

LIVRET EXOS REVISIONS PHYSIQUE



***LYCÉE LA SALLE-AVIGNON
M.KUNST-MEDICA***



SOMMAIRE

Mouvement et interactions

1. Décrire un mouvement	3
TYPE BAC 1.....	7
TYPE BAC 2.....	8
2. Relier les actions appliquées à un système à son mouvement	10
Deuxième loi de Newton.....	10
Mouvement dans un champ uniforme.....	10
TYPE BAC 3.....	17
TYPE BAC 4.....	18
TYPE BAC 5.....	21
TYPE BAC 6.....	22
TYPE BAC 7.....	24
TYPE BAC 8.....	26
Mouvement dans un champ de gravitation.....	28
TYPE BAC 9 ;.....	32
TYPE BAC 10.....	33
TYPE BAC 11.....	35

Ondes et signaux

1. Caractériser les phénomènes ondulatoires	36
A) Les sons	36
TYPE BAC 12.....	38
TYPE BAC 13.....	40
TYPE BAC 14.....	42
B) Diffraction et interférences.....	44
TYPE BAC 15.....	49
TYPE BAC 16.....	50
TYPE BAC 17.....	53
2. Former des images	55
TYPE BAC 18.....	58
TYPE BAC 19.....	60
3. Étudier la dynamique d'un système électrique	62
TYPE BAC 20.....	65
TYPE BAC 21.....	67
TYPE BAC 22.....	69

L'énergie : conversions et transferts

1. Décrire un système thermodynamique	71
2. Effectuer des bilans d'énergie sur un système	71
TYPE BAC 23.....	77
TYPE BAC 24.....	79

Attention, certaines thématiques du programme ne sont pas présentes ici.

Se référer aux livrets « plan de travail et parcours d'exercices » des chapitres concernés :

- **Effet Doppler (chapitre 6)**
- **Modélisation de l'écoulement d'un fluide (chapitre 17)**
- **La lumière, un flux de photons (chapitre 19)**

Mouvement et Interactions

1. Décrire un mouvement

A) Modéliser des transformations acide-base par des transferts d'ion hydrogène H+

Vecteurs position, vitesse et accélération d'un point.

Définir le vecteur vitesse comme la dérivée du vecteur position par rapport au temps et le vecteur accélération comme la dérivée du vecteur vitesse par rapport au temps.

Établir les coordonnées cartésiennes des vecteurs vitesse et accélération à partir des coordonnées du vecteur position et/ou du vecteur vitesse.

Coordonnées des vecteurs vitesse et accélération dans le repère de Frenet pour un mouvement circulaire.

Mouvement rectiligne uniformément accéléré.

Mouvement circulaire uniforme.

Citer et exploiter les expressions des coordonnées des vecteurs vitesse et accélération dans le repère de Frenet, dans le cas d'un mouvement circulaire.

Caractériser le vecteur accélération pour les mouvements suivants : rectiligne, rectiligne uniforme, rectiligne uniformément accéléré, circulaire, circulaire uniforme.

Exos

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

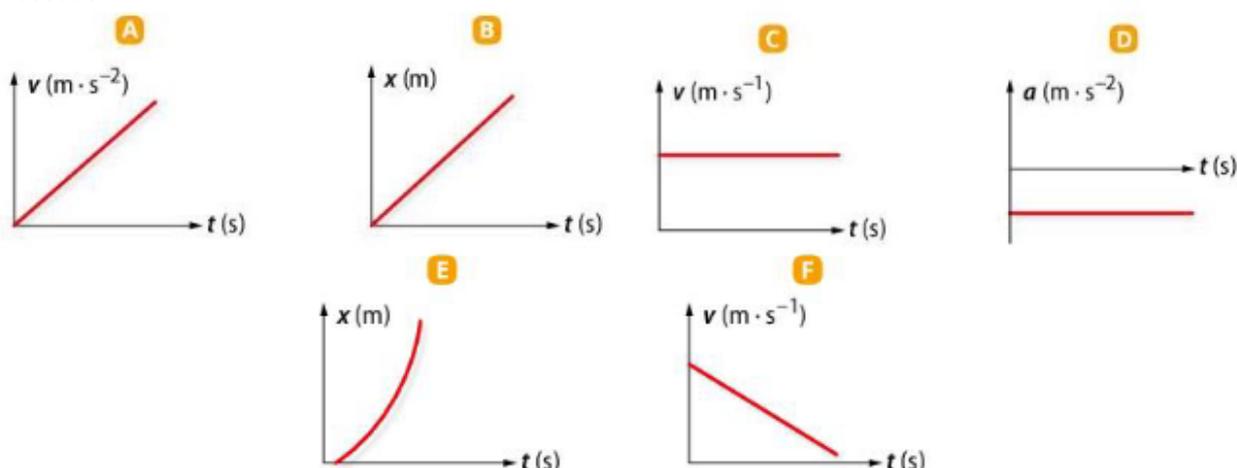
14

15

Exercice 1 : On étudie le mouvement d'un point M dans l'espace.

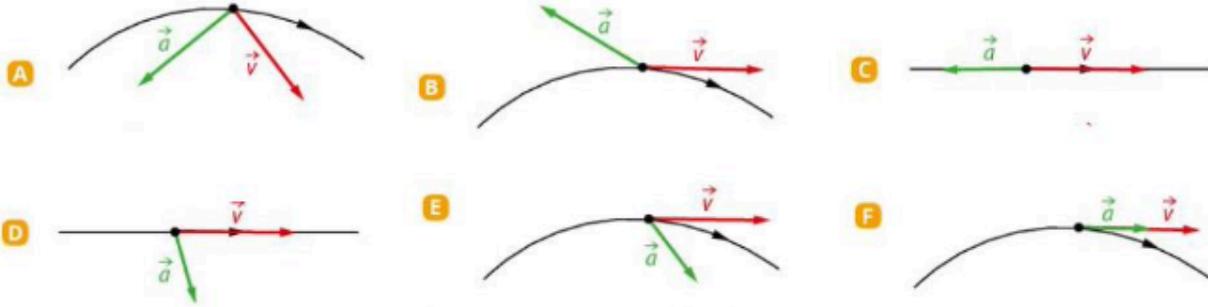
- Rappeler la relation entre le vecteur position \overrightarrow{OM} et le vecteur vitesse $\overrightarrow{v_M}$.
- Rappeler la relation entre le vecteur vitesse $\overrightarrow{v_M}$ et le vecteur accélération $\overrightarrow{a_M}$.
- Trouver un exemple de mouvement pour lequel on a la relation : $a = \frac{dv}{dt}$. Expliquer.
- Trouver un exemple de mouvement pour lequel on a la relation : $a \neq \frac{dv}{dt}$. Expliquer.

Exercice 2 : Trois mouvements rectilignes différents ont été étudiés. Des représentations graphiques temporelles des projections des vecteurs position, vitesse et accélération pour ces mouvements sont proposées ci-dessous.



- Regrouper ces représentations graphiques de telle sorte que chaque groupe corresponde à l'un des trois mouvements étudiés.

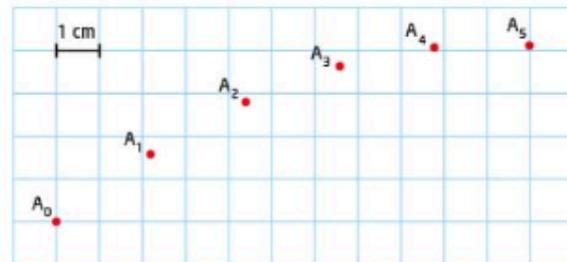
Exercice 3 : Ces représentations sont celles de trajectoires pour lesquelles un élève a associé en un point le vecteur vitesse et accélération pour traduire le mouvement.



- Certaines d'entre elles ne peuvent pas être correctes. Identifiez-les en justifiant.

Exercice 4 : Les positions successives d'un point mobile M sont enregistrées à intervalles de temps réguliers $\tau = 40$ ms.

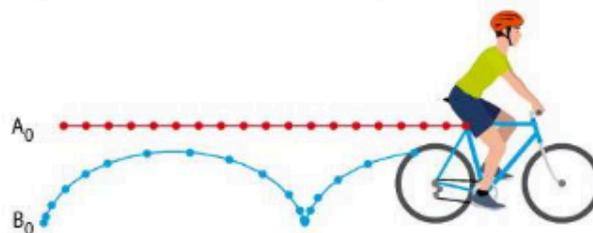
Une expression approchée du vecteur vitesse moyenne de M à son passage au point M_2 à la date t_2 est estimée par $\vec{v}(t_2) = \frac{\vec{M_1M_3}}{2\tau}$



- Reproduire les éléments utiles de la figure pour tracer ce vecteur vitesse, en précisant l'échelle utilisée.

Exercice 5 : Une chronophotographie à l'échelle 1/40 du mouvement de deux points A et B d'un vélo a été reproduite ci-dessous :

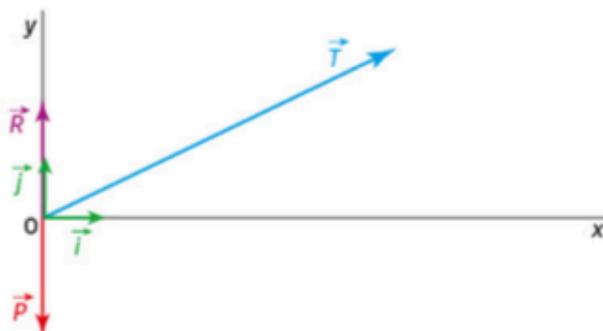
Durée entre chaque point : $\Delta t = 20$ ms



1. Calculer la valeur de la vitesse $\|\vec{v}_A\|$ aux points A_3 , A_8 et A_{14} . Quelles sont les caractéristiques (norme, sens, direction) du vecteur \vec{v}_A ?
2. En déduire les caractéristiques du vecteur accélération \vec{a}_A .
3. À l'aide d'un papier calque, reproduire les points B_2 à B_{10} . Construire les vecteurs vitesse \vec{v}_{B_3} , \vec{v}_{B_5} , \vec{v}_{B_7} et \vec{v}_{B_9} .
4. Sur la même chronophotographie, construire les vecteurs accélération \vec{a}_{B_4} , \vec{a}_{B_6} et \vec{a}_{B_8} .

Exercice 6 :

- Déterminer les coordonnées de chacun des vecteurs \vec{R} , \vec{P} et \vec{T} représentés ci-contre.



Exercice 7 : L'enregistrement de la trajectoire d'un point M se déplaçant dans un plan a permis d'obtenir l'expression des coordonnées du point en fonction du temps :

$$x(t) = 5,0 t + 1 \quad \text{et} \quad y(t) = 3,0 t$$

1. Donner l'expression du vecteur position $\overrightarrow{OM}(t)$.
2. Déterminer les coordonnées et la norme de son vecteur vitesse $\overrightarrow{v}(t)$.

Exercice 8 : Le vecteur position d'un point M en mouvement est défini par :

$$\overrightarrow{OM}(t) = (24 t^2 + 12 t + 3) \vec{i} + (3t + 2) \vec{j}$$

- Déterminer les coordonnées du vecteur accélération $\overrightarrow{a}(t)$ de ce point.

Exercice 9 : Un cycliste s'élance sur un tremplin de 2,0 m de haut. Arrivé en haut, sa vitesse lui permet de faire un saut. Les expressions des coordonnées du centre de masse du système {vélo + cycliste} durant ce saut ont été modélisées par des équations mathématiques :

$$\begin{cases} x(t) = 3,39 \times t \\ y(t) = -4,9 \times t^2 + 5,87 \times t + 2,0 \end{cases}$$

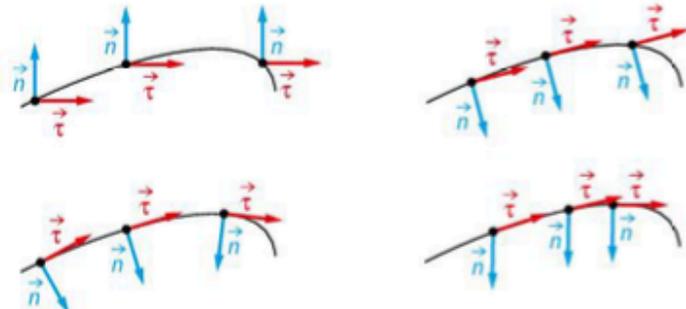
Les coordonnées $x(t)$ et $y(t)$ sont exprimées en mètre, à condition que t soit en seconde.



1. Déterminer les composantes du vecteur vitesse au cours du temps.
2. En déduire la valeur de la vitesse à $t = 1,0$ s.
3. Déterminer les composantes du vecteur accélération au cours du temps.

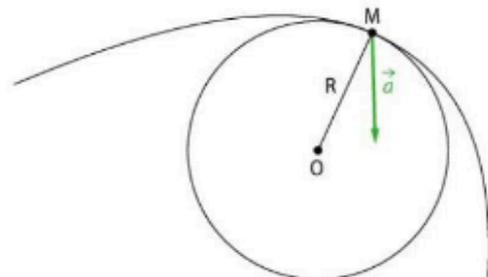
Exercice 10 :

1. Choisir la(les) bonne(s) représentation(s) du repère de Frenet :
2. Corriger la (les) représentation(s) fausse(s).



Exercice 11 : Une automobile prend un virage. La trajectoire, vue de dessus, est assimilée à une portion de cercle en un point donné.

1. Reproduire le schéma et construire le repère de Frenet au point étudié.
2. Projeter le vecteur accélération sur le repère de Frenet.
3. En déduire si la vitesse du véhicule est constante dans le virage.



Exercice 12 : On étudie un mouvement circulaire uniformément accéléré à l'aide du repère de Frenet.

1. Rappeler les composantes du vecteur vitesse dans le repère de Frenet.
2. Comment évoluent-elles au cours du temps ?
3. Rappeler les coordonnées du vecteur accélération dans le repère de Frenet.
4. Comment évoluent-elles au cours du temps ?

Exercice 13 : Un looping est une figure de pilotage aérien que l'on assimile à une trajectoire circulaire.

1. Rappeler les expressions générales des composantes du vecteur accélération dans le repère de Frenet.
2. Les expressions en un point de la trajectoire des vecteurs vitesse et accélération dans ce repère sont, à un instant donné :

$$\vec{v} = \begin{pmatrix} 40,0 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ et } \vec{a} = \begin{pmatrix} -6,50 \\ 106,0 \end{pmatrix}$$

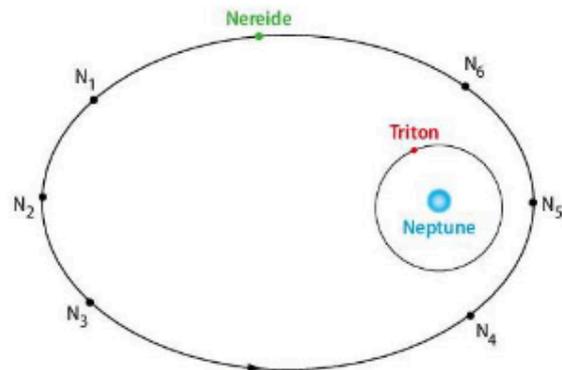
- a. Comment évolue la vitesse à l'instant considéré ?
- b. Quel est le rayon de la trajectoire ?

Exercice 14 : Un manège de 16,0 m de diamètre, animé d'un mouvement circulaire uniforme autour d'un axe vertical, fait un tour complet en 2,40 s.

1. Faire un schéma de la situation, vu de dessus. Représenter sur le schéma les vecteurs vitesse et accélération dans le repère de Frenet.
2. Calculer la vitesse pour un point se trouvant à la périphérie du manège.
3. Déterminer les composantes de ces vecteurs dans la base du repère de Frenet.
4. Mêmes questions pour un point se trouvant à 4 m de l'axe de rotation.

Exercice 15 : Les deux premiers satellites découverts autour de Neptune, Néréide et Triton ont des mouvements orbitaux bien différents : Triton a un mouvement circulaire alors que Néréide a un mouvement elliptique.

Dans chacun des cas, le vecteur accélération en chaque point de l'orbite est dirigé vers Neptune.



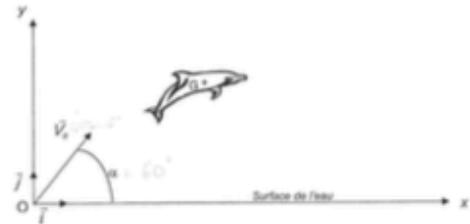
1. Faire un schéma de l'orbite de Triton en représentant quelques vecteurs accélérations au cours du mouvement (sans soucis d'échelle).
2. À l'aide du repère de Frenet, en déduire que Triton a un mouvement uniforme.
3. Représenter schématiquement l'orbite de Néréide ainsi que les vecteurs accélération aux points N_1 à N_6 .
4. À l'aide du repère de Frenet, déterminer en quel(s) point(s) la vitesse de Néréide augmente, diminue ou reste constante.
5. La vitesse de Néréide est à son maximum en un point appelé aphélie et à son minimum en un point appelé périhélie. En expliquant le raisonnement, déterminer la position de ces deux points.

TYPE BAC 1 : LE DAUPHIN À FLANCS BLANCS

Un jour, un dauphin a fait un saut de 3 mètres pour se retrouver sur le pont d'un navire de recherche arrêté en mer ! Quand il a atteint sa taille adulte, il mesure environ 2,50 mètres et pèse jusqu'à 180 kg.

Étude cinématique du saut du dauphin

Dans cette partie, on négligera les actions de l'air (frottements et poussée d'Archimède) sur le dauphin. Au cours du saut hors de l'eau, le dauphin n'est soumis qu'à son poids.



On souhaite étudier la trajectoire du centre d'inertie G du dauphin pendant son saut hors de l'eau. Le repère d'étude est $(0, \vec{i}, \vec{j})$. On choisit comme origine des dates l'instant où le centre d'inertie G du dauphin est confondu avec le point O. Le vecteur vitesse initiale \vec{V}_0 est dans le plan (Oxy) et est incliné d'un angle α par rapport à l'axe Ox.

Grâce à l'exploitation d'un enregistrement vidéo du saut du dauphin, on a pu trouver que la valeur de la vitesse initiale est $V_0 = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ et que l'angle α vaut 60° .

Pour les calculs, on prendra $g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. La masse du dauphin est notée m .

1 En appliquant la deuxième loi de Newton, donner l'expression du vecteur accélération \vec{a}_G du centre d'inertie du dauphin, puis ses coordonnées a_x et a_y dans le repère d'étude.

2 En déduire l'expression littérale de la coordonnée $V_x(t)$ du vecteur vitesse du centre d'inertie en fonction de la vitesse initiale V_0 et de l'angle α , puis celle de la coordonnée $V_y(t)$ en fonction de V_0 , α , g et t

3 Établir les équations horaires $x(t)$ et $y(t)$ du mouvement du centre d'inertie

4 Sachant qu'il faut 0,87 seconde au dauphin pour atteindre le sommet S de cette trajectoire, le saut effectué est-il réellement d'au moins 3 mètres de haut ? justifier.

5 Les positions du centre d'inertie du dauphin sont données à intervalles de temps réguliers sur le **document de l'ANNEXE**, l'échelle du document est 1 cm pour 0,50 m, la durée entre deux positions est $\Delta t = 0,10 \text{ s}$.

5.1 A partir du **document de l'ANNEXE**, déterminer la valeur de la vitesse du centre d'inertie du dauphin aux points 4 et 6. On les notera V_4 et V_6

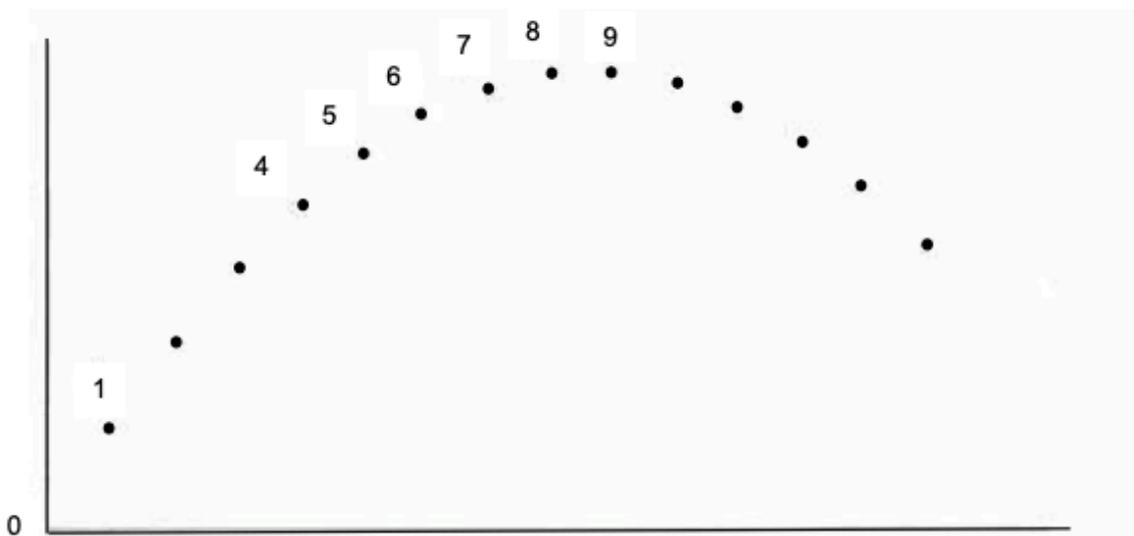
5.2 Recopier et tracer les vecteurs \vec{V}_4 et \vec{V}_6 à partir du **document de l'ANNEXE**, en utilisant l'échelle : 1 cm pour $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

5.3 Construire le vecteur $\Delta \vec{V} = \vec{V}_6 - \vec{V}_4$ au point 5 et déterminer sa valeur en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ en utilisant l'échelle précédente.

5.4 En déduire la valeur a_5 du vecteur accélération \vec{a}_5 , vecteur accélération au point 5. Le représenter en choisissant comme échelle de représentation : 1 cm pour $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

5.5 Les résultats de la **question 4.4** sont-ils en accord avec ceux de la **question 1** ? Justifier.

ANNEXE Document : positions du dauphin



Échelle du document : 1 cm pour 0,50 m

TYPE BAC 2 : LA LOGAN AU BANC D'ESSAI

La Dacia Logan, conçue par le constructeur français Renault est produite au départ en Roumanie.

Elle a fait la une de l'actualité lors de son lancement commercial : elle était en effet présentée comme « la voiture à 5000 euros ». Même si son prix fut finalement plus élevé que prévu, les journalistes automobiles étaient impatients d'évaluer cette voiture d'un nouveau genre.

L'exercice propose de détailler certains tests routiers effectués par les essayeurs d'un magazine automobile et d'étudier un composant du système d'alimentation en gazole du moteur Diesel qui peut équiper la Logan.

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

PARTIE A: Performances et comportement routier

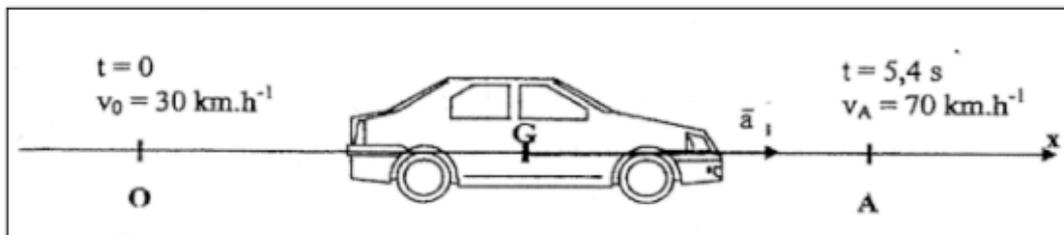
Les paragraphes I et II sont indépendants.

I - Mesures de reprises

Le test consiste à faire passer la voiture, en pleine accélération et sur le deuxième rapport de la boîte de vitesses, de 30 km.h^{-1} à 70 km.h^{-1} sur une portion de circuit rectiligne et horizontale. On mesure alors le temps nécessaire à cette accélération, ce qui donne une bonne indication de la capacité du véhicule à s'insérer et à évoluer dans le trafic routier.

Résultat du test d'accélération donné par le magazine: « passage de 30 km.h^{-1} à 70 km.h^{-1} en $5,4 \text{ s}$ ».

1. Le vecteur accélération est supposé constant pendant tout le mouvement ; sa norme est notée a_1 . Le schéma ci-dessous donne les différentes conventions utilisées. L'origine des temps est choisie à l'instant où le centre d'inertie G du véhicule passe au point O avec la vitesse $v_0 = 30 \text{ km.h}^{-1}$.



- Donner la relation entre le vecteur accélération \vec{a}_1 et le vecteur vitesse \vec{v} du centre d'inertie G du véhicule. En déduire l'équation horaire de la vitesse du centre d'inertie du véhicule $v(t)$ en fonction de a_1 , v_0 et t .
 - En utilisant le résultat du test d'accélération, montrer que la valeur de l'accélération a_1 du véhicule en unité SI est : $a_1 = 2,1 \text{ m.s}^{-2}$.
- Établir l'équation horaire de la position $x(t)$ du centre d'inertie G en fonction des grandeurs de l'énoncé.
 - En déduire la distance D parcourue par la Logan quand elle passe de 30 km.h^{-1} à 70 km.h^{-1} , en $5,4 \text{ s}$.

II - Virage sur une trajectoire circulaire

Un second test consiste à faire décrire à la voiture une trajectoire circulaire de rayon $R = 50 \text{ m}$. Ce test donne une bonne indication de la tenue de route du véhicule.

Une chronophotographie (en vue de dessus) représentant les positions successives du centre d'inertie G de la Logan pendant ce test est donnée en annexe (Figure 1). La durée $\tau = 1,00$ s sépare deux positions successives du centre de masse G.

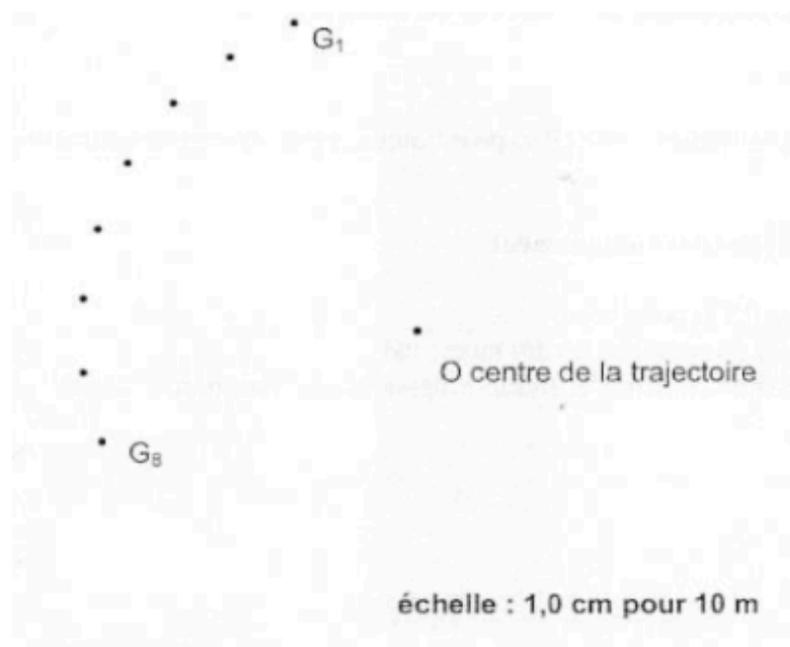
1.
 - a) Exprimer les normes des vitesses v_3 et v_5 du centre d'inertie G aux points G_3 et G_5 en fonction des distances G_2G_4 , G_4G_6 et de la durée τ .
 - b) En utilisant la figure 1 montrer que ces vitesses v_3 et v_5 ont la même valeur d'environ 40 km.h^{-1} .
 - c) Recopier la figure 1 et Représenter les vecteurs vitesse \vec{v}_3 et \vec{v}_5 sur la figure 1 (échelle: $1 \text{ cm pour } 2 \text{ m.s}^{-1}$).
 - d) Représenter le vecteur $\Delta\vec{v}_4 = \vec{v}_5 - \vec{v}_3$

2.
 - a) Donner l'expression du vecteur accélération \vec{a}_4 au point G_4 , en fonction de $\Delta\vec{v}_4$ et τ .
 - b) Calculer la valeur de a_4 en unité SI.

3.
 - a) Le constructeur qualifie cette accélération de « latérale ». Quel autre qualificatif utiliserait-on plutôt en physique ?
 - b) Peut-on considérer que, pour les passagers de la voiture, l'effet de cette accélération est négligeable devant celui de l'accélération de la pesanteur ?

ANNEXE

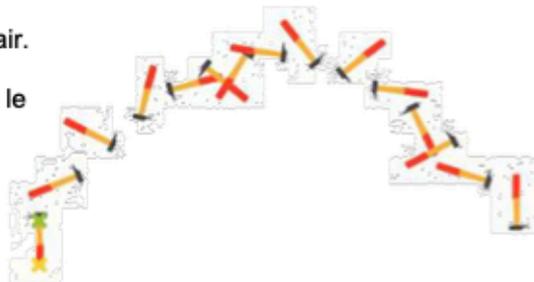
Figure 1



2. Relier les actions appliquées à un système à son mouvement	
Deuxième loi de Newton	16
Centre de masse d'un système.	17
Justifier qualitativement la position du centre de masse d'un système, cette position étant donnée.	18
	19
Référentiel galiléen.	20
Discuter qualitativement du caractère galiléen d'un référentiel donné pour le mouvement étudié.	21
	22
Deuxième loi de Newton.	23
Équilibre d'un système.	24
Utiliser la deuxième loi de Newton dans des situations variées pour en déduire :	25
- le vecteur accélération du centre de masse, les forces appliquées au système étant connues;	26
- la somme des forces appliquées au système, le mouvement du centre de masse étant connu.	27
Mouvement dans un champ uniforme	28
	29
Mouvement dans un champ de pesanteur uniforme.	30
Montrer que le mouvement dans un champ uniforme est plan.	31
Établir et exploiter les équations horaires du mouvement.	32
Établir l'équation de la trajectoire.	33
Champ électrique créé par un condensateur plan.	34
Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrique uniforme.	
Discuter de l'influence des grandeurs physiques sur les caractéristiques du champ électrique créé par un condensateur plan, son expression étant donnée.	35
Montrer que le mouvement dans un champ uniforme est plan.	36
Établir et exploiter les équations horaires du mouvement.	37
Établir l'équation de la trajectoire.	37
Principe de l'accélérateur linéaire de particules chargées.	38
Décrire le principe d'un accélérateur linéaire de particules chargées.	38
Aspects énergétiques.	39
Exploiter la conservation de l'énergie mécanique dans le cas du mouvement dans un champ uniforme.	40
	41
Aspects énergétiques.	42
Exploiter le théorème de l'énergie cinétique dans le cas du mouvement dans un champ uniforme.	43
	44

Exercice 16 : On a filmé le mouvement d'un marteau lancé en l'air.

1. Utiliser le schéma fourni et repérer le point jaune et le point vert pour chacune des positions du marteau.
2. Justifier que le point vert est le centre de masse du marteau.
3. Le marteau est-il soumis à des forces qui se compensent ?

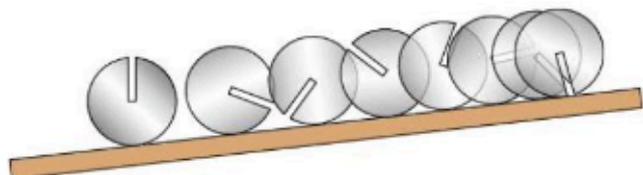


Exercice 17 : Un mobile autoporteur est lancé sur une table horizontale dans un référentiel terrestre considéré comme galiléen. On néglige toute force de frottement.

- Représenter la trajectoire du centre de masse de ce mobile.

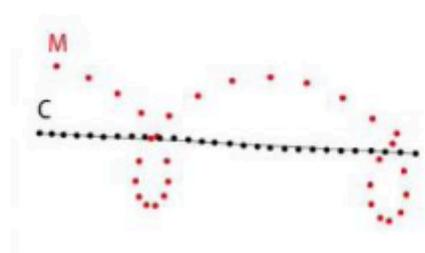
Exercice 18 : Un disque entaillé roule sur une pente.

- Justifier que le centre de masse du système soit au centre du disque.



Exercice 19 : On lance sur la glace un palet de hockey muni de deux repères visuels, un en son centre (C), l'autre en périphérie (M). Le mouvement du palet est filmé.

À l'aide d'un logiciel approprié, on obtient pour chacun des points C et M une trajectoire.



1. Décrire les trajectoires des points M et C.
2. Quel point est le centre de masse ?

Exercice 20 : Un pilote s'élance de la ligne de départ d'un grand prix.



1. Rappeler la définition d'un référentiel.
2. Dans quelle condition est-il considéré comme galiléen ?
3. Le référentiel terrestre est-il ici considéré comme galiléen ?
4. Quel est le mouvement du pilote dans ce référentiel ?
5. En déduire si les actions mécaniques qui s'exercent sur lui se compensent.
6. Le référentiel voiture est-il ici considéré comme galiléen ?
7. Quel est le mouvement du pilote dans ce référentiel ?
8. En déduire si les actions mécaniques qui s'exercent sur lui se compensent.

Exercice 21 : Pour chaque situation suivante, choisir un référentiel galiléen :

1. Un skieur descendant une piste ;
2. Jupiter tournant autour du Soleil ;
3. La Lune tournant autour de la Terre ;
4. Un train sortant de la gare.

Exercice 22 : Le spationaute français Thomas Pesquet a fait un séjour à bord de la station spatiale internationale de novembre 2016 à juin 2017.

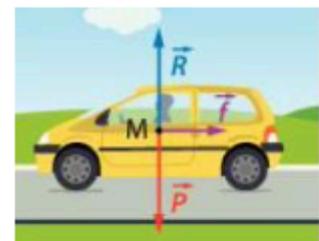
Il réalise 2 h et demi de sport chaque jour : course sur tapis, vélo d'entraînement ...



1. Dans quel référentiel est-il immobile ? ce référentiel est-il galiléen ?
2. Le référentiel terrestre est-il ici galiléen pour étudier le mouvement de l'astronaute ?
3. Le référentiel géocentrique est-il ici galiléen pour étudier le mouvement de Thomas Pesquet ?

Exercice 23 : Une voiture de masse $m = 900 \text{ kg}$ se déplace moteur arrêté sur une route horizontale. Elle ralentit sous l'effet des forces de frottements exercées par l'air et par la route sur les pneus.

Toutes les forces qui s'appliquent sur la voiture sont représentées en son centre de masse M sans souci d'échelle. Le poids \vec{P} du véhicule et la réaction \vec{R} de la route sur les pneus se compensent. La valeur de la force de frottement est $f = 300 \text{ N}$.



1. Énoncer la deuxième loi de Newton.
2. Exploiter cette loi pour déterminer les caractéristiques du vecteur accélération de M.

Exercice 24 : Une montgolfière et l'air qu'elle contient (masse $m = 1,20 \times 10^4$ kg) sont animés d'un mouvement vertical uniformément accéléré vers le haut. La valeur de l'accélération est $a = 0,20 \text{ m.s}^{-2}$.

La montgolfière est soumise à son poids \vec{P} et à la poussée d'Archimède \vec{F}_p exercée par l'air extérieur. On néglige les forces de frottement devant les autres forces. Les forces sont représentées sans souci d'échelle au centre de masse du système sur la photo ci-dessus.

Données : Intensité de la pesanteur : $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$.



- Déterminer les caractéristiques de la somme des forces $\Sigma \vec{F}$ appliquées au système.
- En déduire la valeur F_p de la poussée d'Archimède.

Exercice 25 :

- Construire le vecteur somme des forces représentant la résultante des forces au centre de masse G pour les deux systèmes suivants.

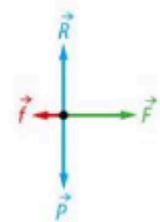


- Quel système peut être à l'équilibre et dans quelle condition ?
- Quelle est la direction et le sens de l'accélération du centre de masse du système qui n'est pas à l'équilibre ?

Exercice 26 : On a étudié une pierre de curling dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

- La pierre est à l'arrêt.
 - Que vaut la résultante des forces $\Sigma \vec{F}$ qui modélisent les actions mécaniques s'exerçant sur la pierre ?
 - La pierre est-elle à l'équilibre ?
- La pierre est en mouvement rectiligne uniforme.
 - Que vaut la résultante des forces $\Sigma \vec{F}$ qui modélisent les actions mécaniques s'exerçant sur la pierre ?
 - La pierre est-elle à l'équilibre ?

Exercice 27 : Pendant leur course d'élan, les bobeurs poussent le bobsleigh, initialement à l'arrêt, sur une portion de piste rectiligne et horizontale. Le bobsleigh sera assimilé à un point matériel. On modélisera la poussée par une force \vec{F} , \vec{f} modélisera l'action des forces de frottements, \vec{P} l'action mécanique de la Terre et \vec{R} modélisera la composante verticale de l'action de la piste. Toutes ces forces seront considérées comme constantes.



Donnée : intensité de la force de poussée $F = 250 \text{ N}$, des forces de frottements $f = 25 \text{ N}$;
Masse du bobsleigh $m = 300 \text{ kg}$.

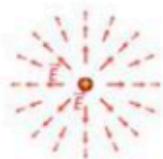
- Donner les caractéristiques du vecteur résultante des forces $\Sigma \vec{F}$.
- En déduire la valeur du vecteur accélération dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

Exercice 28 : Les coordonnées cartésiennes du vecteur accélération d'un point matériel M dans un repère orthonormé $(O ; \vec{i} ; \vec{j})$ lié à un référentiel terrestre sont : $\vec{a} \begin{cases} a_x = 0 \text{ m.s}^{-2} \\ a_y = 7,8 \text{ m.s}^{-2} \end{cases}$

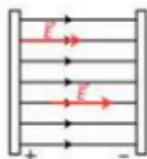
- Représenter ce vecteur accélération dans le repère choisi.
- Calculer la valeur a de l'accélération de M.

Exercice 29 : Voici la cartographie de quatre champs vectoriels.

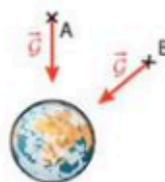
a Champ électrique dû à une charge ponctuelle



b Champ électrique entre les armatures d'un condensateur plan



c Champ gravitationnel terrestre



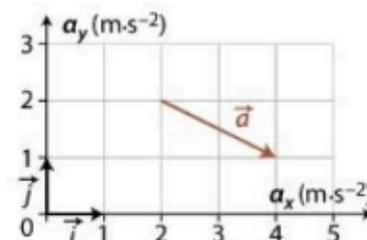
d Champ de pesanteur terrestre dans l'espace de la photographie



- Identifier le(s) champ(s) uniforme(s).

Exercice 30 : On a représenté ci-dessous le vecteur accélération d'un point mobile M en mouvement plan dans un champ de pesanteur uniforme.

1. Déterminer les coordonnées du vecteur accélération \vec{a} de M dans le repère orthonormé $(O ; \vec{i} ; \vec{j})$.
2. Calculer la valeur a de l'accélération de M.



Exercice 31 : Une bille de masse m est lâchée sans vitesse initiale d'une hauteur $h = 1,00\text{m}$. La bille de centre de masse G n'est soumise qu'à l'action mécanique de la Terre modélisée par la force de pesanteur. On choisit pour repère un axe vertical (Oz) orienté vers le bas, dont l'origine O correspond à la position initiale de la bille à $t = 0$ s.

1. Établir la relation entre le vecteur accélération du centre de masse de la bille et le vecteur champ de pesanteur.
2. En déduire les équations horaires du mouvement $v_z(t)$ et $z(t)$.
3. Montrer que le mouvement de la bille dans le champ de pesanteur est plan.
4. Quelle est la durée de la chute ?
5. Quelle est la vitesse maximale atteinte par la bille ?

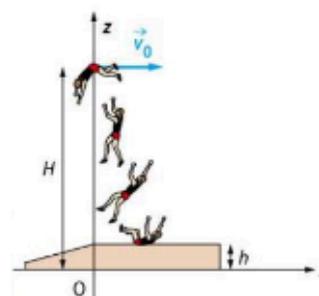


Exercice 32 : On souhaite étudier la phase descendante d'une athlète lors de l'épreuve du saut à la perche.

On considère le système perchiste que l'on assimile à un point matériel. On négligera dans cette phase toute action de l'air. La barre est franchie avec un vecteur vitesse \vec{v}_0 horizontal.

On se place dans le repère $(O ; x, y, z)$ en prenant le début de la phase descendante comme origine des temps ($t = 0$ s).

Données : hauteur du tapis de réception $h = 0,70$ m ; hauteur du saut $H = 4,5$ m.



1. Montrer que les composantes du vecteur accélération du système sont : $a_x(t) = a_y(t) = 0$ et $a_z(t) = -g_0$.

2. Montrer que les équations horaires du mouvement du perchiste s'écrivent :

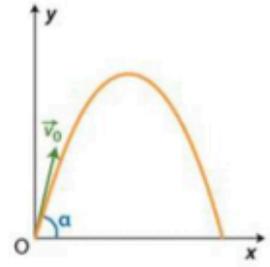
$$x(t) = v_0 \cdot t, \quad y(t) = 0 \quad \text{et} \quad z(t) = -\frac{1}{2} g_0 \cdot t^2 + H.$$

3. Montrer que le mouvement est plan.
4. Quelle est la durée de la phase descendante ?

Exercice 33 : Au cours d'un match de rugby, un joueur réalise une chandelle. On se place dans un référentiel terrestre supposé galiléen. On négligera toutes les actions dues à l'air.

À l'instant $t = 0$ s, le ballon, assimilé à un point matériel, est à l'origine du repère, et le vecteur vitesse initiale du ballon fait un angle α avec l'axe horizontal Ox . Le graphique ci-dessus représente la trajectoire du ballon dans le repère choisi.

Les coordonnées cartésiennes du vecteur accélération du ballon, exprimées en m.s^{-2} , sont : $\vec{a} \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases}$



1. Établir les coordonnées du vecteur vitesse \vec{v} du ballon.
2. Montrer que les équations horaires du mouvement sont : $x = v_0 \cos(\alpha).t$ et $y = -\frac{1}{2} g.t^2 + v_0.\sin(\alpha).t$

Exercice 34 : Entre les plaques A et B d'un condensateur plan reliées à un générateur de tension continue, règne un champ électrique uniforme de valeur $E = 1,0 \times 10^4 \text{ N.C}^{-1}$.

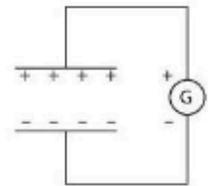
Les plaques sont distantes de $d = 10,0 \text{ cm}$.

Donnée : Valeur du champ électrique $\vec{E} : E = \frac{|U_{AB}|}{d}$

1. Calculer la valeur absolue $|U_{AB}|$ de la tension appliquée entre les plaques.
2. Comment varie la valeur du champ électrique si la distance entre les plaques augmente ?

Exercice 35 : On a représenté ci-dessous les armatures d'un condensateur plan reliées aux bornes d'une source de tension continue. Les plaques sont distantes de $d = 20,0 \text{ cm}$ et la source impose une tension U de 10 kV .

Donnée : Valeur du champ électrique $\vec{E} : E = \frac{|U|}{d}$



1. Déterminer les caractéristiques (direction, sens et valeur) du champ électrique \vec{E} qui règne entre les plaques.
2. Représenter le vecteur \vec{E} en différentes positions entre les armatures, sans souci d'échelle mais avec cohérence.

Exercice 36 : Un condensateur plan est constitué de deux armatures planes et parallèles séparées par un milieu isolant comme l'air.

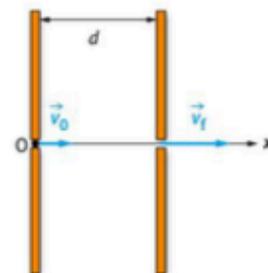
Entre les deux armatures A et B du condensateur séparées par une distance d , s'établit un champ électrique \vec{E} uniforme tel que $U_{AB} = E \times d$.

Choisir la (ou les) bonne(s) réponse(s).

1. La direction du champ \vec{E} est :
 - a. Parallèle aux armatures ;
 - b. Perpendiculaire aux armatures ;
 - c. Varie selon le signe de la tension U_{AB} .
3. Lorsque la distance entre les armatures est doublée, la valeur du champ électrique \vec{E} :
 - a. Est constante ;
 - b. Est doublée ;
 - c. Est divisée par deux.
4. Lorsque la tension entre les armatures est divisée par deux, la valeur du champ électrique \vec{E} :
 - a. Est constante ;
 - b. Est doublée ;
 - c. Est divisée par deux.
5. Lorsqu'on inverse la polarité des armatures :
 - a. Le champ \vec{E} s'annule ;
 - b. Le champ \vec{E} garde la même norme ;
 - b. Le champ \vec{E} change de sens.

Exercice 37 : Un proton pénètre dans un condensateur plan avec vecteur vitesse initial \vec{v}_0 perpendiculaire aux armatures. Dans le condensateur plan règne un champ électrique uniforme de valeur : $E = 2,0 \text{ kV.m}^{-1}$.

Données : masse $m = 1,7 \times 10^{-27} \text{ kg}$, $v_0 = 2,0 \times 10^3 \text{ m.s}^{-1}$, intensité de la pesanteur $g_0 = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$, $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$, $d = 18,0 \text{ cm}$.



1. Reproduire cette figure et représenter sans souci d'échelle le vecteur \vec{E} .
2. Montrer que l'action mécanique de la Terre sur le proton est négligeable devant l'action modélisée par la force électrique.
3. Établir la relation entre le vecteur accélération de la particule et le vecteur champ électrique.
4. Projeter cette relation sur l'axe (Ox) et établir une relation entre la composante de l'accélération a_x , E , m , et e .
5. En déduire les équations horaires de la vitesse $v_x(t)$ et de la position $x(t)$.
6. Montrer que cet accélérateur est linéaire.
7. En exploitant une équation horaire, déterminer à quel instant le proton sort du condensateur.
8. En déduire la vitesse finale du proton. Conclure sur le rôle du condensateur plan dans ce dispositif.

Exercice 38 : Une position, particule de charge e et de masse m , pénètre, à $t = 0 \text{ s}$, dans un champ électrique uniforme avec une vitesse initiale \vec{v}_0 . On assimile le positon à un corps ponctuel G soumis uniquement à la force électrique, et on étudie son mouvement dans un référentiel terrestre supposé galiléen.

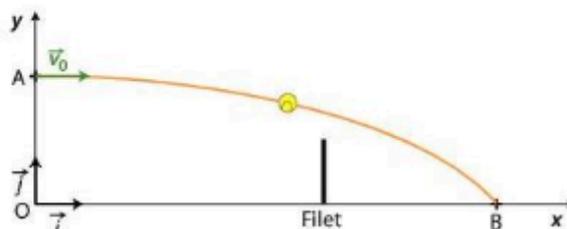


1. Exprimer les coordonnées cartésiennes du vecteur position \vec{OG}_0 et celles du vecteur vitesse \vec{v}_0 à $t = 0 \text{ s}$.
2. Utiliser la deuxième loi de Newton pour exprimer le vecteur accélération \vec{a} du positon.
3. En déduire les coordonnées cartésiennes des vecteurs accélération, vitesse et position du positon.

Exercice 39 : Pour servir au tennis, un joueur placé en O lance une balle verticalement et la frappe en A à une hauteur $H = 2,7 \text{ m}$ au-dessus du sol.

La balle part avec une vitesse horizontale de valeur $v_0 = 126 \text{ km.h}^{-1}$ dans un référentiel terrestre supposé galiléen. De masse m , elle n'est soumise qu'à son poids.

Donnée : Intensité de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$.



1. L'énergie mécanique de la balle est-elle constante ?
2. Montrer que l'expression de la valeur v_B de la vitesse de la balle lorsqu'elle touche le sol s'écrit :

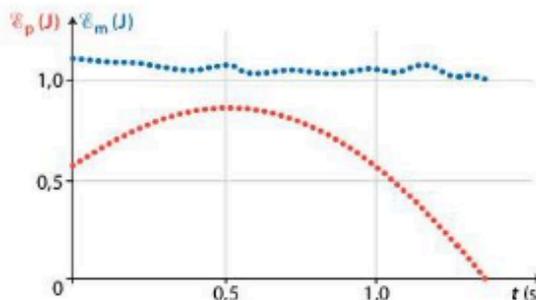
$$v_B = \sqrt{v_0^2 + 2g \times H}$$

3. Calculer cette valeur.

Exercice 40 : L'étude énergétique de la chute libre d'une balle de masse $m = 25 \text{ g}$ considérée comme ponctuelle dans un champ de pesanteur conduit aux graphiques suivants :

Donnée : Intensité de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$.

L'énergie potentielle de pesanteur est nulle au niveau du sol.



1. Justifier que l'énergie mécanique de la balle se conserve.
2. Calculer la hauteur initiale de la balle.
3. Déterminer l'énergie cinétique de la balle à $t = 0 \text{ s}$.

Exercice 41 : Une boule de pétanque est lancée depuis une hauteur $h = 135 \text{ cm}$ avec une vitesse $v_0 = 6,0 \text{ m.s}^{-1}$. On assimilera la boule à un point matériel.

Donnée : Intensité de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$.
Masse $m = 710 \text{ g}$.



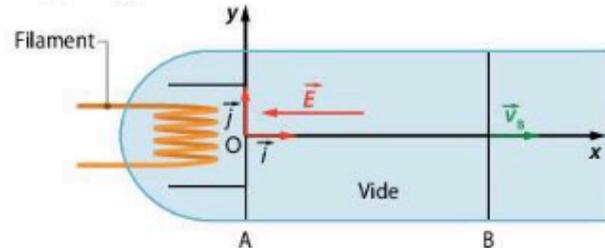
1. Exprimer son énergie mécanique à l'instant du lancer.
2. Sous quelle hypothèse s'applique la conservation de l'énergie mécanique ? Est-ce une hypothèse raisonnable ici ?
3. Exploiter la conservation de l'énergie mécanique pour exprimer puis calculer la vitesse v_f d'impact au sol de la boule.
4. Représenter graphiquement l'allure de l'évolution des différentes énergies au cours du mouvement.

Exercice 42 : Une boule de pétanque est lancée depuis une hauteur $h = 135 \text{ cm}$ avec une vitesse $v_0 = 6,0 \text{ m.s}^{-1}$. On assimilera la boule à un point matériel.

Donnée : Intensité de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$.
Masse $m = 710 \text{ g}$.

1. Exprimer le travail du poids entre les points de lancer A et d'impact B.
2. Énoncer le théorème de l'énergie cinétique. Exploiter le théorème afin d'exprimer puis de calculer la vitesse v_B d'impact au sol de la boule. Que constatez-vous ?

Exercice 43 : Le filament d'un canon à électrons émet des électrons avec une vitesse initiale de valeur négligeable. Ils sont ensuite accélérés à l'intérieur d'un condensateur plan dont les armatures A et B sont verticales. On néglige le poids de l'électron devant la force électrique. Le référentiel d'étude est supposé galiléen.



Donnée : Travail de la force électrique lors du déplacement d'une particule de charge q entre les positions A et B : $W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = q \times U_{AB}$.

1. Montrer, en appliquant le théorème de l'énergie cinétique, que l'expression de la valeur v_B de la vitesse en B est $v_B = \sqrt{\frac{-2 e \times U_{AB}}{m_e}}$
2. Comment faut-il modifier la tension appliquée entre les plaques pour que cette valeur de la vitesse augmente ?

Exercice 44 : Un ion Mg^{2+} est produit dans la chambre d'ionisation d'un spectrophotomètre de masse.

Cet ion pénètre en position A, avec une vitesse initiale de valeur négligeable, dans un champ électrique uniforme entre deux armatures planes parallèles. Il est accéléré jusqu'à la position B où il atteint une vitesse de valeur $v_B = 5,61 \times 10^5 \text{ m.s}^{-1}$.

On étudie le mouvement de cet ion assimilé à un corps ponctuel G dans un référentiel terrestre considéré comme galiléen.

On néglige le poids de l'ion Mg^{2+} devant la force électrostatique à laquelle il est soumis entre les positions A et B du condensateur plan.

Donnée : Tension appliquée entre les deux armatures : $U = 20 \text{ kV}$.

Charge élémentaire : $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$.

Travail de la force électrique lors du déplacement d'une particule de charge q entre les positions A et B : $W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = q \times U_{AB}$.

1. Exprimer la variation de l'énergie cinétique de l'ion Mg^{2+} entre les positions A et B.
2. Appliquer le théorème de l'énergie cinétique pour exprimer la masse de l'ion Mg^{2+} . La calculer.

TYPE BAC 3 : LE TRÉBUCHET

Le trébuchet est une machine de guerre utilisée au Moyen Âge au cours des sièges de châteaux forts. Le projectile pouvait faire des brèches dans les murailles des châteaux forts situés à plus de 200 m du trébuchet. Son principe de fonctionnement est le suivant : Un contrepoids relié à un levier est maintenu à une certaine hauteur par des cordages. Il est brusquement libéré. Au cours de sa chute, il agit sur un levier au bout duquel se trouve une poche en cuir dans laquelle est placé le projectile.



Lors de sa libération, le projectile de la poche se trouve à une hauteur $H = 10$ m et est projeté avec une vitesse \vec{V}_0 faisant un angle α avec l'horizontale (voir la **figure 1**).

Les mouvements du contrepoids et du projectile s'effectuent dans un champ de pesanteur uniforme.

Données :

Masse du projectile $m = 130$ kg ; Intensité du champ de pesanteur $g \approx 10$ m.s⁻².

Hauteur du projectile au moment du lancer : $H = 10$ m.

Masse volumique de l'air $\rho_{\text{air}} = 1,3$ kg.m⁻³ ; Volume du projectile $V = 50$ L

Étude du mouvement du projectile après libération

Le système étudié est le projectile. Les frottements de l'air sur le projectile seront négligés dans cette étude. Le champ de pesanteur \vec{g} est parallèle à l'axe Oz. La situation est représentée sur la **figure 1 de la question 8**.

1. Donner les caractéristiques (sens, direction et valeur) du poids \vec{P}
2. En appliquant la 2nde loi de Newton dans le cadre de la chute libre, déterminer les coordonnées a_x et a_z du vecteur accélération du centre d'inertie du projectile dans le repère indiqué.
3. Donner l'expression des coordonnées du vecteur vitesse initiale \vec{V}_0 , notées v_{0x} et v_{0z} , en fonction de V_0 et α .
4. On appelle composante horizontale de la vitesse la coordonnée $v_x(t)$ du vecteur \vec{V} et composante verticale la coordonnée $v_z(t)$.

Déterminer l'expression des composantes horizontale et verticale $v_x(t)$ et $v_z(t)$ du vecteur vitesse \vec{V} du système au cours de son mouvement.

5. En déduire la nature du mouvement du projectile en projection sur l'axe horizontal. Justifier.
6. Déterminer l'expression des équations horaires du mouvement du projectile : $x(t)$ et $z(t)$.
7. Montrer que l'équation de la trajectoire du projectile est la suivante :

$$z = -\frac{1}{2}g \frac{x^2}{v_0^2 \cos^2 \alpha} + x \tan \alpha + H$$

8. Quelle est la nature de la trajectoire du projectile ? Recopier et représenter qualitativement l'allure de la trajectoire sur la **figure 1 suivante**.



Figure 1.
Tir à trébuchet

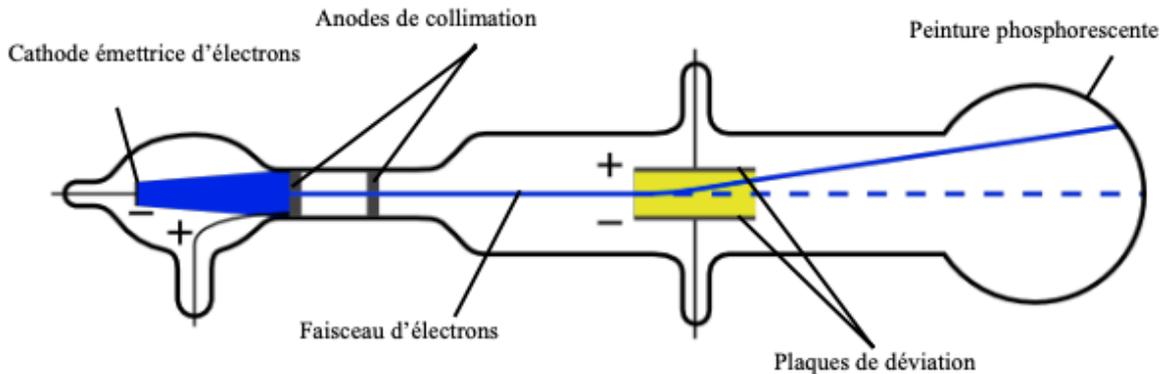
9. En utilisant l'expression de l'équation de la trajectoire obtenue à la question 7., indiquer les paramètres de lancement qui jouent un rôle dans le mouvement du projectile.
10. Dans le cas où le projectile est lancé avec une vitesse initiale horizontale, montrer que l'abscisse de son point de chute est : $x = V_0 \cdot \sqrt{\frac{2H}{g}}$
11. Avec quelle vitesse initiale v_0 horizontale, le projectile doit-il être lancé pour atteindre la base du mur du château situé à une distance $x = 100$ m ?

TYPE BAC 4 : DETERMINATION DU RAPPORT e/m D'UN ÉLECTRON

Document 1 : La deuxième expérience de Thomson

Le physicien anglais Joseph John Thomson utilisa un tube à vide, dans lequel une cathode émet des électrons. Ceux-ci sont accélérés dans un champ électrostatique créé par des anodes de collimation. À la sortie de ces anodes, les électrons forment un faisceau très étroit. Ce faisceau passe ensuite entre deux plaques métalliques de charges opposées. Les électrons, soumis à un nouveau champ électrostatique, sont alors déviés de leur trajectoire et viennent frapper un écran constitué d'une couche de peinture phosphorescente.

Tube utilisé par Thomson pour montrer la déviation de particules chargées par un champ électrostatique :



Document 2 : Création d'un champ électrostatique

Deux plaques métalliques horizontales portant des charges opposées possèdent entre elles un champ électrostatique uniforme \vec{E} caractérisé par :

- sa direction : perpendiculaire aux plaques
- son sens : de la plaque chargée positivement vers la plaque chargée négativement.



Joseph John Thomson
(1856 -1940),
physicien anglais

Document 3 : Force électrostatique subie par une particule chargée dans champ électrique \vec{E}

$$\text{Force subie par la particule chargée } \vec{F} = q \cdot \vec{E}$$

Chargé de la particule

Champ électrostatique

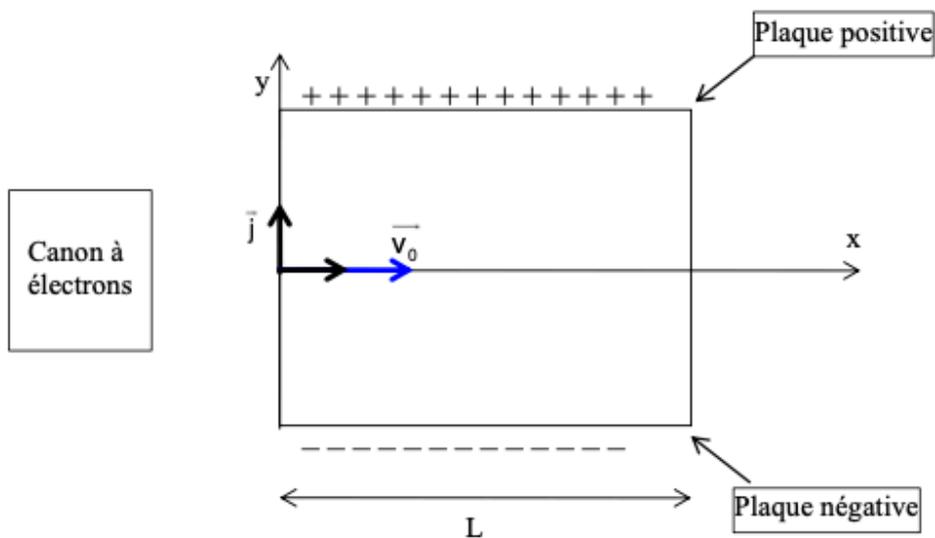
Pour un électron : $q = -e$; e étant la charge élémentaire.

Document 4 : Interactions entre particules chargées

Deux particules de charges de même signe se repoussent ; deux particules de charges opposées s'attirent.

Document 5 : Expérience de laboratoire ; détermination du rapport e/m pour l'électron

Le montage ci-dessous reprend le principe de la deuxième expérience de Thomson. Il comporte un tube à vide dans lequel un faisceau d'électrons est dévié entre deux plaques de charges opposées. On mesure la déviation verticale du faisceau d'électrons lors de la traversée des plaques sur une longueur L , afin de déterminer la valeur du rapport e/m .



Données de l'expérience :

Les électrons sortent du canon à électrons avec une vitesse $v_0 = 2,27 \times 10^7 \text{ m.s}^{-1}$.

Le faisceau d'électrons passe entre les deux plaques chargées et est dévié d'une hauteur h quand il sort des plaques.

L'intensité du champ électrostatique entre les deux plaques est : $E = 15,0 \text{ kV.m}^{-1}$.

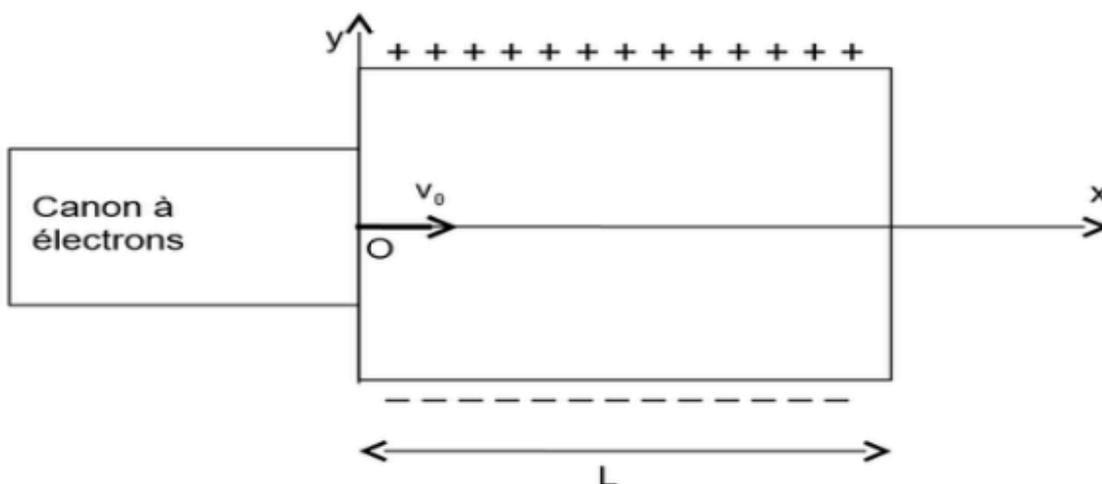
La longueur des plaques est : $L = 8,50 \text{ cm}$.

On fait l'hypothèse que le poids des électrons est négligeable par rapport à la force électrostatique \vec{F} .

1. Détermination du caractère négatif de la charge de l'électron par J.J. Thomson.

1.1. À l'aide du **document 2**, recopier et représenter sur le schéma suivant vecteur correspondant au champ électrostatique \vec{E} . On prendra l'échelle suivante : 1,0 cm pour $5,0 \text{ kV.m}^{-1}$.

L'intensité du champ électrique entre les deux plaques est $E = 15,0 \text{ kV.m}^{-1}$.



1.2. J.J. Thomson a observé une déviation du faisceau d'électrons vers la plaque métallique chargée positivement (**voir document 1**).

Expliquer comment J.J. Thomson en a déduit que les électrons sont chargés négativement.

1.3. À l'aide du **document 3**, donner la relation entre la force électrostatique \vec{F} subie par un électron, la charge élémentaire e et le champ électrostatique \vec{E} . Montrer que le sens de déviation du faisceau d'électrons est cohérent avec le sens de \vec{F} .

2. Détermination du rapport e/m pour l'électron.

2.1. En appliquant la deuxième loi de Newton à l'électron, montrer que les relations donnant les coordonnées de son vecteur accélération sont : $a_x = 0$ et $a_y = \frac{eE}{m}$

2.2. Montrez que l'équation de la trajectoire s'écrit :

$$y = \frac{eE}{2mv_0^2} x^2$$

À la sortie des plaques, en $x = L$, la déviation verticale du faisceau d'électrons par rapport à l'axe (Ox) a une valeur $h = 1,85$ cm.

2.3. En déduire l'expression du rapport $\frac{e}{m}$ en fonction de E , L , h et v_0 .

2.4. Donner la valeur du rapport $\frac{e}{m}$.

2.5. On donne ci-dessous les valeurs des grandeurs utilisées, avec les incertitudes associées :

$$v_0 = (2,27 \pm 0,02) \times 10^7 \text{ m.s}^{-1};$$

$$E = (15,0 \pm 0,1) \text{ kV.m}^{-1};$$

$$L = (8,50 \pm 0,05) \text{ cm};$$

$$h = (1,85 \pm 0,05) \text{ cm};$$

L'incertitude du rapport $\frac{e}{m}$, notée $U\left(\frac{e}{m}\right)$, s'exprime par la formule suivante :

$$U\left(\frac{e}{m}\right) = \frac{e}{m} \sqrt{\left(\frac{U(h)}{h}\right)^2 + \left(\frac{U(E)}{E}\right)^2 + 4\left(\frac{U(v_0)}{v_0}\right)^2 + 4\left(\frac{U(L)}{L}\right)^2}$$

Calculer l'incertitude $U\left(\frac{e}{m}\right)$, puis exprimer le résultat de $\frac{e}{m}$, avec cette incertitude.

TYPE BAC 5 : UN PEU DE BALLISTIQUE

Lors de fouilles préventives sur un chantier de travaux publics, on a retrouvé ce qui ressemble à une arme à feu. Il s'agit d'un ancien pistolet lance-fusées en bronze datant probablement de la première Guerre Mondiale. Il est dans un état de conservation assez remarquable.

Ce type de pistolet était très utilisé lors de cette guerre car, en plus de lancer des fusées éclairantes, il pouvait servir de moyen de communication. En effet, à l'époque très peu de moyens étaient mis à disposition des troupes : les ondes hertziennes étaient très peu utilisées et c'étaient des kilomètres de câbles téléphoniques qui devaient être déroulés pour permettre la transmission de messages divers et variés.

Ainsi les pistolets signaleurs se sont avérés très utiles.

Durée de visibilité de la fusée

Sur la notice des fusées éclairantes que l'on peut utiliser dans ce type de pistolet, on trouve les informations suivantes :

Cartouche qui lance une fusée éclairante s'allumant 1,0 seconde après son départ du pistolet et éclaire d'une façon intense pendant 6 secondes environ.

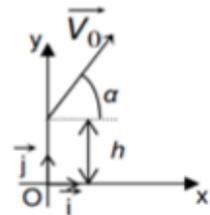
Masse de la fusée éclairante : $m_f = 58 \text{ g}$.

On se place dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

Le champ de pesanteur terrestre est considéré uniforme, de valeur $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$.

On négligera toutes les actions dues à l'air ainsi que la perte de masse de la fusée pendant qu'elle brille et on considèrera cette dernière comme un objet ponctuel.

On définit un repère (O, \vec{i}, \vec{j}) avec O au niveau du sol et tel que la position initiale de la fusée éclairante à la sortie du pistolet soit à une hauteur $h = 1,8 \text{ m}$. Le vecteur vitesse initiale est dans le plan (O, x, y) ; Ox est horizontal et Oy est vertical et orienté vers le haut.



À l'instant $t = 0 \text{ s}$, le vecteur vitesse de la fusée éclairante fait un angle α égal à 55° avec l'axe Ox et sa valeur est $v_0 = 50 \text{ m.s}^{-1}$. On pourra se référer au schéma ci-contre.

1. Recopier le schéma suivant puis représenter le vecteur champ de pesanteur \vec{g} et tracer qualitativement l'allure de la trajectoire suivie par la fusée éclairante dans ce champ de pesanteur.



Figure 1 : Trajectoire de la fusée éclairante

2. En utilisant une loi de Newton que l'on énoncera, déterminer les coordonnées du vecteur accélération de la fusée éclairante : $a_x(t)$ suivant x et $a_y(t)$ suivant y.

3. En déduire les expressions des coordonnées $v_x(t)$ et $v_y(t)$ du vecteur vitesse de la fusée éclairante et montrer que les équations horaires du mouvement de la fusée s'écrivent $x(t) = v_0 \cdot \cos(\alpha) \cdot t$ et $y(t) = \frac{-g}{2} t^2 + V_0 \cdot \sin(\alpha) \cdot t + h$ avec t en seconde, v_0 en mètre par seconde et $x(t)$, $y(t)$ et h en mètre.

4. Déterminer la valeur de la durée du vol de la fusée éclairante.

On rappelle qu'une équation du second degré de la forme $ax^2 + bx + c = 0$ admet deux solutions $x_1 = \frac{-b - \sqrt{\Delta}}{2a}$ et $x_2 = \frac{-b + \sqrt{\Delta}}{2a}$ si $\Delta = b^2 - 4a \cdot c$ est positif.

5. Calculer l'altitude à partir de laquelle la fusée commence à éclairer puis l'altitude à laquelle elle s'arrête. Ces valeurs paraissent-elles adaptées au but recherché ?

TYPE BAC 6 : SAUT À L'ÉLASTIQUE

Le saut à l'élastique est un loisir qui permet de ressentir des sensations fortes.

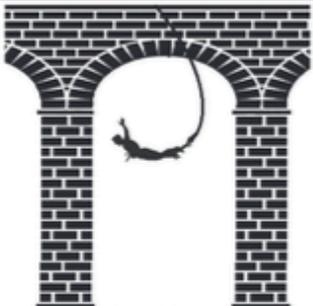
Il consiste à sauter dans le « vide » à l'aide d'un élastique attaché aux chevilles.

Ce saut peut se faire à partir d'un pont.

Source : www.istockphoto.com



Un saut en élastique se déroule en plusieurs phases qui sont décrites ci-dessous.

1 ^{re} phase	2 ^e phase	3 ^e phase
		
Chute libre, l'élastique n'est pas tendu.	L'élastique commence à se tendre, le sauteur ralentit. Lorsque l'élastique est complètement étiré, le sauteur s'arrête.	L'élastique se contracte, le sauteur remonte en reprenant de la vitesse puis en ralentissant à nouveau.

Ces trois phases se répètent jusqu'à ce que le sauteur soit immobile, la durée totale du saut est de l'ordre d'une minute.

L'objectif de cet exercice est d'évaluer la vitesse du sauteur à la fin de la 1^{ère} phase et la longueur maximale du saut.

On étudie un saut réalisé à partir d'un pont situé à une hauteur H d'environ 50 m au-dessus du sol.

Données :

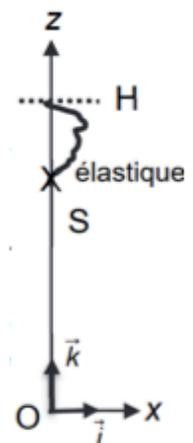
- masse de la personne avec l'équipement : $m = 80 \text{ kg}$;
- valeur du champ de pesanteur terrestre : $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$;
- longueur de l'élastique non étiré : $L_0 = 8,0 \text{ m}$.

Lors de la 1^{re} phase du saut à l'élastique, on étudie le mouvement du sauteur dont le centre de masse est noté S , dans le cadre du modèle de la chute libre.

Pour simplifier, on suppose que le mouvement est vertical.

À la date $t = 0$, la personne démarre le saut à la hauteur H avec une vitesse initiale dont le vecteur \vec{v}_0 est vertical et dirigé vers le bas et de norme v_0 .

Le référentiel d'étude est le référentiel terrestre supposé galiléen muni du repère d'espace $(Ox ; Oz)$ dont l'origine O du repère est au niveau du sol. L'axe (Oz) est vertical, dirigé vers le haut et muni du vecteur unitaire \vec{k} . La situation est schématisée ci-contre.



1. Déterminer les coordonnées du vecteur accélération $\vec{a}(t)$ de S dans le repère $(Ox ; Oz)$.
2. Établir que l'équation horaire du mouvement selon l'axe Oz s'écrit :

$$z(t) = -\frac{1}{2} g \cdot t^2 - v_0 \cdot t + H$$

3. Après traitement de la vidéo d'un saut à l'aide d'un logiciel de pointage et modélisation des résultats, on obtient l'équation horaire suivante :

$$z(t) = -4,90 t^2 - 1,10 t + 49,8 \text{ avec } z \text{ exprimé en m et } t \text{ exprimé en s.}$$

La modélisation des résultats expérimentaux est-elle cohérente avec l'expression donnée en 2. ? Justifier à l'aide de deux arguments.

4. Calculer la date à laquelle l'élastique commence à se tendre.

5. En déduire la valeur de la vitesse atteinte à cet instant.

6. Distance de sécurité

Lors du saut, les différentes énergies intervenant au cours du mouvement ont été calculées à l'aide des informations fournies sur la vidéo du saut. Elles ont été représentées dans la figure 1. L'énergie potentielle de pesanteur est considérée nulle quand $z = 0$.

Pour une des énergies, les calculs n'ont pu être effectués que sur la 1^{ère} phase du saut (courbe A).

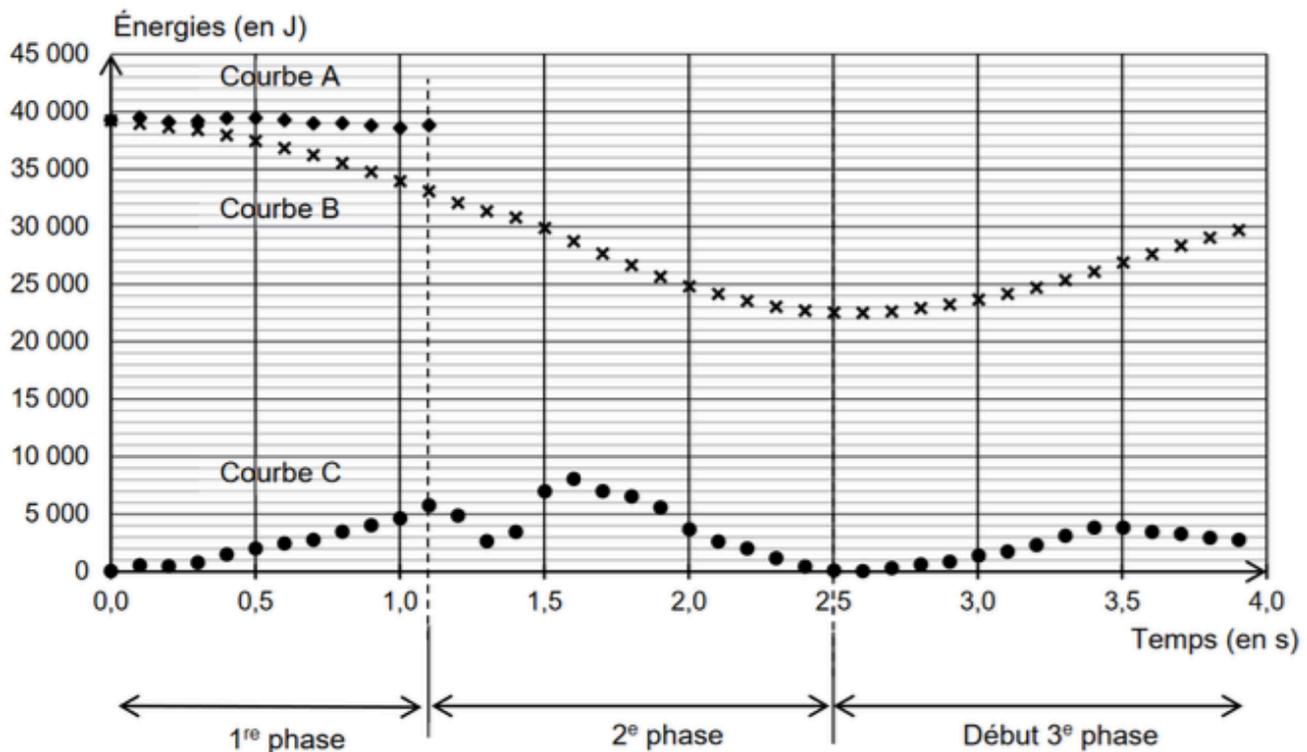


Figure 1. Courbes représentant des énergies du système au cours du temps

6.1. Identifier parmi les courbes A, B, C de la figure 1 celle représentant l'énergie cinétique, celle représentant l'énergie potentielle de pesanteur et celle représentant l'énergie mécanique. Justifier ces choix.

6.2. Identifier l'(les) information(s) manquante(s) sur le système physique étudié nécessaire au tracé de la suite de la courbe A pour les deuxième et troisième phases.

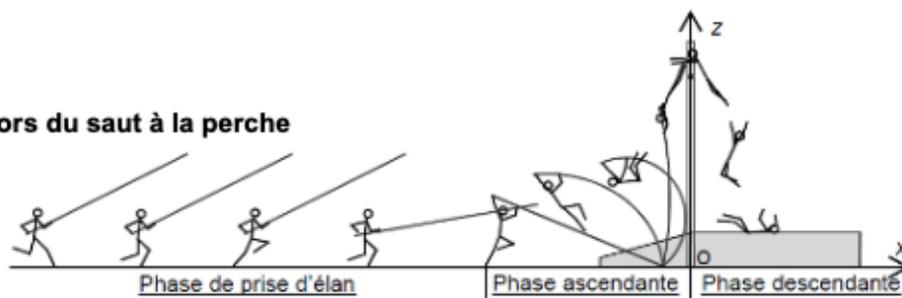
6.3. Pour des raisons de sécurité, il est nécessaire que l'élastique soit choisi tel que son étirement ΔL soit inférieur ou égal à $4 L_0$. À l'aide de la figure 1, calculer la distance maximale parcourue par le sauteur. Conclure.

TYPE BAC 7 : SAUT À LA PERCHE

Le saut à la perche fait partie des épreuves olympiques depuis les premiers jeux olympiques modernes de 1896. Dans cette discipline, l'amélioration des records a souvent été liée à l'évolution du matériel. C'est en particulier avec l'apparition, dans les années 1960, des perches en fibre de verre que l'on a pu franchir la barre des 5 mètres, puis des 6 mètres. Ces perches en fibre de verre, que l'on utilise encore aujourd'hui, sont très flexibles. Cela leur permet, comme pour un ressort, d'emmagasiner de l'énergie lorsqu'elles sont déformées et de la restituer lorsqu'elles reprennent leur forme initiale.

L'objectif de cet exercice est d'étudier le mouvement d'un perchiste au cours des différentes phases de son saut : phase de prise d'élan, phase ascendante et phase descendante.

Figure 1 : Différentes phases lors du saut à la perche



Données :

- masse du perchiste : $m = 70 \text{ kg}$;
- intensité du champ de pesanteur : $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$;
- hauteur du tapis de réception : $h = 0,70 \text{ m}$;
- hauteur du saut : $H = 5,4 \text{ m}$.

1. Prise d'élan

La prise d'élan se fait sur une distance d'environ 40 m. Pour le perchiste, l'objectif est de parvenir avec une vitesse maximale au moment de l'impulsion (début de la phase ascendante). Si le perchiste atteint trop rapidement sa vitesse maximale, il s'épuise et risque d'arriver au moment de l'impulsion avec une vitesse trop faible. Il doit donc gérer son effort. Pour cela, ce n'est que dans les derniers mètres, lorsqu'il approche du sautoir, qu'il rythme davantage sa course pour atteindre sa vitesse maximale.

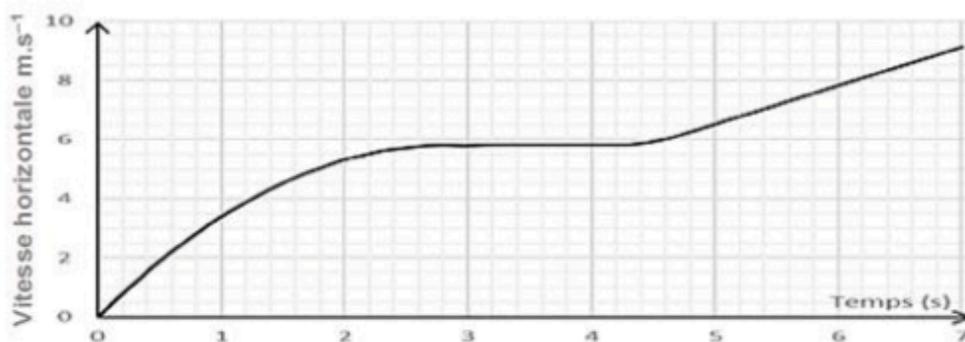


Figure 2 : Vitesse horizontale (selon l'axe (Ox)) du perchiste au cours du temps lors de la phase d'élan

- 1.1. Entre 3,0 s et 4,0 s, comment peut-on qualifier le mouvement du perchiste ? Justifier votre réponse.
- 1.2. Entre 5,5 s et 6,5 s, estimer la valeur de l'accélération du perchiste.
- 1.3. Entre 5,5 s et 6,5 s, comment peut-on qualifier le mouvement du perchiste ? Justifier votre réponse.

2. Phase ascendante

La phase ascendante est composée de trois étapes :

- Étape 1 : la flexion de la perche (la perche emmagasine de l'énergie en se déformant) ;
- Étape 2 : la déflexion de la perche (la perche restitue son énergie en reprenant sa forme initiale) ;
- Étape 3 : la « chute libre » ascendante.

La figure 3 montre l'évolution des différentes formes d'énergie du perchiste au cours de cette phase.

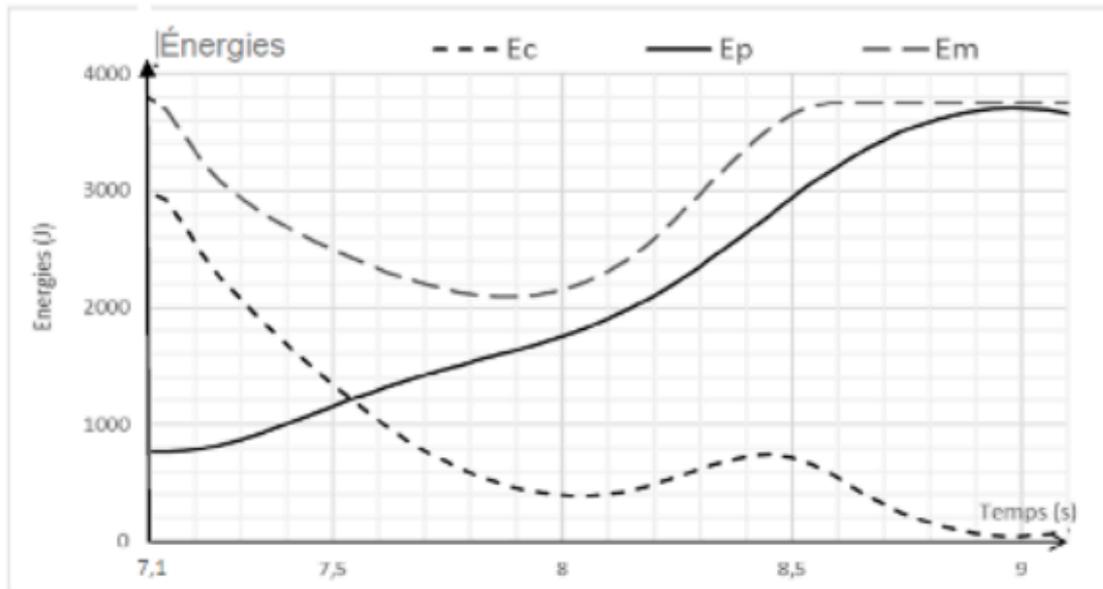
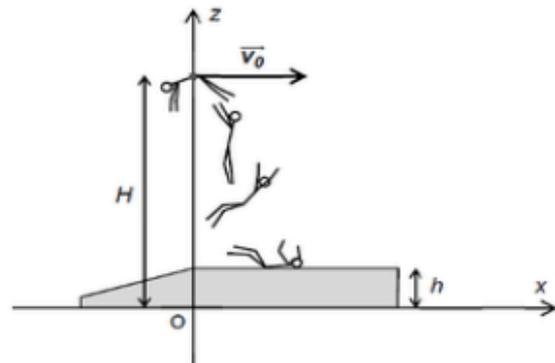


Figure 3 : Énergie mécanique E_m , énergie cinétique E_c et énergie potentielle de pesanteur E_p du perchiste au cours du temps lors de la phase ascendante

- 2.1. Déterminer, à partir des courbes d'énergies, la valeur de la vitesse à l'instant $t_1 = 7,1$ s et vérifier si cette valeur est cohérente avec celle de la vitesse à la fin de la course d'élan.
- 2.2. Déterminer, à partir des courbes, la valeur de la hauteur H du saut (distance entre le sol et la position la plus haute du perchiste) et comparer avec la valeur proposée dans les données.
- 2.3. Identifier, sur la figure 3, les différentes étapes de la phase ascendante, en indiquant pour chaque étape l'instant du début et de la fin de l'étape.
- 2.4. Comparer les énergies mécaniques du perchiste aux instants $t_1 = 7,1$ s et $t_2 = 9$ s. Interpréter.
- 2.5. Comment évoluerait la performance du perchiste si sa vitesse à l'instant t_1 était plus élevée ?

3. Phase descendante

La phase descendante est très spectaculaire. Elle correspond à une chute libre de plusieurs mètres. On admet, qu'au début de la phase descendante, le vecteur vitesse \vec{v}_0 du perchiste est horizontal et que sa valeur est $v_0 = 1,1$ m.s⁻¹.



- 3.1. Énoncer la seconde loi de Newton.
- 3.2. En appliquant la seconde loi de Newton, montrer que les composantes du vecteur accélération \vec{a}_G du perchiste sont : $a_x = 0$ et $a_z = -g$.
- 3.3. En prenant le début de la phase descendante comme origine des temps ($t = 0$ s) et en se plaçant dans le repère (Oxz), montrer que les équations horaires du mouvement du perchiste s'écrivent :

$$\mathbf{x}(t) = \mathbf{v}_0 \cdot t \quad \text{et} \quad z(t) = -\frac{1}{2} g \cdot t^2 + H$$

- 3.4. Quelle est la durée de la phase descendante ? Commenter le résultat.

TYPE BAC 8 : PROFESSEUR LEWIN

Un cours avec Walter H.G. Lewin ressemble à un spectacle vivant. Personne ne sait véritablement à quoi s'attendre. Le professeur met en scène les expériences. Il y a du suspense... et du risque. Ainsi, il lâche une boule très lourde suspendue à une corde, et reste immobile. Par effet de balancier, elle revient à vive allure, se rapproche dangereusement de son visage, et stoppe alors même qu'on était persuadé qu'il se broierait le nez.

Cet exercice utilise des extraits de vidéos afin d'exploiter les expériences réalisées par le professeur Walter H.G. Lewin.

Le professeur utilise un pendule simple constitué d'un câble inextensible de masse négligeable, auquel est reliée une boule d'acier pleine et homogène de masse 15 kg et de diamètre 13 cm. Le pendule est accroché au plafond de l'amphithéâtre ; la longueur L entre le plafond et le centre G de la boule est de 5,21 m.

Donnée : valeur de l'intensité du champ de pesanteur terrestre $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$

1. Première expérience.

Dans une première expérience, le professeur Walter H.G. Lewin amène la boule contre son menton (photo ci-contre).



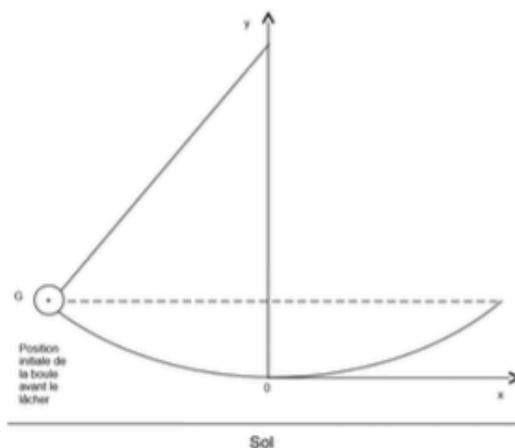
Après avoir lâché la boule sans vitesse initiale, à partir d'un angle de 41° par rapport à la verticale, celle-ci fait un aller et retour et s'approche du menton de Walter H.G. Lewin, sans toutefois le toucher.

La capture d'écran a été réalisée au moment où la boule était dans la position la plus haute (avec une vitesse nulle) après avoir fait un aller-retour.

Le cercle en pointillés représente la position de la boule au moment du lâcher.

1.1 Recopier et compléter le schéma ci-contre, en y reportant les mesures connues de la situation initiale au moment du lâcher. En déduire, par un calcul, l'altitude initiale du centre G de la boule en prenant comme origine celle proposée sur le schéma (ce schéma n'est pas à l'échelle).

1.2. Faire l'inventaire des forces qui s'exercent sur la boule, et les représenter, sans souci d'échelle sur le schéma précédent. On néglige toutes les forces exercées par l'air.



1.3. Par convention, on pose que l'énergie potentielle de la boule au point O est nulle. Montrer que l'énergie mécanique initiale de la boule est de $1,9 \times 10^2 \text{ J}$.

1.4. Quelle est la position du centre G de la boule correspondant à la vitesse maximale de la boule ?

1.5. Calculer la vitesse maximale, exprimée en km.h^{-1} , atteinte par la boule au cours de cet aller-retour sans frottements.

1.6. En quoi la photographie du document 1 contredit-elle l'hypothèse formulée à la question 1.2. ?

2. Deuxième expérience

Dans une deuxième expérience, le professeur Walter H.G. Lewin réalise deux mesures avec ce même pendule.

2.1. Première mesure : Il écarte le pendule d'un angle de 10° par rapport à la verticale. Il déclenche un chronomètre au moment où il lâche la boule sans vitesse initiale. Il compte avec ses étudiants le nombre de fois où la boule revient quasiment à sa position initiale. À la dixième fois, il arrête le chronomètre qui affiche alors la valeur : 45,81 s. Le chronomètre donne un résultat avec une incertitude de $\pm 0,2$ s.

Puis il note au tableau l'indication : $10 T = 45,8 \pm 0,2$ s.



2.1.1. En utilisant les résultats inscrits au tableau, donner un encadrement de la valeur de la période de ce pendule simple.

2.1.2. Commenter la méthode de mesure utilisée par le professeur.

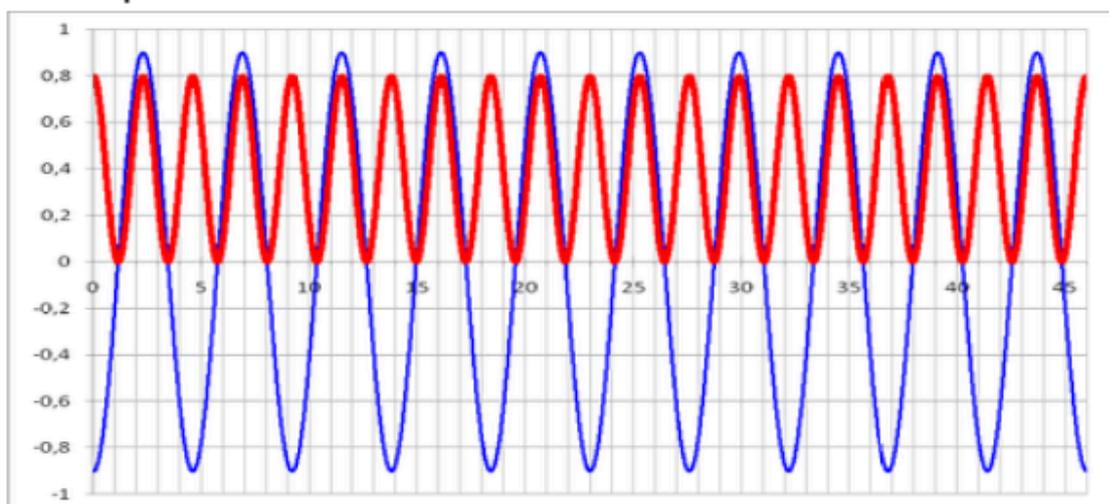
2.2. Deuxième mesure :

Le professeur s'assied ensuite sur la boule (photo ci-contre), et précise qu'il doit se mettre en position allongée pour ne pas fausser la démonstration. Puis, de la même manière, il s'écarte afin que le câble fasse un angle de 10° par rapport à la verticale. Il se laisse ensuite balancer avec la boule et il se filme.



La vidéo a ensuite été exploitée pour donner les courbes d'évolution temporelles représentées sur le document 2 ci-dessous.

Document 2 : Exploitation de la vidéo



2.2.1. L'une des courbes représente $x(t)$ et l'autre $y(t)$; les axes Ox et Oy sont ceux définis sur le schéma de l'annexe, identifier les courbes correspondantes en commentant leur allure.

2.2.2. Déterminer la valeur de la période de ce pendule constitué du câble, de la boule et du professeur.

2.2.3. Par analyse dimensionnelle, vérifier l'homogénéité de l'expression de la période du pendule :

$$T = k \sqrt{\frac{L}{g}} \quad \text{où } k \text{ est une grandeur sans dimension.}$$

2.2.4. Expliquer ce que le professeur a voulu démontrer dans cette expérience. Le résultat obtenu est-il concluant.

Mouvement dans un champ de gravitation	45
Mouvement des satellites et des planètes. Orbite.	46
Lois de Kepler.	47
Période de révolution.	48
	49
Déterminer les caractéristiques des vecteurs vitesse et accélération du centre de masse d'un système en mouvement circulaire dans un champ de gravitation newtonien.	50
	51
Établir et exploiter la troisième loi de Kepler dans le cas du mouvement circulaire	52
	53
	54
	55
Satellite géostationnaire.	56
	57
	58

Exercice 45 :

Données : Distance entre les centres de la Terre et de la Lune : $r = 3,84 \times 10^5$ m.

Masse de la Terre : $M_T = 5,97 \times 10^{24}$ kg ;

constante gravitationnelle : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$.

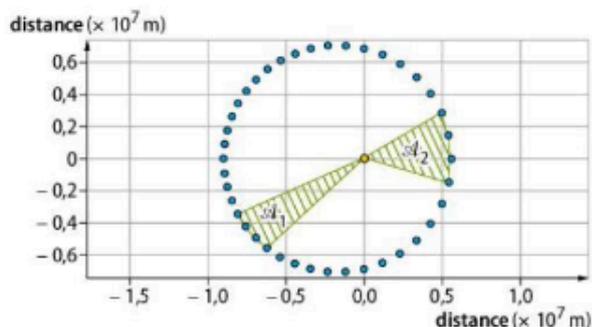
Masse de la Lune : $M_L = 7,36 \times 10^{22}$ kg.

1. Exprimer la force de gravitation exercée par la Terre sur la Lune.
2. Représenter cette force en utilisant l'échelle 1 cm pour $0,5 \times 10^{20}$ N.

Exercice 46 :

1. Donner la définition d'un référentiel planétocentrique.
2. Énoncer les trois lois de Kepler dans un référentiel planétocentrique pour un satellite.
3. On considère la trajectoire circulaire.
 - a. Que peut-on alors déduire de la deuxième loi de Kepler ?
 - b. Écrire la relation de la 3^{ème} loi de Kepler dans ce cas ?

Exercice 47 : Thémisto est un des satellites de Jupiter. La simulation de la trajectoire de ce satellite donne la représentation suivante. Chaque position de Thémisto, modélisée par un point bleu, est relevée à intervalle de temps constant. Deux aires balayées A_1 et A_2 sont représentées.



1. Dans quel référentiel considéré galiléen a-t-on obtenu cette trajectoire ?
2. Jupiter, le point jaune, est-elle au centre de l'orbite de Thémisto ?
3. En utilisant la première loi de Kepler, justifier l'allure de la trajectoire.
4. Quelle relation existe-t-il entre les aires A_1 et A_2 ? Justifier.
5. Que peut-on dire des distances parcourues par le satellite dans le cas des aires A_1 et A_2 ? Quelle est la conséquence pour la vitesse du satellite ?
6. Est-ce en accord avec les différentes positions des points ?

Exercice 48 : Cérès, astre classé dans la catégorie des planètes naines, gravite autour du Soleil dans une ceinture d'astéroïde située entre Mars et Jupiter. Les distances de l'aphélie et du périhélie sont respectivement de $4,47 \times 10^8$ km et $3,81 \times 10^8$ km.

Données : demi-grand axe terre-soleil : $a_T = 1,50 \times 10^8$ km ; période de révolution : $T = 365,25$ jours.

1. Que pouvez déduire des distances du périhélie et de l'aphélie sur la nature de la trajectoire ?
2. Représenter, sans soucis d'échelle, l'orbite de Cérès. Indiquer les positions de l'aphélie et du périhélie.
3. Calculer la valeur du demi-grand axe a_c .
4. En utilisant la 3^e loi de Kepler, la période de rotation de la Terre et la valeur du demi-grand axe de la Terre, calculer la période de révolution de Cérès.

Exercice 49 : Le 29 octobre 2018, le satellite CFOSAT, de masse m , a été mis en orbite circulaire autour de la Terre à une altitude de 519 km par le CNES et son homologue chinois le CNSA, pour cartographier les vents et les vagues à la surface des océans.
Données : Rayon terrestre : $R_T = 6,4 \times 10^3$ km ; masse de la Terre : $M_T = 6,0 \times 10^{24}$ kg ;
 Constante gravitationnelle : $G = 6,67 \times 10^{-11}$ m³.kg⁻¹.s⁻².



1. Schématiser la situation et représenter la force de gravitation exercée par la Terre sur le satellite.
2. Montrer que le mouvement du centre de masse du satellite CFOSAT est uniforme dans le référentiel géocentrique.
3. Donner les caractéristiques du vecteur vitesse \vec{v} du centre de masse du satellite dans ce référentiel.
4. Déterminer la période de révolution T du satellite.

Exercice 50 : Europe est un satellite de Jupiter, de masse M_J . Son orbite, de rayon r , est supposée circulaire.

Sa vitesse a pour valeur $v = \sqrt{\frac{G \cdot M_J}{r}}$

1. Établir l'expression de sa période de révolution T .
2. En déduire la valeur du rapport $\frac{T^2}{r^3}$
3. Énoncer la troisième loi de Kepler dans le référentiel « jupiterocentrique ».

Exercice 51 : Les plus gros satellites de Jupiter, encore appelés satellites galiléens, ont été découverts par Galilée. On donne les périodes de révolution T et le rayon r de la trajectoire quasi circulaire de deux de ces satellites :

Satellite	T (jours)	r (km)
Io	1,77	$4,22 \times 10^5$
Ganymède	7,15	$1,07 \times 10^6$

1. Énoncer la troisième loi de Kepler dans le référentiel « jupiterocentrique ».
2. Montrer que les données du tableau confirment que ces deux satellites sont en orbite autour de Jupiter.

Exercice 52 : Le télescope spatial Hubble a permis de nombreuses découvertes dans le domaine de l'astrophysique. Il est placé sur une orbite quasiment circulaire à une altitude $h = 600$ km par rapport à la surface de la Terre.

Données : Rayon terrestre : $R_T = 6\,370$ km ; masse de la Terre : $M_T = 5,97 \times 10^{24}$ kg ;
 Constante gravitationnelle : $G = 6,67 \times 10^{-11}$ m³.kg⁻¹.s⁻².



1. Par application de la deuxième loi de Newton, déterminer les coordonnées du vecteur accélération du centre de masse H de Hubble dans le repère de Frenet lié au référentiel géocentrique.
2. Déterminer les coordonnées du vecteur vitesse de Hubble dans le repère de Frenet.
3. Calculer la valeur de la vitesse de Hubble dans le référentiel géocentrique.

Exercice 53 : On étudie le mouvement de la Terre autour du Soleil dans le cadre de l'approximation des trajectoires circulaires.

Données : Distance entre les centres de la Terre et du Soleil : $d_{ST} = 149,6 \times 10^9$ m.
 constante gravitationnelle : $G = 6,67 \times 10^{-11}$ m³.kg⁻¹.s⁻² ; masse du Soleil : $M_S = 1,99 \times 10^{30}$ kg.

1. Dans quel référentiel considéré galiléen doit-on se placer afin d'étudier ce mouvement ?
2. Exprimer vectoriellement la force qui modélise l'action mécanique exercée par le Soleil sur la Terre, puis la représenter sur un schéma, sans souci d'échelle.
3. Montrer que le mouvement de la Terre est uniforme.
4. Exprimer littéralement la vitesse de la Terre autour du Soleil, puis calculer sa valeur.
5. Exprimer puis calculer la période de révolution T_T de la Terre autour du Soleil, en seconde puis en jour.

Exercice 54 : La myriade de satellites GPS (global positioning system) est placée sur une orbite en étant animé d'un mouvement circulaire et uniforme à une altitude de $h = 1,38 \times 10^4$ m.

Données : Rayon terrestre : $R_T = 6\,370$ km ; masse de la Terre : $M_T = 6,0 \times 10^{24}$ kg ; constante gravitationnelle : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$.

1. Dans quel référentiel considéré galiléen le mouvement d'un satellite GPS est-il décrit ?
2. En utilisant la deuxième loi de Newton, montre que la vitesse de ce type de satellite s'écrit :

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

3. En déduire que la période de révolution du satellite est : $T = 2\pi \sqrt{\frac{(R_T + h)^3}{G \cdot M_T}}$
4. Calculer la période de révolution.
5. Combien de tour de la Terre réalise ces satellites par jour ?

Exercice 55 : Le tableau ci-contre donne la période de révolution de quelques planètes du système solaire, ainsi que le rayon de leur orbite assimilable à un cercle dans le référentiel héliocentrique.

Satellite	Mars	Jupiter	Saturne
T (an)	1,88	11,86	29,44
r ($\times 10^6$ km)	228	778	1 427

Données : Constante gravitationnelle : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$; 1 an = $3,156 \times 10^7$ s.

1. Établir l'expression de la valeur de la vitesse du centre de masse d'une de ces planètes dans le référentiel héliocentrique.
2. En déduire l'expression de sa période de révolution en fonction de G, r et M_S (masse du soleil)
3. Donner l'expression du rapport dans le référentiel héliocentrique. La troisième loi de Kepler est-elle vérifiée ?
4. Déterminer la masse M_S du Soleil.
5. Justifier en quoi la troisième loi de Kepler est une « balance cosmique ».

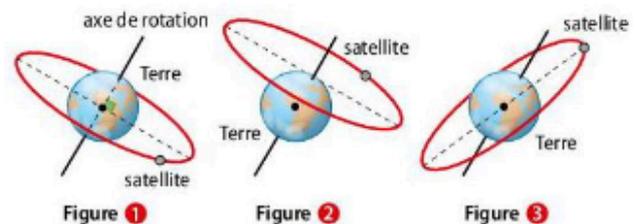
Exercice 56 : Un satellite géosynchrone est un satellite possédant une orbite circulaire et une période de révolution de $T = 86\,164$ s.

La période de révolution d'un satellite s'écrit : $T = 2\pi \sqrt{\frac{(R_T + h)^3}{G \cdot M_T}}$ où h est la hauteur par rapport au sol, R_T le rayon de la Terre et M_T la masse de la Terre.

Données : Rayon terrestre : $R_T = 6\,370$ km ; masse de la Terre : $M_T = 6,0 \times 10^{24}$ kg ; Constante gravitationnelle : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$.

Période de rotation de la Terre sur elle-même : 23 h 56 min 4s

1. Comparer la période de révolution d'un satellite géosynchrone et la période de rotation de la Terre sur elle-même.
2. Calculer la distance par rapport au sol de ce satellite.
3. Trois orbites circulaires sont données sur les figures 1, 2 et 3. Montrer l'une des orbites est incompatible avec les lois de la mécanique.

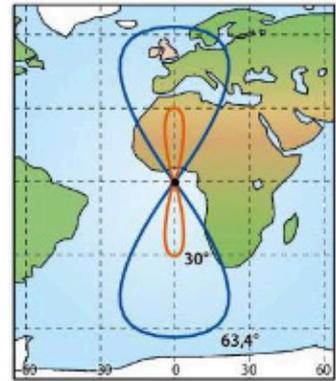


4. D'après les figures ci-dessus, indiquer les situations qui sont susceptibles de représenter une orbite géosynchrone.
5. Un satellite géosynchrone est géostationnaire si celui-ci reste à la verticale d'un point sur terre. Quel est le plan de son orbite ?
6. Quel est le sens de rotation de ce satellite ?
7. Indiquer à quelle figure ci-dessus correspond ce type de satellite.

Exercice 57 : La représentation ci-contre montre la trajectoire de deux satellites géosynchrones dont le plan orbital est décalé de 30° et de $63,4^\circ$ par rapport au plan équatorial.

Un satellite géosynchrone possède une orbite circulaire et une période de révolution égale à la période de rotation de la Terre sur elle-même.

1. Dans quel référentiel considéré galiléen sont représentés les trajectoires de ces deux satellites.
2. Quelle forme obtiendrait-on avec un satellite géostationnaire ?



Exercice 58 : Le niveau moyen global des océans est un indicateur majeur du réchauffement climatique. L'altimétrie satellitaire est une méthode de mesure importante, car elle permet d'assurer un suivi mondial précis et continu depuis 1993. Depuis son lancement en 2013, le satellite franco-indien SARAL assure toujours cette mission.

Données : Rayon terrestre : $R_T = 6\,370\text{ km}$; masse de la Terre : $M_T = 6,0 \times 10^{24}\text{ kg}$;

Constante gravitationnelle : $G = 6,67 \times 10^{-11}\text{ m}^3.\text{kg}^{-1}.\text{s}^{-2}$.

Période de rotation de la Terre sur elle-même : $T_T = 23,93\text{ h}$.

Masse du satellite SARAL : $m_S = 400\text{ kg}$

Vitesse du satellite SARAL : $v_S = 7,47\text{ km}.\text{s}^{-1}$.

1. Préciser le nom du référentiel galiléen dans lequel le mouvement du satellite peut être étudié.
2. En supposant une orbite circulaire, schématiser la trajectoire sans souci d'échelle.
3. En déduire la nature du mouvement d'après la deuxième loi de Kepler.
4. Dans le cas de SARAL, préciser la direction prise par son vecteur accélération. Représenter le vecteur \vec{a}_S sur le schéma.
5. Montrer que le vecteur vitesse de SARAL a pour valeur : $v_S = \sqrt{\frac{G.M_T}{R_T+h}}$
6. Calculer l'altitude h du satellite SARAL à l'aide des données.
7. Préciser en le justifiant si SARAL est géostationnaire.

TYPE BAC 9 : VOYAGE AUTOUR DE SATURNE

En Juillet 2004, la sonde européenne Cassini-Huygens nous a livré ses premiers clichés des anneaux de Saturne. Elle a également photographié Titan, le plus gros satellite de Saturne, situé à une distance R_T de Saturne. L'excentricité orbitale des satellites étant très faible, on supposera leurs trajectoires circulaires.

Dans tout l'exercice, on se place dans le référentiel saturno-centrique, centré sur Saturne et dont les trois axes sont dirigés vers trois étoiles lointaines supposées fixes.

On considère que la planète Saturne et ses satellites sont des corps dont la répartition des masses est à symétrie sphérique. Les rayons des orbites des satellites sont supposés grands devant leur taille.

Données : $G = 6,67 \times 10^{-11}$ S.I. : constante de gravitation universelle.
Concernant Titan : $R_T = 1,22 \times 10^6$ km (rayon de l'orbite de Titan).
Concernant Saturne : $R_S = 6,0 \times 10^4$ km (rayon de la planète Saturne).
 $T_S = 10$ h 39 min (période de rotation de Saturne sur elle-même).
 $M_S = 5,69 \times 10^{26}$ kg (masse de Saturne).

1. Quelques caractéristiques de Titan :

1.1. Forces

On considère que la seule force gravitationnelle exercée sur Titan provient de Saturne.

1.1.1. Nommer la (les) force(s) extérieure(s) appliquée(s) au satellite Titan, de masse M_T .

1.1.2. Représenter qualitativement sur un schéma, Saturne, Titan, et la (les) force(s) extérieure(s) appliquée(s) sur Titan.

1.1.3. Donner l'expression vectorielle de cette (ces) force(s).

1.2. Accélération et vitesse

On étudie le mouvement du centre d'inertie T de Titan. S est le centre d'inertie de Saturne.

Soit \vec{i} le vecteur unitaire porté par la droite ST dirigé de S vers T.

1.2.1. Exprimer son accélération vectorielle \vec{a} en précisant la loi utilisée.

1.2.2. On se place dans la base orthonormée (\vec{i}, \vec{n}) centrée en T dans laquelle \vec{i} est un vecteur unitaire porté par la tangente à la trajectoire et orienté dans le sens du mouvement et \vec{n} un vecteur unitaire perpendiculaire à \vec{i} et dirigé vers l'intérieur de la trajectoire ($\vec{n} = -\vec{u}$).

On donne l'expression de \vec{a} dans la base orthonormée (\vec{i}, \vec{n}) : $\vec{a} = a_t \vec{i} + a_n \vec{n}$

Donner les expressions littérales de a_t et de a_n en fonction de la vitesse v du satellite.

1.2.3. À quelle composante se réduit l'accélération vectorielle \vec{a} de Titan dans la base orthonormée (\vec{i}, \vec{n}) ? Compléter alors le schéma précédent, avec la base orthonormée (\vec{i}, \vec{n}) et l'accélération \vec{a} de Titan.

1.3. Type de mouvement

1.3.1. Montrer que le mouvement de Titan est uniforme.

1.3.2. Retrouver l'expression de la vitesse de Titan sur son orbite autour de Saturne : $v = \sqrt{\frac{GM_S}{R_T}}$

2. D'autres satellites de Saturne :

Après le survol de Titan, la sonde Cassini a survolé le satellite Encelade en février 2005.

On peut considérer que dans le référentiel saturno-centrique, Encelade à un mouvement de révolution circulaire uniforme, dont la période (en jour terrestre), est $T_E = 1,37$ et le rayon est R_E .

2.1. Loi de Kepler

La relation qui lie la période T de révolution d'un satellite, sa vitesse v et le rayon R de son orbite est $T = T = \frac{2\pi R}{v}$.

Sa vitesse de révolution autour de Saturne est donnée par : $v = \sqrt{\frac{GM_S}{R}}$.

2.1.1. Retrouver la troisième loi de Kepler $\frac{T^2}{R^3} = \frac{4\pi^2}{GM_S}$.

2.1.2. Utiliser la troisième loi de Kepler pour déterminer la valeur du rayon R_E de l'orbite d'Encelade.

3. Sonde saturno-stationnaire :

On cherche dans cette partie à déterminer l'altitude h à laquelle devrait se trouver la sonde Cassini pour être saturno-stationnaire (immobile au-dessus d'un point de l'équateur de Saturne).

3.1. Quelle condition doit-on avoir sur les périodes T_s (rotation de Saturne sur elle-même) et T_c (révolution de Cassini autour de Saturne) pour que la sonde soit « saturno-stationnaire » ?

3.2. Altitude de la sonde

3.2.1. En utilisant la troisième loi de Kepler donnée à la question 2.1.1. , montrer que l'altitude h de la sonde peut

se calculer avec la relation: $h = \sqrt[3]{\frac{T_c^2 G M_S}{4\pi^2}} - R_S$

3.2.2. Calculer la valeur de h.

TYPE BAC 10 : SATELLITES D'OBSERVATION

Les satellites d'observation sont des objets spatiaux en orbite circulaire autour de la Terre. Leur mission principale est d'effectuer des observations de l'atmosphère, des océans, des surfaces émergées et des glaces, et de transmettre à une station terrestre les données ainsi obtenues.

1. ENVISAT : un satellite circumpolaire.

C'était le plus gros satellite européen d'observation lors de son lancement le 1^{er} mars 2002. Ses capteurs peuvent recueillir des données à l'intérieur d'une bande de largeur au sol de 3000 km permettant une observation biquotidienne de l'ensemble de la planète.

Données : Constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \times 10^{-11}$ USI
ENVISAT : masse : $m = 8200$ kg
 altitude moyenne : $h = 800$ km
 orbite contenue dans un plan passant par les pôles

TERRE : masse : $M = 5,98 \times 10^{24}$ kg
 rayon : $R = 6,38 \times 10^3$ km
 période de rotation propre : 1436 minutes

On rappelle l'expression de la valeur de la force d'interaction gravitationnelle entre deux corps de masse m_A et m_B , de centres A et B, de répartition de masse à symétrie sphérique, distants de $d = AB$: $F = G \cdot \frac{m_A m_B}{d^2}$

1.1.1 Recopier et représenter sur la figure 1 de l'ANNEXE la force d'interaction gravitationnelle exercée par la Terre (sa répartition de masse étant supposée à symétrie sphérique) sur le satellite supposé ponctuel et noté S. Donner l'expression vectorielle de cette force en représentant le vecteur unitaire choisi sur la figure 1.

1.1.2 Calculer la valeur de cette force.

1.2 En considérant la seule action de la Terre, établir l'expression vectorielle de l'accélération du satellite dans le référentiel géocentrique, supposé galiléen, en fonction de M, h et R.

1.3 Sur la figure 2 de l'ANNEXE recopier représenter, sans souci d'échelle, le vecteur accélération à trois dates différentes correspondant aux positions A, B et C du satellite.

1.4 Montrer que, dans le cas d'un mouvement circulaire, dont on admettra sans démonstration qu'il est uniforme, la vitesse du satellite a pour expression : $v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}}$.

1.5 Calculer la vitesse du satellite en $\text{km}\cdot\text{s}^{-1}$.

1.6 Donner l'expression de la période de révolution du satellite en fonction de sa vitesse et des caractéristiques de la trajectoire R et h. Puis calculer sa valeur.

2. METEOSAT 8 : un satellite géostationnaire.

Ce satellite a été lancé par ARIANE 5 le 28 août 2002. Il est opérationnel depuis le 28 janvier 2004. La position d'un satellite géostationnaire paraît fixe aux yeux d'un observateur terrestre. Situé à une altitude H voisine de 36000 km, il fournit de façon continue des informations couvrant une zone circulaire représentant environ 42% de la surface de la Terre.

2.1. Donner les trois conditions à remplir par METEOSAT 8 pour qu'il soit géostationnaire.

2.2 Troisième loi de Képler dans le cas général d'une trajectoire elliptique :

Pour tous les satellites, le rapport entre le carré de la période de révolution T et le cube du demi-grand axe r de sa trajectoire est le même : $\frac{T^2}{r^3} = \text{constante} = K$.

Dans le cas d'une trajectoire circulaire r correspond au rayon de la trajectoire.

En utilisant les réponses aux questions 1.4 et 1.6, établir l'expression de la constante K en fonction de G et M pour les satellites étudiés. Calculer K dans le système international d'unités.

2.3. En déduire, pour METEOSAT 8, la valeur de $R+H$, puis celle de H .

2.4. La mise en place du satellite sur l'orbite géostationnaire s'effectue en plusieurs étapes.

Tout d'abord, ARIANE 5 amène le satellite hors de l'atmosphère et le largue sur une orbite de transfert. L'orbite de transfert parcourue par le satellite est une ellipse (voir figure 3 de L'ANNEXE) dont le périhélie P se situe à une altitude voisine de 200 km et l'apogée A à l'altitude de l'orbite géostationnaire voisine de 36000 km.

Ensuite le « moteur d'apogée » du satellite lui permettra d'obtenir la vitesse nécessaire à sa mise sur orbite géostationnaire lors des passages successifs par l'apogée.

- À l'aide des données ci-dessus, calculer la longueur r du demi-grand axe de la trajectoire sur cette orbite de transfert.

À l'aide de la troisième loi de Képler, en déduire la période T du satellite sur cette orbite de transfert

ANNEXES

Figure 1

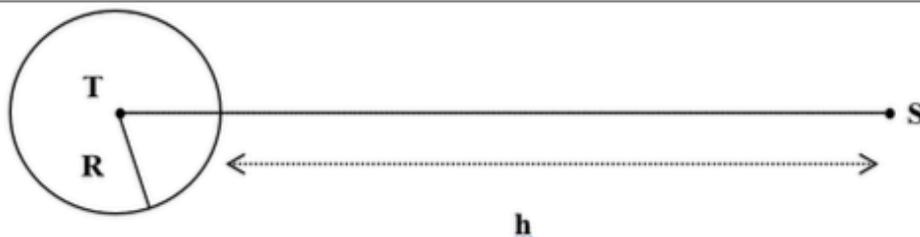


Figure 2

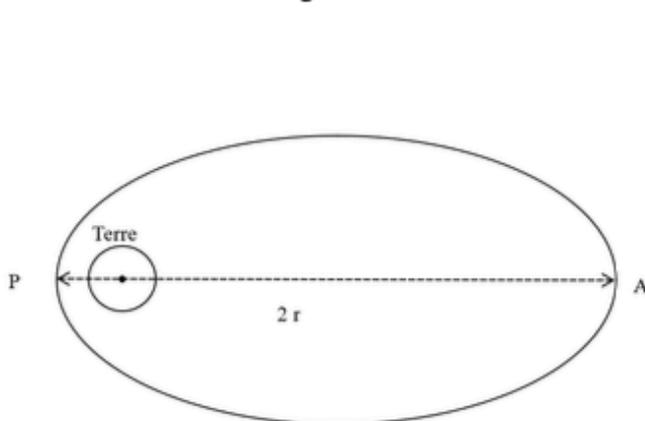
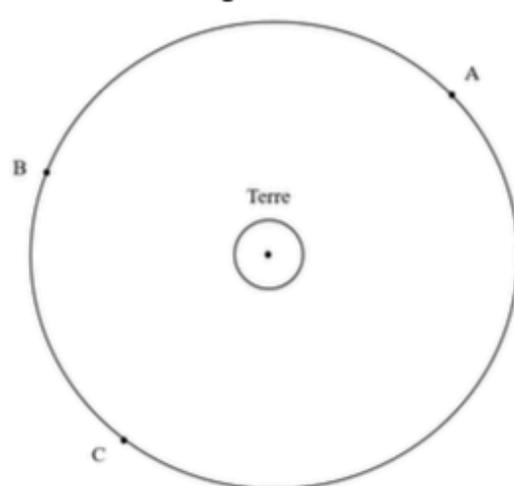


Figure 3



TYPE BAC 11 : LE CERCLE DES PLANÈTES DISPARUS

La planète Pluton, découverte par l'américain Clyde Tombaugh en 1930 était considérée comme la neuvième planète de notre système solaire.

Le 5 janvier 2005, une équipe d'astronomes a découvert sur des photographies prises le 21 octobre 2003 un nouveau corps gravitant autour du Soleil.

Provisoirement nommé 2003 UB313, cet astre porte maintenant le nom d'Éris, déesse grecque de la discorde.

La découverte d'Éris et d'autres astres similaires (2003 EL 61, 2005 FY9...) a été le début de nombreuses discussions et controverses acharnées entre scientifiques sur la définition même du mot « planète ».

Au cours d'une assemblée générale, le 24 août 2006 à Prague 2500 astronomes de l'Union Astronomique Internationale (UAI) ont décidé de déclasser Pluton comme planète pour lui donner le rang de « planète naine ».

1. Orbite d'Éris

Éris parcourt une orbite elliptique autour du Soleil avec une période de révolution T_E d'environ 557 années terrestres.

Données :

Période de révolution terrestre : $T_T = 1,00$ an

Période de révolution de Pluton : $T_P = 248$ ans

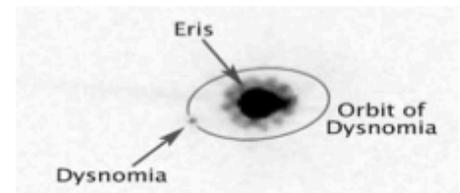
1.1. Énoncer précisément la troisième loi de Kepler, relative à la période de révolution d'une planète autour du Soleil, dans le cas d'une orbite elliptique.

1.2. L'orbite d'Éris se situe-t-elle au-delà ou en-deçà de celle de Pluton ? Justifier sans calcul.

2. Découverte de Dysnomia

Les astronomes ont découvert ensuite qu'Éris possède un satellite naturel qui a été baptisé Dysnomia (fille d'Éris et déesse de l'anarchie).

Six nuits d'observation depuis la Terre ont permis de reconstituer l'orbite de Dysnomia. On obtient la photographie ci-contre.



NASA, ESA and M. Brown (California Institute of Technology)

Données :

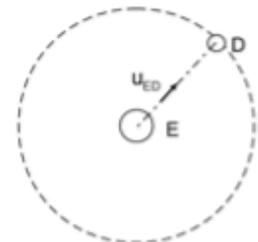
M_E et M_D sont les masses respectives d'Éris et de Dysnomia

Masse de Pluton : $M_P = 1,31 \times 10^{22}$ kg

Rayon de l'orbite circulaire de Dysnomia : $R_D = 3,60 \times 10^7$ m

Période de révolution de Dysnomia : $T_D = 15,0$ jours $\times 1,30 \times 10^6$ s

Constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \times 10^{-11}$ m³.kg⁻¹.s⁻²



2.1. Mouvement de Dysnomia

Le mouvement de Dysnomia autour d'Éris est supposé circulaire et uniforme.

2.1.1. Définir le référentiel permettant d'étudier le mouvement de Dysnomia autour d'Éris. Par la suite, ce référentiel sera considéré comme galiléen.

2.1.2. Établir l'expression du vecteur accélération \vec{a} du centre d'inertie de Dysnomia en fonction des paramètres de l'énoncé et d'un vecteur unitaire \vec{u}_{ED} représenté sur le schéma ci-contre.

2.1.3. Préciser la direction et le sens de ce vecteur accélération.

2.1.4. Montrer que la période de révolution T_D de Dysnomia a pour expression $T_D = 2\pi \sqrt{\frac{R_D^3}{G.M_E}}$.

Retrouve-t-on la troisième loi de Kepler ? Justifier.

2.2. Masse d'Éris

2.2.1. Dédurre de l'expression de T_D (question 2.1.4.) celle de la masse M_E d'Éris. Calculer sa valeur.

2.2.2. Calculer le rapport des masses d'Éris et de Pluton $\frac{M_E}{M_P}$.

Expliquer alors pourquoi la découverte d'Éris a remis en cause le statut de planète pour Pluton.

Ondes et signaux

1. Caractériser les phénomènes ondulatoires

A) Les sons

Intensité sonore, intensité sonore de référence, niveau d'intensité sonore.	59
Exploiter l'expression donnant le niveau d'intensité sonore d'un signal.	60
Capacité mathématique : Utiliser la fonction logarithme décimal et sa fonction réciproque.	61
	62
	63
	64
Atténuation (en dB).	65
	66
	67
	68

Exercice 59 : Calculer le niveau d'intensité sonore correspondant à chacune des intensités sonores suivantes.
Donnée : $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$.

- $1,2 \times 10^{-7} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- $7,3 \times 10^{-5} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- $2,3 \times 10^{-3} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$

Exercice 60 : D'après le Code du travail, les ouvriers d'une entreprise ne doivent pas être soumis à des niveaux d'intensités sonores supérieures à 87 dB. Un ouvrier travail sur une machine de niveau sonore 83 dB. Il est entouré de deux machines voisines émettant un niveau sonore d'intensité 82 dB chacune.

- Calculer les intensités sonores associées aux machines.
- Sachant que les intensités sonores s'ajoutent, calculer le niveau d'intensité sonore total reçu par l'ouvrier.
- L'entreprise satisfait-elle au Code du travail ?

Exercice 61 : Des mesures réalisées pendant un concert de trois guitaristes sont rassemblées ci-dessous :
Donnée : $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$.

- Compléter le tableau.
- Que deviennent l'intensité sonore et le niveau d'intensité sonore si les trois guitaristes jouent en même temps ?

	Intensité sonore I ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$)	Niveau sonore L (dB)
Guitariste 1	$1,0 \times 10^{-4}$	
Guitariste 2		70
Guitariste 3		
Guitaristes 1 et 3		83

Exercice 62 :

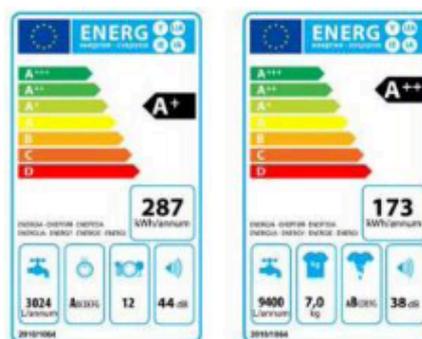
Donnée : $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$; $L = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$; $\log(2) = 0,3$

- Établir l'expression de l'intensité sonore en fonction du niveau d'intensité sonore.
- Recopier le tableau et compléter sans calculatrice ce tableau.

I ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$)	L (dB)
1×10^{-5}	
2×10^{-5}	
	60

Exercice 63 : Pour l'achat d'un lave-vaisselle, le niveau sonore est toujours indiqué par le fabricant.

- Comparer les intensités sonores de ces deux appareils.
- La différence de niveau d'intensité sonore mérite-t-elle une attention particulière lors de l'achat ?



Exercice 64 : Les cornes de brume sont utilisées dans le domaine maritime pour signaler un obstacle ou un danger. Elles peuvent produire un son dont le niveau d'intensité sonore peut atteindre 115 dB.

Donnée : $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$.

- Déterminer l'intensité sonore maximale du son émis par une corne de brume.
- À 50 m de la corne de brume, l'intensité sonore est égale à $1,0 \times 10^{-4} \text{ W.m}^{-2}$.
 - Déterminer le niveau d'intensité sonore correspondant.
 - En déduire l'atténuation géométrique du signal.

Exercice 65 : Un niveau d'intensité sonore moyen de 78 dB est enregistré dans un jardin bordant une route. Après construction d'un mur anti-bruit, le niveau d'intensité sonore moyen dans ce jardin est 67 dB.

- Quel phénomène est mis en évidence ?
- Calculer la grandeur correspondante.

Exercice 66 :

- Quel sera le niveau d'intensité sonore ressenti par un utilisateur de chacun de ces dispositifs si le niveau d'intensité sonore ambiant est de 95 dB ?

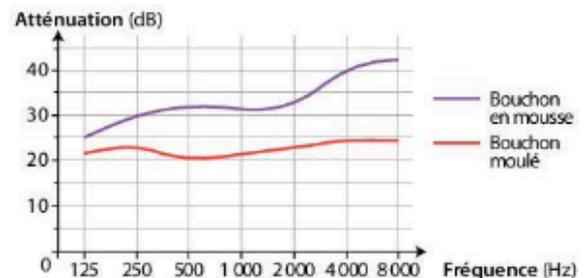
Casque antibruit
A = 33 dB
DELTA PLUS®



Bouchons d'oreilles
A = 26 dB

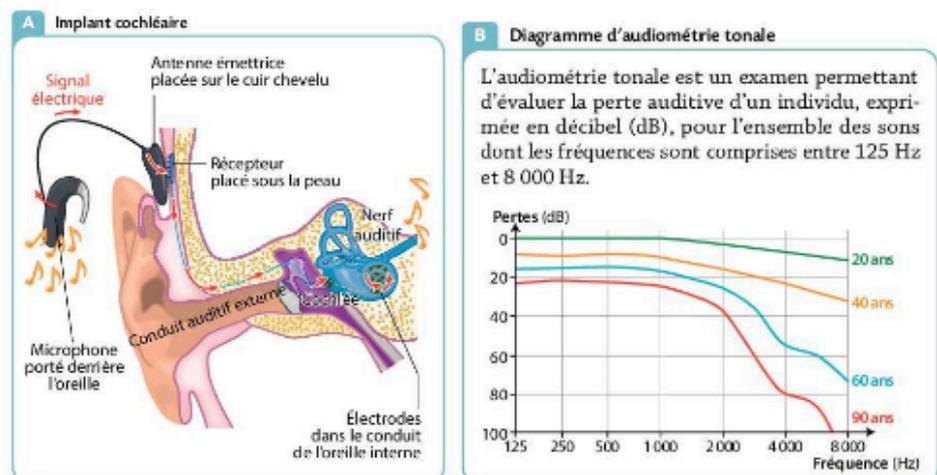


Exercice 67 : Les bouchons anti-bruit sont utilisés pour limiter le niveau d'intensité sonore tout en gardant la qualité du son. Le graphique ci-dessous représente les courbes d'atténuation d'un bouchon en mousse et d'un bouchon moulé.



- Pour quel type de bouchon la fréquence a-t-elle le plus d'influence sur l'atténuation ?
- Pourquoi dit-on qu'avec des bouchons en mousse, le son perçu est plus grave que le son émis ?
- Cet effet est-il aussi marqué pour un bouchon moulé ?
- Indiquer, pour les deux situations suivantes, le type de bouchon antibruit le mieux adapté.
 - Le son d'un avion au décollage est perçu avec un niveau d'intensité sonore de 140 dB.
 - Lors d'un concert, le niveau d'intensité sonore perçu est égal à 100 dB.

Exercice 68 : Un médecin ORL propose à son patient, âgé de 20 ans et atteint d'une surdité profonde, de réaliser une implantation cochléaire de manière à améliorer ses performances auditives en parallèle d'une rééducation active. Son audiogramme actuel, qui correspond à celui d'une personne de 90 ans, pourrait devenir similaire à celui d'une personne de 60 ans.



- Expliquer en quelques lignes le principe de fonctionnement d'un implant cochléaire.
- Quel serait le gain auditif, en dB, du patient équipé d'un implant, pour un son de fréquence égale à 4 000 Hz ?
- Le gain serait-il le même pour un son de fréquence égale à 1 000 Hz ?

TYPE BAC 12 : L'OREILLE

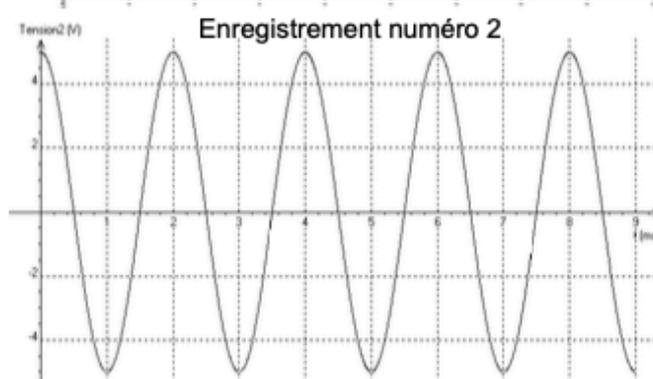
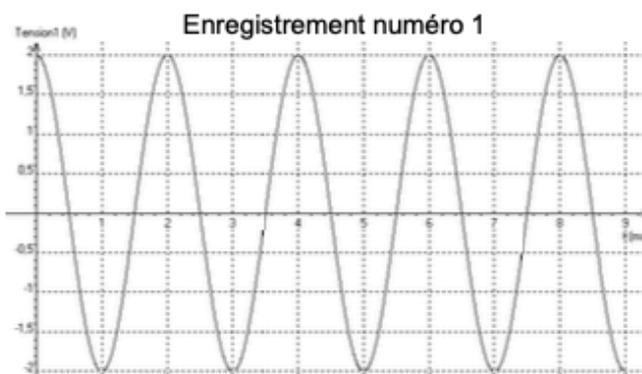
1. Quelques caractéristiques du son

L'oreille sert à détecter les sons. Pour le musicien, le son possède 4 qualités ou paramètres que sont la hauteur, l'intensité, le timbre et la durée. Dans toute la suite de l'exercice, on ne s'intéressera qu'aux trois premiers paramètres à savoir la hauteur, l'intensité et le timbre d'un son.

1.1. Donner la définition de la hauteur d'un son.

Le document qui suit présente l'enregistrement, à l'aide d'un logiciel d'acquisition adapté, du son produit par un haut-parleur alimenté par un générateur de fréquence.

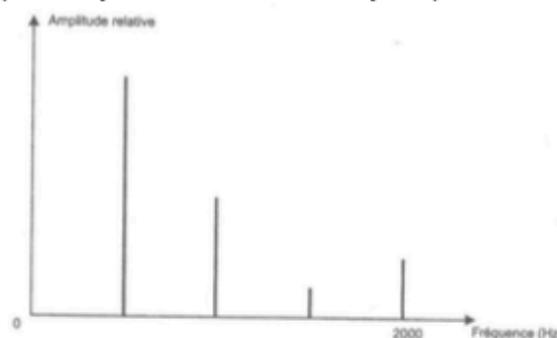
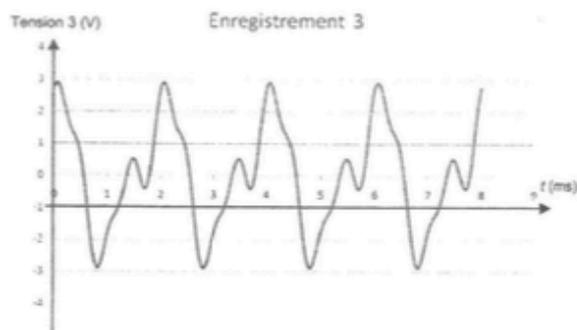
1.2. Déterminer la hauteur du son enregistré.



On effectue un autre enregistrement du son émis par le haut-parleur en modifiant un réglage au niveau du générateur de fréquences :

1.3. Quelle modification a effectué l'expérimentateur pour obtenir ce nouvel enregistrement ? Quel paramètre du son, parmi les trois proposés par l'énoncé, a varié dans ce nouvel enregistrement ? Justifier votre réponse.

Le document suivant présente l'enregistrement du son produit par un synthétiseur et son analyse spectrale :



1.4. En utilisant cette analyse spectrale et en justifiant la démarche, montrer que la valeur de la hauteur du son émis lors de cet enregistrement est identique à celle des enregistrements 1 et 2.

1.5. Quelle différence présente le son de l'enregistrement 3 par rapport aux enregistrements 1 et 2 ? Quel paramètre du son est ainsi mis en évidence ? justifier votre réponse.

2. Le détecteur oreille

Intensité sonore et niveau sonore

On s'intéresse maintenant aux caractéristiques de l'oreille quant à ses capacités à discerner la hauteur de deux sons, ainsi que la différence de niveau sonore entre deux sons.

On rappelle que l'intensité d'un son notée I est caractérisée par son niveau sonore noté L . la relation qui relie

ces deux paramètres est la suivante : $L = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$

Où I_0 est une intensité de référence à savoir l'intensité minimale que peut détecter une oreille humaine normale. On donne : $I_0 = 1,0 \cdot 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$. Le niveau sonore L d'un son est donc en quelque sorte une comparaison par rapport à la référence I_0 .

On considère un son dont le niveau sonore $L = 50 \text{ dB}$.

2.1. Montrer en utilisant la définition du niveau sonore que l'intensité I du son correspondant vaut $I = 1,0 \cdot 10^{-7} \text{ W.m}^{-2}$.

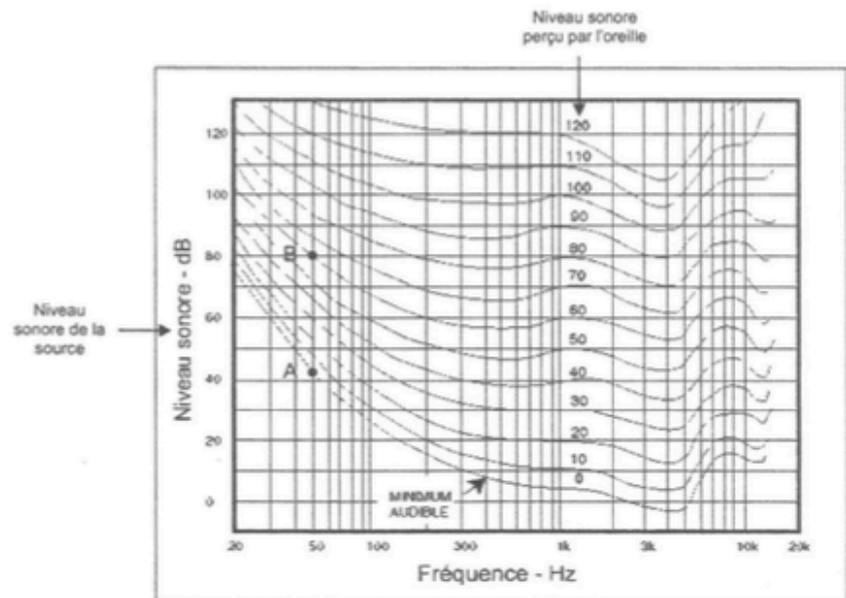
Superposition des sources sonores

On considère maintenant une source sonore d'intensité sonore I_1 et de niveau sonore L_1 . Si l'on considère maintenant la superposition de deux sources sonores identiques à la précédente, il en résulte une intensité sonore I_2 double de la précédente soit $I_2 = 2 I_1$. On note L_2 le niveau sonore résultant de la superposition de ces deux sources sonores identiques.

2.2. En utilisant la définition du niveau sonore, montrer que la relation entre les deux niveaux sonores L_1 et L_2 est : $L_2 = L_1 + 3 \text{ dB}$.

2.3. La sensibilité de l'oreille

La sensibilité de l'oreille, c'est à dire sa capacité à entendre, ne sera pas la même selon la hauteur du son parvenant à l'oreille de l'auditeur. D'autre part, un son émis par une source avec un certain niveau sonore ne sera pas perçu par l'oreille avec ce même niveau sonore. Ces différentes caractéristiques sont résumées dans le diagramme suivant appelé diagramme de Fletcher et Munson.



Ce diagramme montre des courbes d'isotonie (même niveau sonore perçu par l'oreille) en fonction de la hauteur du son. La courbe de niveau 0, nommée sur ce graphe « MINIMUM AUDIBLE » indique le niveau sonore minimal que doit posséder un son pour que celui-ci puisse être audible. Si l'on considère par exemple un son de hauteur 50 Hz, l'oreille ne pourra le détecter que si son niveau sonore vaut environ 42 dB. (point A sur le diagramme)

De même, un son de niveau sonore 80 dB et de hauteur 50 Hz ne sera perçu au niveau de l'oreille qu'avec un niveau sonore de 60 dB. (point B sur le diagramme)

2.3.1. En analysant le diagramme de Fletcher et Munson, on constate à la lecture de l'axe des abscisses, que le domaine des fréquences audibles par l'oreille humaine se situe environ entre 20 Hz et 20 kHz. Où se situent ce qu'on appelle couramment les sons aigus ? Même question concernant les sons graves ?

2.3.2. Sur le diagramme, placer le point sur la courbe de niveau 0, qui permette de justifier que la sensibilité maximale de l'oreille se situe autour de 4000 Hz.

On considère deux sons de même niveau sonore 60 dB. L'un de fréquence 50 Hz et l'autre de fréquence 100 Hz.

2.3.3. En utilisant le diagramme de Fletcher et Munson, déterminer avec quel niveau sonore sera perçu chacun de ces sons par l'oreille. On montrera par un tracé sur le diagramme de Fletcher et Munson, les points représentatifs de ces deux sons.

2.3.4. Parmi ces deux sons, lequel sera perçu avec le plus d'intensité par l'oreille ?

TYPE BAC 13 : PHÉNOMÈNES ACOUSTIQUES

On s'intéresse à la diffusion d'une émission de web radio amateur par Internet.

L'animateur radio est installé, derrière une fenêtre, dans une pièce équipée d'un ordinateur auquel est relié un microphone.

L'objectif de cet exercice est de vérifier si des sources sonores parasites peuvent gêner l'émission de radio.

Lorsque l'animateur radio parle, sa voix a une puissance sonore moyenne de valeur égale à $4,0 \mu\text{W}$. On fait l'hypothèse que le son est uniformément réparti sur une sphère de rayon r centrée sur la bouche de l'animateur.

Données

- l'intensité sonore I est la puissance sonore P par unité de surface : $I = \frac{P}{S}$; S est l'aire de la surface d'une sphère de rayon r : $S = 4 \times \pi \times r^2$;

- $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$ est l'intensité sonore de référence ;

- l'affaiblissement acoustique caractérise les qualités de protection acoustique d'une paroi. Il est égal à la différence des niveaux d'intensité sonore mesurés de part et d'autre de la paroi.

Le microphone est considéré dans un premier temps comme omnidirectionnel : il possède les mêmes propriétés de captation dans toutes les directions, quelle que soit la position de la source sonore.

1. Montrer que l'intensité sonore moyenne du son reçu par le microphone placé à 50 cm de la bouche de l'animateur a environ pour valeur $I_{\text{moy}} = 1,3 \times 10^{-6} \text{ W.m}^{-2}$.

2. Déterminer le niveau d'intensité sonore moyen L_{moy} à cette distance.

Un avion à réaction décolle à une distance de 4,0 km de la pièce depuis laquelle se déroule l'émission de web radio. La puissance sonore de cet avion est $P = 1,0 \times 10^5 \text{ W}$. La vitre de la fenêtre derrière laquelle est situé l'animateur a un indice d'affaiblissement acoustique de 25 dB.

3. Préciser, en l'expliquant, la nature de l'atténuation acoustique due à la vitre.

4. Déterminer, à partir de calculs, si l'avion constitue une gêne pour l'émission de radio.

Pour permettre des discussions entre des techniciens dans la même pièce sans occasionner de gêne pour l'émission, on utilise un microphone de directivité cardioïde large.

Ce type de microphone permet de privilégier une source vers laquelle le micro est dirigé.

En effet, le signal capté est atténué en fonction de la position de la source sonore.

L'atténuation ne dépend pas de la fréquence de l'onde sonore.

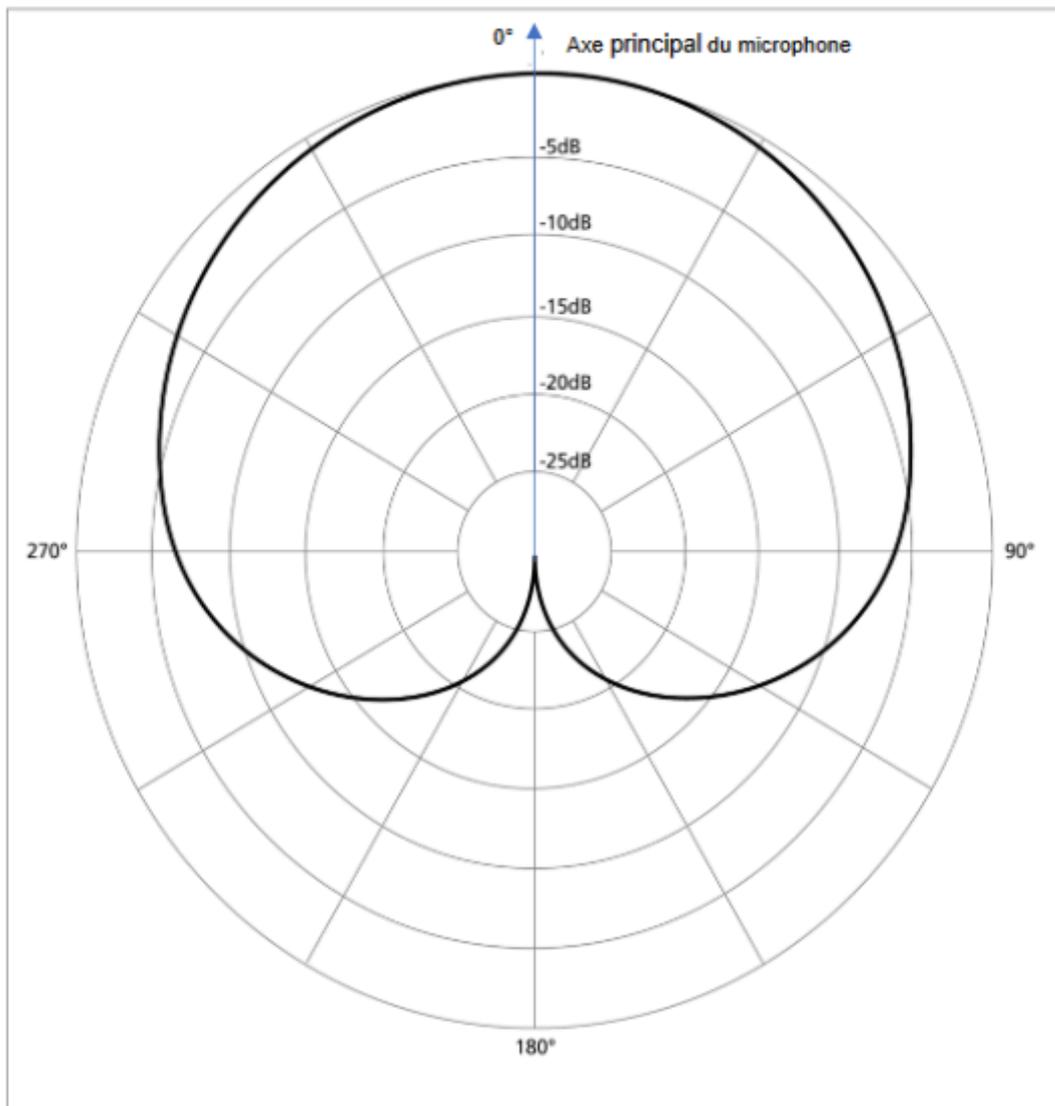


Figure 1. Diagramme polaire du microphone cardioïde étudié

Le diagramme polaire (figure 1) du microphone permet de déterminer l'atténuation du signal sonore en fonction de l'angle entre la direction de l'émission et l'axe principal du micro.

Chaque cercle concentrique correspond à une valeur d'atténuation en décibel.

Donnée

- détermination de l'atténuation sonore : on trace la demi-droite partant du centre du diagramme vers la source sonore considérée. Cette demi-droite coupe la courbe cardioïde noire en un point noté M. La valeur de l'atténuation sonore se lit grâce au cercle concentrique qui passe par le point M.

On considère que la conversation n'a pas d'effet sur la qualité de l'émission si son niveau sonore capté par le micro est inférieur à 30 décibels.

La puissance sonore de la conversation est $1,0 \mu\text{W}$. On considère que la conversation a lieu à 1,5 m du microphone.

5. Préciser les directions dans lesquelles la conversation peut avoir lieu sans gêner l'émission de web radio.

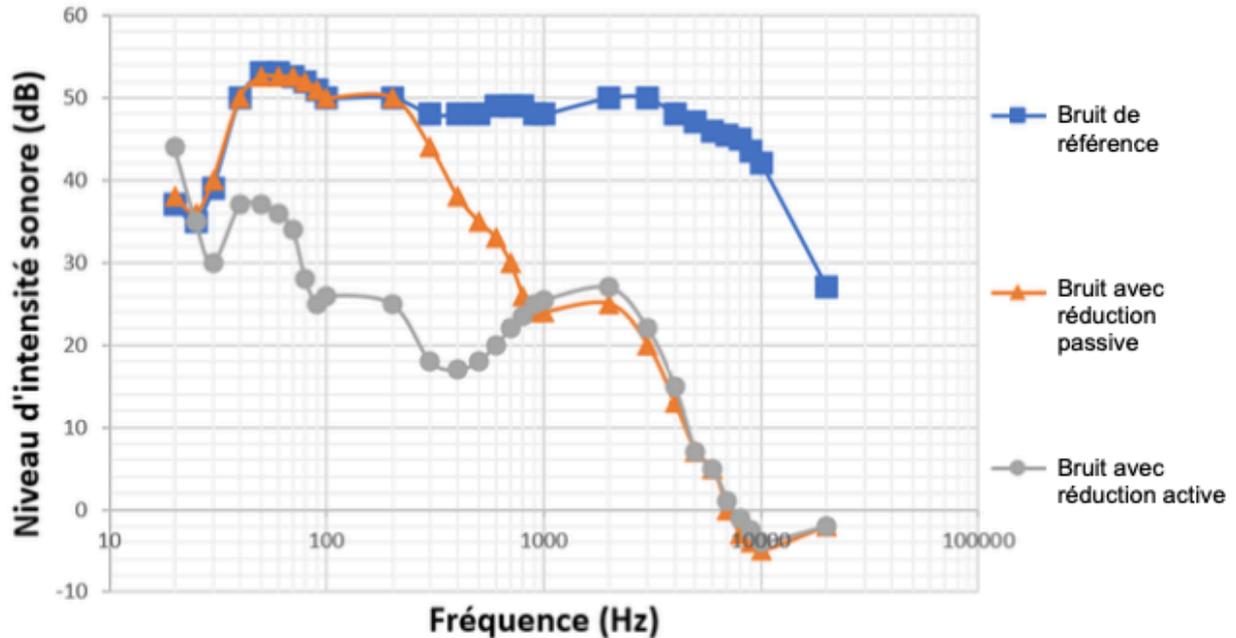
Le candidat est invité à prendre des initiatives, notamment sur les choix des valeurs numériques éventuellement manquantes, et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti

TYPE BAC 14 : NIVEAU D'INTENSITÉ SONORE

Les casques audios permettent tous une réduction des bruits ambiants de façon passive de par la forme et la constitution des écouteurs. Cependant, les technologies actuelles permettent un contrôle des sons extérieurs plus poussé.

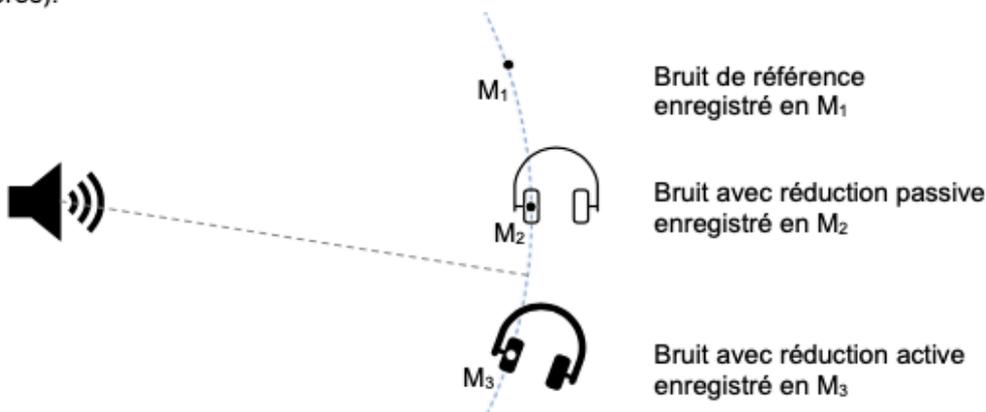
Le constructeur annonce que son casque antibruit est efficace même dans les environnements exigeants tels que l'avion ou le train.

Niveaux d'intensité sonore dans le casque avec réduction passive ou réduction active

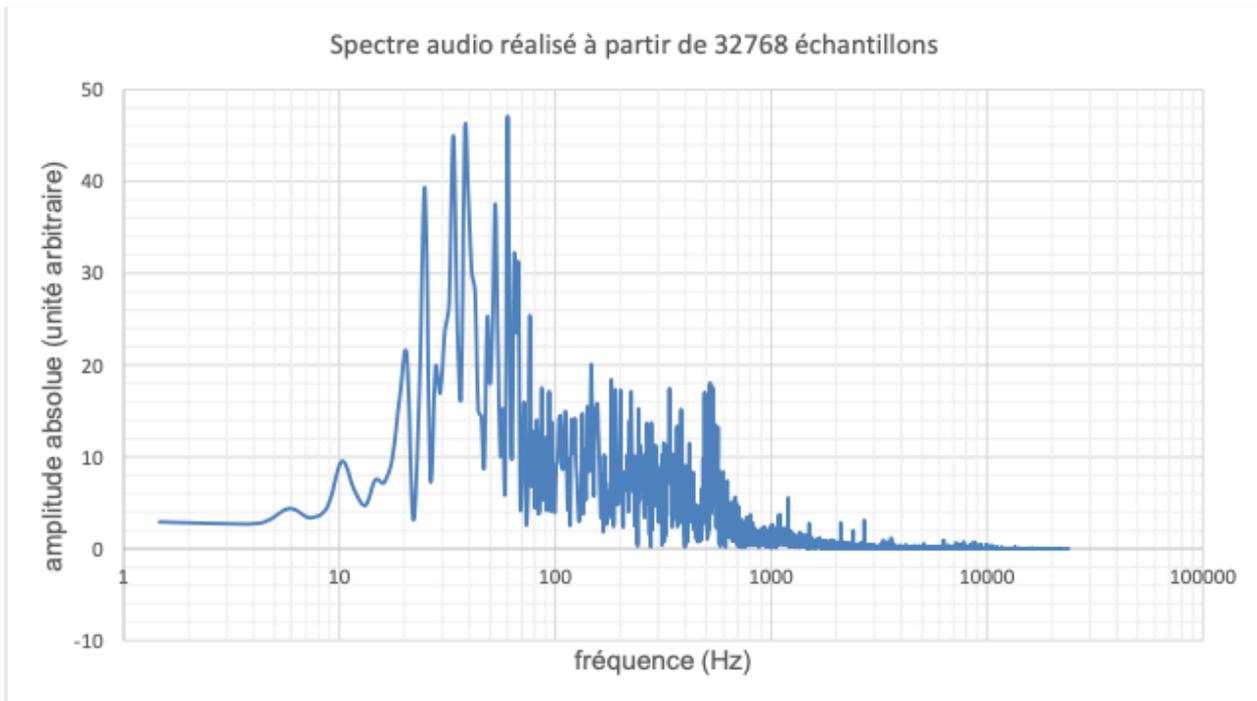


D'après <https://www.lesnumeriques.com/casque-nomade/sony-wh-1000xm3-p45685/test.html>

Dans ce graphique, on représente le niveau d'intensité sonore d'un bruit de référence ayant un spectre large que l'on compare avec des mesures de niveau d'intensité sonore prises dans l'oreillette du casque selon les deux modes de fonctionnement prévus : la réduction passive du bruit et la réduction active (voir schéma ci-après).



Profil sonore du bruit ambiant dans un RER, niveau d'intensité sonore moyen de 80 dB



Données

- intensité sonore de référence : $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- lien entre l'intensité sonore I et la distance r avec la source du son, dont on suppose qu'elle émet de manière identique dans toutes les directions :

$$I = \frac{P}{4\pi r^2}$$

avec P la puissance sonore en watt et r la distance à la source en mètre ;

- quelques exemples de valeurs de niveaux d'intensité sonore L :

Situation	Forêt calme	Bibliothèque	Conversation	Seuil de danger	Concert
L	20 dB	40 dB	60 dB	90 dB	110 dB

Pour mettre en évidence l'atténuation passive du casque, on considère une voiture qui klaxonne. À $r_1 = 5,0 \text{ m}$ du véhicule, là où se trouve un observateur, le son produit a une intensité sonore $I_1 = 1,0 \times 10^{-3} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$.

1. Calculer la valeur du niveau d'intensité sonore L_1 du son reçu par la personne et qualifier ce son.
2. Après avoir rappelé la définition de l'atténuation A en décibel, montrer que :

$$A = 10 \log \left(\frac{I_1}{I'_1} \right) \text{ avec } I'_1 \text{ l'intensité sonore du son atténué.}$$

3. Déterminer l'intensité sonore I'_1 entendue à travers le casque si l'atténuation est de 15 dB.
4. Déterminer à quelle distance de la source sonore on doit se situer pour obtenir la même atténuation sans casque. Commenter.

Dans les questions suivantes, on s'intéresse aux effets de la réduction active de bruit.

5. À l'aide des données, identifier le domaine de fréquences pour lequel la réduction passive de bruit est efficace et le domaine de fréquences pour lequel la réduction active de bruit est efficace.
6. En utilisant l'ensemble des données, expliquer si la promesse du constructeur à propos de l'efficacité de son casque dans les transports est respectée et si la technologie de réduction active de bruit est nécessaire.

B) Diffraction et interférences

Diffraction d'une onde par une ouverture : conditions d'observation et caractéristiques.

69

Caractériser le phénomène de diffraction dans des situations variées et en citer des conséquences concrètes.

70

71

Angle caractéristique de diffraction.

72

Exploiter la relation exprimant l'angle caractéristique de diffraction en fonction de la longueur d'onde et de la taille de l'ouverture.

73

74

75

Interférences de deux ondes, conditions d'observation.

76

Caractériser le phénomène d'interférences de deux ondes et en citer des conséquences concrètes.

77

78

Interférences constructives, Interférences destructives.

79

Établir les conditions d'interférences constructives et destructives de deux ondes issues de deux sources ponctuelles en phase dans le cas d'un milieu de propagation homogène.

80

81

82

Interférences de deux ondes lumineuses, différence de chemin optique, conditions d'interférences constructives ou destructives.

83

Prévoir les lieux d'interférences constructives et les lieux d'interférences destructives dans le cas des trous d'Young, l'expression linéarisée de la différence de chemin optique étant donnée. Établir l'expression de l'interfrange.

84

85

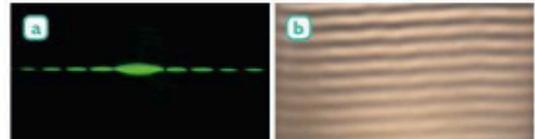
86

Exercice 69 :

1. Décrire la figure obtenue sur un écran placé à quelques mètres d'une fente de petite largeur éclairée par un laser.
2. Citer deux exemples de la vie courante dans lesquels le phénomène de diffraction intervient.

Exercice 70 :

- Identifier, dans les situations ci-dessous, celle dans laquelle le phénomène de diffraction intervient.



Exercice 71 : L'image ci-contre est la photographie de la propagation d'ondes progressives périodiques à la surface de l'eau dans une cuve à ondes. Les ondes se propagent vers la droite.



1. Expliquer ce que cette expérience illustre.
2. Comparer les dimensions de l'ouverture de l'obstacle avec la longueur d'onde.
3. Comparer la longueur d'onde des ondes avant et après l'ouverture. Conclure.

Exercice 72 : En éclairant une ouverture de diamètre $d = 30 \mu\text{m}$ à l'aide d'une radiation de longueur d'onde $\lambda = 532 \text{ nm}$, on obtient sur un écran une figure de diffraction.

Donnée : $\theta = 1,22 \times \frac{\lambda}{d}$

1. Schématiser le dispositif expérimental.
2. Calculer l'angle caractéristique de diffraction θ .

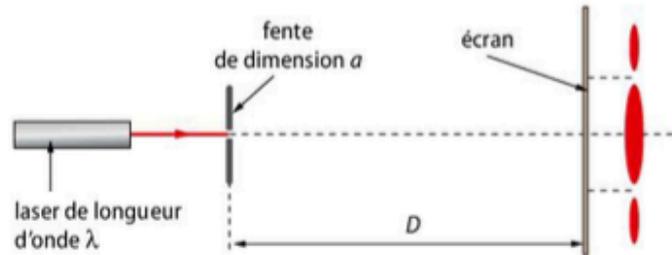
Exercice 73 : Un élève règle une cuve à ondes de manière à observer le phénomène de diffraction avec les ondes mécaniques à la surface de l'eau.

1. Déterminer la longueur d'onde des ondes avant l'ouverture et après l'ouverture. Conclure.
2. Calculer l'angle caractéristique de la diffraction θ , et le mettre en évidence sur la photo.



Exercice 74 :

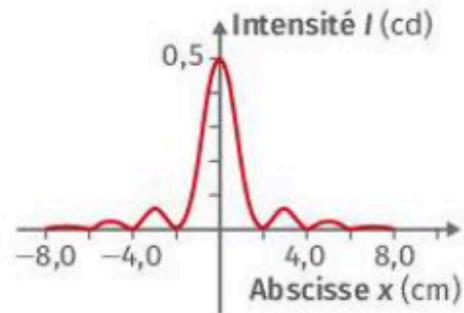
1. Reproduire le schéma et indiquer la position des premières extinctions, la largeur L de la tâche centrale de diffraction et l'angle caractéristique de diffraction θ .



2. Rappeler l'expression de l'angle caractéristique de diffraction, en précisant la signification et l'unité des grandeurs.
3. En se plaçant dans l'approximation des petits angles, où $\tan(\theta) \approx \theta$, établir la relation liant θ , a , λ , L et D .

Exercice 75 : Une fente verticale de largeur $a = 35 \mu\text{m}$ est éclairée par un laser rouge. Le profil en intensité de la figure de diffraction est obtenu à une distance de 1,10 m de la fente.

1. Déterminer précisément la largeur L de la tâche centrale de diffraction. En déduire la valeur de la longueur d'onde λ du laser.
2. Calculer la valeur de la largeur de la tâche centrale de diffraction si un laser de longueur d'onde $\lambda = 532 \text{ nm}$ est utilisé.
3. Représenter l'allure du profil en intensité de la figure de diffraction obtenue avec ce laser.

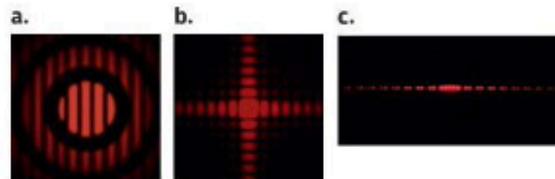


Exercice 76 : Une source de lumière monochromatique éclaire deux trous d'Young. Un écran est placé à quelques mètres du dispositif.

1. Comment se nomme le phénomène observé ?
2. Décrire la figure observée sur l'écran.
3. Parmi les situations suivantes, repérer celle qui met en jeu un phénomène d'interférences.
 - a. Casque antibruit qui émet des ondes sonores en opposition de phase avec le bruit ambiant.
 - b. Discours entendu derrière une porte entrouverte.

Exercice 77 : Thomas Young élabore en 1801 un dispositif pour démontrer la nature ondulatoire de la lumière. Cette expérience est restée célèbre sous le nom d'expérience des trous d'Young. Vers 1818, le français Augustin Fresnel a l'idée de remplacer les trous par des fentes.

- Parmi les trois photographies ci-dessous, identifier celles qui correspondent aux deux expériences décrites dans l'énoncé. Justifier.



Exercice 78 : Une vidéo a créé le buzz en montrant un appareil capable d'annuler le bruit venant de l'extérieur d'un appartement en le ventousant simplement sur la fenêtre. Si cette technologie existe pour les casques audio à réduction active de bruit, qu'en est-il pour une pièce entière ?

1. Nommer le phénomène sur lequel repose le principe de fonctionnement des casques à réduction active de bruit.
2. Schématiser simplement le principe physique de fonctionnement d'un tel appareil.

Exercice 79 : Deux ondes planes à la surface de l'eau ont la même longueur d'onde et sont issues de la même source.

1. Comment qualifie-t-on ces deux ondes ?
2. Voici trois situations où les ondes A et B se superposent, vue de profil :

Dans chaque cas, attribuer à chaque situation la (ou les) expressions(s) qui lui convient : Interférences constructives – interférences destructives – ondes en phase – onde en opposition de phase – zone sombre – zone un peu éclairée – zone éclairée.

3. Qu'entendrait-on dans chacune des trois situations si les ondes étaient sonores ?

A deux ondes en opposition de phase



B deux ondes en phase



C deux ondes avec un décalage quelconque

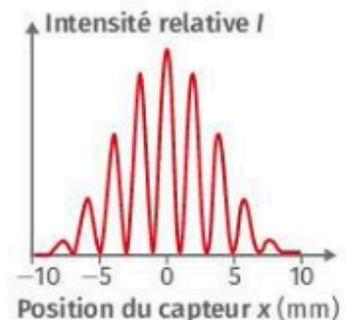


Exercice 80 : Deux haut-parleurs sont alimentés par un même générateur qui émet une onde sonore de longueur d'onde 2,0 m.

1. Un point situé à 1 m du premier haut-parleur et à 4 m du deuxième correspond-il à un maximum ou un minimum d'amplitude ?
2. Comment qualifier les interférences en ce point ?
3. Même question pour un point situé à 6 m de l'un et 14 m de l'autre.

Exercice 81 : Une expérience d'interférences est réalisée avec deux fentes fines parallèles éclairées par un faisceau laser de longueur d'onde $\lambda = 520 \text{ nm}$. Le profil en intensité lumineuse récupéré par le capteur situé à 1,50 m des fentes est donné ci-contre.

1. Déterminer la valeur de l'interfrange i avec le plus de précision possible.
2. Calculer la valeur de l'écartement a entre les fentes.



Exercice 82 : On réalise une figure d'interférences lumineuses à l'aide de fentes d'Young séparées par une distance $b = 0,20 \text{ mm}$.

La figure est obtenue sur un écran situé à une distance $D = 2,0 \text{ m}$.

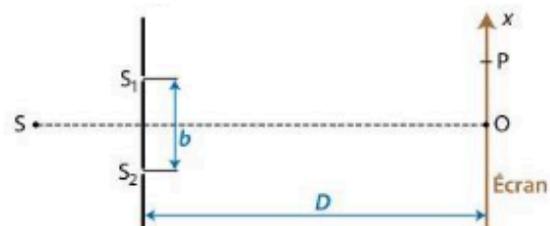
Dans une telle situation, la valeur de l'interfrange est donnée par la relation : $i = \frac{\lambda \times D}{b}$

1. Donner l'expression de la longueur d'onde en fonction de l'interfrange i , de b et de D .
2. Calculer la longueur d'onde de la lumière utilisée sachant que, dans les conditions de l'expérience, on mesure $i = 6,3 \text{ mm}$.

Exercice 83 : On réalise, dans l'air, une expérience d'interférences avec un système de deux fentes d'Young éclairées par une source de radiation de longueur d'onde $\lambda_0 = 650 \text{ nm}$.

On observe la figure d'interférences sur un écran.

1. Qu'observe-t-on sur l'écran au point O ?
2. Les ondes arrivent en P avec une différence de chemin optique $\Delta L = 1,625 \mu\text{m}$. Qu'observe-t-on en P ?



Exercice 84 : Un laser rouge, de longueur d'onde $\lambda = 633\text{nm}$, éclaire deux petits trous espacés d'un écartement e . On se place au point M.

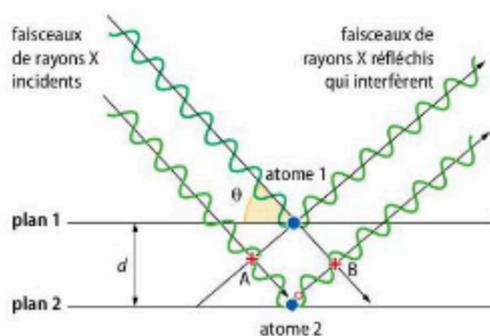


1. Définir la différence de chemin optique δ . Reproduire le schéma et la représenter dessus.
2. Le point O, au centre de l'écran, est-il sur une frange sombre ou brillante ?
3. On établit que la différence de chemin optique s'écrit : $\delta = \frac{e \cdot x}{D}$, x étant l'abscisse du point M. Rappeler à quelle condition on observe le premier maximum d'amplitude, autre que pour $x = 0$.
4. Ce premier maximum d'amplitude définit la valeur de l'interfrange i , on a alors : $x = i$. Exprimer littéralement l'interfrange i en fonction de λ , e et D .
5. En déduire l'écartement e entre les deux trous pour un interfrange de 3,4 mm mesuré sur l'écran.

Exercice 85 : Deux vibreurs V_1 et V_2 synchrones de fréquence 200 Hz produisent des ondes à la surface d'un liquide qui se propagent à la célérité $c = 4,0 \text{ m.s}^{-1}$. La distance qui les sépare est $a = 16 \text{ cm}$.

1. Déterminer la longueur d'onde des ondes produites par chacun des deux vibreurs.
2. Un point P est situé sur l'axe reliant V_1 et V_2 à une distance b du vibreur V_1 . Faire un schéma et exprimer la différence de chemin optique $\delta = V_1P - V_2P$ au point P entre les deux ondes en fonction de a et b .
3. Exprimer la relation entre la différence de chemin optique et la longueur d'onde λ pour des interférences constructives.
4. Préciser les valeurs de b pour lesquelles l'amplitude des ondes au point P est maximale.
5. Calculer le nombre de franges d'interférences d'amplitude maximale entre les deux vibreurs.

Exercice 86 : Les rayons X sont utilisés pour explorer la matière, par exemple pour évaluer la distance d entre deux plans 1 et 2 voisins d'atomes dans un cristal. Lorsqu'on envoie un faisceau de rayons X de longueur d'onde λ sur un cristal, ils sont réfléchis par les atomes qui constituent le cristal. Les ondes réfléchies par les atomes interfèrent. On peut représenter de façon très simplifiée cette situation par le schéma suivant :



Données : la différence de chemin optique entre deux ondes incidentes qui se réfléchissent sur deux plans successifs est donnée par la relation : $\delta = 2d \cdot \sin(\theta)$, où d est la distance entre deux atomes voisins et θ l'angle entre le rayon et le plan : $\theta = 11,5^\circ$ et $\lambda = 145 \text{ pm}$.

1. En exploitant le schéma précédent, évaluer la différence de chemin optique.
2. Préciser à quelles conditions les rayons X, qui interfèrent après réflexion, donnent des interférences destructives ou constructives.
3. Déterminer la valeur de d dans le cristal dans le cas où l'on obtient des interférences constructives pour une différence de chemin optique minimale.

TYPE BAC 15 : ÉTUDE D'UN FILM DE SAVON

Le phénomène d'interférences peut être utilisé pour déterminer l'épaisseur d'un matériau transparent. Dans cet exercice, l'objectif est de déterminer l'épaisseur d'un film de savon en réalisant une expérience simple. Un cadre de forme rectangulaire est plongé dans de l'eau savonneuse pour former un film de savon à l'intérieur du cadre. L'épaisseur du film n'est pas la même partout : elle est plus importante en bas du dispositif du fait de l'action de la gravité. On éclaire le film de savon avec de la lumière blanche, et sous un angle approprié, on observe une figure d'interférences.

Le rayon 1 arrive sur le film de savon. La lumière est en partie réfléchi (rayon 2) et elle pénètre en partie dans le film de savon. Le rayon issu de la réflexion sur l'autre côté du film en ressort ensuite (rayon 3) conformément au schéma de la figure 2. Les rayons lumineux 2 et 3 interfèrent alors. Ces interférences sont visibles sur le film de savon.

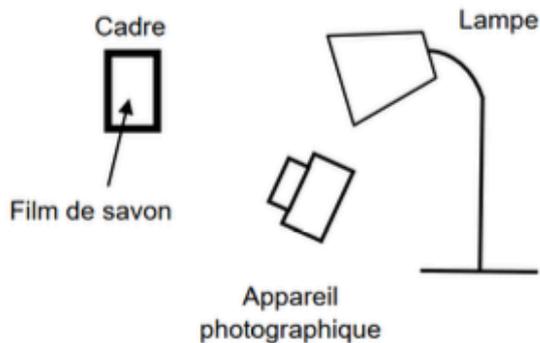


Figure 1. Schéma du montage expérimental

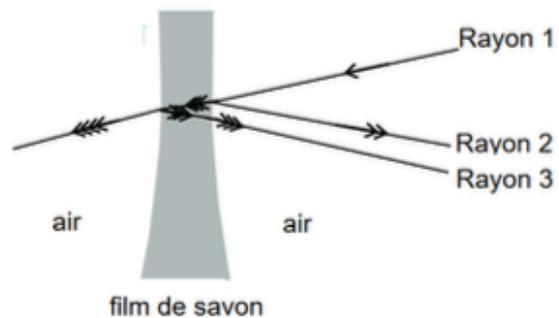


Figure 2. Coupe du film de savon avec la représentation du trajet de la lumière au niveau du film

Données :

- la valeur de la célérité c de la lumière dans le vide et dans l'air est supposée connue du candidat ;
- la valeur de l'indice de réfraction à l'intérieur du film de savon est $n = 1,34$ pour toutes les longueurs d'onde.

1. Le phénomène d'interférences

Le film de savon éclairé en lumière blanche est photographié. L'image est traitée par un logiciel qui permet de sélectionner une couleur correspondant à la longueur d'onde λ dans l'air égale à 600 nm. Le résultat est présenté en figure 3.

- 1.1. En utilisant la figure 3, expliquer comment distinguer les zones où les interférences sont constructives de celles où les interférences sont destructives.
- 1.2. Donner qualitativement la condition d'interférences constructives et celle d'interférences destructives.



Figure 3. Interférences sur le film de savon

- 1.3. Sur la figure 4, on représente le film de savon dans le cas où la lumière arrive perpendiculairement à sa surface. Au voisinage du point M, on considère que les deux faces du film de savon sont parallèles et que l'épaisseur du film e est égale à 900 nm

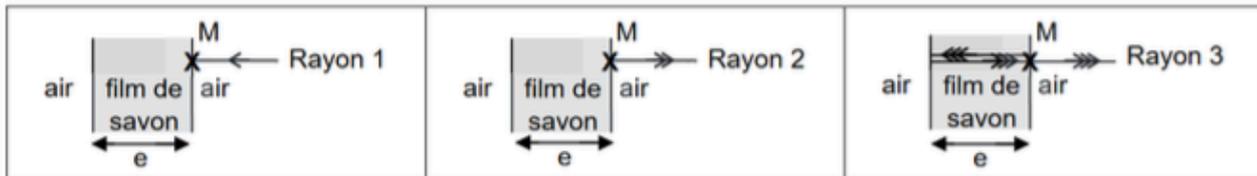


Figure 4. Représentation du trajet des rayons 1, 2 et 3 tels que définis en introduction

Dans les conditions d'éclairage et d'épaisseur de film précédentes, on admet que la différence de chemin optique $\delta(M)$ au point M entre les rayons 3 et 2 a pour expression : $\delta(M) = 2 n \cdot e - \frac{\lambda}{2}$
 Déterminer à l'aide d'un calcul si les interférences au point M sont destructives ou constructives.

2. Comparaison du phénomène d'interférences suivant la longueur d'onde étudiée

La photo de l'expérience est traitée à l'aide d'un logiciel pour réaliser l'étude du phénomène en lumière bleue ($\lambda_{\text{bleu}} = 458 \text{ nm}$) et en lumière rouge-orangée ($\lambda_{\text{rouge}} = 600 \text{ nm}$).

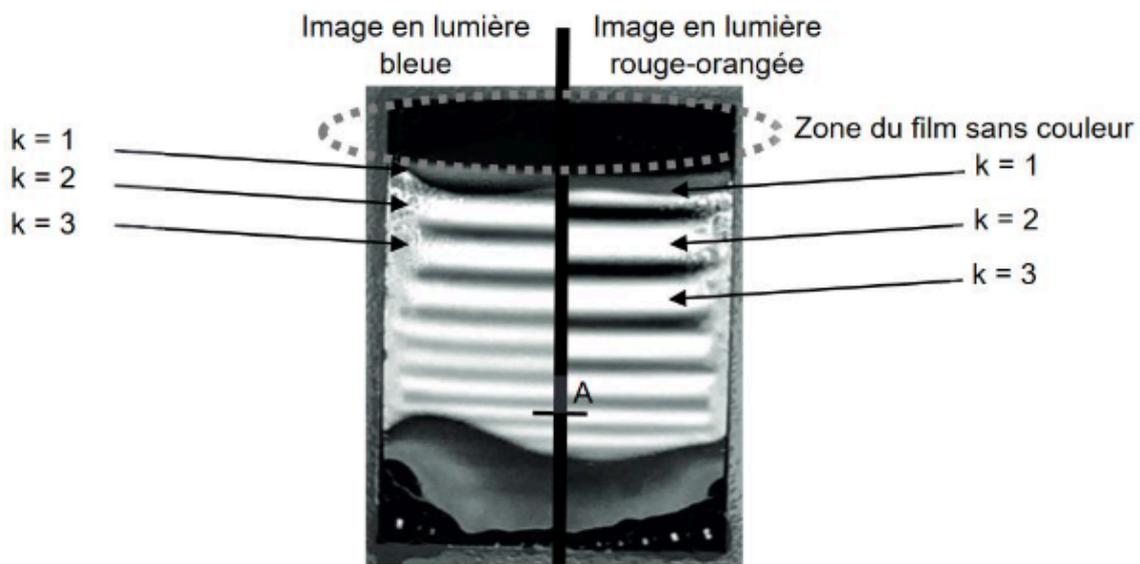


Figure 5. Montage photo des résultats des deux expériences

En raison des phénomènes de réflexion des rayons, les interférences constructives apparaissent pour différentes épaisseurs du film de savon.

2.1. Montrer que les épaisseurs correspondant à des interférences constructives sont données par la relation suivante : $e_k = \left(\frac{2k+1}{4}\right) \cdot \frac{\lambda}{n}$
 avec n l'indice de réfraction du milieu, e_k l'épaisseur du film, k un nombre entier avec $k \geq 0$ et λ la longueur d'onde dans l'air sélectionnée par le traitement de l'image.

2.2. Calculer l'épaisseur minimale pour que des interférences constructives en lumière bleue apparaissent.

2.3. La zone sans couleur de la figure 5 en haut du support correspond à une épaisseur de film très faible. On obtient alors des interférences destructives. On observe qu'au cours du temps la surface de cette zone s'étend vers le bas. Proposer une explication.

2.4. Sur la photo de la figure 5, au niveau du point A, on observe des interférences constructives à la fois en lumière bleue et en lumière rouge-orangée. Déterminer l'épaisseur du film de savon au point A afin de rendre compte de ces observations.

TYPE BAC 16 : GRANULOMÉTRIE

On attribue la découverte de la diffraction à Francesco Grimaldi (1618-1663). Le but de l'exercice est d'étudier une application pratique de la diffraction : la détermination de la taille moyenne de poudre de cacao par granulométrie.

Document 1 : Granulométrie laser de la poudre de cacao



L'appareil ci-contre permet de mesurer la taille de particules allant de 40 nm à 2500 μm tout en occupant un encombrement extrêmement réduit.

Le fabricant de l'appareil indique que deux diodes laser de longueurs d'onde 635 nm et 830 nm sont utilisées dans cet instrument de mesure.

Document 2 : Différents types de chocolat

Le succès du chocolat, auprès des consommateurs, est lié à des caractéristiques gustatives bien identifiées mais aussi à la granulométrie de chacun des constituants.

Cette dernière propriété représente un enjeu important du procédé de fabrication puisque des particules trop finement broyées rendront le chocolat collant alors que de trop grosses particules lui donneront un aspect granuleux à l'œil et en bouche.

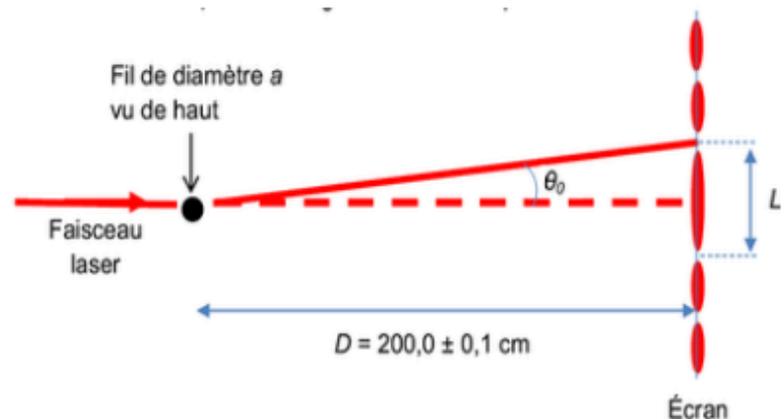
La mesure de la taille des particules, par diffraction laser, est une technique simple et rapide, adaptée à la détermination de la distribution granulométrique de tous les types de chocolat comme les chocolats de couverture utilisés pour le nappage, les chocolats au lait ou les chocolats agglomérés utilisés pour les recettes instantanées.

Type de chocolat	De couverture	Au lait	Aggloméré
a^* en μm	10	30	300

D'après <http://www.es-France.com/pdf/010-Cacao.pdf>

Partie 1 : Vérification de la longueur d'onde d'une des diodes laser utilisées

L'objectif de cette partie est de vérifier la valeur de la longueur d'onde λ d'une des diodes laser utilisées dans l'appareil de granulométrie. Sur le trajet du faisceau laser, on intercale des fils de différents diamètres. Sur un écran placé à une distance D , on observe une figure de diffraction.



L représente la largeur de la tache centrale et θ_0 le demi-angle au sommet exprimé en radian.

(*) a représente le diamètre moyen recommandé de la poudre de cacao pour un type de chocolat.

1.1. Rappeler les trois principales propriétés du faisceau d'un laser.

1.2. Pour une longueur d'onde donnée, décrire l'évolution du demi-angle θ_0 en fonction du diamètre a du fil. Donner la relation qui lie λ , θ_0 et a .

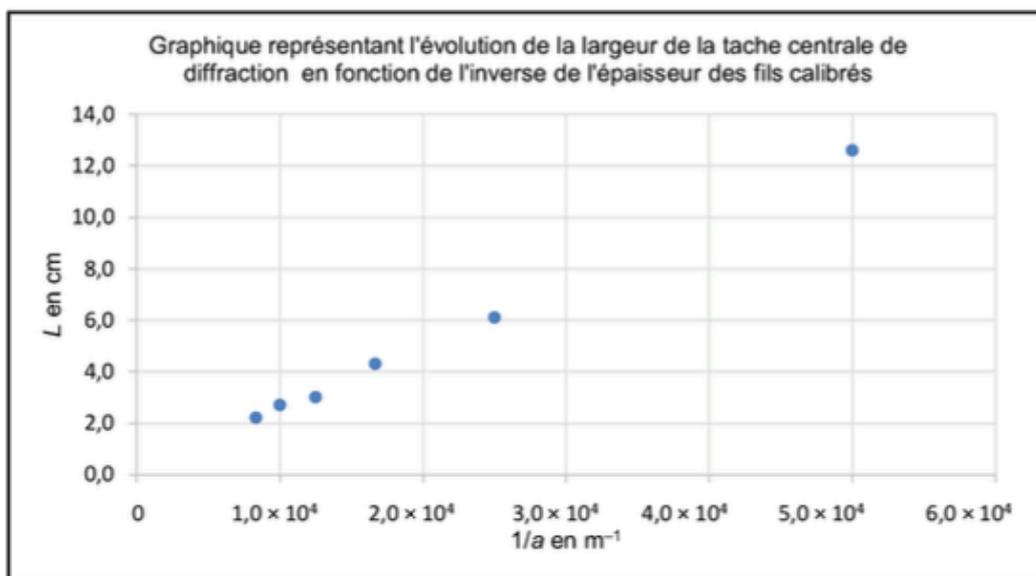
1.3. On fait l'hypothèse que l'angle θ_0 est petit. Dans ce cas, on peut écrire $\tan \theta_0 \approx \theta_0$ avec θ_0 en radian.

À l'aide du schéma, démontrer que la largeur de la tache centrale est donnée par l'expression :

$$L = k \cdot \frac{1}{a} \quad \text{avec} \quad k = 2\lambda \cdot D$$

1.4. Expérimentalement, on mesure la largeur de la tache centrale L pour des fils calibrés de différentes valeurs de diamètre a . on porte les valeurs obtenues sur le graphique ci-dessous.

À partir du graphique, déterminer la longueur d'onde λ de la diode laser utilisée.



1.5. L'incertitude absolue sur la longueur d'onde λ , notée $\Delta\lambda$, peut être déterminée à partir de la relation suivante :

$$\Delta\lambda = \lambda \sqrt{\left(\frac{\Delta D}{D}\right)^2 + \left(\frac{\Delta k}{k}\right)^2}$$

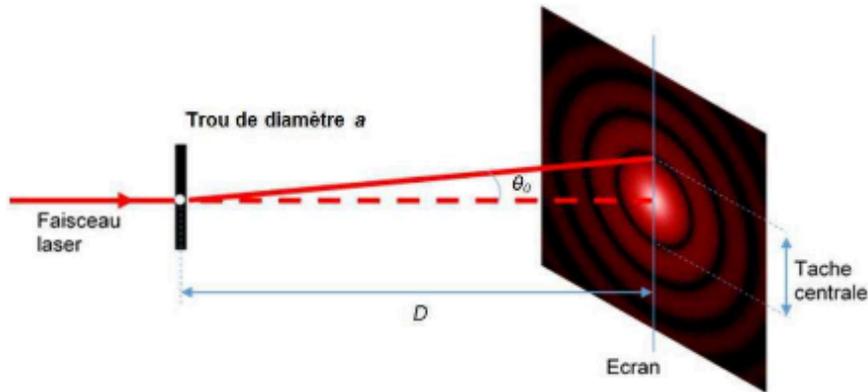
L'incertitude absolue sur la valeur du coefficient directeur est $\Delta k = 1,2 \times 10^{-7} m^2$.

Exprimer la valeur de la longueur d'onde λ avec son incertitude. Confronter aux valeurs données par le fabricant de l'appareil ; conclure.

Partie 2 : Etude de la diffraction par la poudre de cacao

Dans cette partie, on considère que l'on peut déterminer le diamètre moyen des grains de cacao d'une poudre donnée en utilisant une figure de diffraction réalisée avec la diode laser de longueur d'onde $\lambda = 635 \text{ nm}$.

Donnée : Expérience de diffraction par un trou circulaire :



La figure de diffraction obtenue par un trou circulaire est constituée de cercles concentriques alternativement brillants et sombres avec :

$$\sin \theta_0 = \frac{1,22 \cdot \lambda}{a}$$

λ : longueur d'onde du faisceau laser, exprimée en mètre

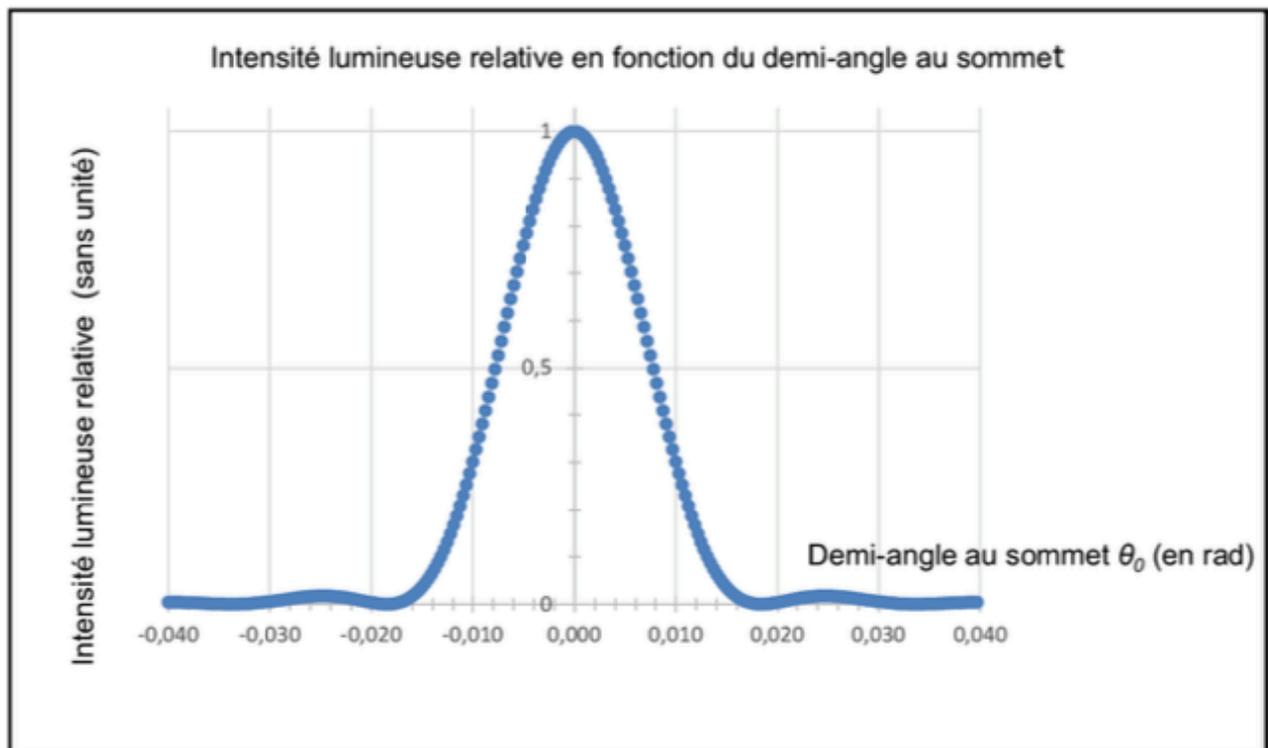
a : diamètre du trou, exprimée en mètre

θ_0 : demi-angle au sommet, exprimée en radian

2.1. En utilisant un montage proche de celui donné ci-dessus, on réalise l'expérience sur un échantillon de poudre de cacao.

Sachant que les grains de cacao sont assimilés à des sphères, justifier le fait qu'on observe une figure de diffraction identique à celle obtenue avec un trou circulaire.

2.2. Après traitement informatique des résultats expérimentaux lors du contrôle d'un échantillon de poudre de cacao, on obtient le graphe ci-dessous donnant l'intensité lumineuse relative sur l'écran en fonction du demi-angle θ_0 . Peut-on utiliser cet échantillon pour un chocolat de couverture ?



TYPE BAC 17 : QUELLE TAILLE POUR LES MAILLES D'UN TAMIS

Les artémies (voir photo ci-contre) sont des crustacés élevés pour nourrir les poissons des aquariums. Leur taille doit être adaptée à l'espèce de poisson à nourrir. On utilise des tamis calibrés pour les sélectionner.

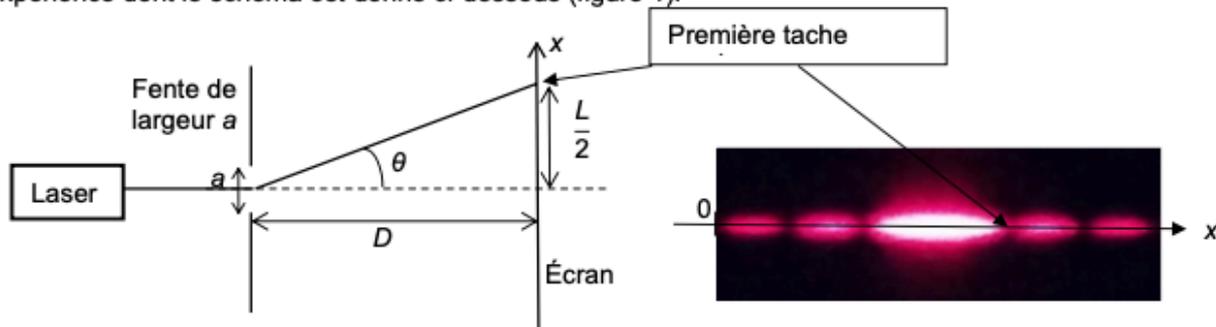


Source : <https://fr.m.wikipedia.org>

On se propose dans cet exercice de déterminer la taille des mailles d'un tamis en utilisant une diode laser de longueur d'onde $\lambda = (650 \pm 10)$ nm.

1. Vérification de la valeur de la longueur d'onde de la diode laser utilisée

Pour vérifier la valeur de la longueur d'onde de la diode laser annoncée par le constructeur, on réalise une expérience dont le schéma est donné ci-dessous (figure 1).



Distance fente – écran : $D = 56$ cm
Largeur de la fente calibrée : $a = 80$ μ m

Figure 2. Figure observée sur l'écran

Figure 1. Schéma de l'expérience (échelle non respectée)

1. Nommer le phénomène physique responsable des taches lumineuses observées sur l'écran. Discuter qualitativement de l'influence de la largeur de la fente et de la longueur d'onde de l'onde incidente sur le phénomène observé.
2. On rappelle que l'angle θ est donné par la relation $\theta = \frac{\lambda}{a}$ et on considère que $\tan \theta \approx \theta$ pour les petits angles ($\theta \ll 1$ rad). Déterminer l'expression de l'angle θ en fonction de la largeur L de la tache centrale et de D . En déduire l'expression de la longueur d'onde λ en fonction de L , a et D .

Pour faire une mesure précise, on remplace l'écran par une caméra qui permet d'obtenir l'intensité lumineuse relative* en fonction de la position x , repérée selon l'axe indiqué sur la photo de la figure 2. L'origine $x = 0$ m est prise sur le bord du capteur de la caméra. On obtient alors la figure 3.

* L'intensité lumineuse relative est le rapport de l'intensité lumineuse reçue par le capteur sur l'intensité maximale reçue.

3. Déterminer la valeur de la longueur d'onde de la diode laser utilisée en exploitant la courbe obtenue sur la figure 3. La comparer à la valeur indiquée par le constructeur.

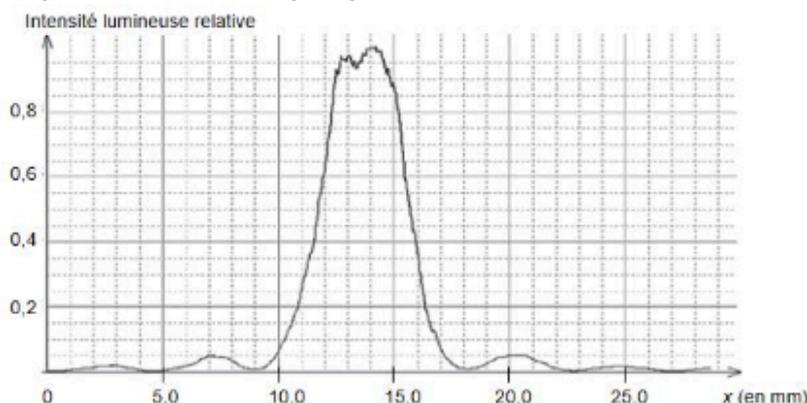


Figure 3. Intensité lumineuse relative en fonction de la position sur l'écran

2. Calibrage du tamis de récupération

Le but de cette partie est de vérifier que le tamis disponible, dont le maillage est représenté sur la figure 5, permet de récupérer toutes les artémies d'une taille supérieure à 150 μm . On réalise une expérience d'interférences pour évaluer les dimensions du tamis en utilisant la diode laser précédente. La largeur du fil plastique constituant le tamis est égale à 230 μm .

L'expérience d'interférences est décrite ci-dessous :

- le montage utilisé est donné sur la figure 4 ;
- on utilise la diode laser de longueur d'onde $\lambda = (650 \pm 10) \text{ nm}$. La distance entre le tamis et l'écran vaut $D = (7,75 \pm 0,03) \text{ m}$;
- on note b la distance entre les centres de deux trous consécutifs du maillage du tamis ;
- la figure d'interférences obtenue est donnée sur les figures 6 et 7.
-

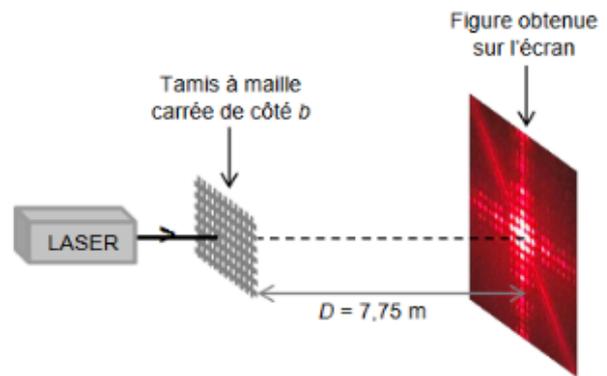


Figure 4. Montage utilisé (échelle non respectée)

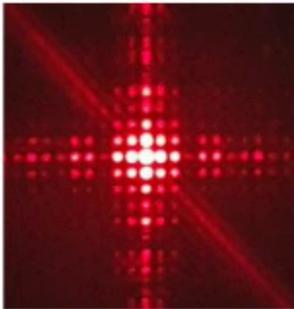


Figure 6. Figure d'interférences obtenue

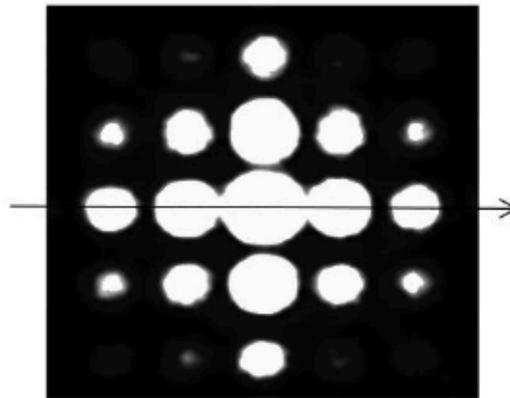
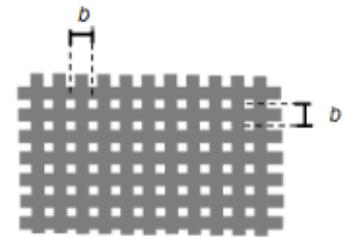


Figure 7. Tache centrale de la figure d'interférences à l'échelle 1/1



1. Expliquer brièvement, sans calcul, l'origine de la présence de zones sombres et de zones brillantes dans une figure d'interférences lumineuses.

Le centre de la figure d'interférences de la figure 6 est représenté sur la figure 7 ci-dessus à l'échelle 1/1. L'interfrange, noté i , est défini comme la distance entre les centres de deux taches lumineuses successives selon l'axe identifié sur la figure 7.

L'expression de l'interfrange est donnée par la relation : $i = \frac{\lambda \times D}{b}$.

L'incertitude-type $u(b)$ sur la grandeur b peut se calculer à partir de la relation :

$$\frac{u(b)}{b} = \sqrt{\left(\frac{u(D)}{D}\right)^2 + \left(\frac{u(i)}{i}\right)^2 + \left(\frac{u(\lambda)}{\lambda}\right)^2}$$

où $u(x)$ désigne l'incertitude-type associée à la grandeur x

2. Évaluer la valeur de l'interfrange i en explicitant la méthode suivie pour obtenir la meilleure précision. Évaluer l'incertitude-type $u(i)$ sur la mesure de l'interfrange i .
3. Calculer b puis évaluer $u(b)$.
4. Indiquer si le tamis étudié permet de récupérer les artémies voulues. Justifier.

2. Former des images

Modèle optique d'une lunette astronomique avec objectif et oculaire convergents.

Représenter le schéma d'une lunette afocale modélisée par deux lentilles minces convergentes ; identifier l'objectif et l'oculaire.

Représenter le faisceau émergent issu d'un point objet situé « à l'infini » et traversant une lunette afocale.

Grossissement.

Établir l'expression du grossissement d'une lunette afocale.

Grossissement.

Exploiter les données caractéristiques d'une lunette commerciale.

87

88

89

90

91

92

93

94

95

96

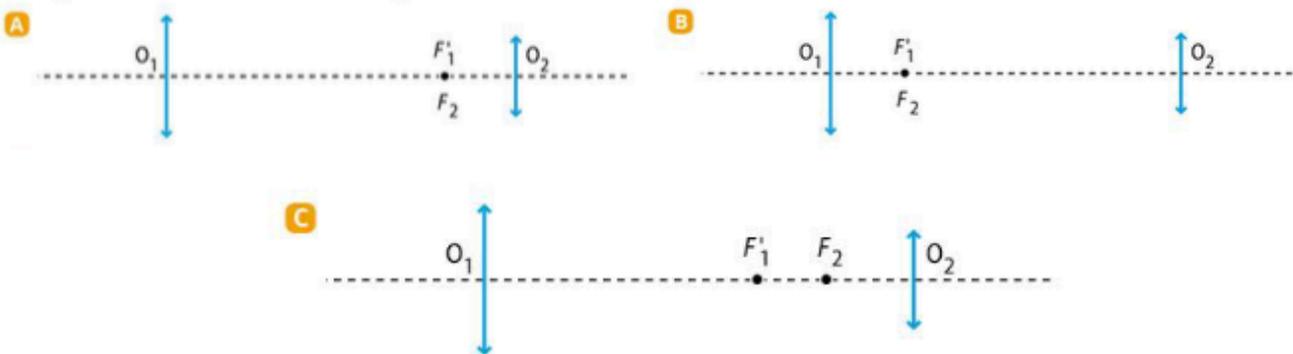
97

98

Exercice 87 : La lumière issue d'un point objet B, situé à l'infini, traverse une lunette astronomique afocale, modélisée par deux lentilles minces convergentes.

- Les affirmations ci-dessous sont-elles exactes ? Corriger celles qui sont incorrectes.
 - L'image B_1 du point objet B donnée par l'objectif se situe dans le plan perpendiculaire à l'axe optique contenant le foyer image de la lentille modélisant l'objectif de la lunette.
 - L'image B_1 devient un objet pour l'oculaire.
 - Le point B_1 se situe dans le plan perpendiculaire à l'axe optique contenant le foyer image de la lentille modélisant l'oculaire de la lunette.
 - Le faisceau émergent de l'oculaire est toujours parallèle à l'axe optique.

Exercice 88 :



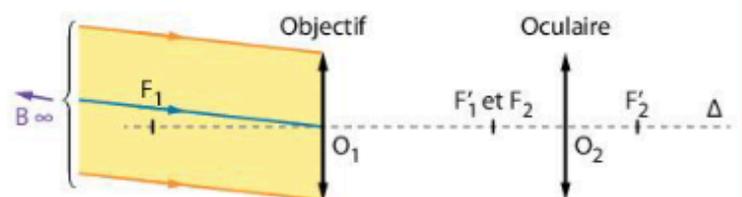
- Parmi les modélisations suivantes, identifier celle qui correspond à une lunette astronomique afocale.
- Expliquer pourquoi les autres ne conviennent pas.

Exercice 89 : On modélise une lunette afocale par deux lentilles minces convergentes, un objectif de distance focale 20,0 cm et un oculaire de distance focale 5,0 cm.

- Définir une lunette astronomique afocale.
- Schématiser cette lunette afocale (échelle : 1,0cm sur le schéma représente 5,0 cm dans la réalité).

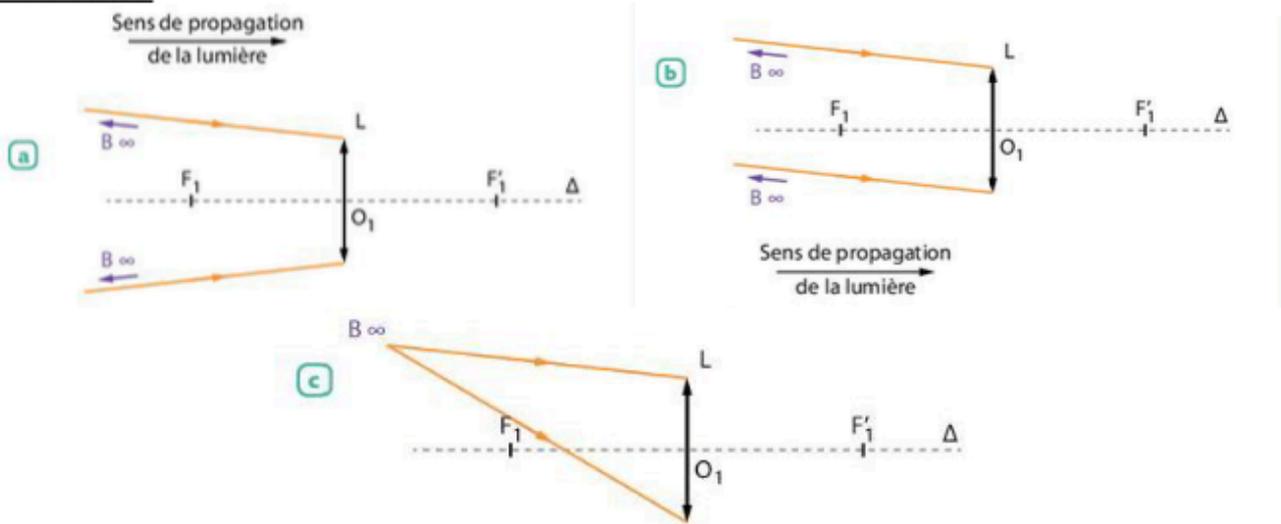
Exercice 90 : On a schématisé ci-contre une lunette astronomique afocale modélisée par deux lentilles minces convergentes.

On a représenté le faisceau lumineux issu d'un point objet B situé à l'infini éclairant l'objectif de la lunette.



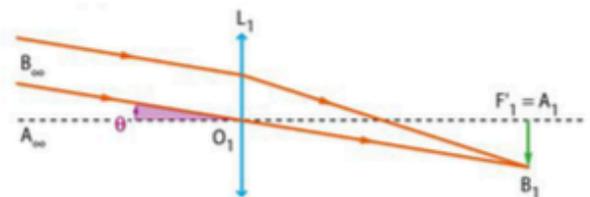
- Reproduire le schéma et représenter le faisceau émergent du point objet issu du point B après traversée de cette lunette.

Exercice 91 :



1. Quelle est la schématisation représentant correctement le faisceau lumineux issu d'un point objet B situé à l'infini et qui éclaire une lentille mince convergente parmi les propositions ci-dessous ? Justifier le choix.
2. Reproduire le schéma correct et construire l'image B₁ et B à travers la lentille L.
3. Appliquer la relation de conjugaison à l'objectif de la lunette astronomique pour montrer que l'image intermédiaire d'un objet situé à l'infini se forme dans le plan focal image de la lentille.
4. À quelle distance de l'objectif faut-il placer l'oculaire pour qu'un œil normal puisse observer l'image définitive sans accommoder ?

Exercice 92 : L'objectif L₁ de la lunette astronomique donne d'un objet AB de diamètre apparent θ , situé à l'infini, une image intermédiaire A₁B₁ comme indiqué sur le schéma suivant.

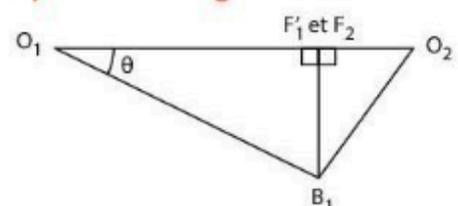


Données : Le diamètre apparent vaut 30' d'arc ;
L'objectif de la lunette a une distance focale $f_1 = 80$ cm ;
L'oculaire de la lunette a une distance focale $f_2 = 20$ mm.

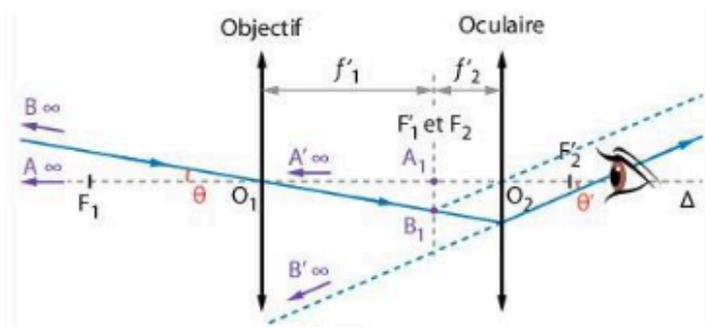
1. Déterminer par le calcul la taille de l'image A₁B₁.
2. Expliquer pourquoi il n'est pas possible de déterminer le grandissement.
3. À quelle distance de l'objectif faut-il placer l'oculaire pour que l'image définitive se forme à l'infini ?
4. L'image définitive est-elle réelle ou virtuelle ?
5. L'image définitive est-elle dans le même sens ou renversée par rapport à l'objet visé ?

Exercice 93 :

1. Exprimer la tangente de l'angle θ dans le triangle B₁O₁F'₁.
2. Dans le triangle B₁O₂F₂, on écrit : $\tan(\theta') = \frac{F_2 B_1}{O_2 F_2}$.
 - a. Reproduire le schéma et repérer l'angle θ' .
 - b. À quelle condition peut-on écrire que $\theta' = \frac{F_2 B_1}{O_2 F_2}$?

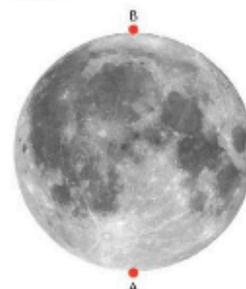


Exercice 94 : On a représenté ci-contre le schéma d'une lunette afocale.

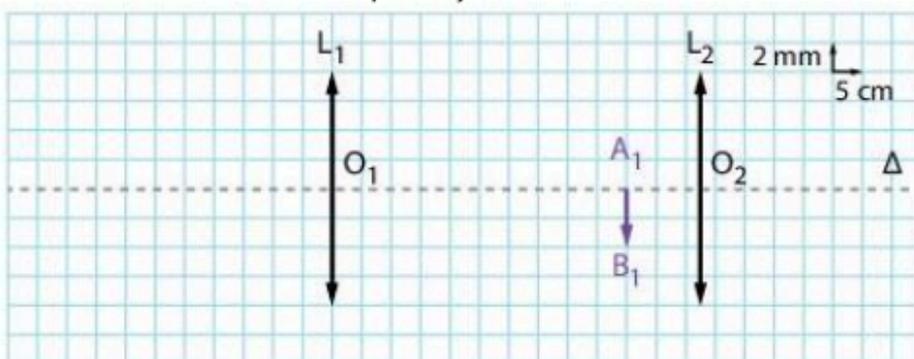


1. Justifier que $\tan(\theta) = \frac{A_1B_1}{O_1F_1}$.
2. Exprimer $\tan(\theta')$ en fonction de A_1B_1 et O_2F_2 .
3. Les angles θ et θ' étant petits, exprimer le grossissement G en fonction de f_1 et f_2 .

Exercice 95 : On réalise la maquette d'une lunette astronomique afocale à l'aide de deux lentilles minces convergentes L_1 et L_2 afin d'observer la Lune. On choisit deux points A et B diamétralement opposés, l'objet AB ainsi défini est considéré à l'infini.



On a représenté, sur le schéma à l'échelle ci-dessous, les deux lentilles, ainsi que l'image intermédiaire A_1B_1 de la Lune donnée par l'objectif.



1. Reproduire la figure à l'aide de l'échelle et tracer le trajet lumineux de deux rayons issus du point objet B.
2. Représenter sur la figure l'angle θ sous lequel on voit la Lune à l'œil nu. Le calculer.
3. Calculer la distance Terre-Lune sachant que le diamètre de la Lune est $D = 3,47 \times 10^3$ km.
4. Sous quel angle θ' l'image de la Lune donnée par la lunette est-elle vue ?

Exercice 96 :

1. Quelles sont les indications numériques qui caractérisent l'objectif d'une lunette astronomique ?
2. Quelle est l'unité de ces deux grandeurs ?

Exercice 97 :

1. Quelle est la distance focale de l'objectif de cette lunette astronomique ?
2. Quelle est le diamètre de l'objectif de cette lunette astronomique ?



Exercice 98 : Voici un extrait de la notice d'une lunette astronomique :

Ouverture : 50 mm Longueur focale : 600 mm
Livrée avec : 3 oculaires de 20 mm, 12 mm et de 4 mm

1. À quelles caractéristiques de la lunette correspondent les différentes valeurs exprimées en mm ?
2. Calculer les valeurs de grossissement possibles.

TYPE BAC 18 : LA LUNETTE DE KEPLER

L'importance des observations réalisées par Galilée à l'aide de la lunette conduit Kepler à rédiger, en 1610, le premier traité moderne d'optique, le *Dioptricae*.

Le point central du *Dioptricae* est l'étude des phénomènes liés aux lentilles. À l'aide de l'optique géométrique, Kepler explique comment on agrandit ou réduit une image grâce à un choix judicieux de lentilles. Il décrit la lunette galiléenne mais propose un nouveau montage utilisant deux lentilles convergentes.

Une lunette de Kepler, appelée aussi lunette astronomique est constituée de deux lentilles minces convergentes, d'axe optique commun (Δ). Une modélisation de cette lunette est constituée de la manière suivante :

- l'objectif (L_1) est une lentille convergente de distance focale $f_1' = 250$ mm, de diamètre $D = 25$ mm, de centre optique O_1 ;
- l'oculaire (L_2) est une lentille de distance focale $f_2' = 50$ mm, de centre optique O_2 .

1. Schéma de la lunette

Compléter le schéma n°1 reproduit à l'échelle $\frac{1}{2}$ sur l'axe horizontal, de **L'ANNEXE** en plaçant la lentille (L_2) de telle façon que le foyer objet F_2 de l'oculaire coïncide avec le foyer image F_1' de l'objectif.

2. Images et grossissement

L'astre observé est à l'infini, son diamètre AB est perpendiculaire à l'axe optique en A . Tous les rayons issus de B sont parallèles entre eux et font avec l'axe optique un angle θ qui est le diamètre apparent de l'astre. Un des rayons issus de B est représenté sur les schémas de **L'ANNEXE**

2.1. L'objectif (L_1) donne, de l'astre observé, une image A_1B_1 .

Sur le schéma n°1 de **L'ANNEXE**, recopier et construire l'image A_1B_1 en justifiant la méthode choisie.

2.2. Où se forme l'image définitive A_2B_2 donnée par l'oculaire (L_2) ? Justifier la réponse.

2.3. Compléter la figure en traçant le rayon émergent de la lunette correspondant au rayon incident tracé issu de B . Justifier les tracés nécessaires à cette construction.

2.4. On appelle grossissement G d'un instrument d'optique le rapport $G = \frac{\theta'}{\theta}$.

Avec θ' est l'angle sous lequel on voit l'image donnée par l'instrument et θ est l'angle sous lequel on voit l'objet à l'œil nu. Pour les angles petits et exprimés en radians, $\tan\theta \approx \theta$

Après avoir indiqué θ' sur le schéma n°1 de **L'ANNEXE**, recopier et montrer que, pour la lunette de Kepler modélisée à la question 1, le grossissement a pour expression $G = \frac{f_1'}{f_2'}$.

En déduire la valeur du grossissement de cette lunette.

2.5. L'expérience montre que les plus belles images du ciel s'obtiennent avec des grossissements dont la valeur est inférieure à un nombre N .

Ce nombre est identique à la valeur du diamètre D de l'objectif, exprimé en millimètre, soit ici 25. L'idéal pour l'instrument étudié ici est de disposer d'une gamme d'oculaires permettant des grossissements de $N/7$ à N . À partir d'un grossissement égal à N les images paraissent floues à l'œil humain.

Déterminer pour l'instrument étudié, les deux valeurs extrêmes de f_2' correspondant à ces grossissements.

3. Cercle oculaire

3.1. Définir le cercle oculaire

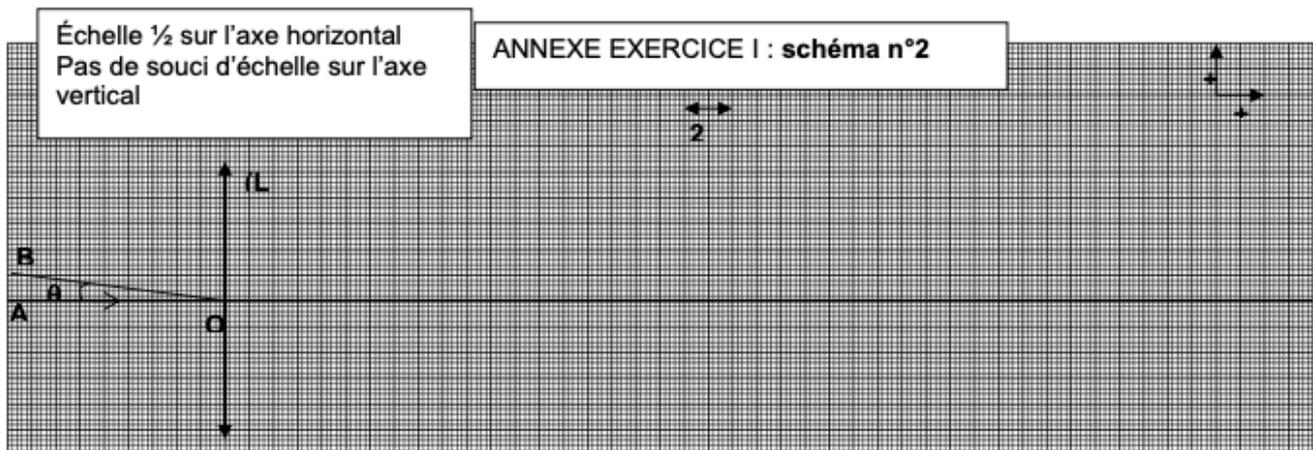
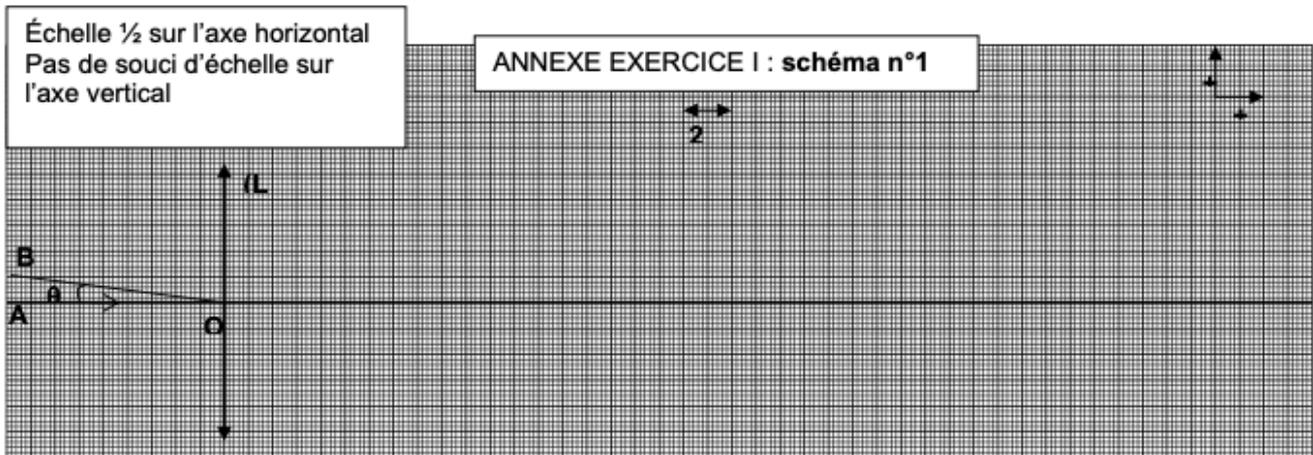
3.2. Sur le schéma n°2 de L'ANNEXE, recopier et construire le cercle oculaire. Quel est son intérêt pratique ?

4. Nouvelle image et grandissement

On approche l'oculaire de 5 mm vers l'objectif.

4.1. Déterminer, par le calcul, la position de l'image définitive A_3B_3 .

4.2. Calculer le grandissement γ de l'oculaire dans ce cas.



TYPE BAC 19 : LUNETTE ASTRONOMIQUE

En 1611, Kepler propose le principe de la lunette astronomique, avec des lentilles convergentes pour l'oculaire et l'objectif. Il améliore la lunette de Galilée, mais l'image est renversée. Kepler ne mettra cependant pas son idée en pratique, et il faudra attendre 1617 pour voir apparaître les premières lunettes astronomiques.

On se propose de modéliser une lunette astronomique à l'aide de deux lentilles convergentes :

- une lentille L_1 de distance focale $f'_1 = 60$ cm
- une lentille L_2 de distance focale $f'_2 = 10$ cm

A – Étude de la lentille L_2

1. Calculer la vergence de la lentille L_2 .
2. Recopier et compléter les figures 1.a, 1.b et 1.c **l'annexe** en indiquant dans chaque cas les foyers de la lentille L_2 et la construction de l'image A_2B_2 de l'objet A_1B_1 .
Les échelles indiquées sur l'annexe correspondent à : horizontalement (1/5) et verticalement (1/1)
3. Dans le cas de la figure 1.a. retrouver par le calcul la position de l'image.

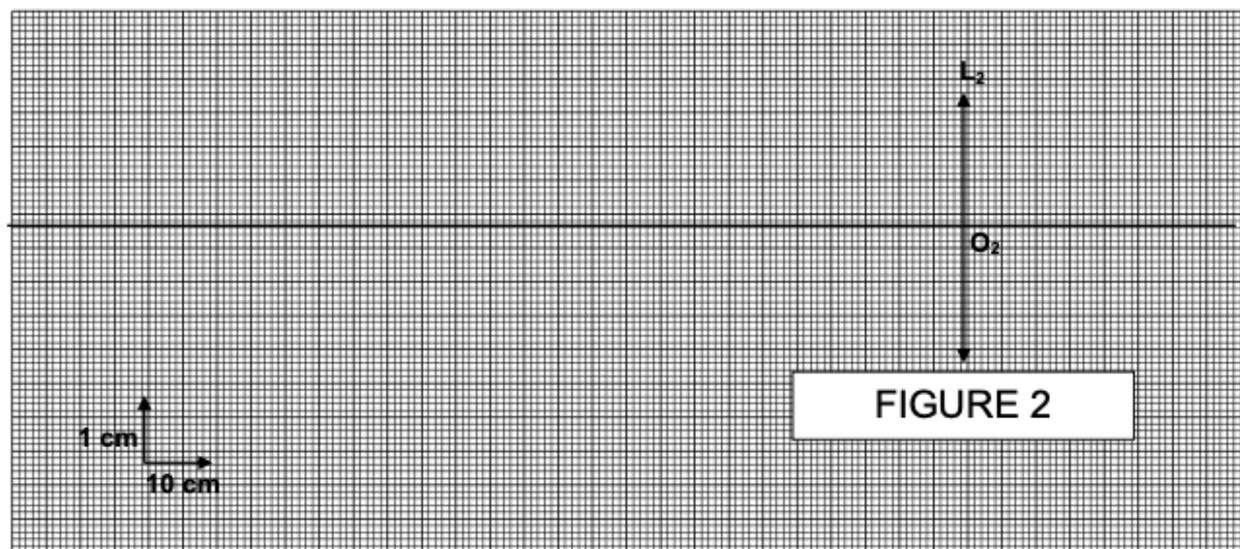
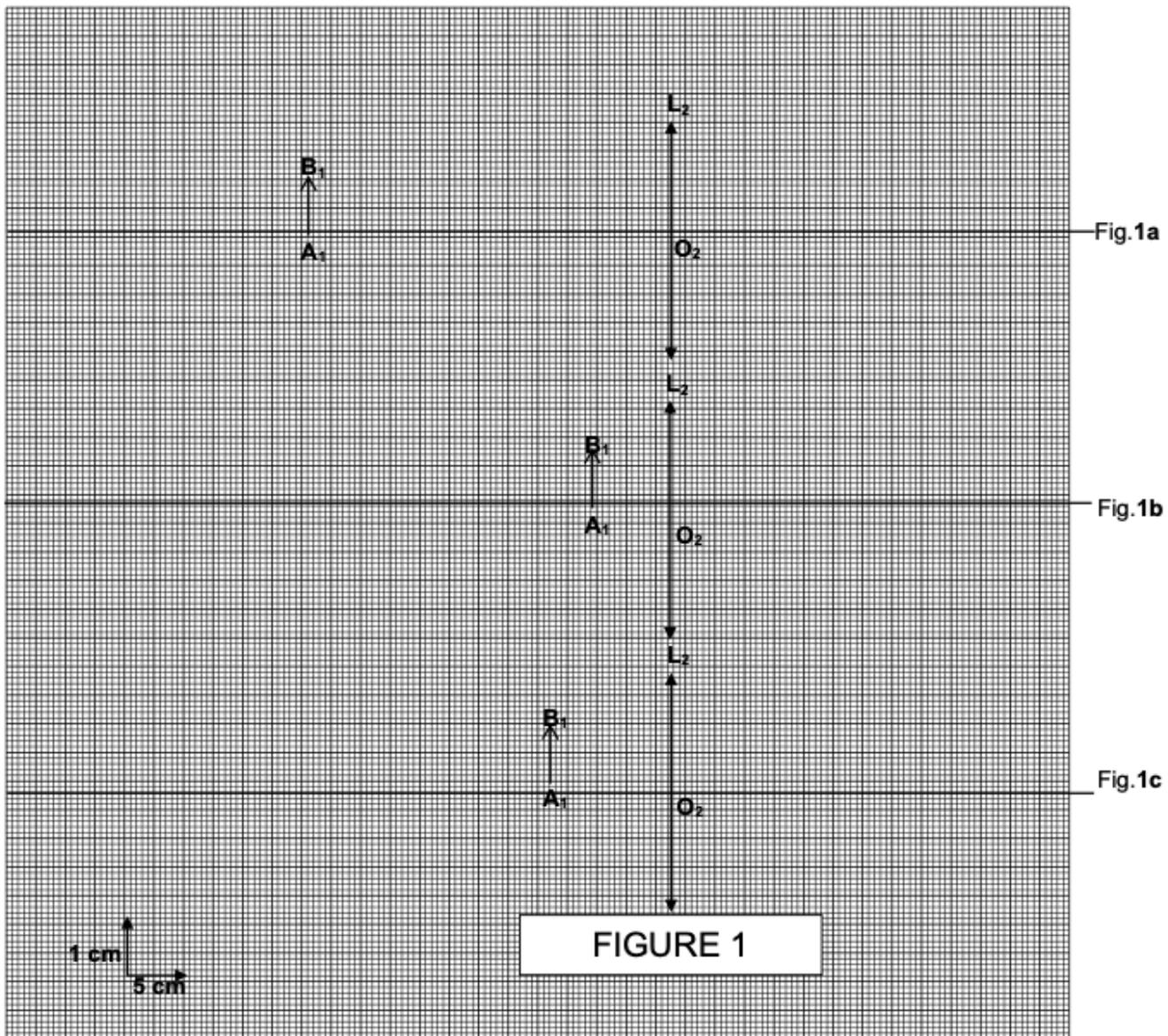
B – Étude d'un modèle de lunette astronomique

On reprend la lentille L_2 à laquelle on associe la lentille L_1 , placée devant L_2 , pour simuler sur le banc d'optique une lunette astronomique utilisée pour observer un objet AB. On se place dans le cas où l'image intermédiaire A_1B_1 est située dans le plan focal objet de la lentille L_2 . La distance entre les centres optiques des deux lentilles est fixée à 70 cm.

1. Quel rôle joue A_1B_1 pour la lentille L_2 ?
2. Comment, dans ce système optique, nomme-t-on les lentilles L_1 et L_2 ?
3. Recopier et compléter **la figure 2** en traçant :
 - la lentille L_1 et son centre optique O_1 .
 - les foyers des deux lentilles L_1 et L_2 .
 - l'image intermédiaire A_1B_1 de hauteur 1cm.
 - le tracé de deux rayons lumineux traversant les deux lentilles du système optique en passant par B_1 .

Les échelles indiquées sur l'annexe correspondent à : horizontalement (1 /10) et verticalement (1 /1)

4. D'après la construction précédente, où se trouve l'objet AB ? Où se trouve l'image définitive A_2B_2 ?
5. Une des caractéristiques de ce système optique est son grossissement défini par le rapport du diamètre apparent de l'image à celui de l'objet : $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$
 - a) Définir le diamètre apparent α de l'objet et le diamètre apparent α' de l'image.
 - b) Indiquer ces deux diamètres apparents sur la figure 2.
 - c) Exprimer G en fonction des distances focales des deux lentilles puis le calculer.
 - d) En déduire un moyen d'augmenter le grossissement d'une lunette astronomique.



3. Étudier la dynamique d'un système électrique

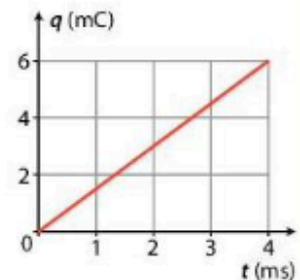
Intensité d'un courant électrique en régime variable. Relier l'intensité d'un courant électrique au débit de charges.	99
	100
	101
Capteurs capacitifs. Expliquer le principe de fonctionnement de quelques capteurs capacitifs. Comportement capacitif. Identifier des situations variées où il y a accumulation de charges de signes opposés sur des surfaces en regard. Modèle du condensateur. Citer des ordres de grandeur de valeurs de capacités usuelles.	102
	103
	104
	105
Relation entre charge et tension ; capacité d'un condensateur. Modèle du circuit RC série : charge d'un condensateur par une source idéale de tension, décharge d'un condensateur, temps caractéristique. Établir et résoudre l'équation différentielle vérifiée par la tension aux bornes d'un condensateur dans le cas de sa charge par une source idéale de tension et dans le cas de sa décharge.	106
	107
	108
	109
	110
	111

Exercice 99 :

1. Quelle relation permet de définir l'intensité du courant électrique pendant une durée Δt ? L'illustrer par un schéma.
2. Comment l'intensité du courant électrique est-elle définie dans une portion de conducteur ?

Exercice 100 : La charge électrique q traversant une section de conducteur est étudiée ci-contre :

1. Comment la charge évolue-t-elle au cours du temps ?
2. Déterminer l'intensité du courant correspondante.

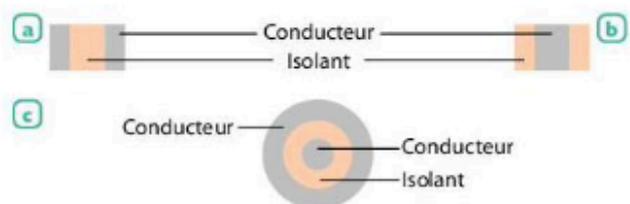


Exercice 101 : Un circuit comportant un condensateur est parcouru par un courant électrique d'intensité variable.

1. Quelle relation lie la tension aux bornes du condensateur à sa capacité ? Préciser les notations sur un schéma.
2. En déduire une relation entre l'intensité du courant et la tension aux bornes du condensateur.

Exercice 102 :

- Parmi les schémas ci-contre, le(s)quel(s) représente(nt) un condensateur ?



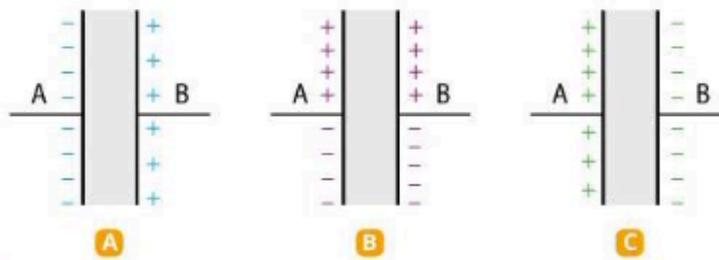
Exercice 103 : Les flashes d'appareil photographique contiennent des condensateurs. La décharge rapide du condensateur dans une lampe permet l'émission du flash.

- Déterminer la charge électrique maximale que peut stocker ce condensateur.



Exercice 104 : Un condensateur possède deux armatures A et B. L'armature A porte une charge électrique $q_A = 4,8 \mu\text{C}$.

1. Que vaut la charge électrique portée par l'armature B ?
2. L'armature B possède-t-elle un excès ou un défaut d'électrons ?
3. Lequel de ces schémas représente correctement l'état électrique de ce condensateur ?

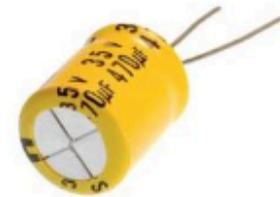


4. Déterminer le signe de la tension U_{AB} entre les deux armatures.

Exercice 105 : Un condensateur initialement déchargé est relié à un courant d'intensité constante I égale à 12 mA.

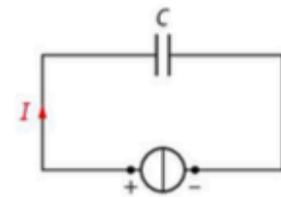
Au bout d'une minute, la tension aux bornes de ce condensateur vaut 1,5 V.

1. Calculer la valeur de la capacité de ce condensateur.
2. Ce résultat est-il cohérent avec la photographie ci-contre ?
3. Est-ce une valeur courante pour un condensateur ?



Exercice 106 : On réalise le circuit schématisé ci-contre afin de charger un condensateur de capacité C avec un générateur de courant d'intensité constante $I = 1,0 \text{ mA}$.

On mesure la tension aux bornes du condensateur avec un voltmètre à différents instants. On obtient les résultats suivants.



t (en s)	0	10	20	30	40	60
U_C (en V)	0	23	51	76	98	152

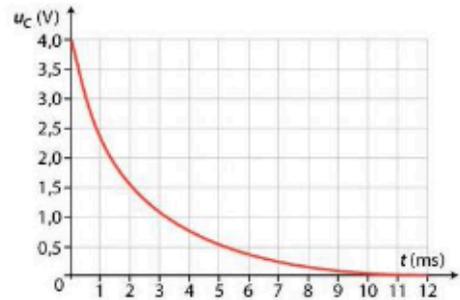
1. Reproduire le schéma électrique en faisant apparaître le voltmètre permettant la mesure de U_C et de l'intensité du courant délivré par le générateur.
2. Représenter le graphique des variations de U_C en fonction du temps.
3. Quelle information apporte ce graphique ?
4. En déduire la valeur de la capacité du condensateur utilisé.

Exercice 107 : Un dipôle RC est constitué par l'association d'un condensateur de capacité $C = 47 \mu\text{F}$ et d'un conducteur ohmique de résistance $R = 1,0 \text{ k}\Omega$.

1. Calculer le temps caractéristique de ce dipôle.
2. À partir de la loi d'ohm et de la relation $i = C \times \frac{dU_C}{dt}$, vérifier par une analyse dimensionnelle que l'expression du temps caractéristique est homogène.

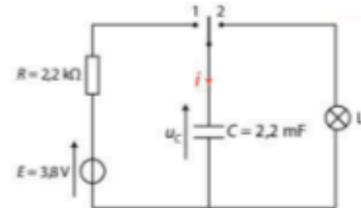
Exercice 108 : Un condensateur de capacité C inconnue est associé à un conducteur ohmique de résistance $R = 1,0 \text{ k}\Omega$. La courbe ci-dessous représente la tension aux bornes du condensateur en fonction du temps lors de sa décharge.

1. Déterminer graphiquement le temps caractéristique de la décharge de ce dipôle.
2. En déduire la capacité C du condensateur.



Exercice 109 : Un appareil photographique est équipé d'un flash alimenté par une batterie. Il comporte un circuit électronique dont une partie est schématisée ci-contre.

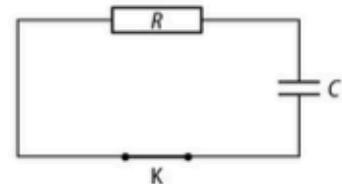
Lors de la prise d'une photographie avec flash, le condensateur emmagasine de l'énergie fournie par la batterie pendant quelques secondes, puis la restitue dans une lampe en $0,1 \text{ s}$. La Lampe L émet alors un éclair lumineux intense.



1. Sur quelle position faut-il placer l'interrupteur pour que le condensateur se charge ?
2. Établir l'équation différentielle vérifiée par la tension u_C aux bornes du condensateur lors de sa charge.
3. Résoudre l'équation différentielle et montrer que $u_C = E \times (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ lors de sa charge.
4. Schématiser le circuit correspondant à la décharge du condensateur.
5. Calculer la résistance de la lampe si la durée Δt nécessaire pour que le condensateur soit déchargé à 99 % est $0,1 \text{ s}$.

Exercice 110 : On considère le circuit schématisé ci-contre où le condensateur est initialement chargé tel que la tension aux bornes du condensateur vaut E . À l'instant initial, on ferme l'interrupteur et on étudie la décharge du condensateur.

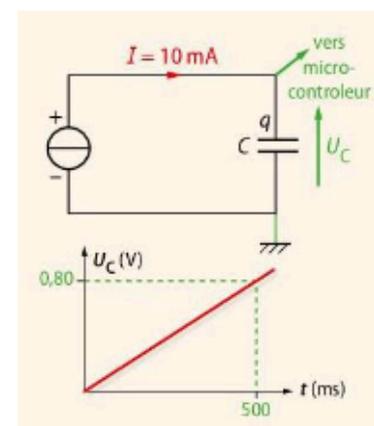
Données : $E = 9,0 \text{ V}$; $R = 2,2 \text{ k}\Omega$; $C = 470 \mu\text{F}$



1. Rappeler les relations entre u_C et i puis entre u_R et i .
2. En déduire l'équation différentielle vérifiée par $u_C(t)$.
3. Montrer que la fonction $u_C(t) = E \times e^{-\frac{t}{R \cdot C}}$ est solution de cette équation différentielle.
4. Vers quelle limite tend $u_C(t)$ lorsque t tend vers l'infini ?
5. Estimer la durée nécessaire pour atteindre cette valeur limite à partir du calcul de la valeur du temps caractéristique τ .
6. Représenter l'allure de la courbe $u_C(t)$.

Exercice 111 : Afin d'évaluer la capacité d'un condensateur, on réalise le circuit ci-contre où le générateur débite un courant d'intensité constante. Un microcontrôleur permet d'enregistrer la tension U_C en fonction du temps.

1. Écrire la relation entre l'intensité I du courant, la charge q portée par l'armature du condensateur et la durée de charge Δt .
2. Écrire la relation entre la charge q , la capacité C du condensateur et la tension U_C .
3. Calculer la valeur de la charge électrique q portée par l'armature pour une durée de 500 ms .
4. En déduire la valeur de la capacité C du condensateur utilisé.



TYPE BAC 20 : LA VOITURE ELECTRIQUE

Voici la Bluecar ou B⁰ : c'est une petite voiture citadine entièrement électrique, elle n'émet aucun gaz, aucune particule fine.

Alimentées par des batteries (Lithium Métal Polymère) des supercondensateurs et des panneaux solaires, ces voitures possèdent une autonomie de plus de 250 km soit bien plus que les 40 km qui sont la moyenne des déplacements.

Les supercondensateurs ont pour rôle de récupérer et stocker l'énergie de freinage, puis de la restituer au redémarrage. Il en résulte des accélérations plus puissantes, une augmentation de l'autonomie et une durée de vie accrue pour la batterie.

Ce sont des voitures rapides, leur vitesse maximale est de 130 km/h, agréables à conduire, sûres et durantes.



D'après le site Internet Bluecar.

Le supercondensateur

Les supercondensateurs ont une capacité de plusieurs milliers de farads et une tension d'utilisation de 2,7 V. Un supercondensateur est équivalent à un dipôle MP associant en série un condensateur de grande capacité C et un conducteur ohmique de faible résistance R (voir la **figure 1** ci-dessous).

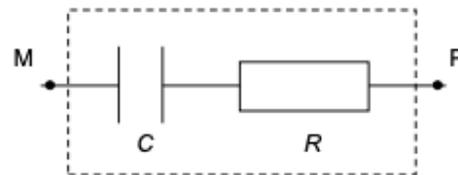


Figure 1. Modèle du supercondensateur

Les caractéristiques techniques d'un supercondensateur qu'on peut trouver à partir du site internet du constructeur sont les suivantes :

Capacité (25°C, 100 A)	2,6 × 10 ³ F	Masse	0,500 kg
Tension d'utilisation	2,7 V	* Énergie spécifique (2,7 V, 25°C)	1,9 × 10 ⁴ J.kg ⁻¹
Résistance série (25°C, 100 A)	0,35 mΩ	Constante de temps (25°C, 100 A)	0,90 s

*L'énergie spécifique est l'énergie que le supercondensateur peut restituer par unité de masse.

1. Étude théorique préalable de la décharge du supercondensateur

On étudie la décharge du supercondensateur, celui-ci ayant été au préalable chargé sous la tension d'utilisation $E = 2.7$ V.

Le schéma du circuit électrique de décharge est donné **figure 2**.

Avec l'orientation choisie, l'intensité i du courant s'exprime par la relation $i = \frac{dq}{dt}$

où q est la charge positive portée par l'armature N du condensateur. La tension aux bornes du dipôle NM s'exprime par la relation $u_C = \frac{q}{C}$.

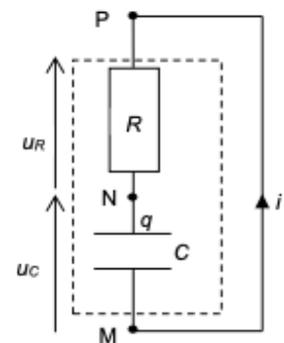


Figure 2.
Circuit de décharge

1.a) Exprimer la tension u_R aux bornes du conducteur ohmique en fonction de sa résistance R et de i , puis en fonction de R , C et $\frac{du_C}{dt}$.

1.b) Établir la relation entre u_R et u_C et en déduire l'équation différentielle vérifiée par u_C .

1.c) En vérifiant que l'expression $u_C(t) = E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$ est solution de l'équation différentielle, montrer que l'expression de la constante de temps τ est égale à RC .

1.d) L'expression de l'intensité i peut se mettre sous la forme $i(t) = I_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$. Montrer que l'intensité I_0 à $t = 0$ est égale à $-\frac{E}{R}$.

2. Étude de la variation de l'intensité du courant lors de la décharge du supercondensateur

On mesure, avec un capteur de courant spécifique, l'intensité i du courant lors de la décharge du supercondensateur. La courbe donnant l'intensité i en fonction du temps t est donnée **SUR LA FIGURE A1**. Le logiciel de traitement a permis de tracer la tangente à l'origine.

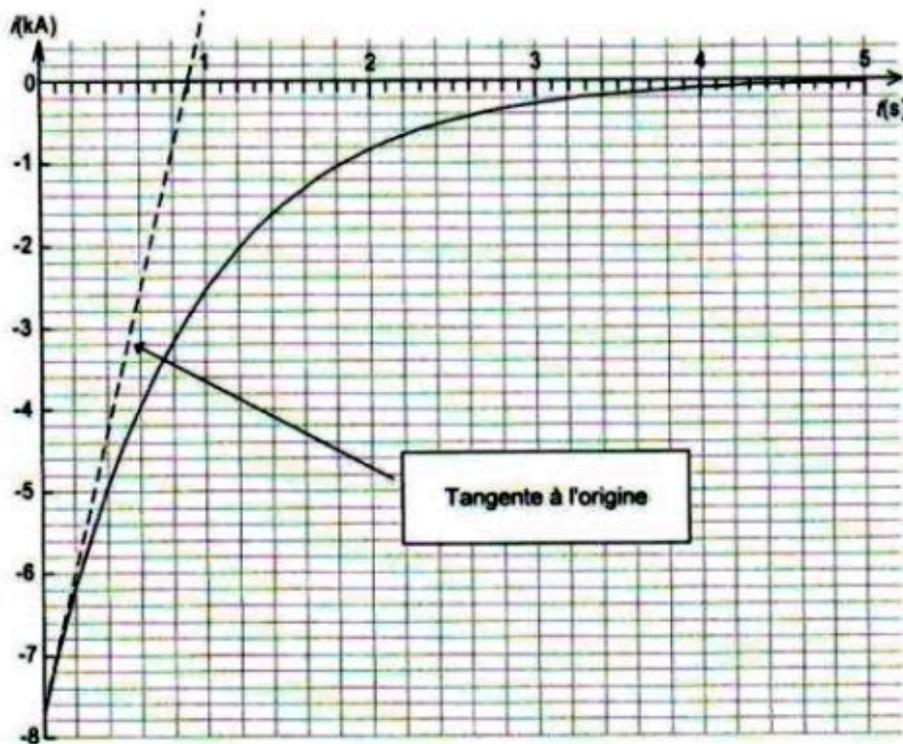


Figure A1. Intensité i débitée par le supercondensateur en fonction du temps

2.a) Déterminer graphiquement la valeur de I_0 . En déduire la valeur de la résistance R . Vérifier qu'elle est en accord avec celle du tableau.

2.b) Déterminer graphiquement la valeur de la constante de temps τ .

2.c) En déduire la valeur de la capacité C . Est-elle en accord avec la valeur indiquée dans les caractéristiques techniques ?

3. Étude énergétique

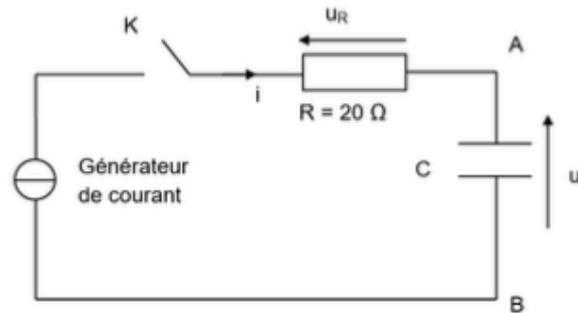
3.a) Calculer la valeur de l'énergie électrique maximale E_C emmagasinée et restituée par le condensateur lors de sa décharge en prenant la valeur de la capacité fournie dans le tableau.

3.b) Comparer cette valeur de l'énergie avec celle obtenue en utilisant les valeurs de la masse et de l'énergie spécifique de ce supercondensateur.

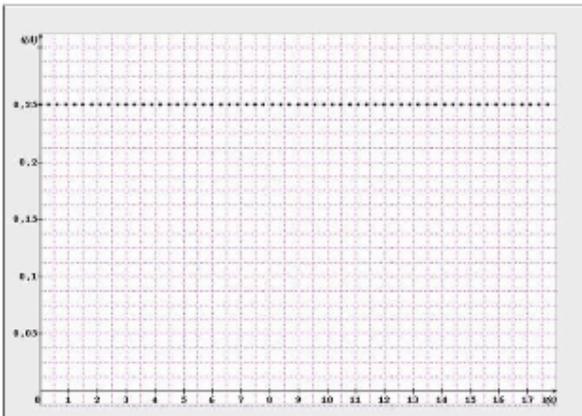
TYPE BAC 21 : LE CONDENSATEUR

1. Charge d'un condensateur à courant constant

Une première méthode consiste à charger le condensateur à l'aide d'un générateur délivrant un courant d'intensité I constant, selon le montage suivant.



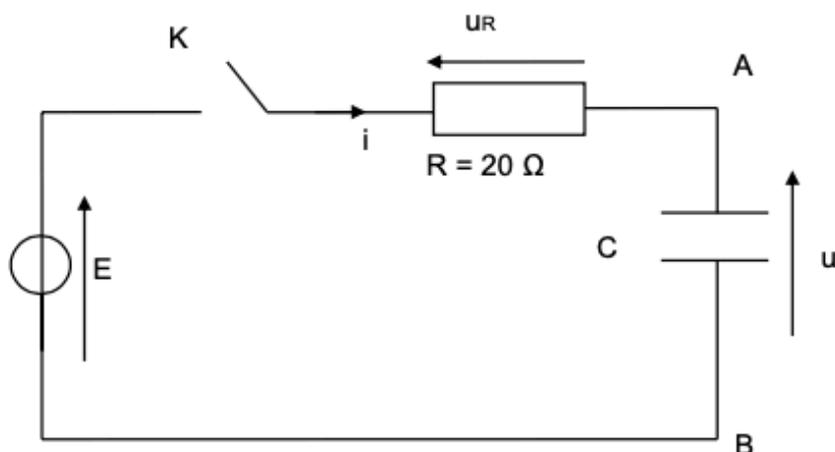
À la date $t = 0$ s, on ferme l'interrupteur K et on enregistre les variations au cours du temps de la tension U_R aux bornes du conducteur ohmique de résistance $R = 20 \Omega$ et de la tension u aux bornes du condensateur. Après traitement, on obtient les courbes ci-après :



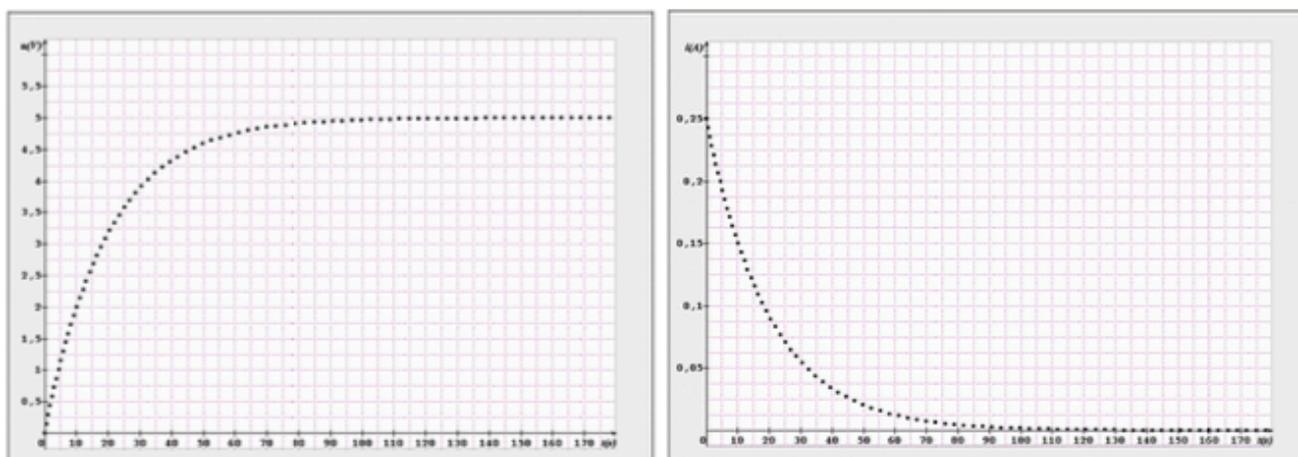
- 1.a) Montrer que le graphe $i(t)$ est obtenu à partir de l'enregistrement de $U_R(t)$.
- 1.b) Utiliser l'un des graphes pour déterminer la relation numérique entre la tension u aux bornes du condensateur et le temps. Justifier le calcul.
- 1.c) En considérant qu'à $t = 0$ s le condensateur est déchargé, donner l'expression littérale de la charge q_A portée par l'armature A du condensateur en fonction du temps.
- 1.d) Calculer le quotient $\frac{q_A}{u}$. Que représente-t-il ?

2. Charge d'un condensateur à tension constante.

Une autre manière de déterminer la valeur de la capacité d'un condensateur, consiste à charger ce dernier avec un générateur de tension constante $E = 5,0$ V associé à une résistance $R = 20 \Omega$, en série avec le condensateur selon le schéma suivant :



On ferme l'interrupteur K à $t = 0$ s, un dispositif informatique (acquisition et traitement) permet d'obtenir les variations de l'intensité dans le circuit et de la tension aux bornes du condensateur au cours du temps. On obtient les deux courbes ci-dessous :



- 2.a)** D'après les graphes, quelles sont les valeurs de u et i lorsque le condensateur est chargé ?
- 2.b)** Rappeler l'expression de la constante de temps τ du circuit. La déterminer graphiquement en précisant la méthode.
- 2.c)** En déduire la valeur de la capacité du condensateur. Comparer avec la valeur obtenue dans la partie 1, question 1.4.
- 2.d)** En respectant les notations du montage, montrer que la tension u vérifie l'équation différentielle : $E = RC \cdot \frac{du}{dt} + u$
- 2.e)** La solution de cette équation différentielle est de la forme $u(t) = E (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ où τ est la constante de temps du circuit. Montrer que pour $t = 5\tau$, le condensateur est quasiment chargé. Le vérifier graphiquement.

TYPE BAC 22 : UNE LAMPE

De nouvelles lampes dites écologiques ont fait leur apparition sur le marché. On se propose, dans cet exercice, d'étudier leur dispositif de stockage de l'énergie électrique.

Nous avons cherché longtemps une solution à l'éternel problème de la lampe de secours (voiture, bateau, maison, camping, avion...) qui, bien sûr, ne marche jamais quand on en a besoin. Au mieux les piles sont « mortes », au pire elles ont coulé ou l'ampoule est grillée quand ce ne sont pas les contacts qui sont corrodés. [...]

Aux USA, un petit fabricant a mis à profit l'arrivée des DEL pour réaliser l'un de ses rêves, la « lampe sans pile ».

Fonctionnement : En secouant (un peu comme une bombe de peinture mais plus doucement) la lampe 30 secondes, de l'énergie électrique est produite et stockée dans un condensateur. Vous obtenez alors environ 20 min d'une lumière produite par une DEL.

Si vous n'utilisez pas toute l'énergie produite elle restera stockée dans le condensateur pendant plusieurs semaines pour être immédiatement disponible sur simple pression du bouton.

Information sur les composants :

Le condensateur a une capacité d'un farad et peut stocker au maximum une énergie égale à 12 J. Il perd 8 mJ par heure.

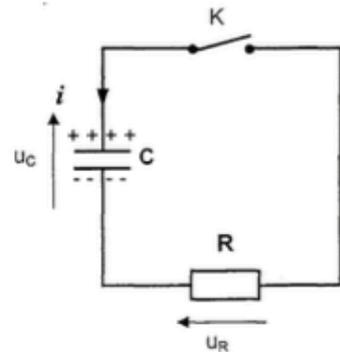
D'après : <http://www.lampesdepoche.com>

On considère qu'en secouant la lampe durant trente secondes le condensateur est chargé et la tension entre ses bornes est $U_0 = 3,6 \text{ V}$.

1. Le dipôle RC

On étudie la décharge du condensateur de capacité $C = 1,0 \text{ F}$ à travers un conducteur ohmique de résistance R .

À $t_0 = 0 \text{ s}$, on ferme l'interrupteur K et la décharge débute.



Établir l'équation différentielle vérifiée par $u_C(t)$ pendant la décharge et montrer qu'elle peut s'écrire sous la forme $\frac{du_C}{dt} + \frac{1}{\tau} u_C = 0$ où $\tau = R.C$ est la constante de temps du circuit.

1.a) Vérifier par une analyse dimensionnelle que la constante de temps τ est homogène à un temps.

1.b) Montrer que $u_C(t) = U_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$ est solution de l'équation différentielle précédente.

1.c) En déduire qu'une durée environ égale à 5τ permet une décharge quasi-complète du condensateur.

1.d) Si l'on considère que cette durée est égale à vingt minutes, déterminer la valeur de la résistance R du conducteur ohmique qu'il faut alors associer au condensateur de capacité $C = 1,0 \text{ F}$.

2. Énergie emmagasinée dans le dipôle RC

2.a) Lors du « secouement » de la lampe, il y a conversion d'énergie. Choisir parmi les propositions suivantes celle qui décrit le mieux la situation :

- i) Conversion d'énergie électrique en énergie mécanique ;
- ii) Conversion d'énergie chimique en énergie électrique ;
- iii) Conversion d'énergie mécanique en énergie électrique ;
- iv) Conversion d'énergie mécanique en énergie chimique.

2.b) Rappeler l'expression de l'énergie $E(t)$ emmagasinée dans le condensateur au cours du temps en fonction de $u_C(t)$ et C .

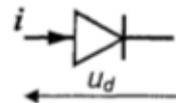
2.c) Calculer l'énergie E_{max} emmagasinée dans le condensateur à l'issue de sa charge lorsque la tension à entre ses bornes est $U_0 = 3,6 \text{ V}$. Vérifier qu'elle ne dépasse pas les performances annoncées par le constructeur.

2.d) Vérifier par un calcul que la lampe ne pourra pas fonctionner sans être « secouée » après plusieurs semaines sans utilisation.

3. Simulation de l'éclairage

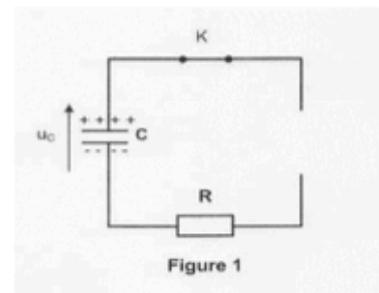
On peut simuler le fonctionnement de la lampe en ajoutant en série, dans le circuit de décharge du condensateur, une diode électroluminescente (DEL) composant polarisé.

Une diode ne laisse passer le courant que dans le sens indiqué sur le schéma ci-dessous (appelé sens passant) et à la condition que la tension u_d entre ses bornes soit supérieure ou égale à une tension appelée tension de seuil soit ici $U_{seuil} = 3,0 \text{ V}$. De plus, on considère que la diode possède une résistance r supposée constante.



3.a) Recopier le schéma du circuit représenté figure 1, et ajouter, en série avec la résistance R , une diode électroluminescente qui laisse passer le courant lors de la décharge du condensateur.

3.b) Pourquoi le condensateur ne peut-il pas se décharger complètement ?



3.c) La durée d'évolution de la tension aux bornes du condensateur de $3,6 \text{ V}$ à $3,0 \text{ V}$ est-elle modifiée par la présence de la DEL dans le montage ? Justifier.

3.d) Pour décharger complètement le condensateur dans le montage précédent, on propose plusieurs solutions :

- Inverser le sens de la diode ;
- Augmenter la valeur de la résistance R ;
- Court-circuiter le condensateur ;
- Court-circuiter la diode ;

Choisir la ou les solution(s) permettant la décharge complète en donnant un argument justifiant ce choix.

L'énergie : conversions et transferts

1. Décrire un système thermodynamique : exemple du modèle du gaz parfait

Modèle du gaz parfait. Masse volumique, température thermodynamique, pression.	112
Relier qualitativement les valeurs des grandeurs macroscopiques mesurées aux propriétés du système à l'échelle microscopique.	113
	114
Équation d'état du gaz parfait.	115
Exploiter l'équation d'état du gaz parfait pour décrire le comportement d'un gaz.	116
Identifier quelques limites du modèle du gaz parfait.	117
	118

2. Effectuer des bilans d'énergie sur un système : le premier principe de la thermodynamique

Énergie interne d'un système. Aspects microscopiques.	119
Citer les différentes contributions microscopiques à l'énergie interne d'un système.	120
	121
Premier principe de la thermodynamique. Transfert thermique, travail.	122
Prévoir le sens d'un transfert thermique.	123
Distinguer, dans un bilan d'énergie, le terme correspondant à la variation de l'énergie du système des termes correspondant à des transferts d'énergie entre le système et l'extérieur.	124
Capacité thermique d'un système incompressible. Énergie interne d'un système incompressible.	125
Exploiter l'expression de la variation d'énergie interne d'un système incompressible en fonction de sa capacité thermique et de la variation de sa température pour effectuer un bilan énergétique	126
	127
Modes de transfert thermique.	128
Caractériser qualitativement les trois modes de transfert thermique : conduction, convection, rayonnement.	129
Flux thermique. Résistance thermique.	130
Exploiter la relation entre flux thermique, résistance thermique et écart de température, l'expression de la résistance thermique étant donnée.	131
	132
Loi phénoménologique de Newton, modélisation de l'évolution de la température d'un système au contact d'un thermostat.	133
Effectuer un bilan d'énergie pour un système incompressible échangeant de l'énergie par un transfert thermique modélisé à l'aide de la loi de Newton fournie. Établir l'expression de la température du système en fonction du temps.	134
	135

Exercice 112 :

- À l'échelle microscopique, à quelle propriété d'un gaz est liée la valeur de :
 - La température
 - La pression
 - La masse volumique
- La modification de la vitesse des constituants microscopiques d'un volume de gaz donné conduit au changement de la valeur de :
 - La température mesurée
 - La pression mesurée
 - La masse volumique mesurée

3. On considère un volume constant de gaz. Initialement $\theta = 20\text{ °C}$, $P = 1013\text{ hPa}$ et $\rho = 1,2\text{ kg.m}^{-3}$.

Trois scénarios sont envisagés :

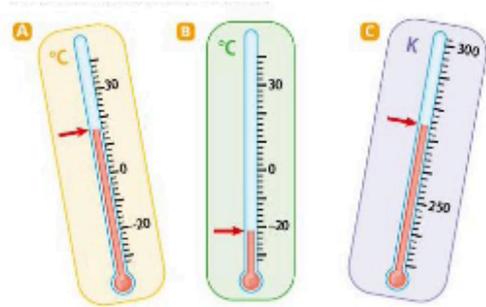
- Les molécules se déplacent moins vite
- Les molécules sont plus nombreuses
- Les molécules sont remplacées par des particules de masse plus faible.

Associer à chaque scénario, les valeurs des grandeurs macroscopiques mesurées adaptées :

- $\theta = 20\text{ °C}$, $P = 1025\text{ hPa}$ et $\rho = 1,5\text{ kg.m}^{-3}$
- $\theta = 20\text{ °C}$, $P = 1013\text{ hPa}$ et $\rho = 1,0\text{ kg.m}^{-3}$
- $\theta = 18\text{ °C}$, $P = 1005\text{ hPa}$ et $\rho = 1,2\text{ kg.m}^{-3}$

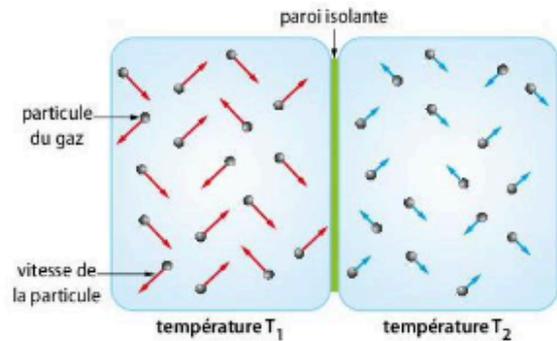
Exercice 113 :

1. Qu'appelle-t-on température thermodynamique d'un système ? Quel lien existe-t-il avec la température Celsius ?
2. Classer par ordre de degré d'agitation moléculaire décroissante, les systèmes dont les valeurs de la température sont mesurées ci-contre.
3. Quelle est la signification microscopique du zéro sur l'échelle de la température thermodynamique ?



Exercice 114 :

1. Deux récipients de même volume séparés par une paroi isolante et amovible contiennent le même gaz. L'un d'eux est plus chaud que l'autre.
 - a. Identifier, en justifiant la réponse, le récipient dans lequel la valeur de la température mesurée est la plus grande. En déduire le corps chaud et corps froid.
 - b. La valeur de la masse volumique mesurée est-elle la même pour chaque gaz ? Justifier la réponse.
 - c. La valeur de la pression mesurée est-elle la même pour chaque gaz ? Justifier la réponse.
2. On retire la plaque amovible séparant les deux récipients. Un transfert de l'énergie thermique s'effectue jusqu'à l'équilibre thermique du corps chaud vers le corps froid.
 - a. Proposer qualitativement une représentation du gaz à l'équilibre à l'échelle microscopique.
 - b. Quelle propriété des constituants microscopiques du gaz provoque cet échange d'énergie ?
 - c. Comparer les valeurs des températures T_1 , T_2 , et T du gaz à l'équilibre thermique.



Exercice 115 : Répondre par Vrai ou Faux pour chaque proposition ci-dessous. Un gaz est parfait :

1. Si la distance qui sépare deux molécules du gaz est en moyenne très petite.
2. S'il est fortement comprimé.
3. Si le volume qu'il occupe est très grand par rapport au nombre de particules présentes.
4. Si le nombre de chocs entre particules du gaz est élevé.

Exercice 116 : La masse volumique de l'air assimilé à un gaz parfait dans les conditions normales de température et de pression ($T_1 = 273 \text{ K}$ et $P_1 = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$) est $1,293 \text{ g.L}^{-1}$.

Données : Constant des gaz parfaits : $R = 8,314 \text{ Pa.m}^3.\text{mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$.

Équation d'état du gaz parfait : $P \times V = n \times R \times T$

- Calculer la masse volumique de l'air dans les conditions standard de température et de pression ($T_2 = 298 \text{ K}$ et $P_2 = 1,000 \times 10^5 \text{ Pa}$).

Exercice 117 :

Données : Constant des gaz parfaits : $R = 8,314 \text{ Pa.m}^3.\text{mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$; $M_{\text{air}} = 28,9 \text{ g.mol}^{-1}$

1. Un ballon de volley-ball de 4,8 L contient 7,5 g d'air à la température de $17 \text{ }^\circ\text{C}$. L'air est assimilé à un gaz.
 - a. Calculer la quantité de matière de gaz dans le ballon.
 - b. Convertir la température en K et le volume en m^3 .
 - c. Écrire l'équation d'état du gaz parfait et en déduire la valeur de la pression de l'air dans le ballon.
2. La température est doublée et sa valeur atteint $34 \text{ }^\circ\text{C}$. La variation de volume du ballon est négligeable.
 - a. Pourquoi la valeur de la pression mesurée n'est-elle pas également doublée ?
 - b. Donner la nouvelle valeur de la pression de l'air dans le ballon.
 - c. Pour quelle température en $^\circ\text{C}$ la valeur de la pression serait-elle doublée ?

Exercice 118 :

Données : Constant des gaz parfaits : $R = 8,314 \text{ Pa}\cdot\text{m}^3\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.
Constante d'Avogadro : $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

1. Calculer la quantité de matière de diazote contenue dans un récipient d'un litre à la pression de 1,1 bar et à la température de 25 °C.
2. En déduire le nombre de molécules puis le volume propre des molécules (le volume d'une molécule de diazote est estimé à $7,0 \times 10^{-28} \text{ L}$).
3. Comparer le volume occupé par les molécules à celui occupé par le gaz. Dans ces conditions, le diazote peut-il être assimilé à un gaz parfait ?

Exercice 119 :

- L'affirmation suivante est-elle correcte ?

« Lorsqu'un solide cristallin au repos macroscopique s'échauffe, son énergie cinétique microscopique augmente, son énergie potentielle microscopique augmente, donc son énergie interne augmente. »

Exercice 120 :

1. Qu'appelle-t-on l'énergie interne d'un système ?
2. Citer les différentes contributions microscopiques de l'énergie interne d'un système.
3. Comment expliquer l'existence d'énergies cinétiques microscopiques ?
4. À quelle grandeur macroscopique associe-t-on ces énergies cinétiques microscopiques ?
5. Comment expliquer l'existence d'énergies potentielles d'interaction microscopiques ?
6. Comment expliquer la faible contribution de ces énergies dans le cas d'un gaz comme l'air ?

Exercice 121 : On considère deux systèmes constitués respectivement de 100 g de vapeur d'eau et de 100 g d'eau liquide, tous les deux à 100 °C.

1. Quelle contribution énergétique à l'énergie interne prédomine pour chaque système ?
2. Quel système à l'énergie interne la plus grande ?

Exercice 122 : Un glaçon, placé dans un verre d'eau, fond.

1. Schématiser la situation.
2. Sur le schéma, indiquer par des flèches le sens et le mode de transfert d'énergie (travail W ou transfert thermique Q) entre le système {glaçon} et l'eau.
3. Préciser le signe de ce transfert.

Exercice 123 : L'eau de la théière ci-contre est chauffée jusqu'à la température de 80 °C. On néglige tout échange par le bec verseur.

1. Identifier les transferts d'énergie entre le système {eau + théière} et le milieu extérieur.
2. Énoncer puis écrire le premier principe pour ce système.



Exercice 124 : Dans un récipient, 500 g de chocolat chaud encore liquide refroidissent et sont brassés à l'aide d'un fouet électrique.

1. Effectuer l'étude énergétique du système {chocolat} en s'appuyant sur un diagramme énergétique.
2. Écrire le premier principe de la thermodynamique en justifiant que le système est au repos.
3. Distinguer le terme correspondant à la variation de l'énergie du système des termes correspondant à des transferts d'énergie entre le système et l'extérieur.
4. Sachant que l'énergie perdue par le chocolat en se refroidissant est de 50 kJ et que l'énergie reçue par le fouet est de 10 kJ, déterminer la variation d'énergie interne du système.

Exercice 125 : Pour évaluer les pertes thermiques d'une habitation, on procède à l'expérience suivante : la masse m d'air à l'intérieur de la maison étant initialement à la température $T_1 = 19,0\text{ °C}$, on coupe le système de chauffage pendant une durée $\Delta t = 1,00\text{ h}$. On mesure une température finale $T_2 = 15,6\text{ °C}$.

Données : Capacité thermique massique de l'air : $C_a = 1\,000\text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$;
Volume intérieur de la maison : $V = 400\text{ m}^3$; masse volumique de l'air : $\rho = 1,3\text{ kg.m}^{-3}$.

1. Exprimer, puis calculer, la variation de l'énergie interne ΔU de l'air contenu dans la maison.
2. Interpréter le signe du résultat obtenu à la question précédente.

Exercice 126 : Pour préparer une soupe « miso » instantanée, on verse sur le contenu du sachet une masse m d'eau de 150 g initialement à la température $\theta_i = 20\text{ °C}$. Le système {eau} est considéré comme incompressible. On néglige l'influence du contenu du sachet.
On chauffe l'eau pour l'amener à la température finale souhaitée θ_f .

Données : Capacité thermique massique de l'eau : $C_{\text{eau}} = 4,18 \times 10^3\text{ J.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$.

1. Exprimer la variation d'énergie interne $\Delta U_{i \rightarrow f}$ de l'eau, en fonction notamment de sa masse et de sa variation de température entre l'état initial et l'état final.
2. La variation d'énergie interne $\Delta U_{i \rightarrow f}$ de l'eau à obtenir, pour que la température de l'eau atteigne la valeur finale souhaitée θ_f , est égale à $4,2 \times 10^4\text{ J}$. Calculer θ_f .

Exercice 127 : L'aluminium est l'élément métallique le plus abondant dans l'écorce terrestre. Pour réaliser des bâtiments, il est utilisé en alliage avec du magnésium. L'alliage est composé de 90 % en masse d'aluminium et 10 % en masse de magnésium.

Pour améliorer sa résistance mécanique, une pièce d'alliage de masse $m = 10\text{ kg}$ subit une trempe thermique. Pour cela, elle est portée à haute température $\theta_1 = 540\text{ °C}$, puis refroidie rapidement dans un bain d'eau de masse $m_{\text{eau}} = 1,00\text{ tonne}$ et de température initiale $\theta_2 = 19\text{ °C}$.

Lors de la trempe thermique, il est nécessaire de prévoir, il est nécessaire de prévoir l'élévation maximale de la température du bain. L'eau et l'alliage sont supposés incompressibles.

Données : Capacités thermiques massiques :

- De l'aluminium : $C_{\text{Al(s)}} = 897\text{ J.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$.
- Du magnésium : $C_{\text{Mg(s)}} = 1,02 \times 10^3\text{ J.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$.
- De l'eau : $C_{\text{eau(s)}} = 4,18 \times 10^3\text{ J.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$.

1. La capacité thermique massique d'un alliage est égale à la somme des capacités thermiques massiques de ses constituants coefficientées par leur pourcentage massique.
Montrer que la capacité thermique massique de l'alliage d'aluminium est $C = 909\text{ J.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$.
2. Quelle est la forme d'énergie du système 1 {pièce d'alliage} qui est modifiée lorsqu'il vient au contact de l'eau ?
3. Exprimer la variation d'énergie interne ΔU_1 du système 1, puis ΔU_2 du système 2 {eau du bain} au cours de la trempe.
4. On néglige tout échange avec l'air ou la cuve contenant l'eau.
 - a. Écrire le premier principe pour le système 1, puis pour le système 2.
 - b. En déduire que $\Delta U_1 = -\Delta U_2$.
5. À l'aide des réponses précédentes, calculer la température finale du bain θ_f .

Exercice 128 :

1. Donner les modes de transfert thermique qui permettent à la surface de la Terre de réchauffer son atmosphère.
2. Préciser le mode de transfert thermique qui est limité lorsque l'on met des gants de cuisine pour sortir les plats d'un four.
3. Préciser le mode de transfert thermique qui est limité lorsque l'on met des gants de cuisine pour sortir les plats d'un four.

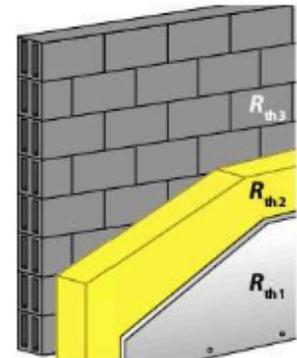
Exercice 129 : Les habitations sont principalement dotées de deux types de radiateurs : les radiateurs rayonnants et convecteurs.

1. Préciser lequel des deux a une géométrie qui favorise le plus les échanges avec l'air.
2. Faire un schéma représentant les deux modes de transfert thermique d'un radiateur.

Exercice 130 : Une baie vitrée à simple vitrage a une résistance thermique de $R_{\text{simple}} = 0,040 \text{ K.W}^{-1}$. La propriétaire de la maison hésite à passer au double vitrage, ce qui lui permettrait de passer à une résistance $R_{\text{double}} = 0,25 \text{ K.W}^{-1}$.

- Calculer la puissance de chauffage économisée grâce au double vitrage par rapport au simple vitrage en hiver lorsque la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur atteint $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Exercice 131 : Un mur est constitué d'une cloison de plâtre de résistance thermique R_{th1} collée à une couche de laine de verre de résistance thermique R_{th2} . L'ensemble est fixé à une paroi de béton de résistance thermique R_{th3} . La surface S du mur est 20 m^2 . La température à l'intérieur de la pièce est $20 \text{ }^\circ\text{C}$; celle du milieu extérieur est $5 \text{ }^\circ\text{C}$.



Donnée : Résistances thermiques en $^\circ\text{C.W}^{-1}$ pour $S = 20 \text{ m}^2$:

Plâtre	Laine de verre	Béton
0,039	0,125	0,013

1. Schématiser la situation en indiquant par une flèche le sens des transferts thermiques à travers le mur.
2. Indiquer le mode de transfert thermique mis en jeu.
3. Calculer la résistance thermique totale du mur R_{th} .
4. Calculer le flux thermique Φ traversant le mur.
5. Comparer Φ avec le flux thermique traversant une simple paroi de béton pour une même différence de température.

Exercice 132 : Afin de réduire les dépenses de chauffage et d'avoir un comportement écoresponsable, on cherche à améliorer l'isolation thermique d'une habitation. En effet celle-ci ne possède un grenier non chauffé, on décide donc d'en isoler le sol.

Il existe de nombreux matériaux isolants caractérisés par leur conductivité thermique notée λ . Plus la conductivité thermique d'un matériau est élevée, plus il conduit facilement la chaleur.

Données : température du grenier : $\theta_1 = 5,0 \text{ }^\circ\text{C}$; température de la maison : $\theta_2 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$;

Surface du sol du grenier : $S = 80 \text{ m}^2$;

Résistance thermique du sol du grenier non isolé : $R = 7,5 \times 10^{-3} \text{ K.W}^{-1}$;

Expression de la résistance thermique : $R = \frac{e}{\lambda S}$ avec e l'épaisseur (en m) et S la surface (en m^2) de la paroi.

Nom du matériau	Laine de roche	Polystyrène extrudé	Liège naturel expansé	Cellulose
Conductivité thermique λ ($\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$)	0,035	0,033	0,042	0,039

1. Dans quel sens s'effectue le transfert thermique dans l'habitation ?
2. Donner l'expression puis calculer le flux thermique Φ à travers le sol du grenier non isolé.
3. Quel serait un bon choix de matériau pour un isolant thermique ?
4. On veut diviser le flux thermique par 10. Sachant que lorsque plusieurs parois sont accolées, la résistance thermique totale est égale à la somme des résistances thermiques de chaque paroi, calculer la résistance thermique de l'isolant.
5. Tous les matériaux proposés s'achètent sous forme de panneaux rigides dans le commerce Quelle épaisseur minimale doit posséder le panneau du matériau choisi ?

Exercice 133 : le flux thermique transféré entre un système en convection et un thermostat, milieu extérieur à température constante, est modélisé par la loi de Newton : $\Phi = h \times S \times (T_e - T)$

- Indiquer ce que représentent les grandeurs S, T_e et T dans cette loi et préciser les unités de h et Φ .

Exercice 134 : À la sortie du four, un gâteau dans son moule est à la température $\theta_1 = 180$ °C. Le système {gâteau et moule} est laissé à la température ambiante constante de $\theta_e = 20$ °C.

L'équation différentielle vérifiée par la température du système est : $\frac{d\theta}{dt} = a \cdot (\theta - \theta_e)$.

Dans cette relation, a est une constante négative qui dépend du système et du fluide étudiés.

Donnée : On considère que le système {gâteau + moule} est un système incompressible.

On néglige les échanges de matière entre le système et le milieu extérieur ; le seul transfert thermique est convectif.

Dans la situation étudiée, $a = -3,8 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$.

1. Montrer, en résolvant l'équation différentielle, que $\theta = \theta_e + (\theta_1 - \theta_e) \times e^{a \cdot t}$.
2. Quelle sera la température du gâteau une heure après sa sortie du four ?

Exercice 135 : On considère une tasse de café initialement à la température de 75 °C dans une pièce à 25 °C. Après 5 minutes le café est à 50 °C.

On suppose que la vitesse de refroidissement du café est proportionnelle à la différence des températures (autrement dit que la température du café suit la loi de Newton) : cela signifie qu'il existe une constante $y < 0$ telle que la température vérifie l'équation différentielle de premier ordre : $\frac{dT(t)}{dt} = y(T(t) - T_{\text{amb}})$

1. Effectuer un bilan énergétique pour le système {café}.
2. Donner la valeur de T_{amb} .
3. Résoudre l'équation différentielle en donnant l'expression de T(t) en fonction de y.
4. Déterminer la valeur numérique de la constante de refroidissement y.
5. En déduire l'expression générale de T(t).

TYPE BAC 23 : ISOLATION THERMIQUE

Réduire la consommation d'énergie est, de nos jours, au cœur des préoccupations afin de préserver l'environnement, épargner les ressources naturelles et limiter les dépenses. Une grande part de la consommation d'énergie provient de l'habitat. Comment rendre une maison plus économe en énergie de chauffage ?

1. Isolant thermique : faire le bon choix

Soucieux de réduire ses dépenses de chauffage, Frédéric décide d'améliorer l'isolation thermique de son habitation. Sa maison possédant un grenier non chauffé, il décide d'en isoler le sol.

Données :

- Température du grenier : $\theta_1 = 5,0 \text{ °C}$;
- Température de la maison : $\theta_2 = 20 \text{ °C}$;
- Surface du sol du grenier : $S = 80 \text{ m}^2$;
- Résistance thermique du sol du grenier : $R = 7,5 \times 10^{-3} \text{ K.W}^{-1}$.

1.1. Dans quel sens s'effectuera le transfert thermique dans la maison de Frédéric ?

1.2. Donner l'expression puis calculer le flux thermique Φ à travers le sol du grenier.

Frédéric consulte de nombreuses documentations sur l'isolation thermique. Il existe de nombreux matériaux isolants caractérisés par leur conductivité thermique notée λ . Plus la conductivité thermique d'un matériau est élevée, plus il conduit facilement la chaleur.

1.3. Utiliser le tableau suivant pour conseiller Frédéric dans son choix de matériau. Justifier.

Nom du matériau	Laine de roche	Polystyrène extrudé	Liège naturel expansé	Cellulose
Conductivité thermique λ en $\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$	0,035	0,033	0,042	0,039

1.4. La résistance thermique totale du sol du grenier doit atteindre la valeur $R = 6,3 \times 10^{-2} \text{ K.W}^{-1}$. Sachant que lorsque plusieurs parois sont accolées, la résistance thermique totale est égale à la somme des résistances thermiques de chaque paroi, calculer la résistance thermique de l'isolant choisi précédemment par Frédéric à la question 1.3.

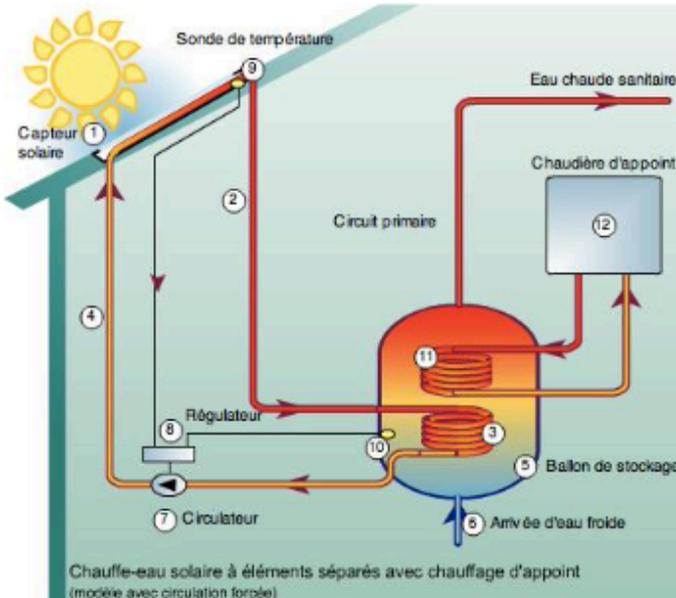
1.5. Frédéric a lu que la résistance thermique d'une paroi plane dépend de la conductivité thermique λ du matériau constituant la paroi, de son épaisseur e et de la surface S traversée par le flux thermique. La résistance thermique est inversement proportionnelle à la conductivité thermique et à la surface traversée et proportionnelle à l'épaisseur.

1.5.1. À partir des informations ci-dessus, donner l'expression de la résistance thermique d'une paroi plane. Vérifier l'homogénéité de votre expression.

1.5.2. Les matériaux proposés dans le tableau s'achètent sous forme de panneaux rigides dans le commerce. Quelle épaisseur minimale doit posséder le panneau du matériau choisi par Frédéric ?

2. Principe d'un chauffe-eau solaire

Toujours dans le but de réaliser des économies d'énergie, Frédéric envisage de produire son eau chaude sanitaire en tirant profit de l'énergie solaire. Il se documente sur le principe d'un chauffe-eau solaire individuel. Voici le résultat de ses recherches :



Un chauffe-eau solaire se compose d'un capteur solaire thermique (qui se comporte comme une mini serre) (1). Dans le circuit primaire (2) calorifugé circule le liquide caloporteur (eau + glycol). Ce liquide s'échauffe lorsqu'il passe dans les tubes du capteur solaire et se dirige vers le ballon de stockage (5) de l'eau sanitaire. Le liquide caloporteur cède sa chaleur à l'eau sanitaire par l'intermédiaire d'un échangeur thermique (3). Une fois refroidi, le liquide caloporteur repart vers le capteur solaire où il sera à nouveau chauffé. Une pompe électrique (7) met en mouvement le liquide caloporteur lorsque la température de celui-ci est supérieure à celle de l'eau sanitaire du ballon.

L'énergie solaire ne peut pas assurer la production d'eau chaude quelle que soit la saison. C'est pourquoi le ballon de stockage est également équipé d'un dispositif de chauffage d'appoint (ensemble (11) et (12)).

Schéma du principe d'un chauffe-eau solaire individuel (D'après Ademe)

2.1 Citer les trois modes de transfert thermique. Les présenter brièvement.

2.2 Quel mode de transfert thermique intervient :

- au niveau du capteur solaire (1),
- au niveau de l'échangeur thermique (3),
- et à l'intérieur du ballon de stockage (5) ? Justifier.

2.3 Le fluide caloporteur s'échauffe lorsqu'il passe dans le capteur solaire. Comment varie son énergie interne ? Pourquoi ?

3. Bilan thermique

Installé dans sa cuisine, Frédéric poursuit ses réflexions sur les modifications à réaliser dans sa maison tout en se préparant une tasse de thé. Il réchauffe l'eau de son thé à l'aide de son four à micro-ondes. Lorsque les micro-ondes atteignent les molécules d'eau présentes dans les aliments, celles-ci se mettent à osciller $2,45 \times 10^9$ fois par seconde. La mise en mouvement des molécules d'eau produit la chaleur nécessaire pour réchauffer les aliments.

Données :

- Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$;
- Masse volumique de l'eau : $\rho_{\text{eau}} = 1,00 \text{ kg.L}^{-1}$;
- Capacité thermique de l'eau : $c_{\text{eau}} = 4180 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$;
- On rappelle que l'énergie transférée à un système avec une puissance P pendant la durée Δt est : $E = P \Delta t$.

3.1. À quel type d'ondes les micro-ondes appartiennent-elles ?

3.2. Déterminer la longueur d'onde des micro-ondes du four.

Frédéric chauffe un volume $V = 250 \text{ mL}$ d'eau dans sa tasse. Il souhaite que la température de l'eau passe de $10 \text{ }^\circ\text{C}$ à $90 \text{ }^\circ\text{C}$.

3.3. Calculer la variation d'énergie interne de l'eau contenue dans la tasse.

On suppose que le four à micro-ondes est bien isolé. Le four est réglé sur la position de puissance $P = 900 \text{ W}$.

3.4. Au bout de combien de temps l'eau du thé sera-t-elle prête ?

TYPE BAC 24 : CAVE À VIN



Cave à vin
Photo Wikipédia

Déguster un vin à la bonne température est essentiel pour pouvoir en apprécier les saveurs gustatives et odorantes : un vin trop tiède n'est pas agréable ; un vin trop froid voit ses arômes masqués par l'alcool. Pour pouvoir servir les vins à la bonne température, on utilise des caves à vin.

On s'intéresse à une bouteille de vin rouge léger dont la température idéale de service est de 13° C. Initialement, cette bouteille et son contenu sont à une température voisine de 22° C. On place cette bouteille dans la cave à vin afin d'optimiser sa dégustation. L'air à l'intérieur de la cave à vin joue le rôle d'un thermostat. Sa température T_{air} demeure constante et égale à 13 °C.

Dans cet exercice, on cherche à déterminer la durée nécessaire pour que la température du vin atteigne la valeur souhaitée de 13 °C

Evolution de la température - Durée du refroidissement

On s'intéresse à l'évolution de la température T du système {vin + bouteille} placé dans le thermostat.

Le système {vin + bouteille} est immobile. L'air de la cave à vin est ventilé.

On désigne par Q le transfert thermique entre l'air et le système, et par Φ le flux thermique correspondant, c'est-à-dire le transfert thermique par unité de temps.

Le transfert thermique et le flux thermique sont comptés positivement si le transfert thermique a lieu de l'air vers le système. On fait l'hypothèse que le flux thermique Φ vérifie la loi phénoménologique de Newton.

Loi phénoménologique de Newton

Lorsqu'un système incompressible de température T est placé dans un fluide en écoulement à la température T_a , il s'établit un flux thermique entre le thermostat et le système proportionnel à l'écart de température $(T - T_a)$.

On peut alors écrire : $\Phi = -h \times S \times (T - T_a)$

- S est la surface d'échange entre le système et le thermostat (en m²) ;
- h est le coefficient d'échange convectif (en W · m⁻² · K⁻¹).

Données :

- Surface d'échange entre la bouteille et l'air : $S = 4,66 \times 10^{-2} \text{ m}^2$
- Coefficient d'échange convectif : $h = 10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
- Capacité thermique du système {vin + bouteille} : $C = 3,25 \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1}$
- $T(\text{K}) = \theta(^{\circ}\text{C}) + 273$

1. À l'aide du premier principe de la thermodynamique, relier la variation d'énergie interne ΔU du système {vin + bouteille} au transfert thermique Q entre l'air et le système.

2. Exprimer le transfert thermique Q pendant une durée très petite Δt en fonction du flux thermique Φ supposé constant pendant cette durée et de Δt . Rappeler les unités, dans le système international, des grandeurs intervenant dans cette expression.

La variation d'énergie interne d'un système incompressible au repos dont la température varie de ΔT est donnée par la relation $\Delta U = C \times \Delta T$ (C est la capacité thermique du système).

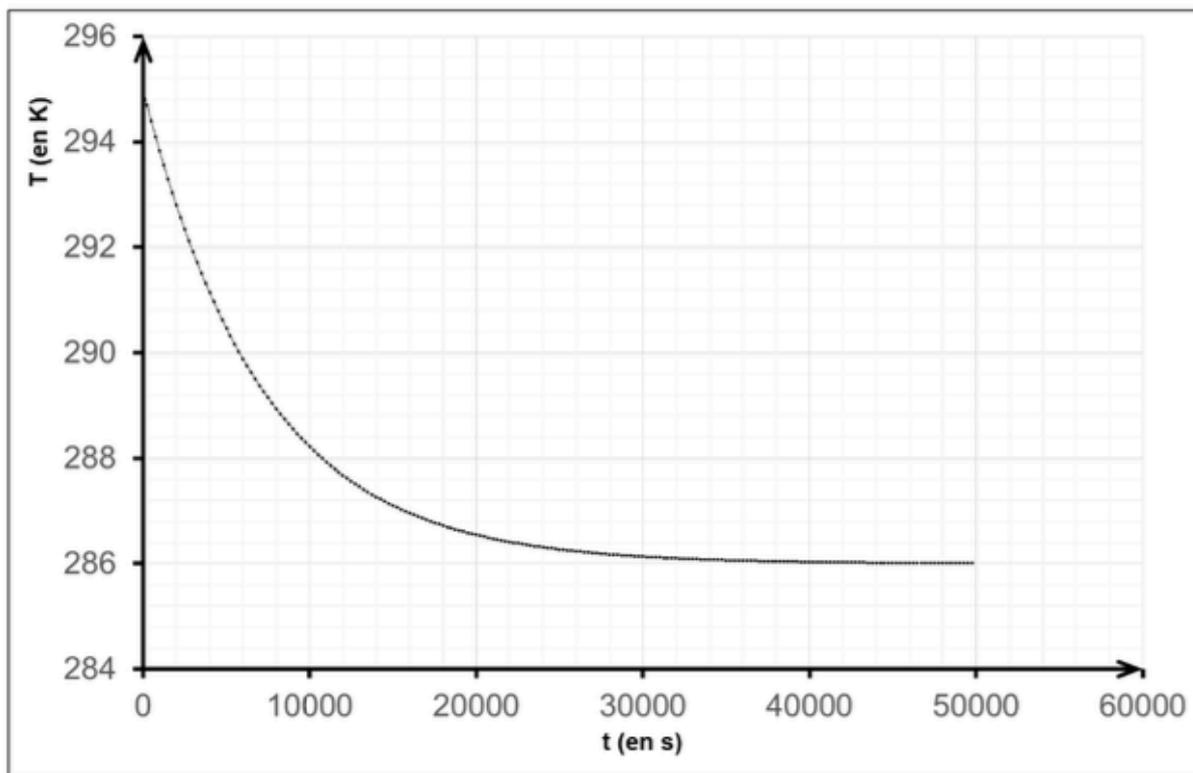
3. Exprimer le flux thermique Φ en fonction de la capacité thermique C du système supposé incompressible, de sa variation de température ΔT et de la durée Δt .

4. En utilisant la loi phénoménologique de Newton, et en faisant tendre Δt vers 0, vérifier que l'équation différentielle qui régit l'évolution de la température T s'écrit : $\frac{dT}{dt} = -\frac{1}{\tau} (T - T_{\text{air}})$

En déduire l'expression et l'unité de τ .

Le modèle d'évolution temporelle de la température du système {vin + bouteille}, solution de l'équation différentielle, est le suivant : $T(t) = (T_0 - T_{air}) e^{-\frac{t}{\tau}} + T_{air}$

Cette évolution temporelle de la température $T(t)$ est représentée ci-dessous.



5. Retrouver à l'aide des résultats de la modélisation les valeurs de T_0 et de T_{air} .

6. Estimer graphiquement au bout de combien de temps le vin pourra être servi à la température souhaitée (à 0,5 degré près)