

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 13 de ce sujet est à rendre avec la copie (document réponse).

Ex 1 : Chimie

Les différentes parties de cet exercice sont complètement indépendantes les unes des autres.

Données communes aux parties 1 et 2 :

Annexe 1. Constantes usuelles et approximations de calcul.

Constante de Faraday : $\mathcal{F} \approx 10^5 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Constante d'Avogadro : $N_A \approx 6.10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

Constante des gaz parfaits : $R \approx 8 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Approximations : $\sqrt{3} \approx 1,8$ et $\sqrt{2} \approx 1,4$.

Annexe 2. Données numériques.

Volume molaire d'un gaz parfait à $T = 25^\circ \text{C}$ et $P = 1 \text{ bar}$: $V_m = 24 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Numéro atomique : $Z(\text{B}) = 5$; $Z(\text{Fe}) = 26$ et $Z(\text{Ti}) = 22$.

Rayons métalliques : $R(\text{Fe}) = 125 \text{ pm}$ et $R(\text{Ti}) = 145 \text{ pm}$.

Rayon atomique de l'hydrogène : $R(\text{H}) = 35 \text{ pm}$.

Masses molaires : $M(\text{Zn}) = 65 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M(\text{glucose}) = 180 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Annexe 3. Données thermodynamiques à 298 K (valeurs arrondies).

	$\text{Zn}_{(s)}$	$\text{O}_{2(g)}$	$\text{ZnO}_{(s)}$	$\text{H}_2\text{O}_{(l)}$
$\Delta_f H^\circ \text{ (kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$	0	0	-350	-300
$S^\circ \text{ (J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1})$	40	200	40	70

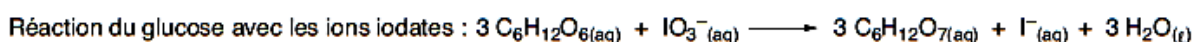
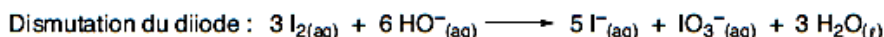
Potentiels redox standards à $pH = 0$: $E^\circ(\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}) = 1,23 \text{ V}$; $E^\circ(\text{ZnO}/\text{Zn}) = -0,43 \text{ V}$; $E^\circ(\text{S}_4\text{O}_6^{2-}/\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = 0,08 \text{ V}$.

Partie 1. Energie du sportif

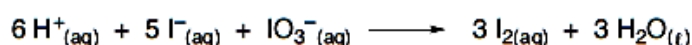
Le glucose, un sucre de formule brute $C_6H_{12}O_6$, est stocké chez les plantes sous forme d'amidon et chez les animaux sous forme de glycogène, qui peuvent être hydrolysés à tout moment pour redonner des molécules de glucose prêtes à être dégradées en fournissant de l'énergie dès que la cellule en a besoin. Nous allons nous intéresser au titrage du glucose dans un jus d'orange selon le protocole proposé dans le Document 1.

Document 1. Dosage du glucose présent dans du jus d'orange.

- Presser une demi-orange et filtrer sur Büchner sous pression réduite pour récupérer le jus.
- Diluer 5 fois le jus d'orange. Cette solution est nommée (S1).
- En se plaçant en milieu basique, oxyder le glucose présent dans $V_G = 20,0$ mL de la solution (S1) à l'aide de 20,0 mL de solution aqueuse de diiode de concentration $C = 5,00 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Dans cette étape il se produit deux réactions :



- Revenir en milieu acide pour reformer du diiode par une réaction de médiamutation :



- Titrer le diiode présent par une solution de thiosulfate de sodium à $0,100 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. On obtient un volume équivalent $V_{\text{eq}} = 8,8$ mL.

Q1 - Déterminer le nombre d'oxydation de l'iode dans les trois espèces qui ont pour formules I_2 , I^- et IO_3^- .

Q2 - Attribuer à chaque domaine A, B, C du diagramme potentiel-pH (E -pH) de l'iode (Figure 2, $C_{\text{tracé}} = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ en élément iode) aux 3 espèces données dans la question précédente. Justifier.

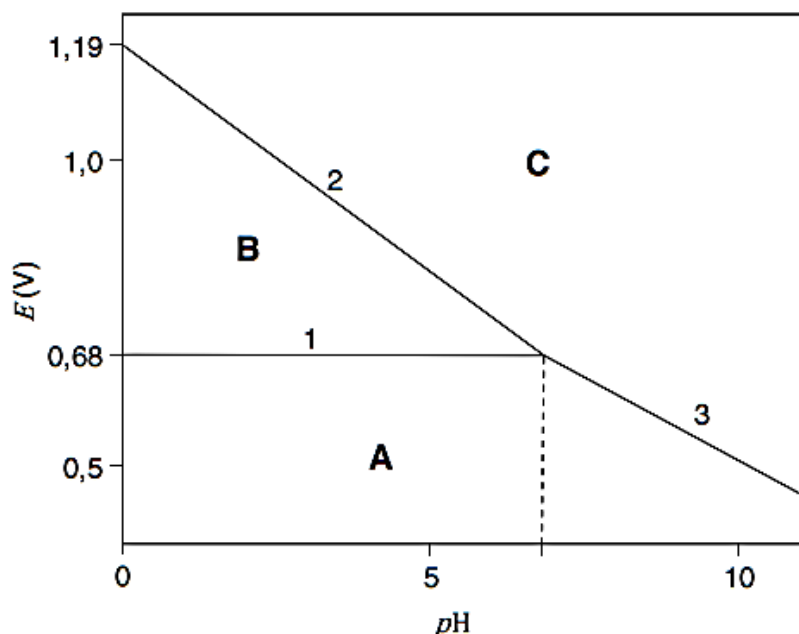


Figure 2. Diagramme potentiel-pH de quelques espèces de l'iode.

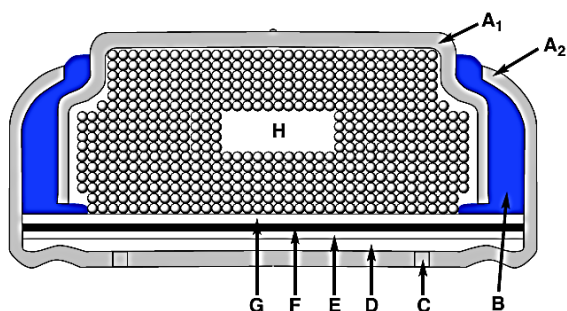
Q3 - Déterminer le coefficient directeur de la droite 2 à l'aide de la formule de Nernst.

Q4 - Écrire la réaction de titrage du diiode I_2 par les ions thiosulfate $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$. Comment repère-t-on l'équivalence du titrage ?

Q5 - Calculer la concentration massique en glucose dans un jus d'orange.

Partie 2. Piles zinc-air

Les piles zinc-air sont des accumulateurs tirant leur énergie de l'oxydation du zinc avec le dioxygène de l'air ambiant (Figure 1). Ces piles possèdent de hautes densités énergétiques et sont peu chères. Leur format varie des piles boutons pour les audioprothèses à des formats intermédiaires, pouvant être utilisés dans des appareils tels les caméras, jusqu'aux grands formats utilisables dans les véhicules électriques.

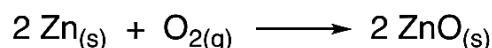


A₁ et A₂ : revêtements métalliques, B : joint isolant, C : orifice d'entrée d'air, D : membrane semi-perméable, E : dioxygène (air), F : membrane hydrophobe, G : séparateur, H : poudre de zinc et électrolyte (solution gélifiée de potasse).

Caractéristiques :

Force électromotrice : $e \approx 1,6 \text{ V}$.

Réaction de fonctionnement :



Masse de zinc dans la pile : 0,65 g.

Masse de la pile : 1,0 g.

Intensité de fonctionnement : 0,80 mA.

Tension de fonctionnement : 1,5 V.

Figure 1. Schéma et caractéristiques d'une pile bouton zinc-air.

Q6 - Identifier l'anode et la cathode de cette pile et déterminer la polarité de la pile. Justifier.

Q7 - Calculer la force électromotrice standard e° de cette pile à partir des valeurs des potentiels standards E° des couples redox.

Q8 - Calculer l'enthalpie libre standard $\Delta_r G^\circ$ de la réaction de fonctionnement de la pile à 298 K en utilisant les grandeurs thermodynamiques fournies (Annexe 3, page 1). En déduire la valeur de la constante K° de cette même réaction. Conclure.

Q9 - Calculer la valeur de la force électromotrice standard à l'aide de la valeur de $\Delta_r G^\circ$.

Q10 - Calculer la durée théorique pendant laquelle cette pile peut fonctionner sans être déchargée.

Q11 - Calculer l'énergie que peut fournir cette pile.

Partie 3. Raffinage du cuivre métallique

Il existe de nombreux minerais de cuivre. On rencontre des composés simples oxydés et souvent sulfurés comme Cu₂S, CuS, Cu₂O, CuO.

Données de la partie 3 :

Couple	Potentiels standard à 298 K
$\text{Ag}^+_{(aq)} / \text{Ag}_{(s)}$	0,80 V
$\text{Cu}^{2+}_{(aq)} / \text{Cu}_{(s)}$	0,34 V
$\text{Fe}^{2+}_{(aq)} / \text{Fe}_{(s)}$	-0,44 V
$\text{Zn}^{2+}_{(aq)} / \text{Zn}_{(s)}$	-0,76 V

Élément	S	Fe	Cu
M en g. mol ⁻¹	32,06	55,84	63,55

A l'issue d'un procédé d'hydrométallurgie ou de pyrométallurgie, le cuivre obtenu contient des impuretés métalliques : fer, zinc et argent.

On place un échantillon de cuivre impur dans une solution aqueuse de sulfate de cuivre acidifiée. Cet échantillon constitue une électrode (1) de potentiel E_1 .

L'autre électrode (2) de potentiel E_2 est constituée de cuivre déjà purifié.

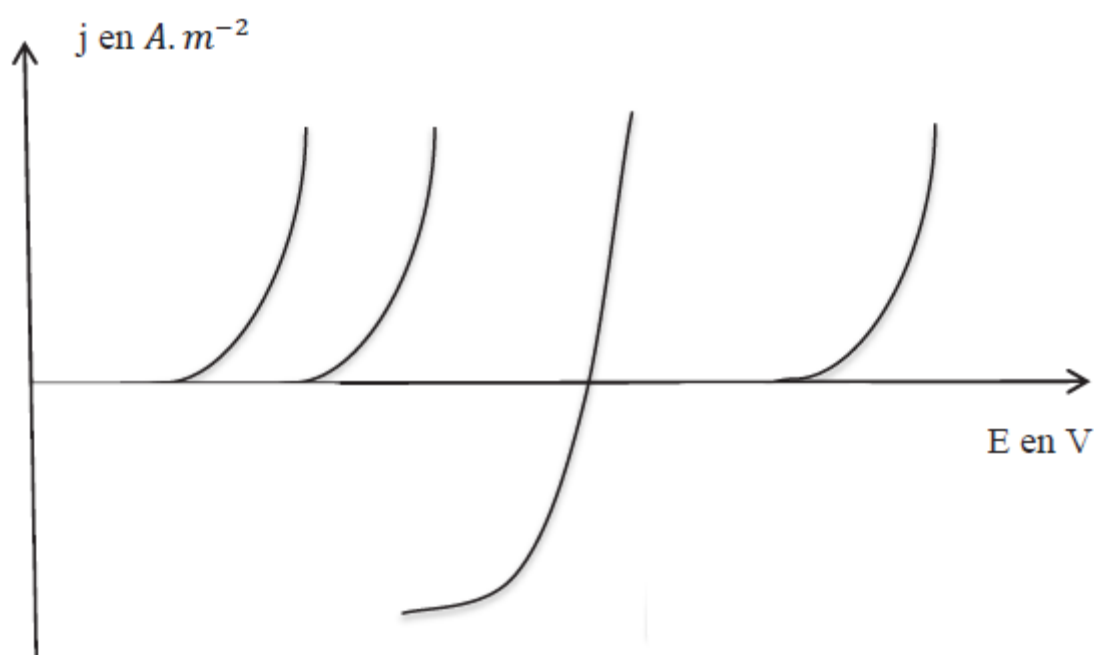
On impose alors une différence de potentiel $U = E_1 - E_2$ ($|U| < 0,4 \text{ V}$).

Il apparaît un courant électrique de densité $|j|$ de l'ordre de 300 A.m^{-2} .

En imposant cette tension U , le cuivre et certain(s) autre(s) métal(aux) de l'électrode (1) sont oxydés et passent en solution. D'autre(s) métal(aux) tombent alors progressivement au fond de la cellule d'électrolyse sous forme métallique et forment des boues solides qui seront séchées et valorisées.

Q12- Reproduire la figure ci-dessous et proposer sur celle-ci des équations pour les demi-réactions d'oxydoréduction dans le sens où elles se produisent.

Donner également l'ordre de grandeur des potentiels à courant nul.



Q13- La tension U est choisie de sorte que seul le cuivre se redépose sur l'électrode (2).

Préciser le signe de U . L'électrode (1) est-elle une anode ou une cathode ?

Q14- A l'issue d'une telle opération, on cherche à récupérer et valoriser le fer, le zinc et l'argent qui étaient contenus dans l'électrode (1).

Expliquer, pour chacun des trois métaux, si on le récupère sous forme métallique ou sous forme oxydée, et si on le récupère dans les boues solides de fond de cuve ou dans la solution électrolytique.

Q15- Exprimer la masse maximale de cuivre que l'on peut récupérer par heure de fonctionnement par mètre carré de surface d'électrode.

Ex 2 : Dispositifs de freinage d'une luge

La luge est sport olympique depuis 1964. Le lugeur est allongé 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.

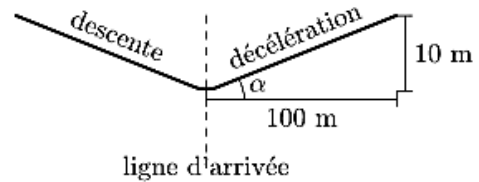
Pour la modélisation, on assimile l'ensemble {luge+lugeur} (désigné par la suite sous le terme simple de luge) à un point matériel M de masse $m = 100 \text{ kg}$. La piste est considérée comme un référentiel galiléen. L'accélération de la pesanteur est prise égale à $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$.

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

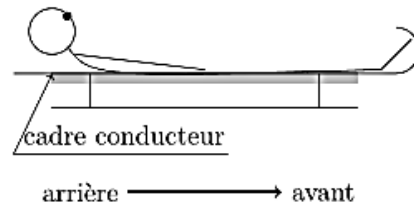
2.1 – Le ralentissement à l'arrivée se fait sur une piste inclinée de 10 %. On note α l'angle d'inclinaison.

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.

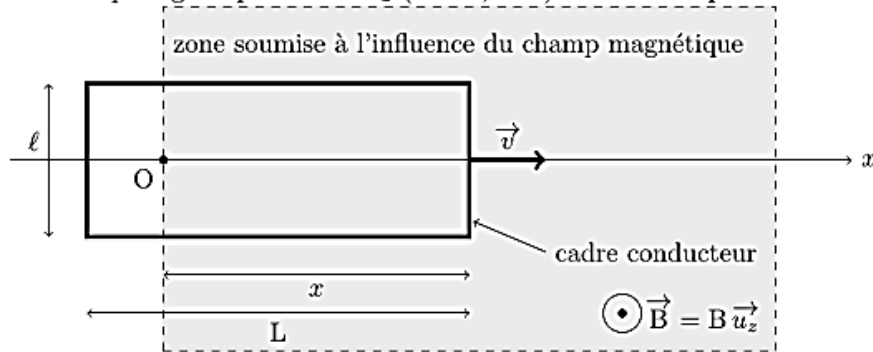


Freinage par induction

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 3 : 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"><input type="checkbox"/> Alimentation : 12 V<input type="checkbox"/> Puissance de sortie audio : 5 W - 4 Ohms<input type="checkbox"/> Mode de fixation : sur étrier<input type="checkbox"/> Taille et type d'écran : LCD 52 mm<input type="checkbox"/> Puissance en émission : 25 W<input type="checkbox"/> Consommation en veille : < 0,5 A<input type="checkbox"/> Consommation à 25 W : < 6 A<input type="checkbox"/> 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 4 : 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.

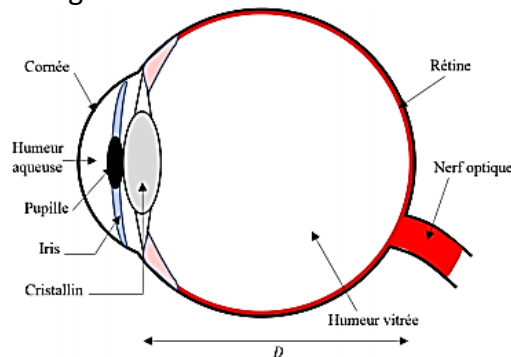


Figure 1 : Schéma descriptif de l'œil

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 : Appareil photo

Dans le film Casino Royale, lorsqu'ils arrivent à Venise par le Canale di San Marco, James Bond et Vesper veulent immortaliser cet instant en photographiant le Campanile situé sur la Piazza di San Marco.

La tour culmine à une hauteur $h = 100 \text{ m}$ et se situe à une distance $d = 1,0 \text{ km}$ du voilier sur lequel se trouvent James et Vesper.

Utilisation d'un objectif standard

Dans un 1^{er} temps, on suppose que James utilise un objectif standard qu'on modélisera par une lentille convergente unique de centre optique O et de distance focale image $f' = 50 \text{ mm}$.

QB.1. Soit D l'encombrement de l'appareil i.e. la distance entre la lentille et la pellicule pour que la photographie du Campanile soit nette. Montrer que $D \approx 5,0 \text{ cm}$. Vous préciserez les approximations faites pour le calcul.

QB.2. Déterminer l'expression puis la valeur de la hauteur h_1 du Campanile sur la pellicule.

QB.3. Expliquer pourquoi il est nécessaire d'utiliser un objectif de plus grande distance focale image pour photographier les détails d'un objet lointain.



Utilisation d'un téléobjectif

On suppose maintenant que James utilise un téléobjectif. Il s'agit d'un objectif de grande distance focale image : la distance focale est supérieure à la diagonale de la pellicule pour un appareil argentique ou à la matrice de cellules photosensibles pour un numérique. Ces objectifs permettent le cadrage serré des sujets photographiés grâce à un angle de champ étroit.

On modélise ici un tel objectif en associant deux lentilles distantes de $e = 30 \text{ mm}$. On note :

- (L_1) la lentille la plus proche de l'objet de centre O_1 et de distance focale image $f'_1 = 50 \text{ mm}$;
- (L_2) la lentille la plus proche de la pellicule de centre O_2 et de distance focale image $f'_2 = -25 \text{ mm}$.

QB.4. a) Donner la définition du foyer image F' d'un système optique. Déterminer alors l'expression de la distance algébrique $\overline{O_2 F'}$ avec F' le foyer image du téléobjectif en fonction de f'_1 , f'_2 et e . Calculer $\overline{O_2 F'}$.

QB.4. b) En déduire l'encombrement D de l'appareil muni d'un téléobjectif i.e. la distance entre (L_1) et la pellicule pour que la photographie du Campanile soit nette.

QB.5. a) Réaliser un schéma à l'échelle représentant (L_1) et (L_2) et placer les points particuliers associés à ces lentilles.

QB.5. b) Déterminer par construction la position de F' le foyer image du téléobjectif.

QB.6. On note h_2 la hauteur du Campanile obtenu sur la pellicule avec le téléobjectif. Montrer que $h_2 = 25 \text{ mm}$.

QB.7. On souhaite obtenir une image du Campanile de même taille sur la pellicule avec un objectif composé d'une seule lentille. Déterminer la distance focale image de cette lentille.

QB.8. Conclure sur les avantages du téléobjectif.

Partie C : 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 D : 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 $\gamma_{ob} = \left(\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} \right)_{ob} = -2$.

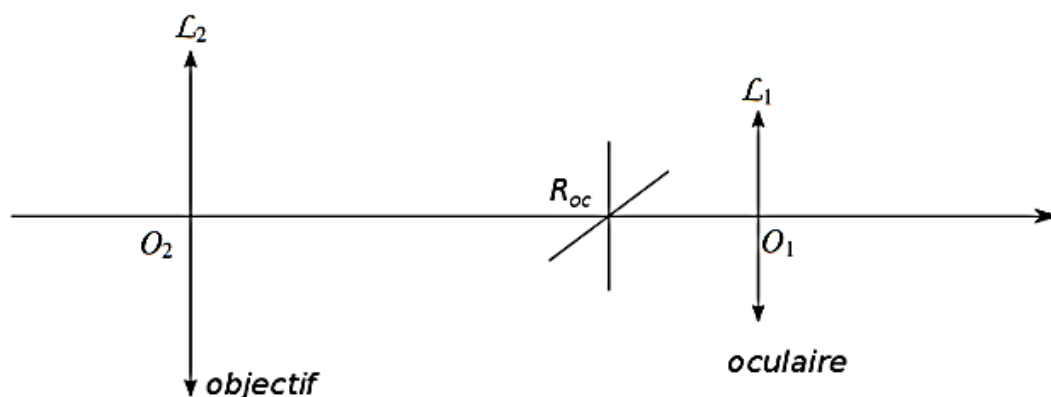


Figure 6 - Schéma d'un viseur à frontale fixe.

- 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 4 :

Questions II.3 et II.4.

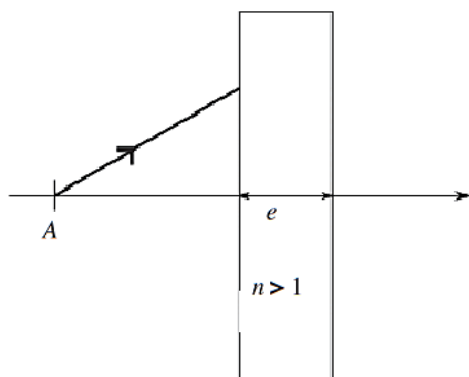


Figure A1

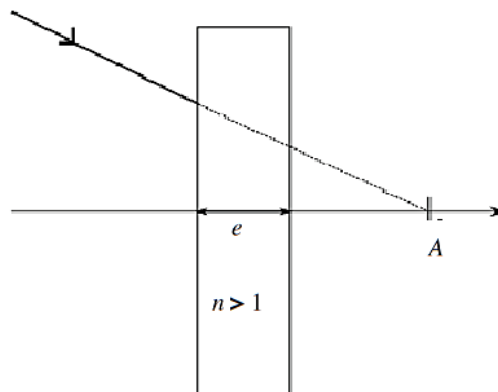


Figure A2

Question II.9

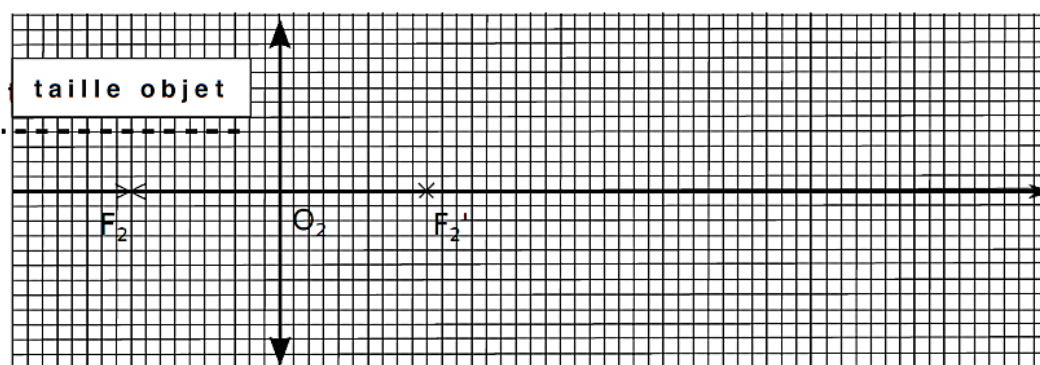


Figure B

- FIN DE L'ENONCE -