

Durée 4h

N.B. : Le candidat attachera la plus grande importance à la **clarté**, à la **précision** et à la **concision** de la **rédaction**. Si un candidat est amené à repérer ce qui peut lui sembler être une erreur d'énoncé, il le signalera sur sa copie et devra poursuivre sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il a été amené à prendre.

RAPPEL DES CONSIGNES

- Utiliser uniquement un **stylo noir ou bleu foncé non effaçable** pour la rédaction de votre composition ; **d'autres couleurs, excepté le vert**, peuvent être utilisées, mais exclusivement pour les **schémas** et la **mise en évidence des résultats**.
- **Ne pas utiliser de correcteur.**
- **Numéroter les copies** : "i/nombre total".
- **Respecter les notations** de l'énoncé et préciser, dans chaque cas, la **numérotation de la question posée**.
- Écrire le mot **FIN** à la fin de votre composition.

La page 14 de ce sujet est à rendre avec la copie (document réponse).

Ex 1 : Batterie d'accumulateurs au plomb**Données numériques :**

Facteurs de conversion, $P^\circ = 1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$; $0^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$; $1 \text{ m}^3 = 10^3 \text{ L}$. Concentration de référence $C^\circ = 1 \text{ mol/L}$. Masse volumique de l'eau liquide pure $\rho_0 = 1,0 \text{ kg/L}$.

Constantes physiques :

Charge élémentaire	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
Célérité de la lumière dans le vide	$c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
Constante d'AVOGADRO	$N_A = 6,0 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Constante de FARADAY	$\mathcal{F} = eN_A = 9,6 \cdot 10^4 \text{ C}\cdot\text{mol}^{-1}$
Constante molaire des gaz parfaits	$R = 8,3 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$
Constante de NERNST à 25°C	$\frac{RT}{\mathcal{F}} \ln 10 = 0,059 \simeq 0,06 \text{ V}$
Permittivité électrique du vide	$\epsilon_0 = 8,9 \cdot 10^{-12} \text{ F}\cdot\text{m}^{-1}$
Perméabilité magnétique du vide	$\mu_0 = 1,3 \cdot 10^{-6} \text{ H}\cdot\text{m}^{-1}$

Quelques potentiels rédox standard à 25°C :

Couple oxydant/réducteur	$\text{Pb}^{2+} / \text{Pb}$	$\text{H}_2\text{O} / \text{H}_2$	$\text{O}_2 / \text{H}_2\text{O}$	$\text{PbO}_2 / \text{Pb}^{2+}$
Potentiel standard $E^\circ \text{ (V)}$	-0,13	0	1,23	1,69

L'acide sulfurique H_2SO_4 (masse molaire $\mathcal{M} = 98 \text{ g/mol}$; masse volumique de l'acide sulfurique liquide pur $\rho = 1,8 \text{ kg/L}$) est un diacide :

Couple acide/base	$\text{H}_2\text{SO}_4 / \text{HSO}_4^-$	$\text{HSO}_4^- / \text{SO}_4^{2-}$
Constante d'acidité K_A°	$pK_{a1} = -3,0$	$pK_{a2} = 1,9$

Une batterie au plomb est constituée d'un certain nombre d'éléments accumulateurs logés dans un bac en plastique fermé par un couvercle scellé (figure 1). Chacun de ces accumulateurs est composé d'une électrode positive et d'une électrode négative, baignant toutes deux dans la même solution aqueuse d'acide sulfurique H_2SO_4 (à la concentration c) et de sulfate de plomb II (Pb^{2+} , SO_4^{2-}) (à la concentration c'). Les électrodes sont formées d'une grille (chimiquement inerte mais conduisant l'électricité) dont les alvéoles sont remplies d'une pâte poreuse ; cette pâte est formée de peroxyde de plomb PbO_2 pour une des électrodes et de plomb métallique Pb pour l'autre. Les espèces en solution dans l'eau sont donc seulement H^+ (qu'on pourra choisir de noter H_3O^+), Pb^{2+} et les ions HSO_4^- issus de l'acide sulfurique et SO_4^{2-} ; Pb et PbO_2 sont des solides.



FIGURE 1 – Une batterie 12 V, 65 A·h fabriquée au Royaume-Uni par Yuasa®

1 – 1. Laquelle des deux électrodes est l'électrode positive ?

Justifier et préciser, pour chacune des deux électrodes, l'équation-bilan de la réaction à l'électrode en fonctionnement spontané (c'est-à-dire en régime de décharge de la batterie).

1 – 2. Établir l'expression de la force électro-motrice E d'un tel accumulateur (à 25°C) en fonction des données et des seules concentrations $[\text{H}^+]$ (ou bien $[\text{H}_3\text{O}^+]$) et $[\text{Pb}^{2+}]$.

Supposant pour une batterie la concentration de sulfate de plomb II $c' = [\text{Pb}^{2+}] = 1,0 \text{ mol/L}$, calculer le pH de la solution nécessaire pour obtenir $E = 1,9 \text{ V}$; commenter.

En toute rigueur l'étude de l'accumulateur devrait être complétée à cause de la formation d'un précipité solide de sulfate de plomb PbSO_4 selon le bilan $\text{Pb}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} = \text{PbSO}_4$. La prise en compte de cette réaction se traduit par une modification de la force électromotrice E des accumulateurs au plomb par rapport au calcul précédent, qui devient de l'ordre de $2,0 \text{ V}$. À part cette modification numérique nous ne tiendrons pas compte du précipité de sulfate de plomb dans ce qui suit.

Les batteries d'accumulateurs automobiles ont une force électromotrice E_t de l'ordre de 12 V ; la batterie étudiée ici est caractérisée par sa *capacité* $Q_t = 65 \text{ A}\cdot\text{h}$ (on rappelle que la capacité électrique d'une pile est la valeur de la charge électrique qui la traverse avant que la réaction électrochimique de décharge s'arrête).

- – 3. Combien d'accumulateurs faut-il associer pour réaliser une batterie automobile ?

Représenter cette association sur un schéma.

Quelle est la capacité Q de chacun des accumulateurs ?

En déduire les quantités de matière totales n_{Pb} et n_{PbO_2} contenues dans les grilles de l'ensemble des électrodes contenues dans la batterie au complet (on admettra que ces espèces Pb et PbO₂ sont les seuls réactifs limitants).

Obtenir une valeur imposée du pH impose de pouvoir contrôler la concentration molaire volumique c (ou, ce qui revient au même, la concentration massique c_m) de l'acide sulfurique dans l'accumulateur. On mesure en pratique cette concentration au moyen d'un *pèse-acide*, dispositif qui évalue la masse volumique ρ_{sol} de la solution ou bien sa densité relativement à l'eau pure $d = \rho_{\text{sol}}/\rho_0$. Celle-ci dépend en effet simplement de la concentration totale c en formes sulfatées, $d = a + b \cdot c$ avec $c = [\text{H}_2\text{SO}_4] + [\text{HSO}_4^-] + [\text{SO}_4^{2-}]$, a et b étant des constantes.

- – 4. Déduire des données les valeurs numériques de a et b .

D'après un site technique automobile, la densité de l'électrolyte d'une batterie scellée en bon état doit être de l'ordre de 1,3. En déduire c et commenter.

Dans une solution aqueuse contenant de l'acide sulfurique à la concentration molaire volumique c , on note $x_1 = [\text{H}_2\text{SO}_4]/c$, $x_2 = [\text{HSO}_4^-]/c$ et $x_3 = [\text{SO}_4^{2-}]/c$ et les tracés de $x_1(\text{pH})$, $x_2(\text{pH})$ et $x_3(\text{pH})$ porte le nom de *courbes de prédominance*. Ces courbes sont tracées sur la figure 2.

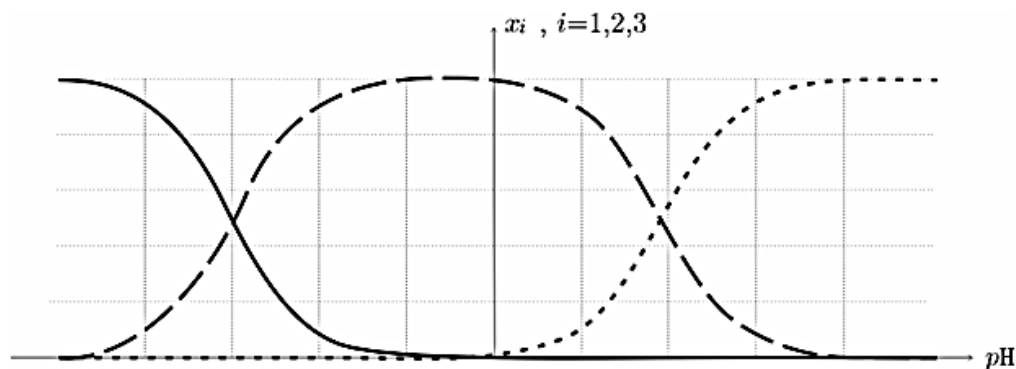


FIGURE 2 – Diagramme de prédominance pour l'acide sulfurique

- – 5. Donner les expressions des constantes d'acidité K_{a1} et K_{a2} .

Reproduire rapidement sur votre copie ce diagramme, complété par l'identification des trois courbes et préciser en les justifiant les graduations des axes horizontal et vertical.

- – 6. Déterminer les valeurs de c et c_m dans un accumulateur au plomb à usage automobile ; proposer un commentaire des valeurs numériques obtenues.

Les courbes de la figure 2 ont été tracées au moyen d'un script **Python** utilisant une fonction dont l'en-tête est `def Pred(pH):` qui, pour une valeur donnée du pH, donne pour résultat le triplet (x_1, x_2, x_3) .

- – 7. Déduire des expressions de K_{a1} et K_{a2} celles des x_i et proposer le code **Python** de la fonction `Pred`.

Ex 2 : Arrosage automatique

On se propose d'étudier le montage électronique de la figure 9 qui illustre un système d'arrosage automatique.

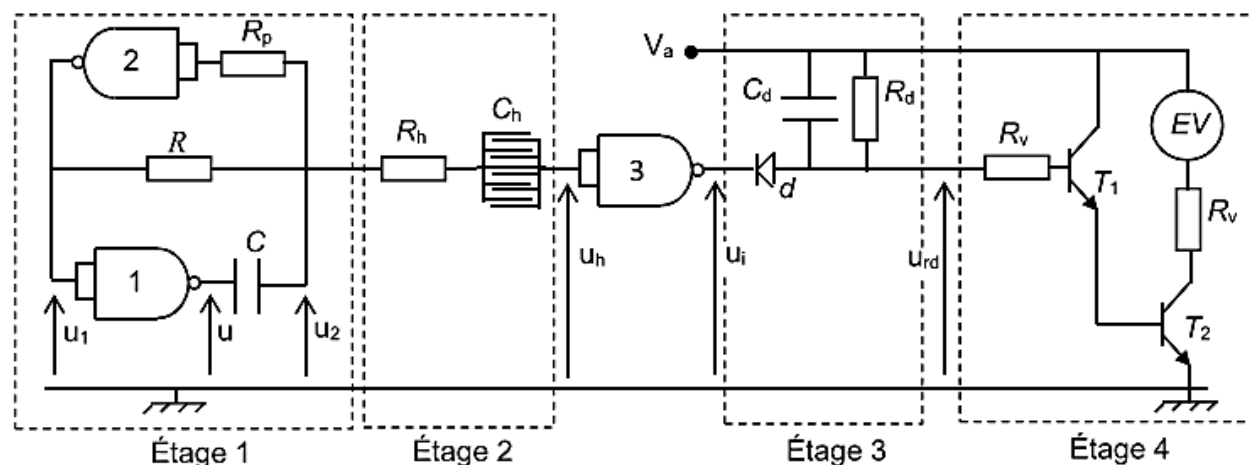


Figure 9 - Schéma d'un système électronique d'arrosage automatique

Il s'agit d'un montage comportant trois portes NAND à deux entrées reliées entre elles.

EV est une électrovanne permettant l'arrivée d'eau, d est une diode et T_1 et T_2 sont des transistors de puissance. Aucune connaissance sur le fonctionnement de ces composants n'est nécessaire.

La tension de sortie des portes NAND est $V_a > 0$ pour une sortie à l'état logique "1" et 0 pour une sortie à l'état logique "0".

La tension V_a est aussi utilisée comme potentiel imposé au point représenté sur le montage.

On note V_b (avec $V_b < V_a$) la tension de basculement des portes logiques : une tension d'entrée $V_e < V_b$ correspond à un niveau logique "0" en entrée de porte. Inversement une tension d'entrée $V_e > V_b$ correspond à un niveau logique "1".

On néglige la résistance de sortie des portes logiques et on considère leur résistance d'entrée comme infinie.

Q28. Rappeler la table de vérité d'une porte NAND à deux entrées indépendantes. Quelle est la fonction de cette porte lorsque ses deux entrées sont reliées entre elles ?

On étudie l'étage 1. La résistance R_p est une résistance de protection (indispensable en pratique) mais elle ne joue aucun rôle dans l'étude théorique de l'étage 1. De plus, le prélèvement en courant, réalisé par la connexion à l'étage 2, est supposé négligeable (ce qui est assuré par la grande valeur de la résistance R_h).

Q29. Établir que l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_c(t) = u_2(t) - u(t)$ s'écrit $\tau \frac{du_c}{dt} + u_c = u_1 - u$ dans laquelle on exprimera le temps caractéristique τ .

Q30. a) À l'instant initial de date $t = 0$, le condensateur C est déchargé et $u_1 = V_a$. Que vaut alors $u(t = 0^+)$? En déduire les expressions de $u_c(t)$ et de $u_2(t)$, valables tant que $u_1 = V_a$.

b) Exprimer la date t_b de fin de validité des expressions précédentes de $u_c(t)$ et de $u_2(t)$. On donnera t_b en fonction de τ , V_a et de V_b .

Q31. a) Écrire, en justifiant, la nouvelle équation différentielle vérifiée par $u_c(t)$, valable à partir de la date t_b et jusqu'à une nouvelle date de fin de validité $t'_b > t_b$.

b) Obtenir alors les nouvelles expressions de $u_c(t)$ et de $u_2(t)$ pour $t_b < t < t'_b$.

c) Exprimer $t'_b - t_b$ en fonction de τ , V_a et de V_b .

Q32. a) Quelle équation différentielle est à considérer à partir de la date t'_b et jusqu'à une nouvelle date de fin de validité $t''_b > t'_b$? Exprimer alors $u_c(t)$ et $u_2(t)$ pour $t'_b < t < t''_b$.

b) En déduire $t''_b - t'_b$ en fonction de τ , V_a et de V_b .

Q33. Faire un tracé soigné des chronogrammes de $u(t)$, $u_c(t)$ et $u_2(t)$ sur une même figure.

Q34. a) Déduire l'expression de la période T des signaux obtenus pour $t > t_b$.

b) Calculer T pour $V_a = 5 \text{ V}$, $V_b = 1,5 \text{ V}$, $R = 100 \text{ k}\Omega$ et $C = 20 \text{ nF}$.

c) Quel rôle assure l'étage 1 pour les étages postérieurs à lui ? Quel nom porte ce type de circuit en électronique ?

L'étage 2 correspond à un capteur capacitif d'humidité enfoui dans le sol. Il s'agit d'un condensateur de capacité C_h variable avec le taux d'humidité. La tension $u_h(t)$ en sortie de capteur est envoyée à l'entrée de la porte NAND 3, qui fournit une tension $u_i(t)$ à sa sortie. L'étage 3, constitué de la diode d en série avec un circuit (R_d, C_d) , réalise un redressement-filtrage qui transforme $u_i(t)$ en une tension $u_{rd}(t)$ quasi-constante (on ne demande pas de justifier ce point). Lorsque u_{rd} dépasse 3,5 V, l'électrovanne EV est alimentée en courant (grâce aux transistors présents à l'étage 4), ce qui déclenche l'arrosage.

Les chronogrammes de $u_h(t)$, $u_i(t)$ et de $u_{rd}(t)$ sont donnés en **figure 10a** lorsque $C_h = 1\,000 \text{ pF}$ et en **figure 10b** lorsque $C_h = 700 \text{ pF}$ (l'origine des temps sur ces graphes a été choisie arbitrairement).

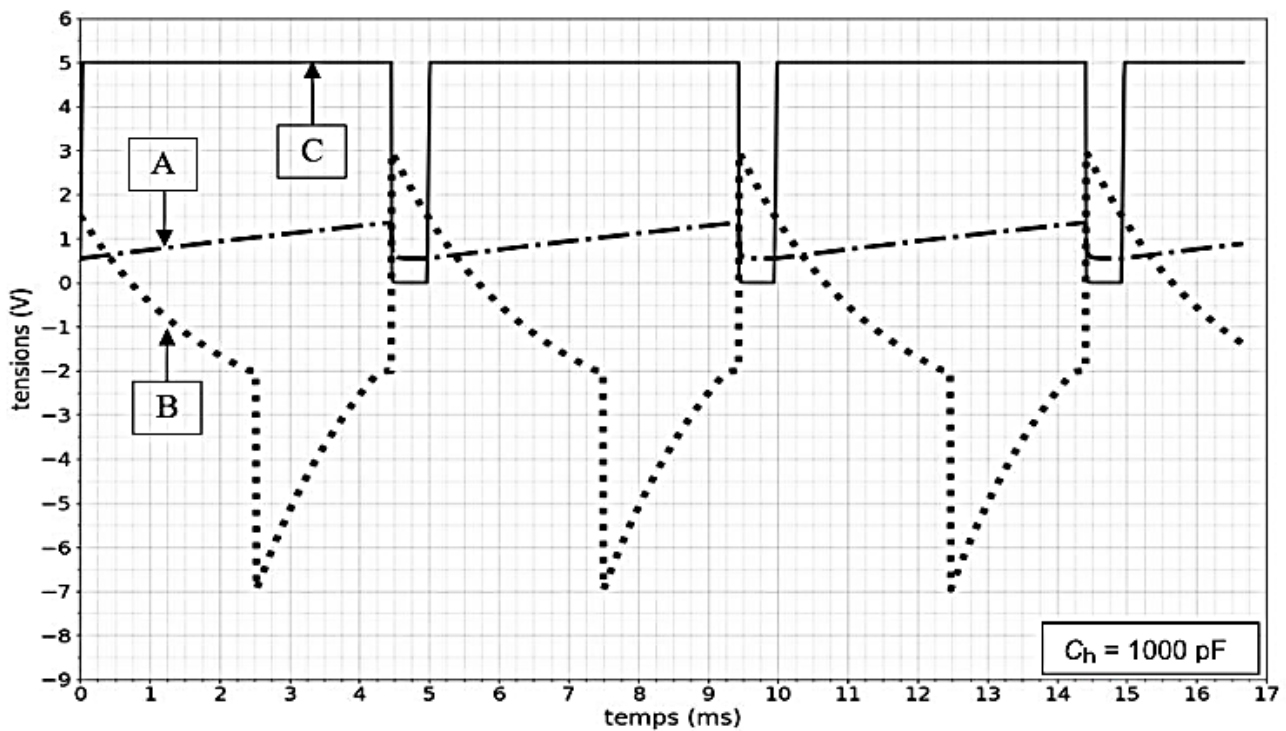


Figure 10a - Chronogrammes de $u_h(t)$, $u_i(t)$ et $u_{rd}(t)$ pour $C_h = 1000 \text{ pF}$

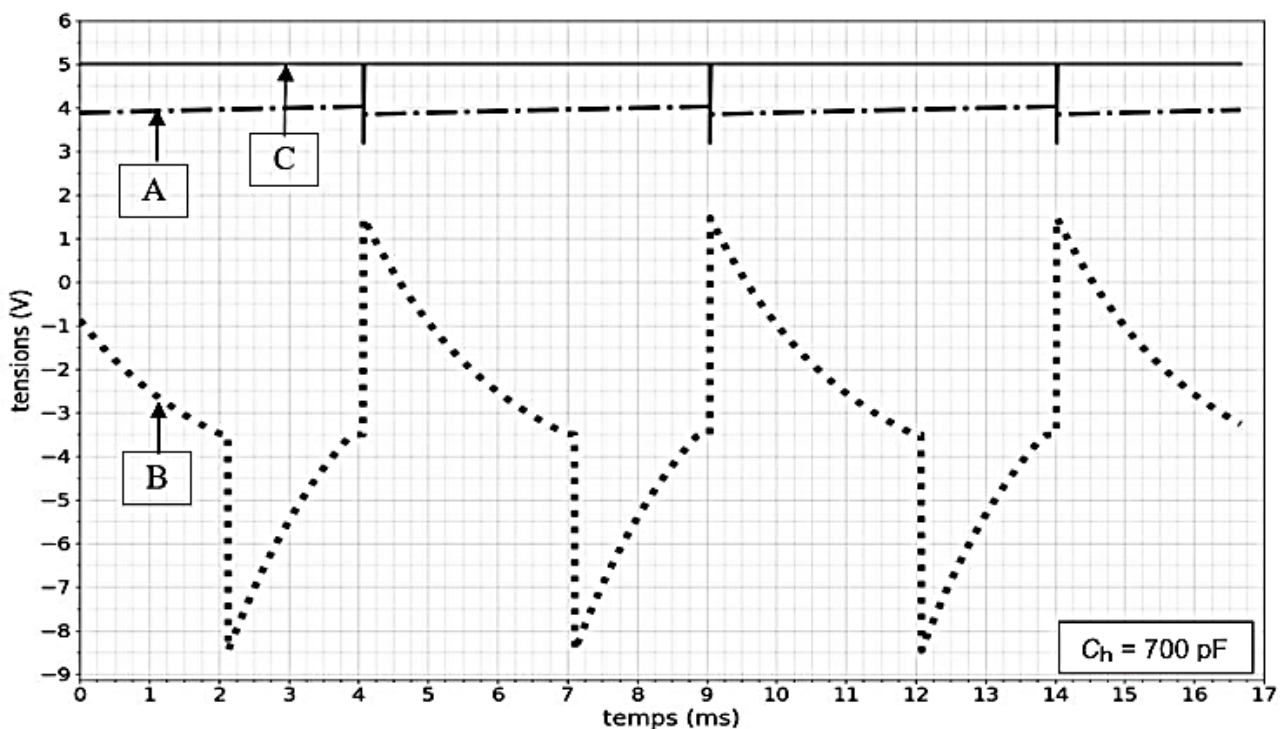


Figure 10b - Chronogrammes de $u_h(t)$, $u_i(t)$ et $u_{rd}(t)$ pour $C_h = 700 \text{ pF}$

- Q35. a)** Justifier que $u_h(t) = u_2(t) + k$ où k est une constante qu'on ne cherchera pas à expliciter. On admet par ailleurs que cette constante dépend de la valeur de C_h .
- b)** Associer chaque signal $u_h(t)$, $u_i(t)$ et $u_{rd}(t)$ à son chronogramme **A**, **B** ou **C**.
- c)** Laquelle des figures 10a ou 10b correspond à la situation d'arrosage ? La capacité C_h augmente-t-elle ou diminue-t-elle avec le taux d'humidité ?
- d)** Expliquer la forme du signal **C** en lien avec le signal **B** de la figure 10a. Commenter le cas de la figure 10b.

Ex 3 : Mouvement d'une luge

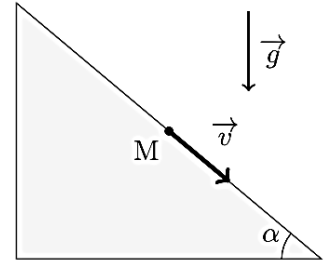
La luge est devenue un sport olympique en 1964 à Innsbruck (Autriche). Le lugeur est allongé, sur le dos et les pieds en avant, sur la luge qui glisse sur une piste de glace. Pour freiner, le lugeur ne peut compter que sur ses pieds car la luge ne comporte pas de frein. Les spécialistes peuvent atteindre des vitesses supérieures à 100 km/h.

1 • Trajectoires.

Pour la modélisation, on assimile l'ensemble {luge+lugeur} (désigné par la suite sous le terme simple de luge) à un point matériel M de masse $m = 100$ kg. La piste est considérée comme un référentiel galiléen. L'accélération de la pesanteur est prise égale à $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$.

Descente rectiligne

Après la phase de poussée, la luge atteint une vitesse $v_0 = 5,0 \text{ m.s}^{-1}$. Elle descend ensuite une piste rectiligne de pente constante, inclinée de 10% (on descend verticalement de 10 m quand on avance horizontalement de 100 m). On appelle α l'angle que fait la piste avec l'horizontale. Les frottements sont négligés devant les autres forces en jeu. Le point M est ainsi en mouvement rectiligne uniformément accéléré.



1.1 - Effectuer le bilan des forces qui s'exercent sur la luge et dessiner un schéma représentant ces forces, en justifiant soigneusement leur direction et leur sens.

1.2 - Par application de la relation fondamentale de la dynamique, exprimer et calculer numériquement l'accélération a de la luge en fonction de l'accélération de la pesanteur g et de l'angle α .

1.3 - L'origine des temps est fixée juste après la phase de poussée. Donner l'expression de la vitesse en fonction du temps. Au bout de quelle durée t_a la luge atteint-elle la vitesse $v_a = 30 \text{ m.s}^{-1}$? Application numérique.

1.4 - Quelle est la distance parcourue lorsque la luge atteint la vitesse v_a ? Application numérique.

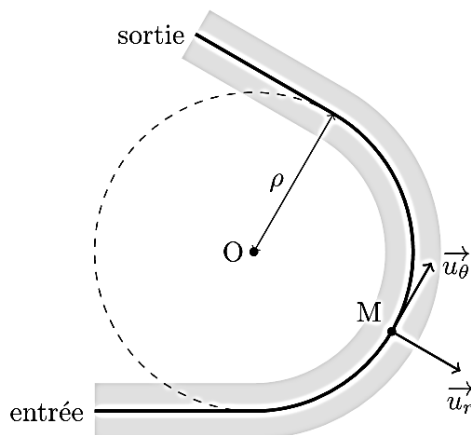
Virage circulaire

À présent, le point M est en mouvement circulaire uniforme à la vitesse V , sur un cercle de rayon ρ .

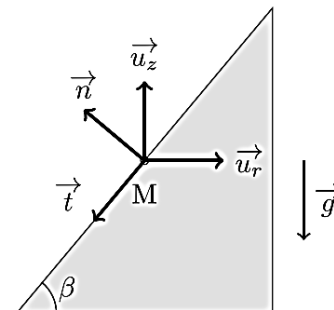
La piste est inclinée latéralement d'un angle $\beta \in \left]0, \frac{\pi}{2}\right[$.

La trajectoire se situe dans un plan horizontal : $\vec{v} = V\vec{u}_\theta$. Le trièdre de vecteurs unitaires $(\vec{u}_r, \vec{u}_\theta, \vec{u}_z)$ est orthonormé direct.

On désigne par $\vec{R} = R_N\vec{n} + R_T\vec{t}$ la réaction de la piste, qui n'est plus uniquement normale. Les vecteurs unitaires \vec{n} (normal) et \vec{t} (tangent) sont définis sur la figure de droite ci-dessous.



Vue de dessus de la piste



Vue en coupe de la piste

1.5 - Exprimer l'accélération \vec{a} en fonction de V , ρ et de \vec{u}_r . Justifier physiquement le sens de l'accélération.

1.6 - La luge n'étant soumise qu'à son poids et à la réaction du support, écrire la relation fondamentale de la dynamique en projection dans le repère (\vec{t}, \vec{n}) .

- 1.7 - En déduire les expressions des réactions R_N et R_T en fonction de V , ρ , β , g et m .
- 1.8 - Quelle est la valeur V_c de la vitesse pour laquelle la réaction tangentielle est nulle ?
Écrire alors R_T en fonction de m , ρ , β et $(V^2 - V_c^2)$.

Soit $f = 0,4$ le coefficient de frottement latéral de la luge sur la piste de glace. Les lois du frottement solide indiquent que la luge ne dérape pas tant que $|R_T| < f R_N$. Dans la suite des questions, on ne considère que le cas $V \geq V_c$ ce qui correspond à un dérapage possible vers l'extérieur du virage.

- 1.9 - Montrer que V^2 doit respecter l'inégalité suivante pour éviter le dérapage :

$$V^2 (\cos \beta - f \sin \beta) \leq g \rho (\sin \beta + f \cos \beta)$$

- 1.10 - En déduire que si l'inclinaison β est suffisante, il n'y aura jamais dérapage quelle que soit la vitesse V . Donner l'inclinaison minimale à respecter, qui dépend uniquement du coefficient f . Faire l'application numérique, en degrés.

- 1.11 - Si cette inclinaison minimale n'est pas respectée, montrer que la condition de non dérapage impose une vitesse V à ne pas dépasser, à exprimer en fonction de g , ρ , β et f . Que risque la luge si sa vitesse est trop grande ?

- 1.12 - Montrer à partir des résultats précédents qu'en l'absence de frottement latéral, on ne pourrait aborder le virage qu'à la vitesse V_c . Les frottements permettent ainsi d'avoir une certaine marge de vitesse dans un virage.

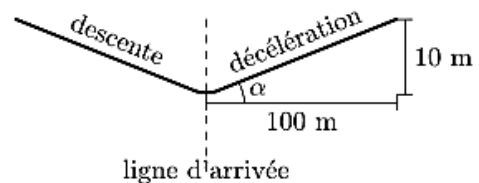
2 • Dispositifs de freinage.

La luge franchit la ligne d'arrivée à la vitesse $v_a = 30 \text{ m.s}^{-1}$. Dans cette partie, les frottements sont négligés devant les autres forces en jeu.

Ralentissement mécanique

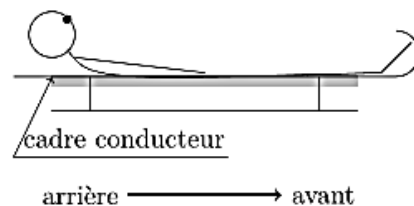
- 2.1 - Le ralentissement à l'arrivée se fait sur une piste inclinée de 10 %. On note α l'angle d'inclinaison.

A l'aide d'un théorème énergétique, déterminer la longueur ℓ_a de la piste de ralentissement nécessaire pour que la luge passe de $v_a = 30 \text{ m.s}^{-1}$ à l'arrêt. Faire l'application numérique et conclure sur la faisabilité de cette méthode de ralentissement.

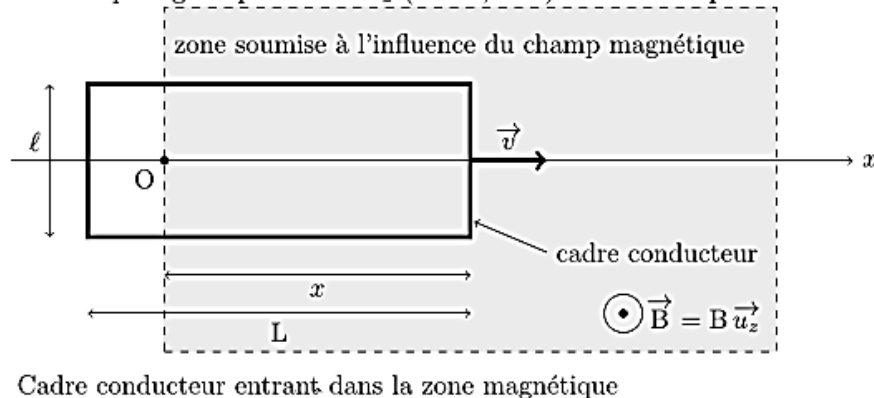


Freinage par induction

On cherche une autre solution que celle de la pente inclinée pour ralentir la luge : le freinage par induction. On fixe sous la luge un cadre métallique rigide, conducteur, rectangulaire, de résistance totale $R_c = 10^{-3} \Omega$ et de côtés $\ell \times L$ ($\ell = 50,0 \text{ cm}$ et $L = 100 \text{ cm}$). La piste est horizontale et le long de l'axe Ox , dont l'origine O est fixée sur la ligne d'arrivée, avant la zone de freinage. L'origine des temps est également fixée au passage de la ligne d'arrivée. L'axe Oz désigne la verticale ascendante.



Un dispositif crée un champ magnétique $\vec{B} = B \vec{u}_z$ ($B = 1,00 \text{ T}$) sur toute la piste de décélération.



Cadre conducteur entrant dans la zone magnétique

2.2 - Décrire (sans calcul) les différentes phases du mouvement de la luge depuis la ligne d'arrivée jusqu'à ce qu'elle ait franchi complètement la zone soumise au champ magnétique, supposée ici d'une longueur supérieure à L .

2.3 - Le champ magnétique a une valeur de 1 T . Est-ce élevé ? Quel dispositif pourrait, par exemple, créer un champ de cette intensité ? Quelle est l'ordre de grandeur du champ magnétique terrestre ?

Dans la suite, on s'intéresse au mouvement du cadre lorsqu'il n'a pas entièrement pénétré dans la zone soumise à l'influence du champ magnétique \vec{B} .

2.4 - Exprimer la force électromotrice e qui apparaît dans le cadre en fonction de la vitesse v du cadre, de sa largeur ℓ et du champ magnétique B .

Le circuit électrique équivalent au cadre rectangulaire est constitué du générateur induit de force électromotrice e et de la résistance R_c . On néglige l'inductance propre du cadre.

2.5 - Exprimer l'intensité i induite dans le cadre en fonction de B , ℓ , v et R_c .

2.6 - Exprimer la résultante de la force de Laplace \vec{F}_L qui s'exerce sur le cadre, en fonction de B , ℓ , v et R_c . Commenter le sens de cette force.

2.7 - Etablir l'équation différentielle qui porte sur la vitesse v de la luge.

La solution de cette équation différentielle s'écrit :

$$v(t) = v_a e^{-t/\tau}$$

Où τ est le temps caractéristique du mouvement lorsque la luge pénètre dans la zone soumise au champ magnétique.

2.8 - Exprimer τ en fonction de m , B , ℓ et R_c . Application numérique.

2.9 - Exprimer la position $x(t)$ de la luge en fonction de t , τ et v_a .

2.10 - Calculer la durée T que met le cadre pour pénétrer entièrement dans la zone magnétique.

2.11 - En déduire l'expression de $v(T)$. Calculer numériquement la variation $\Delta v = v_0 - v(T)$ de la vitesse de la luge entre les instants $t = 0$ et T .

2.12 - Quelle est la vitesse de la luge une fois que le cadre est entièrement dans la zone soumise au champ magnétique ? Justifier. En déduire la longueur idéale de la zone soumise au champ magnétique.

2.13 - La zone soumise au champ magnétique est limitée à la longueur idéale déterminée à la question précédente. Que se passe-t-il lorsque le cadre conducteur sort de cette zone ?

2.14 - On installe une alternance de zones magnétiques et non magnétiques. Combien de zones magnétiques sont nécessaires pour que la vitesse de la luge diminue jusqu'à environ 5 m.s^{-1} , vitesse à partir de laquelle le lugeur peut freiner avec ses pieds ? Quelle est alors la longueur de la piste de ralentissement ?

2.15 - Citer un autre exemple d'utilisation du freinage par induction.

Ex 4 : Instrument de bord pour la communication

La plaisance, en tant que sport ou loisir, est pratiquée sur des bateaux à voile ou à moteur, sur des lacs ou sur la mer.

Contrairement aux bateaux de course ou aux bateaux à usage professionnel, les constructeurs de bateaux de plaisance ont mis l'accent sur le confort et la sécurité des plaisanciers.

Afin de pouvoir assurer les opérations de maintenance sur la coque d'un bateau, celui-ci est mis en cale sèche pour l'hiver. Au printemps, la plupart des plaisanciers remettent leur bateau à l'eau à l'aide d'un camion grue, puis vérifient tous les éléments de sécurité.

IV.1 - Communication

Pour les échanges radio, il est obligatoire d'avoir une radio VHF (Very High Frequency) utilisable sur plusieurs canaux. L'**annexe** fournit les fréquences et leur utilisation.

Dans cette partie, nous nous occuperons du Canal 16 de la VHF.

On assimilera l'air au vide.

Le bateau est équipé d'une VHF RAYMARINE VHF Fixe RAY 55E dont les caractéristiques sont données dans la **figure 9** :


Modèle VHF	Caractéristiques
 RAYMARINE VHF Fixe RAY 55E	<ul style="list-style-type: none">□ Alimentation : 12 V□ Puissance de sortie audio : 5 W - 4 Ohms□ Mode de fixation : sur étrier□ Taille et type d'écran : LCD 52 mm□ Puissance en émission : 25 W□ Consommation en veille : < 0,5 A□ Consommation à 25 W : < 6 A□ Dimensions : L 191 mm x H 93,8 mm x P 98 mm

Figure 9 - Présentation du modèle de VHF RAYMARINE
(D'après : <http://www.discount-marine.com/raymarine-vhf-fixe-ray-55e>)

Données	
Perméabilité du vide : $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$	Pulsation $\omega = 2\pi f$ en $\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$
Permittivité du vide : $\epsilon_0 = \frac{1}{36\pi} \cdot 10^{-7} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$	Longueur d'onde λ en m
Célérité de l'onde dans le vide : $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	

Q57. Déterminer un ordre de grandeur de la longueur d'onde de cette fréquence associée au Canal 16 de la VHF.

L'onde émise par la radio est de la forme $\vec{E} = E_0 \cdot \cos\left(\omega\left(t - \frac{x}{c}\right)\right) \vec{u}_y$ en prenant un repère orthonormé direct $(O, \vec{u}_x, \vec{u}_y, \vec{u}_z)$ tel que \vec{u}_x et \vec{u}_y soient parallèles au plan de la mer.

Q58. Qualifier cette onde. Plusieurs adjectifs sont attendus.

Q59. Quelle est la direction de propagation et quel est le sens de propagation de cette onde ?

Q60. Rappeler les équations de Maxwell dans le vide en l'absence de charges et de courant.

On rappelle la formule suivante : $\overrightarrow{\text{rot}}(\overrightarrow{\text{rot}}\vec{A}) = \overrightarrow{\text{grad}}(\text{div}\vec{A}) - \Delta\vec{A}$.

Q61. Déterminer l'équation de propagation du champ électrique \vec{E} .

Q62. Quelle relation doit exister entre c , ϵ_0 et μ_0 pour que cette onde satisfasse cette équation de propagation ?

Q63. Préciser le vecteur d'onde \vec{k} de cette onde émise.

Q64. Déterminer le champ magnétique \vec{B} associé à cette onde en fonction, entre autres paramètres et variables, de E_0 , k et de ω .

Q65. Exprimer, en fonction de E_0 , μ_0 et de c , le vecteur de Poynting \vec{P} associé à cette onde. Quelle est sa signification physique ?

Q66. Exprimer la valeur moyenne temporelle du vecteur de Poynting en fonction de c , E_0 et de ϵ_0 .

ANNEXE

Tableau des canaux pour la VHF

Canal VHF	Fréquence en MHz	Commentaire
01	156,05	
02	156,100	
03	156,150	CROSS Centre Régional Opérationnel de Surveillance et de Sauvetage
04	156,200	CROSS
05	156,250	Autorités portuaires
06	156,300	Communication directe navire à navire
07	156,350	Marine Nationale
08	156,400	Communication de Navire à Navire
09	156,450	Capitainerie des ports de plaisance
10	156,500	Sémaphore de la Marine Nationale
11	156,550	Marine Nationale
12	156,600	Autorités Portuaires
13	156,650	CROSS (Interrogation des navires dans les 3 DST de la Manche) et Autorités portuaires
14	156,700	Autorités Portuaires
15	156,750	Surveillance des plages
16	156,800	CANAL D'URGENCE - APPEL DE DÉTRESSE - SÉCURITÉ
17	156,850	Marine Nationales et Autorités Portuaires
18	156,900	Écluses
19	156,950	Port : Annonces d'entrée, Régulation de trafic, Diffusion de consignes

Ex 5 : Etude de systèmes optiques

Rappel des relations de conjugaison pour une lentille mince \mathcal{L} de centre O , de foyer objet F , de foyer image F' et de distance focale image f' donnant d'un objet AB une image $A'B'$.



Représentation de A' image de A par \mathcal{L}

$$\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'}$$

(1) Relation de Descartes

$$\gamma = \frac{A'B'}{AB} = \frac{F'A'}{F'O} = \frac{FO}{FA} = \frac{OA'}{OA}$$

(2) Relations de grandissement

Partie A : L'œil

Pour former des images, le premier instrument utilisé par l'homme est bien sûr son œil. Un schéma simplifié de l'œil est proposé sur la Figure 1.

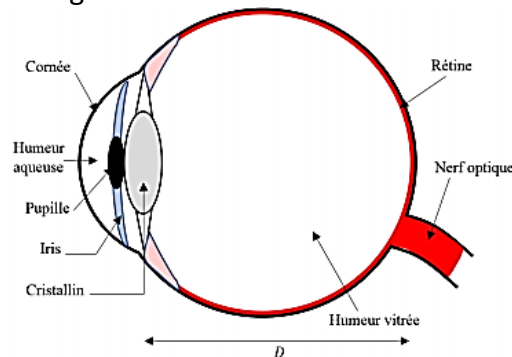


Figure 1 : Schéma descriptif de l'œil

Les principaux éléments constitutifs de l'œil qui sont étudiés dans cette partie sont :

- l'ensemble iris-pupille : c'est un diaphragme circulaire qui limite le faisceau lumineux entrant dans l'œil. Son diamètre d est compris entre 2 mm et 8 mm ;
- le cristallin : c'est une lentille convergente dont on peut faire varier la vergence grâce à un effort musculaire ;
- la rétine : elle joue le rôle d'écran sur lequel se forment les images. Elle est constituée d'un ensemble de cellules photosensibles dont la taille r est de l'ordre de $2,5 \mu\text{m}$;

On donne la distance cristallin-rétine : $D = 1,5 \text{ cm}$.

QA.1. Représenter le modèle de l'œil réduit.

Grâce à la capacité d'accommodation de l'œil, l'observateur peut voir net des objets situés entre le punctum proximum et le punctum remotum. Un œil emmétrope possède un punctum remotum situé à l'infini ; lorsque qu'un observateur regarde un objet situé à l'infini, ses yeux sont au repos.

QA.2. Pour un œil emmétrope, schématiser la situation de vision d'un objet à l'infini et donner, dans ce cas, la valeur de la distance focale f'_{∞} de la lentille de l'œil réduit.

QA.3. On admet que la distance d_{pp} entre un œil emmétrope et son punctum proximum est de 25 cm, schématiser la situation de vision d'un objet au punctum proximum et donner l'expression de la distance focale f'_{pp} de la lentille de l'œil réduit dans cette situation. Comparer f'_{pp} à f'_{∞} et commenter.

Pour pouvoir distinguer les détails d'un objet, il ne suffit pas que ce dernier soit situé dans la zone d'accommodation. Il faut aussi que ces détails ne soient pas trop petits. Pour pouvoir séparer deux points de l'image, il faut que ces derniers stimulent deux cellules photosensibles différentes.

QA.4. On considère un œil en accommodation maximale, c'est-à-dire regardant un objet situé à son *punctum proximum*. Quelle est l'expression de la distance minimale, dans un plan orthogonal à l'axe optique de l'œil, entre deux objets que l'œil peut distinguer ?

Partie B : lame de verre



Figure 5 - Lamelles d'épaisseur e .

Une lame transparente est caractérisée par son épaisseur e et l'indice n du milieu qui la compose. On cherche à caractériser ce dioptré dans le cadre de l'optique géométrique.

- II.1** Donner un ordre de grandeur de l'indice du verre.
- II.2** Rappeler les relations de Snell-Descartes à la réfraction.
- II.3** Effectuer un rapide tracé de rayon sur la figure A1 (document réponse) afin de trouver graphiquement la position de A' image de A par la lame.
- II.4** Effectuer, de même, un rapide tracé de rayon sur la figure A2 (document réponse) avec un point objet A virtuel.
- II.5** Montrer, par des considérations géométriques, que la relation de conjugaison qui relie A et A' est donnée dans les conditions de Gauss par :

$$\overline{AA'} = e \left(1 - \frac{1}{n} \right).$$

Partie C : Viseur

On étudie un viseur à frontale fixe (figure 6) constitué par :

- un objectif \mathcal{L}_2 de centre O_2 , de distance focale $f'_2 = 50 \text{ mm}$;
- un réticule gradué R_{oc} ;
- un oculaire modélisé par une lentille convergente \mathcal{L}_1 de centre O_1 et de distance focale $f'_1 = 50 \text{ mm}$.

On règle la lunette afin d'avoir, pour l'objectif, un grandissement transversal $\gamma_{ob} = \left(\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} \right)_{ob} = -2$.

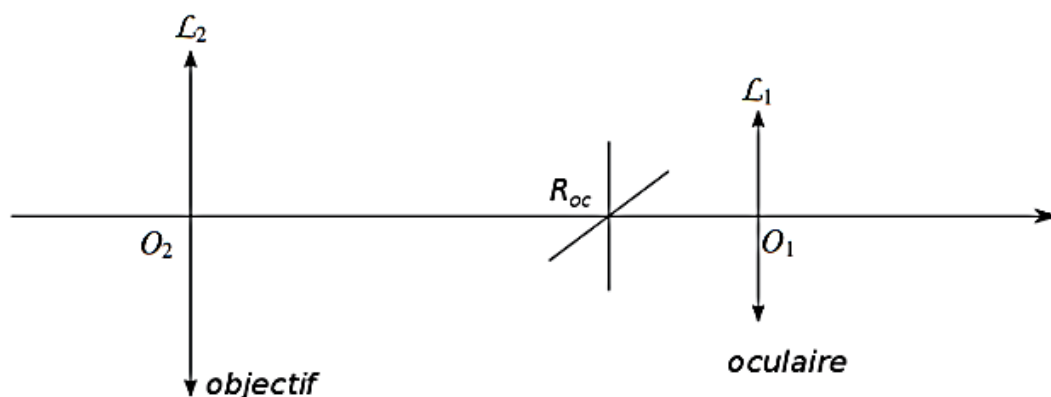


Figure 6 - Schéma d'un viseur à frontale fixe.

- II.6** Comment règle-t-on l'oculaire par rapport au réticule ?
- II.7** Préciser la position $\overline{F_2 A}$ de l'objet visé par rapport à l'objectif en fonction de γ_{ob} et f'_2 . On utilisera l'une des relations de grandissement (2). Faire l'application numérique.
- II.8** Déterminer l'encombrement $\overline{O_2 O_1}$ de la lunette en fonction de f'_1 , γ_{ob} et f'_2 . Effectuer l'application numérique.
- II.9** Valider vos résultats par un tracé de rayons justifiés sur la figure B (document réponse). Compléter la figure avec la présence du réticule R_{oc} et de la lentille \mathcal{L}_1 .
- II.10** Citer une application de ce type de viseur.

NOM :

Ex 5 :

Questions II.3 et II.4.

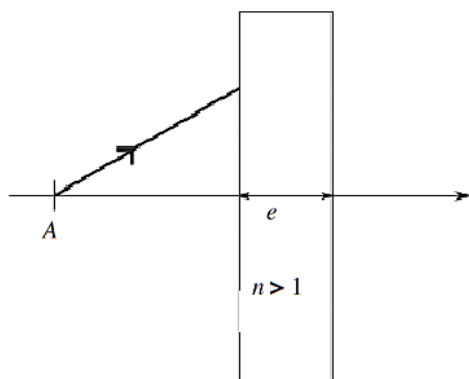


Figure A1

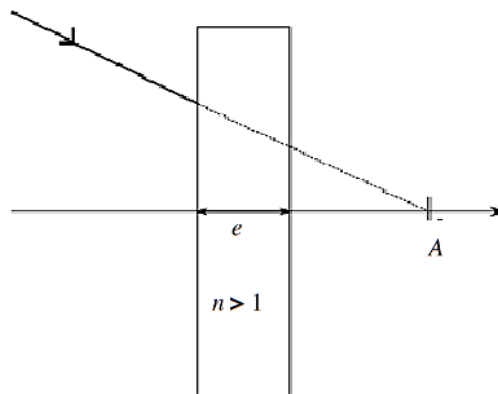


Figure A2

Question II.9

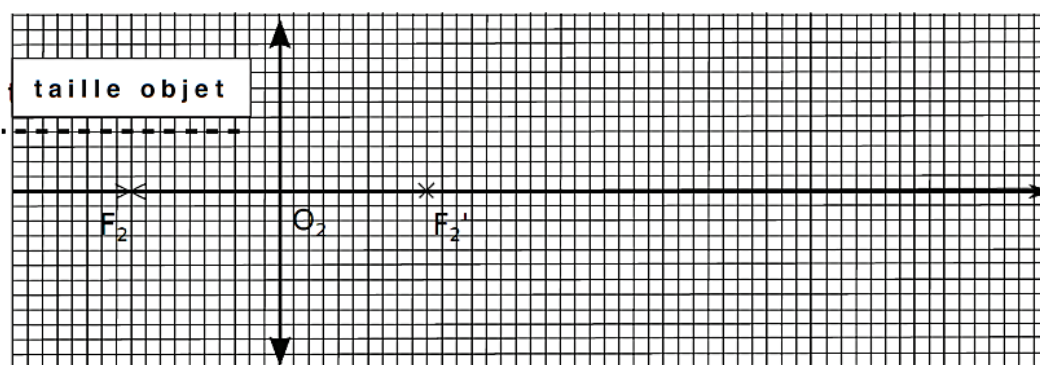


Figure B

- FIN DE L'ENONCE -