EXERCICE 2 : LE LUMINOL AU SERVICE DE LA POLICE SCIENTIFIQUE
D'après Bac S 2011 Antilles Guyane (CORRECTION © http://labolycee.org)

1. La lumière émise est une lumière bleue

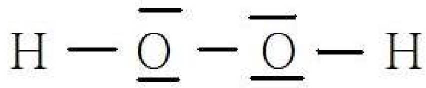
Q33. Une onde lumineuse est une onde **électromagnétique**.

Q34. Une onde mécanique nécessite **un milieu matériel** pour se propager ce qui n'est pas le cas d'une onde électromagnétique (qui peut se propager dans le vide).

Q35. La longueur d'onde de l'onde émise est voisine de 400 nm.

Q36. $f = \frac{\lambda}{c} \approx \frac{400.10^{-9}}{3{,}0.10^{8}} = 1.3.10^{15}\ \mathrm{Hz}$

2. L'eau oxygénée

Q37. 

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

Q38. D'après la loi des gaz parfaits : $P_0.V_{gaz} = n_{(air)}.R.T$ ➔ $P_0 = \frac{n_{(air)}.R.T}{V_{gaz}}$

Q39. $P.V_{gaz} = (n_{(air)} + n_{(N_2)}).R.T$ ➔ $P = \frac{(n_{(air)} + n_{(N_2)}).R.T}{V_{gaz}}$

Q40. $P - P_0 = \frac{(n_{(air)} + n_{(N_2)}).R.T}{V_{gaz}} - \frac{n_{(air)}.R.T}{V_{gaz}} = \frac{n_{(air)}.R.T}{V_{gaz}} + \frac{n_{(N_2)}.R.T}{V_{gaz}} - \frac{n_{(air)}.R.T}{V_{gaz}} = \frac{n_{(N_2)}.R.T}{V_{gaz}}$

Q41. n_1 = m(luminol)/M(luminol) = 1,0/177 = $5{,}6.10^{-3}$ mol.

Q42. Avancement		$2\ C_8H_7N_3O_{2(aq)}$ +	$7\ H_2O_{2(aq)}$ + … =	$2\ N_{2(g)}$ + ….
État initial	0	$n_1 = 5{,}6\times10^{-3}$ mol	$n_2 = 4{,}9\times10^{-3}$ mol	0
État intermédiaire	ξ	$n_1 - 2\xi$	$n_2 - 7\xi$	2ξ
État final	ξ_{max}	$n_1 - 2\xi_{max}$	$n_2 - 7\xi_{max}$	$2\xi_{max}$

Q43.
Si le luminol est le réactif limitant **:** $n_1 - 2\xi_{max} = 0$ $\quad\xi_{max} = n_1/2 = 2{,}8\times10^{-3}$ mol
Si l'eau oxygénée est le réactif limitant : $n_2 - 7\xi_{max} = 0$ $\quad\xi_{max} = n_2/7 = 7{,}0\times10^{-4}$ mol
L'eau oxygénée est donc le réactif limitant car elle conduit à l'avancement le plus petit et **ξ_{max} = 7,0×10⁻⁴ mol.**

Q44. D'après le tableau d'avancement $n_{(N_2)} = 2.\xi$

La relation de Q40. devient $P - P_0 = 2\xi.R.\frac{T}{V_{gaz}}$ soit $\xi = \frac{(P - P_0).V_{gaz}}{2.R.T}$

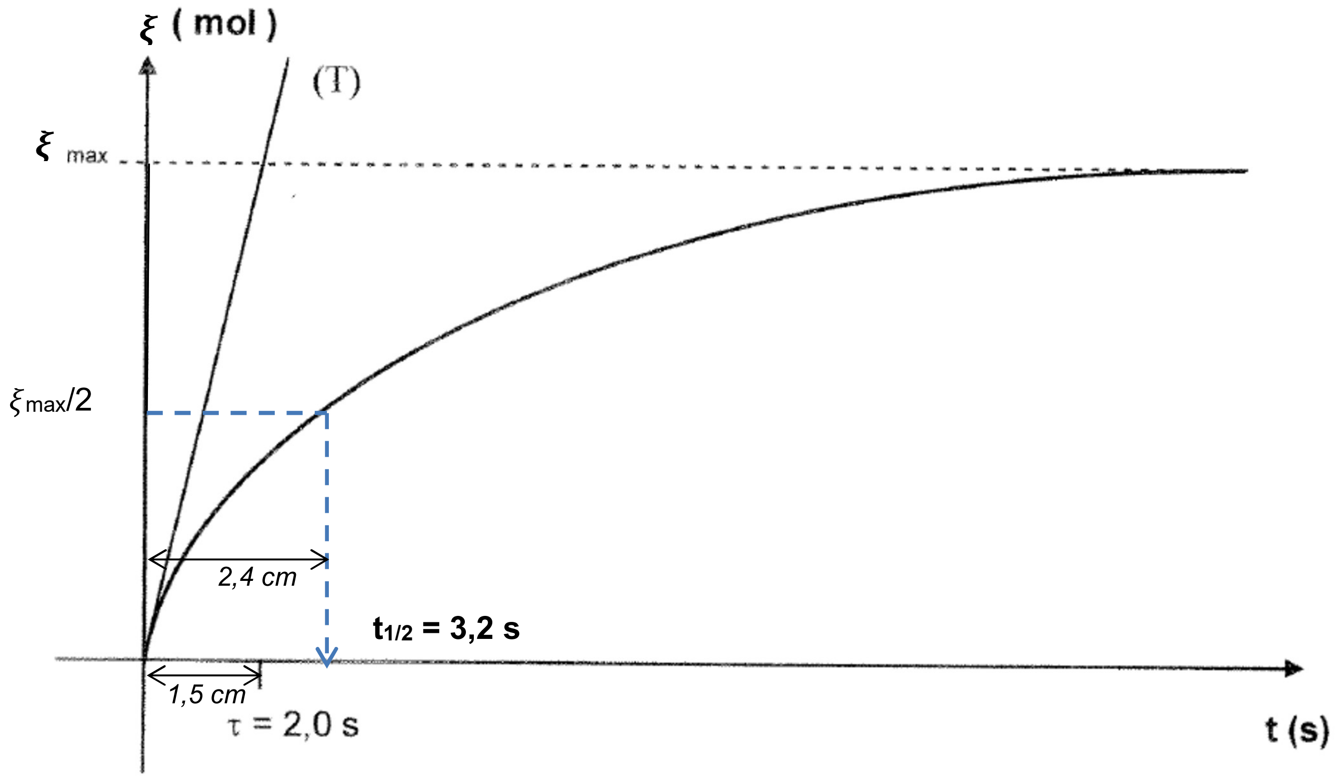
Q45. $\xi_{max} = \frac{1660 \times 2{,}1 \times 10^{-3}}{2 \times 8{,}3 \times 300}$ = **$7{,}0\times10^{-4}$ mol** *avec V_{gaz} exprimé en m^3*

Q46.

$$v(t) = \frac{1}{V}.\frac{d\xi}{dt}$$

La vitesse de réaction diminue au cours du temps.
Elle est proportionnelle au coefficient directeur de la tangente à la courbe à chaque instant.
Or les pentes des tangentes diminuent au cours du temps.
Au cours du temps la quantité de réactifs présente diminue, les chocs entre les réactifs sont moins fréquents, ce qui explique la diminution de la vitesse de réaction.

Q47. Le temps de demi-réaction correspond à la durée nécessaire pour que l'avancement atteigne la moitié de sa valeur finale $\xi(t_{1/2}) = \xi_f/2$. Dans le cas présent $\xi_f = \xi_{max}$.



2,0 s correspond à 1,5 cm
$t_{1/2}$ correspond à 2,4 cm

$t_{1/2} = \dfrac{2,4 \times 2,0}{1,5} = 3,2$ s

Q48. Un catalyseur est une espèce chimique qui permet d'augmenter la vitesse d'une réaction chimique sans participer au bilan de celle-ci.

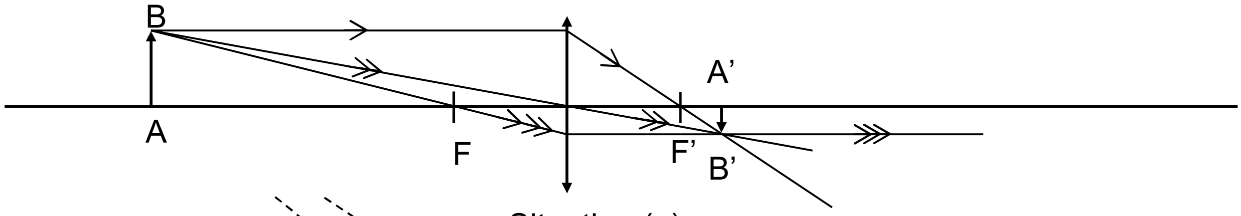
Q49. Le texte introductif indique que l'hémoglobine du sang contient des ions fer III. Ceux-ci catalysent la transformation entre le luminol et l'eau oxygénée, il y a émission d'une lumière bleue qui révèle des traces de sang latentes. En criminologie, on peut ainsi mieux comprendre le déroulement d'un crime, ou simplement mettre en évidence ce crime.

Exercice 3 : Étude d'un rétroprojecteur
D'après 2007 Amérique du nord **CORRECTION http://labolycee.org**

1. Différents usages d'une lentille mince

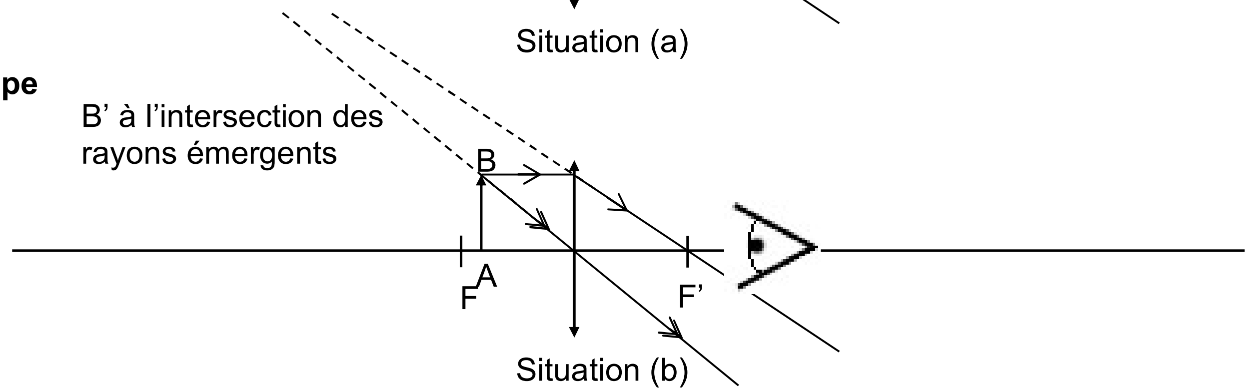
Q50

appareil photo : donne une image renversée et réduite sur la pellicule située à une « faible » distance de la lentille qu'est l'objectif de l'appareil. (« faible » car la plupart des appareils sont de dimension réduite)



Situation (a)

loupe



Situation (b)

Q51. La loupe donne une image agrandie et droite de l'objet AB. L'image n'est pas recueillie sur un écran.

Q52. Voir construction ci-après.
Q53. L'image A_1B_1 joue le **rôle d'un objet** (virtuel) pour le miroir plan M.
Q54. A_1B_1 est **symétrique** de A'B' par rapport au plan du miroir.

Q55. Grandissement $\gamma = \dfrac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}} = \dfrac{\overline{OA_1}}{\overline{OA}}$

Détermination graphique : On mesure OA = 4,0 cm donc en réalité $\overline{OA}$ = – 40 cm
On mesure OA_1 = 14,8 cm soit en réalité $\overline{OA_1}$ = 148 cm

γ **=** $\dfrac{148}{-40}$ = **– 3,7**

On peut vérifier ce résultat en mesurant AB = 1,0 cm donc en réalité $\overline{AB}$ = 10 cm et en mesurant A_1B_1 = 3,7 cm donc en réalité $\overline{A_1B_1}$ = – 37 cm (< 0 car image renversée).

$\gamma = \dfrac{-37}{10}$ = – 3,7

Q56. *Données numériques du texte : OA = d = 400 mm* soit $\overline{OA}$ = – 400 mm = – 0,400 m
MA' = 1,40 m, donc MA_1 = 1,40 m (cf. symétrie)
h = 100 mm
$OA_1 = h + MA_1$ ➔ $\overline{OA_1}$ = 0,100 + 1,40 = 1,50 m

Appliquons la relation de conjugaison de Descartes : $\dfrac{1}{\overline{OA_1}} - \dfrac{1}{\overline{OA}} = \dfrac{1}{f'}$ ➔ $\dfrac{\overline{OA} - \overline{OA_1}}{\overline{OA_1}.\overline{OA}} = \dfrac{1}{f'}$

$$\boxed{f' = \frac{\overline{OA_1}.\overline{OA}}{\overline{OA} - \overline{OA_1}}}$$

$f' = \dfrac{1,50 \times -0,400}{-0,400 - 1,50}$ = **0,316 m= 316 mm** Ce résultat est conforme avec les données du constructeur.

Q57. Si l'image définitive se forme sur l'écran à une distance MA_1' = 4,00 m du miroir, alors l'image intermédiaire est située à 4,00 m du miroir : MA_1 = 4,00 m

$OA_1 = h + MA_1 \Rightarrow \overline{OA_1} = 0,100 + 4,00 = 4,10$ m

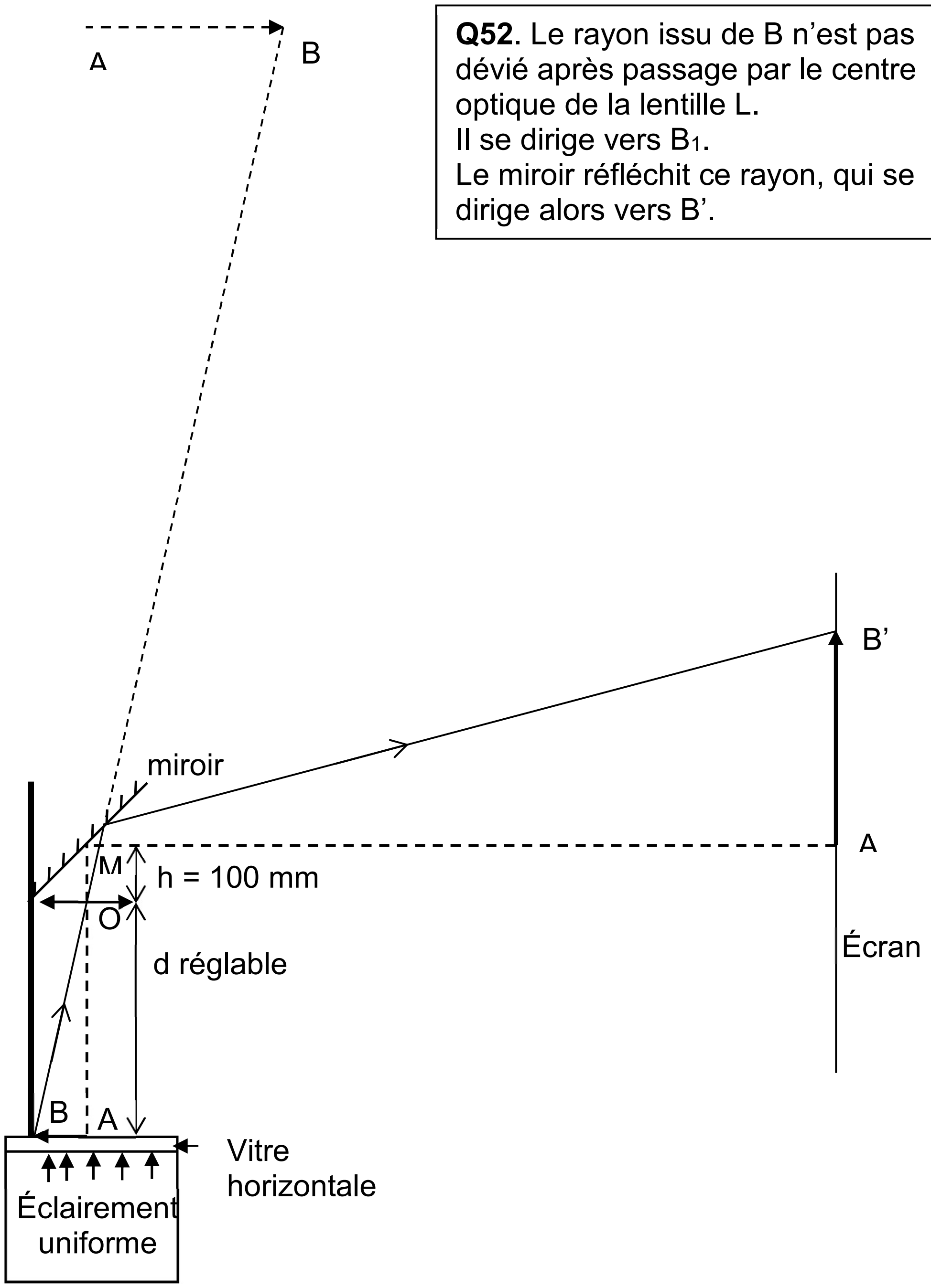
OA = d_2 soit $\overline{OA} = -d_2 < 0$

$f' = 0,315$ m

Appliquons à nouveau la relation de conjugaison de Descartes : $\dfrac{1}{\overline{OA_1}} - \dfrac{1}{\overline{OA}} = \dfrac{1}{f'}$

$\dfrac{1}{\overline{OA_1}} + \dfrac{1}{d_2} = \dfrac{1}{f'} \Rightarrow \dfrac{1}{d_2} = \dfrac{1}{f'} - \dfrac{1}{\overline{OA_1}} \Rightarrow \dfrac{1}{d_2} = \dfrac{\overline{OA_1} - f'}{f'.\overline{OA_1}} \Rightarrow \boxed{d_2 = \dfrac{f'.\overline{OA_1}}{\overline{OA_1} - f'}} = \dfrac{0,315 \times 4,10}{4,10 - 0,315}$ = **0,341 m**

Précédemment on avait d = 0,400 m pour une distance miroir écran plus faible.
Lorsque la distance miroir-écran augmente, la distance d diminue.



Q52. Le rayon issu de B n'est pas dévié après passage par le centre optique de la lentille L.
Il se dirige vers B_1.
Le miroir réfléchit ce rayon, qui se dirige alors vers B'.

Exercice 4 : Chute d'une bille dans un fluide
D'après Bac Pondichéry 2009

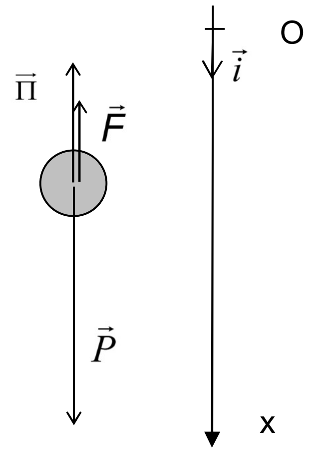
1. Exploitation de l'enregistrement

Q58. vitesse moyenne v_i à la date t_i : $v_i = \dfrac{x_{i+1} - x_{i-1}}{t_{i+1} - t_{i-1}}$

Q59. Lorsque t → ∞, le graphe de l'enregistrement 1 montre que la vitesse tend vers une valeur constante appelée vitesse limite V_L. Graphiquement $\mathbf{V_L = 0{,}59\ m.s^{-1}}$.

2. Équation du mouvement

On étudie le mouvement du système bille d'acier dans le référentiel terrestre galiléen associé au repère vertical (Ox) orienté vers le bas.



Q60. Bilan des forces qui s'exercent sur le système :

- le poids : $\vec{P}$,
- la poussée d'Archimède : $\vec{\Pi}$,
- la force de frottement fluide : $\vec{F}$.

Q62. Exprimons les forces :

$\vec{P} = m.\vec{g} = m.g.\vec{i} = \rho.V.g.\vec{i}$

$\vec{\Pi} = -\rho'.V.\vec{g} = -\rho'.V.g.\vec{i}$

$\vec{F} = -k.\vec{v} = -k.v.\vec{i}$

La seconde loi de Newton donne : $\vec{P} + \vec{\Pi}_A + \vec{F} = m.\vec{a}$

En projection selon (Ox) : $\rho.V.g - \rho'.V.g - k.v = m.\dfrac{dv}{dt}$

$$(\rho - \rho').V.g - k.v = m.\frac{dv}{dt}$$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{-k.v}{m} + \frac{V}{m}.(\rho - \rho').g$$

en posant : $\alpha = \dfrac{V}{m}.(\rho - \rho')$, on obtient une équation différentielle qui se met sous la forme :

$$\frac{dv}{dt} = \frac{-k.v}{m} + \alpha.g$$

Q63.

La solution de l'équation homogène pour l'équation précédente est de la forme $v_h(t) = A.\exp\left(-\frac{k}{m}.t\right)$

La solution particulière est : $v_p(t) = \frac{\alpha.m.g}{k}$

Donc $v(t) = v_h(t) + v_p(t) = A.\exp\left(-\frac{k}{m}.t\right) + \frac{\alpha.m.g}{k}$

Détermination de A avec la condition initiale : $v(0) = 0 \rightarrow A = -\frac{\alpha.m.g}{k}$

Donc $\boxed{v(t) = \frac{\alpha.m.g}{k}\left(1 - \exp\left(-\frac{k}{m}.t\right)\right)}$

Q64. À partir de l'équation différentielle :

Lorsque v = V_L = Cte, $\dfrac{dv}{dt} = 0$ alors $0 = \dfrac{-kv}{m} + \alpha.g \Leftrightarrow \boxed{V_L = \dfrac{m.\alpha.g}{k}}$

À partir de la solution : Pour t → ∞, $v(\infty) = \alpha.g.\dfrac{m}{k}.\left[1 - \exp(-\infty)\right]$, soit $v(\infty) = V_L = \alpha.g.\dfrac{m}{k}$

Valeur de la vitesse limite V_L : $V_L = \dfrac{5{,}00.10^{-3} \times 0{,}906 \times 9{,}81}{7{,}60.10^{-2}}$ = **0,585 m.s⁻¹**.

Cette vitesse est proche de la valeur expérimentale 0,59 m.s⁻¹.

Q65. Analyse dimensionnelle :

$$\frac{[m]}{[k]} = \frac{[V_L]}{[\alpha].[g]} = \frac{L.T^{-1}}{L.T^{-2}} = T \quad (\alpha \text{ est sans dimension}).$$

Donc le rapport $\frac{m}{k}$ s'exprime en **secondes**.

Valeur numérique :

$$\frac{m}{k} = \frac{5{,}00\times10^{-3}}{7{,}60\times10^{-2}} = \mathbf{6{,}58\times10^{-2}\ s}.$$

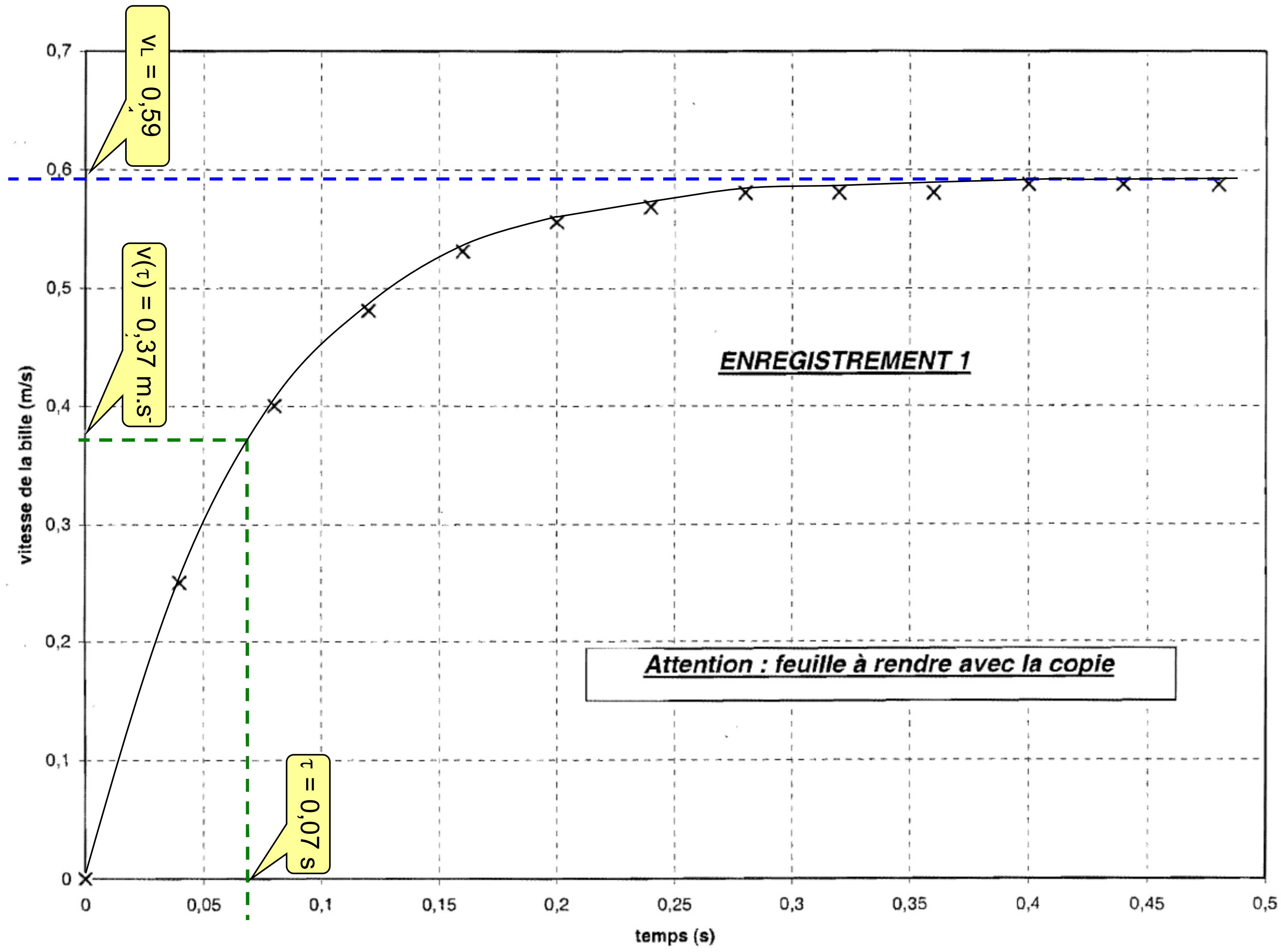
Cette grandeur correspond au **temps caractéristique** τ du régime transitoire de la chute.

3.3. Détermination du temps caractéristique sur l'enregistrement

Q66. Pour t = τ, la vitesse est égale à 63% de sa valeur maximale V_L :
$v(t = \tau) = 0{,}63 \times 0{,}585 = 0{,}37\ m.s^{-1}$.
Graphiquement, on trace :
- la courbe représentative de v(t)
- la droite $v(t) = V_L$
- la droite $v(\tau) = 0{,}63 \times V_L$

Le point d'intersection entre la courbe v(t) et la droite $0{,}63 \times V_L$ a une abscisse égale à τ.
Graphiquement : τ **= 0,07 s**

Conclusion : On constate que : $\boxed{\tau = \frac{m}{k}}$



ENREGISTREMENT 1
Attention : feuille à rendre avec la copie
vitesse de la bille (m/s)
temps (s)
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
0,05
0,1
0,15
0,2
0,25
0,3
0,35
0,4
0,45
0,5
v_L = 0,59
v(τ) = 0,37 m.s-
τ = 0,07 s