

Concours Blanc 2026 (Calculatrice autorisée)

Exercice n°1 : Optique de l'œil

L'œil est l'organe de la vision, il capte la lumière et transforme celle-ci en signaux électriques transmis au cerveau via le nerf optique. La mise au point s'effectue à l'aide du cristallin qui a la forme d'une lentille biconvexe.

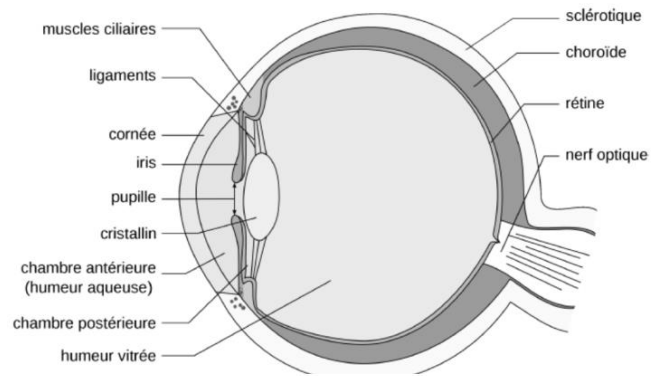


Figure 1 – Schématisation de l'œil

Données :

- Loi de conjugaison de Descartes pour les lentilles minces :

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

- Loi d'additivité des vergences pour les doublets de lentilles accolées : $V_{tot} = V_1 + V_2$

1) Préciser les éléments de l'œil qui jouent le rôle de lentille, d'écran et de diaphragme.

On assimile un œil emmétrope (c'est-à-dire l'œil sans défaut) au repos à un ensemble {lentille mince + écran} distant de $e = 17 \text{ mm}$.

2) a) Réaliser un schéma équivalent de l'œil au repos en faisant figurer la longueur e .

b) Exprimer puis calculer la vergence de l'œil V_{Repos} .

On appelle punctum proximum le point le plus proche que l'œil peut voir en accommodant, ce point est typiquement situé à $PP = 25 \text{ cm}$ devant l'œil emmétrope.

3) a) Réaliser un schéma équivalent (sans respecter l'échelle) de l'œil accommodant un objet au punctum proximum en faisant figurer PP et e .

b) Exprimer puis calculer la vergence de l'œil V_{PP} .

c) Comment évolue la distance focale du cristallin lors de l'accommodation ?

La myopie est un défaut de vision pour lequel l'image d'un objet éloigné se forme avant la rétine lorsque l'œil est au repos. Un œil myope possède un punctum remotum (PR) situé à $2,0 \text{ m}$. On se propose de corriger cet œil par une lentille de contact que l'on pourra supposer accolée à l'œil.

4) a) Expliquer la signification physique du punctum remotum. Donner sa valeur pour un œil emmétrope.

b) Exprimer puis calculer la vergence de l'œil myope au repos V'_{Repos} .

c) Exprimer puis calculer la vergence de la lentille correctrice V_1 permettant à cet œil de voir net un objet situé à l'infini en fonction de PR .

L'œil myope est maintenant corrigé par des lunettes placées à une distance $d = 15 \text{ mm}$ de l'œil.

5) a) L'image formée par la lentille correctrice doit-elle être formée au PR ou sur la rétine ? Justifier.

b) Exprimer puis calculer la vergence de la lentille correctrice V_2 en fonction de d et PR .

Exercice n°2 : Étude du mouvement d'un satellite

Les systèmes d'observation des océans par satellite ont été imaginés et développés au début des années 70. Depuis, plus d'une quinzaine de satellites d'observation embarquant des altimètres radars ont été lancés dans le but d'observer le comportement des océans.

Issues d'une coopération du CNES et de la NASA, la série des satellites Topex-Poséidon, initiée en 1992, puis celle des satellites Jason, ont permis de mesurer l'élévation moyenne des mers avec précision : $(3,6 \pm 0,1) \text{ mm/an}$ durant ces trente dernières années.

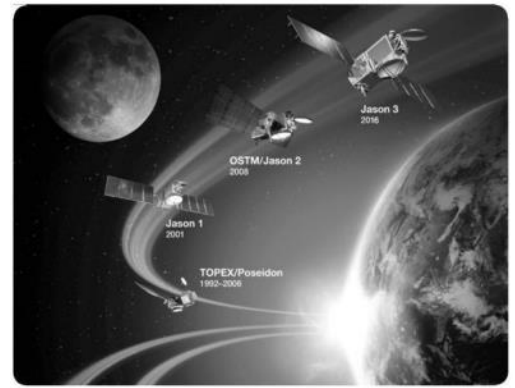


Figure 1 - Satellites altimétriques lancés depuis 1992. Vue d'artiste. Crédit : CNES

On se propose dans cette partie d'étudier le mouvement d'un tel satellite, en orbite autour du centre O de la Terre, de rayon R_T et de masse M_T .

Partie A : Force centrale conservative

On commence par étudier le mouvement d'un mobile quelconque, de masse m et assimilé à un point matériel M , dans le référentiel géocentrique \mathcal{R}_T considéré comme galiléen. Le mobile n'est soumis qu'à la seule action de la Terre.

- 1) Rappeler la définition du référentiel géocentrique et celle d'un référentiel galiléen.
- 2) Donner l'expression \vec{F}_g de la force de gravitation exercée par la Terre sur le mobile de masse m en fonction de la constante de gravitation universelle G , de la masse M_T , de la distance $r = OM$ et du vecteur unitaire \vec{U}_r . On pourra s'aider d'un schéma.
- 3) Montrer que le moment cinétique \vec{L}_O du mobile par rapport au point O est une constante du mouvement. Montrer que la trajectoire du mobile est plane.

Dans la suite, on associera au référentiel \mathcal{R}_T le repère orthonormé $(O, \vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z)$ de façon à ce que le moment cinétique \vec{L}_O soit aligné avec \vec{e}_z .

On posera $\vec{L}_O = L_O \vec{e}_z$ avec $L_O = \|\vec{L}_O\|$, et on se placera en coordonnées polaires (r, θ) , de centre O , pour décrire le mouvement du mobile.

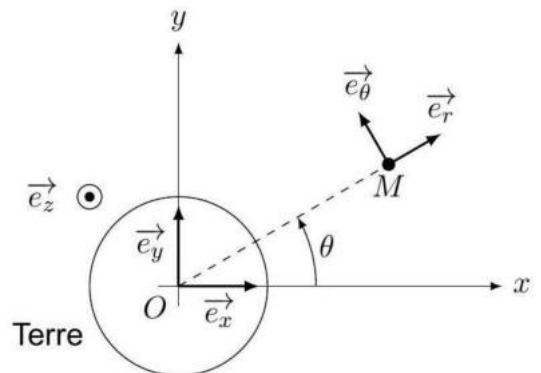


Figure 2 - Description du mouvement du mobile dans le système de coordonnées polaires.

- 4) Montrer que la force gravitationnelle s'exerçant sur le mobile dérive d'une énergie potentielle E_p . Établir l'expression de celle-ci en la prenant, par convention, nulle à l'infini.
- 5) Montrer que l'énergie mécanique E_m est une constante du mouvement et qu'elle peut se mettre sous la forme :

$$E_m = \frac{1}{2} m \dot{r}^2 + E_{p,eff}(r) \tag{1}$$

Où $E_{p,eff}(r)$ est l'énergie potentielle effective, que l'on exprimera en fonction de G, m, M_T, L_O et r .

6) Expliquer pourquoi l'énergie mécanique du mobile est nécessairement supérieure ou égale à son énergie potentielle effective.

7) Représenter graphiquement, pour une valeur donnée de L_0 , l'énergie potentielle effective $E_{p,eff}(r)$ du mobile en fonction de r . Faire apparaître sur le graphique l'énergie mécanique d'une trajectoire associée à un état lié.

8) Pour un mouvement elliptique quelconque, indiquer à quelles positions particulières du satellite l'énergie mécanique est égale à l'énergie potentielle effective. Caractériser le mouvement du mobile dans le cas où l'énergie mécanique est égale au minimum de l'énergie potentielle effective.

La plupart des mesures effectuées par les satellites altimétriques se font à partir de l'orbite altimétrique de référence, que l'on considérera ici comme une orbite circulaire de rayon R . Le mobile étudié correspond à un satellite altimétrique de masse m , assimilable à un point matériel.

9) Appliquer la 2^{ème} loi de Newton au satellite pour retrouver l'expression de sa vitesse en fonction de G , M_T , R . En déduire l'expression de l'énergie mécanique $E_{m,alt}$ du satellite situé sur l'orbite altimétrique de référence, en fonction de G , M_T , m et de R .

10) Établir la troisième loi de Kepler dans le cas particulier d'une orbite circulaire, en utilisant les paramètres liés à l'orbite altimétrique.

Partie B : Jason-2, un exemple pour la fin de vie des satellites

En fin de vie, pour que ne soit pas laissé un objet non contrôlé sur l'orbite altimétrique de référence, le satellite Jason-2 a été dirigé vers une orbite dite « cimetièrre », d'altitude légèrement moins haute que celle de l'orbite altimétrique de référence, avant d'être définitivement abandonné.

L'orbite de transfert, appelée orbite de Hohmann, correspond à une ellipse dont l'un des foyers est le centre O de la Terre, dont l'apogée A est situé sur l'orbite altimétrique de référence (rayon R) et dont le périégée P est sur l'orbite cimetièrre (rayon R_c).

Pour modifier l'orbite du satellite, il faut l'accélérer ou le freiner en commandant le fonctionnement et la direction de ses moteurs. On considérera que la poussée générée par ceux-ci s'exerce pendant une durée tellement courte que les changements d'orbites se font instantanément

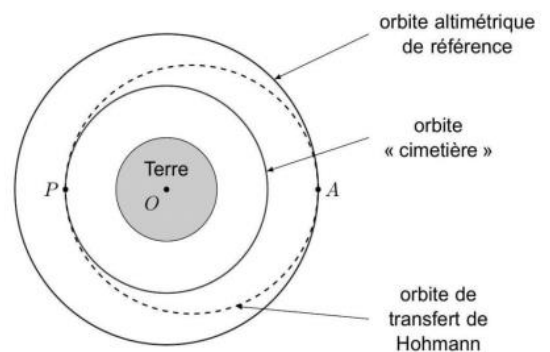


Figure 3 -Tracé des différentes orbites du satellite

11) En utilisant l'équation (1), montrer que l'énergie mécanique $E_{m,tr}$ du satellite sur l'orbite de transfert peut se mettre sous la forme :

$$E_{m,tr} = - \frac{GM_T m}{R + R_c}$$

12) Exprimer la variation d'énergie mécanique $\Delta E_m = E_{m,tr} - E_{m,alt}$ nécessaire pour passer de l'orbite initiale à l'orbite de transfert. Commenter le signe de ΔE_m .

13) En justifiant la réponse, indiquer s'il faut accélérer ou freiner le satellite pour le transférer en P de l'orbite de transfert à l'orbite cimetièrre.

Exercice 3 : Filtrage du signal d'un appareil d'électro-oculographie

Une technique d'analyse du mouvement des yeux (l'électro-oculographie) met en œuvre un signal utile compris dans une bande de fréquence comprise entre **0,002 Hz** et **10 Hz**. Il est nécessaire de placer après le système de mesure un amplificateur et un système qui permet de filtrer le signal.

Le signal issu de l'amplificateur d'instrumentation est traité par le filtre ci-dessous :

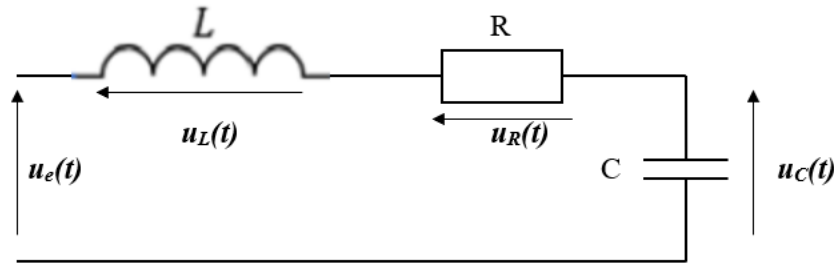


Figure 1 – Circuit électrique du filtre

Il est constitué d'une bobine d'inductance **L**, d'une résistance **R** et d'un condensateur de capacité **C** en série. On alimente ce filtre par une tension $u_e(t) = E \cos(\omega t)$ et on utilise la tension aux bornes du condensateur : $u_C(t) = U_C \cos(\omega t + \varphi)$.

- 1) Définir la représentation complexe $\underline{u_C(t)}$ et l'amplitude complexe $\underline{U_C}$ de la tension aux bornes du condensateur.
- 2) Appliquer la loi d'Ohm généralisée pour exprimer l'amplitude complexe $\underline{U_C}$ en fonction de \underline{E} , $\underline{Z_C}$, $\underline{Z_L}$, et $\underline{Z_R}$.
- 3) Énoncer sans les démontrer les expressions de $\underline{Z_C}$, $\underline{Z_L}$, et $\underline{Z_R}$. En déduire l'expression de l'amplitude complexe $\underline{U_C}$ de la tension aux bornes du condensateur en fonction de \underline{E} , **R**, **L**, **C** et ω .

On définit la fonction de transfert du filtre $\underline{H(x)} = \frac{U_C}{E}$, avec $x = \frac{\omega}{\omega_0}$ et $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$.

- 4) Montrer que l'on peut mettre cette fonction de transfert sous la forme : $\underline{H(x)} = \frac{H_0}{1 - x^2 + j \frac{x}{Q}}$

Nommer et préciser les expressions de H_0 et Q en fonction de **R**, **L** et **C**.

- 5) Déterminer l'expression du gain du filtre $G(x) = |\underline{H(x)}|$ et son comportement asymptotique lorsque $\omega \rightarrow 0$ et lorsque $\omega \rightarrow \infty$. En déduire la nature du filtre (ordre et type).

Le cahier des charges du filtre est le suivant : $H_0 = 1$, $f_0 = 15 \text{ Hz}$ et $Q = \frac{1}{\sqrt{2}}$. L'inductance de la bobine est fixée à $L = 20 \text{ mH}$.

- 6) Exprimer puis calculer les valeurs de la capacité **C** du condensateur et de la résistance **R** à choisir pour satisfaire les critères explicités ci-dessus.

- 7) Discuter de l'existence d'un phénomène de résonance pour ce filtre, on établira une condition sur Q permettant l'apparition éventuelle d'une résonance. (Toute prise d'initiative pertinente sera valorisée).

Exercice 4 : Etude cristallographique du Nickel

L'élément nickel, de symbole Ni , a pour masse molaire $M_{Ni} = 58,7 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$. Le nickel appartient à la famille des métaux.

Donnée : Nombre d'Avogadro : $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

- 1) Rappeler quelques propriétés macroscopiques des métaux (au moins deux).
 - 2) A partir du tableau périodique ci-dessous, déterminer le nombre d'électrons de valence du nickel.
- Le métal nickel cristallise dans le système cubique à faces centrées.*
- 3) Représenter la maille élémentaire du nickel.
 - 4) Déterminer, en le justifiant, le nombre d'atomes par maille.
 - 5) Préciser la condition de tangence des atomes dans la maille. En déduire la relation entre le paramètre de maille a et le rayon atomique R_{Ni} .

6) Exprimer puis calculer la compacité de la maille.

Des mesures par diffraction des rayons X ont permis de déterminer le paramètre de la maille $a = 353 \text{ pm}$ et une mesure expérimentale de masse volumique a donné $\rho_{Ni} = 8,90 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$.

7) Exprimer la masse volumique du nickel ρ_{Ni} en fonction de a , M_{Ni} et N_A .

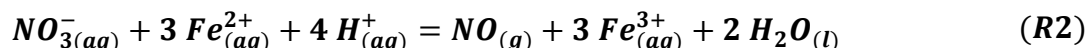
8) Commenter la cohérence entre les valeurs du paramètre de maille et de la masse volumique. On explicitera la démarche utilisée et les éventuelles sources d'écart.

Le tableau périodique des éléments chimiques																	
Hydrogène 1 H 1,01																	Hélium 2 He 4,00
Lithium 3 Li 6,94	Béryllium 4 Be 9,01											Bore 5 B 10,8	Carbone 6 C 12,0	Azote 7 N 14,0	Oxygène 8 O 16,0	Fluor 9 F 19,0	Néon 10 Ne 20,2
Sodium 11 Na 23,0	Magnésium 12 Mg 24,3											Aluminium 13 Al 27,0	Silicium 14 Si 28,1	Phosphore 15 P 31,0	Soufre 16 S 32,1	Chlore 17 Cl 35,5	Argon 18 Ar 39,9
Potassium 19 K 39,1	Calcium 20 Ca 40,1	Scandium 21 Sc 45,0	Titane 22 Ti 47,9	Vanadium 23 V 50,9	Chrome 24 Cr 52,0	Manganèse 25 Mn 54,9	Fer 26 Fe 55,8	Cobalt 27 Co 58,9	Nickel 28 Ni 58,7	Cuivre 29 Cu 63,5	Zinc 30 Zn 65,4	Gallium 31 Ga 69,7	Germanium 32 Ge 72,6	Arsenic 33 As 74,9	Sélénium 34 Se 79,0	Brome 35 Br 79,9	Krypton 36 Kr 83,8
Rubidium 37 Rb 85,5	Strontium 38 Sr 87,6	Yttrium 39 Y 88,9	Zirconium 40 Zr 91,2	Niobium 41 Nb 92,9	Molybdène 42 Mo 96,0	Technétium 43 Tc 98,0	Ruthénium 44 Ru 101	Rhodium 45 Rh 103	Palladium 46 Pd 106	Argent 47 Ag 108	Cadmium 48 Cd 112	Indium 49 In 115	Étain 50 Sn 119	Antimoine 51 Sb 122	Tellure 52 Te 128	Iode 53 I 127	Xénon 54 Xe 131

Figure 1 - Tableau périodique des éléments chimiques

Exercice 5 : Titrage des ions nitrate dans un engrais (PT 2024)

La teneur en éléments nutritifs des engrais chimiques est quantifiée par le symbole **NPK**, où **N** représente des composés de l'azote, **P** des composés du phosphore et **K** des composés du potassium. On trouve dans ces engrais des ions nitrate NO_3^- , qu'on cherche à titrer. Pour ce faire, sous une hotte bien ventilée, on mélange une masse $m = 400 \text{ mg}$ d'engrais liquide, 5 mL d'acide sulfurique concentré et $V_1 = 30,0 \text{ mL}$ d'une solution de sel de Mohr contenant des ions $\text{Fe}_{(aq)}^{2+}$ à la concentration $c_1 = 2,00 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$. Le mélange est chauffé à 60°C pendant **15 minutes**. Il se produit alors la réaction totale (**R2**). Les ions $\text{Fe}_{(aq)}^{2+}$ sont introduits en excès.



Les ions $\text{Fe}_{(aq)}^{2+}$ restants sont ensuite titrés par une solution de dichromate de potassium ($2 \text{K}^+, \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$)_(aq) de concentration $c_2 = 2,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. L'équivalence est repérée pour un volume $V_2 = 10,0 \text{ mL}$ de solution titrante. Les couples en jeu pour ce titrage sont $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+}$ et $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$.

- 1) Proposer un schéma de Lewis pour l'ion nitrate NO_3^- (l'azote est l'atome central et il n'y a aucune liaison entre atomes d'oxygène).
- 2) Déterminer, à **298 K**, la constante d'équilibre de la réaction (**R2**) et commenter la valeur obtenue.
- 3) Etablir l'équation de la réaction (**R3**) support du titrage des ions $\text{Fe}_{(aq)}^{2+}$ restants.
- 4) En déduire l'expression de la quantité n_1 d'ions $\text{Fe}_{(aq)}^{2+}$ restant dans le mélange à l'issue de la réaction (**R2**) en fonction de c_2 et V_2 , puis calculer n_1 .
- 5) Exprimer littéralement la quantité de matière d'ions nitrate dans l'échantillon d'engrais en fonction de n_1 , c_1 et V_1 puis réaliser l'application numérique.
- 6) En déduire le pourcentage massique en ions nitrate dans l'engrais utilisé.

Potentils standard d'oxydo-réduction à $\text{pH} = 0$ et à 298 K :

	$\text{Zn}_{(aq)}^{2+}/\text{Zn}_{(s)}$	$\text{H}_{(aq)}^+/\text{H}_{2(g)}$	$\text{Fe}_{(aq)}^{3+}/\text{Fe}_{(aq)}^{2+}$	$\text{NO}_{3(aq)}^-/\text{NO}_{(g)}$	$\text{O}_{2(g)}/\text{H}_2\text{O}_{(l)}$
E° / V	-0,76	0	0,77	0,97	1,23