CORRIGE DU BACCALAUREAT BLANC 2016 : SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

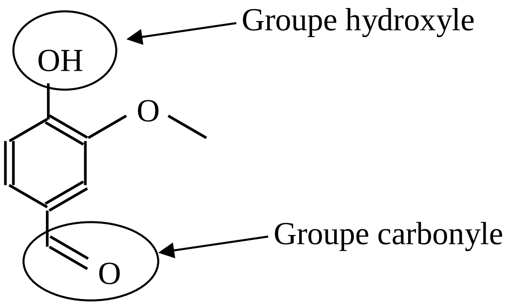
EXERCICE 1. . L'ARÔME DE VANILLE (7 points)

1. À propos de la molécule de vanilline.

1.1. La molécule de vanilline ne présente aucun atome de carbone lié à quatre groupes d'atomes différents. Ainsi, elle ne possède pas d'atome de carbone asymétrique.

1.2.

vanilline



1.3. La molécule d'éthylvanilline possède un groupe méthyle CH_3 supplémentaire par rapport à la vanilline. Ces molécules n'ont pas la même formule brute, elles ne sont pas isomères. La **proposition a est fausse**.

Une molécule chirale n'est pas superposable à son image dans un miroir plan.

vanilline

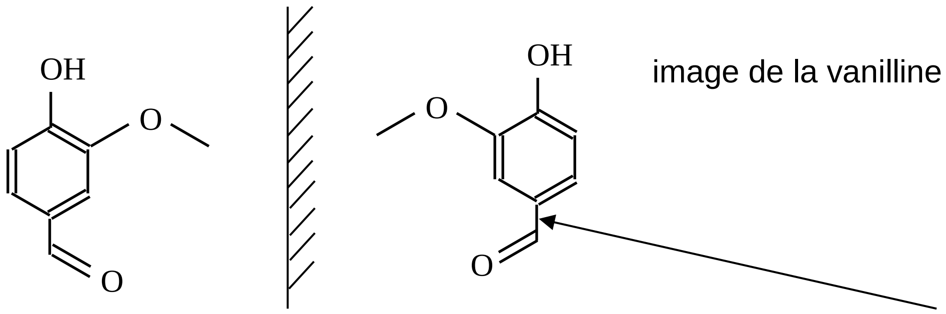


image de la vanilline

Ces deux molécules sont superposables car il y a libre rotation autour de cette liaison C – C.
On peut conduire le même raisonnement pour l'éthylvanilline
La proposition b est fausse.
Remarque : Certaines molécules chirales ne possèdent pas d'atome de carbone asymétrique.

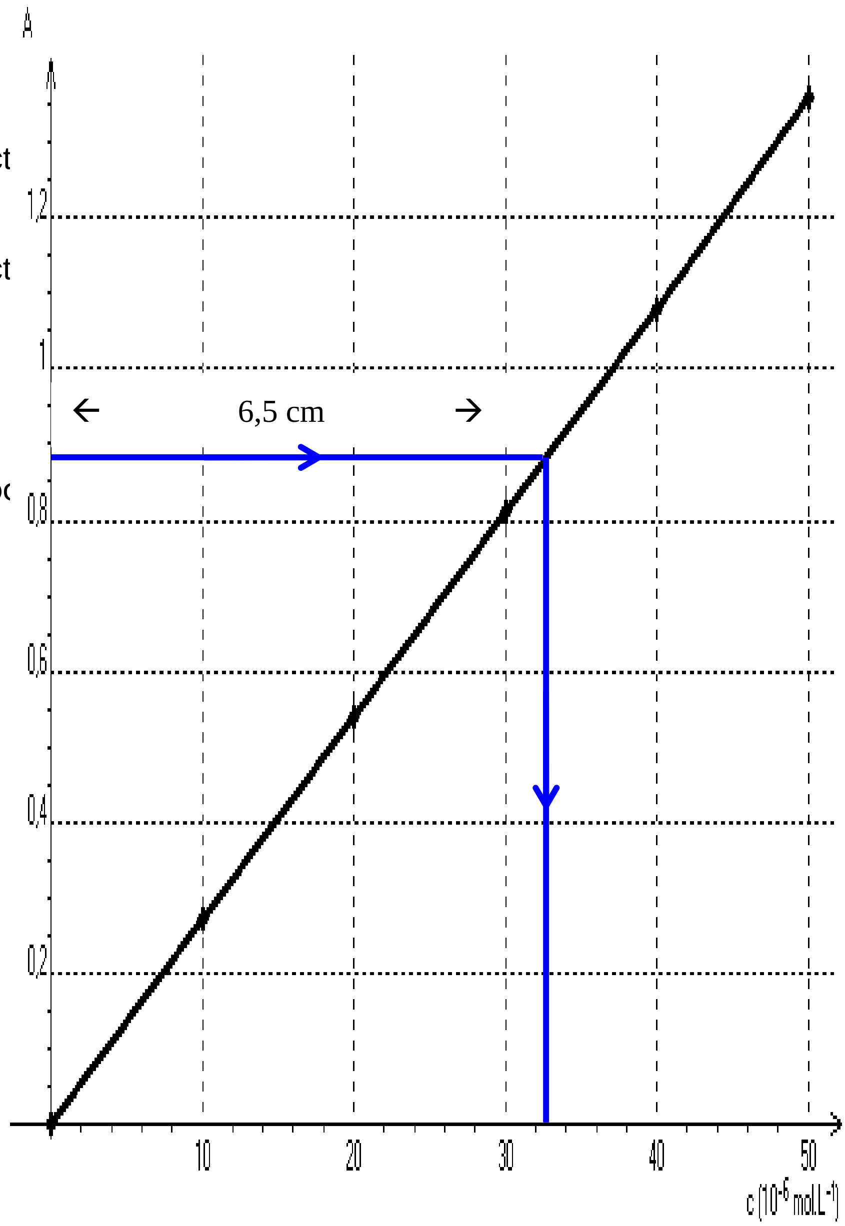
2. Dosage spectrophotométrique de la vanilline contenue dans un extrait de vanille acheté dans le commerce.

2.1. La vanilline a cédé un proton H^+, il s'agit d'un acide dans la théorie de Br*ønsted.*

2.2.1. *La courbe montre que l'ion phénolate n'absorbe pas la lumière (A = 0) pour λ > 400 nm. Cet ion n'absorbe pas dans le domaine visible.*

2.2.2. L'ion contient moins de 7 doubles liaisons conjuguées, son maximum d'absorption n'est pas dans le domaine visible. Les solutions basiques de vanilline ne sont pas colorées.

2.3.1. Voir courbe ci-contre :



2.3.2

La courbe représentative de la fonct A = f(c) est une droite passant l'origine.

A et c sont liées par une fonct linéaire, elles sont proportionnelles. qui peut se traduire par A = k.c.

2.4. Méthode graphique :

On détermine l'abscisse du pc d'ordonnée 0,88.

$c = 6,5 \times 0,50 \times 10^{-5}$

$c = 3,3 \times 10^{-5}$ mol.L^{-1}

$c = 33$ µmol.L^{-1}

2.5. Attention « Compte tenu du protocole suivi ».

On a procédé à une dilution avant de doser la vanilline.

Solution mère :

$V_0 = 1,0$ mL d'échantillon de vanille liquide

concentration molaire c_0 ?

Solution fille (solution dosée) :

$V_1 = 250$ mL

$C_1 = 3,3 \times 10^{-5}$ mol.L^{-1}

Au cours de la dilution, la quantité de vanilline se conserve : $n_0 = n_1$

$C_0.V_0 = C_1.V_1$

$C_0 = \dfrac{C_1 V_1}{V_0} = 8,25.\ 10^{-3}$ mol.L^{-1}

$t_0 = C_0.M =$ **1,3 g.L^{-1}**

EXERCICE 2. LE PISTOLET LANCE-FUSEE (7 POINTS)

1. DUREE DE VISIBILITE DE LA FUSEE

1.1.

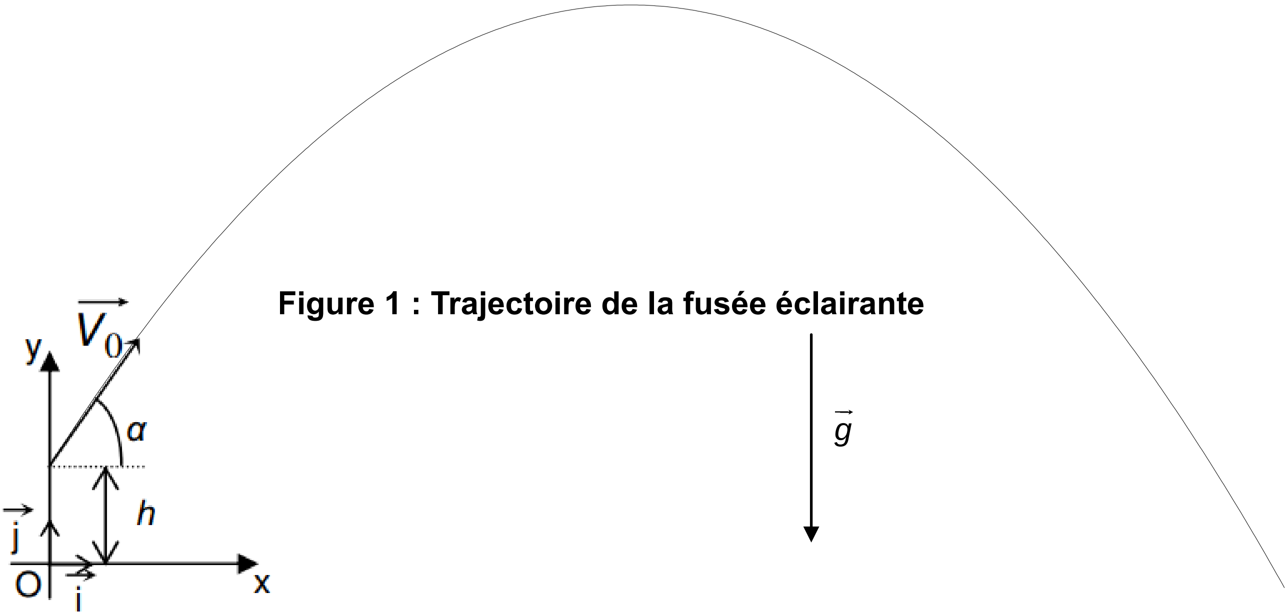


Figure 1 : Trajectoire de la fusée éclairante

1.2. Dans le référentiel terrestre considéré galiléen, on peut appliquer la **deuxième loi de Newton** au système {fusée éclairante} pour déterminer les coordonnées du vecteur accélération.
Cette loi stipule que dans un référentiel galiléen, la somme des forces extérieures appliquées au système (ici la fusée éclairante) est égale à la dérivée du vecteur quantité de mouvement.

$$\Sigma\overrightarrow{F_{ext}} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d(m_f.\vec{v})}{dt} = \frac{dm_f}{dt}.\vec{v} + m_f.\frac{d\vec{v}}{dt}$$

On néglige la variation de masse de la fusée pendant son mouvement donc $\frac{dm_f}{dt}$ = 0 et la deuxième loi de Newton devient : $\Sigma\overrightarrow{F_{ext}} = m_f.\frac{d\vec{v}}{dt} = m_f.\vec{a}$.

On néglige toutes les actions dues à l'air (frottement, poussée d'Archimède), alors la fusée est en chute libre, soumise uniquement à la force poids $\vec{P}$.

Ainsi $\vec{P} = m_f.\vec{a}$.

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

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

Dans le repère (O, $\vec{i}$, $\vec{j}$), on obtient $\vec{a}\begin{cases} a_x(t) = 0 \\ a_y(t) = -g \end{cases}$

1.3. Comme $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$, on a $\vec{a}\begin{cases} a_x(t) = \frac{dv_x(t)}{dt} = 0 \\ a_y(t) = \frac{dv_y(t)}{dt} = -g \end{cases}$

En primitivant, on obtient $\vec{v}\begin{cases} v_x(t) = C_1 \\ v_y(t) = -g.t + C_2 \end{cases}$ où C_1 et C_2 sont des constantes liées aux conditions initiales.

À la date t = 0 s, on $\vec{v} = \overrightarrow{v_0} \begin{cases} v_{0x} = v_0.\cos\alpha \\ v_{0y} = v_0.\sin\alpha \end{cases}$.

On en déduit $\vec{v} \begin{cases} v_x(t) = v_0.\cos\alpha \\ v_y(t) = -g.t + v_0.\sin\alpha \end{cases}$

Comme $\vec{v} \begin{cases} v_x(t) = \dfrac{dx(t)}{dt} \\ v_y(t) = \dfrac{dy(t)}{dt} \end{cases}$, on a $\vec{v} \begin{cases} v_x(t) = \dfrac{dx(t)}{dt} = v_0.\cos\alpha \\ v_y(t) = \dfrac{dy(t)}{dt} = -g.t + v_0.\sin\alpha \end{cases}$

En primitivant, on obtient $\overrightarrow{OG} \begin{cases} x(t) = v_0.\cos\alpha.t + C_3 \\ y(t) = -\dfrac{1}{2}.g.t^2 + v_0.\sin\alpha.t + C_4 \end{cases}$ où C_3 et C_4 sont des constantes liées aux conditions initiales.

À la date t = 0 s, la fusée éclairante est située à la sortie du pistolet à une altitude h donc $\overrightarrow{OG} \begin{cases} 0 \\ h \end{cases}$.

On en déduit $\overrightarrow{OG} \begin{cases} x(t) = v_0.\cos\alpha.t \\ y(t) = -\dfrac{1}{2}.g.t^2 + v_0.\sin\alpha.t + h \end{cases}$

Conformément aux équations horaires proposées.

1.4. Pour déterminer la valeur de la durée du vol de la fusée éclairante, on cherche la date t_{Vol} pour laquelle la fusée touche le sol, ainsi $y(t_{vol}) = 0$.

Il faut résoudre l'équation du second degré : $-\dfrac{1}{2}.g.t_{vol}{}^2 + v_0.\sin\alpha.t_{vol} + h = 0$ et ne retenir que la solution positive.

$t_{vol} = \dfrac{-v_0.\sin\alpha - \sqrt{(v_0.\sin\alpha)^2 - 4\times\left(-\dfrac{g}{2}\right).h}}{-g} = \dfrac{-v_0.\sin\alpha - \sqrt{(v_0.\sin\alpha)^2 + 2.g.h}}{-g}$

$t_{vol} = \dfrac{-50\times\sin 55 - \sqrt{(50\times\sin 55)^2 + 2\times 9{,}8\times 1{,}8}}{-9{,}8}$ = **8,4 s**

<u>Méthode moins rigoureuse :</u> résolution numérique

$-\dfrac{1}{2}.g.t_{vol}{}^2 + v_0.\sin\alpha.t_{vol} + h = 0$

$-0{,}5\times 9{,}8.t_{vol}{}^2 + 50\times(\sin 55).t_{vol} + 1{,}8 = 0$

$-4{,}9.t_{vol}{}^2 + 40{,}96.t_{vol} + 1{,}8 = 0$

Calcul du discriminant : $\Delta = (50\times\sin 55)^2 - 4\times(-4{,}9)\times 1{,}8 = 1712{,}81$

$t_{vol} = \dfrac{-50\times\sin 55 - \sqrt{1712{,}81}}{-2\times 4{,}9}$ = 8,4 s

1.5. On a $y(t) = -\dfrac{1}{2}.g.t^2 + v_0.\sin\alpha.t + h$.

On sait que la fusée commence à éclairer au bout d'une seconde.
Pour connaître l'altitude à partir de laquelle la fusée commence à éclairer, calculons y(t = 1 s).

$y(t = 1\,s) = -\dfrac{1}{2}.g + v_0.\sin\alpha + h = -\dfrac{1}{2}\times 9{,}8 + 50\times\sin 55 + 1{,}8$ = 38 m = **4×10^1 m** avec 1 seul chiffre significatif.

On cherche l'altitude à laquelle la fusée cesse d'éclairer.

La fusée éclaire ensuite de façon intense pendant 6 secondes, elle atteint alors l'altitude y(t = 6 + 1).

$y(t = 7\ s) = -\frac{1}{2} \times 9{,}8 \times 7^2 + 50 \times \sin 55 \times 7 + 1{,}8$ = 48 m = **5×10^{1} m** avec un seul chiffre significatif.

On a trouvé que la fusée éclairait entre 38 et 48 m d'altitude. La fusée étant très haute elle éclaire une large zone, ce qui semble adapté au but recherché.

2. Pour aller un peu plus loin

2.1. $\overrightarrow{p_0} = (m_p + m_f).\vec{v}$

Avant que la fusée ne quitte le pistolet, on a $\vec{v} = \vec{0}$ donc $\overrightarrow{p_0} = \vec{0}$.

2.2. Éjection de la fusée

2.2.1. La quantité de mouvement d'un système isolé se conserve : $\vec{p} = \overrightarrow{Cte}$.

2.2.2. Juste après l'éjection de la fusée, la quantité de mouvement du système a pour expression : $\vec{p} = m_p.\overrightarrow{v_p} + m_f.\overrightarrow{v_0}$

Comme $\vec{p} = \overrightarrow{Cte}$ alors $\vec{0} = m_p.\overrightarrow{v_p} + m_f.\overrightarrow{v_0}$

$$\overrightarrow{v_p} = -\frac{m_f}{m_p}.\overrightarrow{v_0}$$

2.2.3. Le système n'est évidemment pas isolé, il ne sera pas possible de considérer la quantité de mouvement conservée.

EXERCICE 3. : COLLISIONS AU LHC (6 POINTS)

1. À propos du boson de Higgs

1.1. L'observation du boson de Higgs confirme la théorie de Higgs, Brout et Englert. Cette théorie permet de comprendre pourquoi les particules élémentaires ont une masse, ce qui complète la théorie du modèle standard.

1.2. L'observation du boson de Higgs nous ramène dans un passé extrêmement lointain, autour de 10^{-10} s après le Big Bang, soit vers la naissance de l'Univers.

2. Apport de la relativité restreinte

2.1. $E_C = (\gamma - 1).m_p.c^2$ avec $\gamma = \dfrac{1}{\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}}$

Si v → c alors $\gamma \to \infty$ alors $E_C \to \infty$

2.2. Le guide du LHC indique :

Pour v_0 = 0,999 997 828.c, alors E_{C0} = 450 GeV

Pour v_1 = 0,999 999 991.c, alors $E_{C1} = 15.E_{C0}$

Exprimons le rapport $\dfrac{E_{C1}}{E_{C0}}$:

$$E_C = \left(\frac{1}{\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}}-1\right).m_p.c^2$$

$$\frac{E_{C1}}{E_{C0}} = \frac{\left(\dfrac{1}{\sqrt{1-\dfrac{v_1^2}{c^2}}}-1\right).m_P.c^2}{\left(\dfrac{1}{\sqrt{1-\dfrac{v_0^2}{c^2}}}-1\right).m_P.c^2} = \frac{\left(\dfrac{1}{\sqrt{1-\dfrac{0{,}999999991^2.c^2}{c^2}}}-1\right)}{\left(\dfrac{1}{\sqrt{1-\dfrac{0{,}999997828^2.c^2}{c^2}}}-1\right)} = \frac{\left(\dfrac{1}{\sqrt{1-0{,}999999991^2}}-1\right)}{\left(\dfrac{1}{\sqrt{1-0{,}999997828^2}}-1\right)}$$

$\dfrac{E_{C1}}{E_{C0}}$ = 15,565 soit environ 16.

L'énergie cinétique d'un proton a été multipliée par 16, ce qui est cohérent avec le guide du LHC qui indique un facteur d'environ 15.

2.3. $E_{totale} = E_c + E_m$

$E_{totale} = (\gamma - 1).m_p.c^2 + m_p.c^2$

$E_{totale} = \gamma.\ m_p.c^2 - m_p.c^2 + m_p.c^2$

$E_{totale} = \gamma.\ m_p.c^2$

Comme $E_c = (\gamma-1).m_p.c^2$ on peut considérer $E_{totale} = E_c$ si $\gamma - 1 = \gamma$

donc si -1 est négligeable face à γ.

Calculons la valeur du facteur de Lorentz avec les protons animés d'une vitesse v_0 (les plus lents, ainsi γ sera le plus faible).

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v_0^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{0{,}999997828^2.c^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1-0{,}999997828^2}} = 4{,}79794569\times10^2$$

On vérifie effectivement que $\gamma >> 1$, donc l'énergie totale du proton est pratiquement égale à son énergie cinétique.

3. Manipulation à haute énergie

3.1. L'énergie de collision entre les deux protons est égale à la somme de leurs énergies cinétiques :
$E_{collision} = 2E_{cp}$
On utilise les données du document 3 : Les protons à pleine vitesse possèdent une énergie cinétique quinze fois supérieure à celle qu'ils ont au moment où ils pénètrent dans le LHC.
$E_{cp} = 15\times450$ GeV
$E_{collision} = 2\times15\times450$ GeV $= 1{,}35\times10^4$ GeV $= 13{,}5$ TeV et en ne conservant que deux chiffres significatifs, on vérifie bien que $E_{collision} = 14$ TeV.
Autre méthode : On calcule l'énergie cinétique des protons les plus rapides, de vitesse v_1 :

$$E_{cp} = (\gamma - 1).m_p.c^2 = \left(\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v_1^2}{c^2}}} - 1\right).m_p.c^2$$

$$E_{cp} = \left(\frac{1}{\sqrt{1-0{,}999999991^2}} - 1\right) \times 1{,}672\,621\times10^{-27} \times 299\,792\,458^2 = 1{,}120326\times10^{-6}\text{ J}$$

On stocke la valeur non arrondie en mémoire de la calculatrice.
$E_{collision} = 2E_{cp}$
$E_{collision} = 2 \times 1{,}1203261\times10^{-6} = 2{,}240652\times10^{-6}$ J
On convertit en TeV

$$E_{collision} = \frac{2{,}2406522\times10^{-6}}{1{,}60\times10^{-19}\times10^{12}} = 14{,}0\text{ TeV}$$

Cette méthode donne bien le résultat avec trois chiffres significatifs comme le sujet le demande.

3.2. Chaque proton possède une énergie totale de 7,00 TeV.
Il circule 2808 paquets contenant chacun 110 milliards de protons.
L'énergie cinétique de l'ensemble des protons vaut : $7{,}00\times2808\times110\times10^9 =$ **$2{,}16\times10^{15}$ TeV**
On convertit cette énergie en joules : $1\text{ TeV} = 10^{12}\text{ eV} = 10^{12} \times 1{,}60\times10^{-19} = 1{,}60\times10^{-7}$ J
L'ensemble des protons ont une énergie de $2{,}16\times10^{15} \times 1{,}60\times10^{-7} =$ **$3{,}46\times10^8$ J**, soit un **ordre de grandeur de 10^8 J**.

Énergie cinétique d'une rame de TGV lancée à pleine vitesse, supposons $v = 360$ km.h^{-1}.
Alors $v = 100$ m.s^{-1}, soit un ordre de grandeur de 10^2 m.s^{-1}.

$$E_{cTGV} = \frac{1}{2}.m_{TGV}.v^2$$

$E_{cTGV} = \frac{1}{2}\times444\times10^3\times(10^2)^2 = 2{,}22\times10^9$ J, donc un ordre de grandeur de **10^9J**

L'énergie cinétique de l'ensemble des protons est de l'ordre d'un dixième de celle d'une rame de TGV à pleine vitesse.

<u>4. Quelle durée de vie au LHC ?</u>

4.1. La durée de vie propre du méson est définie dans le référentiel propre. Donc dans le référentiel où les deux évènements « naissance » et « mort » ont lieu au même endroit, c'est-à-dire dans le référentiel {méson}.

4.2. Dans le référentiel du laboratoire le méson parcourt la distance *d* avec une vitesse pratiquement égale à *c*.

$v = c = \dfrac{d}{\Delta T}$ donc $\Delta T = \dfrac{d}{c}$.

$\Delta T = \dfrac{1{,}0 \times 10^{-2}}{299792458} = 3{,}3 \times 10^{-11}$ s

On trouve $\Delta T > \Delta T_0$, ce qui est cohérent avec $\Delta T = \gamma . \Delta T_0$.

En effet $\gamma > 1$, ce qui signifie que la vitesse du proton est suffisamment proche de celle de la lumière pour que la dilatation des durées soit perceptible.