16PYSCOG11

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Session 2016

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Enseignement Obligatoire

Durée de l'épreuve : 3 heures 30 – Coefficient : 6

L'usage des calculatrices est autorisé,
conformément à la circulaire n°99-186 du 16 novembre 1999.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

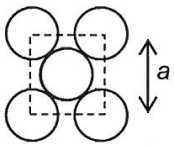
Ce sujet comporte 14 pages numérotées de 1/14 à 14/14.

La feuille d'annexe (page 14/14)
EST À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE.

16PYSCOG11

EXERCICE I : ONDES ET ELECTRONS (6 POINTS)

En 1912, Max Von Laue soumet un cristal à des ondes électromagnétiques de courte longueur d'onde, les rayons X. Il découvre ainsi sa structure.
Les solides cristallins présentent au niveau atomique un arrangement parfaitement ordonné et régulier dans trois directions de l'espace. Cet arrangement est caractérisé par la distance *a* entre deux entités (atomes, ions, molécules). Cette distance est de l'ordre de 0,1 nm. Les solides cristallins ont la propriété de diffracter une onde de longueur d'onde dont la valeur est voisine de la distance *a*.



1. Diffraction d'un faisceau d'électrons

Les deux représentations ci-contre montrent la figure de diffraction d'un faisceau de rayons X (à gauche) et d'un faisceau d'électrons (à droite) après passage au travers d'une fine feuille faite de petits cristaux d'aluminium.

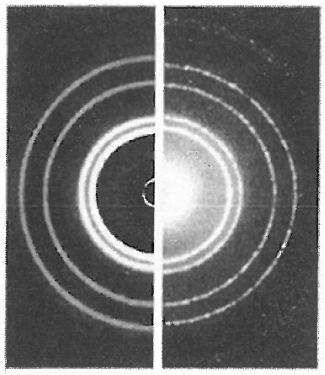


Figure 1
Source : A. P. French and Edwin F. Taylor, Introduction to Quantum Physics, New York: W. W. Norton. 1978

1.1. Quelle condition sur la longueur d'onde permet d'observer le phénomène de diffraction ?

1.2. Expliquer en quoi la figure 1 illustre l'hypothèse d'un comportement ondulatoire des électrons.

1.3. Donner la relation de De Broglie qui prend en compte ce comportement ondulatoire des électrons. Quelle est sa signification ?

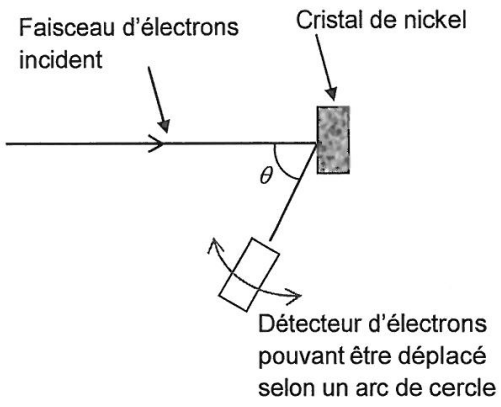
Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 2 / 14
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

16PYSCOG11

En 1927, les américains C.J. Davisson et L. Germer apportent la première preuve expérimentale du comportement ondulatoire de particules de masse non nulle.

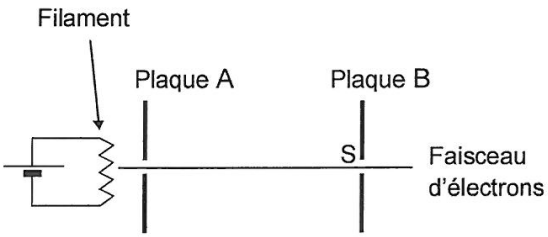
Ils observent ainsi la diffraction d'un faisceau d'électrons de vitesses identiques, par un cristal de nickel.

Le schéma de principe du montage expérimental de Davisson et Germer est représenté ci-contre.



2. Obtention du faisceau d'électrons

Dans l'expérience de Davisson-Germer, des électrons émis sans vitesse initiale par un filament sont accélérés par le champ électrostatique horizontal supposé uniforme qui règne entre deux plaques planes verticales A et B aux bornes desquelles on applique une tension électrique de l'ordre de 100 V.



Données :

- masse d'un électron : $m = 9{,}11 \times 10^{-31}$ kg ;
- charge électrique élémentaire : $e = 1{,}60 \times 10^{-19}$ C ;
- constante de Planck : $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J.s ;
- la valeur de l'intensité de la pesanteur est supposée connue du candidat ;
- la distance d entre les plaques est inférieure à 1 m ;
- deux plaques séparées d'une distance d et aux bornes desquelles on applique une tension U créent entre elles un champ électrostatique d'intensité $E = \frac{U}{d}$.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 3 / 14
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

2.1. Montrer que le poids de l'électron peut être négligé devant la force électrique qu'il subit.

2.2. Représenter sur un schéma la force électrique $\vec{F}$ subie par l'électron entre les plaques et le champ électrostatique $\vec{E}$. Justifier cette représentation.

2.3. Montrer qu'en sortie S du dispositif l'expression de la vitesse v_S d'un électron est : $v_S = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$.

Pour ce faire, on pourra déterminer les équations horaires du mouvement d'un électron entre les deux plaques A et B en considérant que sa vitesse est nulle à l'entrée du dispositif.
Les éléments de la démarche, même partielle, seront valorisés.

2.4. Pour observer la diffraction du faisceau d'électrons par le nickel, la longueur d'onde de l'onde de matière associée doit être de l'ordre de grandeur de la distance *a* caractérisant ce solide cristallin, soit environ 0,1 nm.

2.4.1. Montrer que dans ce cas l'expression de la tension U est donnée par :

$$U = \frac{h^2}{2me\lambda^2}.$$

2.4.2. Retrouver l'ordre de grandeur de la valeur de la tension U que Davisson et Germer ont dû choisir pour leur expérience.

3. Une application technologique du phénomène : le microscope électronique

S'appuyant sur les résultats de Davisson-Germer, deux chercheurs allemands (E.Ruska et M.Knoll) ont conçu en 1931 un prototype de microscope électronique utilisant un faisceau d'électrons accélérés par une tension U de l'ordre de 100 kV.



Sachant que la résolution (plus petite distance séparant deux objets que l'on peut distinguer) d'un microscope optique ou électronique est proportionnelle à la longueur d'onde du rayonnement utilisé, expliquer en quelques lignes une raison qui a pu motiver les chercheurs à se lancer dans l'élaboration d'un microscope électronique.

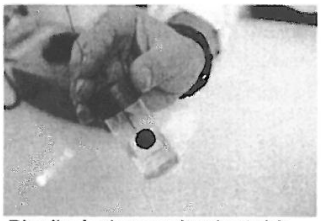
Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

16PYSCOG11

EXERCICE II : SUCRE ET ELECTRONS (9 points)

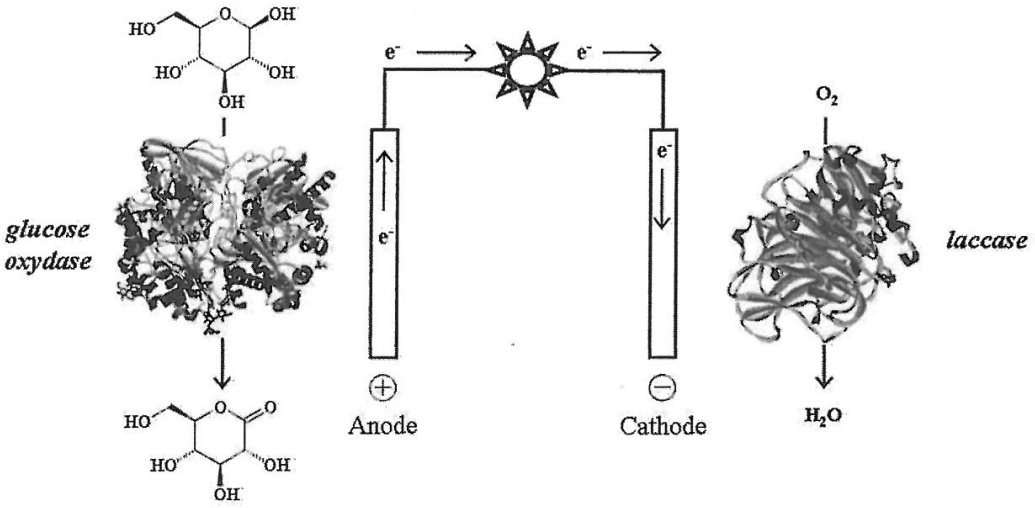
Et si l'électricité prenait désormais sa source dans la nature grâce aux biopiles... Depuis dix ans, glucose, bactéries ou plantes inspirent les chercheurs en quête d'une source d'énergie alternative et propre.
Les avancées dans ce domaine se multiplient notamment pour des applications biomédicales nécessitant de faibles puissances électriques (alimentation d'un pacemaker par exemple).


Biopile à glucose implantable dans le corps humain

En 2010, des chercheurs ont ainsi réussi à mettre au point une pile uniquement alimentée par le glucose de l'organisme. Ce dispositif de quelques millimètres permet au dioxygène et au sucre présents dans différents liquides physiologiques du corps de réagir. Cette réaction, qui génère des électrons, conduit à la production de courant par la pile. Le procédé, totalement naturel, est basé sur l'oxydation du glucose par le dioxygène, avec utilisation d'enzymes qui recouvrent les électrodes.

D'après le site www.lejournal.cnrs.fr

Schéma du principe de fonctionnement de la biopile au glucose :



D'après Frédéric Barrière, Université de Rennes 1

Réaction d'oxydation à l'anode : $C_6H_{12}O_6 \rightarrow C_6H_{10}O_6 + 2\ H^+ + 2\ e^-$

Réaction de réduction à la cathode : $O_2 + 4\ H^+ + 4\ e^- \rightarrow 2\ H_2O$

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

16PYSCOG11

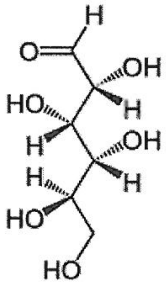
Données :
- masses molaires atomiques :
M(H) = 1,0 g.mol^{-1} ; M(C) = 12,0 g.mol^{-1} ; M(O) = 16,0 g.mol^{-1} ;
- électronégativité selon l'échelle de Pauling : χ(H) = 2,2 ; χ(C) = 2,6 ; χ(O) = 3,4.

1. Le glucose

Le glucose existe dans la nature sous deux formes : une forme linéaire, le D-glucose, et deux formes cycliques :
le α-D-glucopyranose et le β-D-glucopyranose.

1.1. Forme linéaire du glucose

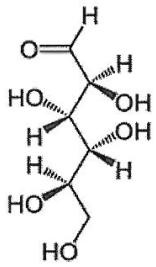
La représentation de Cram du D-glucose est donnée ci-contre.



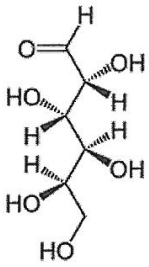
1.1.1. Identifier sur l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE** les groupes caractéristiques de cette molécule et nommer la fonction associée à chacun d'eux.

1.1.2. Sur la même représentation de la molécule de D-glucose (**ANNEXE**), identifier les atomes de carbone asymétrique.

1.1.3. Deux stéréoisomères du glucose, le D-mannose et le D-galactose, existent dans la nature.
Sont-ils des énantiomères du D-glucose ? Justifier.



D-mannose



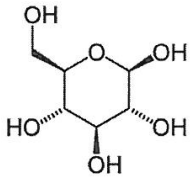
D-galactose

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

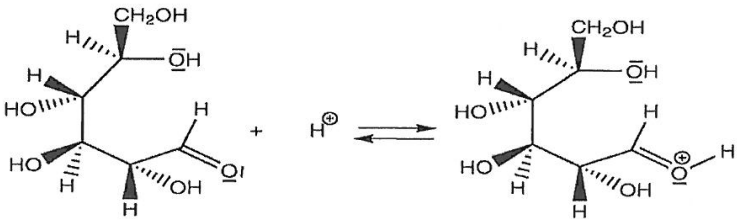
1.2. Forme cyclique du glucose

La représentation de Cram du β-D-glucopyranose est donnée ci-dessous.

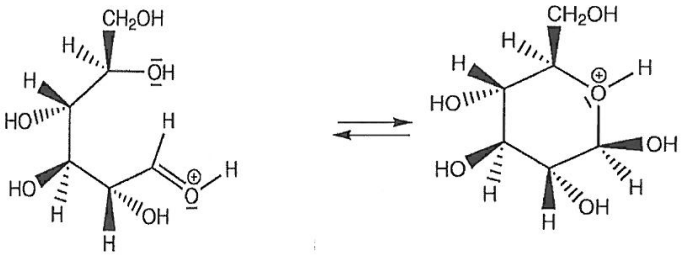


Les étapes du mécanisme de cyclisation permettant de passer de la forme linéaire du D glucose à la forme cyclique, le β-D-glucopyranose, sont données ci-après.

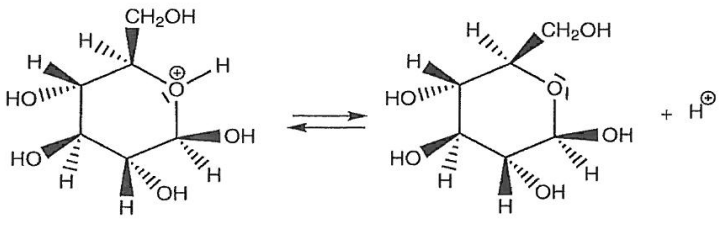
Étape n°1 :



Étape n°2 :



Étape n°3 :

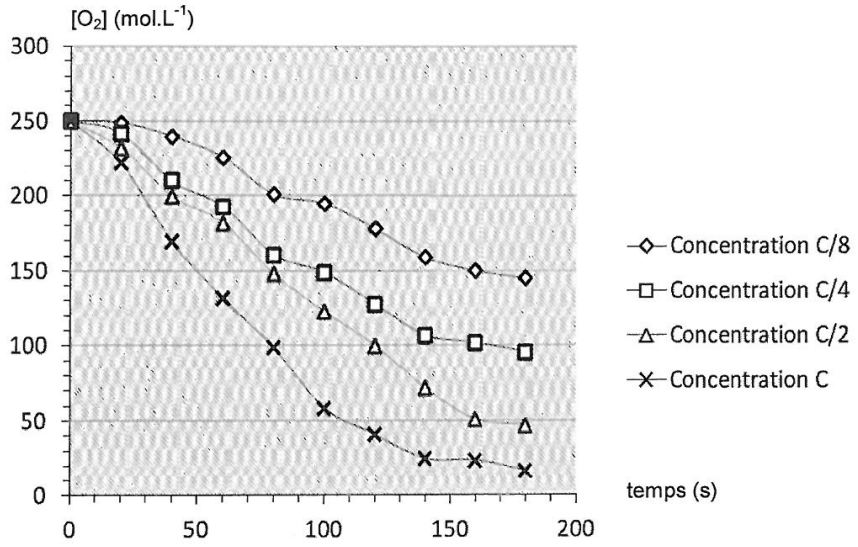


1.2.1. Sur l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, identifier le site donneur et le site accepteur mis en jeu dans l'étape n°2, et représenter les flèches courbes rendant compte de cette étape.

1.2.2. La cyclisation est d'autant plus rapide que la concentration en ion H^+ est importante.
Peut-on considérer que l'ion H^+ est catalyseur de cette réaction ? Justifier.

2. Rôle de l'enzyme glucose oxydase dans l'oxydation du glucose

Pour illustrer les effets de l'enzyme glucose oxydase, des élèves réalisent quatre suivis cinétiques de l'oxydation du glucose par le dioxygène. Ils réalisent quatre mélanges identiques de solution de glucose et de dioxygène, le dioxygène étant le réactif limitant.
Dans chaque mélange, l'enzyme est introduite avec des concentrations différentes : $c_1 = c$, $c_2 = \frac{c}{2}$, $c_3 = \frac{c}{4}$, $c_4 = \frac{c}{8}$, où c est une concentration de référence en enzyme.
Les courbes donnant la concentration en dioxygène dans le milieu en fonction du temps pour chaque expérience sont représentées ci-après.



Cinétique enzymatique et concentration en enzyme (glucose oxydase)
(d'après le site académique d'Orléans-Tours)

2.1. Écrire l'équation de la réaction d'oxydation du glucose par le dioxygène, sachant que les couples oxydant/réducteur mis en jeu sont $C_6H_{10}O_6/C_6H_{12}O_6$ et O_2/H_2O.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

2.2. Quel est le rôle de la glucose oxydase dans la réaction d'oxydation du glucose par le dioxygène ? Justifier.

2.3. Représenter qualitativement, sur l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, l'allure de la courbe donnant l'évolution de la concentration en dioxygène dans la solution en l'absence de glucose oxydase.

2.4. Comment évolue le temps de demi-réaction en fonction de la concentration en enzyme ? Justifier graphiquement sur l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE.**

2.5. Dans la biopile au glucose, l'oxydation du glucose a lieu à l'anode et la réduction du dioxygène, à la cathode.
L'intensité du courant étant d'autant plus grande que le débit d'électrons dans le circuit est important, que peut-on dire de l'évolution de l'intensité du courant en fonction de la concentration en glucose oxydase ?

2.6. En réalité, l'enzyme est opérante uniquement sur la forme cyclique principale du glucose, le β-D-glucopyranose, et inopérante sur la forme linéaire du glucose ou sur l'autre forme cyclique du glucose, le α-D-glucopyranose.
Quelle caractéristique de sa réactivité cela illustre-t-il ?

3. Durée de fonctionnement de biopiles

L'obstacle majeur d'un développement à large échelle des biopiles reste leurs dimensions. Pour alimenter de gros appareils, il faut en effet en associer un grand nombre. À titre d'exemple, l'entreprise Sony a commercialisé un lecteur mp3 nécessitant une puissance d'alimentation égale à 150 mW alimenté par une pile composée de sucre et d'eau. La pile avait une longueur d'environ 20 cm (voir photo ci-contre) et une réserve de 100 g de glucose.



www.sony.net

Donnée :
- énergie libérée par la réaction du glucose et du dioxygène dans la biopile :
150 kJ par mole de glucose oxydé ;
- énergie E (en joule) reçue par le lecteur mp3 pendant la durée Δt (en seconde) :
$E = P\,\Delta t$ où P (en watt) est la puissance d'alimentation.

3.1. Déterminer la durée de fonctionnement du lecteur mp3 alimenté par la biopile au glucose commercialisée.

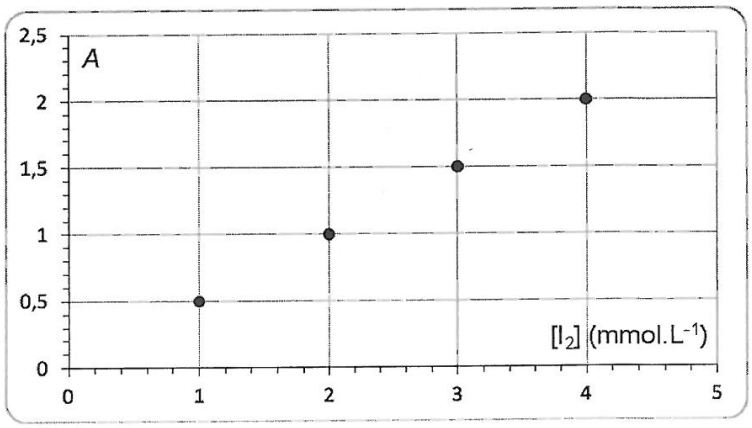
3.2. On trouve du glucose dans les fruits, ce qui fait des jus de fruits un moyen de recharger les biopiles. L'étude qui suit a pour objectif d'évaluer l'énergie disponible dans une biopile au glucose rechargée avec un litre de jus de raisin.

On introduit dans une fiole jaugée de 50 mL, 2,0 mL de jus de raisin et 20,0 mL d'une solution de diiode (coloration jaune en milieu aqueux) de concentration $2{,}0 \times 10^{-2}$ mol.L^{-1}. La fiole est complétée par une solution d'hydroxyde de sodium. La réaction qui se produit lors du mélange a pour équation chimique :

$$I_{2(aq)} + 3\,HO^-_{(aq)} + RCHO_{(aq)} \rightarrow RCOO^-_{(aq)} + 2\,H_2O + 2\,I^-_{(aq)}$$

Les ions hydroxyde et le diiode sont introduits en excès.
Le glucose est noté RCHO.

Une fois la réaction terminée, le diiode restant est dosé par spectrophotométrie, l'appareil étant réglé à la longueur d'onde $\lambda = 440$ nm : la mesure de l'absorbance d'un échantillon de la solution donne A = 1,6.
Une courbe d'étalonnage a été tracée à cette longueur d'onde à partir de quatre solutions de concentration connue en diiode.



Déterminer la durée de fonctionnement du mp3, alimenté par une pile au glucose composée d'un litre de ce jus de raisin.

Le candidat est invité à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. Toute prise d'initiative sera valorisée.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

EXERCICE III : DES AURORES POLAIRES ET DES ÉLECTRONS (5 POINTS)

« C'est ainsi que juste avant la Seconde Guerre Mondiale, Georges Gamow, alors nouvellement installé aux États-Unis, se mit à rédiger d'une plume à la fois rigoureuse et alerte ¨ Monsieur Tompkins au Pays des Merveilles ¨, livre qui connut d'emblée le succès. Employé d'une grande banque, le héros de ces nouvelles assiste à des conférences du soir prononcées par un professeur de physique. La nuit venue, ses rêves le transportent dans des mondes peu ordinaires : les constantes fondamentales de la physique y sont modifiées de sorte que des phénomènes physiques habituellement cachés dans la vie courante deviennent manifestes. »

Il était sept fois la révolution, Etienne Klein, Ed Flammarion 2005

Dans le cas d'une particule dite relativiste, la question se pose de savoir comment sont modifiées les expressions des quantités déjà définies dans le cadre de la mécanique classique : quantité de mouvement, énergie cinétique... etc.
En 1964, le chercheur du Massachusetts Institute of Technology, William Bertozzi a mesuré indépendamment l'énergie cinétique et la vitesse d'électrons très rapides. Il a ainsi réussi à illustrer expérimentalement la relation entre vitesse et énergie cinétique pour des particules relativistes.

Données :

- relation liant la durée propre Δt_0 entre deux évènements et la durée mesurée Δt dans un référentiel en mouvement rectiligne uniforme à la vitesse v par rapport au référentiel propre : $\Delta t = \gamma \Delta t_0$ avec $\gamma = \dfrac{1}{\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}}$;
- $1{,}00\ \text{eV} = 1{,}60 \times 10^{-19}$ J ;
- constante de Planck : $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J.s ;
- masse d'un électron : $m = 9{,}11 \times 10^{-31}$ kg.

1. Effets relativistes

1.1. Dilatation du temps

1.1.1. Lorsque les effets de la relativité restreinte se font sentir, on parle de « dilatation des durées ».
Montrer en quoi cette expression est appropriée.

1.1.2. On considère une particule dont la vitesse dans un référentiel terrestre est égale à 10 % de celle de la lumière. On mesure $\Delta t = 1{,}0$ ns.
Estimer Δt_0. Commenter.

1.1.3. L'extrait du livre d'Etienne Klein se termine par ce passage :
« Les constantes fondamentales de la physique y sont modifiées de sorte que des phénomènes physiques habituellement cachés dans la vie courante deviennent manifestes ».
Que veut dire l'auteur ? Illustrer cela en envisageant que la constante c ait une valeur plus petite.

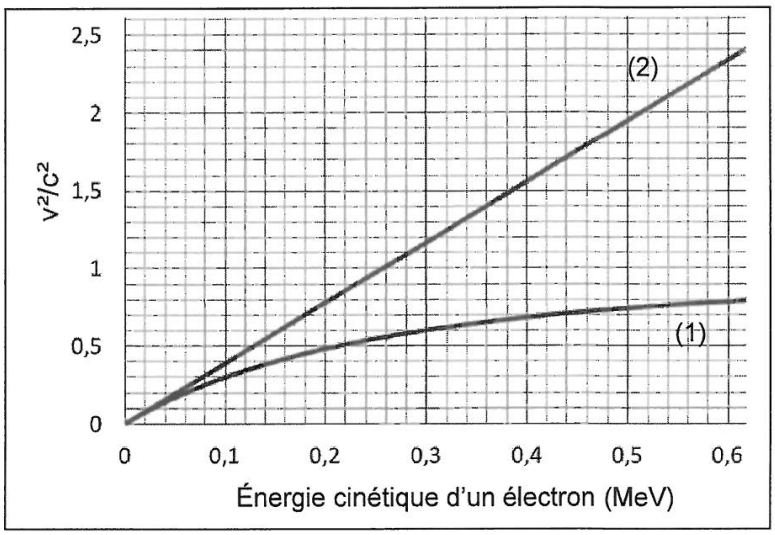
Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

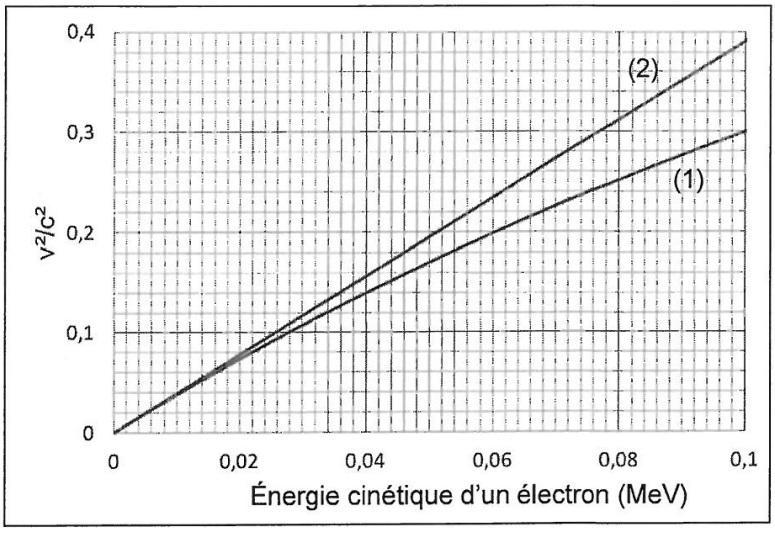
1.2. Énergie cinétique et vitesse des électrons

Les graphes (a) et (b) ci-après représentent l'évolution du rapport $\frac{v^2}{c^2}$ en fonction de l'énergie cinétique d'un électron dans le cas de la théorie classique et dans le cas de la théorie relativiste. Les échelles utilisées pour le graphe (b) permettent un agrandissement du graphe (a) au voisinage de l'origine.

(a)



(b)



1.2.1. Des deux représentations (1) et (2), identifier celle qui correspond à la théorie classique. Justifier en donnant deux arguments.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

1.2.2. Montrer qu'à partir d'une valeur de la vitesse v égale à $1{,}2 \times 10^8$ m.s^{-1}, les électrons peuvent être considérés comme relativistes. On considèrera que les effets relativistes sont négligeables si l'écart relatif entre les valeurs de l'énergie cinétique selon les modèles classique et relativiste est inférieur à 10 %.

2. Les aurores polaires



Des particules chargées en provenance du Soleil mais aussi d'autres étoiles balaient le système solaire. Ce sont les « vents stellaires », dans lesquels on trouve notamment des électrons.
Ces électrons peuvent pénétrer dans l'atmosphère terrestre et entrer en collision avec des atomes d'oxygène ou d'azote, leur transférant partiellement leur énergie.
Cette énergie est ensuite rayonnée sous forme lumineuse lorsque ces atomes se désexcitent provoquant parfois de magnifiques spectacles d'illumination du ciel, visibles de la surface de la terre, généralement dans les régions polaires : les aurores polaires.

2.1. Donner un ordre de grandeur de la valeur de la longueur d'onde d'une onde électromagnétique dans le domaine du visible.

2.2. Montrer, par un calcul, qu'il n'est pas nécessaire que les électrons pénétrant dans l'atmosphère soient relativistes (au sens de la question 1.2.2) pour participer à la création des aurores polaires.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

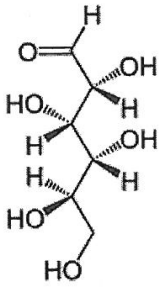
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

16PYSCOG11

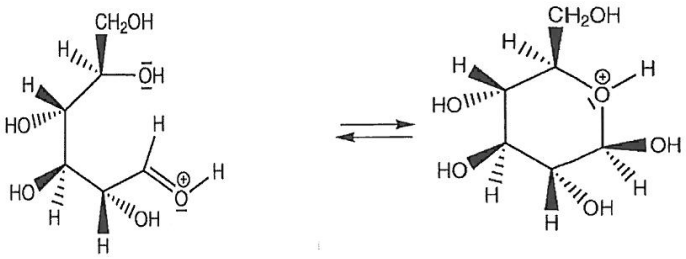
ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

EXERCICE II : SUCRE ET ELECTRONS

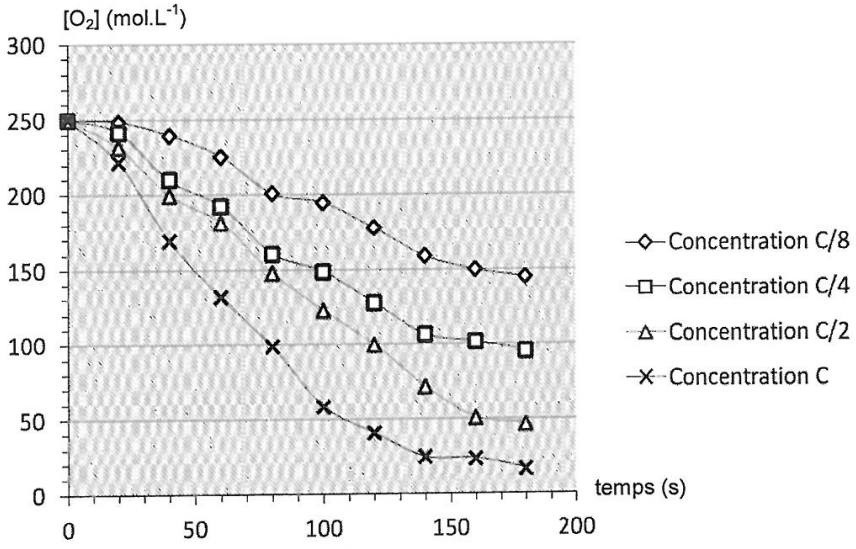
Question 1.1.1 :



Question 1.2.2 :



Question 2.3 :



Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer