Centre Tamoul d'Enseignement en France
Examen d'aptitude 2015

Épreuve de Physique / Chimie

Correction

Cadre réservé à l'administration :

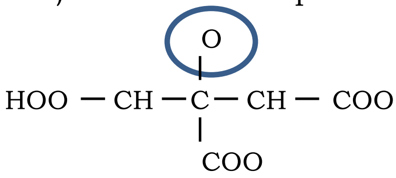
N° d'identification : ______________________________

Avril 2015

Exercice 1 :

1. La molécule d'acide citrique

1.1. Le groupe hydroxyle (entouré) est caractéristique de la fonction alcool.



1.2. Les trois groupes caractéristiques carboxyle COOH sont responsables de l'acidité de l'acide citrique. En effet chaque groupe COOH peut céder un proton H^+, et il y a trois groupes carboxyle, donc la possibilité de libérer trois protons : l'acide citrique est un triacide.

2. L'acide tartrique, un détartrant

2.1.1. On effectue un titrage pH-métrique de l'acide citrique par une solution d'hydroxyde de sodium $c_b = 1{,}00\times10^{-1}$ mol.L^{-1}.

Le volume à l'équivalence est déterminé grâce à la courbe : il correspond à l'abscisse du point d'ordonnée maximale de la dérivée dpH/dv = f(v) (on peut utiliser la méthode des tangentes).
On lit $V_{éq}$ = 31,0 mL.
À l'équivalence les réactifs ont été mélangés dans les proportions stœchiométriques, d'après l'équation de la réaction support du titrage, on a : $\dfrac{n_{(Na^+ + HO^-)}}{3} = \dfrac{n_{acide}}{1}$

Soit $\dfrac{C_B.V_{éq}}{3} = \dfrac{C_A.V_A}{1}$ où C_B est la concentration molaire de la solution d'hydroxyde de sodium et C_A est la concentration recherchée en acide citrique.

$$C_A = \frac{C_B.V_{éq}}{3V_A}$$

$C_A = \dfrac{1{,}00\times10^{-1}\times31{,}0}{3\times10{,}0}$ = **0,103 mol.L^{-1}** d'acide citrique (*valeur non arrondie stockée en mémoire)*

2.1.2. Pourcentage en masse : p = $\dfrac{m_A}{m_{sachet}}$ où m_A est la masse d'acide dans le sachet qui a été dissoute dans V = 2,00 L d'eau.

$C_A = \dfrac{n_A}{V} = \dfrac{m_A}{M.V}$ donc $m_A = C_A.V.M$

$$p = \frac{C_A.V.M}{m_{sachet}}$$

$p = \dfrac{0{,}103\times2{,}00\times192}{40{,}0}$ = 0,992 = **99,2%** ***avec C_A non arrondie***

2.1.3. Notons l'incertitude $\Delta p = U(p)$ U pour un certain
L'incertitude relative a pour expression :

$$\frac{U(p)}{p} = \sqrt{\left(\frac{U(C_B)}{C_B}\right)^2 + \left(\frac{U(V_{éq})}{V_{éq}}\right)^2 + \left(\frac{U(V_A)}{V_A}\right)^2 + \left(\frac{U(V)}{V}\right)^2}$$

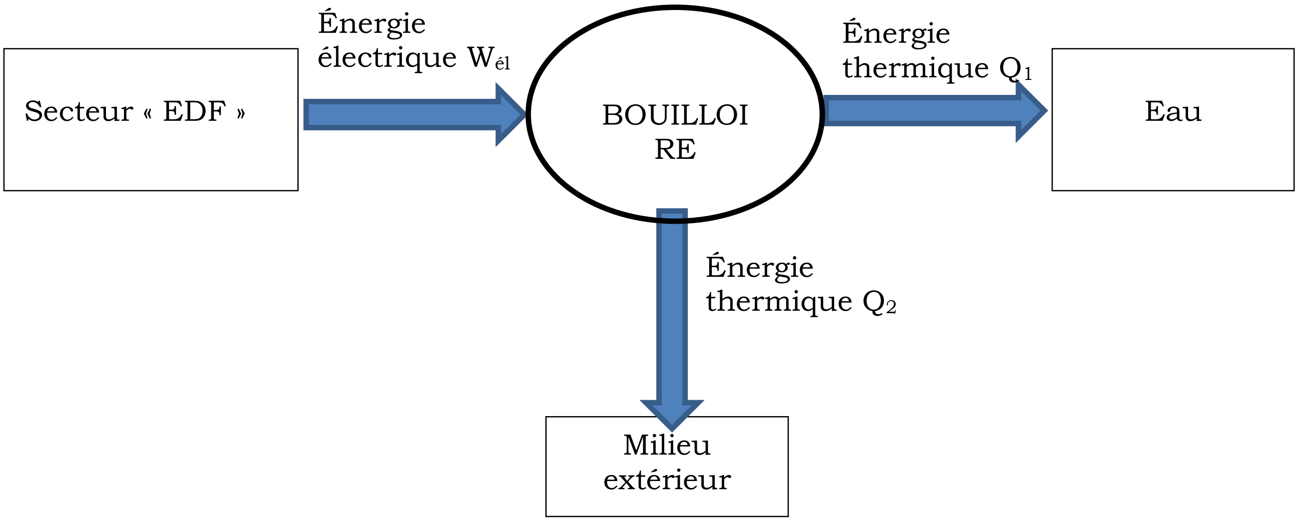
$$\frac{U(p)}{p} = \sqrt{\left(\frac{0{,}02\times10^{-1}}{1{,}00\times10^{-1}}\right)^2 + (0{,}01)^2 + (0{,}005)^2 + (0{,}005)^2}$$

$\frac{U(p)}{p} = 0{,}02$ donc U(p) = p ×0,02 = 99,2 × 0,02 = 2 %

Le sachet indique 100% d'acide citrique ce qui est cohérent avec p = 99,2 $\pm$ 2 %

2.2.1. La température est un facteur cinétique, le fait de chauffer la solution va permettre diminuer la durée de réaction. Le détartrage sera plus rapide.

2.2.2.



Le rendement est défini par $\eta = \frac{E_{utile}}{E_{dépensée}}$

Ici $\eta = \frac{Q_1}{W_{él}} = \frac{m.c.\Delta\theta}{P.\Delta t} = \frac{\rho.V.c.\Delta\theta}{P.\Delta t}$

$\eta = \frac{1{,}0\times0{,}40\times4{,}2\times10^3\times(85-18)}{1500\times(60+20)}$ = 0,94 = **94 %**

Les bouilloires électriques ont de très bons rendements.

Exercice 2 :

1. Le Compact-Disc.

1.1. La surface utile est égale à la surface occupée par la piste métallique, soit la surface totale du disque moins la surface « centrale » : $S = \pi.R_2^2 - \pi.R_1^2 = \pi.(R_2^2 - R_1^2)$

1.2. $L \approx \frac{S}{a} \approx \frac{\pi.(R_2^2 - R_1^2)}{a}$, d'après le document 1, le pas a de la spirale vaut 1,6 µm.

$L \approx \frac{\pi.((6{,}0\times10^{-2})^2 - (2{,}5\times10^{-2})^2)}{1{,}6\times10^{-6}} \approx 5{,}8 \times 10^3$ m ≈ **5,8 km**

1.3. La vitesse linéaire de défilement des informations gravées sur la piste est constante et égale à V = 1,2 m.s^{-1}.

$V = \frac{L}{\Delta t}$ donc $\Delta t = \frac{L}{V}$ *(calcul effectué avec L non arrondie)*

$\Delta t = \approx \dfrac{5{,}841\times10^{3}}{1{,}2} \approx 4{,}9\times10^{3}\ \text{s} = 81\ \text{min}$ durée théorique totale de lecture du CD

1.4.1. L'onde qui se réfléchit au fond d'un creux parcourt une distance supplémentaire δ = $\boldsymbol{2h_c}$ par rapport à l'onde qui se réfléchit sur un plat.
$\delta = 2 \times 0{,}12\times10^{-6} = 0{,}24\times10^{-6} = \mathbf{2{,}4\times10^{-7}\ m}$

1.4.2. Dans le polycarbonate la lumière se propage à la célérité $v = 1{,}93\times10^{8}$ m.s^{-1} (cf. doc. 2).

Le retard τ est tel que $v = \dfrac{2h_c}{\tau}$ donc $\tau = \dfrac{2h_c}{v}$ et d'après le document 2, on a $2h_c = \dfrac{\lambda}{2}$

ainsi $\tau = \dfrac{\frac{\lambda}{2}}{v} = \dfrac{\lambda}{2v}$

$\tau = \dfrac{503\times10^{-9}}{2\times1{,}93\times10^{8}} = \mathbf{1{,}3\times10^{-15}\ s}$

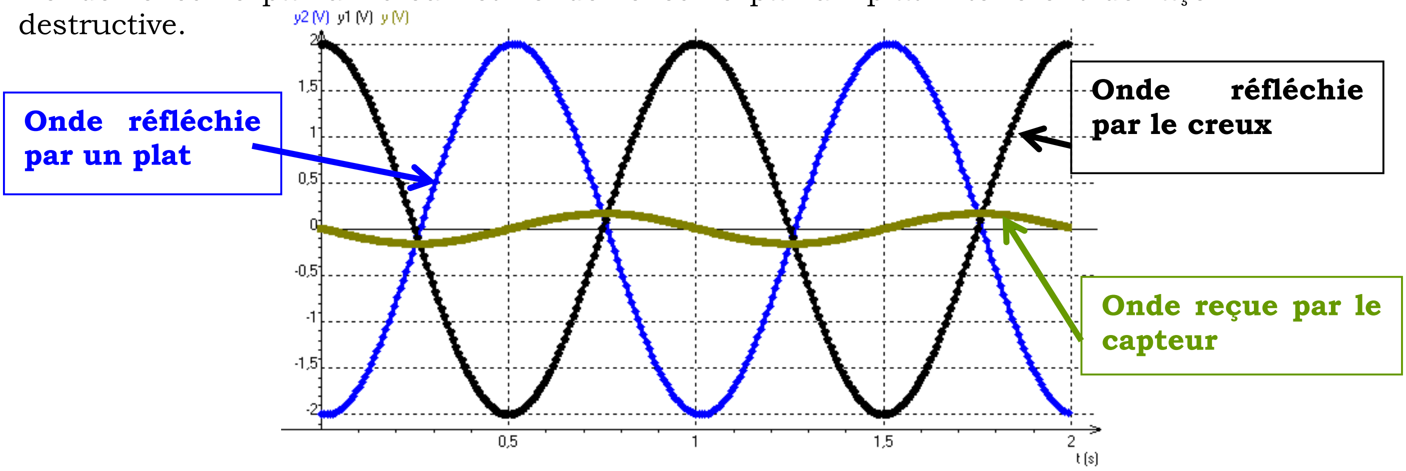
1.4.3. Période de l'onde émise par le laser : $\lambda = v.T$ donc $T = \dfrac{\lambda}{v}$

Et $\tau = \dfrac{\lambda}{2v}$, donc $\tau = \dfrac{T}{2}$.

1.4.4. Les interférences sont destructives si le retard entre les deux ondes est : $\tau = (2k+1).\dfrac{T}{2}$

Si on considère k = 0 alors $\tau = \dfrac{T}{2}$, ce qui correspond à la situation rencontrée ici.

L'onde réfléchie par un creux et l'onde réfléchie par un plat interfèrent de façon destructive.



1.4.5. Le signal reçu par le capteur est minimal. Les ondes sont en opposition de phase.

1.5. Capacité totale théorique d'information que l'on peut enregistrer sur un CD :
D'après le doc.4, la taille d'un bit sur le CD correspond à la distance parcourue par le faisceau lumineux en Δt = 231,4 ns.
Et on apprend également qu'il faut 17 bits pour enregistrer un octet.

Exprimons la longueur notée b d'un bit : $V = \frac{b}{\Delta t}$ soit $b = V.\Delta t$

On en déduit l'expression de la longueur d'un octet, notée d_o : $d_o = 17b = 17V.\Delta t$

Exprimons le nombre d'octets stockés sur la piste de longueur L :

$$N = \frac{L}{d_o} = \frac{\frac{\pi.(R_2^2 - R_1^2)}{a}}{17V.\Delta t} = \frac{\pi.(R_2^2 - R_1^2)}{a.17V.\Delta t}$$

Les données n'indiquent pas la conversion entre octets et mégaoctets.
Dans ce cas, on considère que 1 Mo = 10^6 octets.

$$N(\text{Mo}) = \frac{N}{10^6}$$

$$N(\text{Mo}) = \frac{\pi.(R_2^2 - R_1^2)}{a.17V.\Delta t.10^6}$$

$$N(\text{Mo}) = \frac{\pi \times ((6{,}0 \times 10^{-2})^2 - (2{,}5 \times 10^{-2})^2)}{1{,}6 \times 10^{-6} \times 17 \times 1{,}2 \times 231{,}4 \times 10^{-9} \times 10^6} = \mathbf{1{,}2 \times 10^3\ Mo}$$

2. Le Blu-ray.

2.1. Pour le blu-ray, la longueur d'onde dans le polycarbonate vaut λ = 261 nm.

Or $2h_c = \frac{\lambda}{2}$ donc $h_c = \frac{\lambda}{4}$

$h_c = \frac{261}{4}$ = **65,3 nm** profondeur d'un creux sur un disque Blu-ray

2.2. La longueur d'onde du lecteur de CD n'est pas adaptée à la profondeur des creux du Blu-ray. Dès lors les interférences ne pourraient pas produire.
Par ailleurs, le faisceau du laser serait trop large pour lire une seule piste du Blu-ray à la fois.

2.3. Pour le Blu-ray, la longueur de la piste est L_{Blu} = 27 km tandis que l'on a déterminé au 1.2. une longueur de piste pour le CD de L = 5,8 km.
La capacité de stockage est proportionnelle à la longueur de la piste.
N(Mo) → L = 5,8 km
N(Mo)Blu-ray → L_{Blu} = 27 km

$$N(\text{Mo})\text{Blu-ray} = N(Mo).\frac{L_{Blu}}{L}$$

$N(\text{Mo})\text{Blu-ray} = 1{,}2 \times 10^3 \times \frac{27}{5{,}8}$ = **5,7×10³ Mo** *calcul effectué avec les valeurs non arrondies*

Cette valeur est bien inférieure à la capacité annoncée de 25 Go dans le tableau.
On en conclut que le codage de l'information sur le Blu-ray n'est pas basé sur le standard EFM.

Exercice 3 :

1. Un parfum de pomme

1.1. L'ester E est le butanoate de méthyle.

1.2. Le butanoate de méthyle est obtenu à partir d'acide butanoïque et de méthanol, de formules semi-développées respectives :

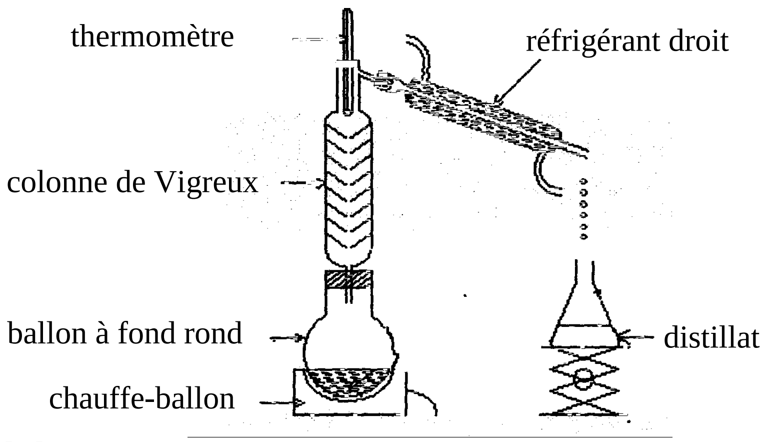
$$CH_3-(CH_2)_2-C\begin{matrix}\nearrow O\\ \searrow OH\end{matrix} \quad \text{et} \quad CH_3-OH$$

1.3

$$CH_3-(CH_2)_2-C\begin{matrix}\nearrow O\\ \searrow OH\end{matrix} + CH_3-OH = CH_3-(CH_2)_2-C\begin{matrix}\nearrow O\\ \searrow O-CH_3\end{matrix} + H_2O$$

1.4. La formule semi-développée de l'éthanoate de butyle est : $CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-O-(CH_2)_3-CH_3$

1.5. Montage de la distillation fractionnée



2. Un parfum de banane

2.1.1. À chaque instant, la quantité d'ester formé est égale à l'avancement x de la réaction : $n_{ester} = x$

La quantité d'acide restant est $n_A = (n_A)_i - x$.

On obtient : $n_{ester} = (n_A)_i - n_A$, avec $(n_A)_i = 1,0$ mol

Le tableau de mesures figure ci-dessous :

t (en h)	0	1	2	4	6	8	10	15	20	25
n_A (en mol)	1,00	0,82	0,70	0,54	0,46	0,41	0,38	0,35	0,34	0,34
n_{ester} (en mol)	0	**0,18**	0,30	**0,46**	**0,54**	**0,59**	**0,62**	0,65	**0,66**	0,66

2.1.2. On peut considérer que le système n'évolue plus à partir de la date t = 20 h. L'avancement x_f à l'état final est égal à la quantité d'ester formé à l'état final.

On obtient $\mathbf{x_f = 0,66}$ **mol**

2.1.3. $\tau = \dfrac{x_f}{x_{max}}$ soit : $\tau = \dfrac{0,66}{1,00} = \mathbf{0,66}$, soit **66 %**

2.1.4. Le taux d'avancement final étant inférieur à 1, la transformation n'est pas totale, elle est limitée.

2.1.5. Afin d'augmenter la valeur du taux d'avancement final, il faut introduire l'un des réactifs en excès, ou rendre impossible la réaction inverse d'hydrolyse de l'ester (on élimine l'ester par distillation au fur et à mesure de sa formation ou on élimine l'eau par déshydratation du milieu).

2.2.1. Par définition, en notant V le volume du milieu réactionnel, la vitesse volumique de réaction à la date t est : $v = \frac{1}{V}\left(\frac{dx}{dt}\right)_t$.

Comme on l'a déjà remarqué $x = n_{ester}$.

La vitesse volumique de réaction évolue comme le coefficient directeur de la tangente à la courbe. Ce dernier diminue au cours du temps, la vitesse volumique de réaction diminue.

Le facteur cinétique permettant d'expliquer cette évolution est la concentration des réactifs. En effet, les réactifs étant consommés, leur concentration diminue.

2.2.2. Le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ est la durée au bout de laquelle l'avancement a atteint la moitié de sa valeur finale.

2.2.3. A $t = t_{1/2}$ on a $x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2} = \frac{n_{ester(final)}}{2}$ soit : $x(t_{1/2}) = \frac{0,66}{2} = 0,33$ mol

On obtient graphiquement : **$t_{1/2}$ = 2,3 h** *(voir ci-dessous)*

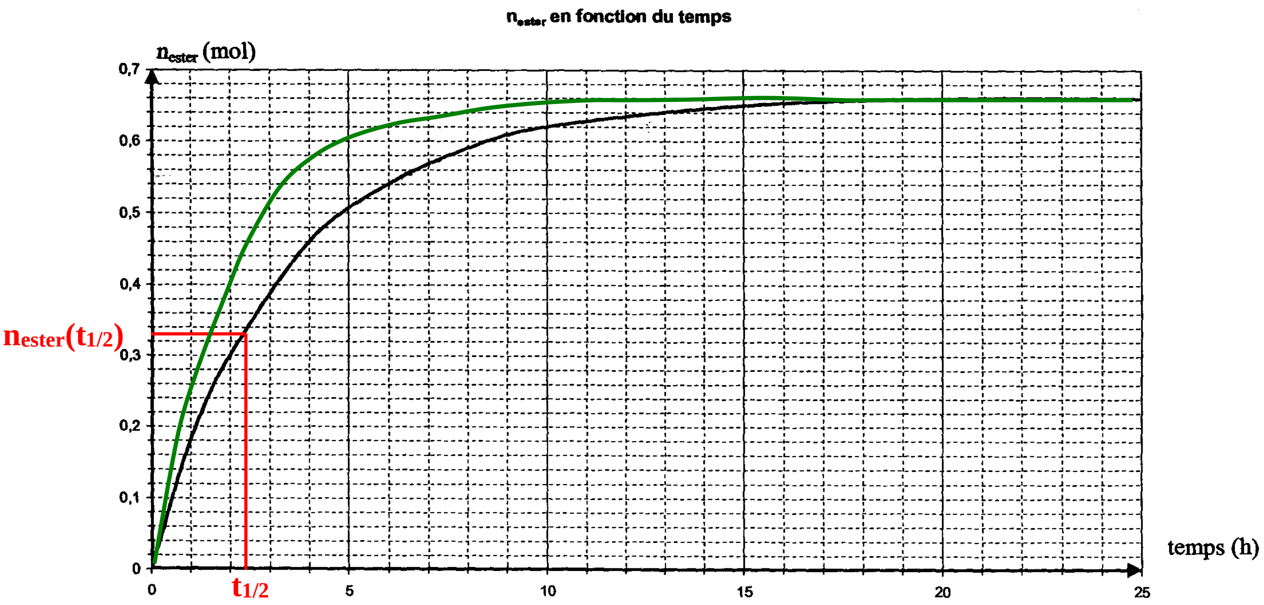
2.2.4. Le refroidissement brutal effectué avant chaque dosage permet de stopper la réaction d'estérification à la date t, ainsi le dosage reflète exactement la composition du système chimique à cette date t.

De plus avec une température faible, on peut considérer que la réaction de saponification (hydrolyse basique de l'ester par la soude versée) n'a pas lieu car cette réaction est déjà lente à température ambiante. Cette réaction parasiterait la réaction support du titrage (rapide et totale) entre l'acide restant et la soude versée.

2.2.5. L'augmentation de la température permet d'atteindre plus rapidement l'état final, mais elle ne modifie pas cet état d'équilibre. La courbe correspondante est la courbe verte.

ANNEXE

Courbe représentant la quantité de matière d'ester formé en fonction du temps



Exercice 4 :

1. Trajectoire de la flèche :

1.1. La résistance de l'air ayant relativement peu d'effet, on peut négliger la force de frottement de l'air face aux autres forces subies par la flèche.

1.2. Système : flèche de masse m Référentiel : terrestre supposé galiléen

D'après la deuxième loi de Newton : $\vec{P} = m.\vec{a}$

$$m.\vec{g} = m.\vec{a}$$

$$\vec{a} = \vec{g}$$

1.3.1. D'après (1) $x(t) = (v_0.\cos\alpha).t$ donc $t = \dfrac{x(t)}{v_0.\cos\alpha}$

On remplace t par cette expression dans (2) :

$$z(x) = -\frac{1}{2}.g.\left(\frac{x(t)}{v_0.\cos\alpha}\right)^2 + (v_0 \sin\alpha).\frac{x(t)}{v_0.\cos\alpha}$$

$$z(x) = -\frac{1}{2}.g.\frac{x(t)^2}{v_0^2.\cos^2\alpha} + x(t).\tan\alpha$$

1.3.2. L'expression de la trajectoire est du type $z(x) = ax^2 + bx$, la courbe représentative de cette fonction est une parabole comme l'indique le premier texte.

2. « Chute » de la flèche :

2.1. Durée du trajet de la flèche :

2.1.1. $x(t_C) = x_C = (v_0.\cos\alpha).t_C$

$t_C = \dfrac{x_C}{v_0.\cos\alpha}$

2.1.2. Avec une vitesse initiale v_0 de 70 m/s, le vol dure une seconde (t_C = 1 s) et l'angle α vaut 4°, enfin la chute h est d'environ 5 mètres. Le premier texte nous apprend que x_C = 70 m.

Vérifions la cohérence de ces valeurs numériques, en calculant t_C :

$t_C = \dfrac{70}{70.\cos 4}$ = 1,0 s durée conforme à celle indiquée.

2.2. *« Distance de chute » :*

2.2.1. Garder les mêmes conditions initiales signifie que l'on ne modifie pas la vitesse initiale v_0, ni l'angle α.

Pour que la flèche atteigne le point A, il faudrait qu'elle se déplace en ligne droite suivant la droite (OA). Pour cela, on doit faire l'hypothèse que l'attraction gravitationnelle n'est pas assez forte pour courber la trajectoire.

La flèche ne subirait aucune force, elle constituerait un système mécaniquement isolé.

Le mouvement serait rectiligne et uniforme ($\Sigma\overrightarrow{F_{ext}} = \vec{0} = m.\vec{a}$ alors $\vec{a} = \vec{0}$).

2.2.2. <u>Méthode 1 :</u> Dans le triangle OAC rectangle en C, tan α = $\dfrac{AC}{OC} = \dfrac{h}{x_C}$.

De plus on a établi en 2.1.1. que $x_C = (v_0.\cos\alpha).t_C$, alors tan α = $\dfrac{h}{(v_0.\cos\alpha).t_C}$

$h = \tan\alpha.(v_0.\cos\alpha).t_C$

$h = \dfrac{\sin\alpha}{\cos\alpha}.(v_0.\cos\alpha).t_C$

$\mathbf{h = \sin\alpha .v_0.t_C}$

Méthode 2:
Entre O et A le mouvement est rectiligne et uniforme à la vitesse v_0 pendant la durée $t_{OA} = t_C$ donc : $OA = v_0.t_{OA} = v_0.t_C$.

Et $\sin\alpha = \frac{h}{OA}$ donc $OA = \frac{h}{\sin\alpha}$.

En égalant les deux expressions de OA : $v_0.t_C = \frac{h}{\sin\alpha}$ finalement : $\boxed{\mathbf{h = \sin\alpha . v_0.t_C}}$

2.2.3. On a : $z(t_C) = 0 = -\frac{1}{2}.g.t_C^2 + v_0.\sin\alpha.t_C$ soit $0 = -\frac{1}{2}.g.t_C^2 + h$

$h = \frac{1}{2}gt_C^2$. Ainsi pour $t = t_C$ la « distance de chute » h vaut « gt²/2 ».

3. Influence de la valeur de la vitesse initiale sur le tir

3.1. On garde α constant, donc si v_0 augmente alors, pour x_C fixé, la durée de chute $t_C = \frac{x_C}{v_0.\cos\alpha}$ diminue. La hauteur de chute $h = \frac{1}{2}gt_C^2$ diminue car t_C diminue.

3.2. Si la hauteur de chute h diminue, la flèche atteint la cible au-dessus du point C.