Corrigé – Révisons le Bac avec le Suffren

Baccalauréat général - épreuve de physique-chimie

<u>Exercice 1</u> : <u>sonars actifs et passifs</u>

Partie 1 : Détection avec un sonar actif

1) Par définition, $\alpha_1 = 90 - i_1$ et $\alpha_2 = 90 - i_2$. Or $\sin(x) = \cos(90 - x)$
donc $\sin(i_1) = \cos(\alpha_1)$ et $\sin(i_2) = \cos(\alpha_2)$

   On en déduit que $\frac{c}{c_1} cos(\alpha_1) = \frac{c}{c_2} cos(\alpha_2)$.

   En simplifiant, on démontre que $\frac{\cos(\alpha 1)}{c1} = \frac{\cos(\alpha 2)}{c2}$.

2) On a $\frac{\cos(0)}{1520} = \frac{\cos(\alpha 0)}{1510}$ et $\frac{\cos(10)}{1520} = \frac{\cos(\alpha 10)}{1510}$.
On en déduit: $\alpha_0 = \arccos\left(\frac{1510}{1520}\right) = 6.6°$ et $\alpha_{10} = \arccos\left(\frac{1510}{1520}\cos(10)\right) = 12°$.

Le rayon émis avec un site 0 en surface arrivera à 700 m avec le même site car la célérité à 700 m est égale à la célérité en surface. Comme les rayons remontent avec un gradient de célérité positif, il s'agira de l'immersion maximale du rayon.

3/ L'objectif de cette question est de déterminer la valeur de $I_{10\ limite}$.

Commençons par prouver que la célérité prend la forme demandée.

Nous disposons de deux points : C(100)=1510 et C(700)=1520. Ainsi, l'équation de la célérité entre 100 m et le fond correspond à l'équation d'une droite qui peut s'écrire sous deux formes :

- ➔ $c(I) = 1510 + a(I - 100)$ (1)
- ➔ $c(I) = 1520 + b(I - 700)$ (2)

La forme demandée dans l'énoncé correspond donc à la première, avec $a = \frac{1520-1510}{700-100} = 0.017\ s^{-1}$.
Il nous faut calculer c($I_{10\ limite}$) pour pouvoir ensuite déterminer la valeur de $I_{10\ limite}$.

Le rayon émis en surface avec un site -10° remonte à $I_{10\ limite}$, donc s'il remonte à $I_{10\ limite}$ cela signifie que la valeur de l'angle de rasance à cette immersion est nul (0°), on peut donc écrire :

$\frac{\cos(10)}{1520} = \frac{\cos(0)}{c_{limite}}$ et obtenir $c_{10\ limite} = 1543\ m.s^{-1}$.

En injectant ceci dans (1) on trouve $I_{10\ limite} = 100 + \frac{33}{0.017} = 2041\ m$.

4/ En appliquant la formule des cotangentes, le rayon émis avec un site de 0° arrive à une immersion de 100 m à une distance de $D = 100. cotan\left(\frac{0+6.6}{2}\right) = 1734\ m.$

La distance à laquelle remonte le rayon est de :
$D = 100. cotan\left(\frac{0+6.6}{2}\right) + \ 2 \times (700 - 100) cotan\left(\frac{6.6}{2}\right) = 22\ 546\ m$ car le rayon émis avec un site 0° arrive à 700 m avec le même site.
En procédant de même avec le rayon émis avec un site -10°, celui-ci atteint une première fois l'immersion de 100 m à une distance de 514 m et remontera à une immersion de 100 m à une distance $D = 100. cotan\left(\frac{10+12}{2}\right) + \ 2 \times (2041 - 100) cotan\left(\frac{0+12}{2}\right) = 37\ 448\ m$
La frégate pourra donc détecter le *Suffren* de **514 m à 1 734 m** puis de **22 546 m à 37 448 m**.

5/ $L = 10\log(\frac{I}{I_0})$ avec $I = \ \frac{P}{4\pi}$ à 1 m de l'émetteur.

A la puissance maximale de 220 dB et à 1 m de l'émetteur, on a $P = 10^{220/10}\ \times 4\pi \times 6{,}5 \times 10^{-19}$ donc $P = 8\ 168\ W$

6/ On a $L = 10 \log\left(\frac{P}{I_0\ 4\pi\ r^2}\right) = 220 - 20\log(r)$. L'atténuation est de 90 dB. A 30 km, le sous-marin mesure donc un niveau de 130 dB.

7/ f est en Hz, donc s^{-1}, T en °C donc en K, ainsi b est en $[s^{-2}][K^{-1}]$

8/ Avec une température de 13 °C, on obtient $b = \ \frac{0.17\times 5^2}{13+18} = 0{,}14\ \mathrm{dB.km^{-1}}$.

Nous avons donc $b \times r = 4.2\ \times 30 = 4.2\ dB$ donc $PT = 4.2 +\ 90$ = 94.2 dB.

Le niveau sonore perçu sera donc de 125,8 dB.

9/ En appliquant la formule indiquée ci-dessus,

On a $220 - 2 \times (4.2 + 90) + 10 + 25 - 40$ = 26 dB.

La frégate ne détectera donc pas le *Suffren*. Le niveau d'émission devrait être d'au moins 224 dB pour garantir la détection à cette distance.

Les pertes PT sont prises en compte deux fois dans le calcul car le signal fait un aller-retour. Il se réfléchit sur la coque du sous-marin, le signal acoustique est donc atténué à l'aller et au retour.

Partie 2 : Elaboration en lutte anti-sous-marine.

1/ (programme de 1ère) Le signal sonore émis par le *Perle* est continu dans le temps et en amplitude, c'est un signal analogique. Celui-ci doit être numérisé par le sonar afin de pouvoir être traité par le système informatique.

L'échantillonnage consiste à discrétiser temporellement le signal à intervalle de temps régulier Te (fréquence d'échantillonnage fe=1/Te). On obtient alors une suite de valeurs discrètes prises par le signal analogique que l'on appelle "échantillon".

2/ (programme de 1ère) Le signal étant encodé sur 8 bits, le signal numérique pourra prendre 2^8 = 256 valeurs différentes, le pas de quantification est donc de 4V/256 = 15,6 mV.*

3/ L'effet DOPPLER (du nom de celui que l'Histoire a retenu comme celui qui l'a théorisé) est la variation de fréquence entre le signal reçu et émis en raison du déplacement relatif de la source.

4/ En utilisant la trigonométrie,

$RL = VL \times \cos(GB)$, $RB = VB \times \cos(IB)$,

$LL = VL \times \sin(GB)$ et $LB = VB \times \sin(IB)$

5/ $fr = fe\left(1 + \frac{RT}{c}\right) = 299.9\left(1 + \frac{RT}{3000}\right) = 301.2$

donc RT = 13nd. Comme le *Suffren* navigue à 8 nd,

on en déduit $RL = 8 \times \cos(45) = 5.7\ nd$ et $RB = RT - RL = 13 - 5{,}7 = 7{,}3\ nd$

6/ Le *Perle* défile de 3 °/minute.

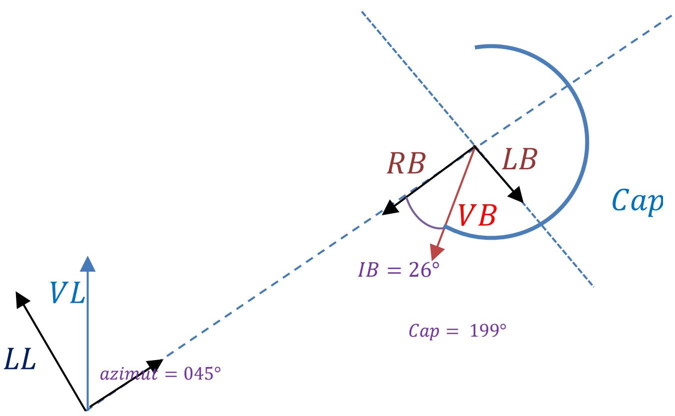
En appliquant la formule de l'énoncé, on a LT = 8,5 nd.

Comme $LL = 8 \times \sin(45) = 5.7\ nd$, on en déduit $LB = LT - LL = 8{,}5 - 5{,}7 = 2{,}8\ nd$.

7/ Soit IB l'angle formé entre la route du but et la droite de gisement.

$$\text{On a } \tan(\mathrm{IB}) = \frac{\mathrm{LB}}{\mathrm{RB}} \quad \text{donc} \quad \mathrm{IB} = \arctan\left(\frac{\mathrm{LB}}{\mathrm{RB}}\right) = 21°.$$

8/



Le *Perle* est donc en route au $045 + 180 - 26 = 199°$.

On estime donc que le *Perle* est à 14h00 dans le 045 du *Suffren* à 5 000 m et en route au 199.

Exercice 2 : **Recueil de renseignement à l'immersion périscopique**

Partie 1 : prise de photographies

1/ En appliquant la loi de Wien, on trouve qu'une température de - 20 °C correspond à une longueur d'onde de 11,5 µm tandis qu'une température de 200 °C correspond à une longueur d'onde de 6,1 µm. La plage spectrale de la caméra est donc adaptée.

2/ En niveau de gris, chaque pixel étant codé sur 8 bits, soit un octet, l'image ayant 327 682 pixels sera codée sur 327 ko.

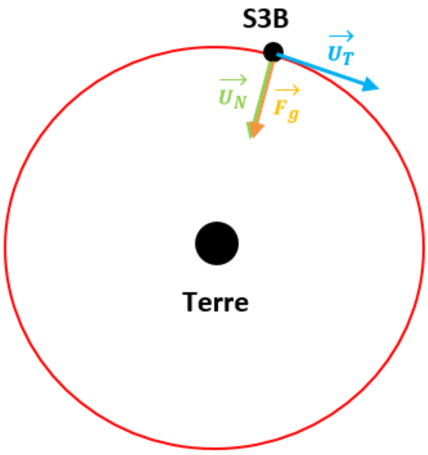
En couleur, chaque pixel est codé avec un octet par canal R, V et B, donc sur 24 bits. L'image fera donc 983 ko.

Partie 2 : transmission de données par satellite

1/ La transmission prendra 1 min 17 s.

2/ **Etape 1** : Schématiser la force d'attraction gravitationnelle subie par le satellite S3B.

La force d'attraction gravitationnelle subie par le satellite est colinéaire au vecteur $\overrightarrow{U_N}$:



L'expression vectorielle de la force d'attraction gravitationnelle subie par le satellite est donc la suivante : $\overrightarrow{Fa} = \frac{G.m_s m_T}{r^2}\ \vec{n}$ où :

- m_s et m_T sont les masses respectives du satellite et de la terre ;
- r est le rayon de l'orbite circulaire.

Etape 2 : Rappeler les composantes du vecteur accélération dans le repère mobile.

On rappelle les composantes du vecteur accélération dans le repère mobile.

Dans le repère (C, $\overrightarrow{U_N}$, $\overrightarrow{U_T}$), les composantes du vecteur accélération $\vec{a}$ du corps mobile S3B sont :

$$\vec{a}\begin{cases} a_T = \dfrac{dv}{dt} \\ a_N = \dfrac{v^2}{r} \end{cases}$$

Etape 3 : Appliquer la 2ème loi de Newton.

On applique la 2ème loi de Newton au S3B en orbite dans le repère mobile :

$\sum \vec{F}\,ext = m_s\vec{a}$ ce qui nous donne $\vec{a} = \frac{G.m_T}{r^2}\,\vec{n}$ soit :

$$\vec{a}\begin{cases} a_T = \dfrac{dv}{dt} = 0 \\ a_N = \dfrac{v^2}{r} = \dfrac{G.m_T}{r^2} \end{cases}$$

Etape 4 : En déduire que la vitesse de S3B est constante.

La composante tangentielle de l'accélération est donc nulle :

$$a_T = \frac{dv}{dt} = 0$$

On en déduit donc que la vitesse du satellite est constante et donc que son mouvement est uniforme.

3/ D'après la question précédente on a : $\frac{v^2}{r} = \frac{G.M_T}{r^2}$ donc en simplifiant on a $v = \sqrt{\frac{G.M_T}{r}}$ (1) .

La période T de révolution est la durée mise par le satellite pour faire un tour, c'est-à-dire parcourir un cercle de rayon r, ce qui donne $T = \frac{2\pi r}{v}$ (2) donc en combinant (1) et (2) on trouve finalement que $T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{G.M_T}}$

On en déduit que $r^3 = \frac{T^2 \times G \times M_T}{4\pi^2}$

soit $(R_T + h)^3 = \frac{T^2 \times G \times M_T}{4\pi^2}$

soit $h = \sqrt[3]{\frac{G.M_T.T^2}{4\pi^2}} - R_T$. L'application numérique donne une **altitude de 35 800 km.**

4/ (question BONUS) Un satellite géostationnaire est un satellite immobile par rapport à la Terre. Sa période de révolution T est donc égale à la période de rotation de la Terre sur elle-même (23h56 min).

La base de Kourou est située à l'équateur. C'est à cet endroit que la vitesse de rotation de la terre sur elle-même est la plus grande, ainsi on récupère le maximum d'énergie cinétique lors du lancement du satellite.

Du fait de l'immobilité apparente d'un satellite géostationnaire, il est facile pour le sous-marin de le "viser" pour lui envoyer des ondes à transmettre ou pour recueillir les ondes qu'ils réfléchissent.

<u>Exercice 3</u> : <u>fonctionnement du sous-marin</u>

Partie 1 : gestion de la pesée

1/ La deuxième loi de Newton s'écrit : $\vec{\pi} + \vec{P} + \overrightarrow{p_p} + \vec{f} = m.\vec{a}$

Si le sous-marin est à l'arrêt, cette équation s'écrit : $\vec{\pi} + \vec{P} = \vec{0}$

Pour maintenir son immersion, la poussée d'Archimède doit être opposée au poids du sous-marin : la masse du sous-marin doit donc être identique à la masse du volume d'eau déplacé.

2/ Lorsque la salinité augmente ou lorsque la température diminue, la masse volumique de l'eau augmente donc le poids du volume d'eau déplacé augmente. Le sous-marin va avoir besoin d'augmenter son poids en « admettant » de l'eau.

Lorsque la coque se contracte, le volume d'eau déplacé diminue donc la masse de celui-ci également. Le sous-marin devra réduire son poids en « pompant » de l'eau.

3/ A l'immersion périscopique, le sous-marin est bien pesé : on a donc $\vec{\pi} + \vec{P} = \vec{0}$

Soit $m_{IP} = \rho_{25°C} \times v_{déplacé\text{ à }l'IP}$,

comme $\rho = 1.025$ pour 25 °C et 37 g/kg, on a $m_{IP} = 4\ 100\ tonnes$

A 100 m, le *Suffren* sera bien pesé si $m_{100m} = \rho_{20°C} \times v_{déplacé\text{ à }100m}$,

comme $\rho = 1.0263$ pour 20 °C et 37 g/kg, on a $m_{100m} = 4\ 102\ t$.

Ainsi, il faudra admettre 2 tonnes en descendant à 100 m.

Partie 2 : chimie du réacteur

1/ A pH=9,5, les ions de la dissociation de l'eau sont négligeables devant ceux libérés par la lithine.

On sait que : pH = - log [H_3O^+] donc [H_3O^+] = 10^{-pH} = $10^{-9,5}$ mol.L^{-1}

Dans l'eau, l'équilibre d'autoprotolyse de l'eau, 2 $H_2O \leftrightarrows H_3O^+ + HO^-$

K_e= [H_3O^+] . [HO^-] = 10^{-14} à 25 °C, donc :

[HO^-] = $10^{-4,5}$ mol.L^{-1} et $c_m(HO^-)$=$10^{-4,5}$ *17 = 5,4.10^{-4} g.L^{-1}

Et comme la lithine est une base forte, entièrement dissociée, [Li^+] = [HO^-] = $10^{-4,5}$ mol.L^{-1} et $c_m(Li^+)$ = $10^{-4,5}$ *7 = 2,2.10^{-4} g.L^{-1}.

2/ On a c(LiOH)= $10^{-4,5}$ mol.L^{-1} pour un volume de V = 24 000 L.

La quantité de lithine dans le primaire est n(LiOH) = c*V= 0,759 mol,

Ce qui correspond à une masse m(LiOH) = 0,759 * 24 = 18,2 g

(on prend M(Li)=7g.mol^{-1} pour la lithine enrichie en Li-7)

3/ $\sigma = \lambda(HO^-).[HO^-] + \lambda(Li^+).[Li^+] = 7{,}5.10^{-4}$ S.m^{-1}

4/ Le pH est inchangé, les ions chlorure et sodium sont des espèces acido-basiques indifférentes,

pH = 9,5.

5/ La concentration en ions lithium et hydroxyde varie de manière négligeable par l'augmentation de volume de v = 2 L dans le volume initial V= 24 000 L, on peut donc écrire que la conductivité est maintenant de $\sigma' = \sigma + \sigma(Na^+) + \sigma(Cl^-)$

La concentration en ions chlorure et sodium dans l'eau polluée est donnée par

$$[Na^+] = [Cl^-] = \frac{n(NaCl)}{V'} = \frac{[NaCl] \times v}{V + v} = \frac{\frac{C_m(NaCl)}{M(NaCl)} \times v}{V + v} = 4{,}2.10^5\ mol.L^{-1}$$

La conductivité de l'eau polluée est donc : $\sigma' = 7{,}6.10^{-4} + 5{,}3.10^{-4} = 12{,}9.10^{-4}$ S.m^{-1}