

## EXERCICES DE RÉVISION

### A. HAUTEUR D'EAU

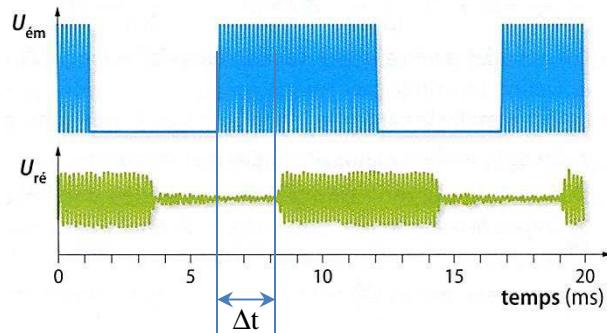
1. La salve d'ultrasons parcourt la distance  $2.L$  (aller-retour) pendant la durée  $\Delta t$  :

$$v = \frac{2.L}{\Delta t} \quad \text{d'où :} \quad \boxed{L = \frac{v \cdot \Delta t}{2}}$$

2. D'après le schéma :  $H = D - L = D - \frac{v \cdot \Delta t}{2}$

3. Mesure de  $\Delta t$  entre le début de l'émission d'une salve et le début de la réception de l'écho :  $\Delta t = 2,2\text{ms}$  (cf. schéma)

$$H = 0,43 - \frac{340 \times 2,2 \cdot 10^{-3}}{2} = 0,056\text{m} = \underline{5,6\text{cm}}$$



### B. ÉTUDE DE LA NOTE ÉMISE PAR UN PIANO

1.  $3.T = 5,43\text{ms}$  d'où :  $T = 1,81\text{ms}$

$$\boxed{f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1,81 \cdot 10^{-3}} = 552\text{Hz}} \Rightarrow \text{réponse c}$$

2. spectre 3 car :

- il s'agit d'un son complexe avec plusieurs harmoniques et non d'un son pur : ② ou ③
- la fréquence du son est donnée par la fréquence du fondamental (1<sup>er</sup> pic à gauche sur le spectre) : ① ou ③ correspondent à une fréquence de 552Hz.

### C. AU FEU, LES POMPIERS

1.  $f_r$  : fréquence perçue par le récepteur (Hz)

$f_e$  : fréquence de l'émetteur (Hz)

$v$  : célérité de l'onde ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )

$u$  : vitesse de l'émetteur par rapport au récepteur ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )

2. Si l'émetteur se rapproche, le son perçu est plus aigu et donc sa fréquence est plus élevée (niiii...)  $\Rightarrow \boxed{f_r = \frac{f_e \cdot v}{v - u}}$

$$\boxed{f_r = \frac{f_e \cdot v}{v - u}}$$

Si l'émetteur s'éloigne, le son perçu est plus grave et donc sa fréquence est plus basse (aaan...)  $\Rightarrow \boxed{f_r = \frac{f_e \cdot v}{v + u}}$

$$\boxed{f_r = \frac{f_e \cdot v}{v + u}}$$

3. Le camion (émetteur) se rapproche d'Elsa (récepteur) :  $\boxed{f_r = \frac{f_e \cdot v}{v - u}}$

4.  $f_r \cdot (v - u) = f_e \cdot v$  d'où :  $v - u = \frac{f_e}{f_r} \cdot v$

$$\boxed{u = v \left( 1 - \frac{f_e}{f_r} \right) = 340 \left( 1 - \frac{400}{417} \right) = 13,9\text{m} \cdot \text{s}^{-1} = \xrightarrow{\times 3,6} 49,9\text{km} \cdot \text{h}^{-1}}$$

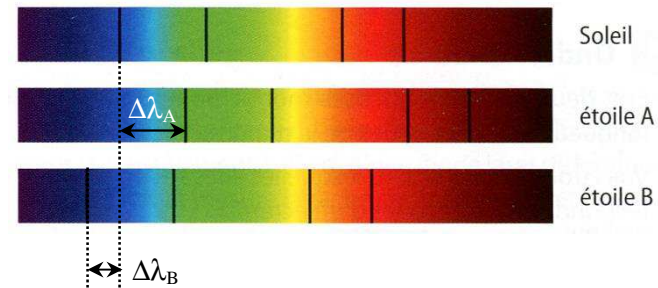
### D. EFFET DOPPLER POUR LA LUMIÈRE

1. L'étoile A s'éloigne de la Terre car les raies visibles du spectre sont décalées vers le rouge (grandes longueurs d'onde) ce qui correspond à un redshift.

L'étoile B se rapproche de la Terre car les raies visibles du spectre sont décalées vers le bleu (petites longueurs d'onde) ce qui correspond à un blueshift.

2. La vitesse de l'étoile dans la direction d'observation est d'autant plus grande que le décalage  $\Delta\lambda$  des raies est grand.

$\Delta\lambda_A > \Delta\lambda_B$  donc :  $v_A > v_B$



### E. LARGEUR D'UNE TACHE CENTRALE

1. cf. schéma.

2.  $\boxed{\theta = \frac{\lambda}{a}}$  (relation du cours à connaître)

Penser au phénomène de diffraction pour mémoriser la relation : il est d'autant plus marqué ( $\theta$  grand) que l'obstacle/l'ouverture de dimension  $a$  est petit devant  $\lambda$ .

$\Rightarrow a$  est au dénominateur.

$$3. \theta \approx \tan \theta = \frac{\text{côté opposé}}{\text{côté adjacent}} = \frac{\ell/2}{D} = \frac{\ell}{2.D}$$

4. En égalisant les deux expressions de  $\theta$  :

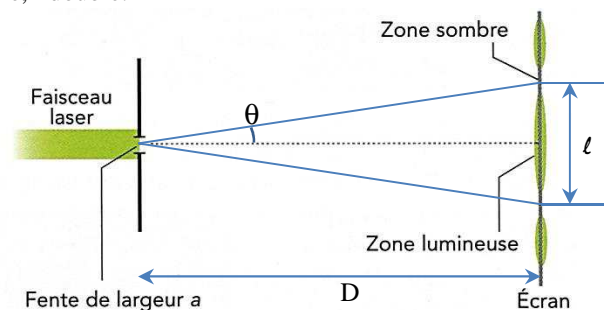
$$\frac{\ell}{2.D} = \frac{\lambda}{a} \quad \text{d'où :} \quad \ell = \frac{2.\lambda.D}{a}$$

5. D'après cette relation :

a. Si  $a$  double,  $\ell$  est divisée par 2.

Si  $a$  est divisée par 2,  $\ell$  double.

b. Si  $D$  double,  $\ell$  double.



## F. DIFFÉRENCE DE MARCHÉ

1. La différence de marche  $\delta$  en M est définie par la relation :  $\delta = S_2M - S_1M$

Au point O :  $\delta = S_2O - S_1O$

$x = 0$  donc  $\delta = 0 = 0.\lambda$  de la forme  $k.\lambda$  avec  $k$  entier relatif

$\Rightarrow$  les interférences sont constructives en O donc on observe une frange brillante.

2. Au point P :  $\delta = \frac{b.x}{D} = \frac{0,20.10^{-3} \times 6,1.10^{-3}}{1,00} = 1,2.10^{-6} \text{ m}$

Calculons  $\delta / \lambda$  :  $\frac{\delta}{\lambda} = \frac{1,2.10^{-6}}{488.10^{-9}} = 2,5$  est donc un demi entier.

$\Rightarrow$  les interférences sont destructives en P donc on observe une frange sombre.

## G. SPECTRE IR

1. On relève la présence des bandes d'absorption suivantes :

- bande  $3400\text{cm}^{-1}$  : liaison O-H (bande large qui doit tout de suite faire penser à un alcool en phase condensée)
- bande  $3080\text{cm}^{-1}$  : liaison  $C_{\text{tri}}-H$  ("tri" pour C trigonal ayant une liaison double)
- bande  $2950\text{cm}^{-1}$  : liaison  $C_{\text{tet}}-H$  ("tét" pour C tétragonal ne formant que des liaisons simples)
- bande  $1650\text{cm}^{-1}$  : liaison  $C=C$

2. Compte-tenu des bandes identifiées, il s'agit de la molécule b : pent-4-èn-1-ol

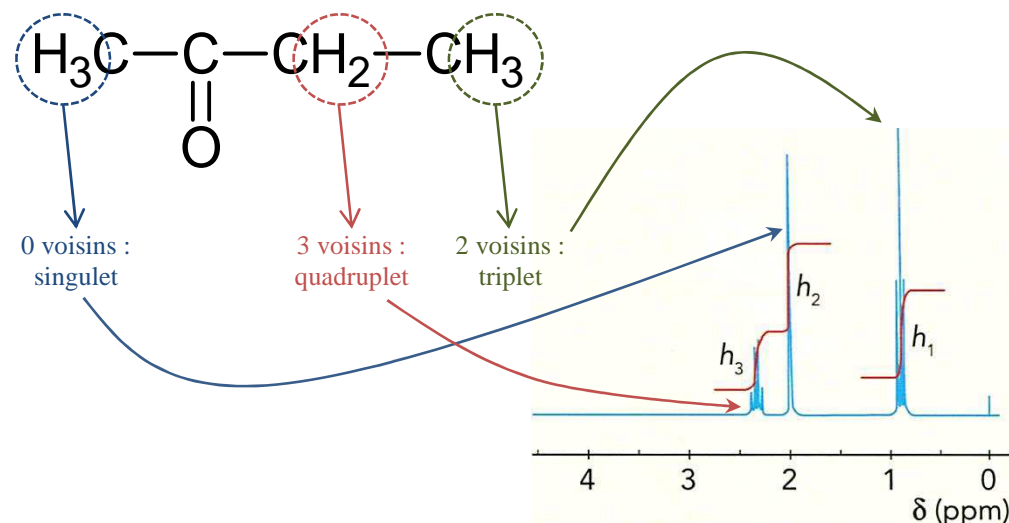
## H. SPECTRE RMN

Il faut interpréter sur les spectres RMN :

- le nombre de signaux  $\leftrightarrow$  nombre de groupes de protons équivalents
- multiplicité d'un signal  $\leftrightarrow$  nombre de voisins par la règle des  $n+1$  uplets
- la courbe d'intégration  $\leftrightarrow$  hauteur entre 2 paliers est proportionnelle au nombre de protons équivalents du signal
- les déplacements chimiques  $\delta$  avec la table

Nombre de signaux : 3 massifs donc 3 groupes de protons équivalents en accord avec la formule de la butanone.

Multiplicité : elle permet d'effectuer une affectation.



Courbe d'intégration :

La butanone comporte 8H.

somme des hauteurs des sauts entre paliers :  $h_1 + h_2 + h_3 = 12 + 12 + 8 = 32\text{mm} \leftrightarrow 8$  protons d'où l'échelle : 1 proton  $\leftrightarrow$  4mm

$h_1 = 12\text{mm} \leftrightarrow 3\text{H}$

$h_2 = 12\text{mm} \leftrightarrow 3\text{H}$

$h_3 = 8\text{mm} \leftrightarrow 2\text{H}$

Ce qui est bien cohérent avec la multiplicité.

Déplacements chimiques :

Les déplacements chimiques des 3 massifs sont en accord avec les tables.

Tous les éléments concordent : le spectre proposé est bien celui de la butanone.

## I. ANALYSER UNE REPRÉSENTATION GRAPHIQUE

1. Rappels :  $v_x = \frac{dx}{dt}$  et  $a_x = \frac{dv_x}{dt}$

Système immobile signifie :  $x = \text{cste} \Rightarrow v_x = 0$  Ce qui correspond à la représentation f.

Remarque : la représentation e où  $a_x = 0$  peut correspondre soit à une situation d'immobilité ou bien à un mouvement rectiligne uniforme ( $v_x = \text{cste}$ ).

2. • représentations graphiques correspondant à un mouvement uniforme :

mouvement uniforme :  $v_x = \text{cste} = C_1 \Rightarrow a_x = 0$   
 $\Rightarrow x = C_1.t + C_2$  (droite affine)

$\Rightarrow$  représentations a, c et e (e pouvant être une situation d'immobilité)

• représentations graphiques correspondant à un mouvement uniformément varié :

mouvement uniformément varié : accélération constante

$a_x = \text{cste} = C_3 \Rightarrow v_x = C_3.t + C_4$  (droite affine)  
 $\Rightarrow x = \frac{1}{2}C_3.t^2 + C_4.t + C_5$  (parabole)

$\Rightarrow$  représentations b et d

## J. SAUT EN PARACHUTE

1. Sur le graphe  $v_z$  est positif, or le parachutiste descend ( $\vec{v}$  vers le bas)  $\Rightarrow$  Oz est orienté vers le bas.

2. phase 1 : vitesse augmente  $\Rightarrow$  mouvement rectiligne accéléré

phase 2 : vitesse constante  $\Rightarrow$  mouvement rectiligne uniforme

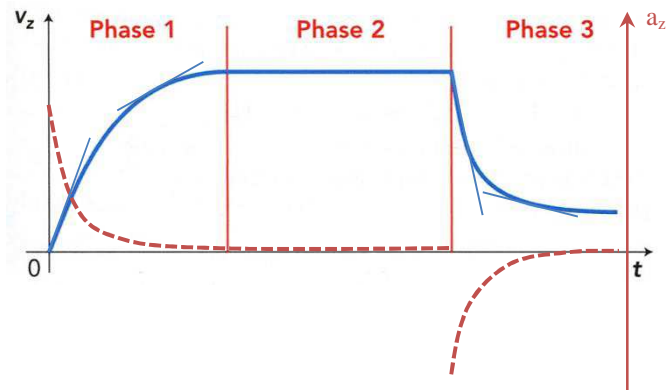
phase 3 : vitesse diminue  $\Rightarrow$  mouvement rectiligne décéléré (ou ralenti)

3.  $a_z = \frac{dv_z}{dt}$

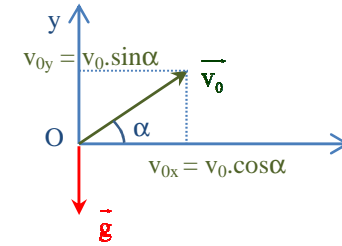
$\Rightarrow$  l'accélération est la dérivée de la coordonnée  $v_z$

$\Rightarrow$  graphiquement, l'accélération en un point est égale au coefficient directeur de la tangente à la courbe  $v_z(t)$ . Quelques exemples de tangentes à  $v_z(t)$  ont été tracés.

On obtient alors qualitativement l'évolution de  $a_z$  (courbe rouge en pointillés).



## K. LANCER SATURNIEN DU JAVELOT



1. Système : javelot

Référentiel : terrestre considéré galiléen

• Bilan des forces : poids  $\vec{P} = m\vec{g}$

• 2<sup>ème</sup> loi de Newton :  $\Sigma \vec{F}_{\text{ext}} = \vec{P} = m\vec{a}$  soit :  $m\vec{g} = m\vec{a}$   $\vec{a} = \vec{g}$   $\begin{cases} a_x = 0 = dv_x / dt \\ a_y = -g = dv_y / dt \end{cases}$

• Détermination des coordonnées du vecteur vitesse par intégration :  $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$

d'où :  $\vec{v} \begin{cases} v_x = C_1 \\ v_y = -g.t + C_2 \end{cases}$

Les constantes  $C_1$  et  $C_2$  sont déterminées avec les conditions initiales sur la vitesse : quelle est la vitesse du javelot à  $t = 0$  ?

On arrive à (cf. schéma) :  $C_1 = v_{0x} = v_0 \cdot \cos \alpha$  et  $C_2 = v_{0y} = v_0 \cdot \sin \alpha$

$\vec{v} \begin{cases} v_x = v_0 \cdot \cos \alpha = dx / dt \\ v_y = -g.t + v_0 \cdot \sin \alpha = dy / dt \end{cases}$

• Détermination des coordonnées du vecteur position par intégration :  $\vec{v} = \frac{d\vec{OM}}{dt}$

d'où :  $\vec{OM} \begin{cases} x = (v_0 \cos \alpha).t + C_3 \\ y = -\frac{1}{2}.g.t^2 + (v_0 \cdot \sin \alpha).t + C_4 \end{cases}$

Les constantes  $C_3$  et  $C_4$  sont déterminées avec les conditions initiales sur la position : quelle est la position du javelot à  $t = 0$  ? Il est au point O d'où  $C_3 = C_4 = 0$

$\vec{OM} \begin{cases} x = (v_0 \cos \alpha).t & (1) \\ y = -\frac{1}{2}.g.t^2 + (v_0 \cdot \sin \alpha).t & (2) \end{cases}$  équations horaires du mouvement

• Équation de la trajectoire :

Éliminons  $t$  entre les deux dernières équations.

(1) donne :  $t = \frac{x}{v_0 \cdot \cos \alpha}$  d'où en remplaçant  $t$  dans (2) :

$$y = -\frac{1}{2}g \frac{x^2}{v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha} + v_0 \cdot \sin \alpha \frac{x}{v_0 \cdot \cos \alpha}$$

soit :  $y = \frac{-g \cdot x^2}{2 \cdot v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha} + (\tan \alpha) \cdot x$  équation de la trajectoire

2. Le javelot retombe au point P de coordonnées  $x_p = 72,28\text{m}$  et  $y_p = 0$ .  
Ce point appartient à la trajectoire : ses coordonnées vérifient son équation.

$$0 = \frac{-g \cdot x_p^2}{2 \cdot v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha} + (\tan \alpha) \cdot x_p$$

soit :  $0 = x_p \left( \frac{-g \cdot x_p}{2 \cdot v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha} + \tan \alpha \right)$

d'où deux racines :

$x_p = 0$  qui correspond à l'origine du lancer.

ou celle donnée par :  $\tan \alpha \cdot v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha = \frac{1}{2}g \cdot x_p$

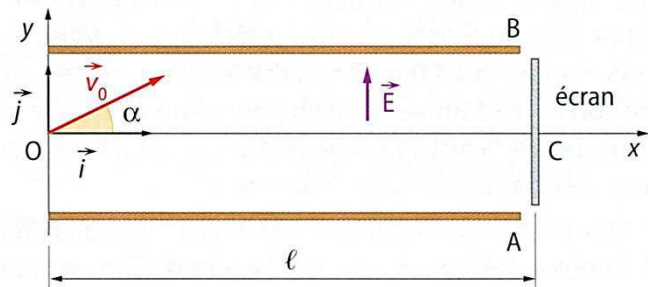
$$\Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{g \cdot x_p}{2 \cdot \tan \alpha \cdot \cos^2 \alpha}} = \sqrt{\frac{9,81 \times 72,28}{2 \cdot \tan(45^\circ) \cdot \cos^2(45^\circ)}} = 27\text{m.s}^{-1}$$

3. Si le javelot est lancé avec la même vitesse initiale, il va retomber en un point P' qui vérifie à nouveau :  $\tan \alpha \cdot v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha = \frac{1}{2}g_{0S} \cdot x_{P'}$

$$x_{P'} = \frac{2 \cdot \tan \alpha \cdot \cos^2 \alpha \cdot v_0^2}{g_{0S}} = 62\text{m}$$

Le javelot retomberait à 62m (pendant Saturne est une géante gazeuse...).

## L. LE BON ANGLE



1. Système : électron

Référentiel : terrestre considéré galiléen

- Bilan des forces : force électrique  $\vec{F} = q \cdot \vec{E}$  (poids négligé devant la force électrique)

- 2<sup>ème</sup> loi de Newton :

$$\Sigma \vec{F}_{\text{ext}} = \vec{F} = q \cdot \vec{E} = m \cdot \vec{a} \quad \text{soit :} \quad \vec{a} = \frac{q \cdot \vec{E}}{m} \quad \vec{a} \begin{cases} a_x = 0 = dv_x / dt \\ a_y = \frac{q \cdot E}{m} = dv_y / dt \end{cases}$$

- Détermination des coordonnées du vecteur vitesse par intégration :  $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$

$$\text{d'où :} \quad \vec{v} \begin{cases} v_x = C_1 \\ v_y = \frac{q \cdot E}{m} \cdot t + C_2 \end{cases}$$

Les constantes  $C_1$  et  $C_2$  sont déterminées avec les conditions initiales sur la vitesse : quelle est la vitesse de l'électron à  $t = 0$  ?

On arrive à (cf. schéma) :  $C_1 = v_{0x} = v_0 \cdot \cos \alpha$  et  $C_2 = v_{0y} = v_0 \cdot \sin \alpha$

$$\vec{v} \begin{cases} v_x = v_0 \cdot \cos \alpha = dx / dt \\ v_y = \frac{q \cdot E}{m} \cdot t + v_0 \cdot \sin \alpha = dy / dt \end{cases}$$

- Détermination des coordonnées du vecteur position par intégration :  $\vec{v} = \frac{d\vec{OM}}{dt}$

$$\text{d'où :} \quad \vec{OM} \begin{cases} x = (v_0 \cos \alpha) \cdot t + C_3 \\ y = \frac{q \cdot E}{2 \cdot m} \cdot t^2 + (v_0 \cdot \sin \alpha) \cdot t + C_4 \end{cases}$$

Les constantes  $C_3$  et  $C_4$  sont déterminées avec les conditions initiales sur la position : quelle est la position de l'électron à  $t = 0$  ? Il est au point O d'où  $C_3 = C_4 = 0$

$$\vec{OM} \begin{cases} x = (v_0 \cos \alpha) \cdot t & (1) \\ y = \frac{q \cdot E}{2 \cdot m} \cdot t^2 + (v_0 \cdot \sin \alpha) \cdot t & (2) \end{cases} \quad \text{équations horaires du mouvement}$$

- Équation de la trajectoire :

Éliminons t entre les deux dernières équations.

(1) donne :  $t = \frac{x}{v_0 \cdot \cos \alpha}$  d'où en remplaçant t dans (2) :

$$y = \frac{q \cdot E}{2 \cdot m} \frac{x^2}{v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha} + v_0 \cdot \sin \alpha \frac{x}{v_0 \cdot \cos \alpha}$$

soit :  $y = \frac{q \cdot E \cdot x^2}{2 \cdot m \cdot v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha} + (\tan \alpha) \cdot x$  équation de la trajectoire

La trajectoire est une portion de parabole.

2. L'électron doit passer par le point C de coordonnées :  $x_C = l$  et  $y_C = 0$   
Ce point appartient à la trajectoire : ses coordonnées vérifient son équation.

$$0 = \frac{-e \cdot E \cdot l^2}{2 \cdot m \cdot v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha} + (\tan \alpha) \cdot l \quad (q \text{ a été remplacé par } -e, \text{ charge de l'électron})$$

$$e.E.l^2 = 2.m.v_0^2 . \cos^2 \alpha . \tan \alpha . l$$

$$e.E.l = 2.m.v_0^2 . \cos^2 \alpha . \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$$

$$e.E.l = m.v_0^2 . \frac{2.\sin \alpha . \cos \alpha}{\sin 2\alpha}$$

$$\sin 2\alpha = \frac{e.E.l}{m.v_0^2}$$

$$3. \sin 2\alpha = \frac{e.E.l}{m.v_0^2} = \frac{1,60.10^{-19} \times 790 \times 0,15}{9,1.10^{-31} \times (1,0.10^7)^2} = 0,21$$

d'où  $2.\alpha = 12^\circ$  et donc  $\alpha = 6,0^\circ$

## M. HUBBLE

1. Force exercée par la Terre sur Hubble :

$$F_{T/H} = G \frac{m_H . M_T}{(R_T + h)^2} = \frac{6,67.10^{-11} \times 1,17.10^4 \times 5,98.10^{24}}{(6,37.10^6 + 570.10^3)^2} = 9,69.10^4 \text{ N}$$

2. Vectoriellement :

$$\vec{F}_{T/H} = -G \frac{m_H . M_T}{(R_T + h)^2} \vec{u}_{TH}$$

où  $\vec{u}_{TH}$  est un vecteur unitaire orienté du centre de la Terre vers Hubble.

3. 2<sup>ème</sup> loi de Newton appliquée à Hubble dans le référentiel géocentrique considéré galiléen :

$$\Sigma \vec{F}_{\text{ext}} = m_H . \vec{a}$$

$$-G \frac{m_H . M_T}{(R_T + h)^2} \vec{u}_{TH} = m_H . \vec{a}$$

$$\vec{a} = -G \frac{M_T}{(R_T + h)^2} \vec{u}_{TH}$$

Donc l'accélération du satellite est radiale (selon un rayon du cercle de la trajectoire) et centripète (orientée vers le centre de la Terre).

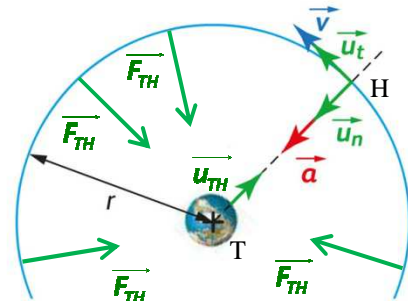
Or le vecteur vitesse  $\vec{v}$  du satellite est tangent au cercle ; ainsi  $\vec{a} . \vec{v} = 0$  : le mouvement de Hubble est uniforme.

Ou, 2<sup>ème</sup> démonstration :

D'après la 2<sup>ème</sup> loi de Kepler (loi des aires) :

Les aires balayées par le rayon TH, pendant des durées égales sont égales.

La trajectoire étant circulaire, le mouvement de Hubble est nécessairement uniforme.



$$4. \text{ Pour un mouvement circulaire uniforme : } a = \frac{v_H^2}{r} = \frac{v_H^2}{R_T + h}$$

$$\text{or d'après 3. : } a = G \frac{M_T}{(R_T + h)^2} \quad \text{d'où : } \frac{v_H^2}{R_T + h} = G \frac{M_T}{(R_T + h)^2}$$

$$v_H = \sqrt{\frac{G.M_T}{R_T + h}} = \sqrt{\frac{6,67.10^{-11} \times 5,98.10^{24}}{6,37.10^6 + 570.10^3}} = 7,58.10^3 \text{ m.s}^{-1} = 7,58 \text{ km.s}^{-1}$$

5. En une période  $T_H$ , le satellite fait un tour complet sur son orbite en parcourant ainsi la distance  $2\pi(R_T + h)$  à la vitesse  $v_H$  :

$$v_H = \frac{2\pi(R_T + h)}{T_H} \quad \text{d'où : } T_H = \frac{2\pi(R_T + h)}{v_H} = \frac{2\pi(6,37.10^6 + 570.10^3)}{7,58.10^3} = 5,75.10^3 \text{ s}$$

## N. DIFFÉRENTES FORMES D'ÉNERGIE

1. Le solide possède de l'énergie cinétique  $E_c$  et de l'énergie potentielle de pesanteur  $E_{pp}$ .

$$E_c = \frac{1}{2} m.v^2 \quad \text{et} \quad E_{pp} = m.g.z \quad \text{où Oz est un axe vertical ascendant.}$$

2. A l'instant  $t=0s$ , "le pendule est lâché sans vitesse initiale" :  $v=0 \Rightarrow E_c=0$

La courbe ② est l'énergie cinétique  $E_c$ .

La courbe ③ est l'énergie mécanique car  $E_M = E_c + E_{pp}$

La courbe ① est l'énergie potentielle de pesanteur  $E_{pp} = m.g.z$

3. Au cours des oscillations, il y a transfert partiel d'énergie potentielle de pesanteur en énergie cinétique et réciproquement. L'énergie mécanique du pendule diminue à cause du travail des forces de frottements  $\vec{f}$  :  $\Delta E_M = W(\vec{f}) < 0$

## O. PALET

1. Cf. schéma.



$$2. W_{AB}(\vec{f}) = \vec{f} . \vec{AB} = f . AB . \cos(\vec{f}, \vec{AB}) = f . AB . \cos(180^\circ) = -f . AB = -3,0 \times 2,5 = -7,5 \text{ J}$$

La valeur correspond bien à celle proposée par l'énoncé.

## P. ATTRIBUER LES PRINCIPES

En mécanique classique, le temps est absolu. C'est la mécanique d'Isaac Newton.

En relativité restreinte, le temps est relatif et la valeur de la vitesse de la lumière dans le vide est invariante. C'est la mécanique d'Albert Einstein.

## Q. PÉRIODE VARIABLE

1. Les 2 événements à considérer sont les débuts des émissions de deux signaux lumineux successifs. Le référentiel propre, pour ces deux événements, est le référentiel de la fusée car ces deux événements se produisent au même endroit par rapport à la fusée.

2. La période propre  $T_0$  est l'inverse de la fréquence d'émission du signal :

$$T_0 = \frac{1}{f} = \frac{1}{5,0} = \underline{0,20s}$$

3. En raison de la dilatation des durées, son ami resté sur Terre va mesurer une période  $T_m$  plus longue :

$$T_m = \gamma \cdot T_0 = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{250 \cdot 10^6}{3,00 \cdot 10^8}\right)^2}} \times 0,20 = \underline{0,36s}$$

## R. SYNTHÈSE D'UNE PHÉROMONE

1. La température est un facteur cinétique : une augmentation de température augmente la vitesse de la réaction.

L'acide sulfurique est un catalyseur : il augmente la vitesse de réaction mais n'apparaît pas dans les réactifs de l'équation chimique.

2. L'ampoule est plongée dans de l'eau glacée pour réaliser une trempe avant le dosage : la diminution de la température stoppe l'évolution de la réaction le temps de déterminer son avancement.

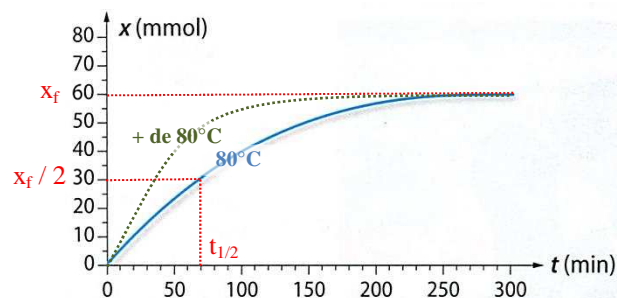
3. Pour  $t$  supérieur à 250min, l'avancement de la réaction est constant :  $x_f = 60\text{mmol}$

4. Le temps de demi-réaction  $t_{1/2}$  est la durée pour laquelle l'avancement est égal à la moitié de l'avancement final.

Pour  $x_f / 2 = 30\text{mmol}$ , on lit  $t_{1/2} = 70\text{min}$ .

5. L'état final ne sera pas modifié mais il sera atteint plus rapidement car la température est plus élevée et donc la transformation plus rapide.

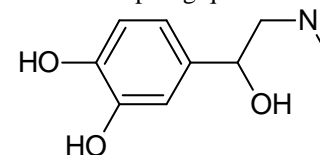
6. Courbe  $x = f(t)$  à  $80^\circ\text{C} \Rightarrow$  courbe en pointillés



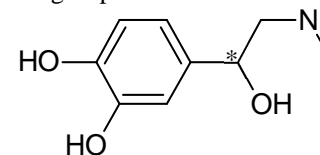
## S. STÉRÉOCHIMIE

### 1. Étude de l'adrénaline

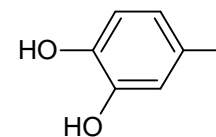
a. Formule topologique de l'adrénaline :



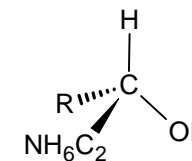
b. Un atome de carbone asymétrique (noté  $C^*$ ) est un atome de carbone lié à 4 atomes ou groupes d'atomes différents.



c. Notons R le groupe suivant :

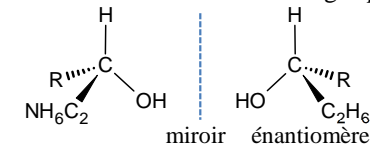


Représentation de Cram possible :



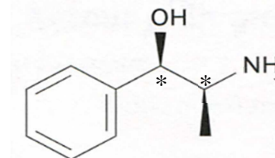
d. La molécule obtenue est chirale (non superposable à son image dans un miroir plan) car elle possède un atome de carbone asymétrique.

Son énantiomère est son image spéculaire (image par un miroir plan) :



### 2. Étude de l'éphédrine

a. Atomes de carbone asymétriques de l'éphédrine :



b. L'éphédrine est chirale car non superposable à son image par un miroir plan (elle possède  $2C^*$  mais pas de plan de symétrie).

c. La molécule ② est l'énantiomère de l'éphédrine : le plan du miroir entre les deux représentations est le plan de la feuille.

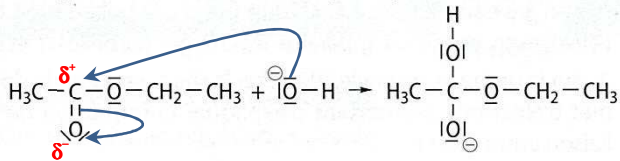
Remarque : les molécules ① et ③ sont des diastéréoisomères de l'éphédrine (la configuration d'un seul  $C^*$  est modifiée à chaque fois par rapport à l'éphédrine).

## T. DIFFÉRENTES CATÉGORIES DE RÉACTIONS

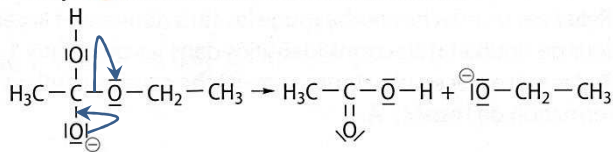
- a ⇒ élimination de H<sub>2</sub>O
- b ⇒ addition de H<sub>2</sub>
- c ⇒ substitution du groupe -OH par le groupe -NH<sub>2</sub>

## U. MÉCANISME RÉACTIONNEL

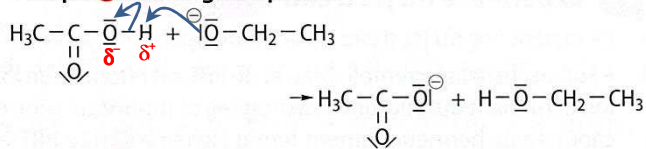
- Étape ① : addition de l'ion hydroxyde



- Étape ② : élimination de l'ion éthanolate



- Étape ③ : échange de proton



1. Les flèches courbes modélisent le mécanisme réactionnel en indiquant la succession de liaisons rompues et formées. Pour trouver les flèches courbes, comparer les réactifs et les produits pour identifier les liaisons rompues et formées. Les flèches courbes représentent les mouvements de doublets (liants ou non liants) : elles partent toujours d'un doublet d'un site donneur.

Les électronégativités permettent de prévoir la polarité d'une liaison : ici  $\chi(\text{C}) < \chi(\text{O})$  ⇒ l'atome d'oxygène attire davantage les électrons des liaisons CO ; il porte donc une charge partielle  $\delta^-$  et le carbone une charge partielle  $\delta^+$ .

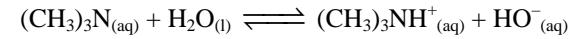
2. Cf. schéma.

## V. IL EST FRAIS MON POISSON !

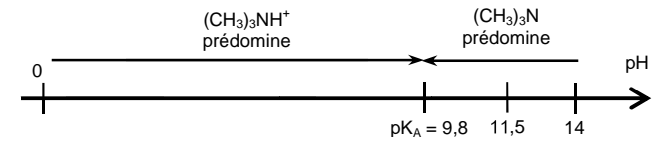
1. Le pH de la solution de cette amine est supérieur à 7 : elle a donc des propriétés basiques.
2. La formule de l'acide conjugué s'obtient en rajoutant H<sup>+</sup> à la formule de l'amine : (CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>NH<sup>+</sup>  
d'où le couple acide-base : (CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>NH<sup>+</sup> / (CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N

3. L'amine est une base ; elle va réagir sur l'acide H<sub>2</sub>O (H<sub>2</sub>O est un ampholyte).

Couples acide / base : (CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>NH<sup>+</sup> / (CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N et H<sub>2</sub>O / HO<sup>-</sup>



4. Diagramme de prédominance :



pH > pK<sub>A</sub> donc la base (CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N prédomine.

5. Ce rapport apparaît dans la constante d'acidité du couple :

$$K_A = \frac{[\text{A}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{AH}]} = \frac{[(\text{CH}_3)_3\text{N}] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[(\text{CH}_3)_3\text{NH}^+]}$$

$$\text{d'où : } \frac{[(\text{CH}_3)_3\text{N}]}{[(\text{CH}_3)_3\text{NH}^+]} = \frac{K_A}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{10^{-\text{p}K_A}}{10^{-\text{pH}}} = 10^{\text{pH}-\text{p}K_A} = 10^{11,5-9,8} = 10^{1,7} = 50$$

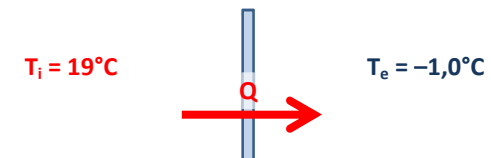
Ce qui est bien cohérent avec 4. : la base prédomine à ce pH.

## W. MODES DE TRANSFERTS THERMIQUES

1. du Soleil vers le sac plastique : transfert par rayonnement.
2. du sac plastique vers l'eau : transfert par conduction.
3. dans l'eau contenue dans le sac plastique : transfert par convection et par conduction.

## X. ÉNERGIE THERMIQUE TRANSFÉRÉE

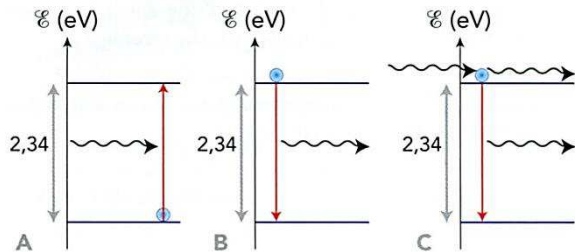
1. Le sens du transfert thermique à travers la vitre s'effectue du corps chaud vers le corps froid.



2. Flux thermique :  $\Phi = \frac{\Delta T}{R_{\text{vitre}}} = \frac{T_i - T_e}{5,0 \cdot 10^{-3}} = \frac{20}{5,0 \cdot 10^{-3}} = 4,0 \cdot 10^3 \text{ W}$

3. L'énergie (J) et la puissance (W) sont reliées par la relation : E = P.Δt  
Soit ici : Q = Φ.Δt = 4,0.10<sup>3</sup> × 1,25 × 3600 = 1,8.10<sup>7</sup>J = 18MJ

## Y. ABSORPTION OU ÉMISSION



- Quel(s) schéma(s) représente(nt) :
  - une absorption : schéma A
  - une émission stimulée : schéma C
  - une émission spontanée : schéma B
- Le photon incident qui provoque l'émission stimulée doit avoir la même énergie que le photon émis :  $\Delta E = 2,34\text{eV}$

$$\Delta E = h\nu = \frac{h \cdot c}{\lambda} \quad \text{d'où : } \lambda = \frac{h \cdot c}{\Delta E} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \times 3,00 \cdot 10^8}{2,34 \times 1,60 \cdot 10^{-19}} = 5,31 \cdot 10^{-7} \text{ m} = \underline{531 \text{ nm}}$$

conversion en J

- Le photon émis est un photon "jumeau" du photon incident qui a provoqué l'émission stimulée : même énergie (donc mêmes fréquence et longueur d'onde), même direction, même sens et même phase.

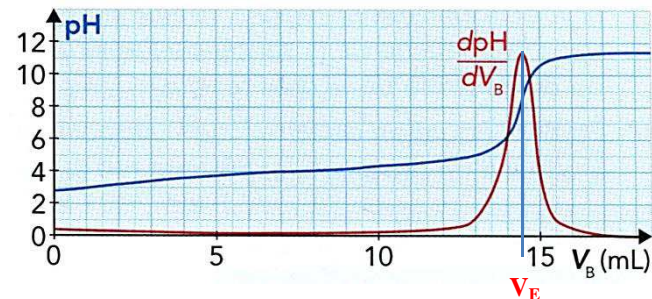
## Z. LE MICROSCOPE ÉLECTRONIQUE

- L'onde est alors diffractée si elle rencontre des obstacles petits devant la longueur d'onde  $\lambda$ .
- L'onde va être diffractée car l'obstacle est petit devant  $\lambda$ . Si deux détails de l'objet sont trop proches, les taches de diffraction se chevauchent et il est impossible d'obtenir des images séparées de ces détails.
- Il faut des longueurs d'onde  $\lambda$  inférieures à la résolution soit :  $\lambda < 0,2 \text{ nm} = 0,2 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 2 \cdot 10^{-10} \text{ m}$  (ordre de grandeur  $10^{-10} \text{ m}$ , puissance de 10 la plus proche)

- Relation de de Broglie :  $p = \frac{h}{\lambda}$  avec :  $p = m \cdot v$

$$\text{d'où : } m \cdot v = \frac{h}{\lambda} \quad \text{et : } v = \frac{h}{\lambda \cdot m} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{0,2 \cdot 10^{-9} \times 9,11 \cdot 10^{-31}} = \underline{4 \cdot 10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}$$

## AA. DOSAGE PAR TITRAGE PH-MÉTRIQUE



- L'acide lactique  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$  va réagir sur la base  $\text{HO}^-$ .  
Couples acide / base :  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3 / \text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3^-$  et  $\text{H}_2\text{O} / \text{HO}^-$   
 $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- Méthode du maximum de la courbe dérivée (ou méthode des tangentes parallèles) :  
 $V_E = 14,5 \text{ mL}$

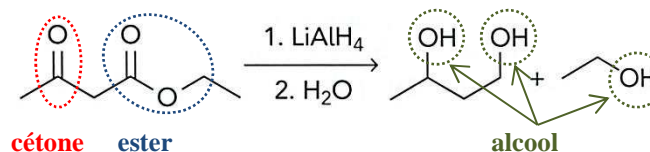
- À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques :

$$\frac{n(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3)_{\text{dosée}}}{1} = \frac{n(\text{HO}^-)_E}{1} \quad \text{soit } C_A \cdot V_A = C_B \cdot V_E$$

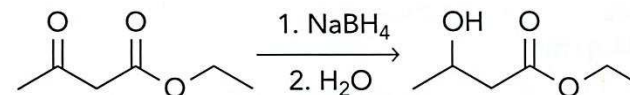
$$C_A = \frac{C_B \cdot V_E}{V_A} = \frac{0,20 \times 14,5 \cdot 10^{-3}}{5,0 \cdot 10^{-3}} = \underline{0,58 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}$$

## AB. RECONNAÎTRE UN RÉACTIF CHIMIOSÉLECTIF

- Fonctions chimiques présentes dans ces molécules :



- $\text{LiAlH}_4$  n'est pas chimiosélectif car les deux fonctions (cétone et ester) sont modifiées (réduites en alcool).
- Seule la fonction cétone est modifiée (réduite en alcool) :  $\text{NaBH}_4$  est chimiosélectif.





## AC. RENDEMENT D'UNE RÉACTION

### 1. Quantités initiales de :

$$\bullet \text{ benzaldéhyde : } n_1 = \frac{m_1}{M_1} = \frac{\overbrace{\rho_1}^{\text{g.mL}^{-1}} \cdot \overbrace{V_1}^{\text{mL}}}{\underbrace{M_1}_{\text{g.mol}^{-1}}} = \frac{1,04 \times 4,0}{106,1} = 3,9 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

$$\bullet \text{ permanganate de potassium : } n_2 = \frac{m_2}{M_2} = \frac{3,16}{158,0} = 2,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

Pour déterminer le réactif limitant, il faut prendre en compte la stœchiométrie de la réaction.

Méthode ① :

$$\text{On a l'inégalité suivante : } \frac{n_1}{5} = 7,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol} < \frac{n_2}{2} = 1,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

Le benzaldéhyde est en défaut.

Méthode ② : construire le tableau d'avancement.

	$5\text{C}_7\text{H}_6\text{O}$	$+ 2\text{MnO}_4^-$	$+ 6\text{H}^+$	$\rightarrow$	$5\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$	$+ 2\text{Mn}^{2+}$	$+ 3\text{H}_2\text{O}$
E.I.	$n_1$	$n_2$	excès		0	0	solvant
E.C.T.	$n_1 - 5 \cdot x$	$n_2 - 2 \cdot x$	excès		$5 \cdot x$	$2 \cdot x$	solvant
E.F.	$n_1 - 5 \cdot x_{\text{max}}$	$n_2 - 2 \cdot x_{\text{max}}$	excès		$5 \cdot x_{\text{max}}$	$2 \cdot x_{\text{max}}$	solvant

$$\text{Si le benzaldéhyde est en défaut : } x_{\text{max}} = \frac{n_1}{5} = 7,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\text{Si } \text{MnO}_4^- \text{ est en défaut : } x_{\text{max}} = \frac{n_2}{2} = 1,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

On conserve la plus petite valeur de  $x_{\text{max}}$  : le benzaldéhyde est en défaut et  $x_{\text{max}} = 7,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$

### 2. Calcul du rendement :

On peut espérer former au maximum :  $n_{\text{th}} = 5 \cdot x_{\text{max}} = 3,9 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$  d'acide benzoïque.

Soit une masse :  $m_{\text{th}} = n_{\text{th}} \cdot M_3 = 3,9 \cdot 10^{-2} \times 122,1 = 4,8 \text{ g}$

$$\text{D'où un rendement : } \eta = \frac{m_{\text{exp}}}{m_{\text{th}}} = \frac{3,9}{4,8} = 0,81 = 81\%$$

### 3. Contrôle de la pureté :

• mesurer la température de fusion avec un banc Kofler et comparer à celle donnée pour l'acide benzoïque.

• faire une chromatographie sur couche mince (CCM) du composé brut obtenu avec un deuxième dépôt correspondant à l'acide benzoïque de référence.

Purification :

Pour purifier un solide, il faut effectuer une recristallisation (rappel : distillation pour les liquides).

4. Un acide carboxylique se forme : il faut contrôler la présence des bandes caractéristiques des acides carboxyliques.

- bande O-H large  $2500\text{-}3200\text{cm}^{-1}$
- bande C=O intense  $1700\text{-}1725\text{cm}^{-1}$

Si le produit a bien été purifié, les bandes caractéristiques des aldéhydes ont disparu :

- bande C-H aldéhyde  $2700\text{-}2900\text{cm}^{-1}$
- bande C=O aldéhyde  $1700\text{-}1740\text{cm}^{-1}$  : difficile à exploiter car proche de celle des acides carboxyliques

## AD. GUITARE CLASSIQUE OU GUITARE FOLK ?

1. Les deux sons enregistrés sont complexes car non sinusoïdaux : plusieurs pics (harmoniques) vont apparaître sur le spectre en fréquence.

2. Pour les deux signaux enregistrés, on mesure la même période et donc la même fréquence :  $7 \cdot T = 35\text{ms}$  d'où :  $T = 5,0\text{ms}$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{5,0 \cdot 10^{-3}} = 2,0 \cdot 10^2 \text{ Hz}$$

3. Sur le spectre de Fourier, la fréquence du son joué est la fréquence du 1<sup>er</sup> pic à gauche (fondamental). On lit 192Hz en accord avec 2. aux incertitudes de mesure près.

4. Ces deux sons ont la même fréquence (même note jouée) : ils ont la même hauteur.

5. Les deux signaux enregistrés n'ont pas la même forme : ils n'ont pas le même timbre.

Cela se rapporte à la phrase : "une même note jouée par chaque instrument seul est ressentie différemment par un être humain".

6. Sur chaque spectre en fréquence, le nombre et les amplitudes relatives des harmoniques ne sont pas les mêmes. La guitare folk présente plus d'harmoniques.

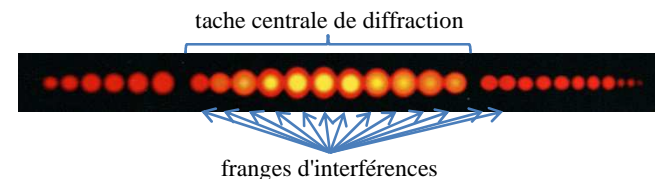
$$7. L = 10 \cdot \log\left(\frac{I}{I_0}\right) \text{ d'où : } \log\left(\frac{I}{I_0}\right) = \frac{L}{10} \text{ et : } I = I_0 \cdot 10^{L/10}$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{I_0 \cdot 10^{L_1/10}}{I_0 \cdot 10^{L_2/10}} = 10^{(L_1 - L_2)/10} = 10^{0,70} = 5,0$$

## AE. FENTES DE YOUNG

1. Il s'agit de la diffraction de la lumière par les fentes et des interférences entre les ondes lumineuses provenant des deux sources de lumière cohérentes que constituent ces fentes.

Les interférences se traduisent par des franges d'interférences de même longueur dont l'intensité est cependant modulée par la figure de diffraction d'une fente : tache centrale large plus taches latérales.



2. L'écart angulaire caractérise la figure de diffraction.

$$\theta = \frac{\lambda}{a} \quad \text{d'où : } a = \frac{\lambda}{\theta} = \frac{632,8 \cdot 10^{-9}}{1,6 \cdot 10^{-3}} = 4,0 \cdot 10^{-4} \text{ m} = \underline{0,40 \text{ mm}}$$

3. **Franges brillantes** : les ondes lumineuses issues des deux fentes arrivent en phase ; les interférences sont constructives.

**Franges sombres** : les ondes lumineuses issues des deux fentes arrivent en opposition de phase ; les interférences sont destructives.

4. Déterminons l'interfrange  $i$  : entre 11 franges sombres, il y a **10** interfranges.

$$i = 9,5 / 10 = 0,95 \text{ cm} = 9,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$i = \frac{\lambda \cdot D}{\ell} \quad \text{d'où : } \ell = \frac{\lambda \cdot D}{i} = \frac{632,8 \cdot 10^{-9} \times 2,0}{9,5 \cdot 10^{-3}} = \underline{1,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}}$$

5.  $i = \frac{\lambda \cdot D}{\ell}$  et  $\theta = \frac{\lambda}{a}$

a. Si  $\ell$  augmente :  $i$  diminue et  $\theta$  inchangé

$\Rightarrow$  les franges sont plus rapprochées mais la tache centrale conserve la même largeur.

b. Si  $a$  diminue :  $i$  inchangé mais  $\theta$  augmente

$\Rightarrow$  la tache centrale est plus large mais l'interfrange est inchangée

c. On remplace le laser rouge par un laser vert :  $\lambda_{\text{vert}} < \lambda_{\text{rouge}}$

$\lambda$  diminue :  $i$  diminue et  $\theta$  diminue

$\Rightarrow$  la tache centrale est moins large et l'interfrange est plus faible.

**Remarque :**

La largeur  $L$  de la tache centrale est donnée par la relation :  $L = \frac{2 \cdot \lambda \cdot D}{a}$

Le nombre de franges dans la tache centrale se calcule donc par le quotient :

$$\frac{L}{i} = \frac{2 \cdot \lambda \cdot D}{a} \times \frac{\ell}{\lambda \cdot D} = \frac{2 \cdot \ell}{a} \quad \text{qui ne dépend pas de } \lambda.$$

Il y a donc toujours le même nombre de franges d'interférences dans la tache centrale quand on change la longueur d'onde du laser.

La relation  $L = \frac{2 \cdot \lambda \cdot D}{a}$  se démontre facilement en exprimant  $\theta$  de deux façons différentes :

$$\theta = \frac{\lambda}{a} \quad \text{et à partir du schéma du montage : } \theta \approx \tan \theta = \frac{L/2}{D} = \frac{L}{2 \cdot D}$$

Il ne reste plus qu'à égaliser les deux expressions et à exprimer  $L$ .

## AF. BULLES DE SAVONS ET IRIDESCENCE

1. Elles sont cohérentes car issues de la même source de lumière et présentent donc un déphasage constant.

2. Les interférences sont constructives si la différence de marche  $\delta$  est égale à un nombre entier de  $\lambda$  :  $\delta = k \cdot \lambda$

Pour  $k = 1$  :

$$\delta = 2 \cdot n \cdot e + \frac{\lambda}{2} = \lambda \quad \text{d'où : } 2 \cdot n \cdot e = \frac{\lambda}{2} \quad \text{et : } e = \frac{\lambda}{4 \cdot n}$$

3. rouge :  $\lambda_{\text{rouge}} = 633 \text{ nm} \Rightarrow e_{\text{rouge}} = \frac{633 \cdot 10^{-9}}{4 \times 1,35} = 1,17 \cdot 10^{-7} \text{ m} = \underline{117 \text{ nm}}$

bleu :  $\lambda_{\text{bleu}} = 488 \text{ nm} \Rightarrow e_{\text{bleu}} = \frac{488 \cdot 10^{-9}}{4 \times 1,35} = 9,04 \cdot 10^{-8} \text{ m} = \underline{90,4 \text{ nm}}$

4. Les couleurs dépendent de l'épaisseur du film.

5. À cause du poids, l'eau de la bulle s'écoule vers le bas et l'épaisseur du film est plus fine sur le dessus de la bulle et plus épaisse sur le bas : on voit donc apparaître des couleurs différentes, des irisations.

## AG. ÉTUDE D'UN PRODUIT MÉNAGER

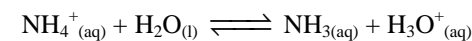
1. L'ammoniac est la base conjuguée de l'ion ammonium.

a. Couple acide / base :  $\text{NH}_4^+ / \text{NH}_3$

L'ion ammonium  $\text{NH}_4^+$  est l'acide conjugué de l'ammoniac  $\text{NH}_3$ .

b.  $\text{NH}_4^+ \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}^+$

c. L'acide  $\text{NH}_4^+$  réagit sur la base  $\text{H}_2\text{O}$  ; couples  $\boxed{\text{NH}_4^+} / \text{NH}_3$  et  $\text{H}_3\text{O}^+ / \boxed{\text{H}_2\text{O}}$



d.  $K_A = \frac{[\text{A}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{AH}]} = \frac{[\text{NH}_3] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{NH}_4^+]}$

2. Solution d'ammoniac

a.  $c = \frac{n}{V} = \frac{2,5 \cdot 10^{-3}}{0,250} = \underline{1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}$

b. Diagramme de prédominance :



$\text{pH} > \text{pK}_A$  donc la base  $\text{NH}_3$  prédomine.

c.  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-10,60} = \underline{2,512 \cdot 10^{-11} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}$

d. Produit ionique de l'eau :  $K_e = [\text{H}_3\text{O}^+].[\text{HO}^-]$  donc :

$$[\text{HO}^-] = \frac{K_e}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{1,0 \cdot 10^{-14}}{2,512 \cdot 10^{-11}} = 4,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

e. Ce rapport apparaît dans la constante d'acidité du couple :

$$\frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} = \frac{K_A}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{10^{-\text{p}K_A}}{10^{-\text{pH}}} = 10^{\text{pH}-\text{p}K_A} = 10^{10,60-9,25} = 10^{1,35} = 22,4$$

Ce qui est bien cohérent avec **2.b.** : la base  $\text{NH}_3$  prédomine à ce pH.

f. Tableau d'avancement :

	$\text{NH}_{3(\text{aq})}$	+	$\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$	$\rightleftharpoons$	$\text{NH}_{4^+(\text{aq})}$	+	$\text{HO}^-(\text{aq})$
E.I.	$n = c \cdot V$		solvant		0		$\approx 0$
E.C.T.	$c \cdot V - x$		solvant		x		x
E.F.	$c \cdot V - x_f$		solvant		$x_f$		$x_f$

D'après le tableau d'avancement :

$$x_f = n(\text{HO}^-)_f = [\text{HO}^-]_f \cdot V = 4,0 \cdot 10^{-4} \times 0,250 = 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

Remarque :

$$x_{\text{max}} = c \cdot V = 1,0 \cdot 10^{-2} \times 0,250 = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$x_f < x_{\text{max}}$  : la transformation est partielle  $\Rightarrow$  l'ammoniac est une base faible.