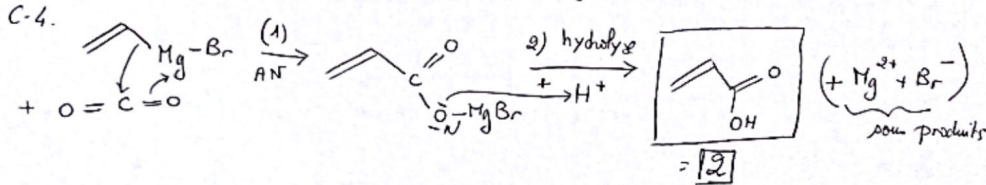
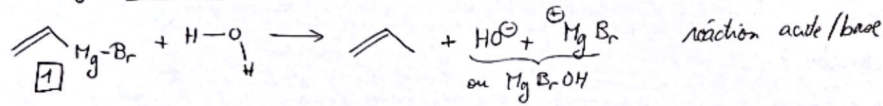


Utilisation du carbone 11 comme radiotraceur (agro-veto 2024, op TB) (1)

C-1. Synthèse d'un organomagnésien : CH3CH2Br + Mg -> CH3CH2MgBr

C-2. Il faut un solvant { aprotique car le magnésien est une base tr. forte polaire pour solvater le magnésien
 => on choisit le diéthyl éther (CH3CH2OCH2CH3)

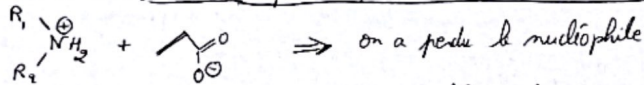
C-3. Il faut éviter toute trace d'eau qui est un acide et détruit le magnésien



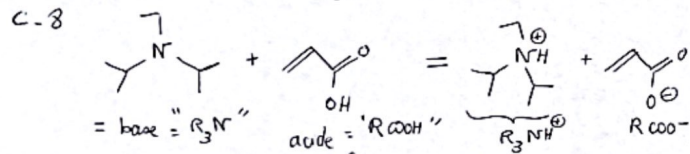
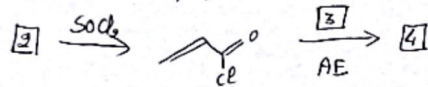
C-5. Dans [4], on a créé une fonction amide

C-6. [3] possède une fonction amine secondaire (= nucléophile)
 [2] " " acide carboxylique (= électrophile)

Pb: L'amine est aussi une base qui se protonne en présence de l'acide pour donner



C-7. Il faut (par exemple) passer par le chlorure d'acyle et le faire réagir sur l'amine:



On a pour le couple R3NH/R3N, $\text{pK}_{a1} = 10,0$
R'COOH/R'COO^-, $\text{pK}_{a2} = 4,5$

AN : $K = 10^{5,5} = 3,2 \cdot 10^5$ $K \gg 1$, réaction quantitative

Constante d'équilibre:

$$K = \frac{[\text{R}'\text{COO}^\ominus][\text{R}_3\text{NH}^\oplus]}{[\text{R}'\text{COOH}][\text{R}_3\text{N}]}$$

$$K = \frac{K_{a2}}{K_{a1}} = \frac{10^{-\text{pK}_{a2}}}{10^{-\text{pK}_{a1}}}$$

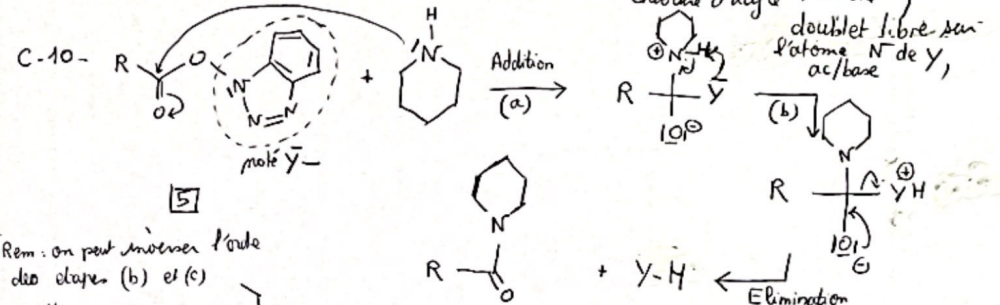
$$K = 10^{\text{pK}_{a1} - \text{pK}_{a2}}$$

C-9. Le problème de la réaction directe (et impossible) [3] + [3] -> [4] (2)

et que [2] est un acide de type R-C(=O)OH. La suite de réaction se transforme en [5] R-C(=O)OY qui n'est plus acide et qui est sans doute

un meilleur électrophile

La réaction [5] + [3] -> [4] et une AE (analogue à la réaction chlorure d'acyle + amine)



C-11. DIPEA = (CH3)2NCH2CH2CH3 = base + nucléophile, doit réagir comme base

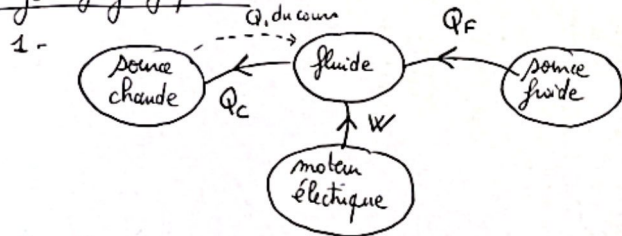
[3] est aussi une base (doublet sur N) et c'est le nucléophile qui doit réagir à l'étape (a)

- Concurrence à l'étape (a): DIPEA est plus encombré autour de l'atome d'azote (amine tertiaire alors que [3] est une amine secondaire) => le doublet de l'azote "attaque" plus facilement, [3] est un meilleur nucléophile

- Concurrence à l'étape (b): là, on ne sait pas quelle est la meilleure base entre [3] et DIPEA (il manque le pKa de [3]). On peut supposer que le pKa de [3] est inférieur à 10,0 et que DIPEA est une meilleure base

=> On choisit DIPEA car c'est une meilleure base et un plus mauvais nucléophile, ça limite au mieux la concurrence

Cycle frigorifique



⚠ Q_c va du fluide vers la source chaude (Q_c est fournie par le fluide)
 $Q_c = -Q_1$ du cours
 ⚠ signe, le fluide resort $-Q_c$

2- 1^{er} principe : $\Delta U = W + Q_F - Q_c$

cycle $\Rightarrow \Delta U = 0$ d'où $W + Q_F - Q_c = 0$
 ou $W + Q_F = Q_c$

3. Clausius : $\sum \frac{Q_i}{T_i} \leq 0$ avec Q_i reçue par le fluide

ici : $+\frac{Q_F}{T_F} - \frac{Q_c}{T_c} \leq 0$

4- $e = \frac{\text{énergie utile}}{\text{énergie dépensée}}$ par def ici $e = \frac{Q_F}{W}$

Avec 2) : $W = Q_c - Q_F \Rightarrow e = \frac{Q_F}{Q_c - Q_F}$

5. $e = \frac{1}{\frac{Q_c}{Q_F} - 1}$ $\times \frac{T_c}{Q_F}$, positif

Clausius : $\frac{Q_F}{T_F} - \frac{Q_c}{T_c} \leq 0 \Leftrightarrow \frac{T_c}{T_F} - \frac{Q_c}{Q_F} \leq 0 \Leftrightarrow \frac{Q_c}{Q_F} \geq \frac{T_c}{T_F}$

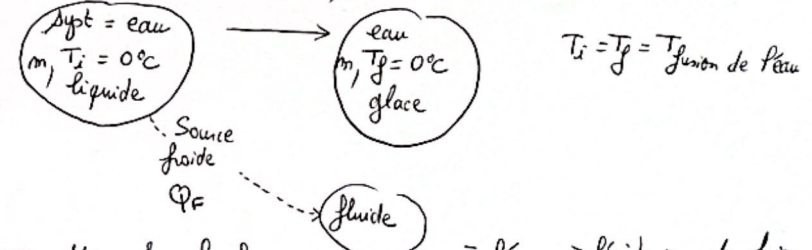
$\Leftrightarrow \frac{Q_c}{Q_F} - 1 \geq \frac{T_c}{T_F} - 1 \Leftrightarrow \frac{1}{e} \geq \frac{T_c - T_F}{T_F} \Leftrightarrow e \leq \frac{T_F}{T_c - T_F}$ (inverse)

$e_{\max} = \frac{T_F}{T_c - T_F}$ $e_{\max}$ est obtenue pour un cycle reversible

6- $Q_c = Q_F + W > Q_F \Rightarrow$ la machine fournit plus d'énergie à la cuisine qu'elle n'en prélève dans le frigo $\Rightarrow$ on réchauffe la cuisine en faisant la pizza ouverte

Rem : la source chaude n'est pas à la température de la cuisine ici. 50°C est la température au niveau de l'échangeur, à l'arrière du frigo.

7.



Au cours d'un cycle, le frigo prélève Q_F à l'eau à l'intérieur du frigo
 1^{er} principe appliqué à l'eau, transformation isobare : $\Delta H = Q + W_{\text{eau}} = 0$ pour l'eau
 avec $\Delta H = -mL$ (signe - car c'est l'inverse de la fusion)
 d'où $mL = Q_F \Rightarrow m = \frac{Q_F}{L}$

Le travail fourni par le moteur est (puissance électrique) $\times$ (temps) = $P_{\text{el}} \times t = W$

$e = \frac{63}{100} e_{\max} \Leftrightarrow \frac{Q_F}{W} = \frac{63}{100} \times \frac{T_F}{T_c - T_F} \Leftrightarrow Q_F = \frac{63}{100} \times \frac{T_F}{T_c - T_F} \times P_{\text{el}} \times t$

On peut donc calculer la masse m de glace pour $t = 1$ s

$m = \frac{63}{100} \times \frac{T_F}{T_c - T_F} \times \frac{P_{\text{el}} \times t}{L} = 9.63 \times \frac{-5 + 273}{50 + 5} \times \frac{200}{320} \times 1 = 1.92$ ou 1.9 g

Rem : d ne sert à rien...

8- Les changements d'état s'accompagnent d'importants échanges thermique. Ils représentent une part importante des transferts Q_F et Q_c

À l'intérieur du frigo, on souhaite prélèver de l'énergie. Pour cela, le changement est dans le sens Liquide $\rightarrow$ Gaz

C'est donc une vaporisation

apport d'énergie.

1 - Mouvement d'un projectile

1.1. 2^e loi de N, syst = point matériel, soumis à son seul poids

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

On projette selon Ox et Oz

$$\vec{a} \begin{cases} a_x = \ddot{x} = 0 \\ a_z = \ddot{z} = -g \end{cases} \text{ d'où } \vec{v} \begin{cases} v_x = \dot{x} = \text{cte} = v_{x0} = v_0 \cos \alpha \\ v_z = \dot{z} = -gt + \text{cte} = -gt + v_0 \sin \alpha \end{cases}$$

puis $\begin{cases} x(t) = v_0 \cos \alpha t + \text{cte} \\ z(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0 \sin \alpha t + \text{cte} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x(t) = v_0 \cos \alpha \cdot t \\ z(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0 \sin \alpha \cdot t \end{cases} \begin{matrix} (1) \\ (2) \end{matrix}$

1.2. On élimine "t"

$$(1) \Leftrightarrow t = \frac{x}{v_0 \cos \alpha}$$

$$\text{d'où } (2) : z = -\frac{1}{2}g \left(\frac{x}{v_0 \cos \alpha} \right)^2 + v_0 \sin \alpha \left(\frac{x}{v_0 \cos \alpha} \right)$$

$$z(x) = -\frac{1}{2} \frac{g}{v_0^2 \cos^2 \alpha} x^2 + \tan \alpha x \quad (3) \text{ trajectoire parabolique}$$

1.3. en S, au choix $\frac{dz}{dt} = 0$ ou $\frac{dz}{dx} = 0$

Par ex avec $\frac{dz}{dt} = 0 = \dot{z} = -gt_s + v_0 \sin \alpha \Leftrightarrow t_s = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$

$$\text{d'où } \begin{cases} X = x(t_s) \stackrel{(1)}{=} v_0 \cos \alpha \times \frac{v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} \\ Z = z(t_s) \stackrel{(2)}{=} -\frac{1}{2}g \left(\frac{v_0 \sin \alpha}{g} \right)^2 + v_0 \sin \alpha \times \frac{v_0 \sin \alpha}{g} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X = \frac{v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} \\ Z = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} \end{cases}$$

pas d'AN à ce stade, elles sont demandées au 1.5.

1.4.1 En I : $z_I = 0$

$$D = 0I = x_I \Rightarrow \text{on utilise (3)}$$

(1)

$$(3) : 0 = -\frac{1}{2} \frac{g}{v_0^2 \cos^2 \alpha} x_I^2 + \tan \alpha x_I = x_I \left(\tan \alpha - \frac{1}{2} \frac{g}{v_0^2 \cos^2 \alpha} x_I \right) \quad (4)$$

ou $x_I = 0$ correspond au pt 0, départ

$$\text{d'où } \boxed{D = x_I = \frac{2 v_0^2 \cos^2 \alpha \tan \alpha}{g} = \frac{2 v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} = 2X}$$

(Ou direct : $D = 2X$ par symétrie de la parabole)

1.4.2. par (1) avec $x = x_I = D : D = v_0 \cos \alpha T$

$$\text{d'où } \boxed{T = \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g}}$$

1.5. AN

$$\boxed{Z = 810 \text{ m}} ; \boxed{D = 3,24 \text{ km}} ; \boxed{T = 25,5 \text{ s}}$$

2.1. Le trajet BSC correspond à la trajectoire parabolique précédente. Ce sont les mêmes valeurs numériques, il suffit de décaler l'origine du repère :

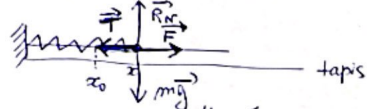
$$\begin{cases} \text{"B"} \text{ correspond au point "O" précédent} \\ \text{"S"} \text{ " " "S"} \\ \text{"C"} \text{ " " "I"} \end{cases}$$

On vérifie au passage que $Z = z_S - z_B$ correspond bien à la valeur trouvée ($\approx 800 \text{ m}$)

2.2. t_{BSC} est le "T" précédent. La durée de l'impesanteur est de 25-26 s.

Referentiel terrestre, $\text{sys} = \text{masse } m$

5.1. Objet "collé" au tapis $\Rightarrow$ il se déplace avec le tapis, à la même vitesse $\vec{v} = \vec{v}_0$



En x_0 , ressort non allongé. Bien voir l'orientation des forces, le tapis "tire" l'objet vers la droite et le ressort le "tire" vers la gauche.

L'objet est soumis :

- au poids $m\vec{g}$
- à la réaction normale du tapis $\vec{R}_N$
- à la force de rappel $\vec{F}$ du ressort
- à la force de frottement exercée par le tapis $\vec{F}$, qui l'entraîne avec le tapis.

$\|\vec{F}\| = k \times \text{allongement} = k(x - x_0)$

En vertical, pas de force résultante, $m\vec{g} + \vec{R}_N = \vec{0}$, $\vec{R}_N = -m\vec{g}$

2e loi : $\sum \vec{F}_{\text{forces}} = \vec{0}$ ($\vec{v}_{\text{tapis}} = \vec{v}_0$, $\vec{a} = \vec{0}$)

$m\vec{g} + \vec{R}_N + \vec{F} + \vec{T} = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{F} = -\vec{T}$

Selon O_x : $T_x = -k(x - x_0)$ $F_x = +k(x - x_0) = \|\vec{F}\| = F$

C'est un mouvement à vitesse constante : $\dot{x} = v_x = v$

d'où $x(t) = vt + x_0$ ($\text{à } t=0, x=x_0$)

Puis $F = k(vt + x_0 - x_0) \Leftrightarrow F(t) = kvt$

5.2. $\|\vec{T}\| = -T_x = +k(x - x_0)$
car $T_x < 0$

Quand $T = T_{\text{max}}$ alors $T_{\text{max}} = k(x_{\text{max}} - x_0) \Leftrightarrow x_{\text{max}} = x_0 + \frac{T_{\text{max}}}{k}$

x_{max} est atteint à l'instant t_1 / $x_{\text{max}} = vt_1 + x_0$

$\Leftrightarrow x_0 + \frac{T_{\text{max}}}{k} = vt_1 + x_0 \Leftrightarrow t_1 = \frac{T_{\text{max}}}{kv}$

Pour $t > t_1$, la force $\vec{F}$ disparaît, on a toujours $T_x = -k(x - x_0)$

2e loi : $m\vec{g} + \vec{R}_N + \vec{T} = m\vec{a}$

Selon O_x : $T_x = m\ddot{x} \Leftrightarrow -k(x - x_0) = m\ddot{x}$

$\Leftrightarrow \ddot{x} + \frac{k}{m}(x - x_0) = 0$

5.3. On se ramène à l'équation harmonique, par ex avec un changement de variable. $\begin{cases} x'(t) = x - x_0 \\ t' = t - t_1 \text{ en option} \end{cases} \quad \ddot{x}' = \ddot{x}$

On pose $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$ et on a $\ddot{x}' + \omega_0^2 x' = 0$

Solution : $x'(t) = A \sin(\omega_0 t + \varphi)$ (on peut du "sin" et ps du "cos", suffit d'avoir $\alpha + \pi$)

soit $x = x_0 + A \sin[\omega_0(t - t_1) + \alpha]$ $\varphi = \omega_0 t_1 + \alpha$

À $t = t_1$, $x = x_{\text{max}}$ et $\dot{x} = v$
On exprime $\dot{x} = A\omega_0 \cos[\omega_0(t - t_1) + \alpha]$
! Conditions "initiales" de cette partie correspondent à $t = t_1$ (et pas $t = 0$!)

Systeme à résoudre $\begin{cases} x(t_1) = x_{\text{max}} = x_0 + A \sin(\alpha) \\ \dot{x}(t_1) = v = A\omega_0 \cos(\alpha) \end{cases}$
 $x_{\text{max}} = vt_1 + x_0 \Leftrightarrow A \sin \alpha = vt_1$

On a donc $\sin \alpha = \frac{vt_1}{A}$ $\cos \alpha = \frac{v}{A\omega_0}$ $\left\{ \begin{aligned} \tan \alpha &= \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = t_1 \omega_0 = \omega_0 t_1 \end{aligned} \right.$

On a A par $\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha = 1 = \frac{v^2 t_1^2}{A^2} + \frac{v^2}{A^2 \omega_0^2}$
 $\Leftrightarrow A^2 = v^2 \left(t_1^2 + \frac{1}{\omega_0^2} \right)$

$\Leftrightarrow A = v \sqrt{t_1^2 + \frac{1}{\omega_0^2}}$

5.4. La vitesse de la masse par rapport au tapis est $\dot{x}'(t)$

À t_2 , $\dot{x} = v$ (la vitesse ne s'annule pas dans R terrestre, la masse a la même vitesse que le tapis à $t = t_2$)

On a $\dot{x}(t) = A\omega_0 \cos[\omega_0(t - t_1) + \alpha]$

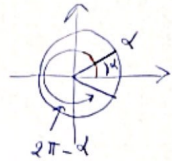
à t_2 : $\dot{x}(t_2) = A\omega_0 \cos[\omega_0(t_2 - t_1) + \alpha] = v$

$\Leftrightarrow \cos[\omega_0(t_2 - t_1) + \alpha] = \frac{v}{A\omega_0} = \frac{1}{\omega_0 \sqrt{t_1^2 + \frac{1}{\omega_0^2}}} = \frac{1}{\sqrt{\omega_0^2 t_1^2 + 1}} = \tan \alpha$

5.4. puis $\cos[\omega_0(t_2 - t_1) + \alpha] = \frac{1}{\sqrt{\tan^2 \alpha + 1}} = \cos \alpha$

D'où $\omega_0(t_2 - t_1) + \alpha = 2\pi - \alpha$

$$t_2 = \frac{2(\pi - \alpha)}{\omega_0} + t_1$$



Puis $x(t_2) = x_0 + A \sin[\underbrace{\omega_0(t_2 - t_1) + \alpha}_{2\pi - \alpha}] \Rightarrow \boxed{x(t_2) = x_0 - A \sin \alpha}$

5.5. Décollage à t_3 si $F = k(x(t_3) - x_0)$ (avec 5.4)

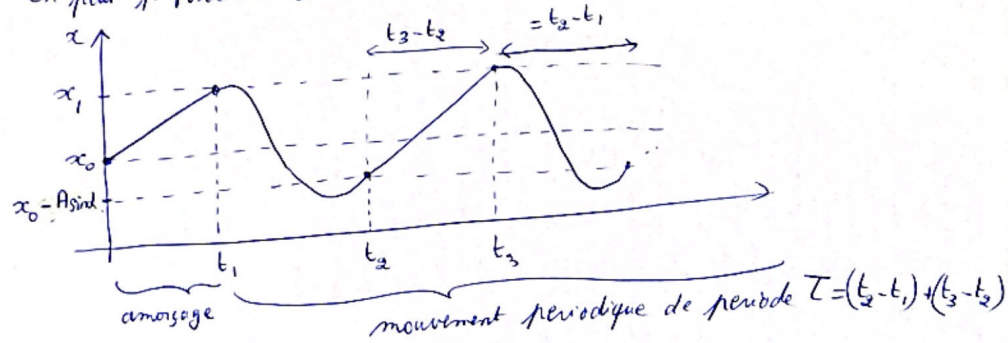
et $x(t_3) = x(t_2) + v(t_3 - t_2)$ (vitesse constante entre t_2 et t_3)

d'où $F = k \left[\underbrace{x_0 - A \sin \alpha}_{x(t_2)} + v(t_3 - t_2) - x_0 \right] = T_{\max}$

$$\Rightarrow t_3 - t_2 = \frac{1}{v} \left(\frac{T_{\max}}{k} + A \sin \alpha \right)$$

Après t_3 , on retrouve le mouvement harmonique du 5.2

On peut proposer la courbe suivante



$$T = \left(\frac{T_{\max}}{k} + A \sin \alpha \right) \frac{1}{v} + \frac{2\pi - \alpha}{\omega_0}$$

Période: $\boxed{T = \frac{1}{v} \left(t_1 + A \sin \alpha \right) \frac{1}{v} + \frac{2\pi - \alpha}{\omega_0}} = \frac{\tan \alpha}{\omega_0} + \frac{A \sin \alpha}{v} + \frac{2\pi - \alpha}{\omega_0}$

par 5.2 $\uparrow$ $t_1 = \frac{\tan \alpha}{\omega_0}$