Correction concours blanc 2026

Exercice n°1 : Optique de l'œil

1) Dans l'œil, le cristallin joue le rôle de lentille, la rétine joue le rôle d'écran et la pupille joue le rôle de diaphragme.

2) a)

b) En appliquant la loi de conjugaison de Descartes, avec $\overline{OA'} = e$ et $\overline{OA} = -\infty$, il vient :

$$V_{Repos} = \frac{1}{e}$$

Application numérique :

$$V_{Repos} = \frac{1}{17 \times 10^{-3}} = 59\ m^{-1}$$

3) a)

b) En appliquant la loi de conjugaison de Descartes, avec $\overline{OA'} = e$ et $\overline{OA} = -PP$, il vient :

$$V_{PP} = \frac{1}{e} - \frac{1}{-PP}$$

Application numérique :

$$V_{PP} = \frac{1}{17 \times 10^{-3}} + \frac{1}{25 \times 10^{-2}} = 2,5 \times 10^{2}\ m^{-1}$$

c) Lors de l'accomodation, la vergence du cristallin augmente donc la distance focale diminue.

4) a) Le punctum remotum est le point le plus loin que le l'œil peut voir net (c'est-à-dire le point le plus loin sur lequel un objet peut être conjuguer sur la rétine). Il est situé à l'infini pour un œil émétrope.

b) En appliquant la loi de conjugaison de Descartes, avec $\overline{OA'} = e$ et $\overline{OA} = -PR$, il vient :

$$V'_{Repos} = \frac{1}{e} - \frac{1}{-PR}$$

Application numérique :

$$V'_{Repos} = \frac{1}{17 \times 10^{-3}} + \frac{1}{2} = 59\ m^{-1}$$

c) Pour voir net un objet situé à l'infini, il faut conjuguer au repos un objet situé à l'infini avec la rétine.

Soit $V_{tot} = V'_{Repos} + V_1$, en appliquant la loi de conjugaison de Descartes, avec $\overline{OA'} = e$ et $\overline{OA} = -\infty$,

Il vient :

$$V_{tot} = V'_{Repos} + V_1 = \frac{1}{e} \Leftrightarrow V_1 = \frac{1}{e} - V'_{Repos} = \frac{1}{e} - \left(\frac{1}{e} - \frac{1}{-PR}\right) = \frac{1}{PR}$$

Application numérique :

$$V_1 = \frac{1}{2} = 0,5\ m^{-1}$$

5) a) Pour que l'image soit net sur la rétine, l'image formée par la lentille correctrice doit être située au $\boldsymbol{PR}$ de sorte que l'œil myope au repos conjugue cette objet sur la rétine.

b) la lentille correctrice est située à une distance $\boldsymbol{d = 15\ mm}$ de l'œil, d'où $\boldsymbol{\overline{O_1O_2} = 15\ mm.}$

En appliquant la loi de conjugaison de Descartes, avec : $\boldsymbol{\overline{O_1A'} = -PR + d}$ et $\boldsymbol{\overline{O_1A} = -\infty.}$

$$\boldsymbol{V_2 = \frac{1}{d - PR}}$$

Application numérique :

$$\boldsymbol{V_2 = \frac{1}{15 \times 10^{-3} - 2} = -5.0 \times 10^{-1}\ m^{-1}}$$

Exercice n°2 Étude du mouvement d'un satellite

Q1. Le référentiel géocentrique est le référentiel lié au centre de la Terre et ses axes pointent vers des étoiles fixes.
Un référentiel galiléen est un référentiel dans lequel le principe d'inertie est vérifié.

Q2. La force gravitationnelle s'exprime :

$$\boxed{\overrightarrow{F}_g = m\overrightarrow{G} = -\frac{GmM_T}{r^2}\overrightarrow{u}}$$

avec $\overrightarrow{u} = \frac{OM}{r} = \overrightarrow{e_r}$.
Le champ gravitationnel s'exprime donc :

$$\boxed{\overrightarrow{G}(r) = \frac{\overrightarrow{F}_g}{m} = -\frac{GM_T}{r^2}\overrightarrow{u}}$$

Q3. Le mobile n'est soumis qu'à la force gravitationnelle $\overrightarrow{F}_g$, force centrale.
Système : satellite
Référentiel : géocentrique, supposé galiléen
TMC par rapport à O :

$$\frac{\mathrm{d}\overrightarrow{L_O}}{\mathrm{d}t} = \overrightarrow{\mathcal{M}_O}\left(\overrightarrow{F}_g\right)$$

Or on a :

$$\overrightarrow{\mathcal{M}_O}\left(\overrightarrow{F}_g\right) = \overrightarrow{\mathrm{OM}} \wedge \left(-\frac{GmM_T}{r^2}\overrightarrow{u}\right) = (r\overrightarrow{u}) \wedge \left(-\frac{GmM_T}{r^2}\overrightarrow{u}\right) = \overrightarrow{0}$$

On a donc : $\frac{\mathrm{d}\overrightarrow{L_O}}{\mathrm{d}t} = \overrightarrow{0}$ et donc :

$$\boxed{\frac{\mathrm{d}\overrightarrow{L_O}}{\mathrm{d}t} = \overrightarrow{\mathrm{cte}}}$$

Par définition du moment cinétique, on a : $\overrightarrow{L_O} = \overrightarrow{\mathrm{OM}} \wedge m\overrightarrow{v}$.
$\forall t$, $\overrightarrow{\mathrm{OM}} \perp \overrightarrow{L_O}$ donc M est toujours dans le plan orthogonal à $\overrightarrow{L_O}$ passant par O.

Q4. La force gravitationnelle est une force conservative, on a donc :

$$\overrightarrow{F}_g = -deriveexy\mathcal{E}_\mathrm{p} r\,\overrightarrow{e_r}$$

Par projection sur $\overrightarrow{e_r}$, on a :

$$-\frac{GmM_T}{r^2} = -\frac{\mathrm{d}\mathcal{E}_\mathrm{p}}{\mathrm{d}r}$$

D'où : $\mathcal{E}_\mathrm{p} = +\int \frac{GmM_T}{r^2}\mathrm{d}r = -\frac{GmM_T}{r} + \mathrm{cte}$ En prenant l'énergie potentielle nulle à l'infini, on a finalement :

$$\boxed{\mathcal{E}_\mathrm{p} = -\frac{GmM_T}{r}}$$

Q5. La seule force qui s'exerce sur le mobile est une force conservative, d'après le théorème de l'énergie mécanique, l'énergie mécanique du mobile se conserve : $\mathcal{E}_\mathrm{m} = \mathrm{cte}$.

L'énergie mécanique s'écrit :

$$\mathcal{E}_\mathrm{m} = \mathcal{E}_\mathrm{c} + \mathcal{E}_\mathrm{p} = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{GmM_T}{r} = \frac{1}{2}m\left(\dot{r}^2 + (r\dot{\theta})^2\right) - \frac{GmM_T}{r}$$

Le moment cinétique s'écrit :

$$\overrightarrow{L_\mathrm{O}} = \overrightarrow{\mathrm{OM}} \wedge m\overrightarrow{v} = mr^2\dot{\theta}\,\overrightarrow{e_z}$$

D'où :

$$\dot{\theta} = \frac{\overrightarrow{L_\mathrm{O}}}{mr^2}$$

On a donc :

$$\mathcal{E}_\mathrm{m} = \frac{1}{2}m\dot{r}^2 + \frac{1}{2}mr^2\dot{\theta}^2 - \frac{GmM_T}{r} = \frac{1}{2}m\dot{r}^2 + \frac{{L_\mathrm{O}}^2}{2mr^2} - \frac{GmM_T}{r}$$

L'énergie mécanique peut bien se mettre sous la forme :

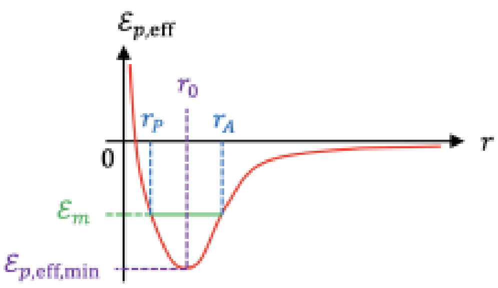
$$\boxed{\mathcal{E}_\mathrm{m} = \frac{1}{2}m\dot{r}^2 + \mathcal{E}_\mathrm{p,eff}(r) \qquad \text{avec} \qquad \mathcal{E}_\mathrm{p,eff}(r) = \frac{{L_\mathrm{O}}^2}{2mr^2} - \frac{GmM_T}{r}}$$

Q6. $\frac{1}{2}m\dot{r}^2 \geqslant 0$

On a donc bien : $\mathcal{E}_\mathrm{m} = \frac{1}{2}m\dot{r}^2 + \mathcal{E}_\mathrm{p,eff}(r) \geqslant \mathcal{E}_\mathrm{p,eff}(r)$

$$\mathcal{E}_\mathrm{m} \geqslant \mathcal{E}_\mathrm{p,eff}(r)$$

Q7. On réalise le graphique demandé. On trace la forme habituelle d'un tel potentiel effectif. Un état lié correspond à un état où le rayon r est borné, soit ici un cas où $\mathcal{E}_\mathrm{m} < 0$.



Q8. Il y a deux positions pour lesquelles $\mathcal{E}_\mathrm{m} = \mathcal{E}_\mathrm{p,eff}$. La plus proche, de rayon r_P, est le **périgée**. Le périgée correspond au point le plus proche du centre attracteur d'une orbite elliptique.

La plus éloignée, de rayon r_A, est l'**apogée**. L'apogée correspond au point le plus éloigné du centre attracteur d'une orbite elliptique.

Dans le cas où l'énergie mécanique est égale à l'énergie potentielle effective minimale, le rayon $r = r_0$ est fixé. On a alors un **mouvement circulaire**.

Q9. On considère un mouvement circulaire de rayon R.
Le principe fondamental de la dynamique s'écrit : $m\vec{a} = \vec{F}_g$
On a alors :

$$m\left(-R\dot{\theta}^2\,\vec{e_r} + R\ddot{\theta}\,\vec{e_\theta}\right) = m\left(-\frac{v^2}{R}\,\vec{e_r} + \dot{v}\,\vec{e_\theta}\right) = -\frac{GmM_T}{R^2}\,\vec{e_r}$$

Les projections permettent d'écrire :

$$-m\frac{v^2}{R} = -\frac{GmM_T}{R^2} \qquad \text{et} \qquad \dot{v} = 0$$

D'où :

$$v = +\sqrt{\frac{GM_T}{R}} = \text{cte}$$

L'énergie mécanique s'écrit alors :

$$\mathcal{E}_{\text{m,alt}} = \mathcal{E}_\text{c} + \mathcal{E}_\text{p} = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{GmM_T}{R} = \frac{GmM_T}{2R} - \frac{GmM_T}{R}$$

$$\boxed{\mathcal{E}_{\text{m,alt}} = -\frac{GmM_T}{2R}}$$

Q10. La période de révolution du mobile s'écrit :

$$T = \frac{2\pi R}{v} = 2\pi R \times \sqrt{\frac{R}{GM_T}} = \sqrt{\frac{4\pi^2 R^3}{GM_T}}$$

On retrouve alors l'expression de la troisième loi de Kepler pour une orbite circulaire :

$$\boxed{\frac{T^2}{R^3} = \frac{4\pi^2}{GM_T}}$$

Q11. On part de l'expression de l'énergie mécanique trouvée plus haut : $\mathcal{E}_\text{m} = \frac{1}{2}m\dot{r}^2 + \mathcal{E}_{\text{p,eff}}(r)$.
Au niveau du périgée et de l'apogée la trajectoire est tangente à $\overrightarrow{\text{OM}}$, et donc : $\dot{r} = 0$.
On a alors : $\mathcal{E}_\text{m} = \mathcal{E}_{\text{p,eff}}(r_P) = \mathcal{E}_{\text{p,eff}}(r_A)$.
Au périgée on peut donc écrire :

$$\mathcal{E}_\text{m} = \frac{{L_O}^2}{2mR_C^2} - \frac{GmM_T}{R_C} \qquad \text{d'où} \qquad \frac{{L_O}^2}{2m} = R_C^2\left[\mathcal{E}_\text{m} + \frac{GmM_T}{R_C}\right]$$

Et à l'apogée :

$$\mathcal{E}_\text{m} = \frac{{L_O}^2}{2mR^2} - \frac{GmM_T}{R} \qquad \text{d'où} \qquad \frac{{L_O}^2}{2m} = R^2\left[\mathcal{E}_\text{m} + \frac{GmM_T}{R}\right]$$

Le moment cinétique se conservant, on a :

$$R_c^2\left[\mathcal{E}_\text{m} + \frac{GmM_T}{R_c}\right] = R^2\left[\mathcal{E}_\text{m} + \frac{GmM_T}{R}\right]$$

Et donc :

$$\mathcal{E}_\mathrm{m}\left(\frac{1}{R^2}-\frac{1}{R_c^2}\right)=\frac{GmM_T}{RR_c^2}-\frac{GmM_T}{R_cR^2}$$

D'où finalement :

$$\mathcal{E}_\mathrm{m}=\left[\frac{GmM_T}{RR_c^2}-\frac{GmM_T}{R_cR^2}\right]\cdot\frac{R^2R_c^2}{R_c^2-R^2}=\frac{GmM_TR}{R_c^2-R^2}-\frac{GmM_TR_c}{R_c^2-R^2}=GmM_T\frac{R-R_c}{(R_c-R)\,(R+R_c)}$$

$$\boxed{\mathcal{E}_\mathrm{m}=-\frac{GmM_T}{R+R_c}}$$

On retrouve bien l'expression demandée par le sujet.

Q12. La variation d'énergie mécanique s'écrit :

$$\Delta\mathcal{E}_\mathrm{m}=\mathcal{E}_\mathrm{m,tr}-\mathcal{E}_\mathrm{m,alt}=-\frac{GmM_T}{R+R_c}-\left(-\frac{GmM_T}{2R}\right)$$

$$\boxed{\Delta\mathcal{E}_\mathrm{m}=-GmM_T\frac{R-R_c}{2R\,(R+R_c)}}$$

Or $R-R_c>0$, donc $\boxed{\Delta\mathcal{E}_\mathrm{m}<0}$

Le système doit donc perdre de l'énergie pour passer sur l'orbite de transfert.

Q13. L'énergie mécanique sur l'orbite cimetière est : $\mathcal{E}_{m,\mathrm{cim}}=-\frac{GmM_T}{2R_c}$

La variation d'énergie mécanique entre l'orbite de transfert et l'orbite cimetière est donc : $\Delta\mathcal{E}'_\mathrm{m}=\mathcal{E}_{m,\mathrm{cim}}-\mathcal{E}_\mathrm{m,tr}$. On a alors :

$$\Delta\mathcal{E}'_\mathrm{m}=-\frac{GmM_T}{2R_c}-\left(-\frac{GmM_T}{R+R_c}\right)=-GmM_T\frac{R-R_c}{2R_c\,(R+R_c)}<0$$

La variation d'énergie mécanique calculée est négative, le satellite doit donc perdre de l'énergie pour passer de l'orbite de transfert à l'orbite cimetière. Or au niveau du transfert le rayon est localement constant, le satellite doit donc perdre de l'énergie cinétique, soit être freiné en P.

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

1) On définit la représentation complexe $\underline{u_C(t)}$ et l'amplitude complexe $\underline{U_C}$ de $u_C(t) = U_C cos(\omega t + \varphi)$ tel que :

$$\underline{u_C(t)} = U_C e^{j(\omega t+\varphi)} = \underline{U_C} e^{j\omega t}$$

Avec :

$$\underline{U_C} = U_C e^{j\varphi}$$

2) On reconnait un pont diviseur de tension, il vient :

$$\underline{U_C} = \underline{E} \times \frac{\underline{Z_C}}{\underline{Z_C} + \underline{Z_L} + \underline{Z_R}}$$

3)

$$\underline{Z_C} = \frac{1}{jC\omega}, \underline{Z_L} = jL\omega \text{ et } \underline{Z_R} = R$$

$$\underline{U_C} = \underline{E} \times \frac{\frac{1}{jC\omega}}{\frac{1}{jC\omega} + jL\omega + R}$$

$$\underline{U_C} = \underline{E} \times \frac{1}{1 - LC\omega^2 + jRC\omega}$$

4)

$$\underline{H(x)} = \frac{\underline{U_C}}{\underline{E}} = \frac{1}{1 - LC\omega^2 + jRC\omega} = \frac{H_0}{1 - x^2 + j\frac{x}{Q}}$$

$$H_0 = 1, le\ gain\ statique$$

$$RC\omega = \frac{\omega\sqrt{LC}}{Q} \Leftrightarrow Q = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}, le\ facteur\ de\ qualit\acute{e}$$

5)

$$G(x) = \left|\underline{H}(x)\right| = \frac{H_0}{\sqrt{(1 - x^2)^2 + (\frac{x}{Q})^2}}$$

De plus,

$$G(x) \xrightarrow[\omega \to 0]{} H_0$$

$$G(x) \xrightarrow[\omega \to \infty]{} 0$$

Il s'agit donc d'un passe-bas.

6)

$$f_0 = \frac{1}{2\pi}\frac{1}{\sqrt{LC}} \Leftrightarrow C = \frac{1}{4\pi^2 L f_0}$$

AN :

$$C = \frac{1}{4\pi^2 \times 20 \times 10^{-3} \times 15^2} = 5,6\ mF$$

$$Q = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}} \Leftrightarrow R = \frac{1}{Q}\sqrt{\frac{L}{C}}$$

AN :

$$R = \sqrt{\frac{2 \times 20 \times 10^{-3}}{5,6 \times 10^{-3}}} = 2,7\ \Omega$$

7) Etudions les variations du gain $G(x)$ de la fonction de transfert, posons la fonction $f(x)$ tel que :

$$G(x) = \frac{H_0}{\sqrt{f(x)}}$$

Soit :

$$f(x) = (1 - x^2)^2 + (\frac{x}{Q})^2$$

Il y a résonance si $f(x)$ admet un minimum. Calculons sa dérivée et ses racines :

$$\frac{df}{dx} = 2(1 - x^2)(-2x) + \frac{2x}{Q^2} = 2x(2x^2 + \frac{1}{Q^2} - 2)$$

$$\frac{df}{dx}(x_r) = 0 \Leftrightarrow x_r{}^2 = 1 - \frac{1}{2Q^2}$$

Il y a résonance si cette équation admet des solutions réelles, on en déduit la condition de résonance sur Q :

$$1 - \frac{1}{2Q^2} > 0 \Leftrightarrow Q > \frac{1}{\sqrt{2}}$$

Exercice n°4 : Etude cristallographique du Nickel

1) Propriétés des métaux :

- Bonne conductivité électrique
- Bonne conductivité thermique
- Malléabilité et ductilité

2) Électrons de valence Ni : [Ar] 3d8 4s2 → 10 électrons de valence.

3) Maille cubique à faces centrées : atomes aux sommets et au centre des faces.

4) Nombre d'atomes par maille :

8 sommets → 1 atome + 6 faces → 3 atomes = 4 atomes par maille.

5) Dans une CFC, les atomes sont en contact sur la diagonale de face : $\boldsymbol{a\sqrt{2} = 4R_{Ni}}$.

6) Compacité $\boldsymbol{C = 4 \times \frac{\frac{4}{3}\pi R^3}{a^3} = \pi/(3\sqrt{2}) \approx 0,74}$.

7) $\boldsymbol{\rho_{Ni} = \frac{m}{V} = \frac{4M_{Ni}}{N_A a^3}}$.

8)
Avec a = 353 pm = $3,53\times10^{-8}$ cm :
$a^3 = 4,40\times10^{-23}$ cm^3
m = $4\times58,7 / (6,02\times10^{23}) = 3,90\times10^{-22}$ g
ρ_th ≈ 8,86 g·cm^{-3}
Comparaison : ρ_exp = 8,90 g·cm^{-3}

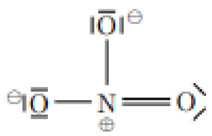
Écart relatif ≈ 0,5 % → valeurs compatibles.

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

1) L'azote se trouve dans la cinquième colonne du tableau périodique, et compte donc 5 électrons de valence ; l'oxygène est dans la sixième colonne et en compte donc six ; et il s'agit d'un anion porteur d'un électron supplémentaire. Ainsi, le schéma de Lewis doit compter

$$N_d = \frac{5 + 3 \times 6 + 1}{2} = 12 \text{ doublets},$$

ce qui permet de proposer comme structure :



2) Raisonner sur le couple Fe^{3+}/Fe^{2+} montre que la réaction met en jeu l'échange de trois électrons. Sa constante d'équilibre est donc donnée par

$$\log K^\circ = \frac{3}{0{,}06}\left(E^\circ(NO_3^-/NO) - E^\circ(Fe^{3+}/Fe^{2+})\right) = \frac{3 \times 0{,}2}{0{,}06} = 10$$

Ainsi,

$$\boxed{K^\circ = 10^{10} \gg 1}$$

ce qui permet de considérer la réaction quasi-totale.

3) La réaction de titrage s'écrit

$$\begin{array}{rcl} Cr_2O_7^{2-} + 14\,H^+ + 6\,e^- &=& 2\,Cr^{3+} + 7\,H_2O \\ Fe^{2+} &=& Fe^{3+} + e^- \quad (\times 6) \\ \hline Cr_2O_7^{2-} + 6\,Fe^{2+} + 14\,H^+ &=& 2\,Cr^{3+} + 6\,Fe^{3+} + 7\,H_2O \end{array}$$

4) Procédons à un bilan de matière (partiel) de la réaction ($R3$), sachant que son état initial correspond à l'état final de la réaction ($R2$). On se place à l'équivalence.

	$Cr_2O_7^{2-}$	+	$6\ Fe^{2+}$	+	$14\ H^+$	=	$2\ Cr^{3+}$	+	$6\ Fe^{3+}$	+	$7\ H_2O$
initial	c_2V_2		n_1		excès		0		présent		excès
final à l'équivalence	$c_2V_2 - \xi_E = 0$		$n_1 - 6\xi_E = 0$		excès		$2\xi_E$		présent		excès

On en déduit

$$\xi_E = c_2V_2 = \frac{n_1}{6} \qquad \text{d'où} \qquad \boxed{n_1 = 6\,c_2\,V_2 = 1{,}2 \cdot 10^{-3}\,\text{mol}\,.}$$

5) Procédons au bilan de matière de la réaction ($R2$), totale, dans laquelle les ions nitrate sont limitants.

	NO_3^-	+	$3\ Fe^{2+}$	+	$4\ H^+$	=	NO	+	$3\ Fe^{3+}$	+	$2\ H_2O$
initial	$n_{NO_3^-}$		c_1V_1		excès		0		0		excès
final	$n_{NO_3^-} - \xi_1 = 0$		$c_1V_1 - 3\xi_1 = n_1$		excès		$\xi_1 = n_{NO_3^-}$		$3\xi_1 = 3n_{NO_3^-}$		excès

On en déduit

$$\xi_1 = n_{NO_3^-} \qquad \text{donc} \qquad n_1 = c_1V_1 - 3n_{NO_3^-}$$

et ainsi

$$\boxed{n_{NO_3^-} = \frac{c_1V_1 - n_1}{3} = 1{,}6 \cdot 10^{-3}\,\text{mol}\,.}$$

6) En utilisant la masse molaire du nitrate donnée en introduction,

$$m_{NO_3^-} = n_{NO_3^-}\,M_{NO_3^-} = 99\,\text{mg}$$

L'échantillon dosé pesant 400 mg, le pourcentage massique en nitrate est **de l'ordre de 25 %**.