

Exercice 1 – De nombreux ingrédients dans un chewing-gum...

Dans cet exercice, deux ingrédients sont étudiés : un arôme et le colorant E 120. Le document 1 décrit la composition d'un chewing-gum qui contient ces deux espèces chimiques.

Document 1

La consommation mondiale de chewing-gums est d'un demi kilogramme par personne et par an, les Français étant les deuxièmes consommateurs au monde, derrière les Américains.

Voici quelques informations figurant sur une boîte de chewing-gums à la fraise.

Ingrédients

Édulcorants : sorbitol, maltitol, xylitol, sirop de maltitol, aspartame, acésulfame-K.

Gomme base. Agent de charge : E341ii. Stabilisant : E414. Arômes. Acidifiant : E300.

Émulsifiant : lécithine de tournesol.

Agent d'enrobage : E903. Colorant : E120.

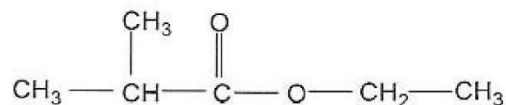
Conseils et information : Conserver à l'abri de la chaleur et de l'humidité.

**Données : Bandes d'absorption IR de quelques liaisons chimiques**

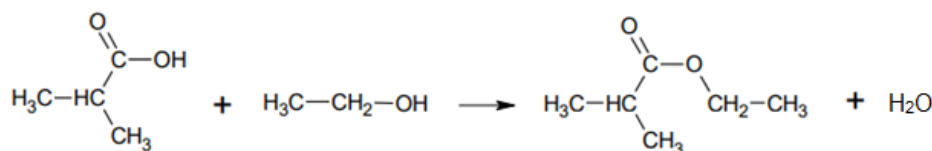
Liaison O–H des alcools	Entre 3200 et 3700 cm ⁻¹	Bande forte, large ou fine
Liaison O–H des acides carboxyliques	Entre 2500 et 3200 cm ⁻¹	Bande forte et large
Liaison C–H _{tri}	Entre 3000 et 3100 cm ⁻¹	Bande moyenne
Liaison C–H _{tétra}	Entre 2800 et 3000 cm ⁻¹	Bande moyenne à forte
Liaison C–H de CHO	Entre 2650 et 2800 cm ⁻¹	Double bande moyenne
Liaison C=O	Entre 1700 et 1800 cm ⁻¹	Bande forte

A. Arôme de fraise

Une fraise naturelle contient plus de 300 espèces chimiques ayant des propriétés aromatiques. Pour reproduire le goût fraise, on ne synthétise que celles qui sont les plus marquantes. Parmi elles, on trouve l'espèce chimique A, ester dont la formule semi-développée est donnée ci-contre.



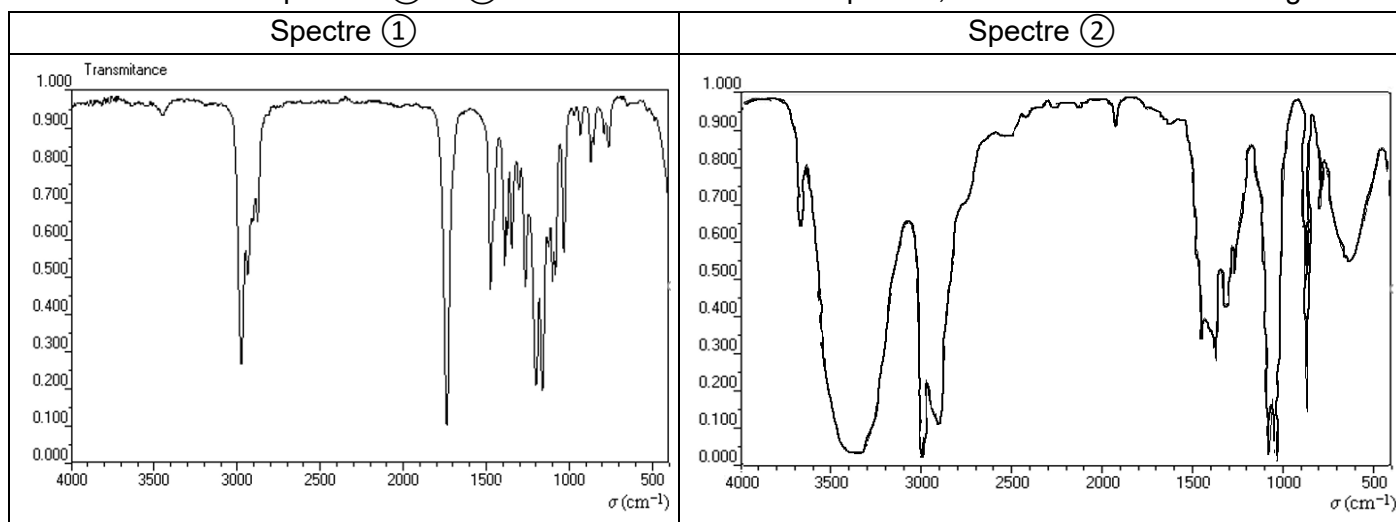
Cette espèce A peut être synthétisée au laboratoire par réaction d'un acide carboxylique et d'un alcool. On donne l'équation de la réaction de synthèse :



- Proposer un nom pour l'acide carboxylique utilisé et un nom pour l'alcool utilisé.

La spectroscopie infrarouge peut être utilisée pour s'assurer que le produit synthétisé est bien celui attendu. On donne ci-dessous deux spectres, l'un correspond à l'éthanol, l'autre au produit synthétisé (espèce A).

- Attribuer les spectres ① et ② fournis à l'éthanol et à l'espèce A, on donnera au moins 2 arguments.



B. Le colorant E120 : rouge cochenille

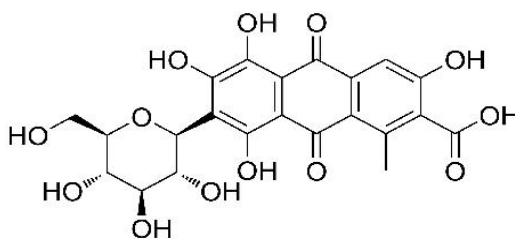
Document 2

Le colorant E120 ou acide carminique est un colorant naturel obtenu à partir de petits insectes : les cochenilles.

15000 insectes sont nécessaires pour obtenir 100 g d'un produit renfermant 15% en masse d'acide carminique, qui est une matière colorante d'un rouge très vif.

La formule topologique de l'acide carminique est donnée ci-contre.

Masse molaire de l'acide carminique : $M = 492,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$



Deux techniques de dosages sont réalisées afin de déterminer le nombre de cochenilles nécessaires pour colorer les chewing-gums d'une boîte.

On introduit un chewing-gum dans de l'eau ; la solution prend une teinte rouge due à la dissolution de l'acide carminique du chewing-gum dans l'eau, dissolution que l'on considère comme totale. On ajuste le volume de la solution à 50,0 mL ; on obtient une solution S de solution aqueuse du colorant rouge cochenille.

Méthode 1

On réalise un dosage par étalonnage spectrophotométrique à partir d'une solution initiale de colorant rouge cochenille diluée plusieurs fois. Les résultats sont reportés dans le tableau ci-dessous.

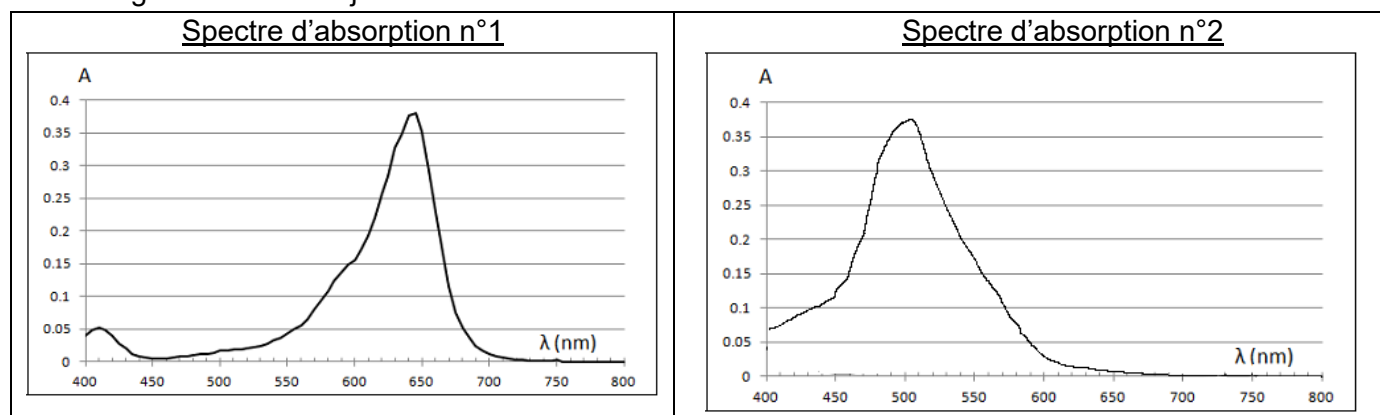
Solution S_i	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6
$C_i (\text{mol}\cdot\text{L}^{-1})$	$6,7\times 10^{-6}$	$1,3\times 10^{-5}$	$2,0\times 10^{-5}$	$2,6\times 10^{-5}$	$3,4\times 10^{-5}$	$6,7\times 10^{-5}$
A	0,058	0,118	0,172	0,253	0,304	0,592

Le graphe rendant compte de ces résultats expérimentaux est donné en ANNEXE 1.

Dans les mêmes conditions, l'absorbance de la solution S est $A = 0,213$.

3.1. On donne ci-dessous deux spectres d'absorption. Associer un des spectres à la solution de rouge cochenille en justifiant votre choix.

X



3.2. A l'aide des résultats expérimentaux donnés en ANNEXE 1, déterminer la valeur de la concentration en quantité de matière en rouge de cochenille dans la solution S.

3.3. En déduire la valeur de la quantité de matière puis celle de la masse de colorant E120 dans un chewing-gum.

3.4. En déduire la masse de colorant nécessaire pour une boîte de 17 chewing-gums puis le nombre d'insectes nécessaires pour produire cette masse. On exposera le raisonnement.

Méthode 2

On réalise un titrage par colorimétrie de la solution S : un échantillon de volume $V = 50,0 \text{ mL}$ de solution S d'acide carminique noté AH est titré par une solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})}$) de concentration $C_B = 2,00 \times 10^{-4} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$. On trouve un volume équivalent $V_E = 6,1 \text{ mL}$.

3.5. Indiquer l'observation qui permet de repérer le volume équivalent.

3.6. Montrer que la valeur de la concentration C de la solution d'acide carminique trouvée par cette méthode est en accord avec celle obtenue par la 1^{ère} méthode.

Exercice 2 – Un simple traitement acide...

Afin d'éliminer les verrues simples, lésions cutanées d'origine virale très contagieuses et souvent douloureuses, on peut les traiter par le froid ou par une « brûlure » chimique. Dans les deux cas, il s'agit de déshydrater les cellules contaminées et de provoquer la destruction du virus. Il est possible de se procurer en pharmacie des crayons qui permettent, à la maison, de traiter sélectivement la verrue. Certains, qui provoquent une brûlure chimique, contiennent une solution gélifiée d'acide trichloroacétique à 40,0% en masse.

L'objectif de cet exercice est de vérifier la concentration en quantité de matière d'acide trichloroacétique du crayon utilisé pour traiter les verrues.

Données :

- couple acide trichloroacétique/ion trichloroacétate: $\text{C}_2\text{HO}_2\text{Cl}_3(\text{aq}) / \text{C}_2\text{O}_2\text{Cl}_3^-(\text{aq})$;
 - masse volumique ρ de la solution à 40,0% en masse d'acide trichloroacétique : $\rho = 1,50 \times 10^3 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$;
 - masse molaire moléculaire de l'acide trichloroacétique : $M = 163,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.
1. Sachant que l'acide trichloroacétique est un acide carboxylique, proposer une formule semi-développée pour l'acide trichloroacétique.

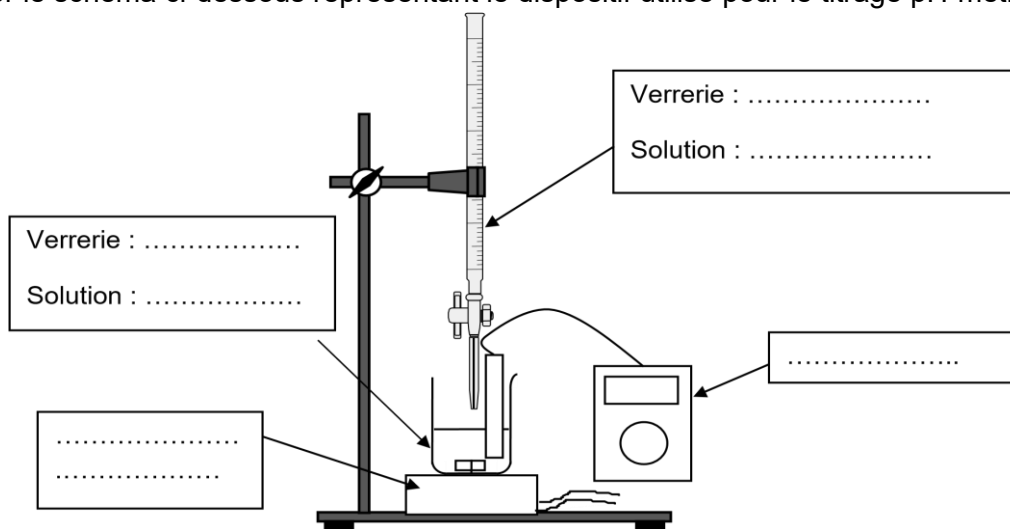
On souhaite préparer un volume V de valeur égale à 100,0 mL d'une solution S_0 d'acide trichloroacétique à 40,0% en masse.

2. Calculer la valeur de la masse m d'acide trichloroacétique à peser pour préparer cette solution S_0 .
3. Vérifier que la valeur de la concentration en quantité de matière c_0 de la solution S_0 d'acide trichloroacétique ainsi préparée, est égale à $3,67 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

On réalise une dilution par 100 de la solution S_0 . Cette solution diluée est notée S_1 .

Un volume $V_1 = 20,0 \text{ mL}$ de la solution S_1 est titré par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq})$) de concentration en soluté apporté $c_2 = 5,00 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

4. Annoter le schéma ci-dessous représentant le dispositif utilisé pour le titrage pH-métrique réalisé.



La courbe de la figure 1 page suivante représente le suivi pH-métrique du milieu réactionnel.

1. À l'aide de la courbe de la figure 1, déterminer le volume V_{2E} de solution d'hydroxyde de sodium versé pour atteindre l'équivalence. On exposera la méthode utilisée.

On veut modéliser la transformation chimique observée lors de la réalisation du titrage par l'hydroxyde de sodium en solution. L'acide trichloroacétique sera noté AH, tandis que l'ion trichloroacétate sera noté A^- .

2. Écrire l'équation de la réaction modélisant la transformation ayant lieu durant le titrage.
3. Donner deux conditions que doit respecter cette transformation pour être utilisée pour un titrage. On supposera par la suite que ces deux conditions sont réalisées.
4. Définir l'état d'équivalence.
5. En déduire la valeur de la concentration en quantité de matière c_1 de la solution diluée d'acide trichloroacétique S_1 .
6. En déduire la valeur de la concentration en quantité de matière $c_{0\text{exp}}$ de la solution aqueuse d'acide trichloroacétique S_0 .

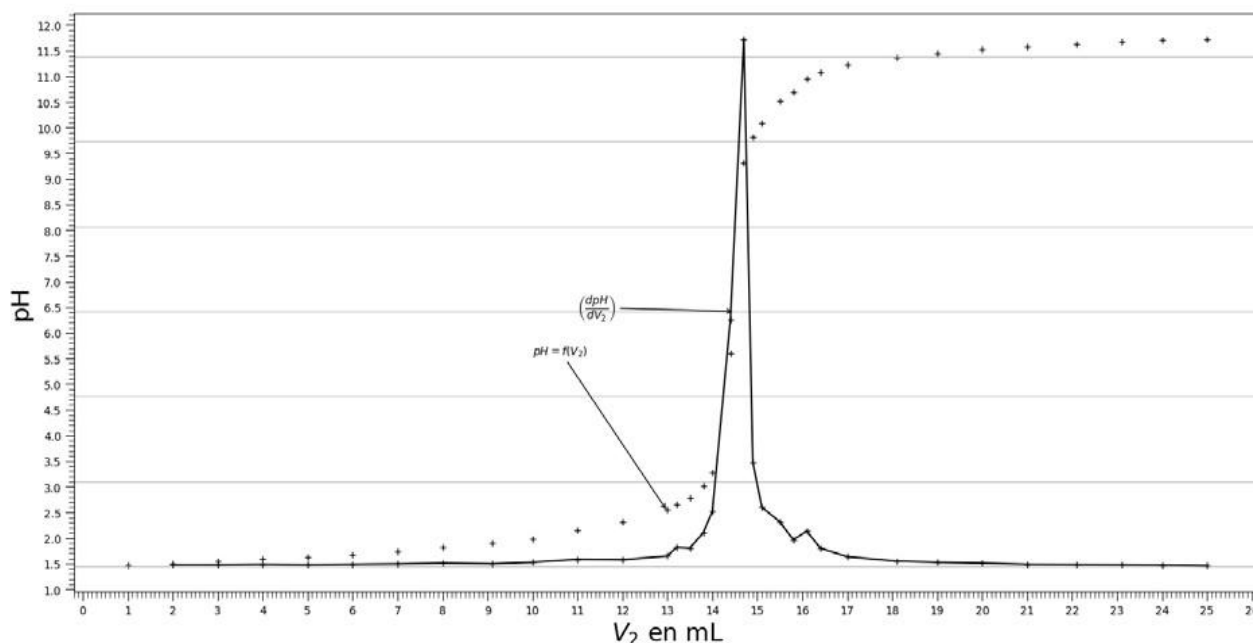


Figure 1. Courbe du titrage de la solution S_1 par la solution d'hydroxyde de sodium de concentration en quantité de matière c_2

On note $u(c_{0\text{exp}})$ l'incertitude-type sur la valeur de la concentration $c_{0\text{exp}}$ de la solution S_0 . Une simulation via l'exécution d'un programme Python donne la valeur de $u(c_{0\text{exp}})$ égale à $4 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Donnée : Le résultat d'une mesure est en accord avec une valeur de référence si la valeur du quotient $\frac{|x - x_{\text{ref}}|}{u(x)}$ est inférieure ou égale à 2, avec x la valeur expérimentale, x_{ref} la valeur de référence, et $u(x)$ l'incertitude-type.

7. Discuter la compatibilité de la valeur de $c_{0\text{exp}}$ trouvée à l'issu du dosage avec celle de la valeur de référence c_0 de la question 3.

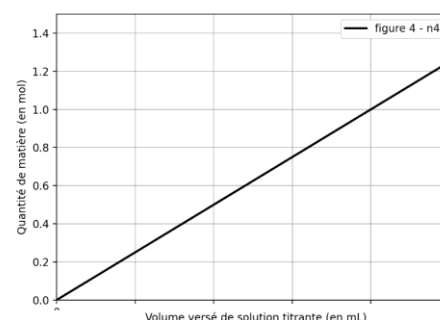
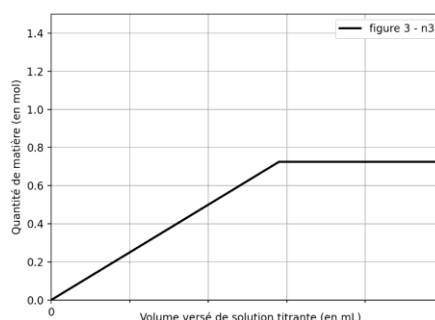
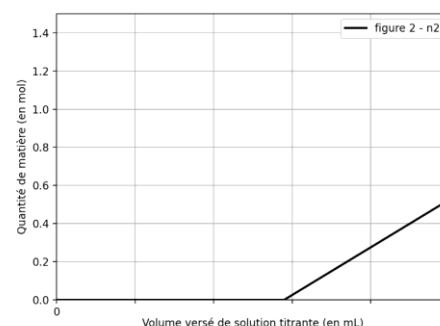
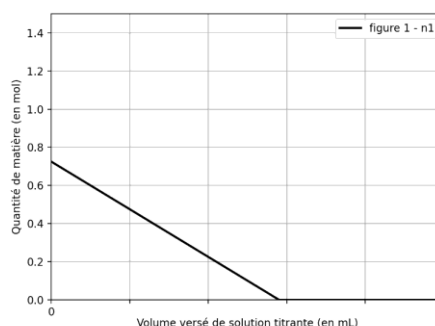
Pour mettre en place un contrôle-qualité rapide et plus systématique, on souhaite remplacer l'usage du pH-mètre dans le dosage par l'emploi d'un simple indicateur coloré acido-basique. On donne ci-dessous les caractéristiques de quelques indicateurs colorés acido-basiques disponibles.

Indicateur coloré	zone de virage	forme acide	forme basique
Bleu de thymol	1,2 à 2,8	rouge	jaune
Rouge de phénol	6,0 à 8,0	jaune	rouge
Thymolphtaléine	9,3 à 10,5	incolore	bleu

8. Choisir l'indicateur coloré le plus pertinent pour le dosage de l'acide trichloroacétique parmi le choix proposé. Justifier la réponse.

9. Simulation du titrage.

Pour simuler l'évolution des quantités de matières de 4 espèces chimiques présentes en solution lors du titrage précédent (HO^- ; Na^+ ; AH ; A^-), on utilise un programme en langage Python. Dans ce programme, les quantités de matière sont notées n_1 , n_2 , n_3 et n_4 . Chacun des quatre graphiques suivants, obtenus à l'aide du programme représente l'évolution de la quantité de matière d'une des espèces chimiques. En justifiant explicitement le raisonnement, indiquer pour chaque graphe l'espèce chimique correspondante.



ANNEXE de l'exercice 1 – à rendre avec la copie

ANNEXE 1

Résultats d'un étalonnage spectrophotométrique pour des solutions de colorant rouge cochenille

