

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2008

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVÉ : 3 h COEFFICIENT : 8

L'usage des calculatrices EST autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 11 pages numérotées de 1 à 11, y compris celle-ci et les annexes.

Les feuilles d'annexes (pages 10 et 11) SONT À RENDRE AVEC LA COPIE même si elles n'ont pas été complétées.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres :

- I. Chute d'une bille dans la glycérine (5,5 points)
- II. L'eau de Javel (6,5 points)
- III. Transmission d'ondes hertziennes (4 points)

EXERCICE I. CHUTE D'UNE BILLE DANS LA GLYCÉRINE (5,5 points)

La glycérine connue aussi sous le nom du glycérol se présente sous la forme d'un liquide transparent, visqueux, incolore et non toxique.

On se propose dans cet exercice de déterminer dans une première partie, la valeur expérimentale de la viscosité de ce liquide. La deuxième partie, théorique, utilise une méthode numérique pour simuler le mouvement de chute d'une bille dans ce liquide.

1. Mesure de la viscosité η de la glycérine

La viscosité désigne la capacité d'un fluide à s'écouler. Elle dépend fortement de la température.

Pour mesurer la viscosité de la glycérine, on utilise un dispositif appelé viscosimètre de HOEPLER (ou viscosimètre à chute de bille).

Il se compose d'un long tube de verre vertical, rempli du liquide étudié, dans lequel on laisse tomber une bille sphérique en acier de diamètre calibré.

La durée de chute Δt correspondant à une distance de chute h connue est mesurée à l'aide de deux capteurs reliés à un chronomètre électronique. Les deux capteurs sont repérés par les positions R_1 et R_2 comme le montre le schéma de la figure 1 ci-contre.

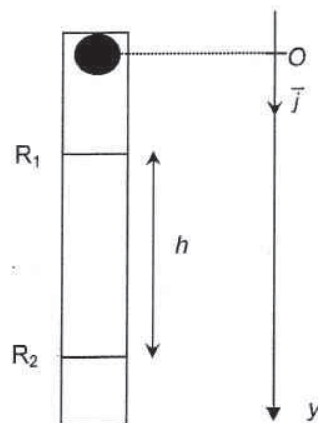


Figure 1

Données :

Rayon de la bille : $r = 5,00 \text{ mm}$

Masse volumique de la bille : $\rho = 7,80 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$

Masse volumique de la glycérine : $\rho_0 = 1,26 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$

Intensité de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$

Volume d'une sphère : $V = \frac{4}{3} \pi r^3$

On étudie le mouvement de la bille dans le référentiel terrestre (considéré comme galiléen) muni d'un repère (O, \vec{j}) . O est l'origine du repère. Son vecteur unitaire \vec{j} est vertical et orienté vers le bas. La bille totalement immergée dans le liquide, est abandonnée du point O sans vitesse initiale.

1.1. Représenter sur un schéma, sans souci d'échelle, les forces appliquées à la bille en mouvement dans le liquide : son poids \vec{P} , la poussée d'Archimède \vec{P}_A et la force de frottement fluide \vec{f} .

1.2. Exprimer littéralement la valeur P du poids de la bille en fonction de ρ , V et g .

1.3. Exprimer la valeur P_A de la poussée d'Archimède en fonction de ρ_0 , V et g .

1.4. Lors de sa chute, la bille atteint rapidement sa vitesse limite v_{lim} avant son passage au niveau du repère R_1 .

1.4.1. Quel est le mouvement de la bille entre les deux repères R_1 et R_2 ? Justifiez votre réponse.

1.4.2. Quelle est alors la relation vectorielle liant les forces appliquées à la bille ? Justifiez votre réponse.

1.5. Dans le cas du fluide étudié, la force de frottement est proportionnelle à la vitesse de chute de la bille :

$$\vec{f} = -6\pi\eta r \vec{v} \quad \text{où } \eta \text{ est la viscosité de la glycérine.}$$

1.5.1. À la suite d'une analyse dimensionnelle, donner l'unité de η .

1.5.2. En projetant la relation vectorielle établie dans la question 1.4.2 suivant le repère (O, \vec{j}) , montrer que la viscosité η du fluide étudié s'exprime par la relation :

$$\eta = \frac{2r^2 g (\rho - \rho_0)}{9 v_{lim}}$$

1.6. On mesure de la durée de chute de la bille en mouvement rectiligne uniforme entre les repères R_1 et R_2 distants d'une hauteur $h = 40,0$ cm. On obtient $\Delta t' = 1,66$ s à la température $\theta = 20^\circ\text{C}$.

1.6.1. Calculer la vitesse limite v_{lim} de la bille.

1.6.2. En déduire la valeur expérimentale de la viscosité η de la glycérine à la température d'étude.

1.6.3. La valeur théorique de la viscosité de la glycérine à cette température est $\eta_{thé} = 1,49$ SI.

En effectuant un calcul d'écart relatif, comparer la valeur trouvée expérimentalement de la viscosité η de la glycérine à sa valeur théorique.

2. Étude théorique du mouvement de la bille

À l'instant choisi comme origine des dates, la bille est abandonnée sans vitesse initiale au point O.

2.1. En utilisant la deuxième loi de Newton, montrer que l'équation différentielle liant la vitesse de la bille et sa dérivée par rapport au temps est de la forme :

$$\frac{dv}{dt} + Av = B \quad \text{avec } A = 34,4 \text{ s}^{-1} \text{ et } B = 8,23 \text{ m.s}^{-2}.$$

Identifiez les expressions des termes A et B dans cette équation.

2.2. En déduire la valeur de la vitesse limite atteinte par la bille. Est-elle en accord avec la valeur trouvée expérimentalement dans la question 1.6.1.?

2.3. À quelle grandeur physique le rapport $1/A$ correspond-il ? Même question pour le paramètre B.

2.4. La courbe d'évolution de la vitesse au cours du temps est représentée sur la **FIGURE 2 DE L'ANNEXE PAGE 11**. Elle a été obtenue par résolution de l'équation différentielle précédente par la méthode numérique itérative d'Euler. Cette méthode permet de calculer, pas à pas, de façon approchée, les valeurs de la vitesse instantanée v_i et de l'accélération a_i à l'instant t_i . Pour ce calcul, on a utilisé les relations suivantes :

$$v(t_i) = v(t_{i-1}) + a(t_{i-1}) \cdot \Delta t \quad \text{où } \Delta t \text{ est le pas d'itération du calcul.}$$

$$a(t_i) = B - A \cdot v(t_i)$$

Un extrait de la feuille de calcul est donné par le tableau 1 ci-dessous :

t_i (s)	v (m.s ⁻¹)	a (m.s ⁻²)
0,020	0,127	3,86
0,025	0,146	3,20
0,030		2,65
0,035	0,175	
0,040	0,186	1,82

Tableau 1

2.4.1. Quel est le pas Δt utilisé pour les calculs ?

2.4.2. En utilisant la méthode d'Euler, calculer la vitesse v_6 à la date $t = 0,030$ s et l'accélération a_7 à la date $t = 0,035$ s.

2.5. La courbe $v = f(t)$ représentée sur la **FIGURE 2 DE L'ANNEXE PAGE 11**, permet de mettre en évidence deux régimes distincts pour le mouvement de la bille. Ces deux régimes sont séparés par le trait en pointillé vertical dessiné sur le graphe.

2.5.1. Compléter les cases de la **FIGURE 2 DE L'ANNEXE PAGE 11** en identifiant ces deux régimes.

2.5.2. Déterminer graphiquement le temps caractéristique τ en prenant soin d'expliquer votre méthode.

EXERCICE II. L'EAU DE JAVEL (6,5 points)

Sur l'étiquette d'un berlingot d'eau de Javel on peut lire :

- Volume du berlingot : $V_b = 250$ mL
- Composition : Solution aqueuse d'hypochlorite de sodium ($\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{ClO}^-(\text{aq})$)
- Dilution : introduire un berlingot dans un flacon de 1 litre et le compléter d'eau.
- À utiliser dans les trois mois suivant l'achat

On se propose, au cours de ce sujet, d'étudier dans trois parties indépendantes

- la préparation du dichlore nécessaire à l'obtention de l'eau de Javel
- la cinétique de la décomposition de l'eau de Javel
- la conservation de l'eau de Javel.

1. Préparation du dichlore

L'eau de Javel est préparée industriellement par réaction entre le dichlore (Cl_2) et la soude ($\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq})$). Le dichlore est obtenu par électrolyse d'une solution aqueuse de chlorure de sodium ($\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$).

1.1. Quelle transformation subissent les ions chlorure lors de l'électrolyse ? Écrire la demi-équation associée à cette transformation.

1.2. Quel nom donne-t-on à l'électrode où a lieu cette transformation ?

1.3. Afin de préparer en 90 minutes la solution commercialisée dont l'étiquette est donnée ci-dessus, il faut obtenir $5,25 \cdot 10^{-1}$ mol de dichlore à partir de la solution électrolysée.

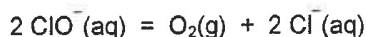
Déterminer la quantité n_e d'électrons nécessaire puis l'intensité I du courant qui doit circuler dans l'électrolyseur si la transformation est considérée comme totale.

Donnée : la constante de Faraday a pour valeur : $9,65 \cdot 10^4$ C.mol⁻¹

2. Décomposition de l'eau de Javel

2.1. Étude préliminaire

L'eau de Javel est une solution aqueuse d'hypochlorite de sodium ($\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{ClO}^-(\text{aq})$). L'ion hypochlorite est fortement oxydant. Il est, en particulier, susceptible d'oxyder l'eau selon l'équation chimique :



2.1.1. Cette réaction étant très lente, on peut la catalyser par les ions cobalt $\text{Co}^{2+}(\text{aq})$.

Donner la définition d'un catalyseur.

2.1.2. Pour étudier la cinétique de la décomposition de l'eau de Javel, on prépare une solution diluée à partir de la solution S_0 de concentration c_0 contenue dans un berlingot récemment fabriqué.

Choisir, en justifiant, le lot de verrerie adapté à la préparation d'un volume $V_1 = 100$ mL de solution diluée S_1 de concentration $c_1 = c_0/4$.

Lot 1	Lot 2	Lot 3	Lot 4
Éprouvette graduée de 50 mL	Pipette jaugée de 50,0 mL	Pipette jaugée de 25,0 mL	Pipette jaugée de 25,0 mL
Éprouvette graduée de 100 mL	Fiole jaugée de 100 mL	Éprouvette graduée de 100 mL	Fiole jaugée de 100 mL
Becher de 50 mL	Becher de 50 mL	Becher de 50 mL	Becher de 50 mL

2.2. Suivi cinétique

La réaction s'effectue dans un ballon de volume $V_B = 1,2$ L hermétiquement fermé. On mesure, à une température constante, la variation de la pression ΔP due au dioxygène gazeux produit.

Dans le ballon de volume V_B , on introduit $V_1 = 100$ mL de la solution S_1 , puis on déclenche le chronomètre à l'instant où l'on met le catalyseur dans la solution.

On montre que la pression mesurée P_{mes} dans le ballon à une date t quelconque a pour expression :

$$P_{mes} = P_0 + n(O_2) \frac{RT}{V_B}$$

La température est $T = 290$ K.

La pression initiale dans le ballon est $P_0 = 1,00 \cdot 10^5$ Pa,

$n(O_2)$ la quantité de dioxygène produit

et R la constante des gaz parfaits : $R = 8,31$ J.mol⁻¹.K⁻¹.

Dans cette expression, on néglige le volume de la solution devant le volume gazeux.

2.2.1. Montrer que l'avancement x de la réaction, à une date quelconque, a pour expression :

$$x = 5,0 \cdot 10^{-7} \Delta P$$

On pourra s'aider d'un tableau d'évolution de la réaction.

2.2.2. On relève la pression P_{mes} dans le ballon à différentes dates afin de tracer la courbe $\Delta P = f(t)$ où $\Delta P = P_{mes} - P_0$ (exprimée en Pascal).

En faisant clairement apparaître la construction nécessaire sur la courbe $\Delta P = f(t)$ représentée sur la **FIGURE 3 DE L'ANNEXE PAGE 11**, déterminer la valeur de l'avancement final x_f .

2.2.3. Donner la définition du temps de demi-réaction. Déterminer sa valeur en faisant clairement apparaître les constructions nécessaires sur la courbe $\Delta P = f(t)$ représentée sur la **FIGURE 3 DE L'ANNEXE PAGE 11**.

2.2.4. La vitesse volumique de réaction étudiée est donnée par la relation : $v_r = \frac{1}{V_1} \frac{dx}{dt}$

Préciser l'unité de v_r lorsque le volume est exprimé en litre.

2.2.5. Dédurre de l'expression précédente que la vitesse volumique de réaction s'exprime par :

$$v_r = 5,0 \cdot 10^{-6} \frac{d(\Delta P)}{dt}$$

2.2.6. Comment évolue, qualitativement, la vitesse volumique de réaction au cours du temps ? Justifier la réponse en utilisant la courbe représentée sur la **FIGURE 3 DE L'ANNEXE PAGE 11**.

3. Conservation de l'eau de Javel

Le degré chlorométrique français de l'eau de Javel correspond au volume de dichlore gazeux, exprimé en litre, (à une température $T = 273$ K et sous une pression de 10^5 Pa) nécessaire à la préparation d'un litre d'eau de Javel suivant une transformation totale modélisée par l'équation chimique suivante :



Dans les conditions de l'expérience, la quantité de matière de dichlore nécessaire à la fabrication d'un litre d'eau de Javel à 48° est donc $n(\text{Cl}_2) = 2,10$ mol.

3.1. Déterminer la concentration molaire c_0 en ions hypochlorite de l'eau de Javel contenue dans un berlingot.

En déduire la concentration c_1 de la solution S_1 .

3.2. Calculer la quantité de matière n_1 des ions hypochlorite présents dans le volume $V_1 = 100$ mL de solution S_1 .

3.3. En utilisant la courbe représentée sur la **FIGURE 3 DE L'ANNEXE PAGE 11** et la relation donnée dans la question 2.2.1., déterminer la quantité de matière d'ions hypochlorite restant dans la solution après 10 minutes de décomposition ?

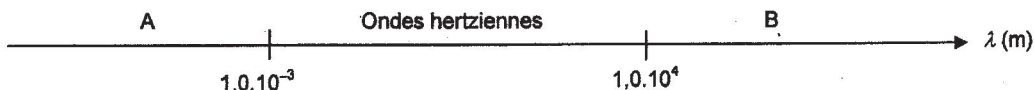
3.4. Conclure quant à l'importance d'utiliser rapidement l'eau de Javel concentrée après l'achat.

EXERCICE III. TRANSMISSION D'ONDES HERTZIENNES (4 POINTS)

Cet exercice a pour but d'étudier la chaîne complète de télécommunication permettant l'émission puis la réception d'une onde radio. Il fera référence à quelques faits historiques relatifs aux avancées technologiques de la fin du XIX^e siècle à propos de la transmission d'ondes hertziennes.

1. Etude préliminaire : l'onde radio

1.1. Nous rappelons ici que les ondes hertziennes font partie des ondes électromagnétiques dont une partie du spectre est donné ci-dessous :



La lumière visible fait partie des ondes électromagnétiques.
Dans quel domaine (A ou B) peut-on la situer ? Justifier la réponse.

1.2. En 1888, Hertz réalisa un oscillateur qui permettait de générer des ondes électromagnétiques à travers son laboratoire. La célérité de la lumière valant $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$, il mesura une longueur d'onde $\lambda = 9,0 \text{ m}$.
Calculer la fréquence des ondes qu'il réussit à émettre.

2. L'émission de l'onde radio

2.1. Deux physiciens veulent reconstituer une expérience similaire à l'expérience historique, réalisée en 1898, qui permit à Ernest Roger et Eugène Ducretet de transmettre des ondes de la tour Eiffel au Panthéon distant de 4 km.
Au laboratoire, une partie du montage appelée "modulateur", permettant de générer un signal qui sera à l'origine de l'onde radio, peut être schématisé sur la figure 4 ci-dessous :

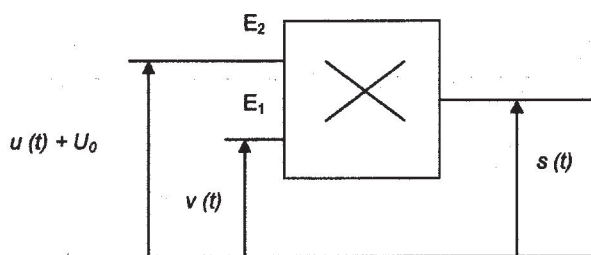


Figure 4

2.1.1. On applique aux entrées E_1 et E_2 les tensions $v(t) = V_m \cos 2\pi Ft$ et $u(t) = U_m \cos 2\pi ft$ telles que $F \gg f$.

Nommer les tensions $v(t)$ et $u(t)$.

Que représente la grandeur V_m ?

2.1.2. À la tension $u(t)$ on ajoute une tension continue U_0 . Nommer cette tension.

2.2. La FIGURE 5 DE L'ANNEXE PAGE 11 représente la tension modulée $s(t)$ obtenue par acquisition et traitement informatisés.

2.2.1. Tracer sur la FIGURE 5 DE L'ANNEXE PAGE 11 le signal modulant.

2.2.2. À l'aide de la FIGURE 5 DE L'ANNEXE PAGE 11, calculer la période du signal modulé et en déduire sa fréquence.

2.2.3. La modulation est caractérisée par son taux m donné par la relation :

$$m = \frac{U_{max} - U_{min}}{U_{max} + U_{min}}$$

Calculer sa valeur en utilisant la **FIGURE 5 DE L'ANNEXE PAGE 11**.

2.2.4. La modulation est-elle satisfaisante ? Justifier la réponse.

2.3. L'antenne émettrice doit respecter certains critères de longueur. En effet, une antenne est accordée sur une fréquence si sa longueur est égale à la moitié de la longueur d'onde correspondante (au quart de la longueur d'onde si l'antenne est verticale et reliée au sol car dans ce cas, le sol joue le rôle de réflecteur) ; c'est pour respecter ces contraintes que l'on installe, en 1898, une antenne émettrice au sommet de la tour Eiffel. Cette antenne est reliée au sol.

Sachant que la hauteur de cette antenne est de 324 m, quelle est la longueur d'onde maximale de l'onde radio que l'on peut émettre ?

Les ondes hertziennes kilométriques, appelées "grandes ondes" ont pour domaine $1052 \text{ m} \leq \lambda \leq 2000 \text{ m}$; était-il possible d'émettre toute la gamme de ces ondes hertziennes depuis la tour Eiffel ? Justifier.

3. La réception de l'onde radio

3.1. L'émetteur, au laboratoire des deux expérimentateurs, étant opérationnel, ils décident de mettre en place le récepteur. Ils réalisent la chaîne de réception schématisée sur la figure 6 ci-dessous :

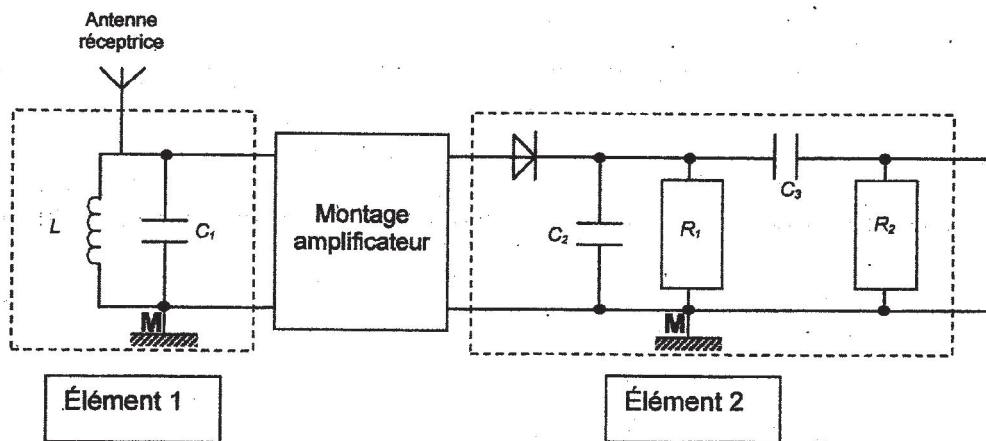


Figure 6

3.1.1. Quel est le rôle de l'élément 1 ? Comment l'appelle-t-on ?

3.1.2. Quel est le rôle de l'élément 2 ? Détailler le rôle de la diode de l'élément 2.

3.2. Ils mettent en place le dispositif et ils désirent obtenir sur l'écran de leur oscilloscope les tensions U_{AM} , U_{BM} et U_{CM} schématisées sur la figure 7 ci-dessous :

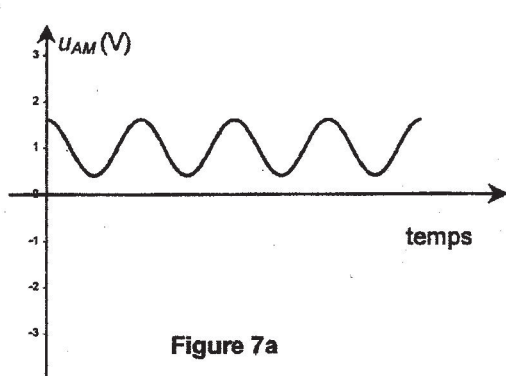


Figure 7a

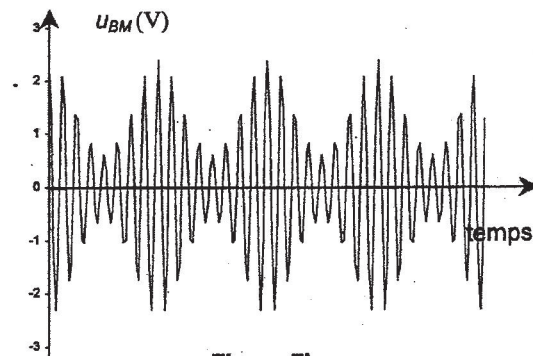


Figure 7b

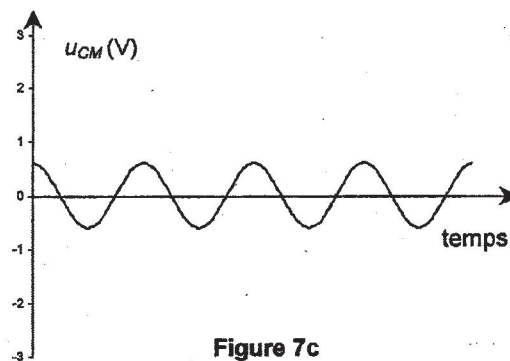


Figure 7c

Figure 7

Placer sur le schéma de la FIGURE 8 DE L'ANNEXE PAGE 11, les points A, B et C permettant l'obtention de ces tensions.

4. La chaîne complète

L'essai étant concluant avec un signal électrique sinusoïdal, les deux physiciens décident de transmettre un son capté par un microphone. Lorsque l'un d'eux parle, l'autre écoute attentivement près du haut parleur appartenant au récepteur et observe l'oscilloscope relié au récepteur.

4.1. Ils constatent que l'oscillogramme obtenu n'est pas sinusoïdal. Que peuvent-ils en conclure quant à la nature du son émis ?

4.2. L'utilisation d'un analyseur de spectre pourrait-elle donner d'autres informations ? Lesquelles ?

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE I

Questions 2.5.1 et 2.5.2

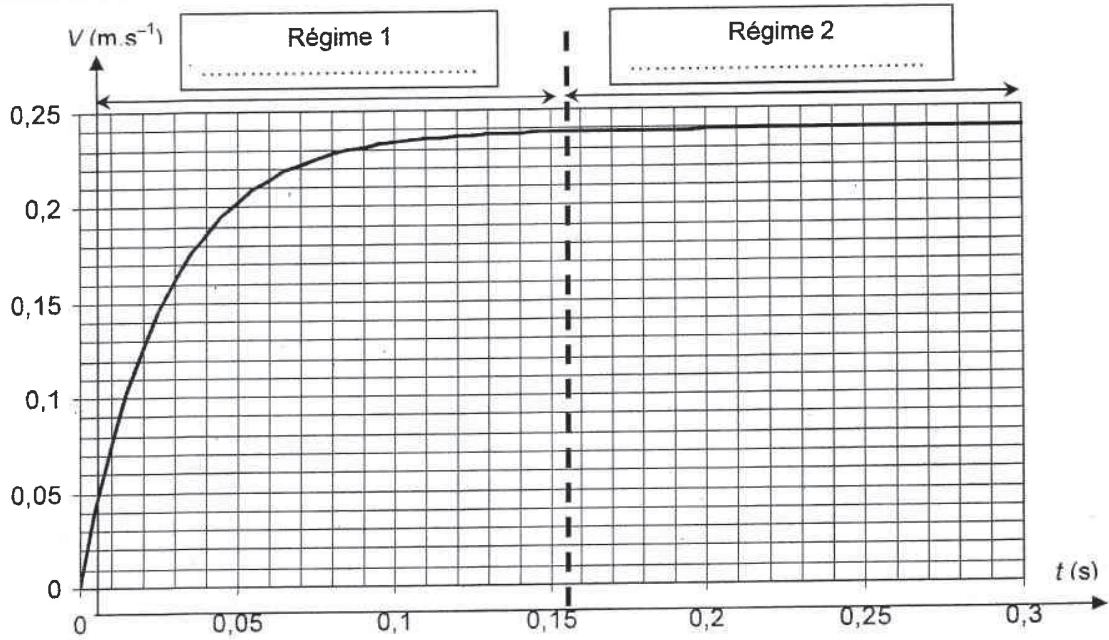


Figure 2

ANNEXE DE L'EXERCICE II

Questions 2.2.2., 2.2.6 et 3.3.

variation de la pression en fonction du temps

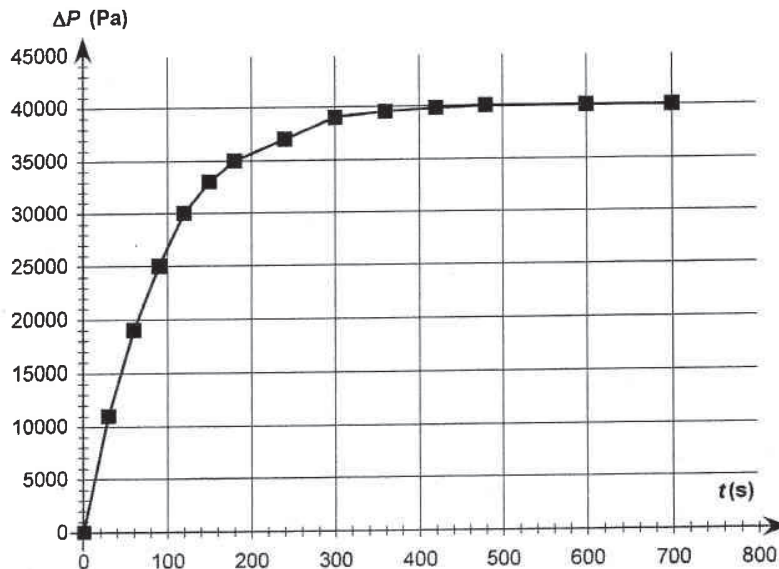


Figure 3

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE III

Question 2.2.

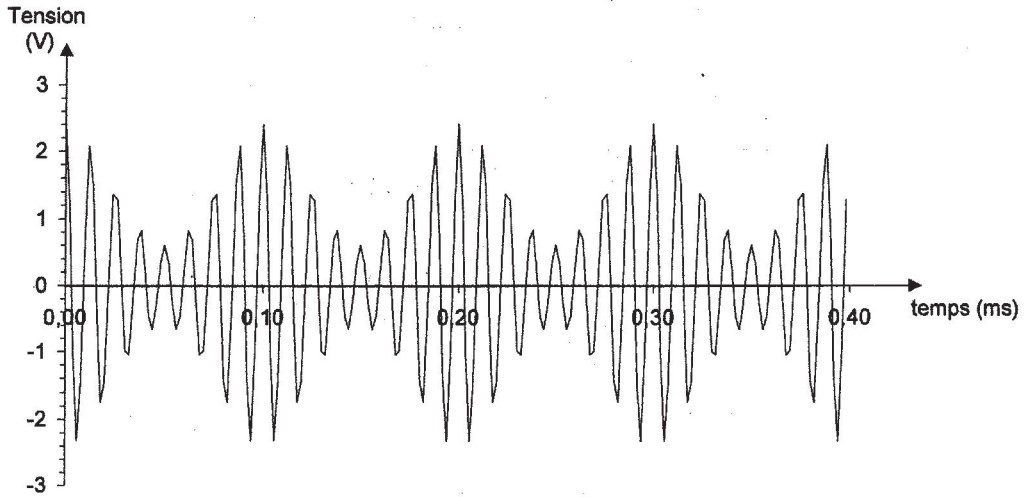


Figure 5

Question 3.2

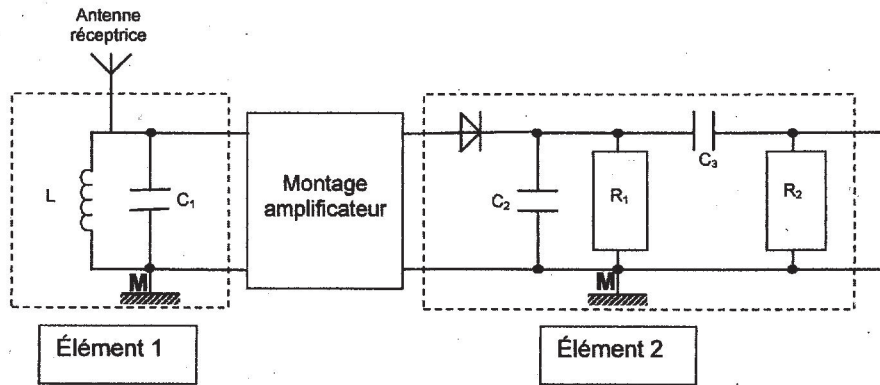


Figure 8