

TS3 - Physique-Chimie
Devoir en classe n°3 - Durée : 2h
Samedi 19 novembre 2016

EXERCICE I : VRAI OU FAUX (6 points)

Parmi les affirmations suivantes, préciser celles qui sont vraies (indiquer V) et corriger celles qui sont fausses (indiquer F) de façon brève mais constructive. Cet exercice est à traiter sur le sujet.

1. Spectroscopie UV-visible

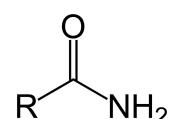
- 1.1.** Une solution colorée transmet les radiations de ses propres couleurs.
- 1.2.** Une solution colorée absorbe les radiations qui ne sont pas de sa couleur.
- 1.3.** La teinte d'une solution est la couleur correspondant au maximum du pic d'absorption.
- 1.4.** Plus une solution est claire, plus son absorbance est élevée.
- 1.5.** Plus une solution est foncée, plus sa transmittance est élevée.

2. Spectroscopie infrarouge

- 2.1.** Un spectre infrarouge permet de connaître la formule brute d'un composé organique.
- 2.2.** Une liaison C = C et une liaison C – C donnent deux bandes d'absorption identiques (même allure, même nombre d'onde) en spectroscopie infrarouge.
- 2.3.** Une liaison C – O et une liaison C – H donnent deux bandes d'absorption distinctes (nombres d'onde différents) en spectroscopie infrarouge.
- 2.4.** En ordonnée d'un spectre infrarouge, on trouve la transmittance exprimée en cm^{-1} .
- 2.5.** Plus le nombre d'onde est élevé, plus l'énergie portée par un photon est faible.

3. Groupes caractéristiques

- 3.1.** Le groupe caractéristique d'une fonction amine est :



- 3.2.** Le composé de formule $\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{CH}(\text{CH}_3)_2$ fait partie de la classe fonctionnelle des esters et se nomme méthanoate de 2-méthyléthyle.
- 3.3.** La molécule de propanoate d'éthyle contient cinq atomes de carbone.
- 3.4.** Le 2-méthylbutan-2-ol est une amine secondaire.
- 3.5.** Le 3-méthylhex-2-ène est sujet à l'isométrie Z/E.

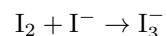
EXERCICE II : ÉTUDE D'UNE SOLUTION ANTISEPTIQUE (6 points)

DOCUMENT 1 : LA SOLUTION DE LUGOL

La solution de Lugol est un antiseptique proposé par le médecin français Jean Guillaume Auguste LUGOL au XVIII^e siècle. C'est une solution aqueuse de diiode I_2 et d'iodure de potassium ($K^+ + I^-$). LUGOL a suggéré que sa solution iodée pourrait être utilisée dans le traitement de la tuberculose. Cette assertion a suscité un grand intérêt à l'époque. Bien qu'inefficace dans le traitement de la tuberculose, la solution de Lugol a été utilisée avec succès dans le traitement de la thyréotoxicose par PLUMMER. La solution de Lugol est aussi utilisée comme colorant vital en endoscopie digestive : elle est absorbée par les cellules normales de l'œsophage. Les zones ne prenant pas le colorant

sont anormales et les biopsies orientées à leur niveau permettent d'améliorer le dépistage du cancer de l'œsophage dans les groupes à haut risque.

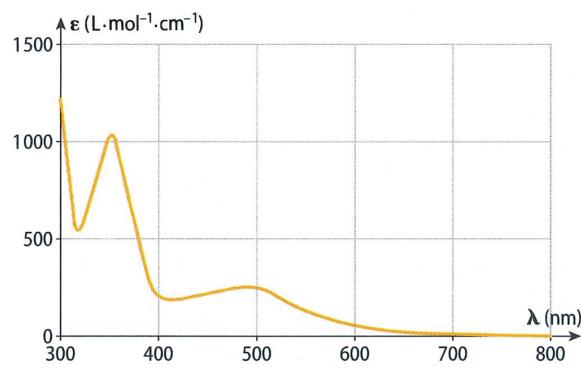
En présence d'un excès d'ions iodure I^- , le diiode réagit pour donner l'ion triiodure I_3^- selon la réaction



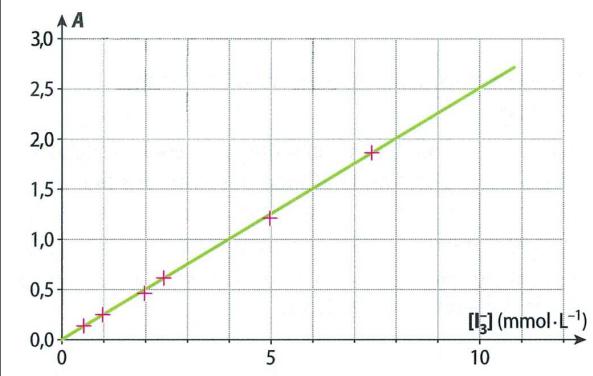
Cette solution antiseptique est donc une solution d'ions triiodure de concentration molaire voisine de $c = 0,04 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

D'après fr.wikipedia.org/wiki/Jean_Lugol

DOCUMENT 2 : SPECTRE UV-VISIBLE DE L'ION TRIIODURE I_3^- EN SOLUTION AQUEUSE (ϵ est le coefficient d'extinction molaire de l'espèce)



DOCUMENT 3 : COURBE D'ÉTALONNAGE DE L'ION TRIIODURE I_3^- À UNE LONGUEUR D'ONDE $\lambda = 500 \text{ nm}$ DANS UNE CUVE D'ÉPAISSEUR $\ell = 1 \text{ cm}$



- Quel est l'ordre de grandeur du coefficient d'extinction molaire ϵ_{350} de l'ion triiodure à la longueur d'onde $\lambda = 350 \text{ nm}$?
- À partir de cette valeur, calculer l'absorbance théorique A_{350} d'une solution de Lugol à la longueur d'onde $\lambda = 350 \text{ nm}$ et dans une cuve d'épaisseur $\ell = 1 \text{ cm}$.
- L'absorbance maximale mesurable avec le spectrophotomètre dont un apiculteur dispose pour ses tests est égale à 2. Justifier que les mesures soient effectuées à la longueur d'onde $\lambda = 500 \text{ nm}$, après une dilution d'un facteur 10.
- Déterminer par le calcul le coefficient d'absorption molaire ϵ_{500} de l'ion triiodure I_3^- à la longueur d'onde $\lambda = 500 \text{ nm}$.
- La solution au dixième possède une absorbance $A' = 1,00$. Que vaut sa concentration C' ?
- Déterminer la concentration de la solution de Lugol C_L .

EXERCICE III : EFFET DOPPLER ET ASTROPHYSIQUE (8 points)

L'effet Doppler constitue un moyen d'investigation utilisé en astrophysique. Il permet de déterminer la vitesse des astres à partir de l'analyse spectrale de la lumière que ceux-ci émettent.

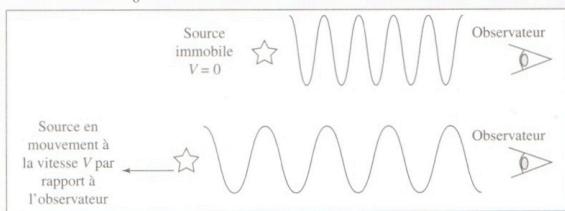
Cet exercice s'intéresse à deux applications distinctes, à savoir le modèle de l'Univers en expansion et la détection d'une étoile double « spectroscopique ». Les deux parties sont indépendantes et on rappelle que $1 \text{ \AA} = 0,1 \text{ nm}$.

1. PREUVE DE L'EXPANSION DE L'UNIVERS

Doc. 1 ▶ Principe de l'effet Doppler

On note λ_0 la longueur d'onde de référence de la raie étudiée dans le spectre (source immobile par rapport à l'observateur) et λ la longueur d'onde de la radiation émise par la source en mouvement.

Lorsqu'une étoile s'éloigne de la Terre, on observe un décalage vers les grandes longueurs d'onde appelé « redshift » et caractérisé par le nombre $z = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0}$.



La formule de Doppler donne la vitesse d'éloignement V de la source lumineuse par rapport à l'observateur terrestre dans le cas non relativiste :

$$V = c \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0}$$

c est la célérité de la lumière dans le vide ($c = 2,997\,92 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$).

Doc. 2 ▶ Décalage vers le rouge

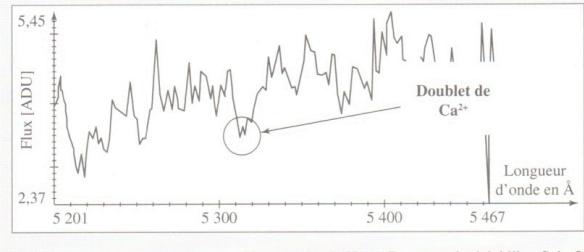
En 1930, Edwin Hubble avait constaté expérimentalement que plus les galaxies étaient lointaines, plus leur spectre présentait un décalage vers le rouge important.

Le « décalage vers le rouge », qui sera appelé « redshift », apparaît, quand il est petit, comme proportionnel à la distance $z = \frac{H_0 d}{c}$ où H_0 est une constante appelée constante de Hubble.

Ce décalage est traditionnellement interprété comme étant dû à la vitesse d'éloignement des galaxies. Cette interprétation, si elle est vraie pour les « redshifts » petits, est en fait fondamentalement erronée dans une perspective de relativité générale. Les « redshifts » observés vont d'une fraction de l'unité pour la plupart des galaxies, à 4 ou 5 pour les objets plus lointains, quasars, ou certaines autres galaxies.

D'après *Cosmologie : Des fondements théoriques aux observations*, Francis Bernardeau (CNRS Editions – EDP sciences).

Doc. 3 ▶ Extrait du spectre NGC 691



Source : Observatoire de Haute Provence, logiciel libre SalsaJ.

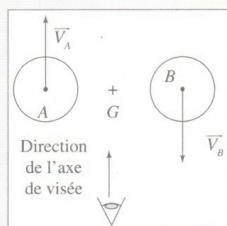
- 1.1. En utilisant le **document 3**, déterminer la longueur d'onde médiane du doublet de Ca^{2+} dans le spectre de la galaxie nommée NGC 691. Sachant que la longueur d'onde médiane λ_0 de ce doublet, mesurée sur Terre pour une source au repos, est de 5268 \AA , calculer le « redshift » z caractérisant le décalage vers le rouge de cette galaxie, défini dans le **document 1**.
- 1.2. Calculer la vitesse d'éloignement de la galaxie NGC 691 par rapport à la Terre.
- 1.3. À l'aide des **documents 1** et **2**, établir, dans le cas non relativiste, la relation entre la vitesse d'éloignement V de la galaxie et sa distance d à la Terre, montrant que V est proportionnelle à d .
- 1.4. À partir des valeurs du nombre z données dans le **document 2**, montrer que l'expression utilisée pour calculer la vitesse d'éloignement des galaxies donnée dans le **document 1** n'est pas applicable dans tous les cas.

2. DÉTECTION D'UNE ÉTOILE DOUBLE « SPECTROSCOPIQUE »

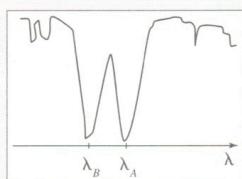
On appelle « étoile double » un système stellaire composé de deux étoiles proches en orbite autour du même point (ce point étant le centre d'inertie G du système). Une étoile double « spectroscopique » est constituée de deux astres trop proches pour être séparés par un télescope optique et ne peut être détectée que par l'étude de son spectre à haute résolution. Le mouvement des deux étoiles provoque en effet un léger déplacement des raies d'absorption du spectre par effet Doppler.

Doc. 4 Effet du mouvement des deux composantes d'une étoile double sur une raie d'absorption si l'axe reliant les deux étoiles est perpendiculaire à l'axe de visée

a) Configuration :

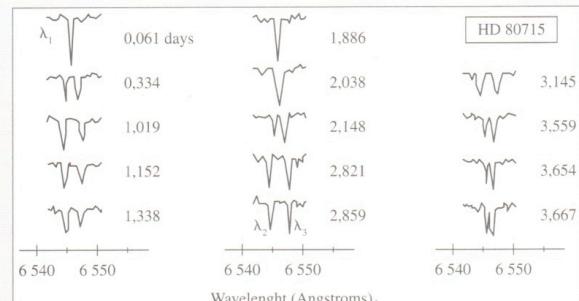


b) Spectre observé (extrait) :



On note λ_A la longueur d'onde de la raie provenant du spectre de l'étoile A et λ_B la longueur d'onde de la raie provenant du spectre de l'étoile B.

Doc. 5 Évolution temporelle de la position de la raie H α dans le spectre de l'étoile HD 80715



Crédit : « Observatoire de Paris / UFE »

Dans les questions suivantes, on suppose que les étoiles A et B décrivent des orbites circulaires de même rayon R , avec la même vitesse $V = V_A = V_B$.

La période de rotation commune aux deux étoiles A et B est notée T : c'est la période de l'étoile double.

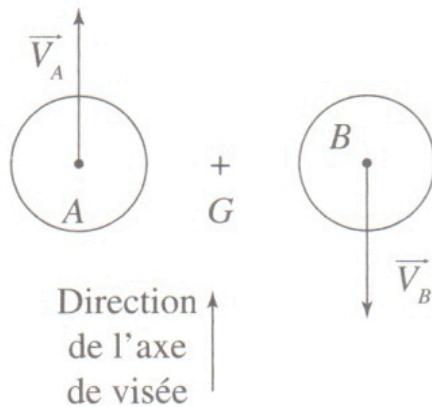
2.1. Expliquer pourquoi, dans la situation décrite dans le **document 4**, on a $\lambda_A > \lambda_B$.

2.2. Sachant que l'effet Doppler ne se manifeste pas lorsque la vecteur vitesse de la source est perpendiculaire à la direction de visée, compléter en justifiant le tableau ci-après. Schématiser sans souci d'échelle le spectre correspondant à chaque configuration et montrer que l'évolution temporelle de ces spectres est périodique de période $\frac{T}{2}$. Pour chaque proposition, indiquer la (les) configuration(s) correcte(s).

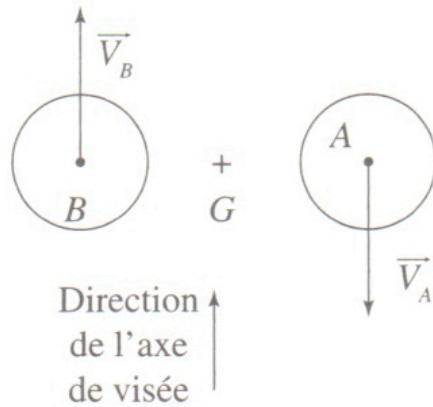
Sur les schémas suivants, l'observateur n'est pas représenté car il est à une très grande distance.

Relation entre λ_A et λ_B	$\lambda_A = \lambda_B$	$\lambda_A > \lambda_B$	$\lambda_A < \lambda_B$
Configuration(s)			

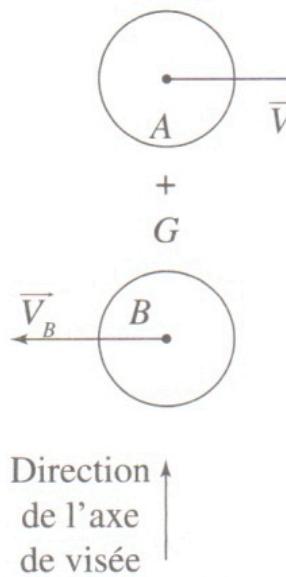
Configuration 1



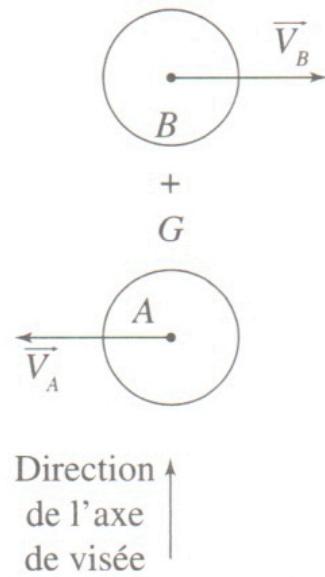
Configuration 3



Configuration 2



Configuration 4



- 2.3. En utilisant les spectres du **document 5** qui montrent l'évolution temporelle de la position de la raie H_{α} dans le spectre de l'étoile double HD 80715, vérifier que la période T de celle-ci est voisine de 3,8 jours.