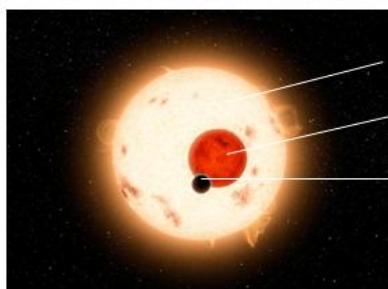
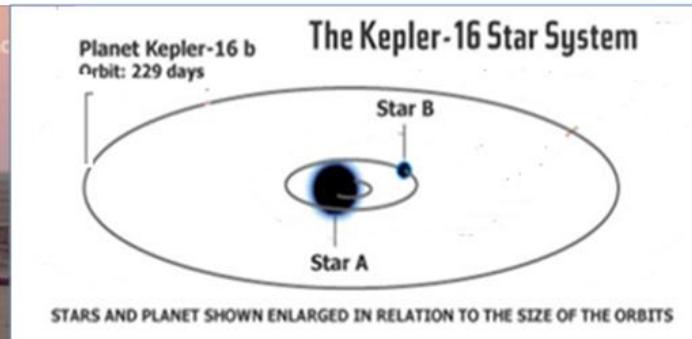


Physique-chimie enseignement spécifique

EXERCICE I : (11 points) : Tatooine
 EXERCICE II : (4 points) : Javel
 EXERCICE III : (5 points) : Conservateur

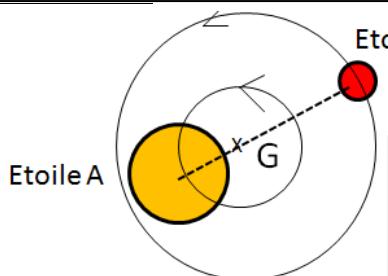
Ce sujet comporte
6 pages et est à
rendre avec la copie

EXERCICE I : TATOOINE (11 pts)



Comme sur la planète TATOOINE du film StarWars où l'on voit un double coucher de soleil, une planète géante d'une taille comparable à Saturne récemment découverte orbite autour d'une étoile double: Kepler 16 AB située à 197 années lumière du système solaire . C'est la première planète jamais découverte autour d'un système double.

Document 1 : les 2 étoiles doubles et l'effet Doppler



Kepler-16A est une étoile jaune et **Kepler-16B** est une étoile naine rouge.

Ces deux étoiles orbitent autour de leur centre d'inertie G en 41 jours en restant distantes entre elles de 0.224 ua soit 33.6 millions de km.

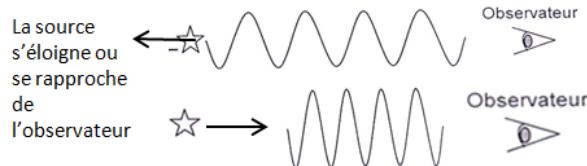
L'étoile A est beaucoup plus lumineuse que l'étoile B.

Ces deux astres trop proches pour être séparés par un télescope optique . Ce système double ne peut être détectée que par l'étude de son spectre à haute résolution. Le mouvement des deux étoiles autour de leur centre d'inertie provoque en effet un léger déplacement des raies d'absorption du spectre par effet Doppler pour un observateur situé sur Terre

EFFET DOPPLER

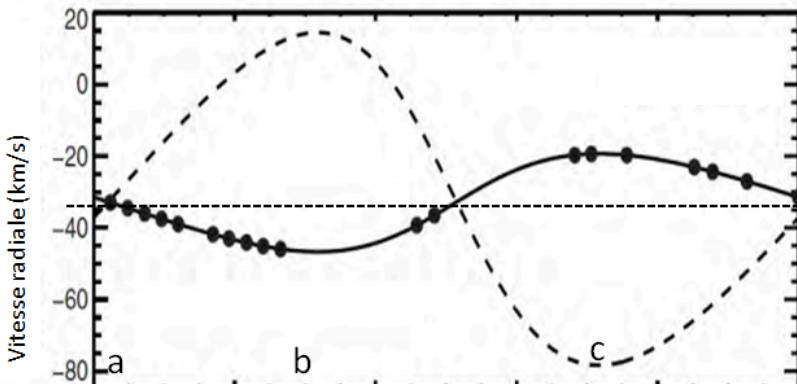


λ_0 : longueur d'onde de référence de la raie étudiée (immobile)
 λ : longueur d'onde de la radiation émise par la source en mouvement



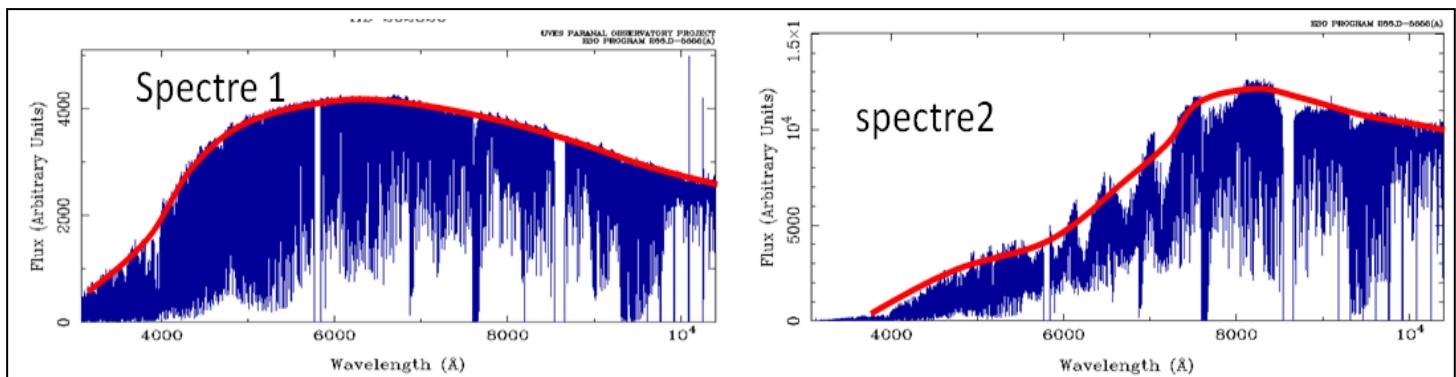
$$\text{Décalage Doppler: } z = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0}$$

vitesse radiale d'éloignement ou de rapprochement V de la source lumineuse par rapport à l'observateur terrestre : $V = c \times z$
 $(c : \text{vitesse de la lumière} = 3 \times 10^8 \text{ m/s})$



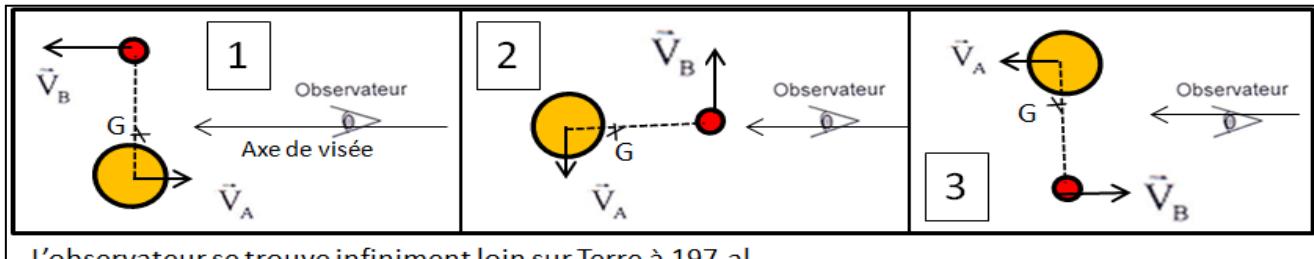
On déduit donc de ses mesures de décalage Doppler sur des spectres la courbe suivante des vitesse radiales des deux étoiles en fonction du temps (ici sur environ une période de rotation soit 41 j)

Document 2 : spectres d'étoiles (intensité lumineuse en fonction de la longueur d'onde)



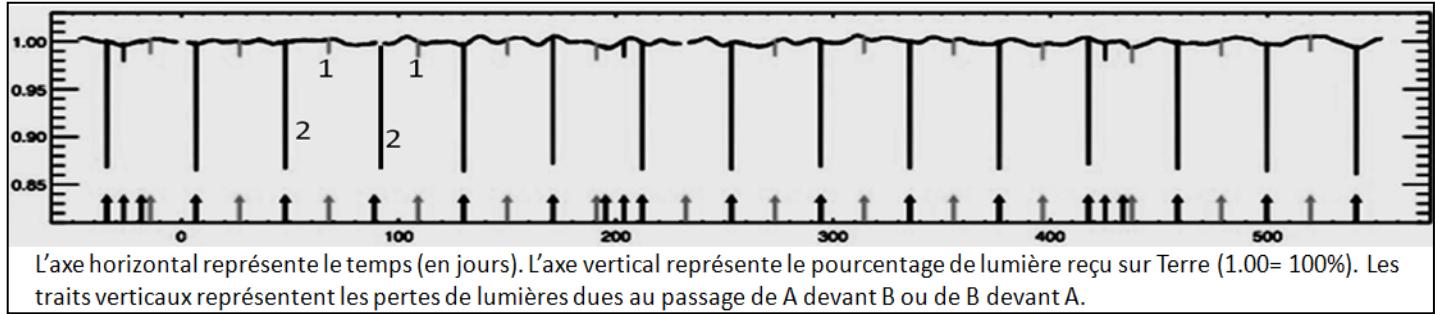
Partie A : le système d'étoiles doubles : Kepler-16A et Kepler-16B

- 1- Indiquer sur les spectres (document2) les limites des différents domaines d'ondes électromagnétiques et identifier en justifiant quel spectre correspond à Kepler-16A et à Kepler-16B. (l'axe des longueurs d'onde est gradué en Å, $1\text{\AA}=0.1\text{ nm}$)
- 2- D'après le document sur l'effet Doppler, montrer que si un système stellaire s'éloigne la vitesse radiale mesurée est positive et que s'il se rapproche elle est négative.
- 3- Le graphe des vitesses radiales (document 1)
 - 3-1- Pourquoi peut-on affirmer que la courbe en pointillé représente la vitesse radiale de l'étoile Kepler-16B et que celle en trait plein est celle de Kepler-16A ?
 - 3-2- Associer les configurations 1, 2 et 3 du schéma ci-dessous aux instants a, b et c du graphe des vitesses radiales en justifiant rapidement.



- 3-3- Quelle est la vitesse propre (celle de son centre d'inertie) v_0 du système stellaire Kepler-16AB par rapport au système solaire. Ce système s'éloigne-t-il ou se rapproche-t-il globalement du système solaire ?
- 3-4- Comment peut-on montrer à l'aide de ce graphe que la vitesse de rotation de l'étoile Kepler-16-A autour de G est de l'ordre de 13 km/s et celle de Kepler-16B est de l'ordre de 47 km/s ?
- 3-5- Sachant que chacune des deux étoiles a une période de révolution de 41j et connaissant leurs vitesses respectives, retrouver par des calculs que la distance entre ces 2 étoiles est de l'ordre de 33.6 millions de km comme indiqué document 1.
- 4- Méthode des transits (document 3)
 - 4-1- les pertes de lumière notées 1 sur le schéma du document 3 correspondent-elles au moment où Kepler-16A passe devant Kepler-16B ou au moment où Kepler-16B passe devant Kepler-16A. Même question pour les pertes de lumières notées 2.
 - 4-2- Retrouver que la période de révolution des 2 étoiles autour de leur centre d'inertie est de 41 j

Document 3 : graphe des transits



Partie B : La planète Kepler-16b orbitant autour du système double

Document 4 : la planète Kepler-16b copie de Tatooine

The diagram illustrates the Kepler-16 system. Two stars, labeled A and B, are shown as red dots at the ends of a horizontal axis. A blue dot, labeled 'Kepler-16b', is positioned above the axis. A dashed circle represents the planet's orbit around the center of mass, labeled 'G'. The angle between the line connecting G to star A and the line connecting G to star B is approximately 167°.

La planète Kepler-16b tourne autour du centre d'inertie G du système sur une **orbite quasi circulaire de rayon d**

Sa période a pu être déterminée par la méthode des transits car la planète passe périodiquement devant les étoiles et masque une partie infime de leur lumière.

Sa période de révolution est **T = 228.776 jours**.

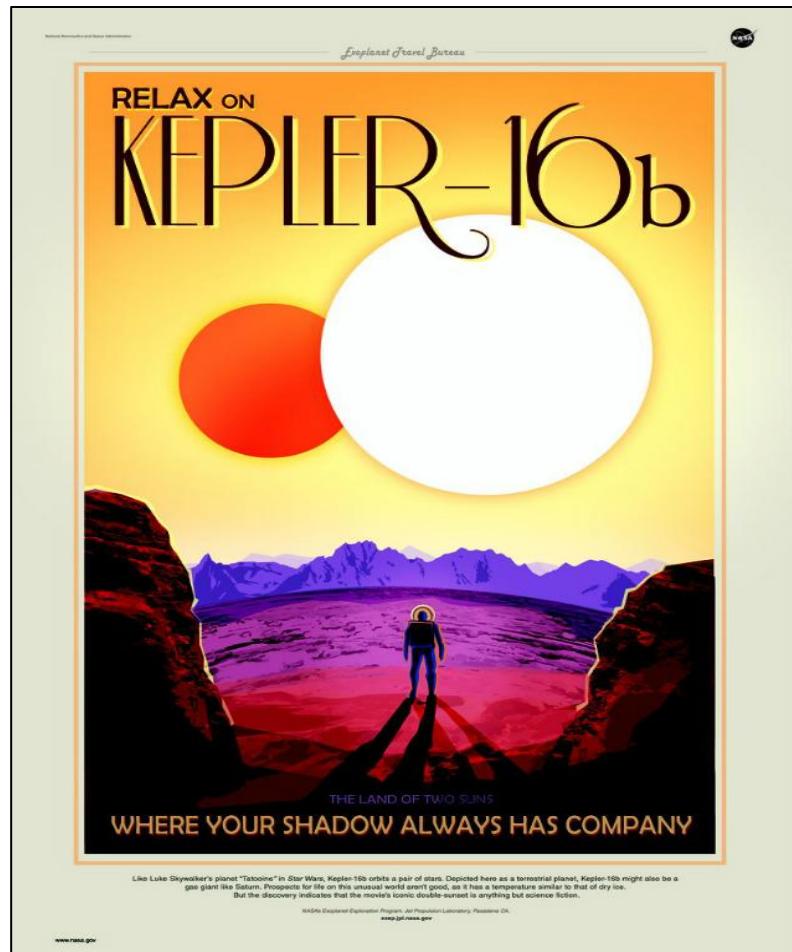
On a pu aussi déterminer sa masse : **m = 6.26x10²⁶ kg** et sa taille : rayon **r = 53900 km**

La planète passant devant une des 2 étoiles et faisant donc baisser la luminosité globale perçue de la Terre. (*Il est évidemment impossible de distinguer optiquement une planète à 197 al de distance comme sur cette image*)

Planet b

- 1- Trouver sur le document 3 les traces du passage de Kepler-16b et déterminer sa période de révolution T.
- 2- Exprimer de façon vectorielle la force d'attraction gravitationnelle exercée par le centre de masse G des deux étoiles sur la planète en utilisant un vecteur unitaire de votre choix, puis représenter cela sur le schéma du document 4. On expliquera la signification de chaque terme utilisé et leurs unités.
- 3- En utilisant la seconde loi de Newton et les propriétés d'accélération du mouvement circulaire uniforme démontrer que la vitesse orbitale de cette planète peut s'exprimer sous la forme $v = \sqrt{\frac{GxM}{d}}$.
- 4- On peut exprimer la troisième loi de Kepler sous la forme

$$\frac{d^3}{T^2} = \frac{GxM}{4x\pi^2}$$
. Calculer le rayon d de l'orbite de cette planète. (données : $G = 6.674x10^{-11}$ SI ; masse de l'étoile A : 1.37×10^{30} kg ; masse de l'étoile B : 4.04×10^{29} kg)
- 5- La NASA a réalisé une affiche pour célébrer cette découverte (voir ci-contre). Nous allons vérifier si cette affiche est réaliste ou non.
 - 5-1- Calculer la valeur de l'accélération de la pesanteur g_0 à la surface de cette planète et la comparer à celle de la Terre $g_0(\text{Terre}) = 9.81 \text{ m/s}^2$.
 - 5-2- Serait-il aisément de tenir debout sur cette planète ?



EXERCICE II : JAVEL

Document 1 : Une étiquette d'eau de Javel porte, entre autres, les recommandations suivantes :

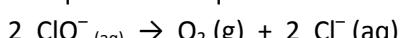
Document 2 :

L'eau de Javel est une solution aqueuse de chlorure de sodium $\{\text{Na}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)}\}$ et d'hypochlorite de sodium $\{\text{Na}^+_{(aq)} + \text{ClO}^-_{(aq)}\}$.

Les propriétés désinfectantes de l'eau de Javel sont dues à l'ion hypochlorite $\text{ClO}^-_{(aq)}$.

La concentration d'une eau de Javel est définie par le degré chlorométrique ($^\circ\text{Chl}$) :

- Plus le degré chlorométrique est élevé, plus la concentration en ions hypochlorite est grande.
- Les ions hypochlorite réagissent en présence d'eau en milieu basique selon l'équation :



Cette réaction se fait plus vite au contact de la lumière.



EAU de JAVEL

DESINFECTE-DETACHE-BLANCHIT

MODE D'EMPLOI :

L'EAU de JAVEL est parfait pour blanchir, nettoyer, désinfecter.

Emb 59205A

PRECAUTIONS :

1 L – 5 L – 20 L – 25 L – 30 L – 60 L – 210 L

Conserver hors de portée des enfants,
Après contact avec les yeux ou la peau, se laver immédiatement et abondamment à l'eau pure.

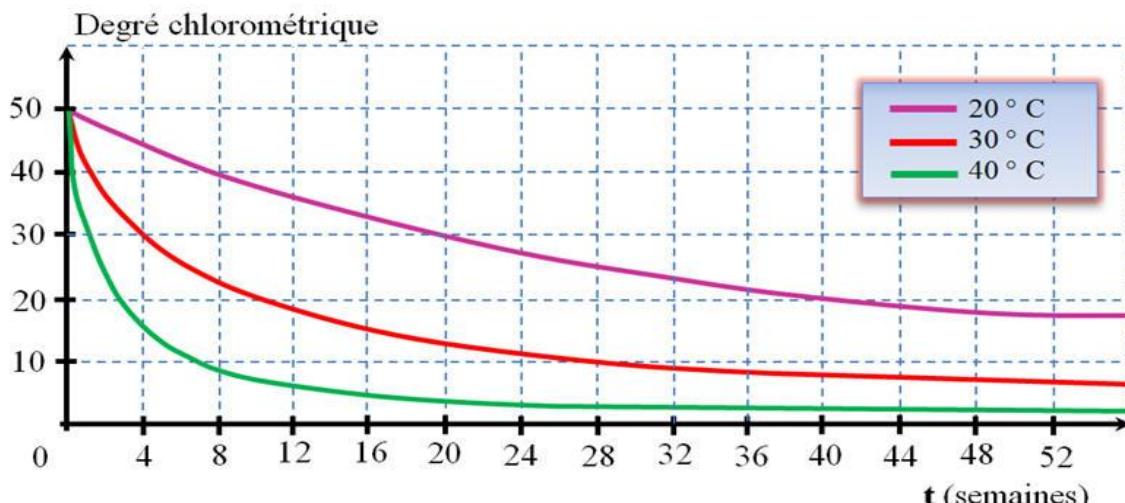
Au contact d'un acide, dégage un gaz toxique.
Ne pas mélanger avec l'ammoniaque ou des détartrants.

En cas d'absorption, ne pas faire vomir, ne pas boire.
Appeler un médecin, l'hôpital le plus proche ou le centre anti poison.

A conserver au frais et à l'abri de la lumière et du soleil.

Document 3 :

Le graphique représente l'évolution du degré chlorométrique en fonction du temps :



Questions

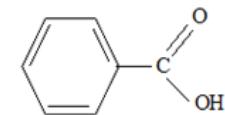
1- Facteurs cinétiques :

- 1-1- Par lecture graphique, donner les temps de demi-réaction pour les trois courbes.
- 1-2- Un facteur cinétique est mis en évidence : lequel ?
- 1-3- La recommandation : « À conserver au frais » vous semble-t-elle justifiée ?
- 2- Aucun délai d'utilisation ne figure sur les flacons d'eau de Javel (12°Chl) contrairement aux berlingots (48°Chl). Justifier la différence. Quel facteur cinétique est alors mis en évidence ?
- 3- Autres facteurs cinétiques :
 - 3-1- L'eau de Javel est commercialisée dans des récipients opaques. Pourquoi ?
 - 3-2- Quel facteur cinétique est mis en évidence ?
 - 3-3- Quelle recommandation mentionnée sur l'étiquette est en accord avec cette observation ?
- 4- La réaction de décomposition de l'eau de Javel peut aussi être accélérée grâce à des ions métalliques en solution.
 - 4-1- A quel type de catalyse a-t-on alors affaire ?
 - 4-2- Pourquoi une petite quantité de ces ions métalliques est-elle suffisante ?

EXERCICE III : Conservateur

Document 1 : Le conservateur E210

Il s'agit de l'acide benzoïque, un solide blanc à température ambiante, aux propriétés bactéricides et fongicides, de formule C_6H_5COOH et de masse molaire $M = 122 \text{ g.mol}^{-1}$.



La dose journalière admissible (DJA) est de 5 milligramme par kilogramme de masse corporelle (mg/kg). De nombreux produits alimentaires contiennent entre **200 et 5000 mg/kg**, sans que l'étiquette n'indique de valeur précise.

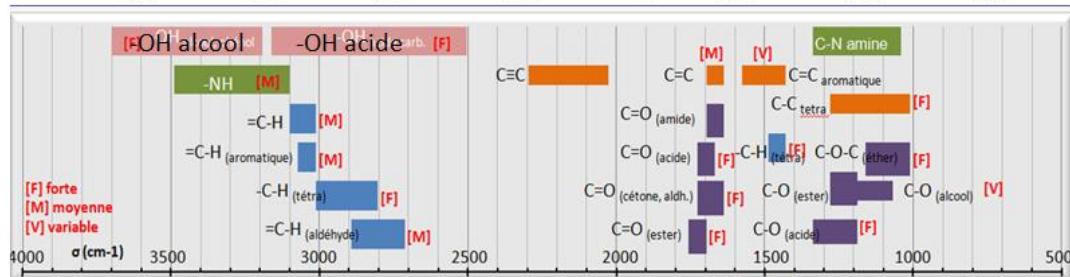
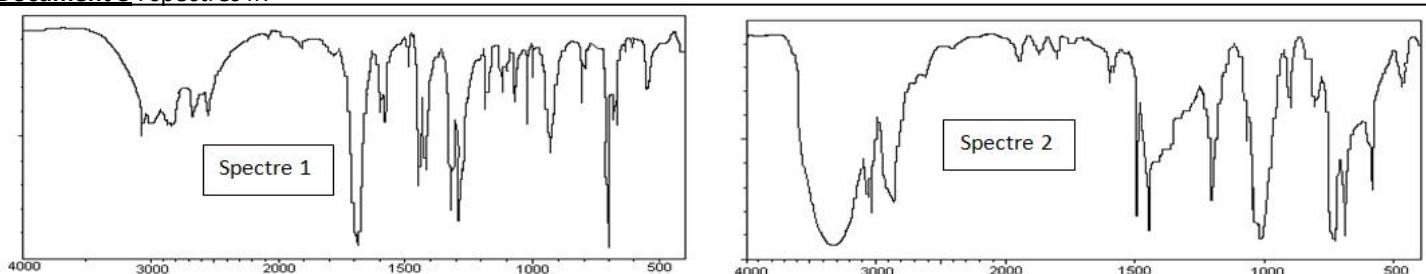
Document 2 : Extraction et titrage de l'acide benzoïque

L'étiquette d'un soda mentionne la présence d'acide benzoïque, sans pour autant en préciser la quantité. Comme le soda contient d'autres acides, il faut d'abord extraire l'acide benzoïque en utilisant le toluène comme solvant extracteur.

Pour 100 mL de soda on recueille, après filtration, une masse de solide blanc $m=0,30\text{g}$.

Pour déterminer la pureté de l'acide benzoïque récupéré par extraction, on réalise un dosage pH-métrique. La totalité du solide obtenu est dissoute de manière à obtenir 250 mL de solution notée S. On prélève 25,0 mL de solution S que l'on va doser par une solution d'hydroxyde de sodium (Na^+, HO^-) de concentration $1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$

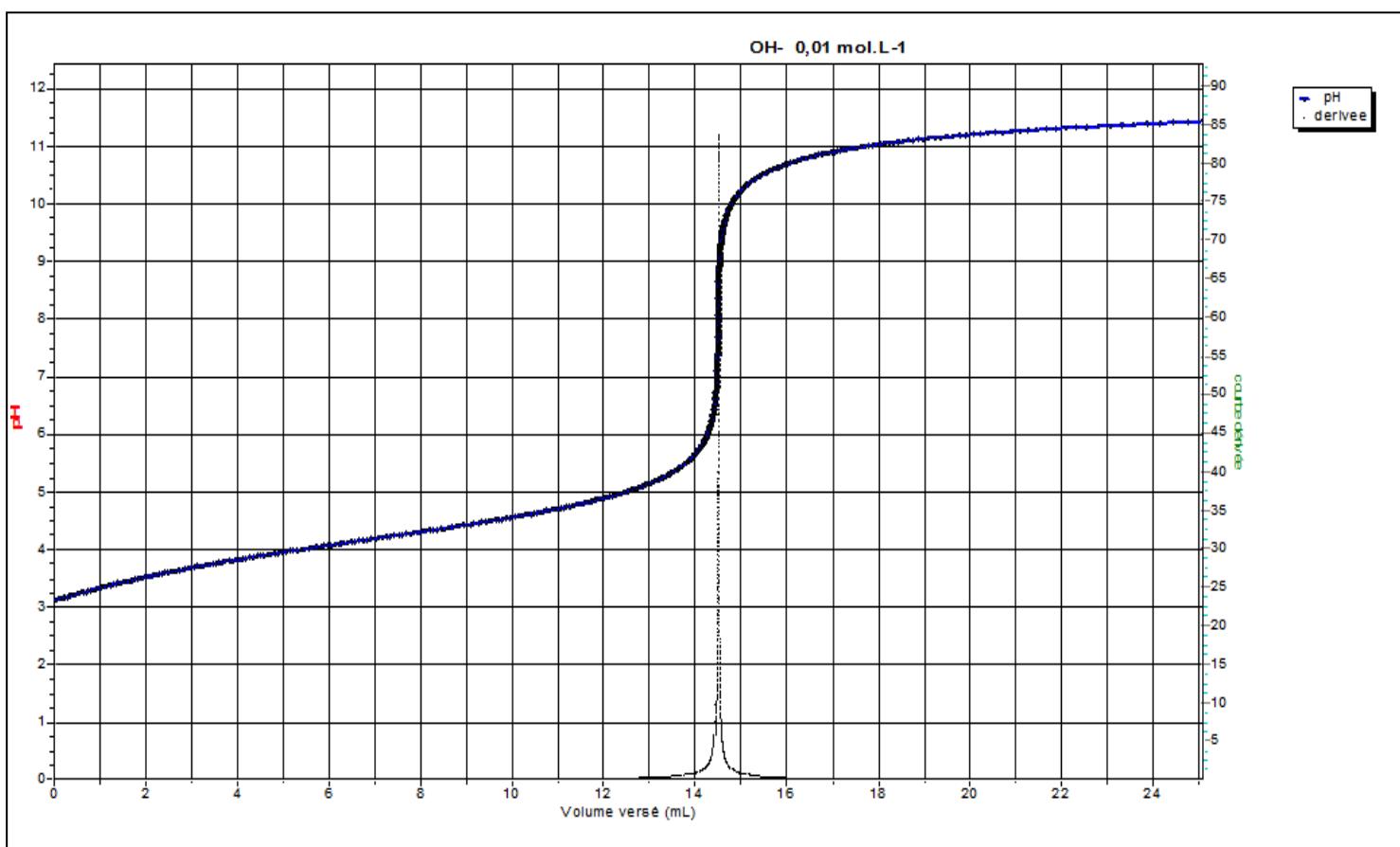
Document 3 : spectres IR



Document 4 : Zone de virage indicateurs colorés

Indicateur coloré	Zone de virage
Rouge de méthyle	4,2-6,2
Bleu de bromophénol	3,0-4,6
Rouge de crésol	7,2-8,8

Document 5 : Courbe du titrage de l'acide benzoïque par l'hydroxyde de sodium



Questions :

1. Faire un schéma annoté du dispositif utilisé pour réaliser ce titrage.
2. Ecrire, avec les formules développées, l'équation de la réaction de dosage de l'acide benzoïque.
3. Déterminer le volume V_E et le pH à l'équivalence. Justifier
4. Exprimer *littéralement* le pKa du couple acide benzoïque/ion benzoate.
5. A la demi-équivalence, le $pK_a = pH$. En déduire graphiquement le pKa du couple acide benzoïque/ion benzoate.
6. En utilisant les résultats du dosage, calculer la concentration en acide benzoïque dans le soda. Justifier.
7. Calculer le volume de soda qu'un enfant de masse 30kg doit boire pour dépasser la D.J.A.
8. Quel indicateur coloré parmi les trois proposés ci-dessous aurait-on pu choisir si le dosage avait été réalisé par colorimétrie ? Justifier.
9. Dans le document 2, le spectre IR de deux molécules est donné. Lequel correspond à l'acide benzoïque.