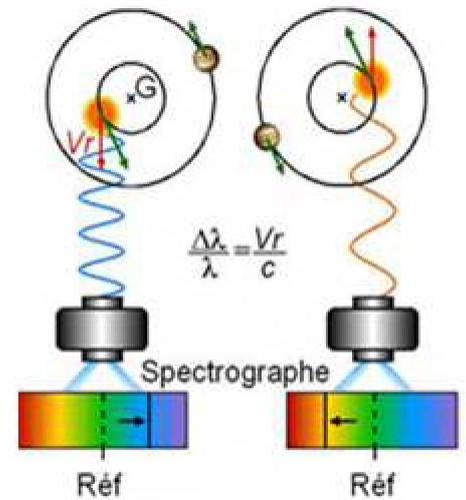
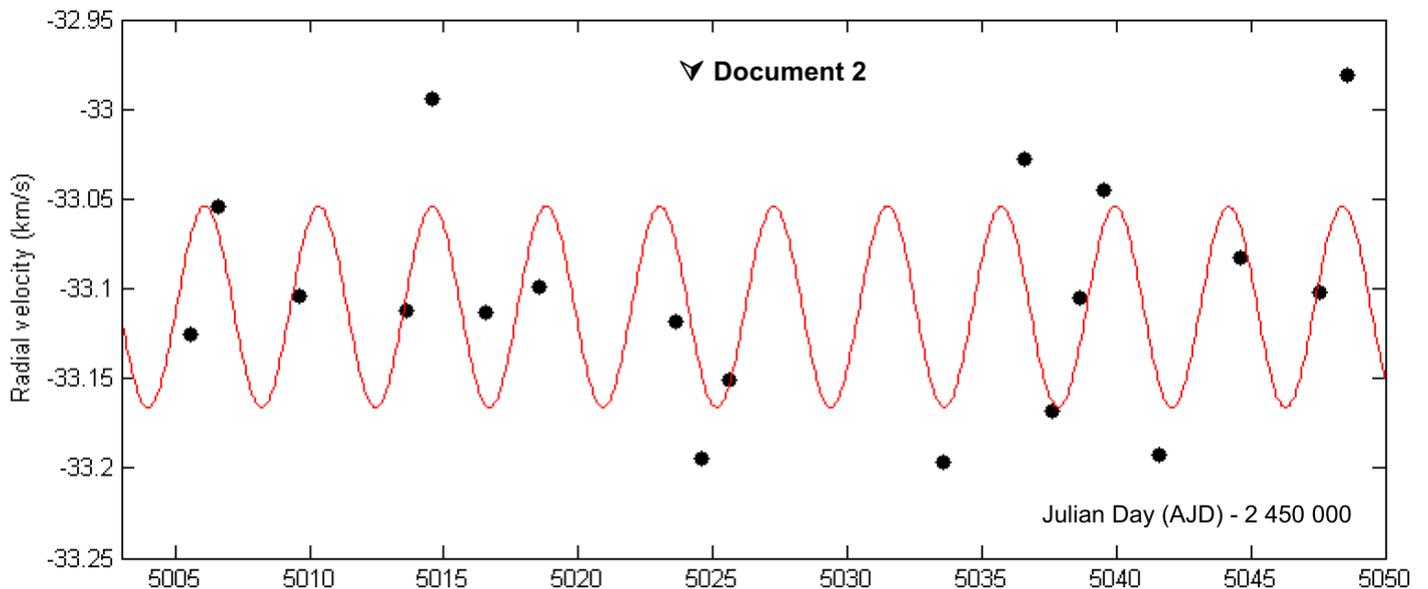


I. Étoile et exoplanète (10 points)

- La plupart des exoplanètes connues aujourd’hui ont été détectées indirectement par l’effet Doppler-Fizeau qu’elles engendrent sur le spectre de leur étoile (perturbation gravitationnelle).
- L’exoplanète et son étoile tourne autour du barycentre de leur masse. Ce mouvement de l’étoile par rapport à l’observateur sur Terre engendre un effet Doppler sur la lumière de l’étoile :
 - Quand l’étoile avance vers la Terre, son spectre (et donc ses raies spectrales) est décalé vers les hautes fréquences.
 - Quand l’étoile s’éloigne de la Terre, son spectre (et donc ses raies spectrales) est décalé vers les basses fréquences.
- A partir de ce décalage des raies du spectre on peut calculer la vitesse de l’étoile par rapport à la Terre. Ainsi, pour une étoile sans planète on observe une vitesse radiale constante. De plus, si cette vitesse est négative, l’étoile se rapproche de l’observateur.
- En utilisant cette méthode, on a établi ci-dessous la courbe donnant la vitesse de l’étoile *51Peg* par rapport à la Terre sur une cinquantaine de jours (Julian Day).



▲ Document 1



1. L'étoile 51Peg

- 1.1. Comment, à l’aide de cette courbe, peut-on facilement justifier qu’une exoplanète est présente autour de cette étoile ?
- 1.2. Déterminer graphiquement la vitesse moyenne *V* de l’étoile *51Peg* par rapport à la Terre.
- 1.3. En déduire si cette étoile se rapproche ou s’éloigne de la Terre. Comment nomme-t-on alors ce décalage en fréquence des raies observées dans le spectre de cette étoile ?

2. L'exoplanète 51Peg b

- L'exoplanète 51 Pegasi b (abrégé 51Peg b), informellement nommée *Bellérophon1*, est une planète de masse $m = 9 \times 10^{26}$ kg située à environ 50 années-lumière de la Terre en orbite à une distance R de l'étoile 51 Pegasi de masse M dans la constellation de Pégase. Première exoplanète découverte (1995) autour d'une étoile de la séquence principale, elle constitue le prototype de la classe des Jupiter chauds.

Caractéristiques de l'orbite de l'exoplanète 51Peg b

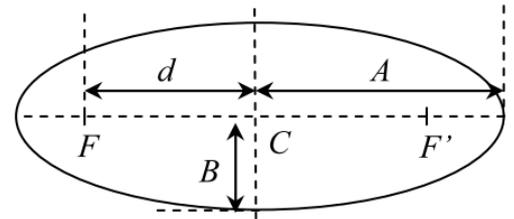
- Demi-grand axe : $A = 7,95 \times 10^6$ km
- Excentricité : $e = \frac{d}{A} = 0,01$
- Période de révolution : $T = 4,2307$ jours

Données

- Pour une trajectoire circulaire, $A = B = R$
- $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ S.I. (unités du Système International)

$$\text{➤ } F = G \times \frac{m \times M}{R^2}$$

$$\text{➤ Troisième loi de Kepler : } \frac{T^2}{A^3} = \frac{4\pi^2}{G \times M}$$



▲ Document 3

- 2.1. Comment se nomme précisément la grandeur G ?
- 2.2. D'après la première loi de Kepler, où peut-on placer l'étoile 51Peg sur le schéma du document 3 si l'ellipse représente l'orbite de l'exoplanète 51Peg b ? Justifier votre réponse.
- 2.3. Sachant qu'un cercle est une ellipse dont les foyers sont confondus avec le centre C, montrer à partir des caractéristiques de l'orbite que l'exoplanète 51Peg b possède une trajectoire quasi-circulaire.
- 2.4. En déduire à l'aide de la 2^{ème} loi de Newton (ou de la 2^{ème} loi de Kepler) que le mouvement de cette planète est uniforme. Rappels sur le repère de Frenet : $\vec{a} = a_N \vec{n} + a_T \vec{t}$ avec $a_N = \frac{v^2}{R}$ et $a_T = \frac{dv}{dt}$.
- 2.5. En utilisant la courbe du document 2, retrouver en détaillant les calculs la période de révolution T de l'exoplanète 51Peg b dans l'unité du système international.
- 2.6. Démontrer que l'expression littérale de la vitesse orbitale de l'exoplanète 51Peg b est : $v = \sqrt{\frac{G \times M}{R}}$.
- 2.7. Déterminer la valeur de v avec $R = 8,0 \times 10^6$ km. Lors de la découverte de la planète 51Peg b, la masse de l'étoile 51Peg était déjà connue : $M = 2,1 \times 10^{30}$ kg.
- 2.8. Retrouver, à l'aide des valeurs fixées par l'énoncé et de la 3^{ème} loi de Kepler, le rayon R' de l'orbite de 51Peg b.

II. L'acide lactique (10 points)

- Le lait de vache est un liquide biologique de densité 1,03. Il est constitué de 87 % d'eau, 4,7 % de lactose et de 3,5 à 4 % de matières grasses (proportions en masse). Il renferme aussi de la caséine, des vitamines A et D, et des ions minéraux : calcium, sodium, potassium, magnésium, chlorure...
- L'industrie laitière met en œuvre divers contrôles de qualité du lait, avant de procéder à sa transformation (production de yaourts par exemple) ou à sa commercialisation. Cet exercice est consacré la détermination de l'acidité Dornic.

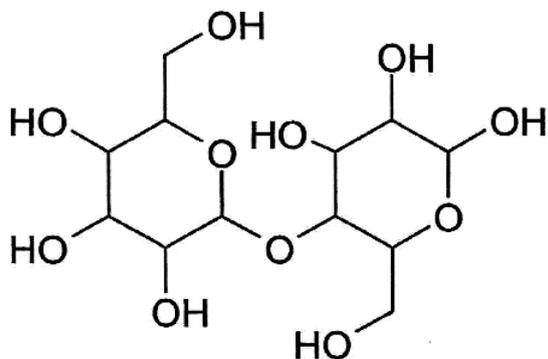
Données

- pK_A (acide lactique/ion lactate) = 3,86
- Masses molaires de l'acide lactique : $M = 90,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
- Couleurs et zone de virage d'indicateurs colorés acido-basiques usuels :

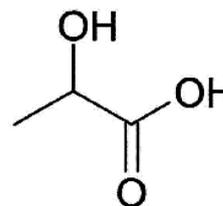
Indicateur coloré	Teinte de la forme acide	Zone de virage	Teinte de la forme basique
Hélianthine	rouge	$3,1 \leq \text{pH} \leq 4,4$	jaune
Bleu de bromothymol	jaune	$6,0 \leq \text{pH} \leq 7,6$	bleu
Phénolphtaléine	incoloré	$8,0 \leq \text{pH} \leq 10$	rosé

Document : L'échelle d'acidité Dornic

- Un lait frais est légèrement acide, son pH est compris entre 6,6 et 6,8. Cependant, le lactose subit naturellement une dégradation biochimique progressive sous l'effet des bactéries, et il se transforme en acide lactique. En conséquence, plus le pH du lait est faible et moins il est frais.



Lactose C₁₂H₂₂O₁₁



Acide lactique C₃H₆O₃

- L'industrie laitière utilise le degré Dornic pour quantifier l'acidité d'un lait. Cette unité doit son nom à Pierre Dornic (1864 - 1933), ingénieur agronome français.
- Un degré Dornic (1 °D) correspond à 0,1 g d'acide lactique par litre de lait.**
- Pour être considéré comme frais, un lait doit avoir une acidité inférieure ou égale à 18 °D.
- Entre 18 °D et 40 °D, le lait caille (il « tourne ») lorsqu'on le chauffe ; c'est la caséine qui floccule. Au-delà de 40 °D, il caille à température ambiante.
- Les yaourts ont une acidité Dornic généralement comprise entre 80 °D et 100 °D.

1. Etude de la molécule d'acide lactique

- Donner la formule semi-développée de l'acide lactique et entourer les groupes caractéristiques en les nommant.
- Après avoir défini un carbone asymétrique, repérer par un astérisque (*) le carbone asymétrique de la molécule d'acide lactique sur la formule semi-développée précédente.
- Donner la formule de Cram des deux stéréoisomères liés au carbone asymétrique. Comment nomme-t-on ces deux stéréoisomères ?

2. Titrage pH-métrique de l'acide lactique contenu dans le lait

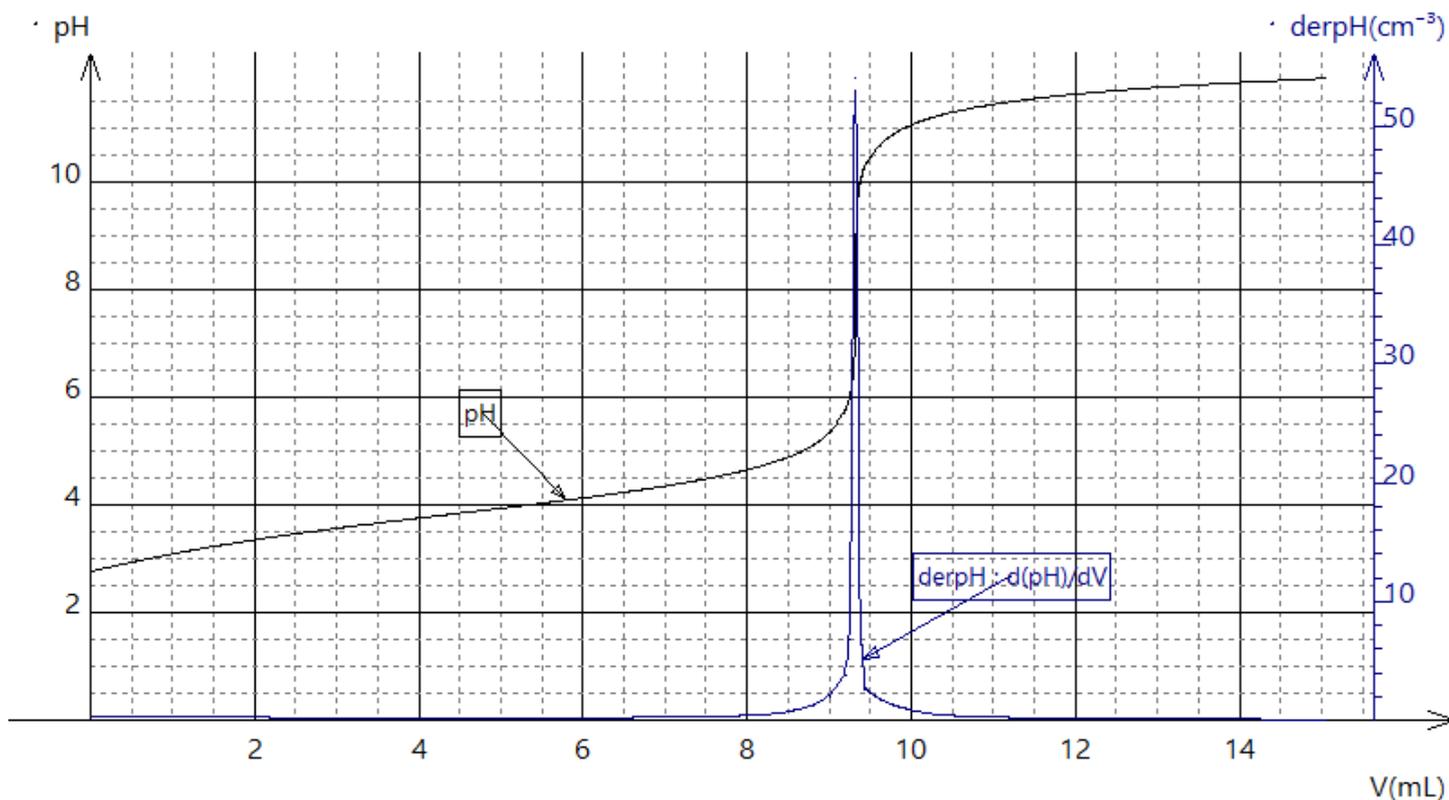
- Un technicien dose l'acidité d'un lait. Il réalise le titrage pH-métrique à l'aide d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ou solution de soude ($\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})}$) à $0,0500 \text{ mol.L}^{-1}$. Il prélève $V_A = 20,0 \text{ mL}$ de lait, verse un volume V de solution de soude en agitant le mélange. Il relève le pH du mélange et trace la courbe $\text{pH} = f(V)$ ci-dessous.
- On admettra que l'acidité du lait est uniquement due à l'acide lactique.

2.1. Définir un acide. Donner la formule brute de la base conjuguée de l'acide lactique.

2.2. Pour un $\text{pH} = 4,2$, quelle est la forme prédominante de l'acide lactique ? Justifier votre réponse.

- Pour la suite du problème, l'acide lactique sera simplement noté AH.
- L'équation de la réaction support du titrage, en supposant que le seul acide présent dans le lait est l'acide lactique est : $\text{AH}_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})} \rightarrow \text{A}^-_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}$

2.3. Par la méthode de votre choix, déterminer, à $0,1 \text{ mL}$ près, le volume V_E à l'équivalence ainsi que la valeur du pH à l'équivalence.



2.4. Quel indicateur de fin de réaction pourrait-on utiliser pour repérer l'équivalence. Justifier votre réponse.

2.5. Rappeler la définition de l'équivalence et écrire la relation entre les quantités de matière des réactifs.

2.6. Mini-problème : Le lait dosé est-il frais ? Un raisonnement argumenté et des calculs rigoureux sont attendus. Tout début de raisonnement sera valorisé.

Avec ou sans bonus ? A vous de choisir

- Je vous propose 0,5 point bonus ou 1,5 point bonus mais si plus de 10% des élèves choisissent 1,5 point de bonus, personne n'a de point bonus. Quel est votre choix personnel ?

0,5 point ; 1,5 point