

CALCULATRICE AUTORISEE

Durée : 3h30min

(Tiers-temps : 4h10min)

Les portables seront éteints et placés dans le sac (ou cartable).

Le sac sera déposé aux extrémités de la salle

Cette feuille servira de brouillon

CONTENU :

Rappel : vous ne devez traiter que 3 exercices parmi les 4.

	Titre	Points	Enoncé pages	Annexe à rendre page
I	Les ultrasons au service de la santé	7	2-3	
II	Détartrant à base d'acide lactique	8	4-5	10-11
III	<u>Non-spécialistes</u> : De Hubble à James Webb -	5	6-7	
IV	<u>Spécialistes seulement</u> : Eau potable ou non ? -	5	8-9	12

I. Les ultrasons au service de la santé (7 points)

- Les ultrasons sont des ondes mécaniques très utilisées en médecine pour le diagnostic (échographie et échographie Doppler) mais aussi pour la thérapie (destruction de tumeurs, de calculs rénaux). L'objectif de cet exercice est d'étudier diverses applications médicales utilisant les ultrasons.

1. Généralités sur les ultrasons

- 1.1. Donner la définition d'une onde mécanique.
- 1.2. Les ondes ultrasonores sont-elles des ondes longitudinales ou transversales ? Justifier.
- 1.3. Dans quel domaine de fréquences se situent les ultrasons ?
- 1.4. Donner une valeur approchée de la célérité des ultrasons dans l'air (à 25°C).
- 1.5. La célérité des ultrasons dans les os humains est de $4,0 \times 10^3 \text{ m.s}^{-1}$. Comparer cette valeur à celle des ultrasons dans l'air. Comment pouvez-vous expliquer cette différence de vitesse ?

2. L'échographie

- Le principe de l'échographie est le suivant : une sonde émet une série d'impulsions (salve) d'ultrasons qui pénètre dans l'organisme. Lorsqu'elles changent de milieu (interface tissus musculaire-os par exemple) une partie est renvoyée vers la sonde. La mesure de durée séparant l'émission d'une impulsion de la réception de l'écho correspondant permet de connaître la position de l'interface par rapport à la sonde.
 - Pour fragmenter les calculs rénaux, il est nécessaire de les localiser avec précision. Pour cela, on utilise l'échographie. On cherche à déterminer par échographie à quelle distance D de la surface de la peau se situe un calcul. La durée entre l'émission et la réception d'une salve d'ultrasons est $\Delta t = (0,052 \pm 0,001) \text{ ms}$ pour un niveau de confiance de 95%.
 - La vitesse de propagation des ultrasons dans l'organisme est $v = (1540 \pm 1) \text{ m.s}^{-1}$ (niveau de confiance de 95%).
- 2.1. Déterminer la distance D.
 - 2.2. Calculer l'incertitude relative sur D pour un niveau de confiance de 95%. La mesure est-elle de bonne qualité ? Justifier.

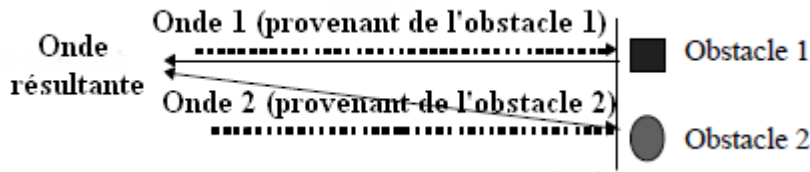
Donnée : Formule de l'incertitude relative sur D :
$$\frac{U(D)}{D} = \sqrt{\left(\frac{U(v)}{v}\right)^2 + \left(\frac{U(\Delta t)}{\Delta t}\right)^2}$$

- 2.3. Quelle est la source d'erreur prépondérante ? Justifier.

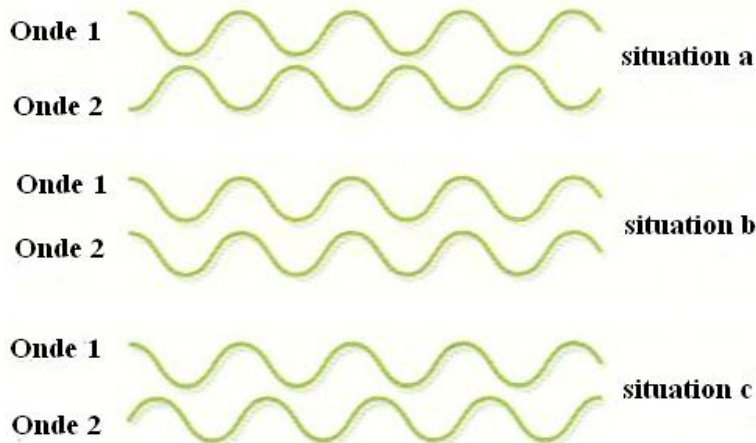
- L'aspect en grain d'une image échographique appelé *speckle* résultent d'interférences destructives et constructives. En effet, l'onde ultrasonore envoyée par la sonde va rencontrer plusieurs obstacles proches les uns des autres. Ceux-ci vont renvoyer l'onde ultrasonore. Ces obstacles peuvent donc être considérés comme des sources ponctuelles d'ondes qui interféreront (voir schéma ci-dessous)



d'après DEA Echographie 2002, Christian Cachard et Olivier Basset).



- 2.4. Indiquer, en justifiant, parmi les trois situations proposées a, b, c, quelle situation correspond à des interférences destructives.

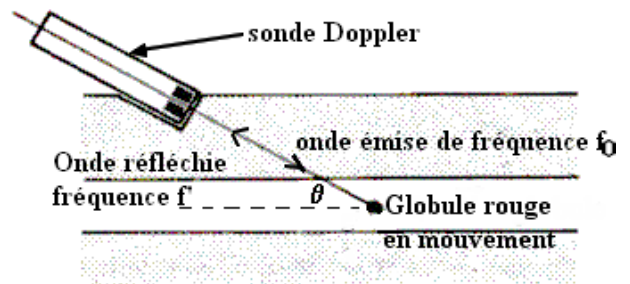


- 2.5. Dessiner l'onde résultante dans le cas d'interférences constructives.

- 2.6. Rappeler les conditions d'interférences destructives. On notera δ la différence de parcours (ou différence de marche) des deux ondes 1 et 2 et λ la longueur d'onde des ondes 1 et 2.

3. L'échographie Doppler

- Cette technique basée sur l'effet Doppler permet de déterminer la vitesse des globules rouges et donc celle de l'écoulement du sang.
- Le schéma de principe de cette technique est donné ci-contre.



- 3.1. Expliquer qualitativement ce qu'est l'effet Doppler.

- On souhaite mesurer la vitesse v du sang dans un vaisseau sanguin. Pour cela, on utilise une sonde Doppler qui émet des ultrasons de fréquence $f_0 = 5,3 \text{ MHz}$. La célérité des ultrasons est $c = 1540 \text{ m.s}^{-1}$ dans le milieu considéré.

- 3.2. Y a-t-il diffraction de l'onde ultrasonore par un globule rouge ? Justifier.

Donnée : Diamètre d'un globule rouge : $a = 5 \mu\text{m}$

- On observe que $f' - f_0 = 298 \text{ Hz}$ pour un angle $\theta = 30^\circ$. La relation qui lie v à $f' - f_0$ est la suivante :

$$\left| \frac{f' - f_0}{f_0} \right| = \frac{2v \times \cos \theta}{c}$$

- 3.3. Vérifier l'homogénéité de la relation à l'aide d'une analyse dimensionnelle (ou analyse avec les unités du système international)

- 3.4. Déterminer la vitesse v d'écoulement du sang en cm.s^{-1} .

- 3.5. Les globules rouges s'éloignent-ils ou se rapprochent-ils de la sonde Doppler ? Justifier.

II. Détartrant à base d'acide lactique

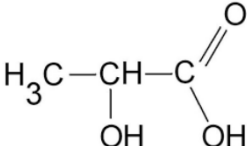
- Ennemi numéro un des cafetières, le tartre s'y installe au quotidien. Il peut rendre ces machines inutilisables et altérer le goût du café. Pour préserver ces appareils, il est donc indispensable de les détartrer régulièrement.
- Plusieurs fabricants d'électroménager recommandent d'utiliser des détartrants à base d'acide lactique ; en plus d'être efficace contre le tartre, cet acide est biodégradable et non corrosif pour les pièces métalliques se trouvant à l'intérieur des cafetières.
- Après une étude de la réaction entre l'acide lactique et l'eau, on vérifiera par un titrage la teneur en acide lactique dans un détartrant et on s'intéressera à l'action de ce détartrant sur le tartre.

Les parties 1, 2 et 3 sont indépendantes les unes des autres.

1. L'acide lactique

- Le détartrant à base d'acide lactique est conditionné sous forme liquide dans un petit flacon. La notice d'utilisation indique qu'il faut verser la totalité de son contenu dans le réservoir de la cafetière et qu'il faut ajouter de l'eau.
- Après ajout de l'eau, le pH de la solution aqueuse d'acide lactique vaut 1,9.

➤ **Données** : Caractéristiques de l'acide lactique.

Formule semi-développée	Masse molaire	Constante d'acidité (à 25°C) du couple acide lactique / ion lactate noté AH/A ⁻
	M = 90,0 g.mol ⁻¹	K _A = 1,3 × 10 ⁻⁴

1.1. La molécule d'acide lactique

- 1.1.1 Ecrire la molécule d'acide lactique en représentation de Cram autour du 2^{ème} carbone de la molécule. Entourer et nommer le groupe caractéristique responsable de l'acidité de la molécule.
- 1.1.2 Quel est le nom de l'acide lactique en nomenclature officielle choisi dans le tableau suivant ?

Acide 2-hydroxy -3-propanoïque	Acide 2-hydroxy méthanoïque	Acide 2-hydroxy éthanoïque	Acide 2-hydroxy propanoïque
-----------------------------------	--------------------------------	-------------------------------	--------------------------------

1.1.3 Cette molécule est-elle chirale ? Justifier.

1.1.4 Les spectres IR et RMN de l'acide lactique sont donnés **en annexe page 10**. Les exploiter pour montrer que chacun d'entre eux apportent des informations complémentaires sur cette molécule organique.

1.2. Réaction de l'acide lactique avec l'eau

- 1.2.1 On note AH la molécule d'acide lactique. Écrire l'équation de la réaction de l'acide lactique avec l'eau.
- 1.2.2 Donner l'expression de la constante d'acidité K_A du couple acide lactique/ion lactate noté AH/A⁻.
- 1.2.3 Quelle est l'espèce qui prédomine dans la solution de détartrant ?

2. Titrage de l'acide lactique dans un détartrant

- Sur l'étiquette de la solution commerciale de détartrant, on trouve les indications suivantes : « **contient de l'acide lactique, 45 % en masse** ».
- **Donnée** : masse volumique du détartrant : ρ = 1,13 kg.L⁻¹.
- Afin de déterminer la concentration molaire C en acide lactique apporté dans la solution de détartrant, on réalise un titrage acido-basique.
- La solution de détartrant étant trop concentrée, on prépare par dilution une solution 10 fois moins concentrée (on note c_d la concentration de la solution diluée).

2.1. Dilution

- On dispose des lots de verrerie A, B, C, D suivants :

Lot A	Lot B	Lot C	Lot D
Pipette jaugée 5,0 mL Bécher 50 mL Eprouvette 50 mL	Pipette jaugée 10,0 mL Fiole jaugée 1,000 L	Pipette jaugée 10,0 mL Fiole jaugée 100,0 mL	Eprouvette graduée 10 mL Fiole jaugée 100,0 mL

- Choisir le lot de verrerie permettant de réaliser la dilution le plus précisément possible. Justifier l'élimination des trois autres lots de verrerie.

2.2. Titrage acido-basique

- On réalise le titrage pH-métrique d'un volume $V_A = 5,0$ mL de solution diluée par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})}$) de concentration molaire en soluté apporté $c_B = 0,20$ mol.L⁻¹. On obtient la courbe de **la figure 2 de la page 11**
- L'équation de la réaction support du titrage est la suivante : $\text{AH}_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})} \longrightarrow \text{A}^-_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}$ (on note AH la molécule d'acide lactique).

2.2.1 Déterminer graphiquement **sur la figure 2 de la page 11**, le volume V_E de solution d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence.

2.2.2 En précisant la démarche suivie, calculer la concentration c_d en acide lactique dans la solution diluée.

2.2.3 En déduire la valeur de la concentration molaire C en acide lactique dans le détartrant.

2.2.4 Calculer la masse d'acide lactique présente dans 1,00 L de détartrant.

2.2.5 Montrer que le pourcentage massique d'acide lactique présent dans le détartrant est cohérent avec l'indication de l'étiquette.

3. Action du détartrant sur le tartre

- Dans cette partie, on cherche à évaluer le temps nécessaire à un détartrage efficace, en étudiant la cinétique d'une transformation réalisée au laboratoire.
- Le tartre est essentiellement constitué d'un dépôt solide de carbonate de calcium de formule CaCO_3 . Lors du détartrage, l'acide lactique réagit avec le carbonate de calcium suivant la réaction d'équation :
$$\text{CaCO}_{3(\text{s})} + 2 \text{AH}_{(\text{aq})} \rightarrow \text{CO}_{2(\text{g})} + \text{Ca}^{2+}_{(\text{aq})} + 2 \text{A}^-_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$$
- Dans la cafetière, on verse la solution de détartrant de telle sorte que l'acide lactique soit en excès par rapport au carbonate de calcium. On mesure la surpression due au dioxyde de carbone produit lors de la réaction qui se déroule à la température constante de 298 K. Cette surpression est équivalente à la pression du dioxyde de carbone seul dans le ballon. On détermine ainsi l'avancement x de la réaction au cours du temps.

Voir figure 3 de la page 11.

- 3.1. A partir de la figure 3 page 11, déterminer la valeur de l'avancement maximal x_{max} . Un tracé doit apparaître sur la figure 3.
- 3.2. En déduire la valeur de la masse m de carbonate de calcium présent dans la cafetière.
Données : $M(\text{Ca}) = 40,1$ g.mol⁻¹ ; $M(\text{C}) = 12,0$ g.mol⁻¹ ; $M(\text{O}) = 16,0$ g.mol⁻¹
- 3.3. Déterminer graphiquement le temps de demi-réaction $t_{1/2}$. La méthode doit apparaître sur **la figure 3 page 11**.
- 3.4. Lors du détartrage d'une cafetière, le mode d'emploi proposé conduit à utiliser une solution un peu plus concentrée en acide lactique et à chauffer cette solution. Quelle est la conséquence sur la durée de détartrage ?

III. Non-Spécialistes seulement : De Hubble à James Webb - 5 points

Dès 1923, Hermann Oberth mentionne l'intérêt d'un télescope spatial. En effet, un télescope terrestre reçoit des radiations filtrées par l'atmosphère terrestre qui absorbe des radiations électromagnétiques dans le domaine de l'infrarouge notamment. Par ailleurs un télescope spatial n'est pas sensible aux turbulences atmosphériques.

Le télescope spatial Hubble, du nom de l'astronome américain Edwin Hubble, a été lancé en 1990. Celui-ci souffrait au départ d'un défaut de courbure du miroir, non détecté avant la mise en orbite, qui provoquait des images floues. Après modification grâce à une mission spatiale, Hubble put enfin fournir ses premières images de l'Univers dans le domaine du spectre ultraviolet, visible et proche infrarouge. Le télescope Hubble, d'une masse $m = 11$ tonnes, est positionné sur une « orbite basse » à une altitude quasi constante $h = 600$ km de la surface de la Terre.

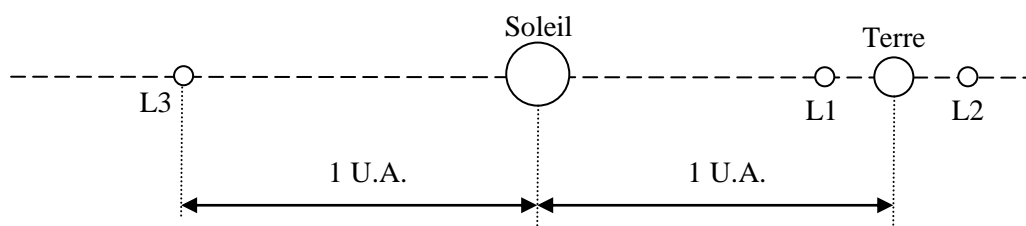
Le télescope spatial James Webb, du nom d'un administrateur de la NASA, doit succéder au télescope Hubble en 2018. Il sera lancé par une fusée Ariane 5. Le télescope spatial James Webb, d'une masse de 6200 kg, sera en orbite à une distance proche de 1,5 millions de kilomètres de la Terre en un point dénommé « point de Lagrange L2 » (voir documents 1 à 3 ci-dessous).

D'après www.wikipedia.fr, www.hubblesite.org et <http://www.jwst.nasa.gov>

Document 1 : Points de Lagrange

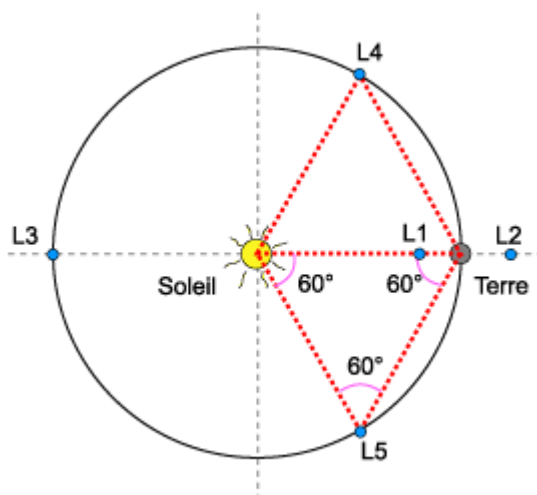
- En mécanique céleste, il est un sujet qui a passionné de nombreux mathématiciens : c'est le problème dit « des trois corps ». Joseph-Louis Lagrange étudia le cas d'un petit corps, de masse négligeable, soumis à l'attraction de deux plus gros : le Soleil et, par exemple, une planète. Il découvrit qu'il existait des positions d'équilibre pour le petit corps.
- Un point de Lagrange (il en existe 5, notés L1 à L5) est une position de l'espace où les champs de gravité de deux corps très massifs en orbite l'un autour de l'autre fournissent exactement la force centripète requise pour que ce point de l'espace accompagne simultanément la rotation des deux corps.
- Dans le cas où les deux corps sont en orbite circulaire, ces points représentent les endroits où un troisième corps de masse négligeable resterait immobile par rapport aux deux autres : il accompagnerait à la même vitesse angulaire leur rotation autour de leur centre de gravité commun sans que sa position par rapport à eux n'évolue. La sonde d'observation SoHO, destinée à observer le Soleil, a par exemple été placée au point L1.

Document 2 : Positions des points de Lagrange sur l'axe Soleil-Terre



Positions des points L1 à L3 sur l'axe Soleil-Terre - <http://fr.wikipedia.org>

Document 3 : Positions des cinq points de Lagrange dans le plan de l'écliptique



Positions des 5 points de Lagrange - <http://fr.wikipedia.org>

Données

- Constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$
- Masse du Soleil : $M_S = 1,99 \times 10^{30} \text{ kg}$
- Masse de la Terre : $M_T = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$
- Distance moyenne Soleil-Terre : $d = 149,6 \times 10^6 \text{ km}$ équivaut à 1 UA (unité astronomique)
- Rayon de la Terre : $R_T = 6370 \text{ km}$
- Durée d'une année terrestre : 365,25 jours

Les deux parties sont indépendantes

1. Première partie : étude de l'orbite du télescope spatial Hubble

- On étudie le système {télescope spatial Hubble} dans le référentiel géocentrique supposé galiléen en négligeant l'interaction gravitationnelle du Soleil avec le télescope.

1.1. Quelle est la trajectoire du télescope Hubble dans ce référentiel ?

1.2. A partir de la deuxième loi de Newton, montrer que, dans l'approximation d'une trajectoire circulaire, le mouvement du télescope Hubble est uniforme.

1.3. Montrer que l'expression de la valeur de la vitesse v du satellite dans le référentiel géocentrique est :

$$v = \sqrt{\frac{G \times M_T}{R_T + h}}$$

1.4. Etablir l'expression de sa période de révolution T en fonction de R_T , h et v .

1.5. Rappeler la troisième loi de Kepler.

Montrer que dans le cas du télescope spatial Hubble, on a la relation : $\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G \times M_T}$ où $r = R_T + h$ représente

la distance entre le centre de la Terre et le télescope spatial.

1.6. Calculer la période de révolution T du télescope spatial Hubble, exprimée en minutes.

2. Seconde partie : Etude de la mise en orbite du télescope spatial James Webb

- Le télescope spatial James Webb sera mis en orbite par le lanceur européen Ariane 5 depuis la base de lancement située à Kourou en Guyane. Dans cette partie on étudie tout d'abord le système {Ariane 5} (incluant tout son équipement y compris le télescope) dans le référentiel terrestre que l'on suppose galiléen pendant la durée de l'étude. Initialement le système {Ariane 5} est situé sur sa base de lancement. Le repère d'espace choisi est un axe vertical Oz orienté vers le haut. L'origine O est initialement confondue avec le centre d'inertie de la fusée de sorte que $z(0) = z_0 = 0$.

2.1. Lors de son décollage, la fusée Ariane 5 et son équipement possèdent une masse totale proche de $M = 780$ tonnes. La valeur F de la force de poussée générée par ses propulseurs est de $14,0 \times 10^6 \text{ N}$.

2.1.1 Déterminer la valeur P du poids de la fusée Ariane 5 au moment de son décollage.

Donnée : $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ (intensité de la pesanteur).

2.1.2 Déduire de la deuxième loi de Newton l'expression de la coordonnée a_z du vecteur accélération \vec{a} du lanceur Ariane 5 au moment de son décollage en fonction de M , F et g .

2.1.3 L'accélération reste constante si l'on peut négliger les forces de frottement fluide et si le champ de gravitation reste constant. On montre alors que l'altitude $z(t)$ du lanceur Ariane 5 est alors donnée par la

$$\text{relation : } z(t) = \frac{1}{2} \times \left(\frac{F}{M} - g \right) \times t^2$$

Calculer la valeur de l'altitude z du lanceur Ariane 5 au bout de 10 s dans ces conditions.

2.1.4 En réalité, l'altitude d'Ariane 5 est nettement plus faible au bout de 10 s. Proposer une explication énergétique.

- On envisage à présent le cas où le télescope James Webb aura atteint le point de Lagrange L2.

2.2. Pourquoi le point L2 a-t-il été choisi pour l'orbite du télescope James Webb plutôt que le point L1, alors qu'il est envisageable de placer plusieurs satellites au même point de Lagrange ?

IV. Spécialistes seulement : Eau potable ou non ?

- Le paranitrophénol (PNP) est un polluant organique qui se forme lors de la biodégradation de certains pesticides. Une exposition excessive à ce composé peut provoquer une méthémoglobinémie : c'est-à-dire une diminution de la capacité du sang à transporter le dioxygène dans les cellules. C'est la raison pour laquelle il faut surveiller sa présence dans les eaux de boisson.
- La valeur maximale de la concentration en PNP d'une eau potable autorisée par la commission européenne est $0,1 \mu\text{g.L}^{-1}$. En revanche, le seuil fixé par l'agence américaine de protection environnemental EPA (United States Environmental Protection Agency) est $60 \mu\text{g.L}^{-1}$, tandis que la valeur tolérée par le conseil environnemental brésilien est $100 \mu\text{g.L}^{-1}$.
- À l'occasion d'un stage dans un laboratoire d'analyse chimique aux USA, un groupe d'étudiants français met au point un protocole de dosage spectrophotométrique du PNP et le met en œuvre (document 1 page 9) pour étudier la potabilité d'une eau E destinée à la consommation sur le continent américain.
- L'objectif de cet exercice est de répondre de manière argumentée à la question que se posent les étudiants ingénieurs : **l'eau analysée est-elle potable ?**
- Pour construire et développer votre argumentation, vous mobiliserez vos connaissances et vous vous aiderez des deux documents fournis et des données, et vous répondrez au préalable aux questions suivantes.

1. Questions préalables

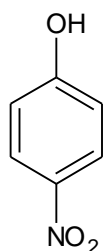
- 1.1. A partir de vos connaissances, qu'est-ce qu'une eau potable ?
- 1.2. Dans les conditions expérimentales mises en œuvre par les étudiants ($\text{pH} = 10,4$), sous quelle forme se trouve le PNP dans les solutions ?
- 1.3. Pourquoi est-il justifié de choisir une radiation visible plutôt qu'une radiation ultraviolette pour les mesures d'absorbance ?
- 1.4. Lors d'une dilution, quelle est la grandeur qui se conserve ?

2. Résolution de problème

- 2.1. Faire les calculs nécessaires afin de compléter le tableau fournie en annexe page 12.
- 2.2. **L'eau analysée est-elle potable ?**
La qualité de la rédaction, la structuration de l'argumentation, l'analyse critique des conditions expérimentales, la rigueur des calculs, ainsi que toute initiative prise pour mener à bien la résolution du problème seront valorisées.

Données : caractéristiques physiques et chimiques du paranitrophénol

- Formule brute : $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_3$
- Formule topologique ci-contre :



- Aspect physique à 20°C : solide cristallin jaune pâle
- Température d'ébullition : 279°C
- Température de fusion : 116°C
- Le groupe hydroxyle $-\text{OH}$ du paranitrophénol présente un caractère acide :
 $\text{pK}_A (\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_3 / \text{C}_6\text{H}_4\text{NO}_3^-) = 7,2.$

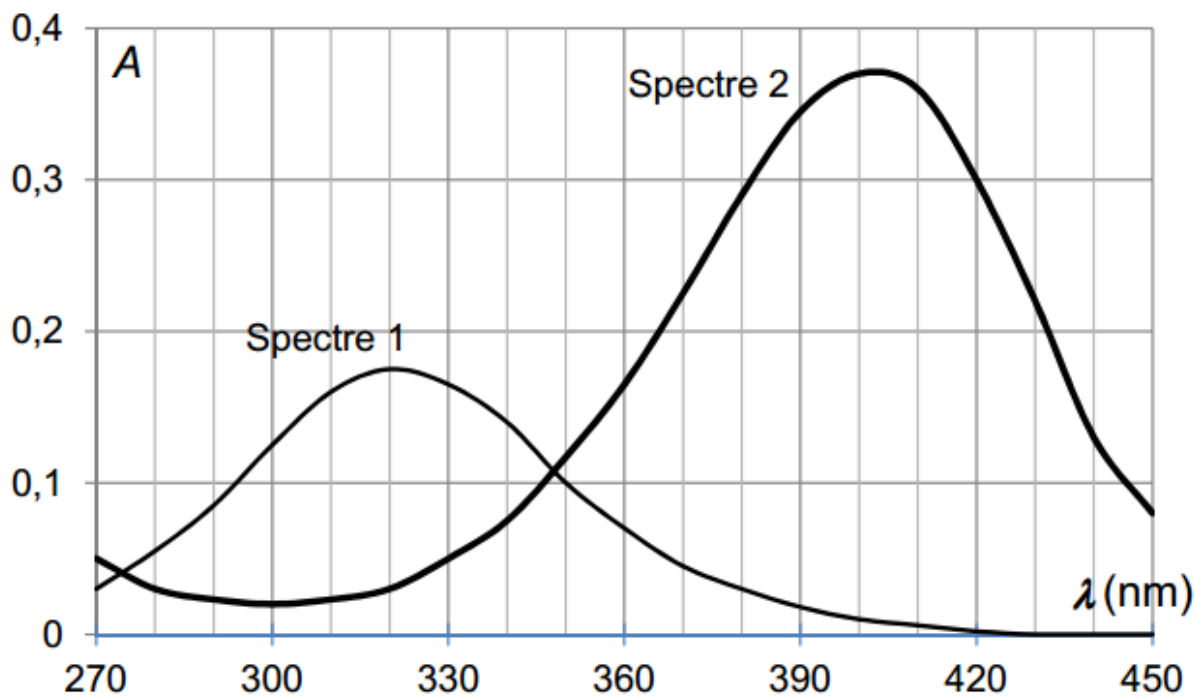
Document 1 : Extrait du carnet de laboratoire rédigé par les étudiants

- On procède tout d'abord à une évaporation de l'eau E de manière à accroître fortement la concentration en PNP. La solution S ainsi obtenue est cent fois plus concentrée que la solution E.
- A partir d'une solution aqueuse S_0 de paranitrophénol de concentration $C_0 = 100 \text{ mg.L}^{-1}$, on prépare cinq solutions filles S_i de volume $V = 100,0 \text{ mL}$ en prélevant un volume V_i de solution S_0 complété à $100,0 \text{ mL}$ par une solution tampon de $pH = 10,4$.
- On règle le spectrophotomètre sur la longueur d'onde $\lambda = 400 \text{ nm}$. On « effectue le blanc » de telle manière que l'absorbance soit nulle avec la solution tampon de $pH = 10,4$.
- On mesure l'absorbance des différentes solutions S_i préparées.
- Les résultats des mesures sont regroupés dans le tableau suivant :

Solution	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
$V_i \text{ (mL)}$	1,0	2,0	3,0	5,0	7,5
A	0,128	0,255	0,386	0,637	0,955

- On mélange $50,0 \text{ mL}$ de la solution S avec $50,0 \text{ mL}$ de solution tampon de $pH = 10,4$ puis on mesure l'absorbance de la solution S' ainsi obtenue.
- On obtient une absorbance $A' = 0,570 \pm 0,010$.

Document 2. Spectres d'absorption de solutions aqueuses de PNP en milieu acide et en milieu basique

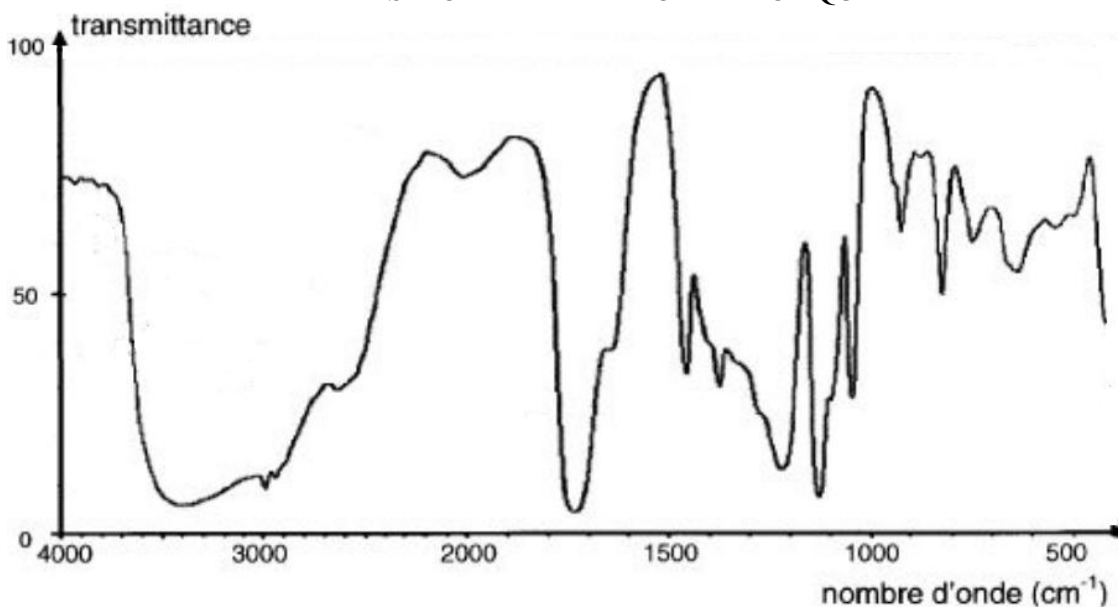


- **Spectre 1** : solution aqueuse de PNP de concentration molaire $2,0 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$ en milieu acide ($pH = 5$).
- **Spectre 2** : solution aqueuse de PNP de concentration molaire $2,0 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$ en milieu basique ($pH = 10$).

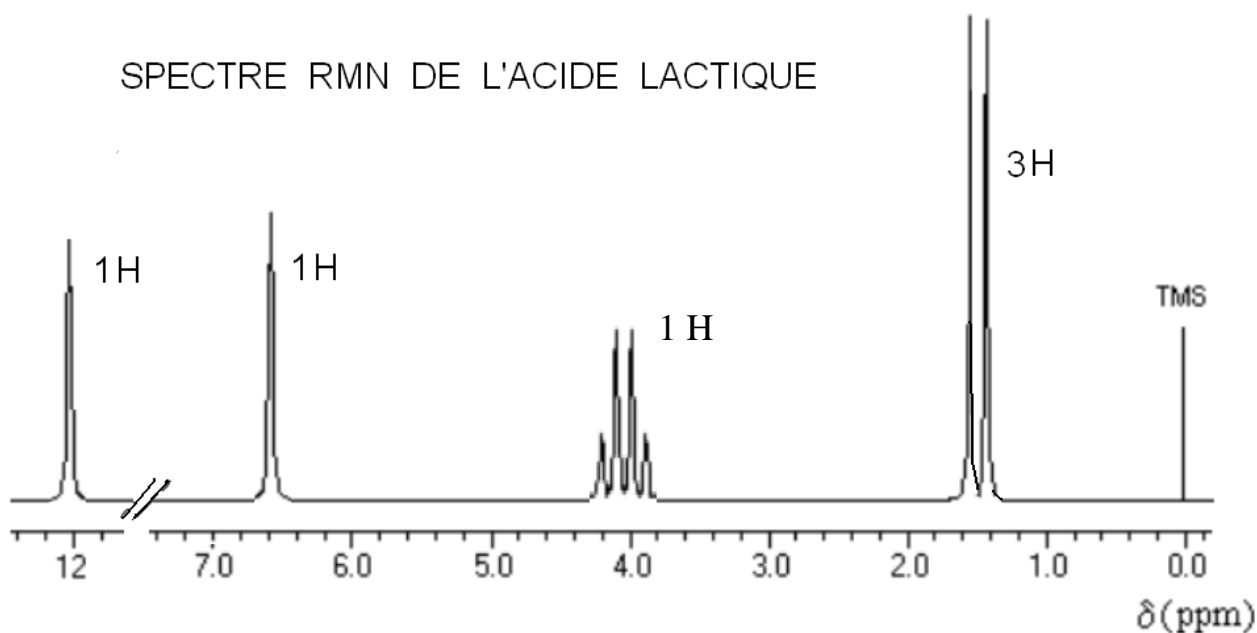
PNP : paranitrophénol

II. Détartrant à base d'acide lactique

SPECTRE IR DE L'ACIDE LACTIQUE



SPECTRE RMN DE L'ACIDE LACTIQUE



Spectre Infrarouge : Tableau de données des nombres d'onde σ en fonction des liaisons chimiques

Liaison	σ (cm ⁻¹)	Intensité
-O-H _{libre}	3 580 à 3 650	F ; fine
-O-H _{lié}	3 200 à 3 400	F ; large
N - H	3 100 à 3 500	M
$\text{>C}_{\text{tri}}\text{-H}$ alcène	3 000 à 3 100	M
$\text{-C}_{\text{tét}}\text{-H}$	2 800 à 3 000	F
$\text{>C}_{\text{tri}}\text{-H}$ aldéhyde	2 750 à 2 900	M
-O-H _{acide} carboxylique	2 500 à 3200	F ; large

Liaison	σ (cm ⁻¹)	Intensité
>C=O ester	1 700 à 1 740	F
>C=O aldéhyde ; cétone	1 650 à 1 750	F
>C=O acide	1 680 à 1 710	F
>C=C<	1 625 à 1 685	M
$\text{-C}_{\text{tét}}\text{-H}$	1 415 à 1 470	F
C _{tét} - O	1 050 à 1 450	F
C _{tét} - C _{tét}	1 000 à 1 250	F

Fig.2 Courbes d'évolution de pH et de $\text{derpH} = \frac{dpH}{dV_B}$ en fonction de V_B de solution d'hydroxyde de sodium versé.

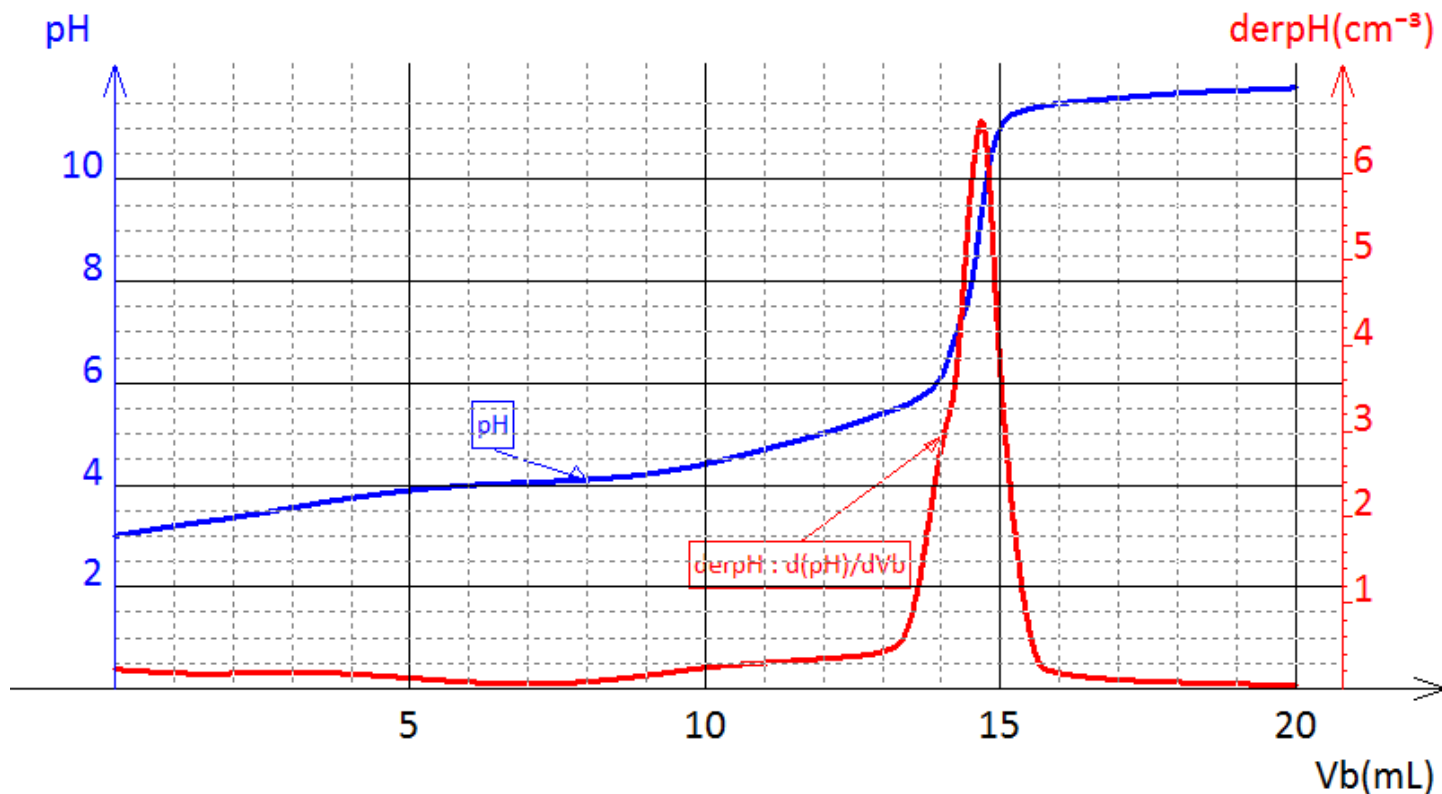
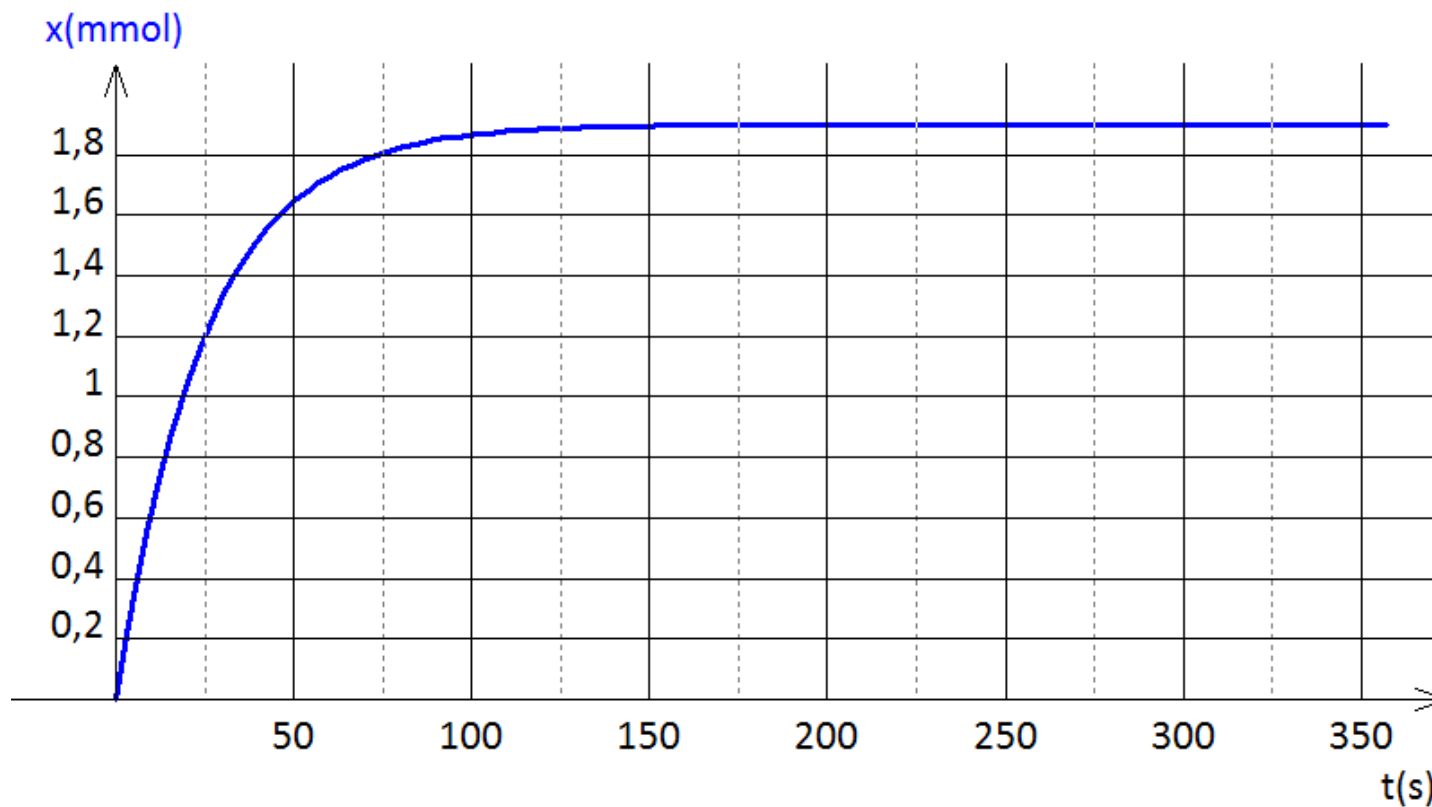


Figure 3. Courbe de l'évolution de l'avancement au cours du temps



IV. Spécialistes seulement : Eau potable ou non ?

2. Résolution de problème

Solution	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅
V _i (mL)	1,0	2,0	3,0	5,0	7,5
C _i (en mg.L ⁻¹)
A	0,128	0,255	0,386	0,637	0,955

