Juste une impression gustative ?

Bac 2023 Métropole Septembre Jour 2 · Exercice 1 **9 points** **Durée conseillée 1 h 35**

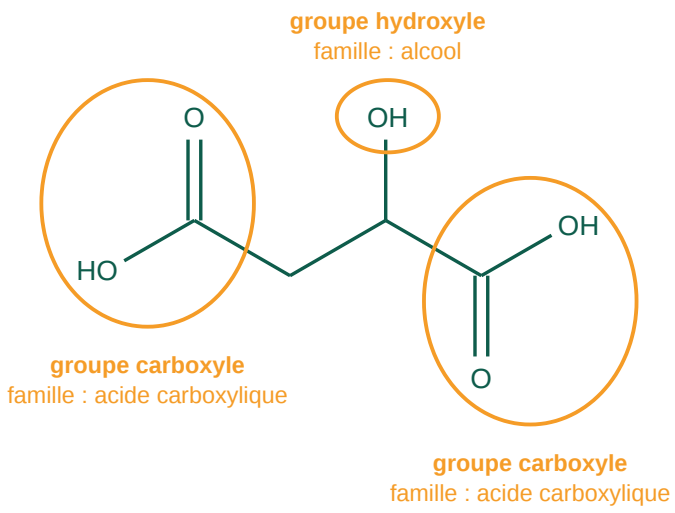
Q1 Représenter la formule topologique de l'acide malique, entourer les groupes caractéristiques et nommer les familles fonctionnelles correspondantes.

La chaîne compte quatre atomes de carbone : chaque sommet ou extrémité de la ligne brisée en représente un, et les atomes d'hydrogène liés aux carbones ne sont pas écrits.

La molécule porte deux groupes carboxyle $-\mathrm{COOH}$ et un groupe hydroxyle $-\mathrm{OH}$.

Deux groupes carboxyle : famille des **acides carboxyliques** ; un groupe hydroxyle : famille des **alcools**.

PIÈGE
Entourer seulement $\mathrm{C{=}O}$ ou seulement OH dans un groupe carboxyle : le groupe est l'ensemble $-\mathrm{COOH}$. Les H portés par O restent écrits en formule topologique.



Q1 · Formule topologique de l'acide malique, groupes caractéristiques entourés

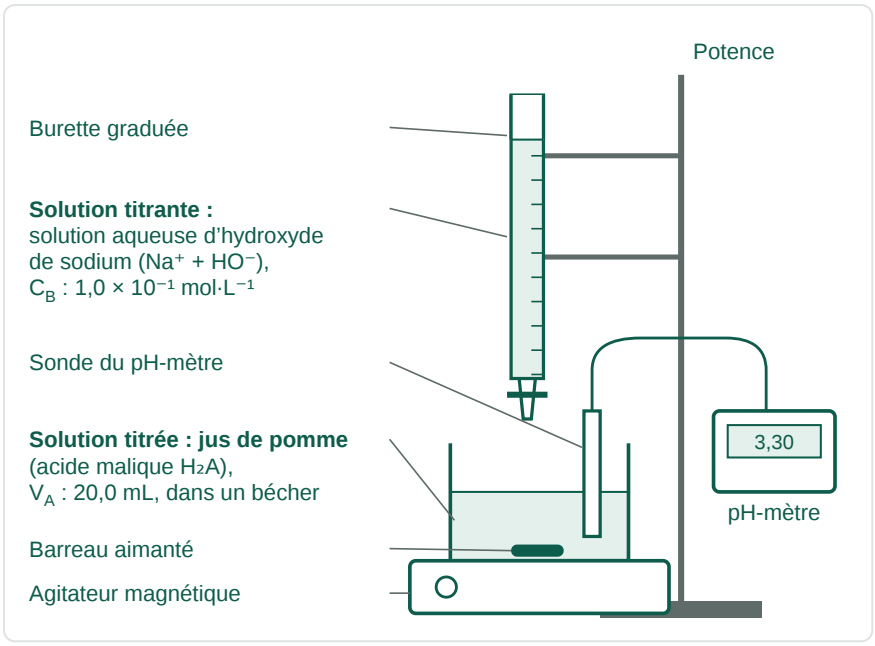
Q2 Schématiser et légender le montage du titrage, en indiquant le nom et la position des espèces titrante et titrée.

L'espèce titrante est l'ion hydroxyde $\mathrm{HO^-}$ de la solution d'hydroxyde de sodium, placée dans la burette graduée.

L'espèce titrée est l'acide malique $\mathrm{H_2A}$ du jus de pomme ($V_A = 20{,}0$ mL prélevés à la pipette jaugée), placé dans le bécher avec la sonde du pH-mètre, sous agitation.

Titrant : $\mathrm{HO^-}$ dans la burette ; titré : $\mathrm{H_2A}$ dans le bécher (voir schéma).

PIÈGE
Un schéma sans légende complète perd des points : burette, bécher, agitateur magnétique, barreau aimanté, pH-mètre, et le nom des deux solutions à leur place.



Q2 · Montage du titrage avec suivi pH-métrique

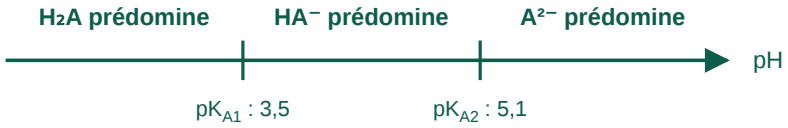
Q3 Établir le diagramme de prédominance des différentes formes acide-base associées à l'acide malique.

Données utiles $\mathrm{H_2A/HA^-}$: $\mathrm{p}K_{A1} = 3{,}5$; $\mathrm{HA^-/A^{2-}}$: $\mathrm{p}K_{A2} = 5{,}1$

Pour un couple acide-base, l'acide prédomine si $\mathrm{pH} < \mathrm{p}K_A$ et la base si $\mathrm{pH} > \mathrm{p}K_A$.

$\mathrm{H_2A}$ prédomine pour $\mathrm{pH} < 3{,}5$; $\mathrm{HA^-}$ pour $3{,}5 < \mathrm{pH} < 5{,}1$; $\mathrm{A^{2-}}$ pour $\mathrm{pH} > 5{,}1$.

COMPRENDRE
L'espèce $\mathrm{HA^-}$ est amphotère : base du premier couple et acide du second. Elle occupe donc la zone centrale, entre les deux $\mathrm{p}K_A$.



Q3 · Diagramme de prédominance de l'acide malique

Q4 Déterminer graphiquement le pH de la solution à la fin du titrage, puis identifier parmi les équations (1) et (2) la réaction support du titrage.

Données utiles figure 1 ; diagramme de prédominance (Q3)

Sur la figure 1, pour les derniers volumes versés ($V \approx 24$ mL), on lit $\mathrm{pH} \approx 10{,}4$.

Ce pH est supérieur à $\mathrm{p}K_{A2} = 5{,}1$: d'après le diagramme de prédominance, l'espèce présente en fin de titrage est $\mathrm{A^{2-}}$. Au début, $\mathrm{pH} \approx 3{,}3 < \mathrm{p}K_{A1}$: l'espèce titrée est bien $\mathrm{H_2A}$.

La réaction support transforme donc $\mathrm{H_2A}$ en $\mathrm{A^{2-}}$.

$\mathrm{pH_{final}} \approx 10{,}4$; réaction support : (2)
$\mathrm{H_2A\,(aq) + 2\,HO^-\,(aq) \longrightarrow A^{2-}\,(aq) + 2\,H_2O\,(l)}$

PIÈGE
L'équation (1) du sujet comporte une coquille : avec un seul ion $\mathrm{HO^-}$, il se forme une seule molécule d'eau, $\mathrm{H_2A + HO^- \longrightarrow HA^- + H_2O}$. Cela ne change pas le choix.

COMPRENDRE
La courbe ne présente qu'un seul saut de pH : les deux $\mathrm{p}K_A$ sont trop proches pour séparer les deux acidités, qui sont titrées ensemble.

Q5 Montrer que la concentration en masse d'acide malique dans le jus de pomme étudié est de $6{,}4\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$.

Données utiles $V_A = 20{,}0$ mL ; $C_B = 1{,}0\times10^{-1}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$; $M(\text{H}_2\text{A}) = 134{,}0\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$; réaction (2) (Q4)

Le volume à l'équivalence est l'abscisse du maximum de la courbe $\frac{\text{dpH}}{\text{d}V}$: $V_E = 19{,}0$ mL.

À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques de la réaction (2) :

$$n(\text{H}_2\text{A})_{\text{titré}} = \frac{n(\text{HO}^-)_{\text{versé}}}{2} \quad \text{soit} \quad C_A\,V_A = \frac{C_B\,V_E}{2}$$

La concentration en masse est $C_m = C_A \times M(\text{H}_2\text{A})$, donc :

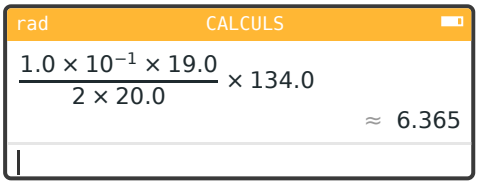
$$C_m = \frac{C_B\,V_E}{2\,V_A}\,M(\text{H}_2\text{A}) = \frac{1{,}0\times10^{-1}\times19{,}0}{2\times20{,}0}\times134{,}0$$

$C_m = 6{,}4\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$: c'est la valeur attendue.

PIÈGE
Oublier le facteur 2 : il faut deux ions HO^- par molécule de H_2A. Sans lui, on trouve $12{,}7\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, le double de la valeur annoncée.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme C_B, la donnée la moins précise. Les deux volumes peuvent rester en mL : leurs unités se simplifient dans le rapport V_E/V_A.

À LA CALCULATRICE



Q6 Montrer que la quantité de matière de diiode $n_0(\text{I}_2)$ initialement présente dans la solution S_1 est proche de $1{,}0\times10^{-3}$ mol.

Données utiles solution de diiode : $V = 20{,}0$ mL ; $[\text{I}_2] = 5{,}0\times10^{-2}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$

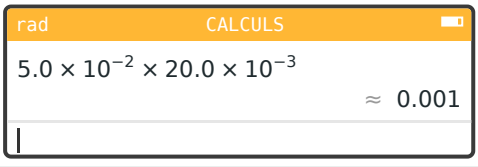
Tout le diiode de S_1 provient des 20,0 mL de solution de diiode introduits :

$$n_0(\text{I}_2) = [\text{I}_2]\times V = 5{,}0\times10^{-2}\times20{,}0\times10^{-3}$$

$n_0(\text{I}_2) = 1{,}0\times10^{-3}$ mol : c'est la valeur attendue.

PIÈGE
Utiliser $V_1 = 75{,}0$ mL : c'est le volume total de S_1, pas celui de la solution de diiode à $5{,}0\times10^{-2}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

À LA CALCULATRICE



Q7 Le glucose étant le réactif limitant, montrer que $n_0(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = n_0(\text{I}_2) - n_f(\text{I}_2)$.

D'après l'équation, une mole de diiode réagit avec une mole de glucose. Pour un avancement x :

$$n(\text{I}_2) = n_0(\text{I}_2) - x \qquad n(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = n_0(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) - x$$

La transformation est totale et le glucose est limitant : il est entièrement consommé à l'état final, donc $x_{\max} = n_0(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)$.

Il reste alors $n_f(\text{I}_2) = n_0(\text{I}_2) - x_{\max} = n_0(\text{I}_2) - n_0(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)$.

$n_0(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = n_0(\text{I}_2) - n_f(\text{I}_2)$

MÉTHODE
Dosage indirect : on introduit un excès connu de réactif, on dose ce qu'il en reste, et la différence donne la quantité de l'espèce cherchée.

Q8 Justifier la couleur de la solution aqueuse de diiode.

Données utiles spectre d'absorbance du diiode ; cercle chromatique

Le spectre montre un maximum d'absorbance vers $\lambda_{max} \approx 450$ nm : la solution absorbe surtout dans le violet-bleu.

La couleur perçue est la couleur complémentaire de la couleur absorbée, diamétralement opposée sur le cercle chromatique : en face de la limite violet-bleu se trouve la zone jaune-orangé.

Absorption maximale vers 450 nm (violet-bleu) : la solution paraît jaune-orangé, en accord avec la teinte jaune-brun observée.

PIÈGE
Dire que la solution « émet » ou « absorbe » du jaune. Elle absorbe le violet-bleu et laisse passer le reste de la lumière blanche.

Q9 En utilisant et en complétant la figure A1 de l'annexe, montrer que $n_f(I_2)$ dans la solution S_1 est de l'ordre de 7×10^{-4} mol.

Données utiles $A = 0{,}619$ pour S_2 ; S_2 : S_1 diluée 10 fois ; $V_1 = 75{,}0$ mL

Les points de la figure A1 sont alignés avec l'origine, conformément à la loi de Beer-Lambert $A = k\,[I_2]$. On trace la droite passant par l'origine et au plus près des points.

Pour $A = 0{,}619$, on lit sur la droite : $[I_2]_{S_2} = 0{,}97\ \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1} = 9{,}7 \times 10^{-4}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

S_2 est obtenue en diluant S_1 dix fois : $[I_2]_{S_1} = 10 \times [I_2]_{S_2} = 9{,}7 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

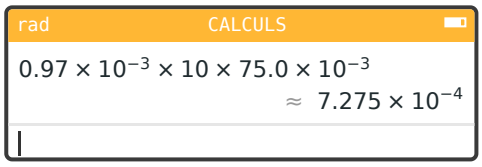
Dans le volume V_1 de S_1 :

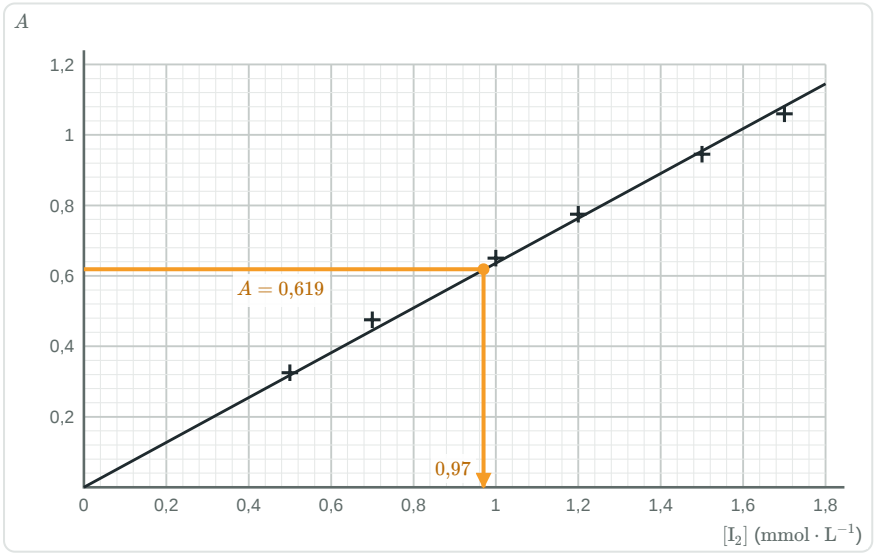
$$n_f(I_2) = [I_2]_{S_1} \times V_1 = 9{,}7 \times 10^{-3} \times 75{,}0 \times 10^{-3}$$

$n_f(I_2) = 7{,}3 \times 10^{-4}$ mol, bien de l'ordre de 7×10^{-4} mol.

PIÈGE
Oublier la dilution au dixième, ou lire l'abscisse en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ alors que l'axe est gradué en $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$.

À LA CALCULATRICE





Q9 · Figure A1 complétée : droite d'étalonnage et lecture pour $A = 0{,}619$

Q10 Déterminer alors la concentration en masse de glucose contenu dans le jus de pomme étudié.

Données utiles $n_0(I_2) = 1{,}0 \times 10^{-3}$ mol (Q6) ; $n_f(I_2) = 7{,}3 \times 10^{-4}$ mol (Q9) ; $M(C_6H_{12}O_6) = 180{,}2\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; 10,0 mL de jus dans 50 mL de S_0 ; prise d'essai : 10,0 mL de S_0

Quantité de glucose dans les $V = 10{,}0$ mL de S_0 prélevés (relation de Q7) :

$n_0(C_6H_{12}O_6) = 1{,}0 \times 10^{-3} - 7{,}3 \times 10^{-4} = 2{,}7 \times 10^{-4}$ mol.

Concentration en quantité de matière de S_0 : $c(S_0) = \dfrac{n_0(C_6H_{12}O_6)}{V} = \dfrac{2{,}7 \times 10^{-4}}{10{,}0 \times 10^{-3}} = 2{,}7 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

S_0 est le jus dilué d'un facteur $F = \dfrac{50}{10{,}0} = 5$: le jus est cinq fois plus concentré.

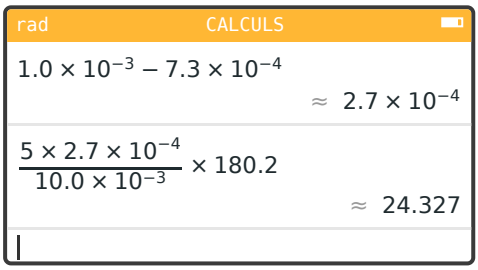
$$C_m(\text{glucose}) = 5 \times c(S_0) \times M(C_6H_{12}O_6) = 5 \times 2{,}7 \times 10^{-2} \times 180{,}2$$

$\boxed{C_m(\text{glucose}) \approx 24\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}}$

COMPRENDRE
Le résultat repose sur la différence de deux valeurs proches : il est peu précis. Avec la valeur arrondie 7×10^{-4} mol de l'énoncé, on obtient $27\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$; toute valeur entre 24 et 27 est cohérente.

MÉTHODE
Remonter la chaîne à l'envers : quantité dans la prise d'essai, concentration de S_0, facteur de dilution, puis passage à la concentration en masse avec M.

À LA CALCULATRICE



Q11 Déterminer, en pourcentage, le titre massique t_m d'acide malique dans le jus de pomme Granny Smith, puis vérifier que le rapport R de ce jus est inférieur à 25.

Données utiles $C_m = 6{,}4\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ (Q5) ; $\rho = 1{,}04 \times 10^3\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$; degré Brix : 12,0 ; $R = \dfrac{^\circ B}{t_m}$

Un litre de jus a une masse de $1{,}04 \times 10^3$ g et contient 6,4 g d'acide malique :

$$t_m = \frac{m(H_2A)}{m_{\text{jus}}} = \frac{C_m}{\rho} = \frac{6{,}4}{1{,}04 \times 10^3} = 6{,}2 \times 10^{-3} \quad \text{soit} \quad t_m = 0{,}62\ \%$$

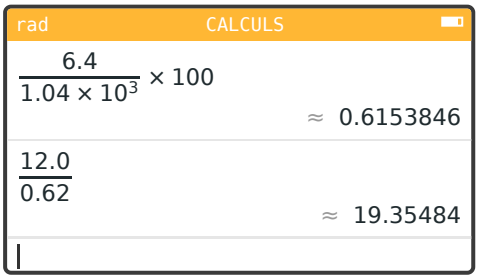
Rapport, avec t_m exprimé en pourcentage : $R = \dfrac{^\circ B}{t_m} = \dfrac{12{,}0}{0{,}62} \approx 19$.

$\boxed{t_m = 0{,}62\ \%\ \text{et}\ R \approx 19 < 25.}$

PIÈGE
Diviser par $6{,}2 \times 10^{-3}$ au lieu de $0{,}62$: l'énoncé précise que t_m s'exprime en pourcentage dans R.

COMPRENDRE
R est en dessous de l'intervalle 30 à 40 : pour la majorité des consommateurs, ce jus n'est pas équilibré, l'acidité domine.

À LA CALCULATRICE



Q12 Choisir en justifiant, parmi les représentations A, B et C de $^\circ B = f(C_m)$, celle(s) qui pourrai(en)t traduire l'affirmation du début de l'exercice.

Une pomme plus acide a une concentration C_m en acide malique plus grande. Une sensation moins sucrée correspondrait à une teneur en sucre, donc à un degré Brix, plus faible.

L'affirmation se traduit par un degré Brix qui diminue lorsque C_m augmente : il faut une courbe décroissante. C'est le cas de A (droite décroissante) et de B (courbe décroissante), pas de C, qui est croissante.

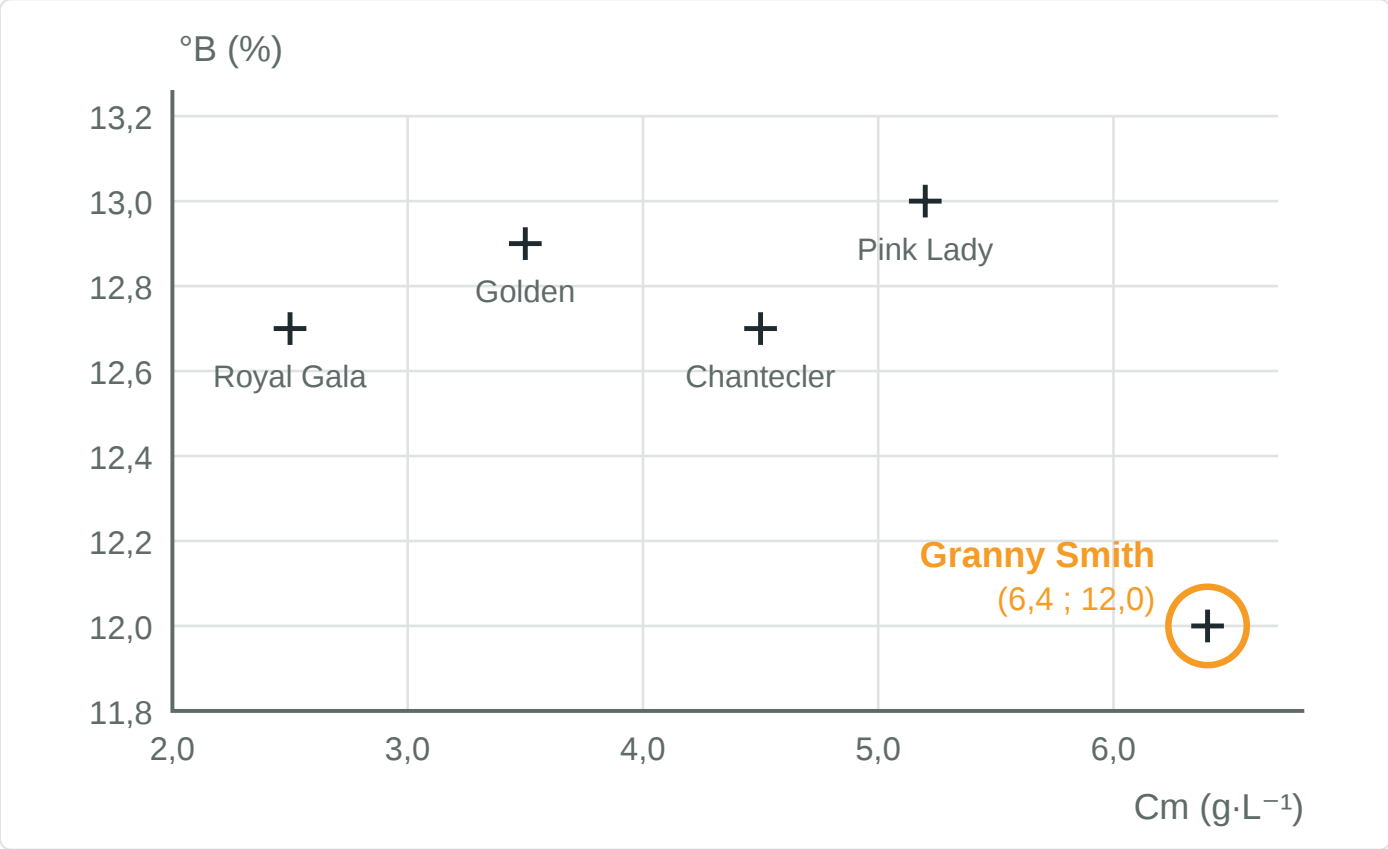
Les représentations A et B conviennent ; la représentation C ne convient pas.

Q13 Entourer sur le graphe de la figure A2 de l'annexe la mesure correspondant à la variété « Granny Smith ».

Données utiles tableau : Granny Smith, $C_m = 6{,}4\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ et degré Brix $12{,}0$

On repère le point d'abscisse $C_m = 6{,}4\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ et d'ordonnée $12{,}0$: c'est le point le plus à droite et le plus bas du graphe.

Point entouré : $(6{,}4\ ;\ 12{,}0)$, en bas à droite de la figure A2.



Q13 · Figure A2 complétée : la mesure « Granny Smith » est entourée

Q14 Commenter ce graphique au regard de l'existence potentielle d'un lien entre les teneurs $^\circ B$ et C_m et l'impression gustative laissée en bouche.

Les points ne dessinent ni une droite ni une courbe décroissante : le nuage ne ressemble à aucune des représentations A ou B. Pour quatre variétés, le degré Brix reste compris entre $12{,}7$ et $13{,}0$ alors que C_m double, de $2{,}5$ à $5{,}2$ $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$. Seule la Granny Smith est à la fois la plus acide et la moins sucrée.

Ces cinq mesures ne montrent donc pas de lien net entre la teneur en sucre et la teneur en acide.

Une pomme plus acide ne contient pas nettement moins de sucre : la sensation moins sucrée est une impression gustative, due à l'acidité plus forte (rapport R plus faible).

COMPRENDRE

Le tableau le confirme : R passe de 51 à 25 pour un degré Brix presque constant. C'est t_m, donc l'acidité, qui fait varier R.