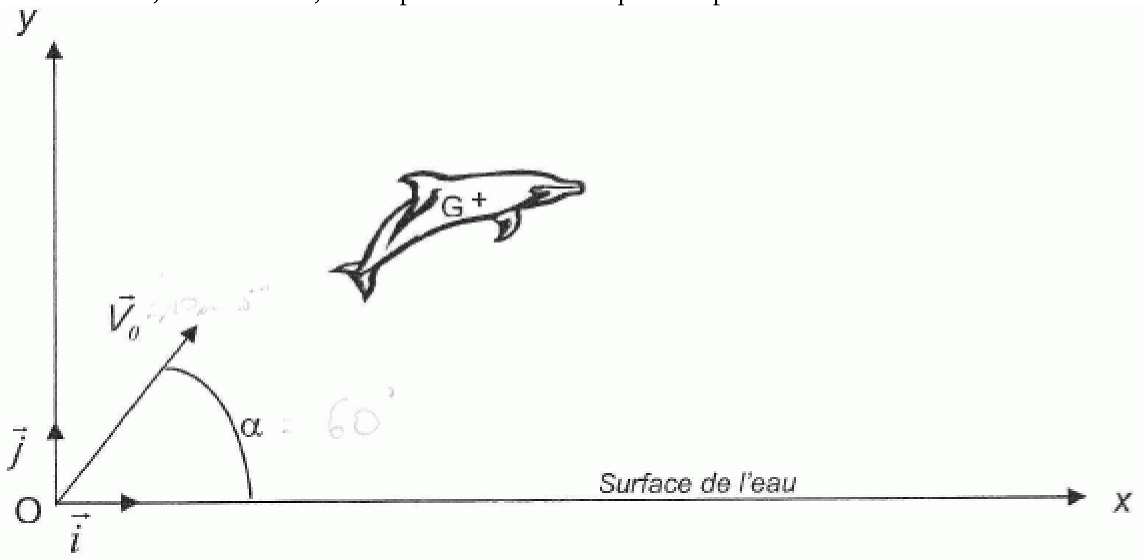
# DST n°2

# correction

**Physique**
**Le dauphin à flancs blancs (La Réunion 2011)**

## I. Etude cinématique du saut du dauphin.

Dans cette partie on négligera l'action de l'air ( frottement et poussée d'Archimède ) sur le dauphin. Au cours du saut, hors de l'eau, le dauphin n'est soumis qu'à son poids.




On souhaite étudier la trajectoire du centre d'inertie G du dauphin pendant son saut hors de l'eau. le repère d'étude est ( O, $\vec{i}$, $\vec{j}$). On choisit comme origine des dates l'instant où le centre d'inertie G du dauphin est confondu avec le point O. Le vecteur vitesse initiale $v_0$ est dans le plan (xOy ) et est incliné d'un angle $\alpha$ par rapport à l'axe Ox. Grâce à l'exploitation d'un enregistrement vidéo du saut du dauphin, on a pu trouver que la valeur de la vitesse est $v_0 = 10$ m.s$^{-1}$ et que $\alpha = 60°$. On prendra $g = 10$ m s$^{-2}$ et on note *m*, la masse du dauphin.

1. En appliquant la seconde loi de Newton, donner l'expression du vecteur accélération $\vec{a}_G$ du centre d'inertie G du dauphin, puis ses coordonnées dans le repère d'étude.
   - Le référentiel est un référentiel terrestre que l'on peut considérer comme galiléen *(essentiel à écrire !... sinon on ne peut appliquer la seconde loi de Newton)* .
   - Le système est le dauphin dont on n'étudie qu'un seul point : le centre d'inertie G *(l'énoncé aurait été plus judicieux de l'appeler I car si certes ici, centre de gravité et centre d'inertie sont confondus, ce n'est pas toujours le cas)*.
   - Si on néglige les frottements, la seule force extérieure appliquée au système est le poids d'où (Seconde loi de Newton) : $\vec{P} = m . \vec{g} = m . \vec{a}_G$

   Soit dans le repère proposé par l'énoncé => $\vec{a}_G \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases}$

2. En déduire que le mouvement du centre d'inertie du dauphin est nécessairement dans plan (O, $\vec{i}$, $\vec{j}$).

   Si on considère un axe z'z perpendiculaire à (O, $\vec{i}$, $\vec{j}$). $a_z = 0$
   - ⇨ par intégration : $v_z$ = Cste : cette constante est définie par les conditions initiales : $V_{0z} = 0$ donc $v_z = 0$
   - ⇨ par intégration : z = Cste cette constante est définie par les conditions initiales : $z_0 = 0$

   donc le mouvement est dans le plan (O, $\vec{i}$, $\vec{j}$).

*Rem : Comment est physiquement défini le plan (O, $\vec{i}$, $\vec{j}$). ?*

*C'est le plan défini par les deux vecteurs $\vec{P}$ et $\vec{V}_0$*

3. En déduire l'expression littérale des coordonnées $v_x(t)$ et $v_y(t)$ du vecteur vitesse $\vec{v}_G$ du centre d'inertie en fonction de $V_0$ , de l'angle $\alpha$ , de $g$ et de la variable temps $t$

   Vu que $\vec{a} = \dfrac{d\vec{v}}{dt}$ *(par définition)* => par intégration des coordonnées de $\vec{a}_G$ $\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases}$ => $\vec{v}_G$ $\begin{cases} v_x = A \\ v_y = -g \cdot t + B \end{cases}$

   A et B sont des constantes que l'on obtient en considérant les conditions initiales :

   $v_x(t=0) = V_0 \cdot \cos\alpha$ et $v_y(t=0) = V_0 \cdot \sin\alpha$ d'où $\vec{v}_G$ $\begin{cases} v_x = V_0 \cdot \cos\alpha \\ v_y = -g \cdot t + V_0 \cdot \sin\alpha \end{cases}$

4. Etablir les équations horaires x(t) et y(t) du mouvement du centre d'inertie

   Vu que $\vec{v} = \dfrac{d\overrightarrow{OG}}{dt}$ *(par définition)* => par intégration des coordonnées de $\vec{v}_G$ $\begin{cases} v_x = V_0 \cdot \cos\alpha \\ v_y = -g \cdot t + V_0 \cdot \sin\alpha \end{cases}$

   $$=> \overrightarrow{OG} \begin{cases} x = (V_0 \cdot \cos\alpha) \cdot t + A \\ y = -\dfrac{g}{2} \cdot t^2 + (V_0 \cdot \sin\alpha) \cdot t + B \end{cases}$$

   A et B sont des constantes que l'on obtient en considérant les conditions initiales :

   $x(t=0) = 0$ et $y(t=0) = 0$ d'où $\overrightarrow{OG}$ $\begin{cases} x = (V_0 \cdot \cos\alpha) \cdot t \\ y = -\dfrac{g}{2} \cdot t^2 + (V_0 \cdot \sin\alpha) \cdot t \end{cases}$

5. Montrer que le sommet S est atteint à la date $t_S$ = 0,87 s ; le saut effectué est-il réellement d'au moins 3 mètres de haut ? Justifier.

   Au sommet S, la vitesse verticale ($v_y$) est nulle donc $v_y = 0 = -g \cdot t_S + V_0 \cdot \sin\alpha$ => $t_S = \dfrac{V_0 \cdot \sin\alpha}{g}$ = *0,87s*

   Et $y_S = \dfrac{(V_0 \cdot \sin\alpha)^2}{2\,g} = \dfrac{g}{2} t_S^2$ *=3,8 m (avec 2 CS !) donc le saut est bien* « d'au moins 3 mètres de haut »

.

## *II. Etude expérimentale du saut du dauphin*.

Les positions du centre d'inertie du dauphin sont données à intervalles de temps réguliers sur le document de l'annexe (à remettre avec la copie), l'échelle du document est 1 cm pour 0,50 m et la durée entre deux positions est $\Delta t$ = 0,10 s

1. A partir du document de l'annexe, déterminer la valeur de la vitesse du centre d'inertie du dauphin aux points 4 et 6. On les notera $V_4$ et $V_6$.

   Vitesse $V_4 = \dfrac{G_3G_5}{2\tau}$ avec $\tau$ = 0,10 s

   graphiquement : $G_3G_5$ = 2,5 cm

   1 cm pour 0,50 m => $G_3G_{5\ réel} = 2{,}5 \times 0{,}5 = 1{,}25$ *m*

   Donc $\boldsymbol{V_4} = \dfrac{1{,}25}{0{,}20} = 6{,}25\ m.s^{-1} = \boldsymbol{6{,}3\ m.s^{-1}}$

   Vitesse $V_6 = \dfrac{G_5G_7}{2\tau}$

   graphiquement : $G_5G_7$ = 2,0 cm

   1 cm pour 0,50 m, $G_5G_{7\ réel} = 2{,}0 \times 0{,}5 = 1{,}0$ m

   Donc $\boldsymbol{V_6} = \dfrac{1{,}0}{0{,}20} = \boldsymbol{5{,}0\ m.s^{-1}}$

2. Tracer les vecteurs $\vec{V}_4$ et $\vec{V}_6$ . sur le document annexe en utilisant comme échelle de représentation des vecteurs vitesse : 1 cm pour 2 $m.s^{-1}$

   Avec l'échelle 1 cm pour 2 $m.s^{-1}$ $\vec{V}_4$ mesure 6,25 /2 = 3,1 cm et $\vec{V}_6$ mesure 5,0 /2 = 2,5 cm

3. Construire sur le document annexe le vecteur $\Delta\vec{V} = \vec{V}_6 - \vec{V}_4$ au point 5 et déterminer sa valeur en $m.s^{-1}$ en utilisant l'échelle précédente. (voir construction plus loin) $\boldsymbol{\Delta V = 2{,}0\ m.s^{-1}}$

4. En déduire la norme du vecteur accélération $\vec{a}_5$ , vecteur accélération au point 5. Le représenter sur le document annexe en utilisant comme échelle de représentation: 1 cm pour 2 $m.s^{-2}$

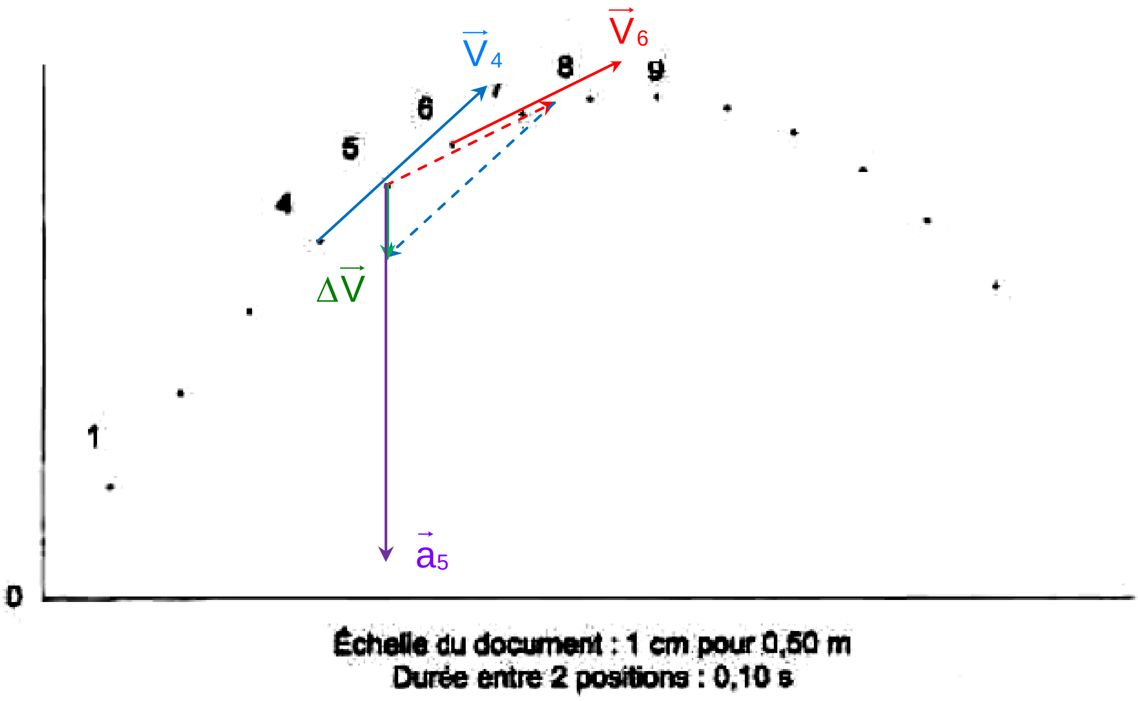
   $a_5 = \dfrac{\Delta V}{2\,\tau} = \dfrac{2{,}0}{0{,}20} = 10\ m.s^{-2}$ de plus, la construction vectorielle donne un vecteur vertical descendant

5. Les résultats de la question II.4. sont –ils en accord avec ceux de la question I.1. ?

   … le vecteur $\vec{a}_5$ correspond donc bien (direction, sens, norme) à $\vec{g}$, l'accélération de la pesanteur terrestre.

*Construction vue en TP !*

Construction du vecteur $\Delta\vec{V} = \vec{V}_6 - \vec{V}_4$ au point 5 : on reporte $\vec{V}_6$ au point 5 et on soustrait le vecteur $\vec{V}_4$ (voir vecteurs en pointillés). Le vecteur $\Delta\vec{V}$ mesure 1,0 cm donc avec l'échelle des vitesses : ***ΔV = 2,0 m.s$^{-1}$***.




| ***Chimie - Suivi cinétique d'une transformation chimique (acide oxalique sur permanganate de potassium) par spectrophotométrie*** |
|---|

$$2\ MnO_4^- + 5\ H_2C_2O_4 + 6\ H_3O^+ = 2\ Mn^{2+} + 10\ CO_2 + 14\ H_2O \qquad (1)$$

***I*** 1) Il est inutile dans le cas présent de faire le spectre puisqu'il est donné !: le seul réglage du colorimètre consiste à « faire le blanc », c'est à dire fixer le zéro de l'absorbance sur la cuve remplie de solvant.
*Rem : En toute rigueur, il faudrait « faire le blanc » en prenant une solution comprenant toutes les espèces étudiées SAUF l'espèce colorée absorbante qui nous intéresse (ici l'ion permanganate)*
2) On préférera le filtre à 530 nm qui, pour une concentration donnée , donne une plus grande absorbance ainsi les incertitudes relatives en faisant varier la concentration (lors de l'étalonnage) seront moins importantes. (***voir Doc cahier de texte !)***

***II Dosage par étalonnage***

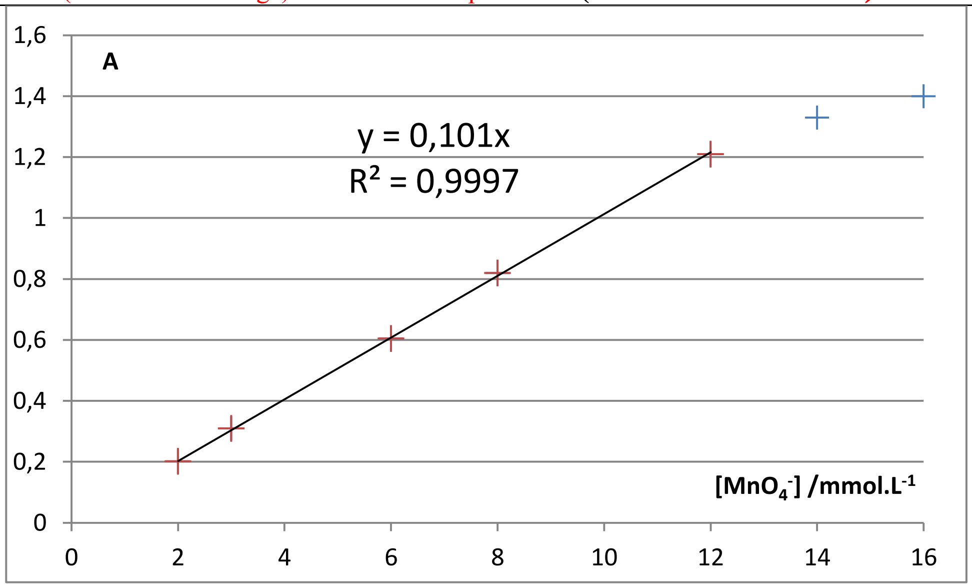
a) $A = \varepsilon_\lambda \cdot l \cdot C$

*A sans unité*
*l en m*
*C en mol.L$^{-1}$*
*donc $\varepsilon_\lambda$ en m$^{-1}$.mol$^{-1}$.L*

b) On observe que pour les concentrations les plus élevées, la loi de Beer Lambert n'est plus vérifiée

d) Dans la partie linéaire, on a :
$A = 0{,}101\ [MnO_4^-]$
(avec $[MnO_4^-]$ en mmol.L$^{-1}$)

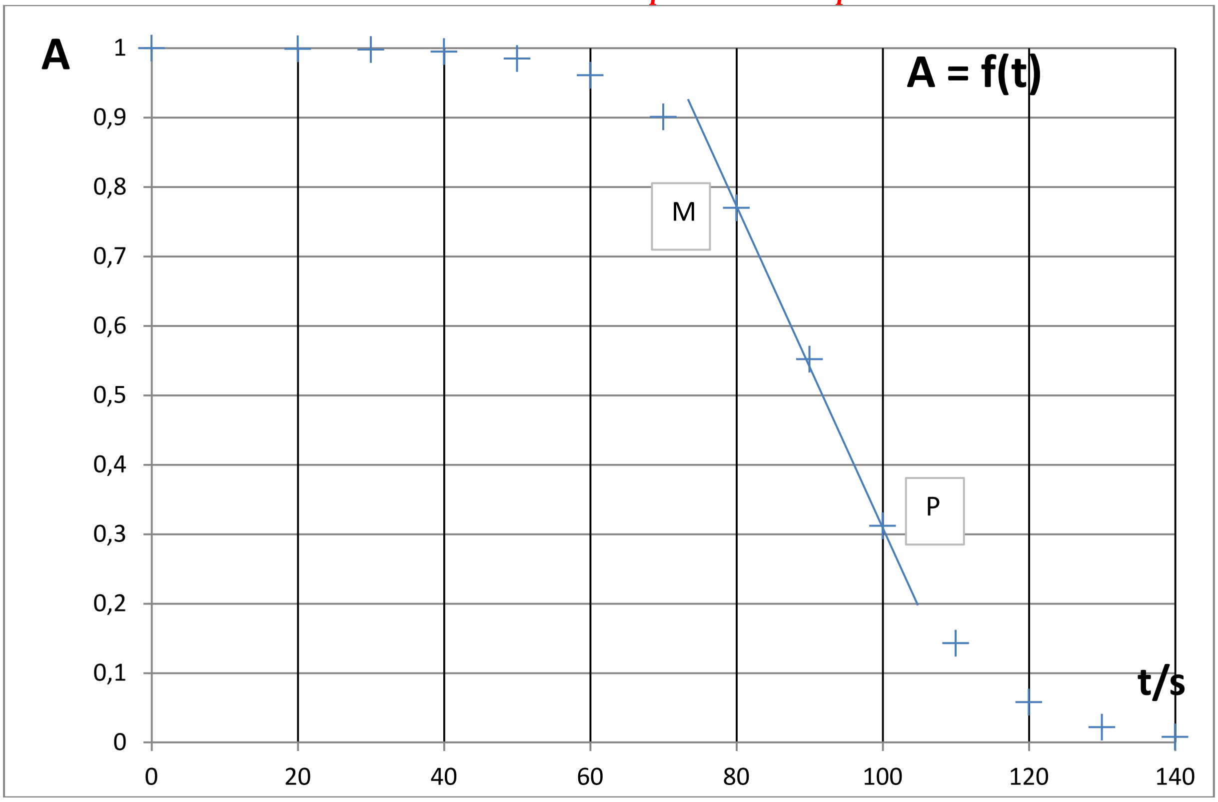
Pour faire la régression, il a donc fallu écarter les deux derniers points qui ne sont pas dans le domaine de linéarité.



***III Suivi colorimétrique***

***graphe $A = f(t)$***

| t /s | 0 | 20,0 | 30,0 | 40,0 | 50,0 | 60,0 | 70,0 | ***80,0*** | 90,0 | ***100,0*** | 110,0 | 120 ,0 | 130,0 | 140,0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 1,000 | 0,999 | 0,998 | 0,995 | 0,985 | 0,961 | 0,901 | ***0,770*** | 0,552 | ***0,312*** | 0,143 | 0,058 | 0,022 | 0,008 |
| | | | | | | | | ***point M*** | | ***point P*** | | | | |




1) Au départ : $N_0(MnO_4^-) = C_1.V_1 = 5{,}00.10^{-4}$ mol $N_0(H_2C_2O_4) = C_2.V_2 = 4{,}00.10^{-3}$ mol *(3 CS comme données !)*

A la date t :

$N(MnO_4^-) = N_0(MnO_4^-) - 2\,x$ donc $x_{max} = C_1.V_1/2 = 2.50.\ 10^{-4}$ mol si permanganate limitant

$N(H_2C_2O_4) = N_0(H_2C_2O_4) - 5\,x$ donc $x_{max} = C_2.V_2/5 = 8.00.\ 10^{-4}$ mol si acide oxalique limitant

C'est donc le permanganate qui est le réactif limitant

Ce que confirme évidemment l'étude de l'absorbance puisque, à la fin de la réaction, l'absorbance est nulle donc il n'y a plus d'ions permanganate.

***Remarque : Affirmer que le permanganate est limitant sous prétexte que $C_1.V_1 < C_2.V_2$ est évidemment insuffisant puisqu'il faut tenir compte des nombres stoechiométriques !***

3) D'après la courbe d'étalonnage : $[MnO_4^-]_0 = \dfrac{A_0}{0{,}101} = 9{,}90$ mmol.L$^{-1}$ or d'après l'énoncé, dans le milieu réactionnel, on a, au départ : $C_0(MnO_4^-) = \dfrac{N_0(MnO_4^-)}{V_{total}} = \dfrac{5{,}00.10^{-4}}{(25+20+5).10^{-3}} = 10{,}0$ mmol.L$^{-1}$ Les deux valeurs sont cohérentes.

4) Par définition : $V_r = \dfrac{1}{V_{total}}\dfrac{dx}{dt}$

5) Avec le tableau descriptif du système ou sans, on obtient sans difficulté $N(MnO_4^-) = N_0(MnO_4^-) - 2\,x$

$\Rightarrow\ x = \dfrac{N_0(MnO_4^-) - N(MnO_4^-)}{2}$

6) a) Par dérivation de x et division par le volume total, on trouve $V_r = \dfrac{1}{V_{total}}\dfrac{dx}{dt} = -\dfrac{1}{2}\dfrac{d[MnO_4^-]}{dt}$

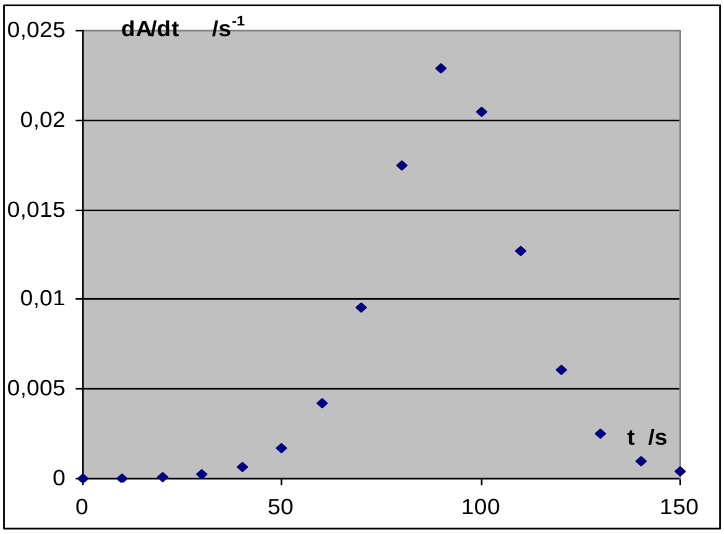
b) d'après la courbe d'étalonnage $A = k\ [MnO_4^-]$ (avec $k = 1{,}01.10^{-4}$ en mol$^{-1}$.L) donc $\dfrac{d[MnO_4^-]}{dt} = \dfrac{1}{k}\dfrac{dA}{dt}$ et $V_r = -\dfrac{1}{2.k}\dfrac{dA}{dt}$

7) la date t = 90 s, $\dfrac{dA}{dt} = \dfrac{0{,}312 - 0{,}770}{100 - 80} = -2{,}30.10^{-2}$ s$^{-1}$ *(en prenant les coordonnées des points précédent M et suivant P)*

***(pente < 0)*** $\Rightarrow V_r = -\dfrac{1}{2.k}\dfrac{dA}{dt} = \dfrac{2{,}30.10^{-2}}{2 \times 1{,}01.10^{-4}} = 114$ mol.L$^{-1}$.s$^{-1}$

***Remarque : calcul de la pente à t= 90,0 s en prenant les valeurs du tableau à t= 80,0 et 100,0 s (points M et P); on peut en effet considérer que, dans cette partie du graphe, la partie est quasiment linéaire (voir graphe A = f(t) supra).***

8) aux dates t = 30 s et 130 s => $V_r \approx 0$ (puisque $\frac{dA}{dt} \approx 0$, tangente quasi horizontale) On peut en déduire que la vitesse est quasiment nulle au départ et à la fin et passe par un maximum. (*voir graphe ci-dessous…. non demandé !*)




9) Cette allure ne correspond pas aux situations habituelles où la vitesse est maximale au début et tend à décroître au fur et à mesure que la transformation se fait.

***Question bonus***

10) En présence d'ions $Mn^{2+}$, on retrouve une allure « classique » d'évolution de concentration d'un réactif : cela signifie que la concentration des ions manganèse (II) est un facteur cinétique. En ayant ajouté en net excès des ions $Mn^{2+}$, la concentration en ions $Mn^{2+}$ ne varie quasiment et les ions $Mn^{2+}$ ne sont plus un facteur cinétique d'où la courbe « classique » d'évolution de vitesse (décroissance au cours du temps avec la disparition des réactifs)

Dans la manipulation initiale, vu qu'il n'y a pas d'ions manganèse (II), la vitesse est très faible au départ. Au fur et à mesure que la transformation chimique se fait, des ions manganèse sont produits et la vitesse augmente : elle passe par un maximum puis décroît car corollairement la concentration en réactifs décroît.

***Remarque : Cette manipulation a été faite lors de premier TP sur « Facteurs cinétiques » !***
***Le problème de la forme particulière du graphe A = f(t) a été discutée lors d'une séance d'Aide personnalisée !***