

MPSI

# Concours Blanc – Physique-Chimie

Durée : 4 heures

Calculatrice autorisée

Ce sujet comporte 4 exercices totalement indépendants qui peuvent être traités dans l'ordre souhaité.

L'énoncé est constitué de 12 pages, dont 3 pages d'annexe à rendre.

## Consignes générales

- Lire la totalité de l'énoncé et commencer par les exercices les plus abordables.
- Un résultat d'une question précédente peut être admis pour poursuivre l'exercice.

### Présentation de la copie :

- **Encadrer** les expressions littérales et souligner les résultats numériques.
- Numéroté les pages sous la forme x/nombre total de pages.

### Rédaction :

- Faire des schémas grands, beaux, complets, lisibles.
- Justifier toutes vos réponses.
- Les relations doivent être homogènes.
- Applications numériques : nombre de chiffres significatifs adapté et avec une unité. Les résultats sans la bonne unité ne seront pas pris en compte.

Si au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale sur sa copie et poursuit sa composition en indiquant les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre.

## Ex.1 : Étude d'un circuit électrique (d'après Agro2009)

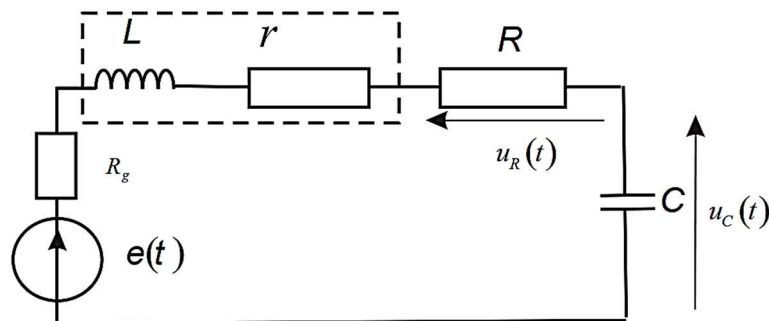
### Partie 1 : Étude en régime sinusoïdal

Un générateur sinusoïdal alimente un circuit RLC constitué d'un condensateur de capacité  $C = 0,1 \mu\text{F}$ , d'une bobine réelle d'auto-inductance  $L$  et de résistance  $r$  inconnues, placés en série avec une résistance  $R = 480 \Omega$ .

Le générateur est un générateur basse fréquence de résistance interne  $R_g = 50 \Omega$  délivrant un signal sinusoïdal de pulsation  $\omega$  et de force électromotrice efficace  $E$ ,  $e(t) = E\sqrt{2} \cdot \cos(\omega \cdot t)$ .

À toute grandeur réelle  $u(t) = U_m \cdot \cos(\omega t + \varphi)$  est associée une grandeur complexe  $\underline{u}(t) = U_m \cdot \exp(j\omega t + j\varphi) = \underline{U} \cdot \exp(j\omega t)$  où  $j^2 = -1$  et  $\underline{U} = U_m \cdot \exp(j\varphi)$  est l'amplitude complexe. L'intensité circulant dans le circuit est  $i(t) = I\sqrt{2} \cdot \cos(\omega t + \Psi)$ .

Le montage est donné ci-dessous.



- Q1.** Donner l'expression complexe de la tension  $e(t)$  ainsi que celle de  $i(t)$ .
- Q2.** La tension efficace pour un signal quelconque  $f(t)$  est donnée par  $f_{eff} = \sqrt{\langle f^2 \rangle}$  où  $\langle f^2 \rangle$  désigne la moyenne temporelle de  $f^2$ . Si on considère la tension  $u(t) = U_m \cdot \cos(\omega t + \varphi)$ , établir l'expression de la valeur efficace  $U_{eff}$  de  $u(t)$ . Montrer que  $U_{eff} = U_m/\sqrt{2}$ .
- Q3.** Préciser les expressions des impédances complexes de la bobine, du résistor et du condensateur.
- Q4.** Préciser le comportement limite de ces différents composants à haute et basse fréquence. En déduire qualitativement le comportement de la tension  $u_C(t)$  aux bornes du condensateur à haute et basse fréquences.
- Q5.** Donner l'expression théorique de l'amplitude complexe  $\underline{U}_C$  associée à la tension aux bornes du condensateur en fonction des caractéristiques des composants. Mettre  $\underline{U}_C$  sous la forme canonique

$$\underline{U}_C = \frac{A}{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2 + j \cdot \frac{1}{Q} \cdot \frac{\omega}{\omega_0}}$$

où on exprimera  $A$ ,  $\omega_0$  et  $Q$  en fonction des données du problème.

- Q6.** En déduire la tension efficace aux bornes du condensateur  $U_{CE}(\omega)$  en fonction de  $\omega$ ,  $Q$ ,  $\omega_0$  et  $E$ .
- Q7.** Écrire  $U_{CE}$  en fonction de  $x = \omega/\omega_0$ ,  $Q$  et  $E$ .  
Montrer que la tension efficace  $U_{CE}(x)$  passe par un extremum en  $x_r$  si  $Q > Q_{min}$ .  
Préciser  $x_r$  et  $Q_{min}$ . En déduire la pulsation  $\omega_r$  de résonance. La comparer à  $\omega_0$ .

**Q8.** Exprimer  $U_{CE}(\omega = \omega_0)$  en fonction de  $Q$  et  $E$ .

**Q9.** Tracer l'allure de  $U_{CE}(\omega)$  pour les valeurs de  $Q = 0,1$ ,  $Q = 1$  et  $Q = 10$ .

**Q10.** Calculer l'impédance complexe  $\underline{Z}$  du circuit.

Mettre  $\underline{Z}$  sous la forme  $\underline{Z} = R_0 \cdot \left( 1 + jQ \cdot \left( \frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right) \right)$ . Préciser  $R_0$  en fonction de  $R_G$ ,  $R$  et  $r$ .

**Q11.** Donner l'expression théorique de l'amplitude complexe  $\underline{I}$  associée à l'intensité du courant traversant le circuit en fonction de  $R_0$ ,  $\omega$ ,  $Q$ ,  $\omega_0$  et  $E$ .

**Q12.** En déduire que l'intensité efficace  $I_e$  peut se mettre sous la forme

$$I_e(\omega) = \frac{A'}{\sqrt{1 + B^2 \cdot \left( \frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right)^2}}$$

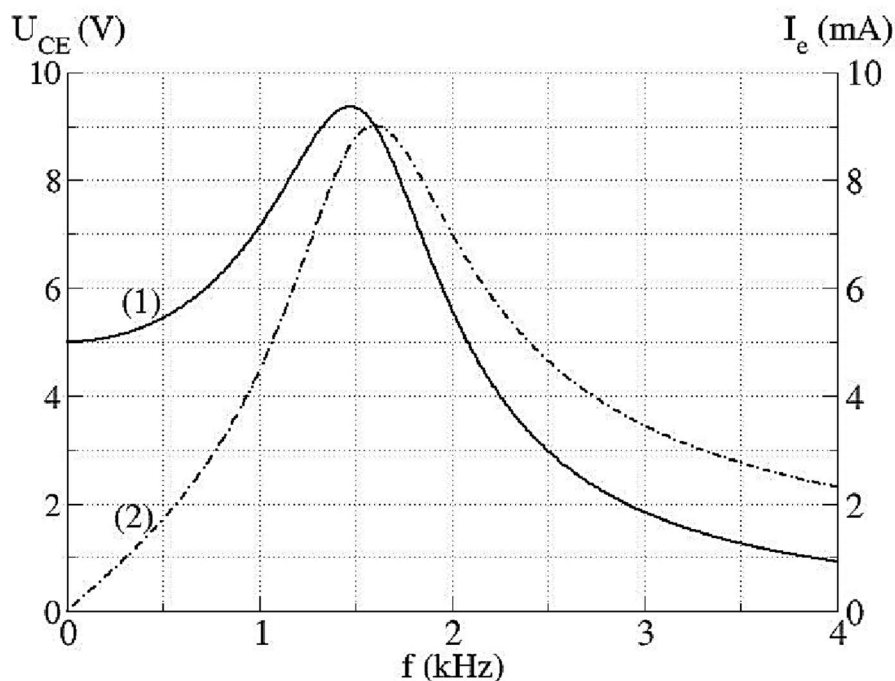
Préciser  $A'$  et  $B$  en fonction de  $Q$ ,  $E$  et  $R_0$ . Était-il nécessaire de faire une autre série de mesure pour avoir la courbe  $I_e(\omega)$  ?

**Q13.** Montrer que  $I_e(\omega)$  présente un extremum pour  $\omega = \omega'_r$ . Préciser  $\omega'_r$  et  $I_{max} = I_e(\omega'_r)$ .

**Q14.** On appelle bande passante l'intervalle de pulsation  $\Delta\omega = \omega_{max} - \omega_{min}$  pour laquelle  $I_e(\omega) > I_{max}/\sqrt{2}$ . Montrer que  $\Delta\omega = \omega_0/Q$ .

**Q15.** On donne ci-dessous les graphes de  $I_e(f)$  et  $U_{CE}(f)$  où  $f$  est la fréquence du générateur. L'échelle de gauche est celle de  $U_{CE}$ , celle de droite est celle de  $I_e(f)$ . Identifier, en justifiant votre choix, les courbes  $I_e(f)$  et  $U_{CE}(f)$  parmi les courbes (1) et (2).

**Q16.** Déterminer à partir de ces courbes : la tension efficace du générateur  $E$ , la fréquence propre  $f_0$  et le facteur de qualité  $Q$  du circuit, les limites de la bande passante et  $I_{max}$ .



**Q17.** En déduire les valeurs de  $r$  et de  $L$ .

Dans les questions qui suivent, on utilise une bobine différente de la précédente caractérisée par les valeurs  $L'$  et  $r'$ .

**Q18.** Préciser le déphasage  $\Psi$  entre  $i(t)$  et  $e(t)$  ainsi que  $\varphi'$  le déphasage entre  $u_c(t)$  et  $e(t)$ . Préciser  $\Psi(\omega_0)$  ainsi que  $\varphi'(\omega_0)$ .

**Q19.** Comment peut-on accéder expérimentalement à la mesure de  $i(t)$  avec un oscilloscope ?

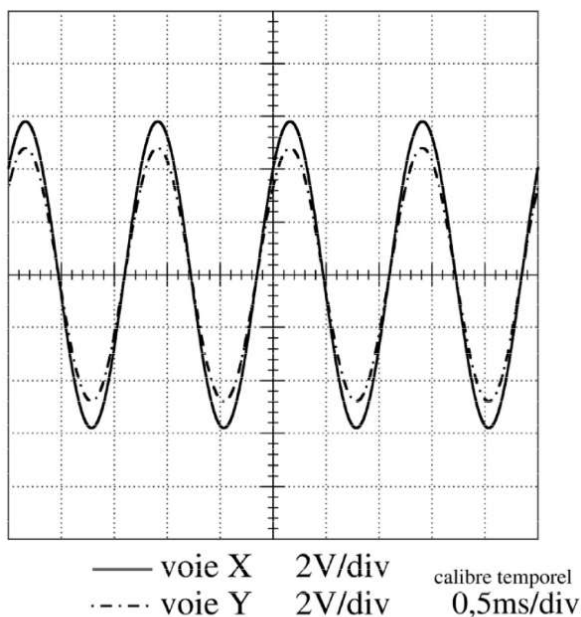
On réalise l'expérience suivante sur le circuit. À l'aide d'un oscilloscope, on mesure la tension  $e(t)$  sur la voie X et la tension  $U_R(t)$  aux bornes de la résistance  $R$  sur la voie Y. On fait varier la fréquence du générateur sinusoïdal et on constate que la voie Y passe par un maximum.

**Q20.** Interpréter la présence de ce maximum aux bornes de  $R$ .

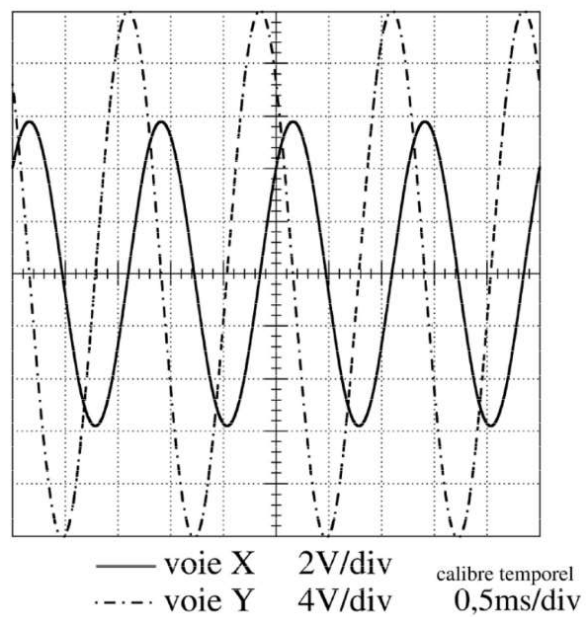
**On se place dorénavant à cette fréquence.**

On s'arrange maintenant pour mesurer sur la voie Y la tension  $u_c(t)$  aux bornes du condensateur C en gardant  $e(t)$  sur la voie X.

**Q21.** Les deux oscillogrammes suivants ont été enregistrés l'un pour la voie Y aux bornes de C, l'autre pour la voie Y aux bornes de R. Déterminer le déphasage entre la voie X et la voie Y pour chacun des oscillogrammes. Préciser, en justifiant votre choix, à quel composant correspond chacun des oscillogrammes.



Oscillogramme (a)



Oscillogramme (b)

**Q22.** Déduire de ces oscillogrammes les valeurs  $L'$  et  $r'$  de la nouvelle bobine.

## Partie 2 : Étude en régime transitoire

On alimente désormais le circuit avec une tension continue  $E$  et l'on attend que le régime permanent soit établi.

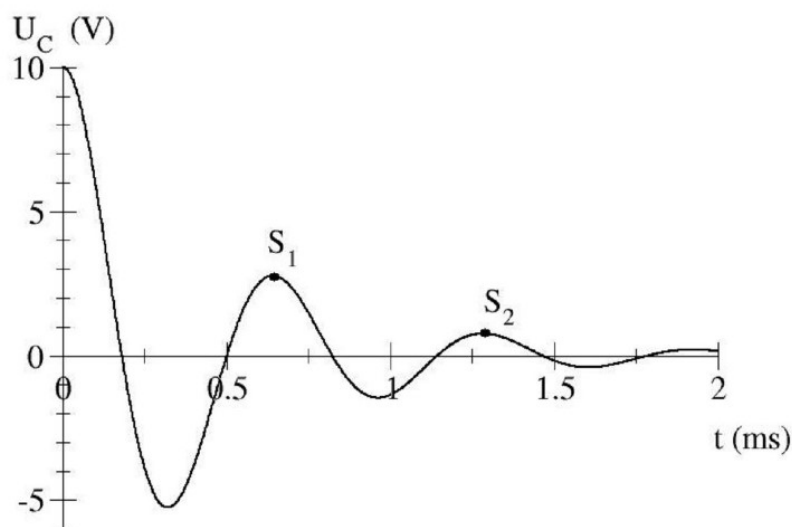
**Q23.** Préciser lorsque le régime permanent est atteint les valeurs de  $i$ ,  $u_L$ ,  $u_R$  et  $u_C$ .

Une fois le régime permanent atteint, on remplace l'alimentation par un fil. On étudie donc la décharge d'un condensateur de capacité  $C = 0,1 \mu\text{F}$  dans une bobine d'auto-inductance  $L$  et de résistance interne  $r$  inconnues placées en série avec une résistance  $R$  variable.

**Q24.** Établir l'équation différentielle régissant l'évolution de  $u_C(t)$  et la mettre sous la forme canonique :  $\frac{d^2 u_C}{dt^2} + \frac{\omega_0}{Q'} \cdot \frac{du_C}{dt} + \omega_0^2 \cdot u_C = 0$  où on exprimera  $\omega_0$  et  $Q'$ , le facteur de qualité du circuit, en fonction des données du problème.

**Q25.** Rappeler les relations de continuité à l'intérieur d'une bobine et d'un condensateur. En déduire les valeurs  $u_C(0)$  et  $\frac{du_C}{dt}(0)$ .

**Q26.** Comme le montre le graphe ci-dessous, on se trouve en régime pseudo périodique. Montrez que ceci n'est possible que si la résistance  $R$  est inférieure à une valeur maximale que l'on explicitera en fonction de  $L$ ,  $r$  et de  $C$ .



**Q27.** Montrez que la solution physique s'écrit sous la forme

$$u_C = e^{-\lambda} \cdot (A \cdot \cos(\Omega t) + B \cdot \sin(\Omega t))$$

Préciser les expressions de  $\lambda$  et  $\Omega$  en fonction de  $\omega_0$  et  $Q'$ . Préciser les valeurs des constantes A et B.

On donne les valeurs des deux premiers maximums pour ( $t \neq 0$ ) :

	$S_1$	$S_2$
Tension (en V)	2,73	0,73
Date (en ms)	0,65	1,29

**Q28.** Donnez la valeur expérimentale de la pseudo-période  $T$  et de la pseudo-pulsation  $\Omega$ .

**Q29.** On pose  $\delta = \ln\left(\frac{u_1}{u_2}\right)$ . Montrer que  $\delta = \frac{\omega_0 T}{2Q'}$ . Comment appelle-t-on la grandeur  $\delta$  ?

**Q30.** En déduire l'expression de  $Q'$  en fonction de  $\delta$ . Évaluer  $Q'$  et  $\omega_0$ .

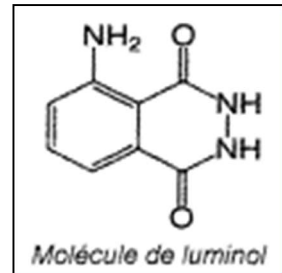
**Q31.** À quelle condition peut-on assimiler la pseudo-période à la période propre ? Cette approximation est-elle vérifiée dans le cas étudié ?

**Q32.** Trouvez les valeurs numériques de  $L$  et  $Q'$ .

## Ex.2 : LE LUMINOL AU SERVICE DE LA POLICE SCIENTIFIQUE

Le luminol ou 5-amino-2,3-dihydrophthalazine-1,4-dione est un composé organique de formule brute  $C_8H_7N_3O_2$ . Sa réaction avec certains oxydants conduit à l'émission d'une lumière d'un éclat bleu caractéristique. On parle de chimiluminescence.

L'oxydant habituellement utilisé est l'eau oxygénée  $H_2O_2(aq)$ . On obtient alors après réaction des ions aminophthalate, du diazote et de l'eau.



Les ions aminophthalate sont dans ce cas dans un état excité. Ils vont retrouver leur état de repos en « dégageant leur surplus d'énergie » sous forme de photons, ce qui se traduit par l'émission d'une lumière bleue.

Toutefois, **cette réaction est très lente**, elle se compte en mois... **Par contre, elle se produit rapidement en présence d'un composé ferrique, c'est-à-dire un composé contenant des ions fer III.**

L'hémoglobine des globules rouges du sang contient des ions fer III. Le luminol va servir à déceler des traces de sang, même infimes, diluées par lavage ou séchées.

Après avoir assombri les lieux, les techniciens de la police scientifique pulvérisent un mélange de luminol et d'eau oxygénée. Au contact des endroits où du sang est tombé, des chimiluminescences apparaissent avant de s'éteindre environ 30 secondes après. Un appareil photo mis en pose lente permet de localiser ces traces.

D'après le site : <http://la-science-rattrape-jack.e-monsite.com>

### Données :

- Constante des gaz parfaits :  $R = 8,3 \text{ SI}$
- Masse molaire du luminol :  $M(C_8H_7N_3O_2) = 177 \text{ g.mol}^{-1}$

### 1. La lumière émise est une lumière bleue

**Q33.** À quel domaine, mécanique ou électromagnétique, une onde lumineuse appartient-elle ?

**Q34.** Concernant le milieu de propagation, en quoi ces deux types d'onde se différencient-ils ?

**Q35.** Donner l'ordre de grandeur de la longueur d'onde  $\lambda$  de l'onde émise.

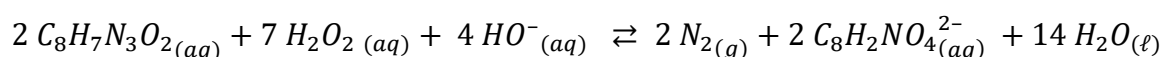
**Q36.** Donner l'ordre de grandeur de la fréquence  $f$  de l'onde émise.

### 2. L'eau oxygénée

**Q37.** Donner la représentation de Lewis de l'eau oxygénée  $H_2O_2$ .

### 3. La réaction entre le luminol et l'eau oxygénée

L'équation de la réaction s'écrit :



Pour illustrer cette réaction, trois solutions sont préparées :

- une solution  $S_1$  avec 1,0 g de luminol, 250,0 g d'hydroxyde de sodium  $NaOH(s)$  et de l'eau distillée.
- une solution  $S_2$  avec 5,0 g de ferricyanure de potassium  $K_3Fe(CN)_6(s)$  et 250 mL d'eau distillée.
- une solution  $S_3$  constituée de 0,5 mL d'eau oxygénée à 110 volumes.

Les solutions  $S_1$  et  $S_2$  sont mélangées dans un bécher puis la solution  $S_3$  est ajoutée. Le mélange réactionnel a un volume  $V = 350$  mL.

On constate qu'avant l'ajout de la solution  $S_3$ , le mélange est jaune et qu'après, des taches bleues apparaissent.

La réaction entre le luminol et l'eau oxygénée est réalisée maintenant dans une enceinte fermée. On rappelle que le mélange réactionnel a un volume  $V = 350$  mL.

La formation de diazote crée une surpression qui s'additionne à la pression de l'air initialement présent. Grâce à un capteur de pression, on mesure, en fonction du temps, la valeur de la pression  $P$  à l'intérieur de l'enceinte. Soit  $P_0$  la pression due à l'air régnant initialement dans l'enceinte,  $T = 300$  K la température du milieu (supposée constante durant l'expérience) et  $V_{gaz} = 2,1$  L, le volume de gaz contenu dans l'enceinte. Tous les gaz sont considérés comme parfaits.

**Q38.** Exprimer  $P_0$  en fonction de  $n(\text{air})$ ,  $V_{gaz}$ ,  $R$  et  $T$  si  $n(\text{air})$  est la quantité de matière d'air initialement présente dans l'enceinte.

Soit  $n(N_2)$  la quantité de matière de diazote formé au cours de la réaction

**Q39.** Exprimer  $P$  en fonction de  $n(\text{air})$ ,  $n(N_2)$ ,  $V_{gaz}$ ,  $R$  et  $T$ .

**Q40.** En déduire l'expression de la surpression est  $P - P_0 = \frac{n(N_2).R.T}{V}$ .

Soit  $n_1$  et  $n_2$  les quantités initiales de matière de luminol et d'eau oxygénée. Les ions hydroxydes  $HO^-_{(aq)}$  sont introduits en excès.

**Q41.** Retrouver la valeur de  $n_1$  à partir des données et des informations de l'énoncé.

**Q42.** Compléter le tableau d'avancement simplifié donné en document 1 sur **l'annexe à rendre avec la copie**.

**Q43.** Déterminer la valeur de l'avancement maximum noté  $\xi_{max}$ .

Dans ce tableau, la quantité de diazote **correspond exclusivement au diazote produit par la réaction**.

**Q44.** Établir la relation entre  $\xi$  l'avancement de la réaction, la surpression ( $P - P_0$ ),  $V_{gaz}$ ,  $R$  et  $T$ .

**Q45.** On mesure, dans l'état final, une surpression de 1660 Pa. Retrouver la valeur  $\xi_{max}$  de l'avancement maximal.

Un logiciel permet de traiter les mesures de pression  $P$  afin d'obtenir la courbe  $\xi = f(t)$  donnée en **document 2 sur l'annexe à rendre avec la copie**. La tangente (T) à l'origine a été tracée.

**Q46.** Exprimer la vitesse volumique de réaction  $v(t)$  à la date  $t$  en fonction de l'avancement molaire  $\xi$  de la réaction à cette date et du  $V$  le volume du mélange réactionnel. Comment évolue cette vitesse en fonction du temps ? Comment expliquer cette évolution ?

**Q47.** Définir le temps de demi-réaction  $t_{1/2}$  et le déterminer approximativement à partir de la courbe  $\xi = f(t)$ .

La réaction entre le luminol et l'eau oxygénée devient rapide en présence d'un composé ferrique.

**Q48.** Les ions fer III jouent le rôle de catalyseur. Qu'est-ce qu'un catalyseur ?

**Q49.** Expliquer, en deux ou trois lignes, pourquoi cette transformation, dont la vitesse est accrue, est intéressante en criminologie.

## Ex. 3 : RETROPROJECTEUR

### 1. Différents usages d'une lentille mince

**Q50.** Construire, **sur l'annexe à rendre avec la copie**, les images de l'objet AB dans les situations (a), (b). Les foyers objet et image sont notés F et F'.

**Q51.** Les situations (a), (b) illustrent le fonctionnement de deux instruments d'optique : la loupe et l'appareil photographique. Quelle situation correspond au fonctionnement de la loupe ? Justifier précisément votre choix.

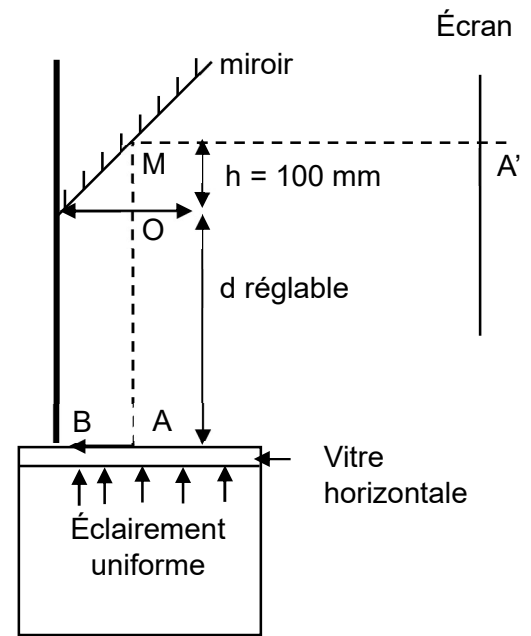
### 2. Le rétroprojecteur

**Donnée du constructeur :**

*Distance focale de la lentille : 315 mm*

La lentille L donne une image intermédiaire  $A_1B_1$  d'un objet AB et le miroir plan fournit une image définitive  $A'B'$  sur l'écran. Le centre optique O de la lentille est situé à une distance  $h = 100$  mm du point M du miroir. Lorsque la distance  $OA = d$  réglable est fixée à  $d = 400$  mm, on obtient une image définitive  $A'B'$  sur un écran placé à une distance  $MA' = 1,40$  m.

Le schéma correspondant à cette situation, réalisé à l'échelle 1/10<sup>ième</sup>, est donné **en annexe à rendre avec la copie** ; y sont représentés l'objet AB, l'image intermédiaire  $A_1B_1$  et l'image définitive  $A'B'$ .



**Q52.** Construire, sur le schéma donné **en annexe** le trajet suivi par un rayon lumineux issu de B et passant par le centre optique O de la lentille L.

On étudie l'image intermédiaire  $A_1B_1$ .

**Q53.** Quel rôle joue l'image intermédiaire  $A_1B_1$  pour le miroir ?

**Q54.** Justifier la position de l'image intermédiaire  $A_1B_1$  sur le schéma donné **en annexe**.

**Q55.** Définir le grandissement  $\gamma$  pour l'image intermédiaire  $A_1B_1$  donnée par la lentille L. Le déterminer en utilisant le schéma donné en annexe.

**Q56.** En utilisant les données numériques du texte, retrouver, par le calcul, la distance focale de la lentille L. Le résultat est-il conforme avec la donnée du constructeur ?

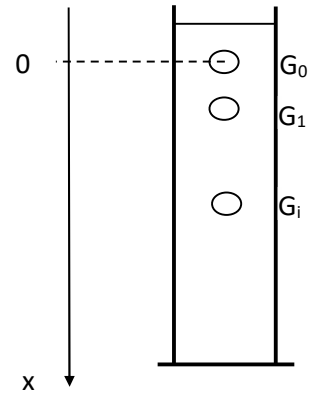
On veut maintenant effectuer la projection du même objet AB sur un écran vertical placé à une distance  $MA_1' = 4,00$  m du miroir. Pour cela on règle la distance  $d$  à une nouvelle valeur  $d_2$  de OA.

**Q57.** Calculer la valeur de  $d_2$  permettant d'obtenir une image nette sur l'écran. En déduire l'évolution de la distance  $d$  lorsque la distance miroir-écran augmente.



## Ex. 4 : Chute d'une bille dans un fluide visqueux

Une éprouvette contenant un liquide visqueux sert de support à l'étude de la chute d'une bille d'acier. Le schéma ci-contre, qui donne une idée du montage, n'est qu'indicatif. En particulier, il ne respecte pas d'échelle et ne peut pas servir de support pour des mesures.



La bille, qui constitue le système étudié, est lâchée sans vitesse initiale à l'instant  $t = 0$ . Au même instant, une acquisition vidéo assurée par une webcam couplée à un ordinateur est déclenchée de manière à enregistrer 25 images par seconde.

La position instantanée  $x$  du centre  $G$  de la bille est repérée par l'axe vertical orienté vers le bas  $\overline{Ox}$ , de vecteur unitaire  $\vec{u}_x$ . A  $t = 0$ ,  $G$  est en  $G_0$ .

Le vecteur-vitesse de  $G$  est noté  $\vec{v} = v \cdot \vec{u}_x$ .

La vidéo est ensuite analysée à l'aide d'un logiciel approprié qui permet de repérer aux dates  $t_i$  les positions successives  $x_i$  de  $G$  lors de son mouvement descendant et de calculer approximativement la vitesse moyenne  $v_i$  entre les dates  $t_{i-1}$  et  $t_{i+1}$ .

La détermination des vitesses  $v_i$  aux instants  $t_i$  donne l'**ENREGISTREMENT 1 donné en ANNEXE (à rendre)**.

### 1. Exploitation de l'enregistrement

**Q58.** Expliquer comment le logiciel permet de déterminer les vitesses  $v_i$  à partir des positions  $x_i$  aux instants  $t_i$ .

**Q59.** Mettre en évidence l'existence d'une vitesse limite  $v_L$  dont on donnera la valeur.

### 2. Equation du mouvement

On considère comme système la bille plongée dans le liquide et en mouvement par rapport à celui-ci.

**Q60.** Faire le bilan des forces qui s'exercent sur le système. Les représenter sur un schéma.

On note  $m$  et  $V$  la masse et le volume de la bille,  $\rho$  et  $\rho'$  les masses volumiques respectives de l'acier qui constitue la bille et du liquide dans laquelle celle-ci est plongée.  $\vec{g} = g \cdot \vec{u}_x$  est l'accélération de la pesanteur.

On suppose que la force (« résistance ») exercée par le fluide sur la bille en mouvement est de la forme  $\vec{F} = -k \cdot \vec{v}$ ,  $k$  étant une constante positive.

**Q61.** Déterminer l'équation différentielle vérifiée par la fonction  $v(t)$ .

**Q62.** Donner la solution de cette équation.

On prend dorénavant les valeurs suivantes, données dans le système international S.I. :  $m = 5,00 \cdot 10^{-3}$  kg ;  $g = 9,81$  m.s<sup>-2</sup> ;  $k = 7,60 \cdot 10^{-2}$  kg.s<sup>-1</sup> ;

$$\alpha = \frac{V}{m} \cdot (\rho - \rho') = 0,906.$$

**Q63.** Dans l'équation différentielle ou dans l'expression de la solution, mettre en évidence l'existence d'une vitesse limite. Calculer sa valeur et la comparer à celle trouvée en Q59.

**Q64.** Utiliser l'analyse dimensionnelle pour déterminer l'unité de  $\frac{m}{k}$ . Calculer numériquement ce rapport. Quelle interprétation peut-on donner de cette grandeur ?

**Détermination du temps caractéristique sur l'enregistrement**

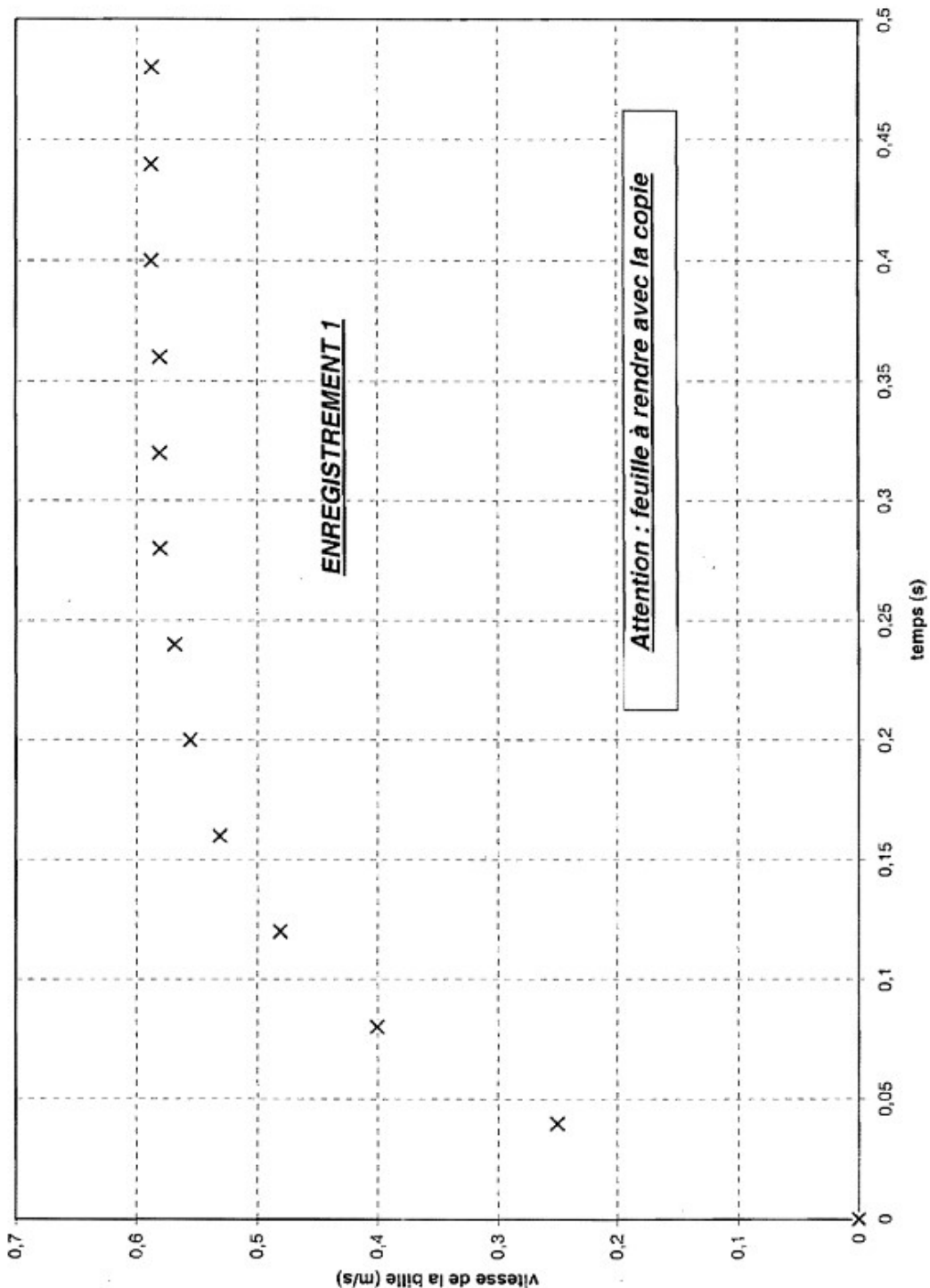
**Q65.** Par une méthode de votre choix et que vous explicitez, déterminez sur l'enregistrement la valeur du temps  $\tau$  caractéristique du phénomène. Conclusion.

NOM : .....

Prénom : .....

**Annexe à rendre avec la copie**

**ANNEXE DE L'EXERCICE 4**



NOM : .....

Prénom : .....

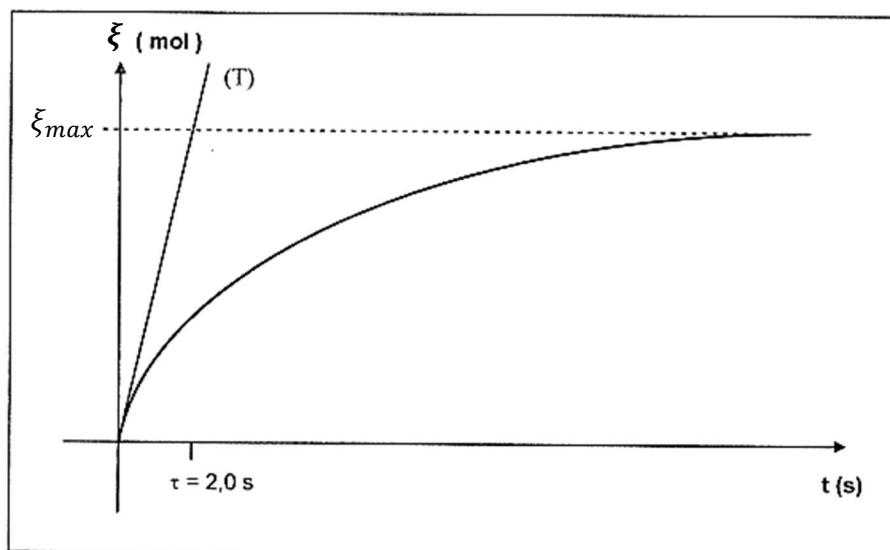
**Annexe à rendre avec la copie**

**ANNEXE DE L'EXERCICE 2**

**Q42 :**

	Avancement	$2 C_8H_7N_3O_2(aq) + 7 H_2O_2(aq) + \dots \rightleftharpoons 2 N_2(g) + \dots$		
État initial	0	$n_1 = 5,6 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$	$n_2 = 4,9 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$	
État intermédiaire	$\xi$			
État final	$\xi_{max}$			

**Document 1 : Tableau d'avancement simplifié**

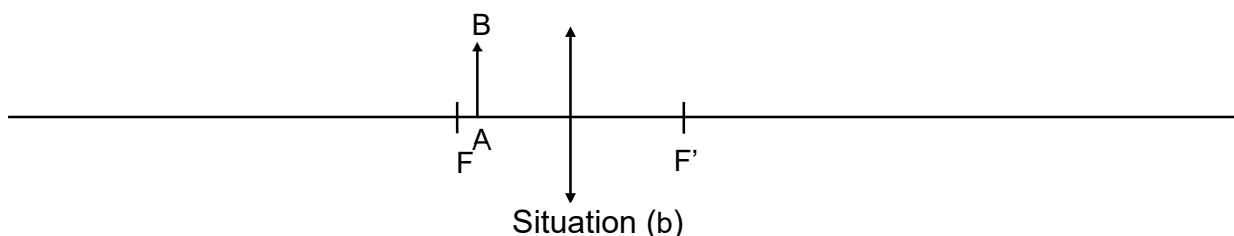
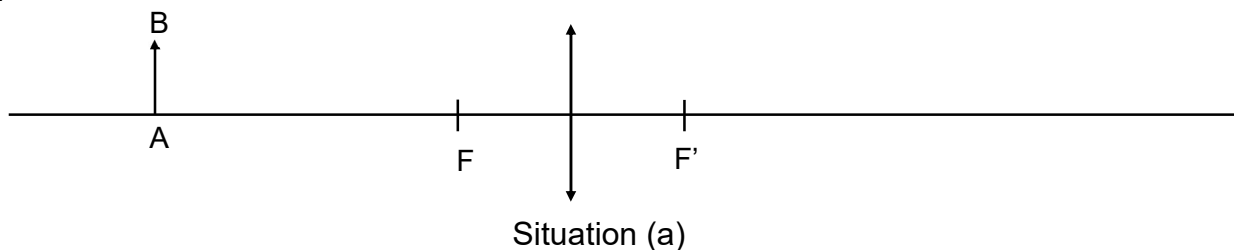


**Q47 :**

**Document 2 : Courbe  $\xi = f(t)$**

**ANNEXE DE L'EXERCICE 3**

**Q50 :**



NOM : .....

Prénom : .....

**Annexe à rendre avec la copie**

**ANNEXE DE L'EXERCICE 3**

**Q54 et Q55 :**

