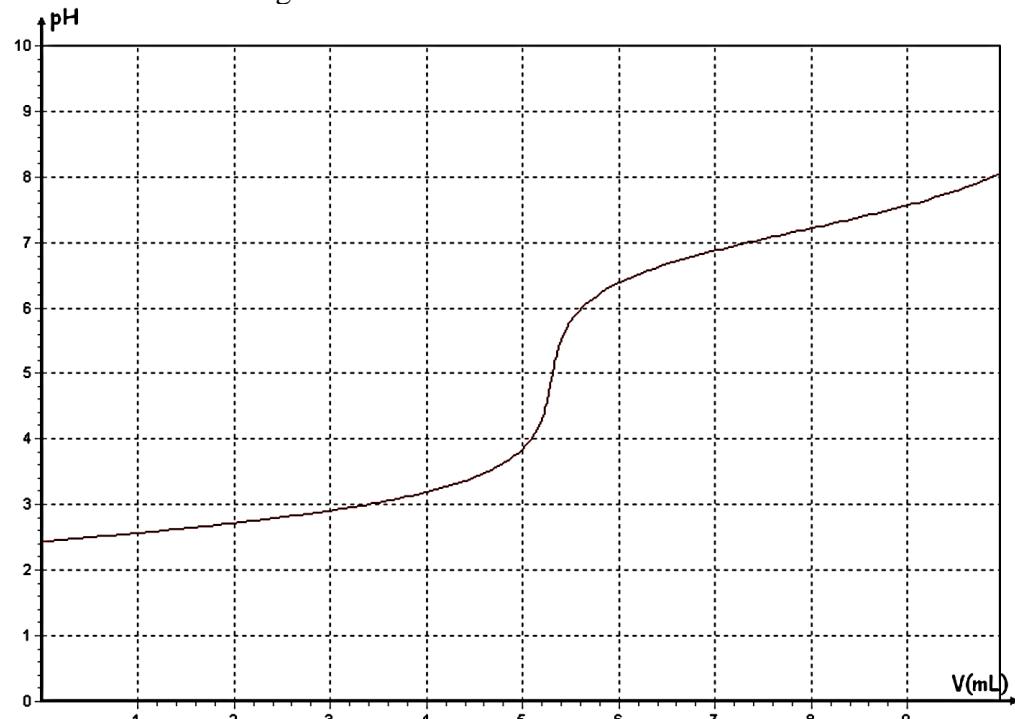
On réalise ensuite le titrage du soda dégazé par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration molaire $C_1 = 1,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. Le titrage est suivi par pH-métrie.

2.2. Légender le dispositif de titrage ci-dessous.



2.3. Écrire l'équation de la réaction support du titrage. Préciser ses caractéristiques.

2.4. La courbe obtenue lors de ce titrage est donnée ci-dessous.



2.4.1. Déterminer les coordonnées du point équivalent.

2.4.2. Définir l'équivalence.

2.4.3. Déterminer la concentration C_s en acide phosphorique.

2.4.4. Proposer un indicateur coloré permettant de déterminer l'équivalence de ce titrage. Justifier.

2.4.5. Indiquer alors la variation de couleur observée.

2.4.6. Combien de bouteilles de soda de 1,5 L une personne adulte peut-elle consommer par jour, sans que l'acide phosphorique ne présente un risque pour la santé ?

Exercice 5 :

Les parties 1, 2, 3, 4, 5 et 6 sont indépendantes

1. Connaissances du cours :

1.1. Définir ce qu'est un acide et ce qu'est une base selon Bronsted.

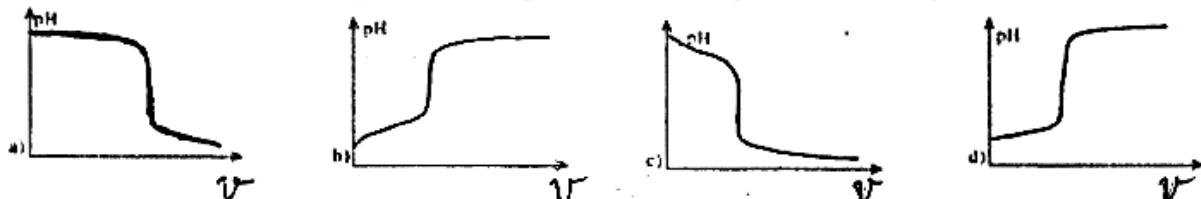
1.2. Quels sont les couples acide/base associés à l'eau ? Quels sont les valeurs des pK_a correspondants ?

1.3. Une solution aqueuse d'éthyle amine a un $pH = 10,7$, le couple associé à cette espèce a un $pK_a = 10,7$. Comment appelle-t-on une telle solution ? Quelles sont ses caractéristiques ?

2. Répondre par vrai ou faux en justifiant la réponse.

- 2.1. Une solution basique, de concentration $C_b = 10^{-2}$ mol/L, a un pH = 11,7. Il s'agit donc d'une base faible.
 2.2. La base faible du couple (HF/F⁻) de pKa = 3,2 est plus forte que la base faible du couple (HCN/CN⁻) de pKa = 9,2.

3. Laquelle des courbes suivantes représente le dosage d'une base faible par un acide fort ? Justifier.



4. On prépare une solution aqueuse d'une monoamine saturée R-NH₂, pour cela on versant une masse m = 5,9 g de cette amine dans de l'eau pure afin d'obtenir un volume V = 2 L de solution. Un volume de 20 cm³ de cette solution est dosé par une solution d'acide sulfurique H₂SO₄ (diacide fort) de concentration C_a = 5.10⁻² mol/L. Le virage de l'indicateur a lieu pour un volume d'acide de 10 mL. Déterminer la formule brute de l'amine.

5. On prépare à 25 °C une solution d'acide monochloroéthanoïque de concentration C. La mesure du pH de cette solution a donné 2,1. On donne : pKa(CH₂ClCOOH/CH₂ClCOO⁻) = 2,9

- 5.1. Déterminer la concentration molaire de chacune des espèces présentes en solution.

- 5.2. En déduire la valeur de C.

- 5.3. Calculer le degré d'ionisation de l'acide monochloroéthanoïque dans cette solution. Conclure.

6. Indiquer une méthode (préciser les volumes à mélanger) de préparation d'un solution tampon de volume 100 mL à partir des solutions suivantes :

- ⊕ Solution d'acide benzoïque de concentration 0,1 mol/L.
- ⊕ Solution de benzoate de sodium de concentration 0,1 mol/L.
- ⊕ Solution de soude de concentration 0,1 mol/L.

Exercice 6 :

1. On réalise l'expérience représentée par la figure 1 : S est une source lumineuse qui émet une lumière monochromatique de longueur d'onde λ . S₁ est un trou circulaire de diamètre $d_1 = \lambda$ percé sur l'écran E₁ et E est l'écran d'observation.

- 1.1. Quel est le phénomène qui se produit à la traversée de la lumière en S₁ ?

- 1.2. Recopier le schéma et dessiner le faisceau émergent de S₁. En déduire l'aspect de l'écran.

2. On perce un deuxième trou S₂ identique à S₁ sur l'écran E₁ et on réalise le dispositif schématisé à la figure 2.

- 2.1. Décrire ce qu'on observe sur l'écran dans la zone hachurée. Quel est le nom du phénomène physique mis en évidence par cette expérience ?

- 2.2. A partir de cette expérience, justifier la nature ondulatoire de la lumière.

- 2.3. La longueur occupée sur l'écran E par 10 interfranges est $l = 5,85$ mm. Calculer la longueur d'onde λ de la lumière émise par la source S.

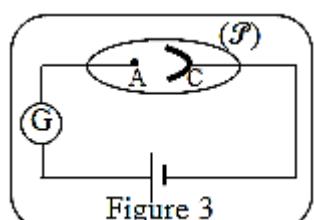
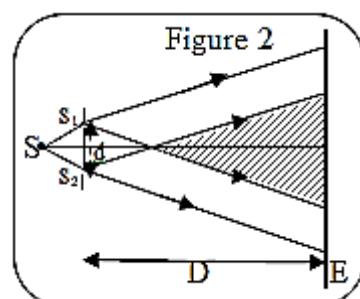
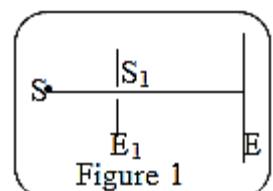
3. On réalise maintenant le dispositif de la figure 3.

- 3.1. Le galvanomètre (G) détecte-t-il le passage d'un courant si la cathode n'est pas éclairée ? Justifier.

- 3.2. On éclaire la cathode C d'une cellule photoélectrique (P) avec la lumière issue de la source S précédente. Le travail d'extraction du métal constituant la cathode est $W_0 = 1,9$ eV.

- 3.3. Que se passe-t-il ? Interpréter le phénomène physique mis en évidence par cette expérience.

- 3.4. Quel est le modèle de la lumière utilisé pour justifier cette observation ? Interpréter brièvement cette observation.



3.5. Evaluer la vitesse maximale des électrons émis de la cathode.

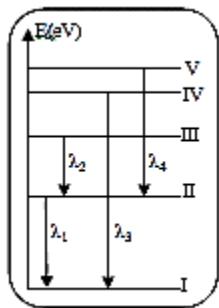
3.6. Expliquer brièvement la complémentarité des deux modèles de la lumière.

On donne : $a = S_1 S_2 = 2 \text{ mm}$; $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$; $C = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Exercice 7 :

La figure ci-contre représente un diagramme très simplifié des niveaux d'énergie de l'atome de lithium de numéro atomique $Z = 3$, de formule électronique $(K)^2(L)^1$. Les niveaux d'énergie sont notés I, II, III, IV et V. On considère les quatre transitions représentées sur le diagramme. Les longueurs d'onde correspondantes sont : $\lambda_1 = 671 \text{ nm}$, $\lambda_2 = 812 \text{ nm}$, $\lambda_3 = 323 \text{ nm}$, $\lambda_4 = 610 \text{ nm}$.

1. Expliquer brièvement les expressions : « niveau d'énergie » et « spectre de raies ».
2. Montrer qu'entre l'énergie E d'un photon et la longueur d'onde de l'onde associée, il existe la relation : $E = \frac{1240}{\lambda}$, λ étant exprimée en nanomètres et E en électrons-volts.
3. Déterminer l'énergie (en electronvolts) des photons émis lors de chacune des quatre transitions.
4. L'énergie du niveau 1 vaut $E_1 = -5,29 \text{ eV}$ c'est l'énergie de l'électron externe de l'atome dans son état fondamental ; l'état de référence est celui de l'atome ionisé. Affecter alors l'énergie E_n (en eV) à chaque niveau du diagramme.
5. Pour quelle valeur de la longueur d'onde des radiations incidentes les atomes de lithium subiront-ils une ionisation à partir de l'état fondamental ?
6. L'atome dans son état fondamental est heurté par un électron d'énergie cinétique $E_c = 3,6 \text{ eV}$ et passe à l'état 3. Déterminer (en eV) l'énergie cinétique de l'électron après sa collision avec l'atome de lithium.

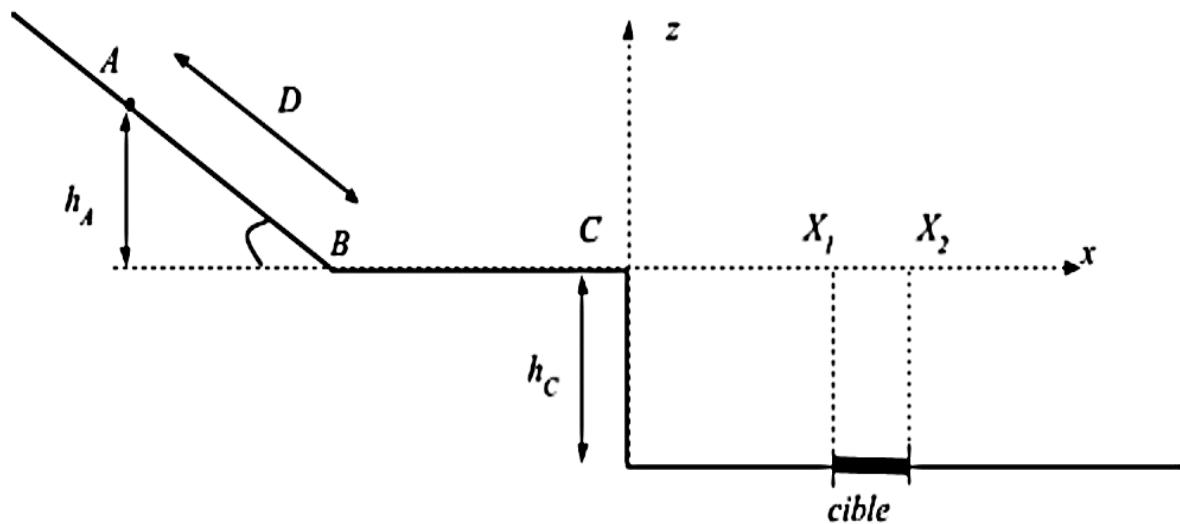


Exercice 8 :

Le jeu schématisé ci-dessous consiste à placer un boulet sur un plan incliné de telle façon qu'il atteigne la cible. Le boulet est tout d'abord lâché en A sans vitesse initiale. Le système étudié est le boulet que l'on assimile à un point. Toute l'étude est dans un référentiel galiléen.

On néglige les frottements dans tout l'exercice.

Données : $\alpha = 30^\circ$, $D = AB = 0,50 \text{ m}$, $L = BC = 0,20 \text{ m}$, $h_C = 0,40 \text{ m}$, $m = 10 \text{ g}$, $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$



1. ETUDE DU MOUVEMENT DU BOULET ENTRE A ET B.

1.1. Le système étudié est le boulet une fois lâché en A. Faire l'inventaire des forces extérieures agissant sur le boulet. Représenter ces forces sur un schéma sans considération d'échelle.

1.2. On choisit l'altitude du point C comme référence pour l'énergie potentielle de pesanteur : $E_{PP} = 0$ pour $z_C = 0$.

2.2.1. Donner l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur au point A.

2.2.2. En déduire l'expression puis la valeur de l'énergie mécanique du système au point A.

2.2.3. En déduire la valeur de l'énergie mécanique du système au point B. Justifier la réponse.

2.2.4. Montrer que l'expression de la vitesse au point B est : $v_B = \sqrt{2gDsina}$.

2. ETUDE DE LA CHUTE DU BOULET APRÈS LE POINT C.

On étudie le mouvement du centre d'inertie G du boulet après le point C. L'origine des temps est prise lorsque le boulet est en C. Le mouvement étant rectiligne et uniforme entre B et C, la vitesse en C est la même qu'en B : $v_C = v_B = 2,2 \text{ m.s}^{-1}$

2.1. On précise que l'action de l'air est négligée.

2.1.1. Énoncer la deuxième loi de Newton.

2.1.2. Appliquer cette loi au boulet une fois qu'il a quitté le point C.

2.1.3. Déterminer l'expression des composantes du vecteur-accélération en projetant la deuxième loi de Newton dans le repère Cxz (voir figure).

2.2. On rappelle que la valeur de la vitesse au point C est $v_C = 2,2 \text{ m.s}^{-1}$ et on précise que le vecteur-vitesse au point C a une direction horizontale.

2.2.1. Déterminer l'expression des composantes du vecteur-vitesse dans le repère Cxz.

2.2.2. Montrer que les composantes du vecteur-position dans le repère Cxz sont : $x = 2gDsina \cdot t$ et $z = -\frac{1}{2}gt^2$. En déduire l'équation de la trajectoire donnant l'expression de z en fonction de x .

3. On veut déterminer si le boulet atteint la cible E dont l'abscisse est comprise entre $X_1 = 0,55 \text{ m}$ et $X_2 = 0,60 \text{ m}$.

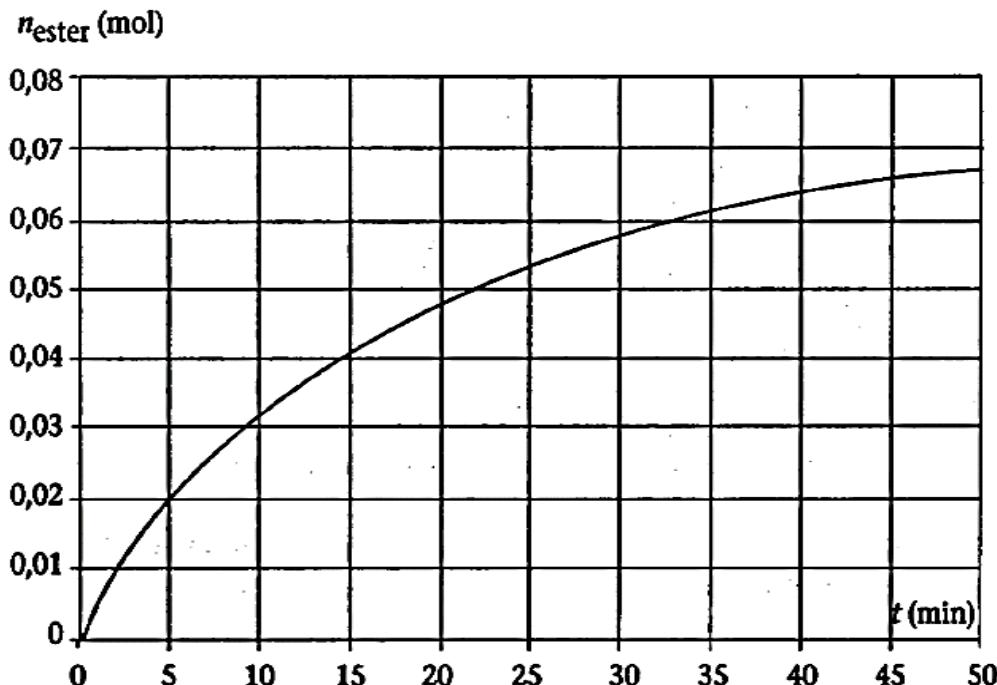
3.1. Calculer le temps nécessaire pour que le boulet atteigne le sol.

3.2. En déduire l'abscisse X_f du boulet quand il touche le sol. La cible est-elle atteinte ?

3.3. Quelle distance D faudrait-il choisir pour atteindre la cible à l'abscisse $X_f = 0,57 \text{ m}$? (La durée de chute étant la même).

Exercice 9 :

On se propose d'étudier la cinétique de la réaction entre l'acide éthanoïque et l'éthanol. Pour ce faire on mélange 60g d'acide éthanoïque avec 46g d'éthanol et 2mL d'acide sulfurique concentré. Ce mélange est réparti en parts égales dans dix ampoules scellées que l'on place au bain-marie à 100°C. A intervalles de temps réguliers, on retire une ampoule du bain-marie et on la plonge dans l'eau glacée. L'acide restant dans l'ampoule est alors dosé à l'aide d'une solution titrée d'hydroxyde de sodium (ou soude), en présence de phénolphtaléine. Les résultats des dosages effectués permettent de calculer la quantité d'ester formé dans une ampoule au cours du temps.



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

1.2. Quel est le rôle de l'acide sulfurique ? Peut-il modifier le rendement ?

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

1.4. Montrer que le mélange réactionnel préparé est équimolaire.

1.5. A l'aide des résultats des dosages on a tracé la courbe ci-après.

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

1.5.2. A l'aide de la courbe (à rendre avec la feuille de composition), déterminer les valeurs de cette vitesse aux dates $t_1 = 10$ min et $t_2 = 30$ min.

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

Exercice 10 :

Un professeur de lycée cherche à faire identifier un acide carboxylique par un groupe d'élèves de son établissement. Pour cela il fait dissoudre 7,43g de l'acide, noté AH, dans 1 L d'eau pure. De la solution ainsi préparée, les élèves prélèvent un volume $V = 20$ mL, qu'ils dosent avec une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $C_b = 0,1$ mol L⁻¹. En notant V_b le volume de la solution d'hydroxyde de sodium versé dans la solution d'acide, ils obtiennent le tableau de mesures suivant, dans les conditions standard :

V _b (mL)	0	1	2	3	6	10	12	15	17	19	19,5	20	20,5	23	25	27	30
pH	3	3,7	4	4,2	4,5	4,9	5,1	5,3	5,6	6,2	6,5	8,7	11	11,8	12	12,1	12,2

1. Faire le schéma annoté du dispositif expérimental permettant de réaliser le dosage de la solution d'acide.

2. Écrire l'équation de la réaction entre l'acide AH et la solution d'hydroxyde de sodium.

3. Tracer la courbe du pH = f(V_b). Echelles : en abscisses 1cm pour 2 mL ; en ordonnées 1cm pour 1 unité de pH.

4. En déduire :

4.1. La concentration de la solution de l'acide carboxylique AH et le pKa du couple AH/A⁻.

4.2. La masse molaire et la formule brute de l'acide AH.

5. Le professeur donne aux élèves un extrait d'une liste d'acides avec les pKa des couples correspondants.

Noms	Acide chloroéthanoïque	Acide benzoïque	Acide propanoïque	Acide méthanoïque
pKa	2,87	4,20	4,9	3,8

5.1. Identifier l'acide AH à partir des informations du tableau.

5.2. Ce résultat est-il en accord avec la formule brute trouvée à la question 4.2. ?

6. On désire préparer une solution tampon de pH = 4,9.

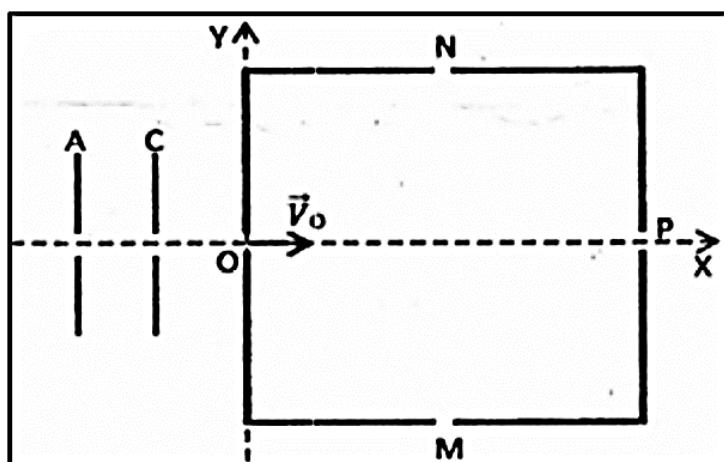
6.1. Qu'est-ce qu'une solution tampon ? Quelles sont ses propriétés caractéristiques ?

6.2. Préciser la manière d'obtenir 150mL d'une solution tampon à partir de la solution d'acide carboxylique précédent et de la solution d'hydroxyde de sodium 0,1 mol.L⁻¹.

Exercice 11 :

Données : charge électrique élémentaire $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C ; masse du proton $m = 1,67 \cdot 10^{-27}$ kg. On appelle accélérateur de particules toute machine servant à accroître la vitesse de particules chargées électriquement (protons, électrons, deutons, particules alpha). Ces particules sont alors employées comme des projectiles de manière à produire des réactions au sein de la matière placée comme cible. Dans le dispositif ci-contre règne un vide poussé. La force de pesanteur sera négligée par rapport aux autres forces.

1. Un faisceau homocinétique de protons qui, d'abord accélérés par une tension appliquée entre deux plaques A et C, sortent en A avec une vitesse négligeable puis pénètrent en C à



une vitesse $v_C = 800 \text{ km.s}^{-1}$. Les protons pénètrent ensuite en O avec un vecteur vitesse \vec{v}_0 dans une enceinte de section carrée de côté $2R = 100 \text{ cm}$ où les ouvertures O, M, P, N sont situées aux milieux des côtés.

1.1. Donner le signe de la tension $U = V_A - V_C$.

1.2. Exprimer puis calculer la tension accélératrice entre les plaques A et C.

1.3. Quelle est la nature du mouvement d'un proton entre C et O.

2. Dans l'enceinte de section carrée, on applique un champ magnétique \vec{B} uniforme pour que les protons sortent par l'ouverture N.

2.1. Préciser la direction et le sens de \vec{B} .

2.2. Déterminer la nature du mouvement d'un proton dans le champ magnétique.

2.3. Etablir l'expression de la valeur du champ magnétique B' en fonction de R, e ; m et U. Faire l'application numérique.

2.4. Donner les caractéristiques du vecteur vitesse \vec{v}_N à la traversée de l'ouverture N.

3. On supprime le champ magnétique précédent \vec{B} et on applique maintenant un champ électrique uniforme \vec{E} pour que les protons sortent par l'ouverture M.

3.1. Préciser la direction et le sens de \vec{E} .

3.2. Etablir l'expression de l'équation cartésienne de la trajectoire d'un proton dans le repère (OX, OY).

3.3. Donner l'expression de la valeur E du champ électrique en fonction de v_0 , e, m et R. Faire l'application numérique.

4. On applique maintenant simultanément les champs \vec{E} et \vec{B} qui conservent leurs directions et sens.

4.1. Représenter sur la figure les forces soumises à un proton.

4.2. Quelle relation doivent vérifier leurs valeurs pour que les protons sortent par l'ouverture P sans être déviés?

4.3. Donner alors l'expression de la durée Δt du trajet OP. Calculer numériquement sa valeur.

Exercice 12 :

1. Une bobine d'inductance L et de résistance interne r est reliée à un microampèremètre comme indiqué sur le schéma suivant (figure 1). A cette bobine, on approche le pôle Nord d'un aimant droit.

1.1. Quel est le phénomène observé ?

1.2. Indiquer le sens du courant induit dans la bobine.

1.3. Préciser l'inducteur et l'induit.

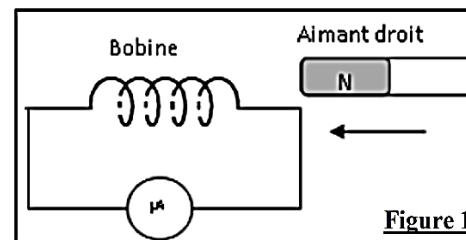


Figure 1

2. Cette bobine, reliée en série à un résistor de résistance $R_0 = 40 \Omega$, est alimentée par un générateur de tension de f.e.m. E. Le montage de la figure 2 a donné, sur l'écran de l'oscilloscope, la figure 3.

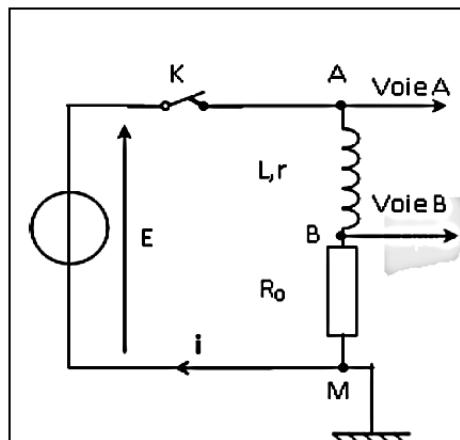


Figure 2

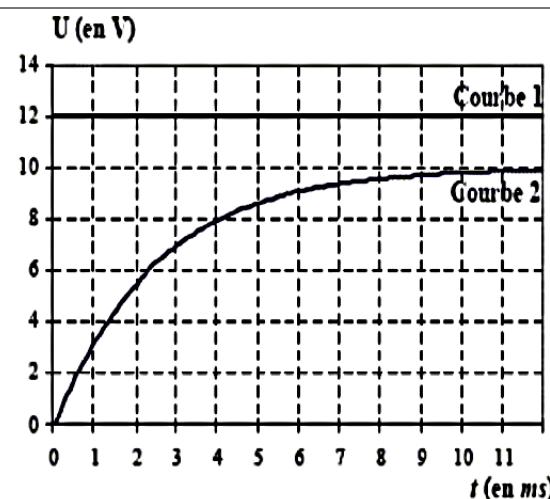


Figure 3

- 2.1. Quelle est la grandeur physique représentée par chacune des courbes 1 et 2 ?
- 2.2. Donner la valeur de la f.e.m. E , et calculer l'intensité de courant électrique lorsque le régime permanent s'établit.
- 2.3. Etablir l'équation différentielle régissant la variation dans le temps de l'intensité i du courant électrique.
- 2.4. Déduire de cette équation différentielle l'intensité du courant électrique en régime permanent en fonction R_0 , r et E . En déduire la valeur de la résistance interne r de la bobine.
- 2.5. Vérifier que $i = \frac{E}{R_0+r} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ est solution de l'équation différentielle où τ sera exprimé en fonction de L , R_0 et r .

2.6. Déterminer graphiquement la valeur de τ , puis déduire la valeur de l'inductance L de la bobine.

Exercice 13 : Tir au but

Lors d'une épreuve de tir au but, un joueur de foot frappe une balle de masse m placée à l'origine du repère de sorte que sa vitesse initiale v_0 fasse un angle β avec l'horizontale. Le référentiel d'étude est supposé galiléen et on négligera toutes les forces liées à l'air.

1. Déterminer l'expression du vecteur accélération \vec{a} de la balle lors de son mouvement vers le but.
2. Déterminer les équations horaires de la position de la balle.
3. En déduire l'équation de la trajectoire de la balle.
4. Déterminer l'abscisse de la flèche F de la trajectoire.
5. On suppose à présent que l'équation de la trajectoire de la balle est : $z(x) = -0,10 x^2 + 2,0 x$. Montrer que si le but de hauteur 3,0 m se trouve à une distance de 10 m de l'origine, le tir est raté.

Exercice 14 : Mouvement balistique

Un joueur de volleyball engage une balle de masse $m = 270 \text{ g}$ et de rayon $R = 11 \text{ cm}$ de derrière sa ligne de fond. Le référentiel, supposé galiléen, est la salle de sport. On négligera ici toutes les forces dues à l'air. Pour que l'engagement soit valable, la balle doit passer au-dessus du filet de hauteur $h = 2,43 \text{ m}$, même si elle touche ce dernier.

La balle quitte les mains du joueur à l'origine du temps au point B $(0 ; d)$ avec une vitesse v_0 faisant un angle α avec l'horizontale.

On prendra $g = 9,81 \text{ N/kg}$.

1. Donner l'expression du vecteur vitesse initial \vec{v}_0 de la balle.
2. Donner l'expression des vecteurs accélération et vitesse du centre de gravité G de la balle durant son mouvement.
3. Déterminer les équations horaires de la position de G .
4. Donner l'équation de la trajectoire de la balle. En déduire le type de cette trajectoire.
5. Déterminer l'expression des coordonnées du sommet S de la trajectoire de G . Calculer leur valeur.
6. La longueur du terrain est de $L = OF = 18,0 \text{ m}$ et le filet se trouve à même distance des deux lignes de fond.
- 6.1. Vérifier que la balle passe bien au-dessus du filet sans même le toucher.
- 6.2. Le service est valide si le centre de gravité de la balle ne dépasse pas la ligne de fond (point F) lorsqu'elle touche le sol. En déduire si ce service est valide.

