

# BACCALAUREAT GÉNÉRAL

EPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

## PHYSIQUE CHIMIE

**Vendredi 6 mars 2026**

**Durée de l'épreuve : 3 heures 30**

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.  
L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collègue », est autorisé.

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.  
Ce sujet comporte 14 pages numérotées de 1/14 à 11/14.

Les annexes pages 13 et 14 sont à rendre avec la copie.

## EXERCICE 1 : FABRICATION ET AROMATISATION D'UN YAOURT MAISON (10 POINTS)

Le lait est un aliment d'un grand intérêt nutritionnel dont la difficulté de conservation a été contournée depuis longtemps grâce à la fermentation lactique. Celle-ci fait intervenir des ferments et conduit à la transformation chimique du glucose en acide lactique. L'acide lactique, naturellement présent dans le lait voit son taux augmenter. Cette augmentation est responsable de la prise en masse du lait pour former un yaourt.

La yaourtière permet un chauffage doux et progressif du lait additionné des ferments afin de stimuler le processus de fermentation lactique ; ainsi, il suffira de huit heures environ pour fabriquer des yaourts.

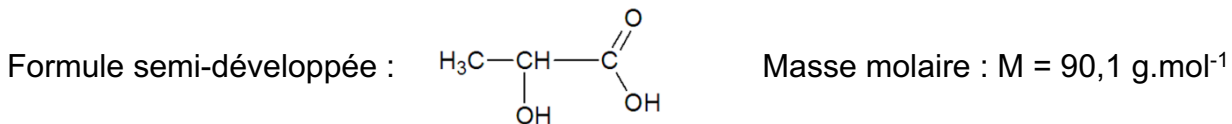
Lors de la fermentation lactique, la multiplication des bactéries permettant la formation d'acide lactique est efficace entre 37,5°C et 45,0°C. En cas de température trop basse, en huit heures, le yaourt ne prendra pas. À l'inverse, une température trop élevée le rendra trop acide.

On propose dans cet exercice de vérifier les conditions de fabrication d'un yaourt « fait maison » à la yaourtière et de l'aromatiser avec un arôme d'ananas synthétisé au laboratoire.

### Partie A : Fabrication d'un yaourt

Données :

- Informations à propos de l'acide lactique :



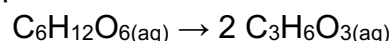
- Dans un récipient équipé d'un bec verseur, je verse 1L de lait entier UHT\* à température ambiante. Puis j'ajoute le contenu d'un sachet de ferments et je mélange très soigneusement.
- Je verse le mélange dans les pots, puis je les place ouverts dans ma yaourtière.
- Je ferme la yaourtière, puis je la mets en route suivant son mode d'emploi.
- À la fin du cycle, je mets les pots au réfrigérateur environ 2 heures avant de les déguster.

\* Lait UHT : « upérisation à haute température », c'est un procédé qui consiste à tuer tous les micro-organismes et à neutraliser les enzymes éventuellement présentes naturellement dans le lait en le chauffant à une température très élevée.

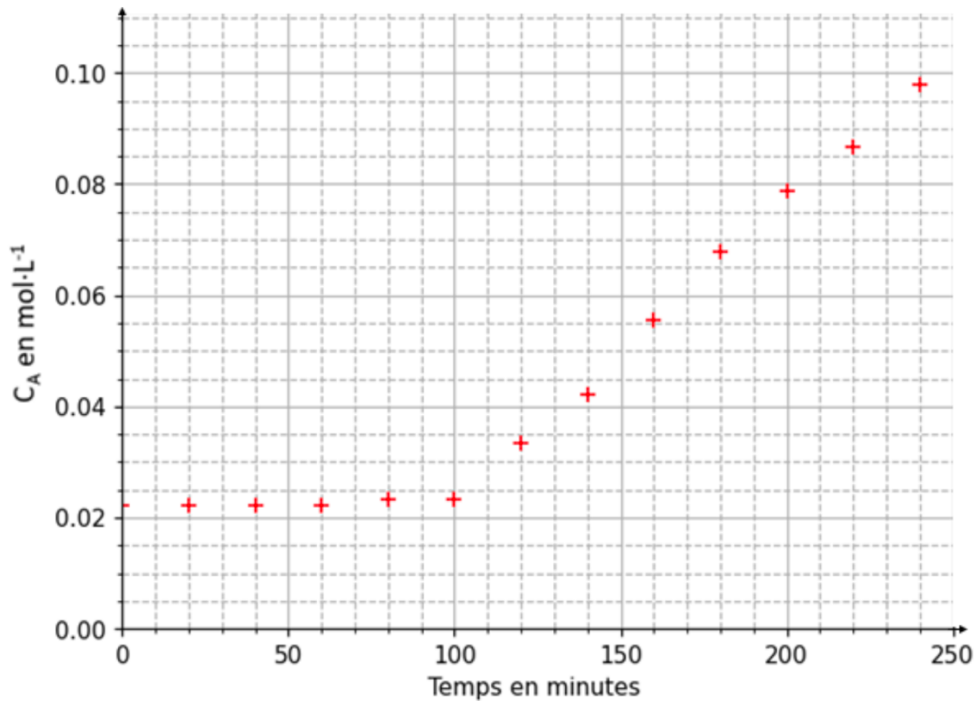
Document 1. Exemple de recette maison à la yaourtière

### 1. Étude de la cinétique de la fermentation lactique

La transformation chimique du glucose en acide lactique correspondant à la fermentation lactique est modélisée par une réaction d'équation :



Pendant les quatre premières heures de fabrication, on contrôle la concentration  $C_A$  en quantité de matière d'acide lactique formé dans le yaourt, on obtient la courbe ci-dessous. Les ferments sont introduits à  $t = 0 \text{ s}$ .



Document 2. Évolution de la concentration en acide lactique dans le yaourt en fonction du temps

**Q.1.** Justifier, à l'aide du texte en introduction de l'exercice, que l'utilisation de la yaourtière favorise la fermentation lactique en indiquant le facteur cinétique mis en jeu.

**Q.2.** Identifier le temps marquant le début de la fermentation. Justifier.

**Q.3.** Proposer une explication à la présence d'acide lactique à l'instant  $t = 0$ .

**Q.4.** Calculer la valeur de  $v_{app}$ , la vitesse volumique d'apparition de l'acide lactique lorsque la fermentation a commencé, en expliquant la démarche suivie.

## 2. Caractérisation du yaourt maison

Le degré Dornic permet de quantifier la concentration en masse d'acide lactique présente dans les produits laitiers.

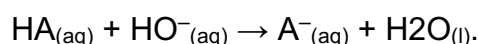
Un degré Dornic (noté °D) correspond à 0,1 g d'acide lactique par litre de yaourt.

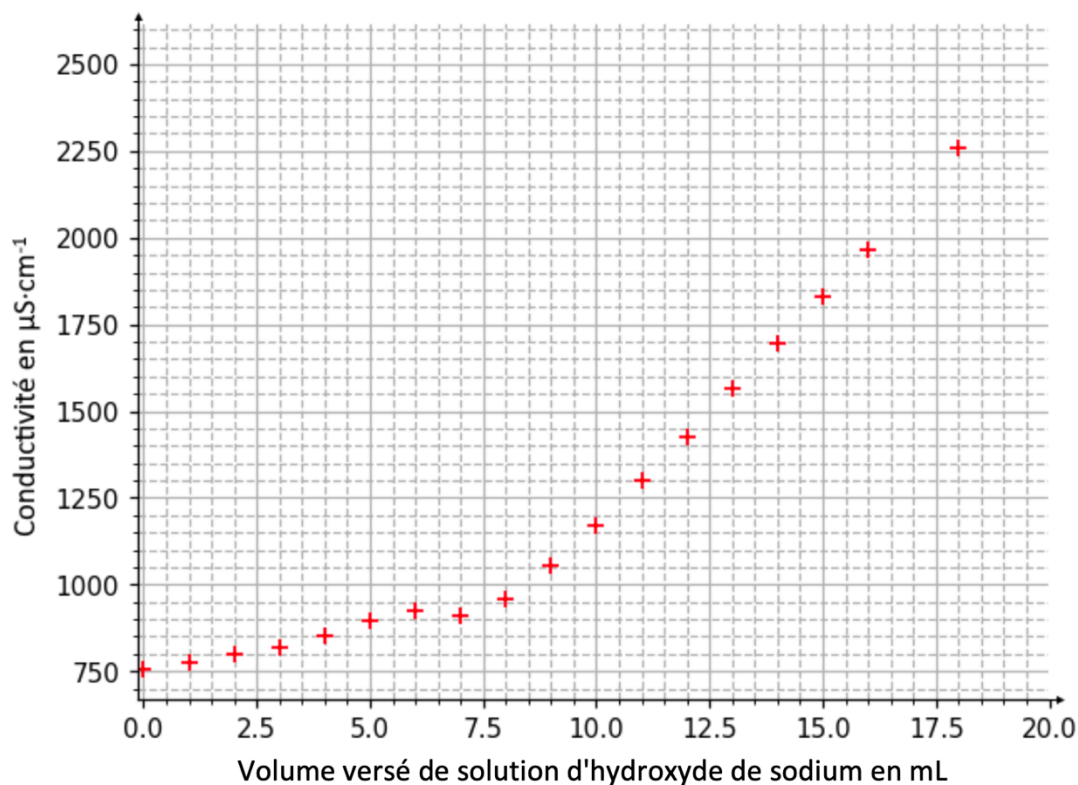
Un yaourt ferme est caractérisé par un degré Dornic compris entre 80 et 100 °D et un yaourt brassé par un degré Dornic compris entre 100 et 120 °D.

Pour déterminer la fermeté d'un yaourt, on procède au titrage conductimétrique de l'acide lactique, noté  $HA_{(aq)}$ , contenu dans un volume  $V_A = 10,0$  mL de yaourt par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration en quantité de matière  $C_B = 0,150$  mol·L<sup>-1</sup>.

Les résultats expérimentaux du titrage permettent d'obtenir la courbe du document 3.

La réaction support du titrage est :





Document 3. Évolution de la conductivité du yaourt en fonction du volume versé de solution d'hydroxyde de sodium

**Q.5.** Déterminer si le yaourt testé est ferme ou brassé.

*Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti. La démarche suivie est évaluée et nécessite donc d'être correctement présentée.*

### **Partie B : Aromatiser le yaourt avec un arôme d'ananas**

L'arôme d'ananas que l'on utilise pour aromatiser le yaourt est constitué principalement de butanoate d'éthyle synthétisé à partir d'acide butanoïque.

Liaison	Nombre d'onde ( $\text{cm}^{-1}$ )	Intensité
O-H alcool	3200 - 3700	forte, large
O-H acide carboxylique	2500 - 3200	forte à moyenne, large
C = C	1620 - 1690	fine, moyenne
C = O ester	1700 - 1740	forte
C = O aldéhyde et cétone	1650 - 1730	forte
C = O acide	1680 - 1710	forte
C - H aldéhyde	2700 - 3100	moyenne

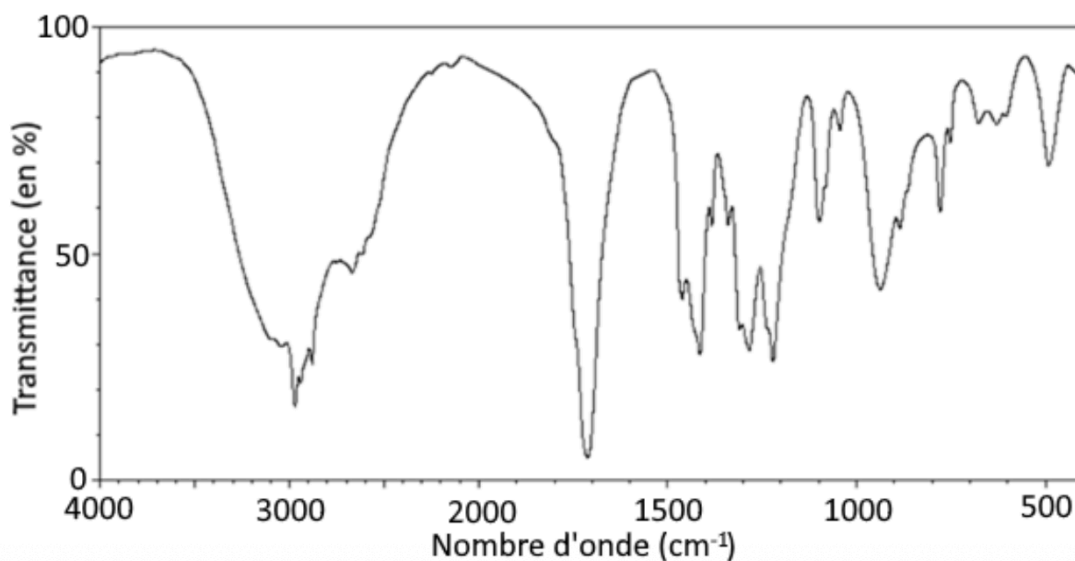
Document 4. Table de données des spectres infrarouge (IR)

### **1. Étude des espèces chimiques de la synthèse**

**Q.6.** Représenter les formules topologiques des molécules du butanoate d'éthyle et de l'acide butanoïque.

Q.7. Sur les formules topologiques, entourer le groupe caractéristique et nommer la famille fonctionnelle correspondante.

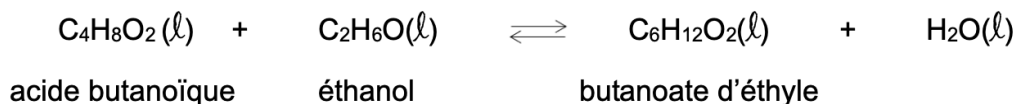
Q.8. Déterminer la molécule qui, parmi le butanoate d'éthyle et l'acide butanoïque, correspond au spectre infrarouge ci-dessous. Justifier.



Document 5. Spectre infrarouge (Source : d'après mediachimie.org)

## 2. Synthèse de l'arôme d'ananas

La synthèse de l'arôme d'ananas correspond à la transformation modélisée par la réaction dont l'équation est :



Son protocole est le suivant :

**Étape 1** : Introduire dans un ballon 40,0 mL d'éthanol (réactif en excès), 40,0 mL d'acide butanoïque et 1,0 mL d'acide sulfurique concentré.

**Étape 2** : Chauffer à reflux pendant 30 min.

**Étape 3** : Refroidir jusqu'à température ambiante puis verser le contenu dans une ampoule à décanter.

**Étape 4** : Ajouter 100 mL d'eau salée puis 30 mL de cyclohexane.

**Étape 5** : Isoler la phase organique.

**Étape 6** : Éliminer le solvant par distillation. On obtient ainsi 33,7 g d'ester.

À propos de l'acide sulfurique concentré :

Densité :  $d = 1,04$

Masse molaire :  $M = 98,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Titre massique :  $t = 95 \%$

Document 6 : Données sur l'acide sulfurique

<b>Solvant</b>	Eau	Eau salée	Éthanol	Cyclohexane
<b>Solubilité du butanoate d'éthyle</b>	Faible	Très faible	Bonne	Moyenne
<b>Masse volumique (g·mL<sup>-1</sup>)</b>	1,00	> 1,00	0,79	0,78
<b>Miscibilité avec l'eau</b>		Miscible	Miscible	Non miscible

Document 7. Propriétés physico-chimiques de quelques solvants extracteurs

<b>Espèces chimiques</b>	Eau	Éthanol	Butanoate d'éthyle
<b>Masse molaire (g·mol<sup>-1</sup>)</b>	18,0	46,0	116,0

Document 8. Masse molaire de quelques molécules

**Q.9.** Identifier dans le protocole les trois opérations permettant d'optimiser la synthèse de l'arôme d'ananas.

**Q.10.** En s'aidant des données du document 6, calculer la concentration en quantité de matière de l'acide sulfurique concentré.

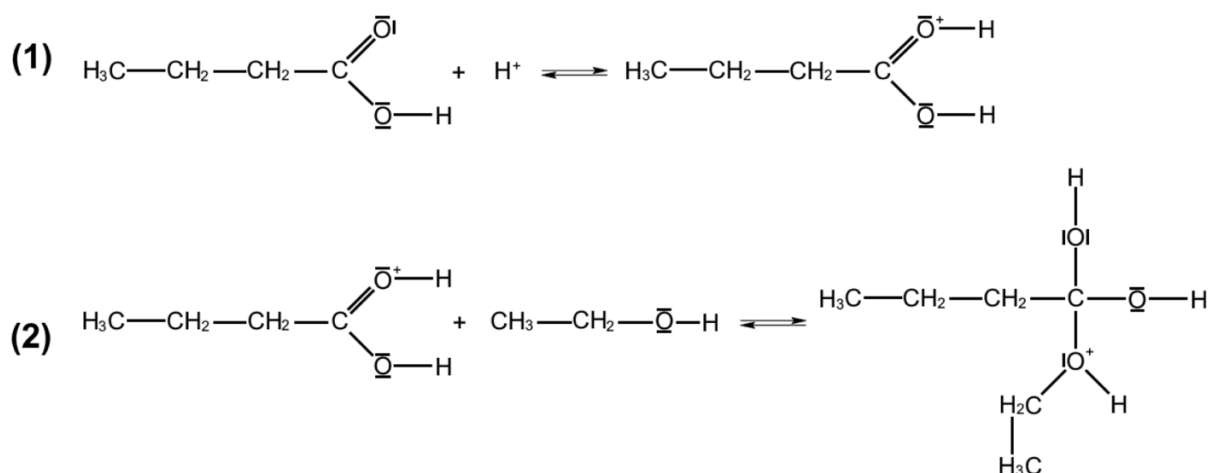
**Q.11.** Justifier l'utilisation du cyclohexane dans l'étape 4 pour isoler le butanoate d'éthyle.

**Q.12.** Schématiser l'ampoule à décanter, la légèrer avec les termes : phase aqueuse et phase organique. Justifier la position de la phase contenant le butanoate d'éthyle.

**Q.13.** Montrer que l'éthanol est bien le réactif en excès, sachant que la quantité de matière initiale de l'acide butanoïque est  $n_{\text{acide}} = 4,4 \times 10^{-1}$  mol.

**Q.14.** Calculer alors la valeur du rendement de la réaction.

On s'intéresse à une partie du mécanisme réactionnel de la réaction dont les 2 premières étapes sont données ci-dessous :



**Q.15.** Identifier un intermédiaire réactionnel dans les étapes du mécanisme réactionnel ci-dessus, en justifiant.

**Q.16.** Recopier l'étape (1) et représenter par une flèche courbe le déplacement d'électrons. Justifier son sens.

## EXERCICE 2 : OBSERVATION D'UN AVION EN VOL (5 POINTS)

Le trafic aérien est source de fascination pour beaucoup de gens. Notre observation se limite souvent à la traînée de l'avion dans le ciel ou, plus récemment, à un suivi en direct (trajectoire, vitesse, altitude) grâce à des applications en ligne.

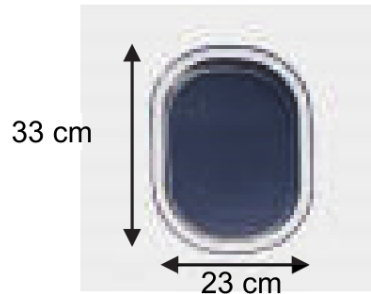
L'objectif de cet exercice est d'étudier l'observation, avec une lunette astronomique afocale commerciale, de certains détails de la structure d'un avion de type A312 en vol, puis de déterminer la vitesse de cet avion en phase d'atterrissage grâce à un enregistrement du son émis par le moteur.

### Données :

- Les valeurs du grossissement  $G$  de la lunette astronomique utilisée sont comprises entre 16 et 48
- Un observateur peut distinguer deux points différents A et B d'un objet si l'angle  $\alpha$  sous lequel ces deux points sont vus depuis le point d'observation (voir figure ci-dessous) est supérieur ou égal à  $3,0 \times 10^{-4}$  rad



- Approximation dans le cas des petits angles ( $\alpha \ll 1 \text{ rad}$ ) :  $\tan(\alpha) = \alpha$
- Quelques données concernant un avion A312 :
  - o Longueur de l'avion :  $L = 44,5 \text{ m}$
  - o Altitude de vol de croisière de l'avion :  $h = 10,4 \text{ km}$
  - o Vitesse de vol de croisière de l'avion :  $v_c = 863 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$
  - o Hublot de l'avion A312 :



### 1. Observation d'un avion A312 avec une lunette astronomique

**Q.1.** Donner la définition d'une lunette afocale.

**Q.2.** Sur le schéma **EN ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, placer le foyer objet  $F_2$  puis le foyer image  $F_2'$  de l'oculaire de la lunette astronomique.

L'avion vole à la verticale de l'observateur et se trouve donc à la distance  $h$  de celui-ci.

Sur le schéma **EN ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, les extrémités avant et arrière de l'avion observé sont respectivement modélisées par les points  $A_\infty$  et  $B_\infty$ , situés à une très grande distance de l'observateur.

**Q.3.** Construire, sur le schéma **EN ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, la marche des deux rayons lumineux issus de  $B_\infty$  qui émergent de la lunette, en faisant apparaître l'image intermédiaire  $A_1B_1$ .

L'angle  $\alpha$  désigne l'angle sous lequel l'avion est observé à l'œil nu. L'angle sous lequel l'avion est observé au travers de l'oculaire de la lunette astronomique est nommé  $\alpha'$ .

- Q.4.** Vérifier à l'aide d'un calcul que l'on peut distinguer, à l'œil nu, l'avant de l'avion de sa queue.
- Q.5.** Après avoir placé les angles  $\alpha$  et  $\alpha'$  sur le schéma **EN ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, rappeler l'expression du grossissement  $G$  d'une lunette astronomique en fonction des angles  $\alpha$  et  $\alpha'$ .
- Q.6.** Déterminer si on peut distinguer l'un de l'autre les deux bords verticaux d'un hublot de l'avion, à l'aide de la lunette astronomique étudiée.

## 2. Détermination de la vitesse d'un avion A312 en phase d'atterrissage

Au voisinage de l'aéroport, un observateur enregistre le son du moteur de l'avion passant au-dessus de lui lors de sa phase d'atterrissage. L'observateur est supposé fixe lors de l'enregistrement du son.

L'analyse du signal sonore enregistré permet de déterminer les fréquences des signaux reçus par l'observateur. Lorsque l'avion s'avance en direction de l'observateur la fréquence mesurée est  $f_A = 2,2$  kHz, et lorsqu'il s'éloigne la fréquence est  $f_E = 1,5$  kHz.

- Q.7.** Donner le nom du phénomène mis en jeu dans cette expérience.

On note  $f_0$  la fréquence du signal émis par la source immobile,  $c$  la vitesse du son dans l'air dans les conditions de l'expérience et  $v$  la vitesse de l'avion par rapport au sol. On donne  $c = 345 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

- Q.8.** Parmi les propositions A, B, C et D suivantes, choisir et recopier sur la copie la proposition correcte. Expliquer pourquoi les autres propositions sont à écarter.

A	B	C	D
$f_A = \frac{c}{c - v}$	$f_A = f_0 \cdot \frac{c}{c - v}$	$f_A = f_0 \cdot \frac{c}{c + v}$	$f_A = f_0 \cdot \frac{c}{c - 2v}$
$f_E = \frac{c}{c + v}$	$f_E = f_0 \cdot \frac{c}{c + v}$	$f_E = f_0 \cdot \frac{c}{c - v}$	$f_E = f_0 \cdot \frac{c}{c + v}$

- Q.9.** Déterminer la vitesse  $v$  de l'avion, exprimée en  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ , lors de cet atterrissage. Commenter. *Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.*

### EXERCICE 3 : PHYSIQUE ET RACCORDEMENTS ROUTIERS (5 POINTS)

Lors de la création d'un nouveau raccordement routier, les ingénieurs en génie civil doivent déterminer la trajectoire la plus sûre pour les usagers. La réussite de leur travail tient alors beaucoup à une courbe plane remarquable appelée clothoïde (figure 1) qui permet de raccorder une ligne droite à un cercle.

Ce raccordement permet de réduire les risques en assurant une augmentation linéaire dans le temps de l'accélération jusqu'à une valeur constante et maximale dans l'arc de cercle.

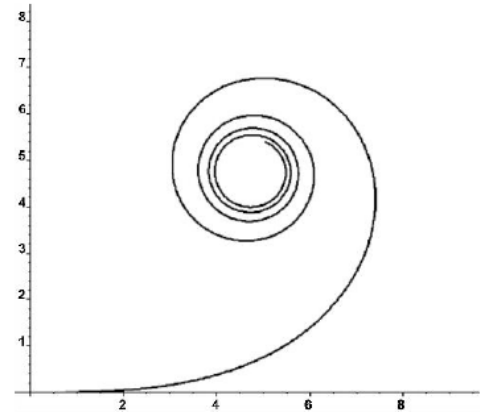


Figure 1. Représentation graphique d'une clothoïde

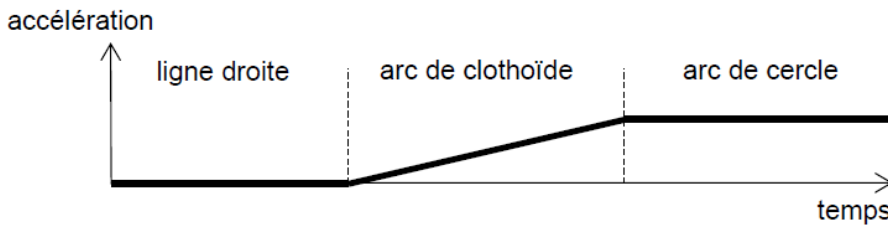


Figure 2. Évolution de l'accélération sur un raccordement routier

On illustre la situation en considérant un véhicule roulant sur l'échangeur de Cronembourg qui raccorde l'A351 à l'autoroute A35. L'étude est menée dans le référentiel terrestre supposé galiléen.



Figure 3. Vue aérienne partielle de l'échangeur de Cronembourg, Bas-Rhin ; coordonnées :  $48^{\circ}35'02.9''N$ ,  $7^{\circ}43'31.8''E$

Source : ©2020 CNES/Airbus, GeoBasis-DE/BKG, GeoContent, Maxar Technologies, données cartographiques.

Sur la vue aérienne partielle de l'échangeur de Cronembourg, on distingue un arc de clothoïde suivi d'un arc de cercle. Cette modélisation est reproduite en **ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**. Un repère orthonormé  $(O, x, y)$ , dont l'origine  $O$  est placée au début de l'arc de clothoïde, permet le repérage des positions.

## 1. Mouvement sur l'arc de clothoïde (entre O et S)

La partie OP de l'échangeur au début de l'arc de clothoïde est considérée comme une ligne droite horizontale.

**Q.1.** Déterminer la valeur de l'accélération du véhicule sur la portion OP à partir de la figure 2 et caractériser le mouvement du véhicule.

On s'intéresse à un véhicule parcourant la trajectoire plane et horizontale entre O et S. Ce véhicule est assimilé à un point matériel M, d'accélération initiale nulle et animé d'une vitesse de norme constante  $v$  égale à  $15,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Ses coordonnées  $x$  et  $y$ , prises à intervalle de temps régulier, sont introduites dans le programme Python ci-dessous :

```
1 #début du programme
2 from math import *
3 #----Coordonnées des positions du véhicule----
4 t=[0.00, 1.50, 3.00, 4.50, 6.00, 7.50, 9.00, 10.5, 12.0, 13.5, 15.0]
5 x=[0.00, 0.0624, 0.4818, 1.625, 3.849, 7.500, 12.91, 20.37, 30.11, 42.25, 56.80]
6 y=[0.00, 20.00, 39.99, 59.96, 79.83, 99.49, 118.7, 137.3, 154.7, 170.6, 184.3]
7 vx = []
8 vy = []
9 dt = 1.50 #durée entre deux positions successives
10 for i in range(0, len(t)-1) :
11     vx.append((x[i+1]-x[i])/dt)
12     vy.append((y[i+1]-y[i])/dt)
13 t.pop(0) #supprime t[0] et décale liste t pour coïncider avec l'accélération
14 ax = []
15 ay = []
16 a = []
17 for i in range(0, len(t)-1) :
18     ax.
19     ay.
20     a.append(sqrt(ax[i]**2+ay[i]**2)) #norme du vecteur accélération
21 print(t)
22 print(a)
```

Les valeurs successives de la norme de l'accélération du véhicule calculées à l'aide du programme figurent dans le tableau suivant :

$t$ (s)	1,50	3,00	4,50	6,00	7,50	9,00
$a$ ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ )	0,1587	0,3218	0,4824	0,6411	0,8070	0,9506

**Q.2.** Sur la copie, écrire les lignes de programme permettant de calculer les coordonnées  $a_x$  et  $a_y$  du vecteur accélération.

**Q.3.** À l'aide des valeurs données dans le tableau, vérifier l'information du texte introductif indiquant que la clothoïde permet « une augmentation linéaire dans le temps de l'accélération » en justifiant la méthode utilisée.

## 2. Mouvement sur l'arc de cercle (entre S et Q)

Le véhicule, assimilé à un point matériel M, poursuit sa trajectoire en décrivant l'arc de cercle, de rayon  $r = 75,0 \text{ m}$ , entre les points S et Q. La norme de la vitesse garde une valeur constante  $v$  égale à  $15,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

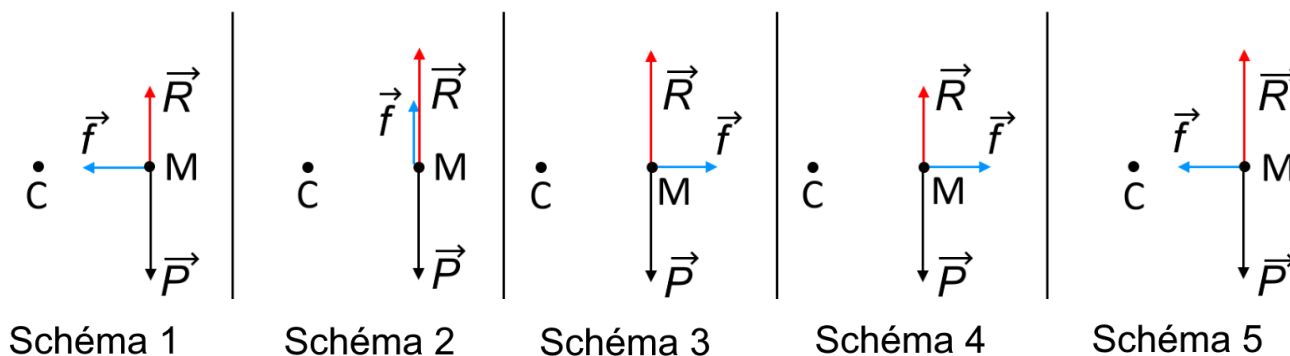
**Q.4.** Sur le schéma de L'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE, tracer les vecteurs unitaires  $\vec{u}_N$  et  $\vec{u}_T$  du repère de Frenet au point M de la trajectoire en arc de cercle.

**Q.5.** Justifier que le vecteur accélération du véhicule entre les points S et Q s'exprime ainsi :

$$\vec{a} = \frac{v^2}{r} \vec{u}_N$$

**Q.6.** Sur le schéma de L'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE, représenter à l'échelle  $1,0 \text{ cm}$  pour  $1,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ , le vecteur accélération  $\vec{a}$  au point M.

Un véhicule immobile sur une route est soumis à deux actions mécaniques, modélisées par son poids  $\vec{P}$  et la réaction  $\vec{R}$  exercée par la chaussée. En mouvement uniforme dans un virage, le véhicule est aussi soumis à une action, modélisée par une force  $\vec{f}$  appelée force de frottement. Les forces qui s'appliquent au véhicule sont contenues dans le plan vertical perpendiculaire à la route. Le point C est le centre de la trajectoire circulaire. Le véhicule est assimilé au point M. Les cinq schémas suivants représentent le poids  $\vec{P}$ , la réaction  $\vec{R}$  et la force de frottement  $\vec{f}$ .



**Q.7.** Indiquer, en justifiant, le numéro du schéma qui représente correctement ces trois forces, en s'appuyant sur les caractéristiques du vecteur accélération.

Dans la pratique, la sécurité dans les virages dépend aussi de la qualité des pneus, de la suspension des roues et de l'adhérence de la chaussée. Pour un véhicule de masse  $1\,200 \text{ kg}$ , la valeur de la force de frottement ne peut pas dépasser  $10\,400 \text{ N}$  sur chaussée sèche et  $7\,200 \text{ N}$  sur chaussée humide. Si ces valeurs sont atteintes alors l'adhérence à la route n'est plus assurée et le véhicule dérape.

**Q.8.** Dans le cas du virage étudié précédemment, choisir parmi les panneaux de limitations de vitesse ci-dessous celui qui devrait être placé avant le point O. Expliquer le raisonnement.



*Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.*

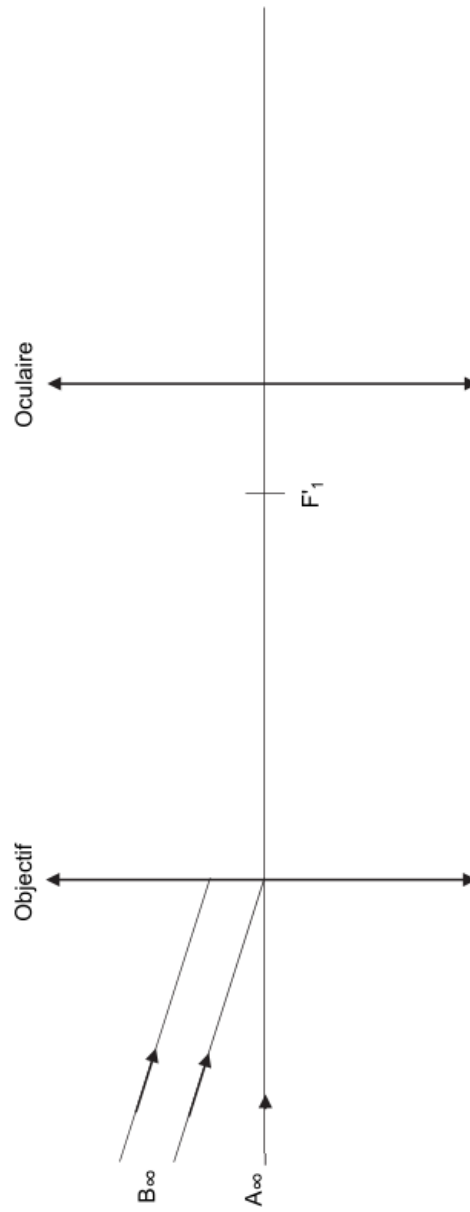
NOM :

Prénom :

Classe :

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

EXERCICE 2 – Questions Q.2., Q.3. et Q.5.



ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

EXERCICE 3 – Questions Q.4. et Q.6.

