

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2017

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Durée de l'épreuve : 3 heures 30
Coefficient : 8

L'usage de la calculatrice est autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Le sujet comporte trois exercices présentés sur 11 pages numérotées de 1/11 à 11/11, y compris celle-ci.

Documents à rendre avec la copie

Annexe I.....page 11/11

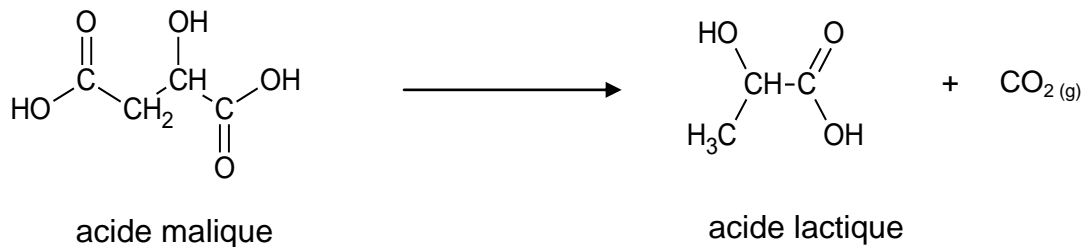
Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres.

EXERCICE I - LA FERMENTATION MALOLACTIQUE DES VINS (10 points)

Après récolte et pressage des raisins, deux fermentations ont lieu, d'abord la fermentation alcoolique, puis la fermentation malolactique.

Pour qu'un vin puisse être mis en bouteille, il convient de vérifier que la fermentation malolactique, objet d'étude de cet exercice, est terminée.

La fermentation malolactique, généralement assurée par une espèce de bactérie lactique, *Oenococcus oeni*, désigne la désacidification biologique du vin. Lors de cette transformation, l'acide malique présent dans le vin se transforme en acide lactique avec production de dioxyde de carbone à l'état gazeux, transformation modélisée par la réaction d'équation suivante :



La désacidification du vin qui résulte de la fermentation malolactique est un phénomène généralement recherché, auquel on doit l'assouplissement des vins jeunes.

D'après www.vignevin-sudouest.com et <http://www.futura-sciences.com>

Le 15 octobre 2016, un vigneron suit la fermentation malolactique d'un vin contenu dans une cuve de 10 m³. La température ambiante est de 15 °C lorsque la fermentation malolactique débute. La concentration massique initiale en acide malique dans le vin est de 3,0 g.L⁻¹. L'évolution au cours du temps de la masse d'acide lactique formé est donnée par le graphique situé **en annexe, à rendre avec la copie**.

Données :

- masse molaire de l'acide malique : $M_{mal} = 134,0 \text{ g.mol}^{-1}$;
- masse molaire de l'acide lactique : $M_{lac} = 90,0 \text{ g.mol}^{-1}$;
- pour simplifier les écritures, on notera les couples acidobasiques,

- de l'acide malique :



- de l'acide lactique :



1. Stéréochimie

- 1.1. Réécrire l'équation de la réaction chimique modélisant la transformation de l'acide malique en acide lactique en utilisant les formules topologiques des molécules.
- 1.2. Entourer et nommer les groupes caractéristiques présents dans la molécule d'acide malique.
- 1.3. À l'aide de la représentation de Cram, dessiner les stéréoisomères de la molécule d'acide lactique.

2. Acidité et vin

L'acide malique est un diacide. Il peut apparaître sous différentes formes en fonction du pH de la solution.

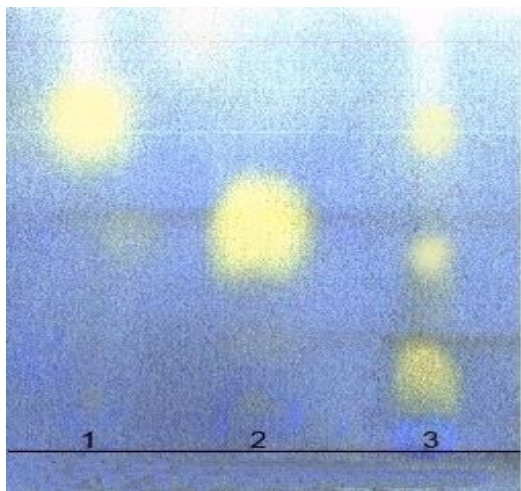
- 2.1. Définir la notion d'acide. Justifier alors la notation AH_2 utilisée pour l'acide malique.
- 2.2. Représenter les domaines de prédominance, en fonction du pH , des différentes formes de l'acide malique et de l'acide lactique en utilisant les notations simplifiées indiquées dans les données.
- 2.3. La concentration en ions oxonium H_3O^+ dans le vin, en début de fermentation malolactique, est de $6,3 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$. Calculer la valeur du pH du vin en début de fermentation.
- 2.4. En déduire la forme prédominante de l'acide malique dans le vin en début de fermentation malolactique.
- 2.5. Proposer des éléments d'interprétation à « *la désacidification résultant de la fermentation malolactique* » indiquée dans le texte d'introduction.

3. Suivi de la fermentation malolactique

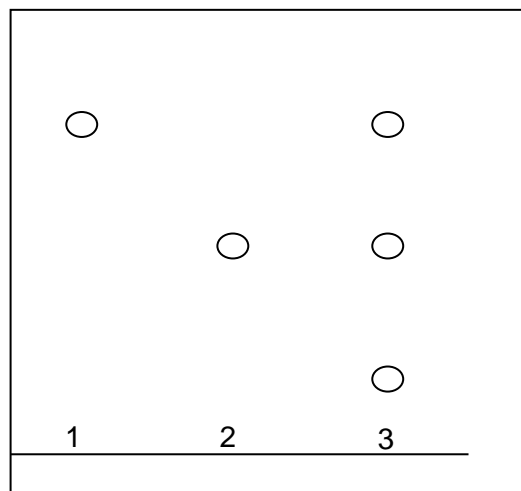
- 3.1. Montrer que la quantité de matière initiale en acide malique dans la cuve est de $2,2 \times 10^2 \text{ mol}$.
- 3.2. En s'appuyant sur le graphique situé **en annexe**, déterminer la quantité de matière d'acide lactique formé à l'état final.
- 3.3. La fermentation malolactique est-elle une transformation chimique totale ? Justifier.
- 3.4. Définir le temps de demi-réaction d'une transformation chimique.
- 3.5. Montrer que la masse d'acide lactique formé est proportionnelle à l'avancement de la réaction. Déterminer graphiquement le temps de demi-réaction pour cette fermentation malolactique. On fera apparaître la méthode utilisée sur le graphique situé **en annexe, à rendre avec la copie**.
- 3.6. À partir de quelle date le viticulteur pourra-t-il mettre en bouteille le vin de ses cuves ? Justifier.
- 3.7. Représenter sur le graphique situé **en annexe, à rendre avec la copie** l'allure quantitative de la courbe de suivi de la fermentation malolactique si la température ambiante est de $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Justifier. En déduire l'influence de cette nouvelle condition sur la mise en bouteille.

4. Chromatographie sur couche mince d'un vin à mettre en bouteille.

Le viticulteur souhaite mettre le vin d'une cuve en bouteille. Il effectue une chromatographie de contrôle de la fermentation malolactique sur un échantillon de vin de la cuve. Les résultats sont présentés ci-dessous :



Photographie du chromatogramme



Schématisation du chromatogramme

Dépôt 1 : acide lactique

Dépôt 2 : acide malique

Dépôt 3 : vin à mettre en bouteille

4.1. Le viticulteur peut-il mettre ce vin en bouteille ? Justifier.

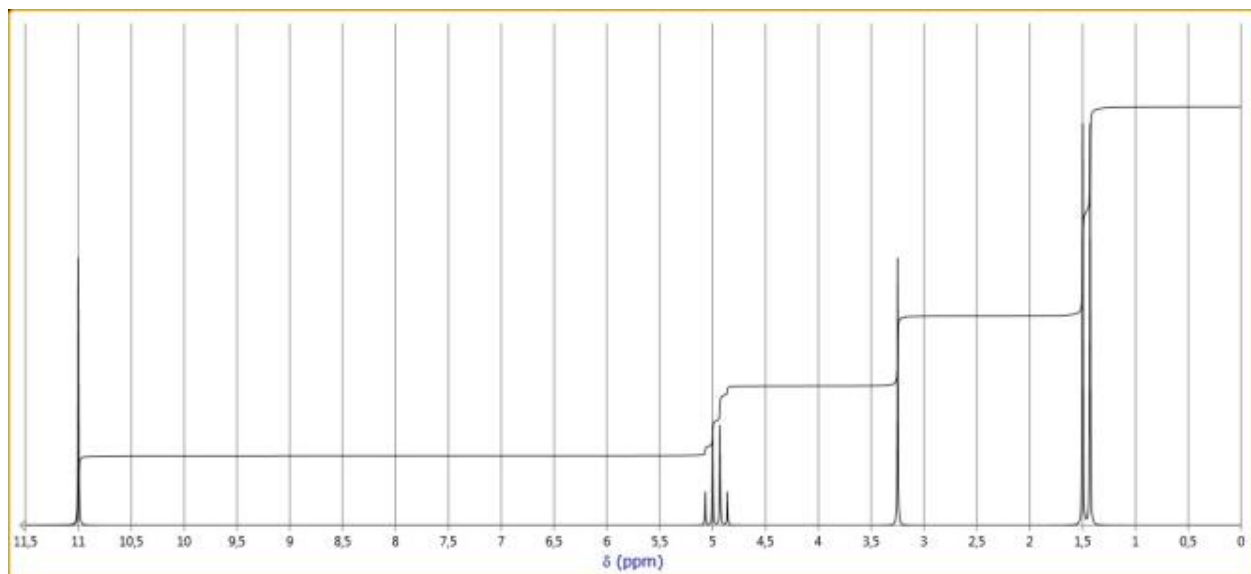
4.2. Quel(s) problème(s) veut-on éviter en suivant l'évolution la fermentation malolactique dans les vins avant la mise en bouteille ?

5. Spectroscopie RMN du proton et fermentation malolactique

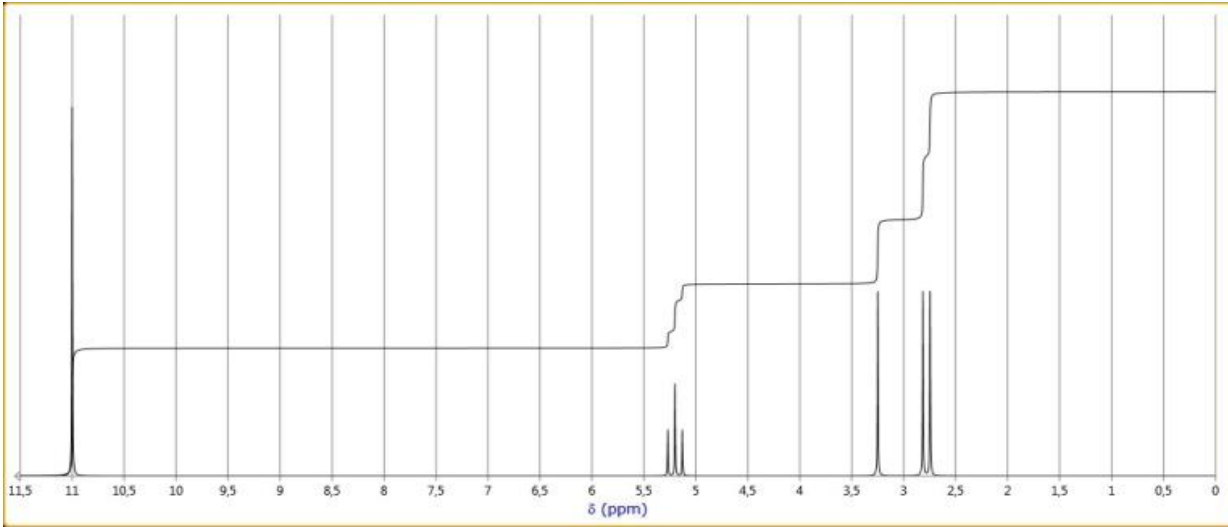
5.1. Parmi les spectres simulés ci-après, lequel pourrait correspondre à l'acide lactique ? Expliciter la démarche mise en œuvre et attribuer rigoureusement les signaux correspondants.

Spectres RMN simulés de l'acide malique et de l'acide lactique

Spectre 1



Spectre 2



5.2. La spectroscopie RMN pourrait-elle être utilisée pour affirmer que la fermentation malolactique est terminée ? Justifier.

EXERCICE II – QUAND NEWTON VIENT EN AIDE AUX SKATEURS (5 points)

La finale de skateboard du FISE WORLD (Festival International des Sports Extrêmes) s'est déroulée le 5 mai 2016 à Montpellier. Parmi les nombreuses figures réalisées par les skateurs, les enchainements de « ollie » et de « grind » se sont succédés.

Comment faire un « ollie » ?

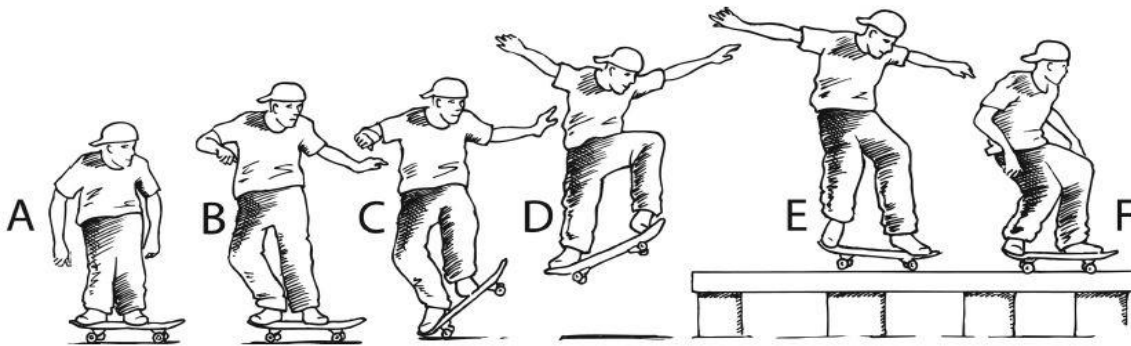


Un « ollie » est la figure de base du skateboard. Il s'agit d'un saut effectué avec la planche (...) Pour réaliser cette figure, il faut donner un bon coup avec votre pied arrière (dessin ci-contre). Il est important de bien faire claquer l'arrière de la planche ; c'est ce qui vous permet de décoller.

D'après <http://fr.wikihow.com/faire-un-ollie>

Enchainement d'un « ollie » et d'un « grind »

Le skateur avance d'abord en ligne droite à vitesse constante, puis la réalisation d'un « ollie » lui permet d'accéder à un rail et de glisser alors sur les axes de roues et de réaliser ainsi un « grind ». Cet enchainement peut se décomposer de la manière suivante :



D'après *Journal of Applied Biomechanics, University of Massachusetts*
<http://stilab.com/content/papers/kinetics-of-the-ollie-2.pdf>

Données :

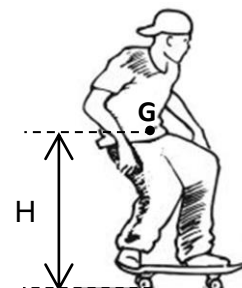
- hauteur du rail : $h = 45 \text{ cm}$;
- longueur du trajet sur le rail horizontal : $L = EF = 2,0 \text{ m}$;
- masse du système S {skateur + planche} : $m = 75 \text{ kg}$;
- intensité de la pesanteur : $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$.

Les quatre parties de l'exercice sont indépendantes.

L'étude du mouvement du système S {skateur + planche} est faite dans le référentiel terrestre considéré comme galiléen.

Dans tout l'exercice, le système S, considéré comme indéformable, est assimilé à un point matériel G situé à une distance $H = 1,0 \text{ m}$ du support où se trouve le skateur, quel que soit ce support (sol, rail...).

Pour toutes les phases du mouvement, on pose que l'énergie potentielle de pesanteur est nulle au niveau du sol.



Les quatre parties de l'exercice sont indépendantes.

Première partie : Parcours AB

- 1.1. Quelle est la nature du mouvement du système S sur le parcours AB ?
- 1.2. Que peut-on dire, sur ce parcours, des forces exercées sur le système S ? Justifier la réponse.

Deuxième partie : Étude énergétique du « ollie »

On s'intéresse à présent au mouvement du système S sur le parcours CE.

Le skateur effectue un « ollie ». Il quitte le sol au point C au moment où sa vitesse est $v_C = 3,6 \text{ m.s}^{-1}$; il atteint le rail au point E avec la vitesse v_E . On néglige les frottements sur le parcours CE.

- 2.1. Donner les expressions de l'énergie mécanique du système S au point C et au point E.
- 2.2. En sachant que l'on néglige toute forme de dissipation d'énergie entre C et F, déterminer l'expression de la vitesse v_E au point E en fonction de g , h et v_C .
- 2.3. En déduire la valeur de la vitesse v_E au point E.

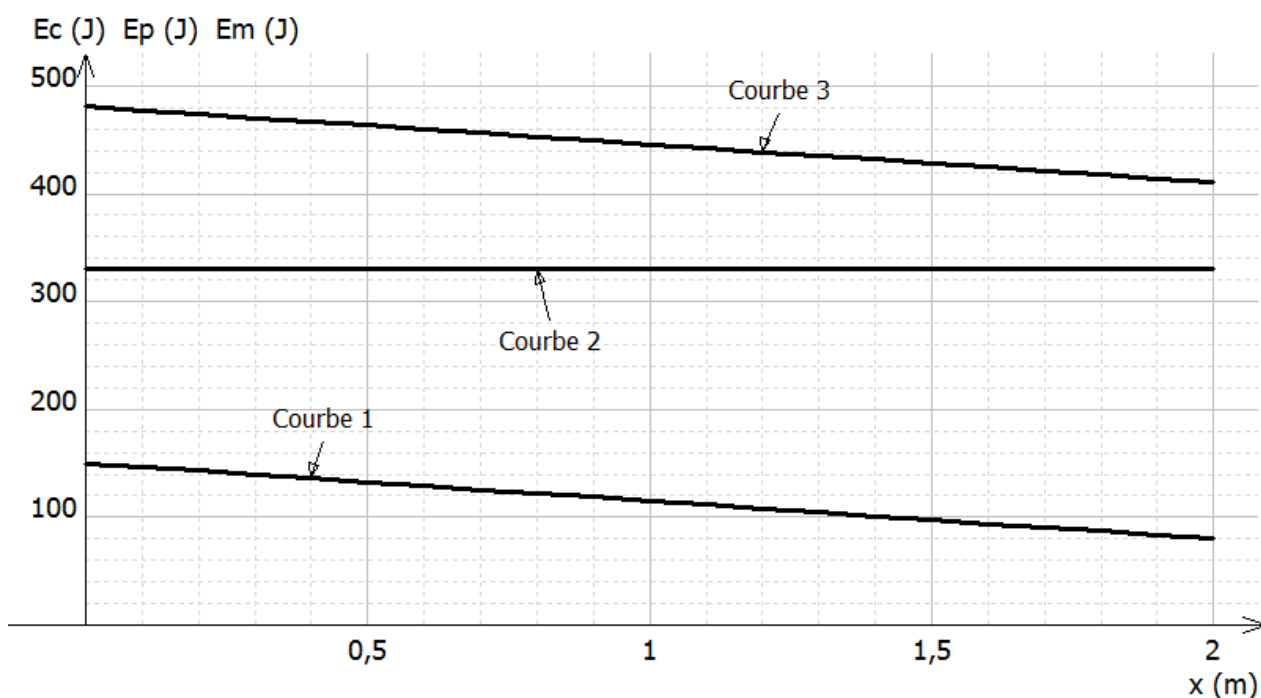
Troisième partie : Étude énergétique du « grind »

On étudie à présent le mouvement du système S qui glisse sans rouler sur le rail horizontal, du point E au point F.

Les forces de frottement ne sont pas négligeables, elles sont assimilables à une force \vec{f} unique, constante et opposée au sens du mouvement.

- 3.1. Le document ci-après rassemble les représentations graphiques de l'évolution des grandeurs énergie potentielle de pesanteur E_P , énergie cinétique E_C , et énergie mécanique E_m du système S sur le parcours EF.

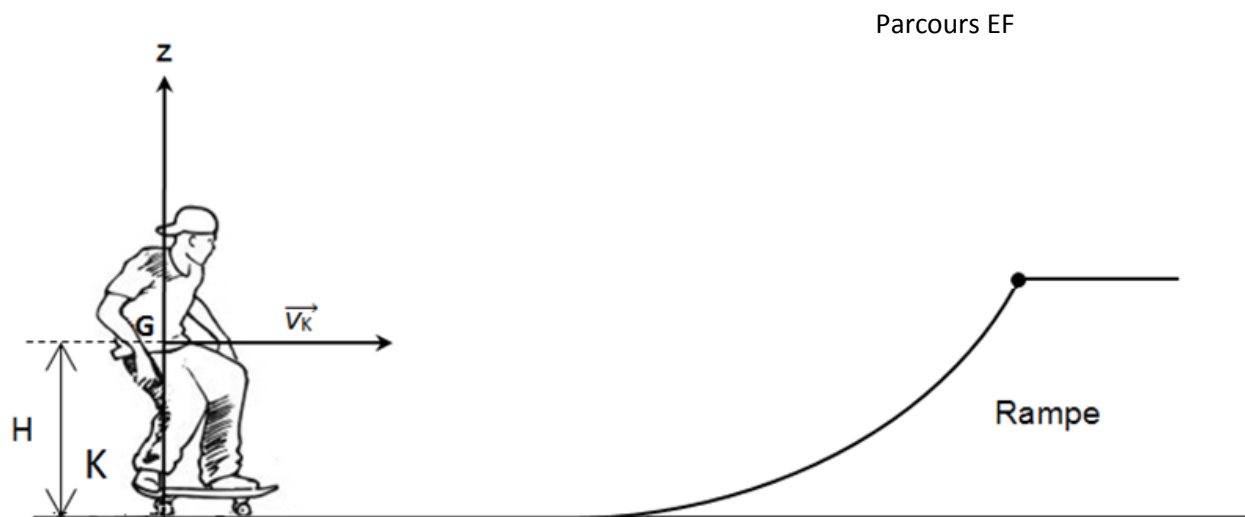
Attribuer à chaque courbe l'énergie qui lui correspond en justifiant.



- 3.2. Donner l'expression littérale du travail de la force \vec{f} le long du parcours EF.
- 3.3. En utilisant la non-conservation de l'énergie en présence de frottements, en déduire la valeur de l'intensité de la force de frottement \vec{f} .

Quatrième partie : Étude énergétique du mouvement sur la rampe

Le skateur quitte le rail, les roues du skate sont de nouveau en contact avec le sol et roulent sans frottement. Le skateur prend de l'élan jusqu'au point K pour aborder la rampe : la vitesse horizontale atteinte a pour valeur $v_K = 4,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.



4. Le skateur arrive en haut de la rampe avec une vitesse nulle. Déterminer la hauteur de la rampe.

EXERCICE III - LA TROMPETTE EN UT (5 points)

Avec une trompette, le son est produit par la mise en vibration des lèvres du musicien. Il sélectionne ainsi la fréquence du son émis parmi les différents modes propres de vibration de l'instrument. Dans les graves en particulier, les fréquences de résonance sont éloignées les unes des autres. Les notes que le trompettiste peut jouer sont alors trop peu nombreuses. Les pistons permettent d'allonger la colonne d'air pour modifier la note fondamentale et couvrir toute la gamme chromatique.



Miles Davis (1926 – 1991)

Document 1 : Résonance d'une colonne d'air

Pour un tuyau ouvert, les extrémités correspondent à des ventres de vibration.

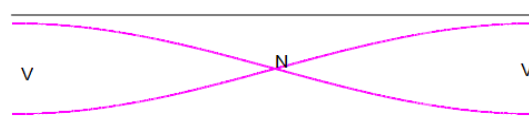
On en déduit que dans le mode fondamental, la longueur L du tube correspond à la moitié de la longueur d'onde :

$$L = \frac{\lambda_0}{2}$$

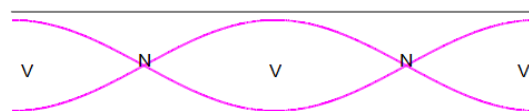
Donnée :

célérité du son dans l'air :

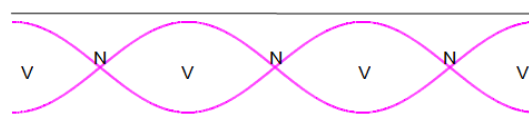
$$v = 340 \text{ m.s}^{-1}$$



Mode fondamental ($n = 1$)



Harmonique de rang 2 ($n = 2$)



Harmonique de rang 3 ($n = 3$)

V : ventre de vibration – N : nœud de vibration

Document 2 : Description simplifiée de la trompette



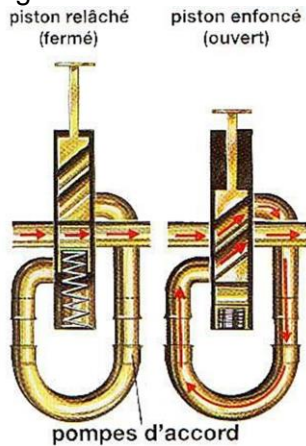
La trompette peut être considérée comme une colonne d'air ouverte des deux côtés. L'action sur chaque piston provoque un allongement de la colonne d'air. La fréquence du fondamental de l'instrument est abaissée d'une valeur qui dépend de cet allongement. Il en résulte une note plus basse que la note jouée par l'instrument, obtenue en n'appuyant sur aucun piston.

À partir des combinaisons des positions de pistons, on obtient différentes notes.

On remarquera que la 1^{ère} et la 3^{ème} coulisse sont équipées de bagues qui permettent d'affiner la longueur des coulisses.

Document 3 : Pistons et coulisses (trompette en Ut).

En enfouant un piston, le trompettiste rallonge la colonne d'air de la longueur de la coulisse associée. Les trois coulisses ont des longueurs différentes.



do3	si2	la2#	la2	sol2#	sol2	fa2#

Document 4 : La gamme chromatique tempérée

Note	do2	do2#	ré2	ré2#	mi2	fa2	fa2#	sol2	sol2#	la2	la2#	si2	do3
f (Hz)	131	139	147	156	165	175	185	196	208	220	233	247	262

Le but de cet exercice est d'étudier la conception d'une trompette à trois pistons.

Pour une trompette, c'est l'harmonique de rang 2 qui donne la fréquence de la note jouée.

Questions préliminaires

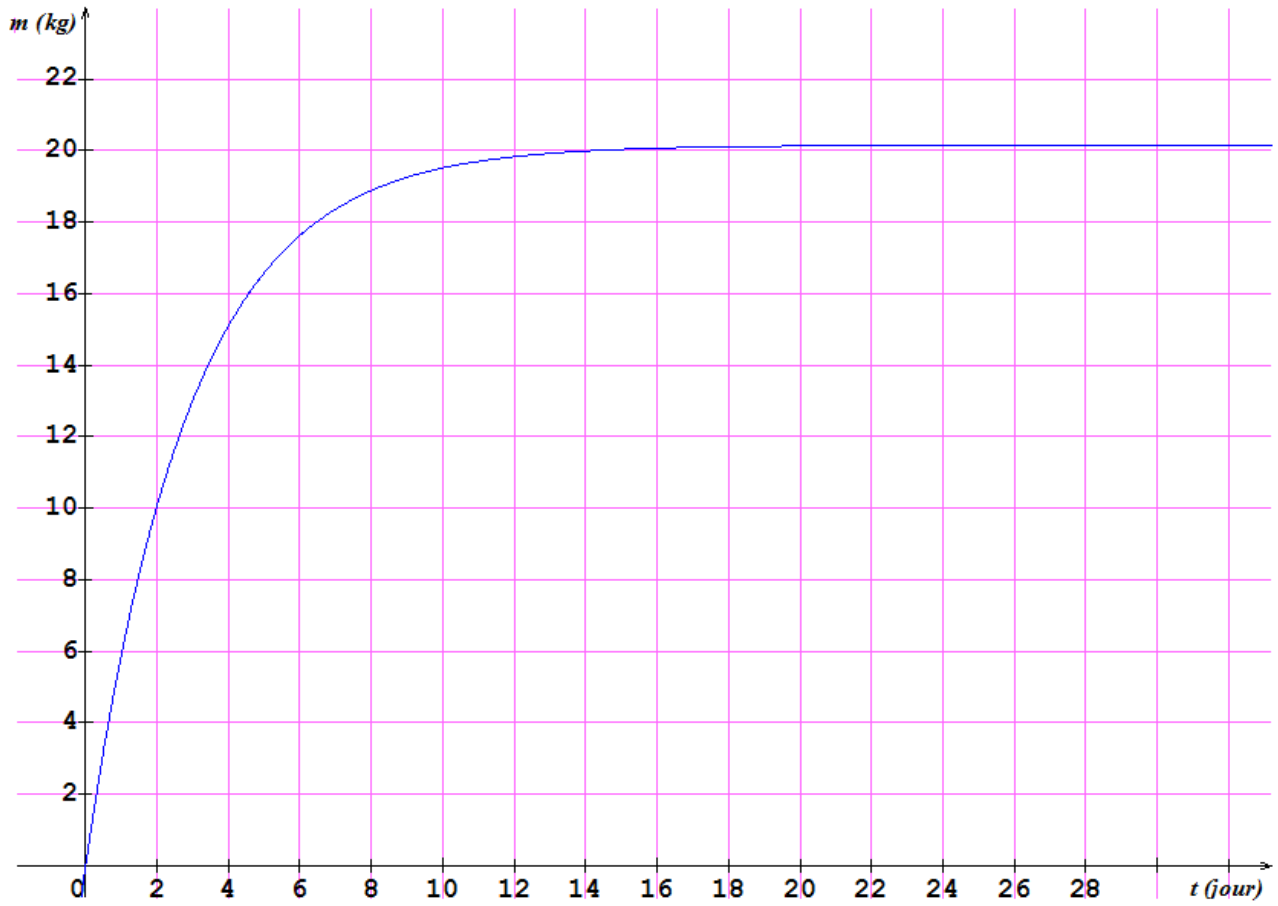
1. Donner la relation entre la longueur du tuyau sonore et la longueur d'onde correspondant à la note jouée.
2. Une trompette en Ut joue un do3 quand on appuie sur aucun piston. Montrer que la longueur de la colonne d'air est $L = 130$ cm.

Problème

Expliquer l'intérêt des coulisses et calculer la longueur de chacune des trois coulisses.

Expliquer l'intérêt des bagues sur les coulisses 1 et 3 qui permettent d'affiner la longueur des coulisses.

L'analyse des données ainsi que la démarche suivie seront évaluées et nécessitent d'être correctement présentées. Les calculs numériques seront menés à leur terme avec rigueur.



Évolution de la masse d'acide lactique formé dans la cuve en fonction du temps

