



Devoir surveillé 7 de Physique-Chimie TS11

Thème(s) : tous
Durée : 4 heures

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, peuvent être utilisées, mais exclusivement pour les schémas et la mise en évidence des résultats ;
- Ne pas utiliser de **correcteur** ;
- Écrire le mot FIN à la fin de votre composition ;
- Remplir sur chaque copie en MAJUSCULES toutes vos informations d'identification : nom, prénom ;
- Les applications numériques seront faites avec un nombre adapté de chiffres significatifs.

Les calculatrice sont **interdites**.

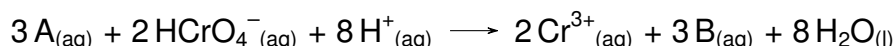
Le sujet est composé de **3 parties** qui peuvent être traitées indépendamment. Si besoin, le candidat pourra admettre le résultat d'une question et l'utiliser dans les questions suivantes.

Exercice 1 : étude cinétique mettant en jeu un composé du chrome

d'après banque PT 2023

On se propose de réaliser l'étude cinétique de l'oxydation du propan-2-ol par le dichromate en milieu acide. En solution aqueuse acide, l'ion dichromate $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ se transforme en HCrO_4^- .

C'est ce dernier qui oxyde le propan-2-ol (noté A) en propanone (notée B) selon la réaction :



La température est constante et de 40°C . Les résultats expérimentaux sont présentés dans les tableaux 1 et 2. Les graphes utiles sont donnés en figures 1 et 2 (les concentrations sont en $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ pour le tracé des graphes).

On notera dans le tableau d'avancement les concentrations initiales : $a = [\text{A}]_0$; $b = [\text{HCrO}_4^-]_0$; $2x = [\text{Cr}^{3+}]$.

Tableau 1 : $a = 0,080 \text{ mol L}^{-1}$, $b = 1,08 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$, $[\text{H}^+]_{0,1} = 0,270 \text{ mol L}^{-1}$

t (min)	0	20	40	60	80
$[\text{HCrO}_4^-]$ ($10^{-4} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$)	10,8	6,71	4,17	2,59	1,61

Tableau 2 : $a' = 15 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$, $b' = 10 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$, $[\text{H}^+]_{0,2} = 0,405 \text{ mol L}^{-1}$.

t (min)	0	40	160	270	450
$[\text{Cr}^{3+}]$ ($10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$)	0	2,87	6,16	7,31	8,19

Q1. Donner l'expression générale de la loi de vitesse (on appellera α , β , et γ les ordres partiels respectifs de A, HCrO_4^- et H^+).

Exploitation du tableau 1 et de la figure 1

Q2. Montrer que l'expression de la vitesse de la réaction se met sous une forme simplifiée. On notera k_1 la constante de vitesse apparente de la réaction.

Q3. Donner la définition de la vitesse utile dans ce cas. Montrer alors que $\beta = 1$ et calculer la constante de vitesse apparente de la réaction k_1 .

Exploitation du tableau 2 et de la figure 2

Q4. Montrer que l'expression de la vitesse de la réaction se met sous une forme simplifiée.

Q5. Quelle relation existe-t-il entre certaines conditions initiales ?

Montrer que la vitesse peut se mettre sous la forme $v = k_2[\text{HCrO}_4^-]^{\alpha+1}$ où k_2 est la constante de vitesse apparente de la réaction dont on donnera l'expression.

Q6. Montrer alors que $\alpha = 1$ et calculer la constante de vitesse apparente de la réaction k_2 .

Pour cela, on établira la relation suivante $\frac{1}{b' - [\text{Cr}^{3+}]} - \frac{1}{b'} = 2k_2t$.

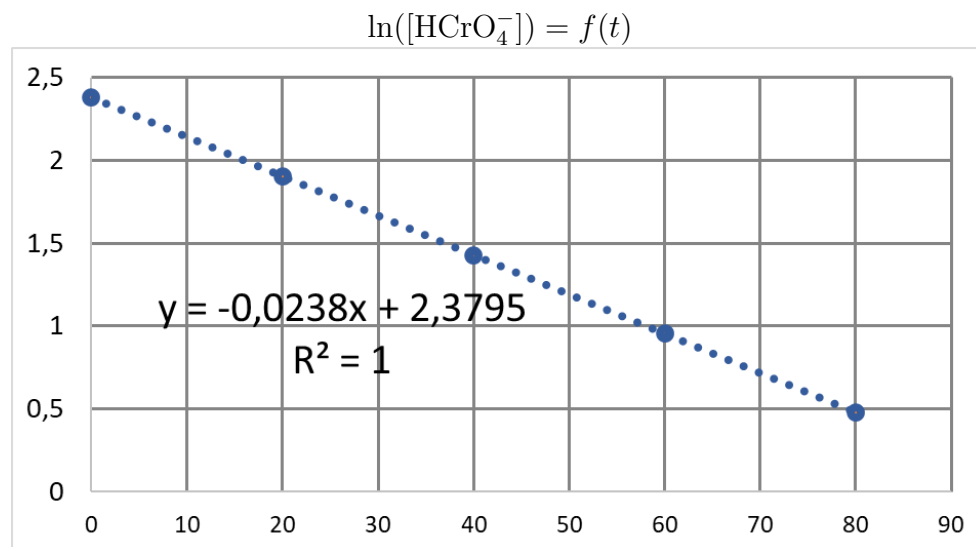


FIGURE 1 – le temps est en minutes.

Q7. Expliquer comment, à partir des résultats précédents, on peut déterminer l'ordre partiel γ .

On trouve $\gamma = 2$. Expliquer comment déterminer la valeur de la constante de vitesse. On ne demande pas l'application numérique mais seulement de préciser l'unité de la constante de vitesse.

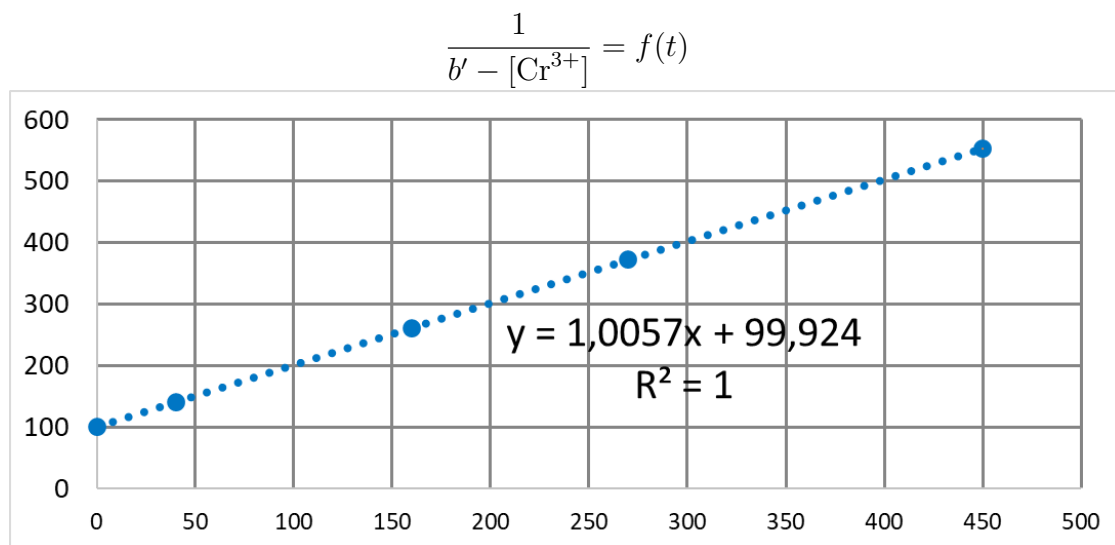


FIGURE 2 – le temps est en minutes.

Exercice 2 : rover persévérance

d'après CCINP TSI 2023

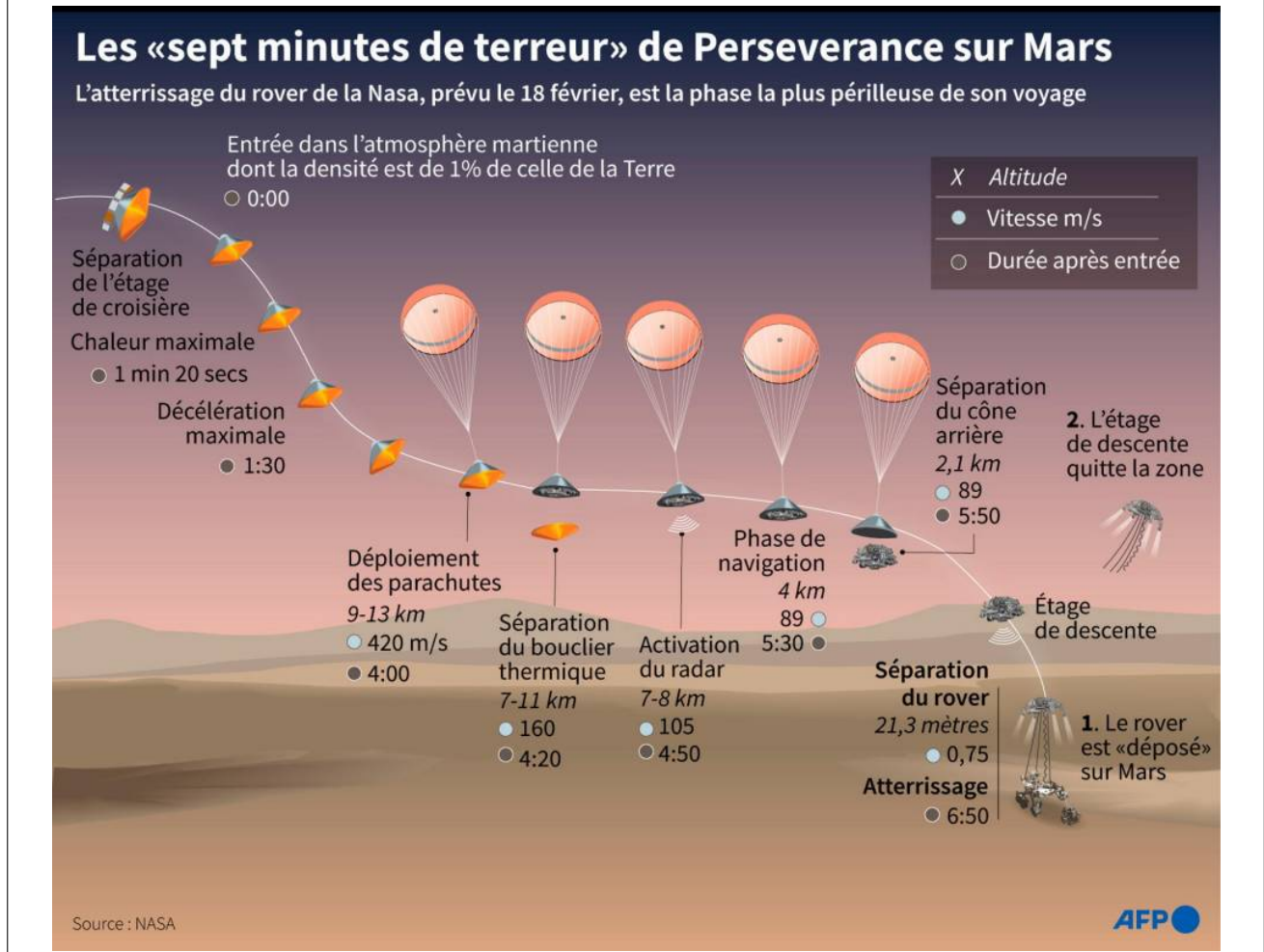
Au cours du siècle dernier, de très nombreux auteurs de science-fiction ont écrit autour de l'exploration de la planète Mars et de ce que nous pourrions y découvrir. C'est certainement un jour au cours de ce siècle, que l'homme foulera le sol martien comme Neil

Armstrong l'a fait pour la Lune le 21 juillet 1969. Dans l'attente de ce grand jour, ce sont des robots qui nous précèdent.

Lancé depuis la Terre le 30 juillet 2020 grâce à un lanceur Atlas V, le rover Perseverance a atterri sur la planète Mars le 18 février 2021. Le site d'atterrissage, le cratère Jezero, est une zone présentant une grande diversité géologique et ayant abrité un lac il y a environ 3,6 milliards d'années. Un des enjeux de cette mission est le prélèvement d'échantillons destinés à être analysés sur Terre afin de déceler d'éventuelles traces d'une vie passée.

DOCUMENT 1 : ATERRISSAGE DE PERSEVERANCE

Source : CNES.fr



L'atterrissage

La sonde spatiale Mars 2020, de masse m , pénètre dans l'atmosphère martienne à la vitesse de $12000 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ (vitesse mesurée par rapport au sol), elle larguera le rover 7 minutes plus tard. Après une première phase de freinage grâce au bouclier thermique, le parachute est déployé à l'altitude d'environ $10,6 \text{ km}$ et à la vitesse, notée v_A , de $420 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Au bout de 20 secondes, la vitesse n'est plus que de $160 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ et l'altitude de $7,5 \text{ km}$, Mars 2020 largue alors son bouclier thermique.

Q8. On note A le point d'ouverture du parachute et B le point de largage du bouclier thermique. En appliquant le théorème de l'énergie cinétique entre ces deux points, montrer que le travail des forces de frottement sur le parachute, dont la résultante sera notée \vec{f} , est d'environ $W_{AB}(\vec{f}) \simeq -2,6 \times 10^8 \text{ J}$. On prendra une masse de 3000 kg pour la sonde spatiale

et on supposera que l'accélération de la pesanteur martienne est uniforme et de valeur $g = 3,7 \text{ m s}^{-2}$.

La force de frottement fluide s'exerçant sur le parachute est de la forme $\vec{f} = -h\vec{v}$, où $h > 0$ est le coefficient de frottement fluide et \vec{v} est le vecteur vitesse.

Q9. Quelle est l'unité du coefficient de frottement fluide h ?

Q10. Établir l'équation différentielle vérifiée par le vecteur vitesse \vec{v} et la mettre sous la forme :

$$\frac{d\vec{v}}{dt} + A\vec{v} = \vec{B}$$

Préciser les expressions de A et \vec{B} .

Q11. Résoudre l'équation afin d'obtenir l'expression du vecteur vitesse à chaque instant $\vec{v}(t)$. On prendra comme origine des temps le point A d'ouverture du parachute et on notera $\vec{v}(t=0) = \vec{v}_0$ le vecteur vitesse initial.

Q12. Déterminer l'expression de la vitesse limite théorique pouvant être atteinte par la sonde, au bout d'un temps infiniment long.

Pour pouvoir réussir cette phase périlleuse, l'étage de descente (le skycrane) dispose d'un radar Doppler comportant six antennes dévoilées dès que le bouclier thermique est largué. Le radar peut alors déterminer avec précision la vitesse et l'altitude de la sonde.

La bande Ka (Kurz Above) du spectre électromagnétique est très utilisée dans le domaine des télécommunications spatiales ; on considère une fréquence moyenne de 30 GHz.

Q13. Calculer la longueur d'onde dans le vide λ_0 associée à cette fréquence.

Lorsque la sonde se trouve à une altitude H , celle-ci peut être déterminée avec précision grâce à la durée mise par l'onde pour effectuer un aller-retour entre l'antenne d'émission et le sol.

Q14. À partir de l'infographie du CNES (document 1), estimer le temps Δt entre l'émission de l'onde par le radar et sa réception après réflexion sur le sol martien, au moment de la séparation du bouclier thermique.

La communication

Les rovers peuvent communiquer directement avec la Terre via deux antennes à 8 GHz mais aussi avec les sondes orbitales, appelées orbiters et situées à 400 km en orbite autour de Mars. Ces sondes orbitales transmettent les données reçues à la Terre lorsque celle-ci est dans le champ de leur antenne. Ainsi, les rovers économisent de l'énergie.

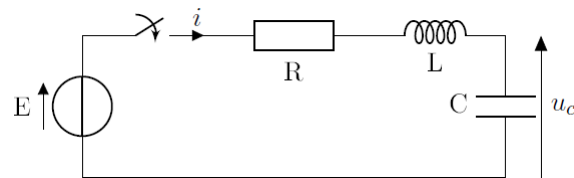
Bien que la technologie ait évolué considérablement dans ce domaine, historiquement, l'émission et la réception d'ondes ont été possibles grâce à l'association de simples dipôles passifs.

Avant transmission des signaux, il est nécessaire d'étudier l'alimentation de l'antenne émettrice. Même si les circuits utilisés dans la réalité sont plus élaborés, historiquement, on a pu obtenir un courant oscillant grâce à un circuit comprenant une bobine et un condensateur. La tension aux bornes de ce dernier pourra alimenter une antenne émettrice. C'est dans ce contexte que nous étudierons ces dipôles.

On considère ici un circuit *RLC* schématisé en figure 3. Le condensateur est initialement déchargé et le circuit est alimenté par une source de tension continue notée E .

On considérera les valeurs suivantes : $R = 2,0 \text{ k}\Omega$, $C = 10 \text{ nF}$ et $L = 40 \text{ mH}$.

À $t = 0$, on ferme l'interrupteur.

FIGURE 3 – Circuit RLC alimenté par une tension continue

Q15. Déterminer la tension aux bornes du condensateur $u_C(0^+)$ et l'intensité $i(0^+)$ dans le circuit juste après la fermeture de l'interrupteur. Justifier.

Q16. Établir l'équation différentielle vérifiée par la tension aux bornes du condensateur $u_C(t)$ et la mettre sous la forme canonique suivante :

$$\frac{d^2 u_C}{dt^2} + \frac{\omega_0}{Q} \frac{du_C}{dt} + \omega_0^2 u_C = \omega_0^2 E$$

Exprimer la pulsation propre ω_0 et le facteur de qualité Q en fonction de R , L et C .

Q17. Déterminer la valeur de la fréquence propre d'oscillation f_0 , avec un chiffre significatif.

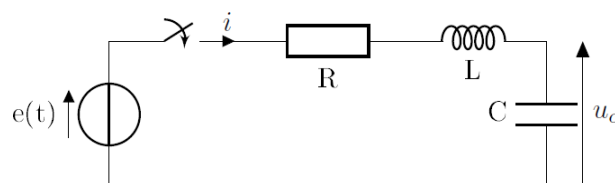
Q18. Déterminer la valeur du facteur de qualité, avec un chiffre significatif. Préciser le régime associé à cette valeur du facteur de qualité.

Q19. Résoudre l'équation différentielle afin de déterminer l'expression de la tension aux bornes du condensateur à chaque instant $u_C(t)$, montrer que :

$$u_C(t) = E \left(1 - e^{-\lambda t} \left(\cos(\Omega t) + \frac{\lambda}{\Omega} \sin(\Omega t) \right) \right)$$

Vous préciserez les expressions de λ et Ω en fonction de ω et Q .

On remplace la source de tension continue par une source de tension sinusoïdale $e(t) = E_0 \cos(\omega t)$ où ω désigne la pulsation.

FIGURE 4 – Circuit RLC alimenté par une tension sinusoïdale

Q20. Déterminer l'impédance équivalente \underline{Z}_{eq} à l'association en série des trois dipôles R , L et C .

Q21. Sachant que l'intensité dans le circuit s'écrit $i(t) = I_0 \cos(\omega t + \varphi)$ où φ désigne la phase à l'origine, donner l'écriture complexe de la tension aux bornes du générateur $\underline{e}(t)$ et de l'intensité dans le circuit $\underline{i}(t)$.

Q22. Montrer, l'expression de l'amplitude de l'intensité I_0 en fonction de E , R , L , C et de ω :

$$I_0 = \frac{E_0}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$$

Q23. En déduire l'expression de la fréquence d'oscillation pour laquelle l'amplitude de l'intensité I_0 qui alimente l'antenne sera maximale. Donner alors l'expression de cette intensité maximale I_{\max} en fonction de E et R .

Dans les questions suivantes, nous allons étudier la transmission d'information directe entre le rover sur Mars et la Terre.

Q24. Mars s'éloigne de la Terre à la distance maximale d'environ 300 millions de km. Estimer la durée τ nécessaire à un signal radio pour parcourir cette distance. Conclure.

Nous pouvons nous demander pourquoi ne pas avoir installé de caméra HD sur le rover. Une image 4K de taille 4096×2160 pixels (que l'on pourra approximer à 4000×2000) est codée sur 32 bits par pixel et le débit moyen utilisé pour la transmission est de 0,25 Mo/s. On rappelle qu'un octet est une unité d'information de 8 bits.

Q25. Calculer le poids d'une image 4K en Mo (on prendra $1 \text{ Mo} = 10^6$ octets).

Q26. Calculer la durée nécessaire pour obtenir une vidéo de 1 seconde avec une cadence de 24 images par seconde envoyée depuis Mars vers la Terre. Commenter.

Ingenuity

DOCUMENT 2 : INGENUITY

Source : dossier presse Mars 2020, www.CNES.fr



UN DRONE SUR MARS

En mai 2018, la NASA a annoncé que Perseverance embarquera un petit hélicoptère expérimental MHS (Mars Helicopter Scout) pesant 1,8 kilogramme. Baptisé Ingenuity, il testera l'intérêt du recours à des vols de reconnaissance optique. L'expérimentation doit durer une trentaine de jours.

Il se déplace dans les airs grâce à deux rotors bipales tournant en sens contraires. La vitesse de rotation est comprise entre 2 400 et 2 900 tours par minute, soit 10 fois celle des pales d'un hélicoptère sur Terre. En effet l'atmosphère martienne étant très ténue, l'air y est peu dense et nécessite donc une vitesse de rotation plus importante pour que l'appareil se soulève du sol.

Puissance fournie par les panneaux solaires, $P = 350 \text{ W}$.

La théorie de Rankine-Froude date de la fin du XIX^e siècle. Ses concepteurs visaient à modéliser le fonctionnement macroscopique des hélices marines pour prédire leur poussée et la puissance nécessaire à leur rotation.

Elle permet également de mettre en relation la puissance \mathcal{P} d'un hélicoptère et la force de poussée F fournie :

$$\mathcal{P} = \sqrt{\frac{F^3}{2\rho S}}$$

où F est la force de poussée fournie, ρ la masse volumique de l'atmosphère martienne et S la surface balayée par les pales de l'hélicoptère (celles d'Ingenuity ont un rayon de 60 cm).

Q27. On sait que l'atmosphère martienne est environ 100 fois moins dense que l'atmosphère terrestre et que l'accélération de la pesanteur martienne a pour valeur $g = 3,7 \text{ m/s}^2$. À partir des données de la dernière page et du document 2, montrer qu'on retrouve l'ordre de grandeur de la puissance nécessaire pour qu'Ingenuity effectue un vol stationnaire, c'est-à-dire, développe une force de poussée de valeur égale à celle de son propre poids.

Q28. À partir du document 2, évaluer la vitesse angulaire maximale de rotation d'une hélice en rad s^{-1} . En déduire la vitesse correspondante d'un point en bout de pale.

Q29. Le moment d'inertie J d'une pale par rapport à son axe de rotation est approximativement $J = \frac{mR^2}{12}$, où m est sa masse et R sa longueur. Déterminer le moment d'inertie correspondant à une hélice de l'hélicoptère, constituée de deux pales (chacune ayant une masse de 100 g).

Q30. En déduire le moment cinétique lorsque cette hélice tourne à vitesse maximale.

Q31. On considère un hélicoptère ne comportant qu'une hélice d'axe vertical. En appliquant le théorème du moment cinétique à l'hélicoptère montrer que lorsque l'on démarre l'hélicoptère et que l'hélice se met à tourner, le corps de l'hélicoptère entre en rotation, dans le sens contraire à la rotation de l'hélice.

Q32. Sur le document 2, on voit deux hélices contrarotatives, c'est-à-dire, pouvant tourner en sens inverse. Quel serait le moment cinétique de la deuxième hélice, tournant en sens contraire ?

Q33. Quelle peut être l'utilité du caractère contrarotatif de ce dispositif ?

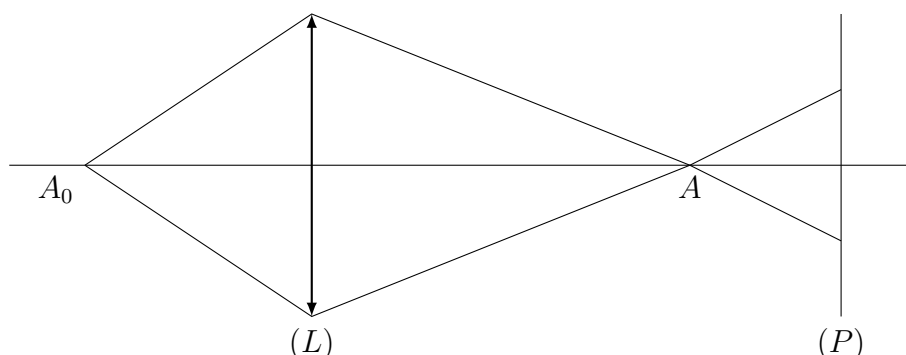
Exercice 3 : appareil photo numérique

d'après banque PT 2021

Un appareil photo est modélisé par une lentille mince convergente (L), l'objectif, de focale $f'_0 = 10 \text{ cm}$ et un plan récepteur (P) placé orthogonalement à l'axe optique. Ce plan récepteur est de taille $20 \text{ mm} \times 30 \text{ mm}$ et contient 6 méga pixels.

Lorsque le réglage de l'appareil est optimal l'image de l'objet à photographier se trouve sur le plan (P). Sinon, il convient de modifier la position de ce plan.

Prenons l'exemple d'un objet réduit à un point objet A_0 qui donne un point image A . En cas de défaut de réglage on a la situation décrit sur la figure ci-dessous.



Sur (P) se forme alors une tache à la différence d'un point.

Il faut donc déplacer le plan (P) d'une certaine distance pour obtenir une image nette.

Pour cela la méthode la plus rapide consiste à calculer cette distance à partir de la différence d'ordonnées des points inférieurs et supérieurs de la tâche. Il y a cependant une difficulté du fait que l'on obtient la même tache que (P) soit placé devant ou derrière l'image.

Nous allons étudier un dispositif astucieux qui permet de calculer algébriquement le déplacement à opérer partant d'un défaut de réglage.

Mise au point

Dans cette partie on attend, pour chaque question, une expression littérale puis une valeur numérique. On souhaite photographier un objet de hauteur $h = 10$ cm, transverse à l'axe de l'objectif et situé à une position $x_0 = -2$ m, l'origine étant prise au centre de la lentille (L). L'axe optique est orienté de la gauche vers la droite.

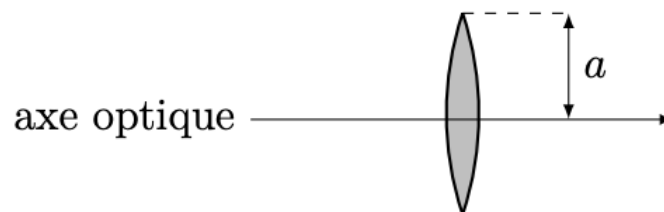
Q34. À quelle distance d' du centre de la lentille (L) faut-il placer (P) pour avoir une image nette (ceci définit le plan P_0) ? Donner la taille h' de l'image.

On se place dans le cas où l'objet précédent se ramène à un point situé sur l'axe toujours à la position $x_0 = -2$ m. (P) est placé à une distance $\delta = 0,5$ cm derrière P_0 . La lentille a un rayon $a = 5$ cm (figure ci-dessous).

On observe alors une tache lumineuse sur (P).

Q35. Faire un schéma et tracer les rayons qui parviennent à l'extrémité de cette tâche. Déterminer le rayon a' de la tâche lumineuse formée sur (P).

NB : le rayon de la lentille a est défini par la hauteur de lentille par rapport à l'axe optique (figure ci-dessous).



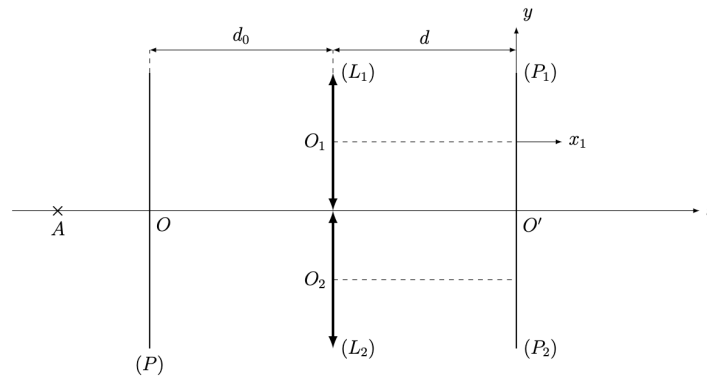
Q36. Après avoir déterminé la taille d'un pixel, supposé carré, donner un critère sur a' , puis sur δ pour que l'image transmise par le capteur soit nette.

Principe simplifié de l'auto-focus

Dans un souci de simplification on considère un objet réduit à un point objet situé sur l'axe de la lentille (L) qui donne un point image noté A . Pour déterminer si A se trouve ou non sur (P) on utilise deux lentilles annexes (L_1) et (L_2), situées à une distance d_0 de (P), de focale f' et de rayon a auxquelles sont associées des capteurs plans (P_1) et (P_2) situés à une distance d de chaque lentille. (P_1) (resp (P_2)) est conjugué de (P) par (L_1) (resp (L_2)).

Attention : en réalité les deux lentilles sont désaxées par rapport à l'axe optique de (L), les rayons étant déviés par des miroirs. Ici, on considère simplement que tout se passe comme si (P) est transparent.

Le schéma est représenté figure ci-dessous.



Q37. Exprimer d en fonction de d_0 et f' .

Q38. On se place dans le cas où A est sur (P) . On note A_1 son image par (L_1) . Faire un schéma représentant A , A_1 , F'_1 (le foyer image de (L_1)) et les rayons issus de A passant par les bords inférieurs et supérieurs de (L_1) .

Q39. Déterminer l'ordonnée y_1 de A_1 en prenant l'origine O' située sur l'axe (Ox) (on pourra préalablement déterminer l'ordonnée par rapport à l'axe optique de la lentille (L_1)). En déduire l'expression de y_2 l'ordonnée de A_2 l'image de A par (L_2) en prenant également l'origine en O' .

Q40. Calculer $\Delta\phi_0 = y_1 - y_2$ (appelé différence de phase, même si c'est une longueur) que l'on exprimera en fonction de d_0 , d et a .

On se place dans le cas où A est avant le plan (P) (cas de la figure ci-dessus) et on pose $OA = p$ (mesure algébrique). On note à nouveau A_1 l'image de A par (L_1) .

Q41. Construire A_1 sur le document réponse.

On note x_1 l'abscisse de A_1 mesurée sur l'axe (O_1x_1) que l'on ne cherchera pas à exprimer et qui sera donc considérée comme une donnée. Déterminer son ordonnée y_1 mesurée à partir de l'axe (Ox) en fonction de a , x_1 , d_0 et p .

Q42. Sur le document réponse, tracer les rayons issus de A passant par les extrémités des lentilles (L_1) et (L_2) .

On obtient donc une tâche lumineuse. On note y_s l'ordonnée du point supérieur de la tâche lumineuse sur (P_1) et y_i l'ordonnée du point inférieur de cette tâche, l'origine étant en O' sur l'axe (Ox) .

Q43. Exprimer y_s en fonction de y_1 , x_1 et d et montrer que :

$$y_i = 2a \left(1 - \frac{d}{x_1} \right) + \frac{dy_1}{x_1}$$

Le principe de la méthode est de mesurer ce qui est appelé « la différence de phase » définie par $\Delta\phi = y_s - y'_s$ où y'_s est l'ordonnée du point supérieur de la tâche lumineuse sur (P_2) .

Ce qui revient à déterminer $\Delta\phi = y_s + y_i$.

Q44. Pourquoi a-t-on $y_i = -y'_s$? Montrer que :

$$\Delta\phi = 2a + \frac{2ad}{d_0 - p}$$

Q45. Évaluer la différence de phase entre le cas où la mise au point n'est pas réalisée et celui où elle l'est : $\Delta^2\phi = \Delta\phi - \Delta\phi_0$.

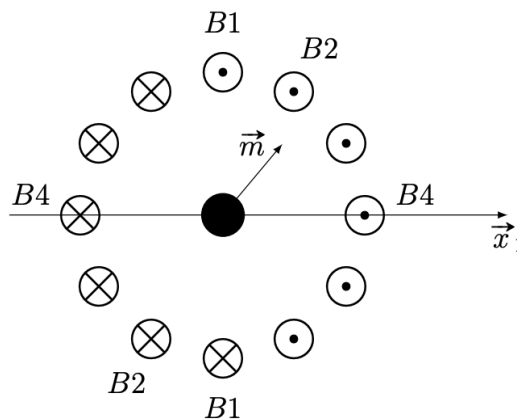
Le principe de l'auto focus consiste donc à mesurer la différence de phase et d'en déduire p . Il suffit ensuite de déplacer la lentille (L) afin de faire coïncider A sur (P). Le déplacement de la lentille se fait au moyen d'un moteur pas à pas.

Q46. On mesure $\Delta^2\phi$. Exprimer p en fonction de $\Delta^2\phi$, d_0 et a et d .

Pour un objet étendu orthogonal à l'axe, on peut montrer que la différence de phase due à chaque point source de l'objet est identique. Le principe de la méthode peut alors être généralisé.

Moteur pas à pas

Un moteur pas à pas est constitué d'un rotor qui peut tourner autour d'un axe (Δ). On place un ensemble de bobines plates, (B_1)...(B6) qui sont susceptibles de créer un champ magnétique lorsqu'on les alimente (figure ci-dessous). Celles-ci sont alimentées par un courant continu dans le sens des orientations, ou non alimentées.



En commandant les bobines les unes après les autres, on fait tourner le moteur de pas successifs. Le rotor est en général caractérisé par un moment magnétique \vec{m} qui peut tourner librement autour de l'axe Δ orthogonal au plan de la figure.

Q47. Déterminer la direction et sens du champ magnétique créé par la bobine B_1 en un point de son plan. Donner la direction d'un moment magnétique à l'équilibre dans un champ magnétique uniforme (à justifier).

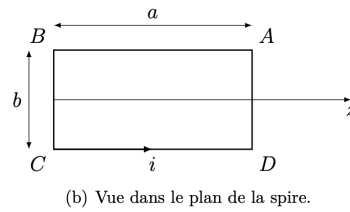
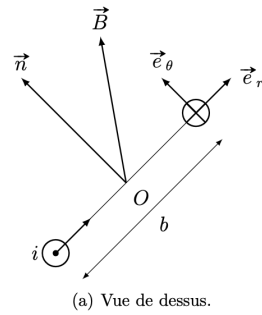
La bobine B_1 est alimentée seule ; on coupe l'alimentation et on alimente la bobine B_2 . Représenter les positions successives du moment magnétique en se limitant aux deux bobines considérées.

Moment magnétique.

Q48. On considère une spire plane rectangulaire $ABCD$ de cotés a et b , parcourue par un courant i . Donner l'expression de son moment magnétique. À un aimant on associe également un moment magnétique. Pourquoi ? Quel est l'ordre de grandeur d'un moment magnétique associé à un aimant ?

Nous étudions le cas où le rotor est un cadre sur lequel sont bobinées N spires parcourues par un courant i .

Moment des forces de Laplace. La spire précédente peut tourner autour de l'axe (Δ) = (Oz). Elle est placée dans un champ magnétique uniforme \vec{B} sur le cadre ce qui donne vue de dessus la figure ci-dessous où \vec{n} est le vecteur normal à la spire.



On pose $\vec{B} = B_r \vec{e}_r + B_\theta \vec{e}_\theta$ avec \vec{e}_r et \vec{e}_θ avec la base locale définie sur la figure ci-dessus.

Q49. Déterminer le moment des forces qui s'exerce sur la spire par rapport à l'axe (Δ) . Retrouver ce résultat à partir de la forme vectorielle du moment donnée en cours.

Aide au calcul

$420^2 \simeq 1,8 \cdot 10^5$	$160^2 \simeq 2,6 \cdot 10^4$	$420^2 - 160^2 \simeq 1,5 \cdot 10^5$	$3 \times 3,7 \times 3,1 \simeq 34$
-------------------------------	-------------------------------	---------------------------------------	-------------------------------------

Données :

- $\pi = 3,14$
- vitesse de la lumière dans le vide : $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
- constante des gaz parfaits : $R = 8,314 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$
- masse molaire de l'air : $M = 29 \text{ g.mol}^{-1}$
- conversion de température degrés Celsius - Kelvin : $T(\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273$

Rappel des lois de Descartes. On considère un point objet A situé sur l'axe d'une lentille mince de focale f' , A' le point image. On a les relations :

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

et la relation de grandissement transverse :

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{OA'}{OA}$$

où AB est un objet transverse et $A'B'$ son image.

Document réponse à rendre avec la copie.

Nom : _____ **Prénom :** _____

