Concours Centrale-Supélec, France

Session 2025, filière TSI

Physique-chimie 2

Durée : 4 heures

Ce que traite le sujet

- Partie A : flottabilité des flotteurs
- Partie B : conductimètre embarqué
- Partie C : alimentation électrique des sondes
- Partie D : localisation par le système Argos

Sujet reproduit sans retouche à partir de la page suivante.

Résumé des parties, chapitres de cours liés et autres années :
prepahelp.com/annales/centrale/tsi/2025/physique-chimie2

Prepa Help ne revendique aucun droit sur le sujet, propriété de l'organisateur du concours.

CONCOURS CENTRALE•SUPÉLEC

Physique-chimie 2

TSI

4 heures — Calculatrice autorisée

2025

Flotteurs profileurs autonomes Argo

L'édition 2024-2025 du Vendée Globe, course au large autour du monde en solitaire sans escale, a été l'occasion de mettre en lumière les flotteurs Argo. Durant leur périple, 9 des 40 marins alignés au départ ont en effet largué un de ces flotteurs dont la mission consiste à réaliser des mesures dans l'océan sur une profondeur de l'ordre de 4 000 m tout en se laissant dériver. Les résultats ainsi acquis *in situ* depuis un quart de siècle (et tous consultables librement en ligne) ont très significativement contribué à améliorer la connaissance des océans du globe et à suivre leur évolution dans le contexte des bouleversements climatiques en cours. L'Ifremer assure la mise en œuvre de ce réseau de flotteurs pour la partie française du programme.

Le problème comporte 4 parties indépendantes permettant d'aborder plusieurs aspects de ces flotteurs autonomes. Les données sont regroupées en fin d'énoncé.

Certaines questions, peu ou pas guidées, demandent de l'initiative de la part du candidat. Elles sont repérées par un soulignement de leur numéro. Il est alors demandé d'expliciter clairement la démarche, les choix et de les illustrer, le cas échéant, par un schéma. Le barème valorise la prise d'initiative et tient compte du temps nécessaire à la résolution de ces questions.



Figure 1 – Flotteur Argo juste avant son déploiement en mer par l'Ifremer. (*K. Balem/RREX/Ifremer*)

Partie A – Flottabilité des flotteurs Argo

Pour sonder l'océan sur une profondeur aussi importante que 4 000 m, les flotteurs Argo doivent être en mesure de se positionner avec précision sur la direction verticale de l'océan.

I – Modèle de l'océan isotherme compressible

On assimile dans un premier temps l'eau de l'océan à un liquide de température homogène et de masse volumique ρ_0 uniforme baignant dans le champ de pesanteur terrestre $\vec{g} = -g\vec{e_z}$. On note $P(M)$ la pression en un point M de coordonnées (x,y,z) situé sous la surface libre de l'océan, elle-même en $z = 0$. La pression atmosphérique est supposée uniforme et notée P_{atm}. Le système de coordonnées est représenté en figure 2.

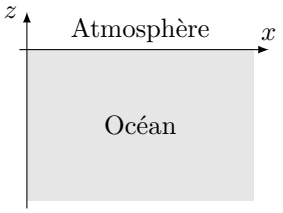


Figure 2

Q1. Démontrer que l'on a ici $\dfrac{\mathrm{d}P}{\mathrm{d}z} = -\rho_0 g$.

Q2. En déduire la valeur numérique de la pression P_{4000} à une profondeur de $H = 4\,000$ m.

L'eau de mer est en réalité un liquide compressible dont la masse volumique varie avec la pression suivant une relation de la forme

$$\rho_e = \rho_0 \left(1 + \chi_e (P - P_{\text{atm}})\right)$$

où $\chi_e = 4{,}5 \times 10^{-10}$ Pa^{-1} est la compressibilité isotherme de l'eau de mer. On considère en revanche toujours que la température de l'océan est uniforme.

Q3. Déterminer la nouvelle équation différentielle vérifiée par P et en déduire la nouvelle valeur P'_{4000} de la pression à une profondeur de $H = 4\,000$ m. Commenter.

Q4. Dans ce modèle, vérifier que la masse volumique de l'eau de mer à la profondeur H est $\rho_{e,4000} \simeq 1\,044$ kg $\cdot$ m^{-3}.

On conservera ce deuxième modèle de l'eau compressible dans la suite de cette partie.

II – Contrôle de la dérive en profondeur

Les flotteurs actuels se présentent sous la forme d'un cylindre de volume V_0, que l'on considérera indéformable mais sous lequel est positionnée une poche, appelée vessie. Un vérin permet de faire varier le volume V_p de cette poche en y déplaçant de l'huile incompressible depuis ou vers le cylindre. Ainsi, la masse totale $m_f = 26{,}0$ kg du flotteur reste constante, quelle que soit la configuration, mais son volume $V_0 + V_p$ est variable.

Q5. Quel doit-être la valeur de V_0 pour que le flotteur soit à l'équilibre dans l'eau de mer à une profondeur $H = 4\,000$ m avec une vessie vide ($V_p = 0$ L) ?

Q6. Calculer le volume $V_{p,\max}$ de la vessie nécessaire pour faire émerger 2,0 % du volume V_0 du flotteur lorsque celui-ci se trouve en surface.

Q7. Estimer l'énergie consommée par le vérin du flotteur pour remonter à la surface depuis une profondeur $H = 4\,000$ m.

Partie B – Conductimètre embarqué

Si différents modèles de flotteurs Argo coexistent aujourd'hui au sein d'une flotte composée de plusieurs milliers d'appareils autonomes, tous embarquent au moins un conductimètre permettant de mesurer, indirectement, la salinité de l'eau.

Q8. Rappeler le principe de fonctionnement des cellules conductimétriques usuellement utilisées en travaux pratiques de chimie. Pourquoi ne sont-elles pas adaptées à une utilisation à bord d'un flotteur autonome ?

Les flotteurs Argo sont ainsi équipés de conductimètres inductifs, dont le principe est schématisé en figure 3.

Ce capteur est composé de deux bobines toroïdales placées côte à côte. La première bobine, appelée bobine d'excitation, est alimentée par une tension sinusoïdale $u_1(t)$. Sa résistance interne est négligeable et son inductance propre est L_1. Elle se comporte comme le primaire d'un transformateur dont le circuit secondaire est l'eau qui baigne l'ensemble et que l'on peut assimiler à une boucle conductrice de résistance R_e, proportionnelle à l'inverse de la conductivité σ de l'eau. Cette boucle se comporte à son tour comme le circuit primaire d'un transformateur dont le secondaire est la seconde bobine, appelée bobine de mesure, de résistance interne négligeable et d'inductance propre L_4. D'un point de vue électrique, l'ensemble est donc modélisable par le circuit représenté en figure 4, où figurent également le circuit d'alimentation et celui, modélisé par une résistance R_m, permettant la mesure de la tension $u_4(t)$ en sortie.

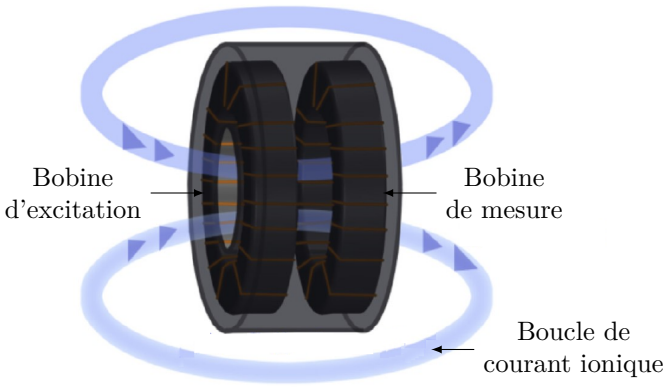


Figure 3 – Schéma d'un conductimètre inductif

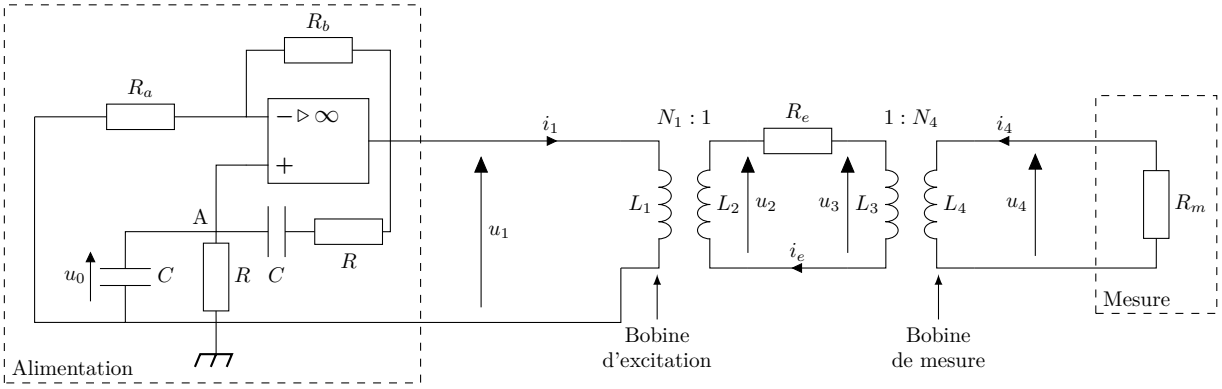


Figure 4 – Schéma électrique équivalent du conductimètre

I – Étude du circuit d'alimentation

On considère dans un premier temps le circuit d'alimentation encadré en tirets sur la partie gauche du circuit de la figure 4. L'ALI est supposé idéal et en régime linéaire. Ses tensions de saturation sont $+V_{\text{sat}}$ et $-V_{\text{sat}}$. On suppose également que ses limites de saturation en courant ne sont jamais atteintes.

Q9. Rappeler en quoi consiste le modèle de l'ALI idéal.

Q10. En appliquant une loi des nœuds au point A, montrer que la tension u_0 repérée sur le schéma de la figure 4 vérifie l'équation différentielle

$$\frac{\mathrm{d}u_1}{\mathrm{d}t} = \frac{1}{\omega_0}\frac{\mathrm{d}^2u_0}{\mathrm{d}t^2} + 3\frac{\mathrm{d}u_0}{\mathrm{d}t} + \omega_0 u_0$$

où l'on précisera l'expression de ω_0.

Q11. Démontrer par ailleurs que $u_1 = Gu_0$ où l'on exprimera G en fonction de R_a et R_b.

Q12. En déduire une condition sur G, puis sur R_a et R_b pour que le système d'alimentation soit oscillant de façon sinusoïdale. On exprimera la fréquence f_0 de ces oscillations en fonction de R et C.

II – Préliminaire : inductance propre et inductance mutuelle entre deux circuits

On cherche dans cette sous-partie à établir quelques résultats utiles par la suite en considérant deux solénoïdes cylindriques coaxiaux $\mathcal{S}_a$ et $\mathcal{S}_b$, de même longueur ℓ, de rayons respectifs r_a et r_b, comportant respectivement N_a et N_b spires. $\mathcal{S}_a$ et $\mathcal{S}_b$ sont parcourus par des courants notés respectivement i_a et i_b et orientés comme indiqué en figure 5. On admet que les effets de bord sont négligeables, ce qui revient à considérer que $\mathcal{S}_a$ et $\mathcal{S}_b$ se comportent comme des solénoïdes infinis. L'ensemble baigne dans l'air assimilé à du vide de perméabilité magnétique μ_0.

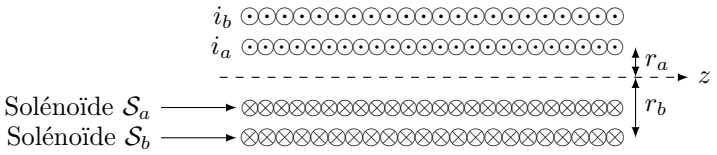


Figure 5 – Schéma en coupe des solénoïdes coaxiaux

On admet que le champ magnétique créé à l'intérieur d'un solénoïde parcouru par un courant i s'écrit $\vec{B} = \mu_0 n i \vec{u_z}$ avec n le nombre de spires par unité de longueur, et que le champ magnétique est nul à l'extérieur du solénoïde.

Q13. Rappeler la définition générale de l'inductance propre L d'un circuit et de l'inductance mutuelle M entre deux circuits.

Q14. Établir l'expression des inductances propres L_a et L_b des solénoïdes $\mathcal{S}_a$ et $\mathcal{S}_b$ en fonction de N_a, N_b, r_a, r_b, μ_0 et ℓ.

Q15. En admettant qu'il n'y a aucune forme de perte magnétique, établir l'expression de l'inductance mutuelle M entre les solénoïdes $\mathcal{S}_a$ et $\mathcal{S}_b$.

Q16. Montrer que l'on a $M = k\sqrt{L_a L_b}$ en donnant l'expression de k en fonction de r_a et r_b.

On considère pour la suite le cas où $r_a = r_b$ pour lequel $k = 1$.

Q17. Montrer que $\dfrac{L_a}{N_a^2} = \dfrac{L_b}{N_b^2}$.

Les deux solénoïdes $\mathcal{S}_a$ et $\mathcal{S}_b$ forment le primaire et le secondaire d'un transformateur. On note $u_a(t)$ la tension aux bornes du primaire et $u_b(t)$ la tension aux bornes du secondaire. Les deux tensions sont orientées en convention récepteur.

Q18. En écrivant les équations électriques pour le primaire et le secondaire, montrer que

$$\frac{u_a(t)}{N_a} = \frac{u_b(t)}{N_b}.$$

On admet que les relations démontrées dans cette première sous-partie sont applicables à tous les transformateurs rencontrés par la suite.

III – Étude de la partie terminale du circuit de mesure

On considère ici la partie terminale du circuit représentée en figure 6.

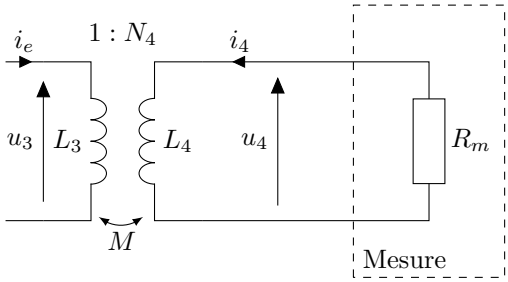


Figure 6 – Schéma électrique de la partie terminale du circuit

Q19. Écrire, en notation complexe, l'expression de $\underline{u}_3$ en fonction de L_3, M, ω_0, $\underline{i}_e$ et $\underline{i}_4$.

Q20. En déduire la relation $\underline{i}_e = \underline{Y}.\underline{u}_3$ en donnant l'expression de $\underline{Y}$ en fonction de L_3, N_4, R_m, M et ω_0.

Q21. En utilisant les résultats établis dans le II, montrer qu'on peut réécrire

$$\underline{Y} = \frac{1}{jL_3\omega_0} + \frac{N_4^2}{R_m}.$$

IV – Étude du circuit de mesure complet

D'après la relation $\underline{i}_e = \underline{Y}.\underline{u}_3$ établie précédemment, le circuit de mesure complet est équivalent au schéma représenté figure 7 dans lequel $\underline{Z} = 1/\underline{Y}$.

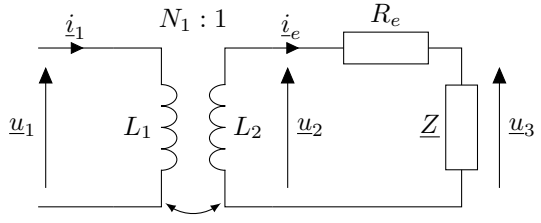


Figure 7 – Schéma électrique équivalent du circuit de mesure complet

Q22. Déterminer la relation entre $\underline{u}_2$, $\underline{u}_3$, R_e et $\underline{Y}$.

Q23. Montrer à l'aide des résultats précédents que

$$\underline{u}_1 = -\frac{N_1}{N_4}(1 + R_e\underline{Y})R_m\underline{i}_4.$$

Q24. Dans la limite où R_m tend vers 0, montrer que l'intensité $i_4(t)$ tend vers

$$i_{4,\text{lim}}(t) = -\frac{1}{N_1 N_4 R_e} u_1(t).$$

Commenter.

V – Étude du convertisseur courant-tension

Pour mesurer le courant $i_{4,\text{lim}}$ de façon simple, on propose de remplacer la résistance R_m par le circuit schématisé en figure 8, dans lequel l'ALI est supposé idéal et fonctionne en régime linéaire.

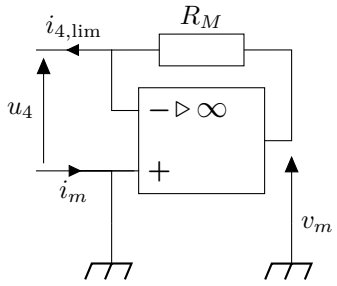


Figure 8 – Schéma d'un convertisseur courant-tension

Q25. Montrer que le montage permet une conversion du courant $i_{4,\text{lim}}$ en une tension v_m.

Q26. Commenter l'intérêt d'utiliser ce montage, en calculant notamment sa résistance d'entrée.

Q27. Lorsqu'il est intégré dans le circuit de la figure 4, que vaut le courant noté i_m sur le schéma de la figure 8 ? D'où vient-il ?

VI – Étalonnage du capteur

Pour étalonner le conductimètre ainsi formé, on le plonge dans deux solutions :

- la première est réalisée en saturant de l'eau distillée en sulfate de calcium $CaSO_4$, à pH neutre. On mesure alors une amplitude de v_m égale à $V_{m1} = 0{,}09$ V ;
- la seconde est réalisée en saturant de l'eau distillée en permanganate de potassium $KMnO_4$, à pH neutre. On mesure alors une amplitude de v_m égale à $V_{m2} = 4{,}28$ V.

Q28. Sachant que toutes les mesures ont été réalisées à 25 °C, déterminer la constante de cellule k_{cell} définie par $\sigma = k_{\text{cell}} V_m$, où V_m est l'amplitude de la tension v_m et σ la conductivité de la solution. On commentera le résultat obtenu, sachant que la conductivité de l'eau de mer ne dépasse pas 75 mS·cm^{-1}.

Partie C – Alimentation électrique des sondes

Les sondes Argo étant complètement autonomes, elles embarquent des batteries pour assurer leurs besoins en énergie. Toutefois, perdues dans l'immensité de l'océan, il n'est pas envisageable de les récupérer régulièrement pour les recharger. Ainsi, la durée de vie d'un flotteur est directement liée à la capacité des batteries qu'il embarque.

On s'intéresse ici à un flotteur Argo Deep SOLO dont chaque cycle de mesure dure 10 jours et consomme une énergie $E_{\text{SOLO}} = 26{,}9$ kJ. Ces flotteurs sont alimentés par des batteries au lithium, dont l'étude fait l'objet de cette partie.

I – Le lithium et ses propriétés

Sur Terre, l'isotope le plus abondant (92,5 %) est $^{7}_{3}\text{Li}$.

Q29. Rappeler la définition du terme *isotope*.

Q30. Donner la composition du noyau d'un atome de lithium $^{7}_{3}\text{Li}$.

Q31. Sachant qu'il n'y a que deux isotopes naturels du lithium, et compte tenu de la masse molaire du lithium naturel donnée en fin d'énoncé, déterminer le symbole atomique du second isotope.

Q32. Quelle est la position de l'élément lithium dans la classification périodique des éléments ? Nommer la famille d'éléments chimique à laquelle il appartient et dessiner son schéma de Lewis.

À température ambiante, le lithium cristallise dans un système cubique centré de paramètre de maille $a = 351$ pm, représenté en figure 9, où chaque boule noire correspond à l'emplacement d'un atome de lithium.

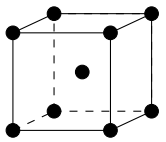


Figure 9 – Maille du système cubique centré

Q33. Calculer la population de cette maille.

Q34. En déduire l'expression puis la valeur de la masse volumique ρ_{Li} du lithium solide. Commenter.

II – La pile au lithium-chlorure de thionyle

Les batteries des flotteurs Argo SOLO II sont des batteries au lithium-chlorure de thionyle : une des électrodes est constituée de $\text{Li}_{(\text{s})}$ et l'autre est constituée de carbone poreux rempli d'une solution de chlorure de thionyle $\text{SOCl}_{2\,(\text{l})}$ concentrée à 1,0 mol·L^{-1} en ions Li^+. Cette solution, qui joue à la fois les rôles de solvant et d'électrolyte, est engagée dans la demi-équation électronique

$$4\,\text{Li}^+ + 2\,\text{SOCl}_{2\,(\text{l})} + 4\,\text{e}^- \;=\; \text{S}_{(\text{s})} + \text{SO}_{2\,(\text{g})} + 4\,\text{LiCl}_{(\text{s})}$$

Q35. Pourquoi ne peut-on pas utiliser pour solvant une solution aqueuse d'ions Li^+ ?

Q36. La molécule de chlorure de thionyle dont le schéma de Lewis est donné en figure 10 est-elle polaire ? Commenter vis-à-vis de la solubilité des ions Li^+.

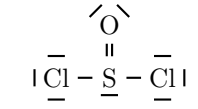


Figure 10 – Schéma de Lewis du chlorure de thionyle

Q37. Déterminer l'équation de fonctionnement de la pile. L'électrode de lithium joue-t-elle le rôle de cathode ou d'anode ?

Les données thermodynamiques relatives aux espèces chimiques mises en jeu sont données en fin d'énoncé. On se place dans l'approximation d'Ellingham.

Q38. Déterminer les enthalpies standard de formation du lithium et du soufre à l'état solide.

Q39. À partir des données fournies en fin d'énoncé, calculer l'enthalpie libre standard de réaction $\Delta_r G^\circ$ à 25 °C.

Q40. En déduire la force électromotrice standard e° de la pile au lithium-chlorure de thionyle à 25 °C.

La température de l'eau dans les océans varie sur une plage d'environ $\Delta T = 30$ °C.

Q41. Calculer la variation Δe° de la force électromotrice standard de la pile qui en découle. Commenter.

Q42. Dans l'hypothèse où la pile fonctionne de façon réversible à 25 °C, déterminer la masse minimale de lithium solide que doit contenir la pile neuve pour assurer le fonctionnement d'un flotteur Argo Deep SOLO pendant 5 ans. Commenter.

Partie D – Localisation par le système Argos

Les flotteurs de la flotte Argo sont suivis et localisés par le système Argos. Créé en 1978 grâce à une collaboration franco-américaine, ce système de localisation et de collecte de données repose sur une liaison radio entre des balises et un ou plusieurs GPS. En 2024, quinze nano-satellites de la nouvelle constellation Kinéis ont été placés en orbite pour assurer la continuité du système Argos et son plus large déploiement.

I – Constellation Kinéis

Les nano-satellites de la constellation Kinéis ont une masse $m_s = 25$ kg et sont placés sur une orbite terrestre circulaire à une altitude $h_s = 650$ km. On se place dans le référentiel géocentrique supposé galiléen et on suppose que la Terre est sphérique, homogène et sans rotation perceptible sur les durées mises en jeu ici.

Q43. Exprimer la force gravitationnelle exercée par la Terre sur un nano-satellite. En déduire l'expression de la vitesse v_s des satellites de Kinéis dans le référentiel géocentrique. Calculer v_s.

Q44. Vérifier que dans le référentiel géocentrique, la vitesse des satellites est nettement supérieure à celle d'un flotteur.

On admettra pour la suite que le flotteur peut être considéré comme fixe dans le référentiel géocentrique sur la durée du survol par le nano-satellite.

II – Survol d'un flotteur par un satellite

On considère un flotteur Argo en un point F à la surface de l'océan. On s'intéresse ici au cas où un satellite, repéré par un point matériel S, effectue un survol du flotteur en passant par sa verticale.

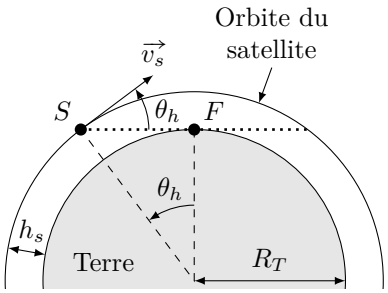


Figure 11 – Schéma du survol d'un flotteur par un satellite (Le schéma n'est pas à l'échelle.)

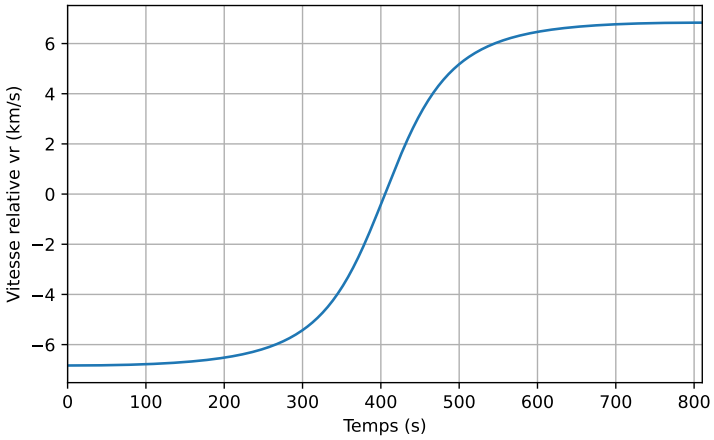


Figure 12 – Tracé de v_r en fonction du temps

Le flotteur ne peut communiquer avec le satellite que lorsque celui-ci est au-dessus de sa ligne d'horizon, représentée en pointillés sur la figure 11. Le script python fourni en figure 13 permet le calcul de la vitesse radiale relative $v_r = \dfrac{\mathrm{d}SF}{\mathrm{d}t}$ du satellite par rapport au flotteur, en choisissant comme référence du temps l'instant $t = 0$ où le satellite apparaît sur l'horizon.

```python
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

# Constantes
RT = 6371e3     # Rayon de la Terre en m
hs = 650e3      # Altitude du satellite en m
vs = 7530       # Vitesse du satellite (en m/s)
N = 500         # Nombre d'echantillons
x0, y0 = 0, RT # Position fixe du flotteur

theta_h = #### Champ a completer - 1 #####  # Angle theta_h (en rad)
omega = #### Champ a completer - 2 ##### # Vitesse angulaire (en rad/s)
T = #### Champ a completer - 3 ##### # Duree de la communication (en s)

# Echantillonnage temporel
t = np.linspace(0, T, N)

# Positions du satellite
x_sat = (RT + hs) * np.sin(theta_h - omega * t)
y_sat = (RT + hs) * np.cos(theta_h - omega * t)

# Calcul de la vitesse relative
distances = #### Champ a completer - 4 #####

# Calcul de la vitesse relative
tder = (t[:-1] + t[1:]) / 2
vr = np.diff(distances) / np.diff(t)

# Trace du graphique
plt.plot(tder, vr / 1000)
plt.xlim([0,T])
plt.xlabel('Temps (s)')
plt.ylabel('Vitesse relative vr (km/s)')
plt.grid()
plt.show()
```

Figure 13 – Script python à compléter

Q45. Indiquer comment compléter les champs numérotés de 1 à 4, lignes 11, 12, 13 et 23, permettant de calculer l'angle θ_h formé entre le vecteur vitesse du satellite et l'horizon à $t = 0$, la vitesse angulaire du satellite dans le référentiel géocentrique, la durée pendant laquelle le satellite est au-dessus de l'horizon, ainsi que les distances SF entre le satellite et le flotteur.

Q46. Une fois complété, le script renvoie le tracé proposé en figure 12. Commenter.

III – Communication et localisation du flotteur

Lors de la communication par onde radio entre le flotteur et le satellite, le flotteur se comporte comme une source immobile et le satellite comme un récepteur en mouvement à la vitesse $\overrightarrow{v_k}(t)$ par rapport au flotteur. On restreint l'étude à une dimension sur la direction (Fx) et au cas où le satellite S est déjà passé à la verticale du flotteur F. La vitesse du satellite par rapport à F est donc $\overrightarrow{v_k}(t) = v_k(t)\overrightarrow{e_x}$.



Figure 14 – Schéma du déplacement à 1 dimension du satellite S par rapport au flotteur F

On suppose que le champ électrique de l'onde électromagnétique émise par le flotteur en direction du satellite peut s'écrire

$$\overrightarrow{E_i}(x,t) = E_0 \cos\left(\omega_c\left(t - \frac{x}{c}\right) + \varphi\right)\overrightarrow{u} \quad \text{avec} \quad \overrightarrow{u} \perp \overrightarrow{e_x}$$

où c est la vitesse de la lumière dans le vide, ω_c la pulsation de l'onde et φ un réel. L'onde est assimilable à une onde se propageant dans le vide.

Q47. Montrer que le champ électrique $\overrightarrow{E_r}(t)$ reçu par l'antenne du satellite situé en $x(t) = d_0 + v_k t$ a un pulsation ω_c' différente de ω_c que l'on exprimera en fonction de ω_c, v_k et c. Comment appelle-t-on cet effet ?

Lors du survol d'un océan, un satellite Kinéis reçoit d'un flotteur en mer un signal dont la fréquence f varie comme représenté en figure 15.

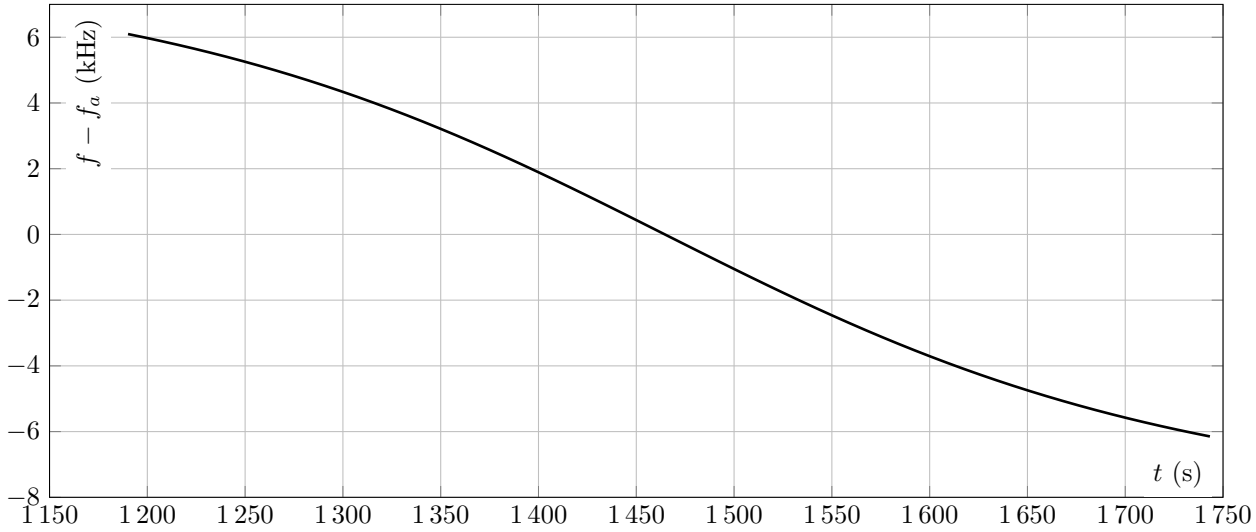


Figure 15 – Évolution de la fréquence d'un signal reçu par un satellite Kinéis, avec $f_a = 401{,}650$ MHz

Q48. Que peut-on déduire de cet enregistrement ?

Données

Données numériques partie A

Accélération de la pesanteur terrestre au niveau du sol	$g = 9{,}81\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
Masse volumique de l'eau de mer en surface	$\rho_0 = 1\,025\ \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$
Pression atmosphérique	$P_{\text{atm}} = 1{,}01 \times 10^5\ \text{Pa}$

Données numériques partie B

À 25 °C.

Produit ionique de l'eau	$K_e = 10^{-14}$
Produit de solubilité de $CaSO_4$	$K_{s1} = 2{,}4 \times 10^{-5}$
Produit de solubilité de $KMnO_4$	$K_{s2} = 0{,}23$
Loi de Kohlrausch	$\sigma = \sum_i \lambda_i C_i$ avec σ la conductivité de la solution et λ_i la conductivité molaire ionique de l'ion d'indice i de concentration C_i.

Conductivités molaires ioniques

	SO_4^{2-}	MnO_4^-	Ca^{2+}	K^+	HO^-	H_3O^+
λ_m° ($\text{mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$)	16,0	6,13	11,9	7,35	19,8	35,0

Données numériques partie C

Constante d'Avogadro	$\mathcal{N}_A = 6{,}022 \times 10^{23}\ \text{mol}^{-1}$
Constante de Faraday	$\mathcal{F} = 9{,}65 \times 10^4\ \text{C} \cdot \text{mol}^{-1}$
Masse molaire des nucléons	$M_n = M\left({}^1_1\text{p}\right) = M\left({}^1_0\text{n}\right) = 1{,}0\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Extrait du tableau périodique

Élément	Li	O	S	Cl
Numéro atomique	3	8	16	17
Masse molaire ($\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$)	6,93	16,0	32,1	35,5
Électronégativité χ (échelle de Pauling)	0,98	3,44	2,58	3,16

Données thermodynamiques à 25 °C :

	$SOCl_{2(l)}$	$Li_{(s)}$	$S_{(s)}$	$SO_{2(g)}$	$LiCl_{(s)}$
$\Delta_f H^\circ$ ($\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$)	−245,0	?	?	−296,8	−408,6
S_m° ($\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)	221,8	29,1	32,1	248,2	59,31

Données numériques partie D

Rayon de la Terre	$R_T = 6\,371\ \text{km}$
Masse de la Terre	$M_T = 5{,}97 \times 10^{24}\ \text{kg}$
Constante gravitationnelle	$\mathcal{G} = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$
Période de rotation sidérale de la Terre	$T_T = 86\,164\ \text{s}$
Vitesse de la lumière dans le vide	$c = 299\,792\,458\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

◇ Fin ◇

P082 - 30 avril 2025 - 14:48:28

Travailler les chapitres de ce sujet

Prepa Help suit le programme de TSI chapitre par chapitre : cours détaillé, méthodes, pièges, exercices et problèmes corrigés pas à pas, tirés des concours. L'essai gratuit donne accès aux chapitres offerts de ta filière, sans carte bancaire.

Chapitres liés à ce sujet

- Oscillateurs électroniques
- Régime sinusoïdal forcé
- Thermodynamique de l'oxydoréduction : enthalpie libre, potentiels et pile
- Oxydoréduction et piles électrochimiques
- Premier principe appliqué aux transformations physico-chimiques : grandeurs standard de réaction et effets thermiques
- Bases de Python : expressions, types, instructions, fonctions

Ouvrir l'essai gratuit

Scanne le code ou clique sur le bouton.

prepahelp.com/#essai

Une question sur le concours ou sur ta filière :
écrire sur WhatsApp

Les autres années et épreuves : prepahelp.com/annales/centrale/tsi