



Devoir surveillé 3 de Physique-Chimie TSI1

Thème(s) : optique, électronique, chimie et mécanique
Durée : 2 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

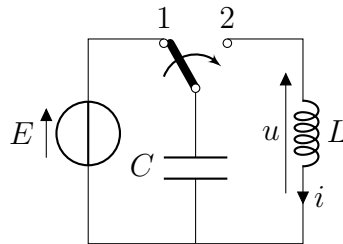
- Utiliser uniquement un **stylo noir ou bleu foncé non effaçable** pour la rédaction de votre composition ; d'autres couleurs, peuvent être utilisées, mais exclusivement pour les schémas et la mise en évidence des résultats ;
- Ne pas utiliser de **correcteur** ;
- Écrire le mot FIN à la fin de votre 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 calculatrices sont **autorisées**.

Le sujet est composé de **4 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 : l'application de cours - le circuit LC

Soit le circuit ci-dessous. À l'instant initial, nous basculons l'interrupteur de la position 1 à la position 2.

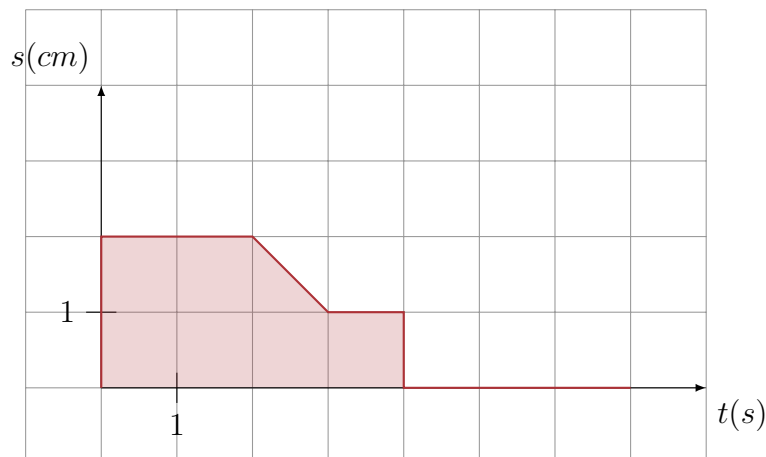


- Q1.** Déterminer l'équation différentielle vérifiée par $u \forall t > 0$. Quel est l'ordre de cette équation différentielle ? Combien de conditions sont nécessaires pour la résoudre complètement ?
- Q2.** Déterminer la valeur de la tension $u(0^+)$.
- Q3.** Déterminer la valeur du courant $i(0^+)$.
- Q4.** Résoudre l'équation différentielle portant sur u . En déduire i .
- Q5.** Tracé u et i en fonction du temps.

Exercice 2 : propagation d'onde

Une onde progressive se propage suivant les x croissants le long d'une corde à la célérité $c = 2 \text{ cm s}^{-1}$.

La représentation temporelle du signal associé est tracée ci-dessous à la position $x_0 = 0 \text{ cm}$.



- Q6.** Représenter l'allure du signal en fonction du temps à la position $x_1 = 2 \text{ cm}$. Vous détaillerez votre démarche.
- Q7.** Représenter l'allure du signal en fonction de la position x à l'instant $t = 1 \text{ s}$. Vous détaillerez votre démarche.
- Q8.** Quelles est l'expression d'une onde progressive sinusoïdale se propageant selon les x croissants ?

Sur le graphique de la figure 1 est représenté une onde progressive sinusoïdale se propageant selon les x croissants à la position $x = 0$:

$$s(x = 0, t) = s_0 \cos(\omega t + \varphi_0)$$

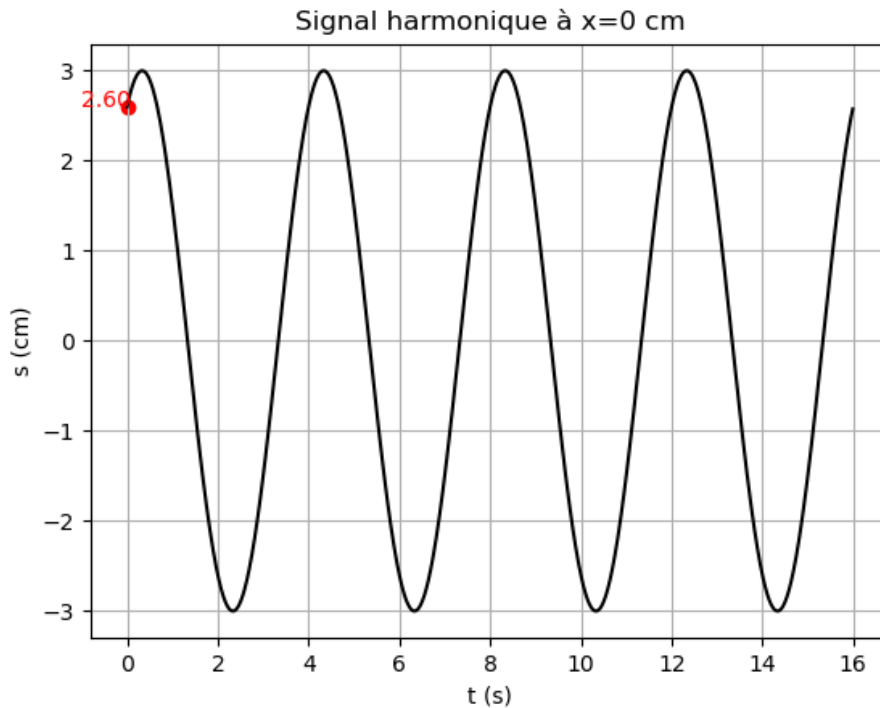


FIGURE 1 – Représentation du signal harmonique à $x = 0$ cm en fonction du temps.

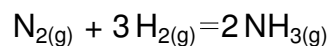
Q9. Déterminer la période temporelle T , la pulsation ω , l'amplitude s_0 ainsi que la phase à l'origine. Nous rappelons que $\frac{\sqrt{3}}{2} \simeq 0,86$.

Q10. Sachant qu'un observateur situé à 20 cm doit attendre 10 s avant de recevoir le signal, déterminer la célérité de l'onde c , la période spatiale λ ainsi que le nombre d'onde k .

Exercice 3 : Synthèse de l'ammoniac

adapté du concours MPI 2023

L'ammoniac, de formule NH_3 , détient le record mondial de production d'un gaz. Sa production massive industrielle a débuté en 1913 avec le procédé sous catalyse haute pression mis au point par *Haber* et *Bosch*, qui est encore celui utilisé aujourd'hui, et qui exploite la réaction



Il est utilisé pour la fabrication de 100 Mt/an d'engrais azotés, sous forme d'ammoniac, de nitrate d'ammonium, et d'urée. Cette production consomme 3–5% de la production mondiale de gaz naturel, source du dihydrogène nécessaire pour sa préparation.



On estime que l'ammoniac est directement responsable du tiers de l'accroissement de la population mondiale depuis le milieu du XX^e siècle grâce aux progrès de l'agriculture et à la disparition des grandes famines (source : Société Française de Chimie).

La réaction de synthèse de l'ammoniac est non totale. Nous nous intéressons donc à son rendement, que l'on définit comme $\alpha = \frac{\xi_{\text{eq}}}{\xi_{\text{max}}}$.

Les réactifs sont introduits en proportions stœchiométriques : n_0 pour la quantité initiale de N_2 , et $3n_0$ pour celle de H_2 .

Q11. Dresser le tableau d'avancement de la réaction.

Q12. On considère dans cette question la réaction comme totale. Donner l'expression de l'avancement maximal de la réaction ξ_{max} en fonction de n_0 .

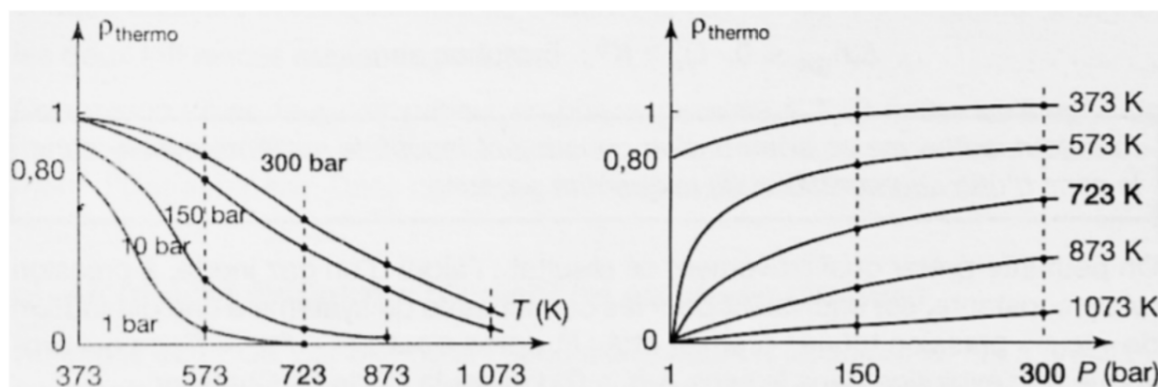
On considère pour toutes les questions suivantes que la réaction est équilibrée.

Q13. Donner l'expression des pressions partielles des différents constituants en fonction de n_0 , de l'avancement de la réaction ξ et de la pression totale P_{tot} .

Q14. Donner l'expression du quotient de réaction Q_r en fonction de n_0 , de l'avancement de la réaction ξ , de la pression totale P_{tot} et de la pression standard P° .

Q15. Décrire comment calculer la valeur du rendement α pour une température T et une pression P_{tot} données, en supposant $K^\circ(T)$ connu. Ne pas effectuer le calcul, laisser l'expression littérale.

Ceci permet de tracer la valeur du rendement α pour différentes températures et pressions :



Q16. Nous nous plaçons en conditions industrielles : $P = 300$ bar et $T = 450^\circ\text{C}$. Que vaut le rendement α ?

Q17. D'après les courbes ci-dessus, est-il préférable d'opérer à haute ou basse température ? Haute ou basse pression ? Donner un facteur limitant dans chaque cas.

Exercice 4 : Bataille navale

Dans cet exercice nous travaillons dans le plan $(0, x, y)$. Nous considérons que tous les objets sont à la même altitude et qu'il n'y a aucun changement d'altitude possible. Ainsi le problème est complètement plan.

Soit un croiseur navigant à la vitesse $\vec{u} = u\vec{e}_x$ constante selon l'axe $\vec{e}_x$, où $u > 0$. Nous repérons la position du croiseur par le point C . Sa position initiale est telle que :

$$\overrightarrow{OC}(t=0) = \overrightarrow{OC}_0 = \begin{pmatrix} 0 \\ y_0 \end{pmatrix}$$

Un sous-marin ennemi, S , repère le croiseur. Il est immobile, et se situe à la position :

$$\overrightarrow{OS} = \begin{pmatrix} x_s \\ y_s \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Le sous-marin, tire une torpille sous un angle θ par rapport à l'axe vertical. La torpille se propage à la vitesse constante $\vec{v} = v\vec{e}_v$ où le vecteur $\vec{e}_v$ est un vecteur unitaire dirigé selon $\vec{v}$.

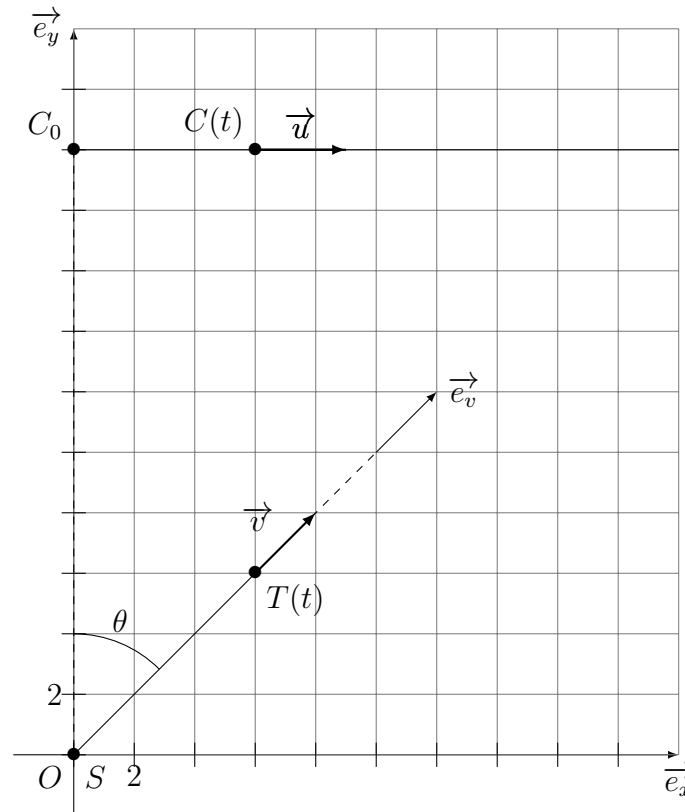


FIGURE 2 – Torpillage d'un croiseur se déplaçant selon $\vec{e}_x$

- Q18.** Déterminer le vecteur position $\overrightarrow{OT}$ à tout instant t en fonction de v , t et θ .
- Q19.** Déterminer le vecteur position $\overrightarrow{OC}$ à tout instant t en fonction de u , t , et y_0 .
Il y a collision entre le croiseur et la torpille si il existe un instant t_i telle que $\overrightarrow{OC} = \overrightarrow{OT}$.
- Q20.** En projetant l'égalité sur une des deux coordonnées, déterminer t_i .
- Q21.** En projetant sur l'autre coordonnée, déterminer une inéquation entre les vitesses v et u pour que l'impact soit possible.
- Dans la suite, nous ne considérons plus le croiseur se déplaçant selon l'axe $\vec{e}_x$, mais sur un axe quelconque : $\vec{u} = u\vec{e}_u$ formant un angle α par rapport à la vertical comme sur la figure 3.
- Q22.** En reprenant la méthode des questions précédentes montrer que :

$$v \sin(\theta) = u \sin(\alpha)$$

- Q23.** En expliquant l'analogie, relier cette relation avec une autre relation au programme.

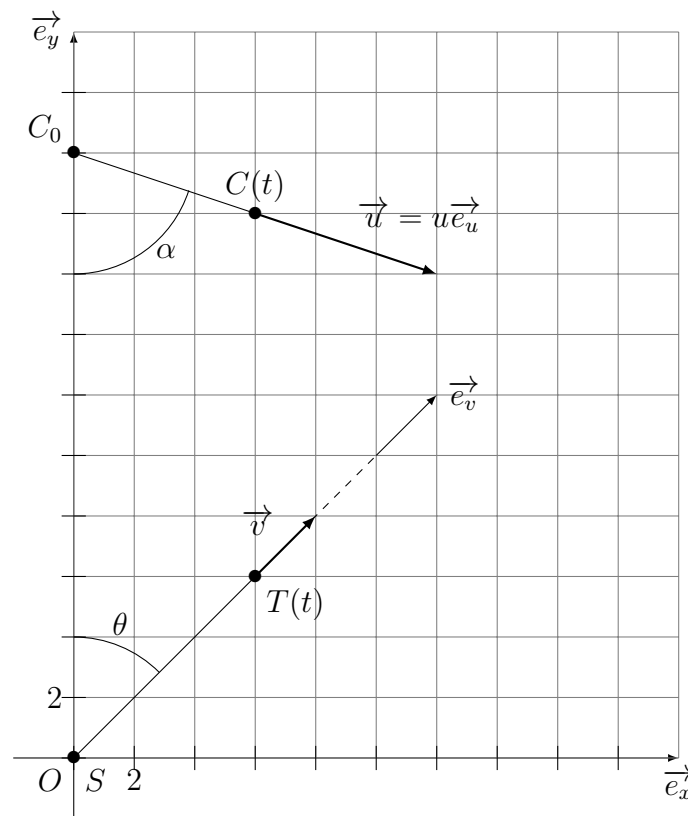


FIGURE 3 – Torpillage d'un croiseur pour une trajectoire quelconque

Q24. Dédurre de la question 22, une inéquation pour que le sous-marin ne puisse pas atteindre le croiseur.

En réalité les frottements fluides font que la torpille ne se déplace pas à vitesse constante. Nous modélisons les frottements fluides de la façon suivantes :

$$\vec{f}_f = -\alpha \vec{v}$$

où α est un coefficient de frottement empirique.

Q25. Quelle est l'unité de α ?

Q26. Rappeler le principe fondamental de la dynamique et ses conditions d'application.

Q27. Appliquer le principe fondamental de la dynamique à la torpille en projection sur l'axe $\vec{e}_v$, en déduire une équation différentielle sur la vitesse v . Nous rappelons que le mouvement est plan, donc nous négligeons le poids.

Q28. Résoudre cette équation différentielle en supposant que le sous-marin propulse le missile avec un vitesse initiale de v_0 .

Q29. En déduire la position selon l'axe $\vec{e}_v$ de la torpille au cours du temps.