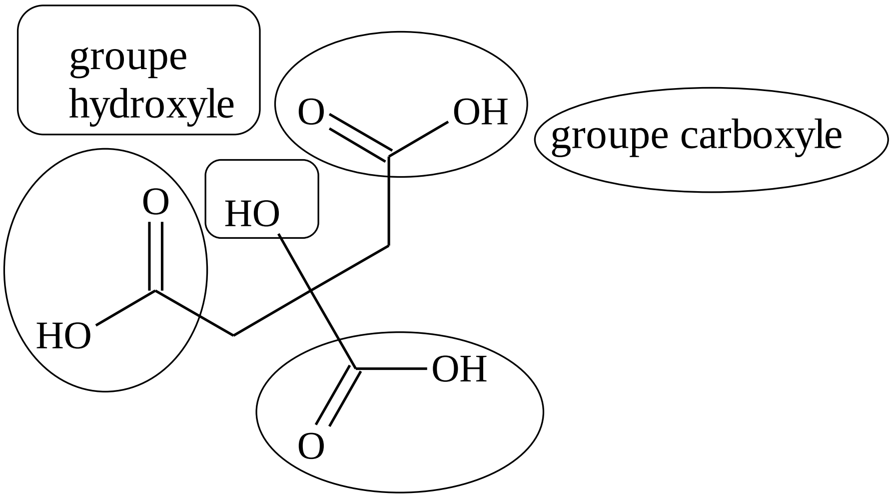
# I. A propos de l'acide citrique (10 points)

## 1. La molécule d'acide citrique

**1.1.**




**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.

**1.3.** La molécule ne possède pas de carbone asymétrique car le carbone central est relié à 2 groupes identiques $CH_2 — COOH$

## 2. L'acide citrique, un détartrant

**2.1.** L'équivalence a lieu quand les réactifs sont dans les proportions stœchiométriques

$$\frac{n_0(AH_{3(aq)})}{1} = \frac{n(HO^-_{(aq)})}{3}$$

**2.2.** 2 méthodes possibles :

- La méthode des tangentes
- L'utilisation de la dérivée qui correspond à l'abscisse du point d'ordonnée extrémale de la dérivée
- $V_{BE} = 15,4 \pm 0,1$ mL

**2.3.** Avec la relation $\frac{n_0(AH_{3(aq)})}{1} = \frac{n(HO^-_{(aq)})}{3}$ on obtient $\frac{C_A \times V_A}{1} = \frac{C_B \times V_{BE}}{3}$

D'où $C_A = \frac{C_B \times V_{BE}}{3 \times V_A}$ ; $C_A = \frac{1,00 \times 10^{-1} \times 15,4}{3 \times 10,0} = 5,13 \times 10^{-2}$ mol.L$^{-1}$ .

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

$C_A = \frac{n_A}{V} = \frac{m_A}{M \times V}$ soit $m_A = C_A \times M \times V$ d'où $p = \frac{C_A \times M \times V}{m_{sachet}}$

$p = \frac{5,13 \times 10^{-2} \times 192 \times 2,00}{20,0} = 0,986 = 98,6$ %.

Le sachet indique 100 %. La valeur trouvée est très proche à environ 1 % ce qui est parfaitement acceptable.

# II. Des aurores polaires et des électrons (10 points)

## 1. Effets relativistes

**1.1.** D'après les données $\Delta t = \gamma \times \Delta t_0$ avec $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ . Si v << c alors $\gamma = 1$, le temps mesuré dans les deux référentiels est identique, il n'y a pas dilatation des durées.

Plus v se rapproche de la vitesse de la lumière c, plus $\gamma$ augmente.

- Dès lors la durée mesurée $\Delta t$ est plus grande que celle $\Delta t_0$ mesurée dans le référentiel propre, le temps est dilaté. Il s'écoule plus vite dans le référentiel impropre en mouvement rectiligne uniforme que dans le référentiel propre.

**1.2.** $\Delta t = \dfrac{1}{\sqrt{1 - \dfrac{v^2}{c^2}}} \times \Delta t_0$ avec $v = 0{,}10 \times c$. $\Delta t = \dfrac{1}{\sqrt{1 - \dfrac{(0{,}10c)^2}{c^2}}} \times \Delta t_0 = \dfrac{1}{\sqrt{1 - 0{,}10^2}} \times \Delta t_0$.

$\Delta t_0 = \sqrt{1 - 0{,}10^2} \times \Delta t$ ; $\Delta t_0 = \sqrt{1 - 0{,}10^2} \times 1{,}0 = 0{,}99$ ns.

La dilatation des durées est peu marquée pour une particule de vitesse égale à 10% de celle de la lumière.

## 2. Énergie cinétique et vitesse des électrons

**2.1.** Expression de l'énergie cinétique $E_C$ en mécanique classique : $E_C = \dfrac{1}{2} m v^2$

$E_C = \dfrac{1}{2} m \times v^2 \times \dfrac{c^2}{c^2} = \dfrac{1}{2} m c^2 \times x$ avec $x = \dfrac{v^2}{c^2}$.

**2.2.** La courbe (2) a l'allure d'une droite passant par l'origine. Ainsi $E_C$ et $\dfrac{v^2}{c^2}$ sont reliées par une relation de proportionnalité.

Comme c est une constante, alors $E_C$ est proportionnelle à $v^2$. Ceci correspond à la théorie classique pour laquelle $E_C = \dfrac{1}{2} m v^2$ avec m constante.

Par ailleurs, pour la courbe (1) on constate que le rapport $\dfrac{v^2}{c^2}$ est inférieur à 1. Ainsi l'électron a toujours une vitesse $v < c$ ; ce qui est en accord avec la théorie relativiste.

La courbe (2) montre que $\dfrac{v^2}{c^2}$ peut être supérieur à 1, ce qui implique un électron plus rapide que la lumière ; ce qui contredit la théorie relativiste.

Conclusion : courbe (1) théorie relativiste ; courbe (2) théorie classique.

**2.3.** Déterminons la valeur du rapport $\dfrac{v^2}{c^2}$ avec $v = 1{,}2 \times 10^8$ m.s$^{-1}$ ; $\dfrac{v^2}{c^2} = \dfrac{(1{,}2 \times 10^8)^2}{(3{,}0 \times 10^8)^2} = 0{,}16$

On utilise le graphe (b), on lit les valeurs des énergies cinétiques correspondant aux deux modèles représentés par les courbes (1) et (2).

Modèle relativiste (courbe (1)) : $E_{C1} = 0{,}040 \pm 0{,}001$ MeV

Modèle classique (courbe (2)) : $E_{C2} = 0{,}046 \pm 0{,}001$ MeV

Déterminons l'écart relatif entre ces deux énergies : $E_{C2} - E_{C1}/E_{C1} = \dfrac{0{,}046 - 0{,}040}{0{,}040} = 0{,}15 = 15$ %

L'écart est supérieur à 10%, ainsi les électrons doivent être considérés comme relativistes.

## 3. Les aurores polaires

**3.1.** Le domaine du visible s'étend de 400 à 800 nm, soit en moyenne $\lambda_{moy} = 600$ nm $= 6{,}00 \times 10^{-7}$ m.

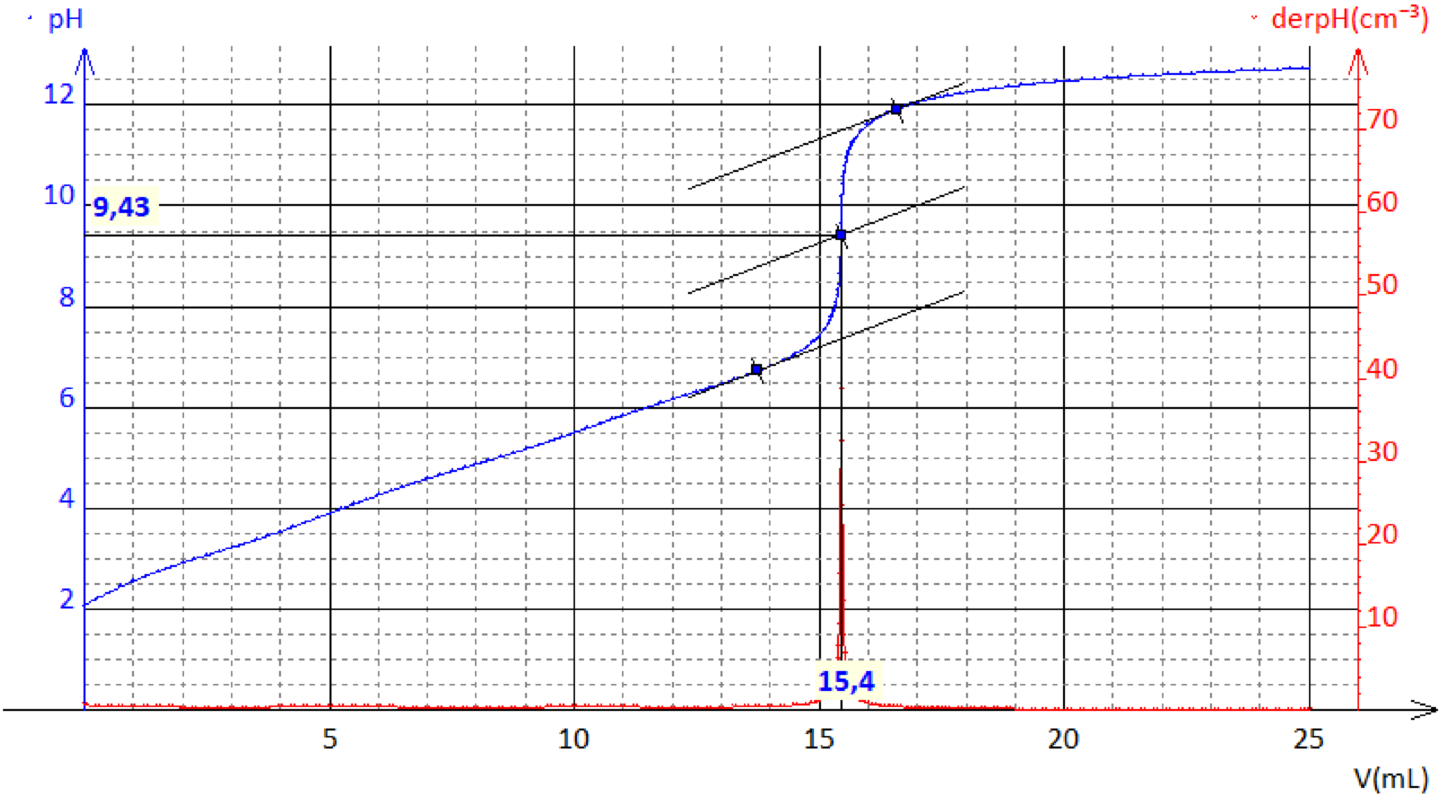
**3.2.** Les électrons en provenance du Soleil vont transférer une partie de leur énergie cinétique aux atomes d'oxygène ou d'azote. Ces atomes absorbent cette énergie et vont ensuite émettre des photons d'énergie $E = h \times \nu = \dfrac{h \times c}{\lambda}$

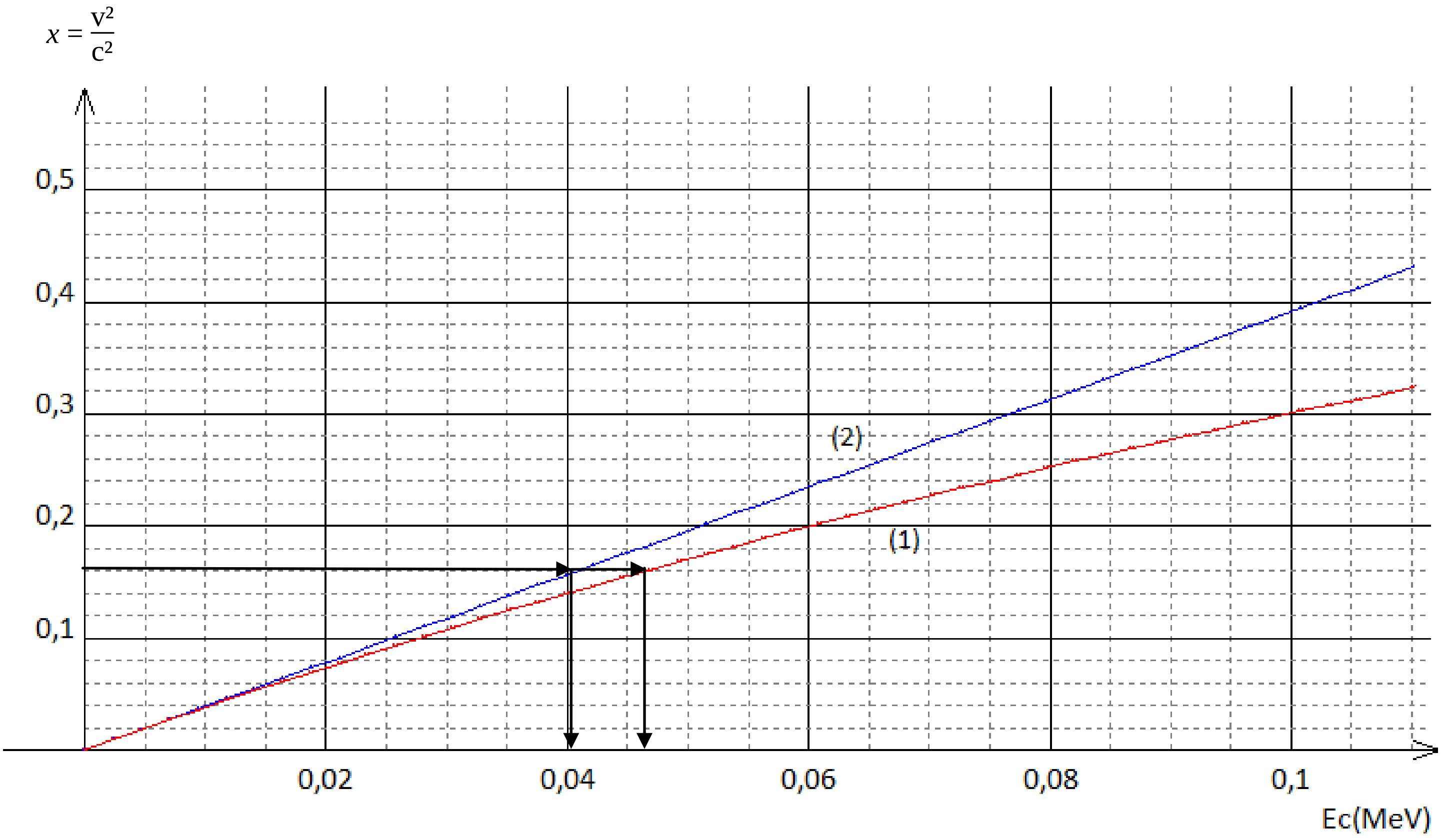
On connaît l'énergie des photons, on sait que les électrons possédaient au moins cette énergie sous forme d'énergie cinétique. On accède donc à leur vitesse minimale

$E_C = \dfrac{1}{2} m v^2 = \dfrac{h \times c}{\lambda}$ donc $v^2 = \dfrac{2 \times h \times c}{\lambda \times m}$ soit $v = \sqrt{\dfrac{2 \times h \times c}{\lambda \times m}}$

$v = \sqrt{\dfrac{2 \times 6{,}63 \times 10^{-34} \times 3{,}0 \times 10^8}{600 \times 10^{-9} \times 9{,}11 \times 10^{-31}}}$ ; $v = 8{,}5 \times 10^5$ m.s$^{-1}$

Cet ordre de grandeur est très inférieur à la valeur de la question **2.3.** ($v = 1{,}2 \times 10^6$ m.s$^{-1}$), pour laquelle les électrons étaient « légèrement » relativistes, donc les électrons responsables des aurores polaires n'ont pas besoin d'être relativistes.


pH
derpH(cm⁻³)
12
10
8
6
4
2
9,43
15,4
70
60
50
40
30
20
10
5
10
15
20
25
V(mL)


$x = \frac{v^2}{c^2}$
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
(2)
(1)
0,02
0,04
0,06
0,08
0,1
Ec(MeV)

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **I** | **1.1** | 1 | 2 | 3 | 4 | | | |
| | **1.2** | 1 | 2 | | | | | |
| | **1.3** | 1 | 2 | | | | | |
| | **2.1** | 1 | 2 | | | | | |
| | **2.2** | 1 | 2 | | | | | |
| | **2.3** | 1 | 2 | 3 | 4 | | CS-U-CV | |
| | **2.4** | 1 | 2 | 3 | 4 | | | **/20** |
| **II** | **1.1** | 1 | 2 | | | | | |
| | **1.2** | 1 | 2 | 3 | 4 | | CS-U-CV | |
| | **2.1** | 1 | 2 | | | | | |
| | **2.2** | 1 | 2 | 3 | | | | |
| | **2.3** | 1 | 2 | 3 | | | CS-U-CV | |
| | **3.1** | 1 | 2 | | | | | |
| | **3.2** | 1 | 2 | 3 | 4 | | CS-U-CV | **/20** |
| **TOTAL : ............ /40** | | | | | | | | |
| **NOTE : ............ /20** | | | | | | | | |