

Avec le soutien de



GlaxoSmithKline



et  
des Universités  
Francophones et  
leurs Associations  
de Promotions des  
Sciences



## OLYMPIADE FRANCOPHONE DE CHIMIE 2022

### *PROBLEMES - NIVEAU II (élèves de 6<sup>ème</sup>)*

R. CAHAY, S. CAUBERGH, D.COIBION, S. DAMMICCO, L. DEMARET, R. FRANCOIS, J. FURNEMONT, S.HOFFMAN, M. HUSQUINET-PETIT, V. LONNAY, C. MALHERBE, A. MAREE, A.STOUSE.

**Votre n° d'inscription à conserver :**

Chères étudiantes, chers étudiants,

Nous vous félicitons pour votre participation à l'Olympiade de chimie et nous vous souhaitons plein succès dans cette deuxième épreuve ainsi que dans vos études et dans toutes vos entreprises futures. Nous vous félicitons aussi d'avoir réussi la première épreuve, en particulier cette année marquée par une situation pandémique sans précédent. Vos brillants résultats vous permettent, aujourd'hui, d'aborder l'épreuve "**Problèmes**".

Vous trouverez ci-joint **4 problèmes**. Les **matières sur lesquelles portent ces questions sont : la chimie générale, la stœchiométrie, le pH, l'oxydoréduction et la chimie organique.**

**Vous disposez de deux heures** pour répondre. Vous pouvez utiliser une machine à calculer non programmable, mais vous ne devez être en possession d'aucun document personnel.

Répondez à chacun des problèmes sur la feuille (recto et verso, si nécessaire) où figure l'énoncé. **Indiquez clairement votre raisonnement et vos calculs. Justifiez vos réponses et indiquez les unités aux réponses finales.** La dernière feuille est une feuille de brouillon qui ne sera pas prise en considération pour l'évaluation. Détachez les deux premières feuilles et conservez-les. **Indiquez clairement le numéro d'inscription personnel** qui vous a été communiqué sur chacune des feuilles de questions et de réponses. La grille de cotation pour chaque question se trouve en haut de page.

*À l'issue de l'évaluation de cette deuxième épreuve, les LAUREATS DE L'OLYMPIADE NATIONALE seront connus et invités à suivre un stage de formation en vue de déterminer le classement final des lauréats nationaux (sur base d'une troisième épreuve pratique et théorique à l'issue du stage) et de la sélection des deux représentants francophones aux Olympiades Internationales de Chimie.*

**Les organisateurs de l'Olympiade Francophone de Chimie.**

**Détachez cette feuille et conservez-la**



## Constantes Utiles

(Déterminez cette feuille si nécessaire)

### LIÈGE université TABLEAU PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS

1												18						
I a	2											III a	IV a	V a	VI a	VII a	VIII a	
1,01		masse atomique relative $A_r$																4,00
<b>H</b>		élément $X$																<b>He</b>
1	II a											5	6	7	8	9	10	
6,94	9,01											10,81	12,01	14,01	16,00	19,00	20,18	
<b>Li</b>	<b>Be</b>											<b>B</b>	<b>C</b>	<b>N</b>	<b>O</b>	<b>F</b>	<b>Ne</b>	
3	4											26,98	28,09	30,97	32,07	35,45	39,95	
22,99	24,31																	
<b>Na</b>	<b>Mg</b>	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	<b>Al</b>	<b>Si</b>	<b>P</b>	<b>S</b>	<b>Cl</b>	<b>Ar</b>	
11	12	III b	IV b	V b	VI b	VII b	VIII b			I b	II b	13	14	15	16	17	18	
39,10	40,08	44,96	47,88	50,94	52,00	54,94	55,85	58,93	58,69	63,55	65,39	69,72	72,61	74,92	78,96	79,90	83,80	
<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Sc</b>	<b>Ti</b>	<b>V</b>	<b>Cr</b>	<b>Mn</b>	<b>Fe</b>	<b>Co</b>	<b>Ni</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Ga</b>	<b>Ge</b>	<b>As</b>	<b>Se</b>	<b>Br</b>	<b>Kr</b>	
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
85,47	87,62	88,91	91,22	92,91	95,94		101,07	102,91	106,42	107,87	112,41	114,82	118,71	121,75	127,60	126,90	131,29	
<b>Rb</b>	<b>Sr</b>	<b>Y</b>	<b>Zr</b>	<b>Nb</b>	<b>Mo</b>	<b>Tc*</b>	<b>Ru</b>	<b>Rh</b>	<b>Pd</b>	<b>Ag</b>	<b>Cd</b>	<b>In</b>	<b>Sn</b>	<b>Sb</b>	<b>Te</b>	<b>I</b>	<b>Xe</b>	
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	
132,91	137,33	(1)	174,97	178,49	180,95	183,9	186,21	190,21	192,22	195,08	196,97	200,59	204,38	207,21	208,98			
<b>Cs</b>	<b>Ba</b>	57 -	<b>Lu</b>	<b>Hf</b>	<b>Ta</b>	<b>W</b>	<b>Re</b>	<b>Os</b>	<b>Ir</b>	<b>Pt</b>	<b>Au</b>	<b>Hg</b>	<b>Tl</b>	<b>Pb</b>	<b>Bi</b>	<b>Po*</b>	<b>At*</b>	
55	56	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	
		(2)																
<b>Fr*</b>	<b>Ra*</b>	89 -	<b>Lr*</b>	<b>Rf*</b>	<b>Db*</b>	<b>Sg*</b>	<b>Bh*</b>	<b>Hs*</b>	<b>Mt*</b>	<b>Ds*</b>	<b>Rg*</b>	<b>Cn*</b>	<b>Nh*</b>	<b>Fl*</b>	<b>Mc*</b>	<b>Lv*</b>	<b>Ts*</b>	
87	88	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	
																	118	

1) Lanthanides	138,92	140,12	140,91	144,24		150,36	151,97	157,25	158,93	162,50	164,93	167,26	168,93	173,04
	<b>La</b>	<b>Ce</b>	<b>Pr</b>	<b>Nd</b>	<b>Pm*</b>	<b>Sm</b>	<b>Eu</b>	<b>Gd</b>	<b>Tb</b>	<b>Dy</b>	<b>Ho</b>	<b>Er</b>	<b>Tm</b>	<b>Yb</b>
	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
2) Actinides	232,04	231,04	238,03											
	<b>Ac*</b>	<b>Th</b>	<b>Pa</b>	<b>U</b>	<b>Np*</b>	<b>Pu*</b>	<b>Am*</b>	<b>Cm*</b>	<b>Bk*</b>	<b>Cf*</b>	<b>Es*</b>	<b>Fm*</b>	<b>Md*</b>	<b>No*</b>
	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102

\* Éléments n'ayant pas de nucléide (isotope) de durée suffisamment longue et n'ayant donc pas une composition terrestre caractéristique.

#### Constantes

$$R = 8,31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$1F = 9,65 \times 10^4 \text{ C mol}^{-1}$$

$$R = 8,21 \times 10^{-2} \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

Volume d'une mole d'un gaz idéal à 273 K et 101 325 Pa (1 atm) = 22,4 dm<sup>3</sup> mol<sup>-1</sup> (L mol<sup>-1</sup>)

#### Formules simplifiées de pH :

Acide fort	Acide faible	Base forte	Base faible
pH = - log $c_{\text{acide}}$	$\text{pH} = \frac{1}{2} \text{p} K_a - \frac{1}{2} \log c_{\text{acide}}$	$\text{pH} = 14 + \log c_{\text{base}}$	$\text{pH} = 7 + \frac{1}{2} \text{p} K_a + \frac{1}{2} \log c_{\text{base}}$

Mélange tampon :  $\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{c_{\text{base}}}{c_{\text{acide}}}$  25 °C :  $K_w = K_{\text{H}_2\text{O}} = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1,0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2\text{L}^{-2}$

Litre (L) et dm<sup>3</sup> représentent la même unité de volume. Toutes les valeurs ont été exprimées en L. Il en est de même pour mL utilisé comme équivalent à cm<sup>3</sup>.



N° d'inscription :

## Problème I : Acide phosphorique

1a	1b	1c	1c	1d	1e	1f	Total Problème I
1	2	1	2	2	2	3	13

L'acide phosphorique est couramment utilisé en chimie organique ou inorganique mais aussi dans l'industrie alimentaire. On en retrouve notamment dans tous les sodas au cola.

Comme l'acide phosphorique est un triacide, les constantes d'acidité sont les suivantes :

$$pK_{A1} = 2,16; pK_{A2} = 7,21; pK_{A3} = 12,3;$$

- a) Etablir l'équation de la première protolyse de l'acide phosphorique.

- b) Calculer le pH d'une solution 0,050 M de  $H_3PO_4$ .

- c) Etablir l'équation de protolyse de  $PO_4^{3-}$ .

- d) Calculer le pH d'une solution 0,100 M de  $Na_3PO_4$ .



N° d'inscription :

- e) Calculer le pH d'une solution contenant 13,61 g  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  et 17,42 g  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  dans 100 mL de solution.

- f) Calculer le pH après addition 10 mL  $\text{HCl}$  1 M.



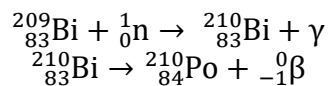
N° d'inscription :

## Problème II : Le polonium

2a	2b	2c	2d	2e	Total Problème II
2	3	5	4	1	15

(Question inspirée par une question de 2003 du Royaume-uni).

Le polonium est un élément radioactif du groupe VI, découvert en 1898 par Marie Curie. On le trouve naturellement en quantités infimes dans certains minerais, mais de nos jours, il est fabriqué essentiellement par irradiation neutronique de  $^{209}_{83}\text{Bi}$ . Cela produit du  $^{210}_{83}\text{Bi}$ , qui a une courte durée de vie et qui se désintègre en polonium par l'émission d'une particule bêta moins (un électron):



Le Polonium-210 a une demi-vie de 138 jours et il se désintègre par émission d'une particule alpha ( $\text{He}^{2+}$ ).

- a) Indiquer le nucléide formé lors de la désintégration du polonium-210.

En raison de sa demi-vie très courte et de l'impédance des particules alpha qu'il émet, le polonium métallique et ses composés sont auto-échauffants ; 1 g de métal produit 141 W. Voilà la raison de son utilisation dans les unités de chauffage à radio-isotopes (radioisotope heater units, RHU) pour garder les satellites au chaud et fonctionnels dans l'espace, et aussi dans les générateurs thermiques à radio-isotopes (radioisotope thermal generators, RTG) pour produire de l'électricité. Plus récemment, le plutonium-238 a été utilisé à la place du polonium. Le  $^{238}\text{Pu}$  a une demi-vie beaucoup plus longue mais produit moins d'énergie ( $0,56 \text{ W}\cdot\text{g}^{-1}$ ).

- b) Quelle sera la puissance (en  $\text{W}\cdot\text{g}^{-1}$ ) du polonium-210 après une année ?



N° d'inscription :

- c) Après 5 années, la puissance de sortie du  $^{238}\text{Pu}$  est à environ 96% de sa valeur initiale. Estimer la demi-vie du plutonium-238.

L'activité  $A$  d'une source radioactive correspond à sa vitesse de désintégration. L'activité peut être exprimée en Bq (Becquerel, dont 1 Bq correspond à 1 désintégration par seconde) ou en Ci (Curie, dont 1 Ci =  $3,7 \cdot 10^{10}$  Bq). L'activité  $A$  d'une source radioactive au moment  $t$  est donnée par :

$$A(t) = \lambda \cdot N(t)$$

Dont  $\lambda$  représente la constante de désintégration qui est donnée par :  $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$  où :

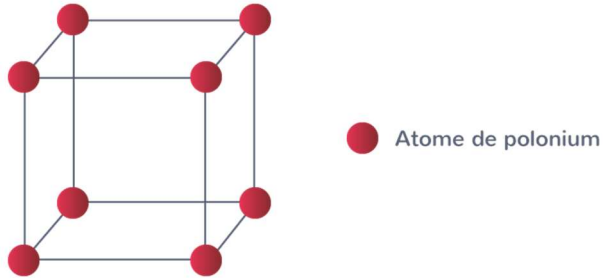
- $t_{1/2}$  représente la demi-vie de l'isotope radioactif (en seconde).
- $N(t)$  est le nombre de particules présentes au moment  $t$ .
- l'activité  $A$  s'exprime en Becquerel (Bq).
- Rappel : 1 mol représente  $6,022 \cdot 10^{23}$  entités.

- d) Calculer l'activité de 1 mg de Polonium-210 en Ci.



N° d'inscription :

Le polonium est unique parmi les éléments en étant le seul à avoir une structure cubique simple avec chaque atome se trouvant au coin d'un cube.



Sachant que :

- Les atomes situés aux sommets de la maille sont communs à 8 mailles et comptent pour  $1/8$ .
- Les atomes situés sur une face de la maille sont communs à 2 mailles et comptent pour  $1/2$ .
- Les atomes situés sur les arêtes de la maille sont communs à 4 mailles et comptent pour  $1/4$ .

e) Déterminer le nombre d'atomes de polonium contenu dans une maille élémentaire



N° d'inscription :

## Problème III : Spectroscopie IR et acide ascorbique

3a	3b	3c	3c	Total Problème III
5	2	2	10	19

Le principe de la spectroscopie infrarouge (IR) repose sur l'absorption de la lumière par la plupart des molécules dans la région de l'infrarouge du spectre électromagnétique et en convertissant cette absorption en vibration moléculaire. Cette absorption correspond spécifiquement aux liaisons présentes dans la molécule. Avec un spectromètre, cette absorption du rayonnement infrarouge par le matériau de l'échantillon est mesurée en fonction de la longueur d'onde sous la forme de nombres d'onde, typiquement de 4000 à 600  $\text{cm}^{-1}$ . Le nombre d'onde correspond au nombre de longueurs d'onde qu'il y a dans 1cm. Ainsi, si  $\lambda = 5$  microns, le nombre d'ondes vaut  $1/0.0005 \text{ cm} = 2000 \text{ cm}^{-1}$ .

Un spectre IR représente le pourcentage de lumière infrarouge qui parvient à traverser un échantillon d'une substance organique, en fonction du nombre d'ondes de la lumière IR utilisée. Ce pourcentage est, en général, proche du maximum de 100% sauf quand la radiation est absorbée par un groupe fonctionnel. Ceci cause un pic d'absorption dans le spectre.

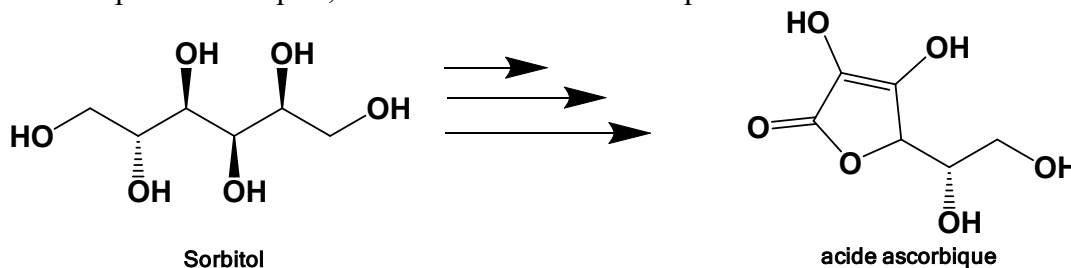
Le tableau suivant donne le nombre d'onde des bandes où certaines liaisons chimiques absorbent l'IR.

Liaison	Nombre d'onde ( $\text{cm}^{-1}$ )	Caractéristiques de la bande d'absorption
O – H alcool	3200 - 3700	forte, large
O – H acide carboxylique	2500 - 3200	forte à moyenne, large
C – H	2800 - 3100	forte ou moyenne
C = O	1650 - 1740	forte

### Synthèse industrielle de l'acide ascorbique

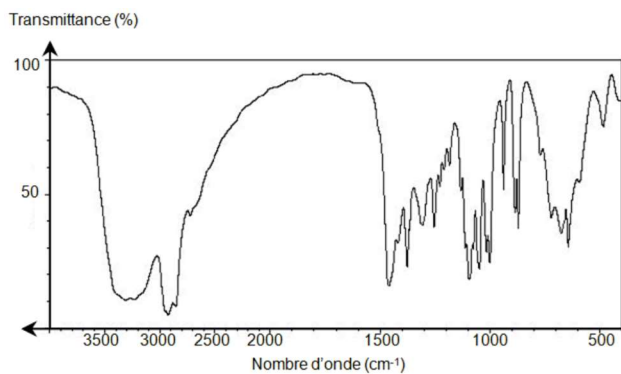
L'acide ascorbique ( $M = 176 \text{ g.mol}^{-1}$ ) ou vitamine C est indispensable à l'homme et à de nombreuses espèces animales. Sa carence alimentaire provoque l'apparition de tuméfactions douloureuses gingivales et articulaires, de lésions osseuses et d'hémorragies, l'ensemble constituant le scorbut.

Il est synthétisé industriellement à partir du sorbitol. La synthèse selon le procédé Reichstein se déroule en plusieurs étapes ; un schéma réactionnel simplifié est décrit ci-dessous.

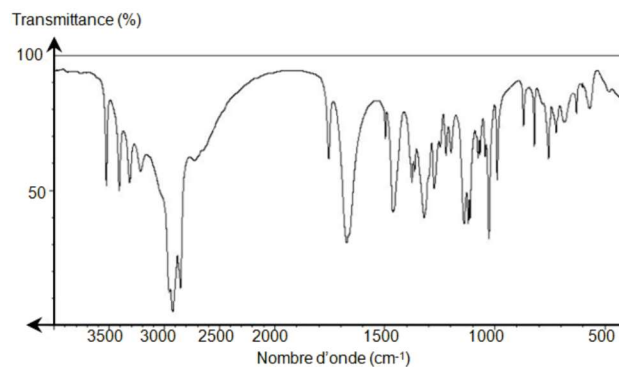




- a) Le déroulement de la synthèse peut être contrôlé par spectroscopie infrarouge. Attribuer les spectres A et B fournis ci-dessous au D - Sorbitol et à l'acide ascorbique. Justifier.



**Spectre A**



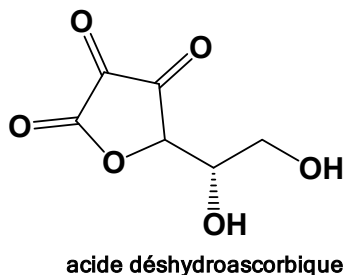
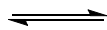
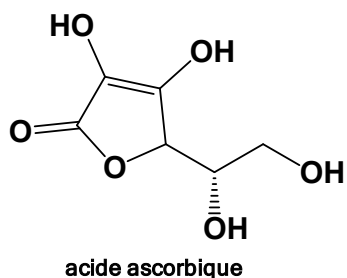
**Spectre B**

L'acide ascorbique est un acide diprotique ( $pK_{a1} = 4,2$  et  $pK_{a2} = 11,6$ ) mais est également le réducteur du couple rédox  $C_6H_6O_6 / C_6H_8O_6$  (0,166 V).



ACLg

N° d'inscription :



Un comprimé vitaminé de 3,0 g contient, entre autres, de l'acide ascorbique. Pour doser la vitamine C, on dissout entièrement le comprimé dans une petite quantité d'eau distillée. Le contenu est versé quantitativement dans un ballon jaugé de 100,0 mL. On prélève à la pipette 10,0 mL de cette solution. On y verse 20,0 mL d'une solution de diiode de concentration 0,1 mol/L (on suppose que seul l'acide ascorbique réagit avec le diiode).

Le diiode en excès est dosé par une solution de thiosulfate de sodium de concentration 0,1 mol/L en présence de quelques gouttes d'empois d'amidon. On atteint l'équivalence lorsque la solution bleue disparaît. Le volume équivalent est de 12,9 mL de thiosulfate.

$$I_2 / I^- : 0,53 \text{ V}$$

$$S_4O_6^{2-} / S_2O_3^{2-} : 0,09 \text{ V}$$

**b)** Ecrire l'équation de la réaction d'oxydo-réduction entre l'acide ascorbique et le diiode ?

**c)** Ecrire l'équation de la réaction d'oxydo-réduction entre le diiode et le thiosulfate ?

**d)** Calculer le pourcentage massique de l'acide ascorbique dans le comprimé ?

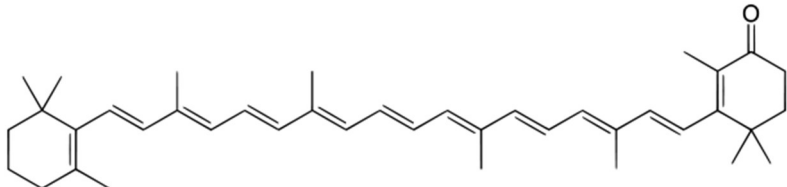
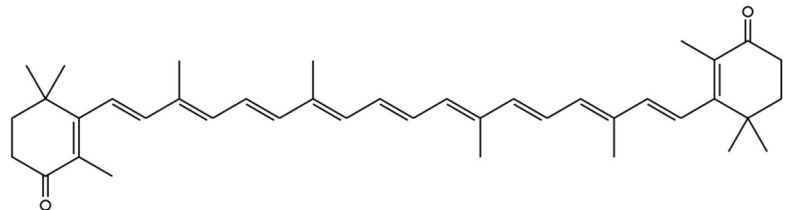
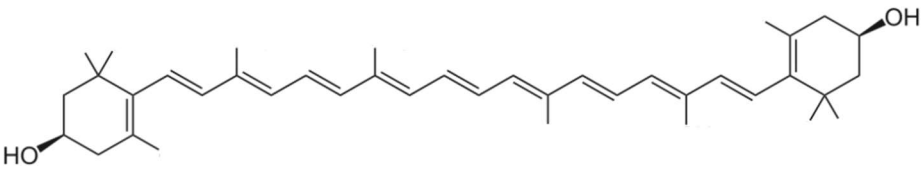
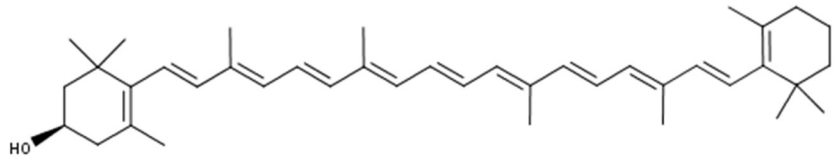
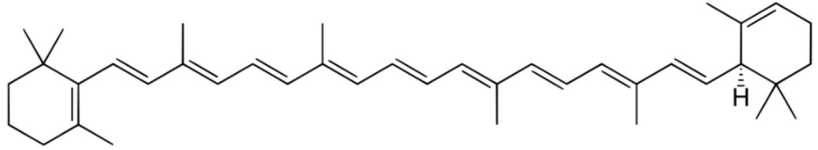


N° d'inscription :

## Problème IV : Les caroténoïdes

4a	4b	4c	Total Problème IV
5	11	6	22

Les caroténoïdes sont des pigments liposolubles allant du jaune au rouge, naturellement présent dans certains aliments comme la carotte, le maïs, la chanterelle ou encore le saumon. La consommation d'aliments riches en caroténoïdes est conseillée, car les caroténoïdes sont des provitamines A, c'est-à-dire des molécules métabolisées par le corps humain en vitamine A, aussi appelée rétinol. Le rétinol est notamment impliqué dans la croissance des os et est également un antioxydant permettant de diminuer les risques de cancer.

Caroténoïde	Masse molaire (g/mol)	$\epsilon_{i,444}$ (L.mol <sup>-1</sup> .cm <sup>-1</sup> )
Echinénone	550,86	2158
		
Canthaxanthine	562,84	2200
		
Zéaxanthine	568,89	2348
		
$\beta$ -cryptoxanthine	552,85	2386
		
$\alpha$ -carotène	536,87	2805
		



N° d'inscription :

Il existe diverses méthodes analytiques permettant de caractériser les caroténoïdes. 3 méthodes vous sont présentées ci-dessous. À l'aide du tableau ci-dessus, identifiez les caroténoïdes étudiés dans les énoncés suivants.

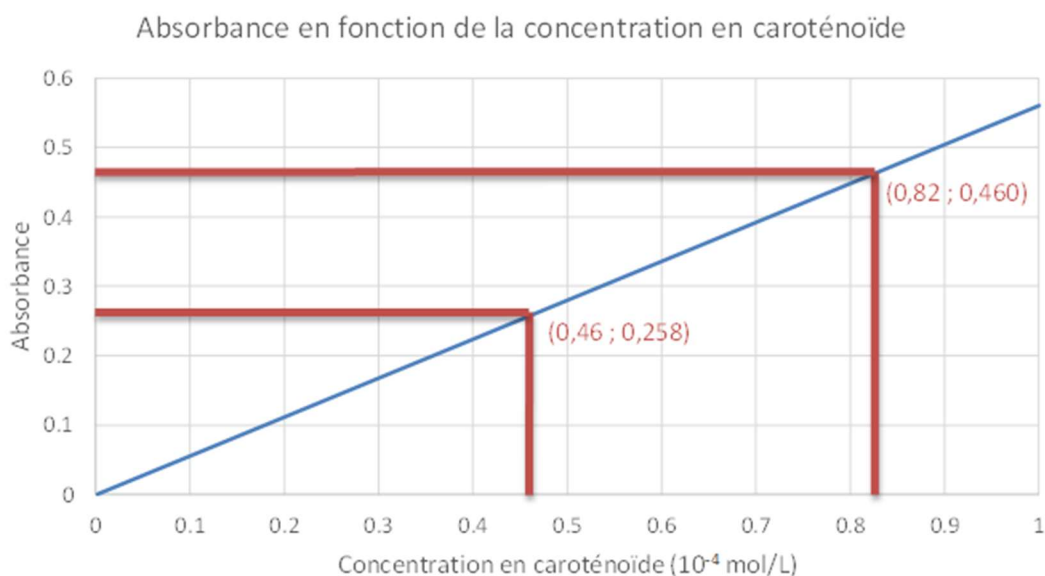
L'absorbance, notée  $A$ , est la capacité d'une solution à absorber un faisceau lumineux à une longueur d'onde précise. L'absorbance dépend de 3 paramètres : le coefficient d'extinction ( $\epsilon_{i,\lambda}$ , grandeur intrinsèque à la substance étudiée pour une longueur d'onde donnée), la longueur du trajet optique du laser au travers de la solution ( $L$ ) et la concentration de la substance en solution ( $[i]$ ).

$$A = \epsilon_{i,\lambda} \cdot L \cdot [i]$$

Il est dès lors possible de déduire la concentration d'une substance en mesurant son absorbance à une longueur d'onde précise. Cependant, cela implique de connaître le coefficient d'extinction de l'échantillon à la longueur d'onde donnée, ce qui n'est pas simple.

Une alternative pour calculer la concentration de l'échantillon consiste à utiliser une droite de calibration, c'est-à-dire faire des mesures d'absorbance sur des solutions de concentrations connues du caroténoïde à doser. Dès lors, en effectuant la mesure d'absorbance sur l'échantillon de concentration inconnue et en l'insérant dans l'équation de la droite de calibration, il est possible d'en retirer la concentration.

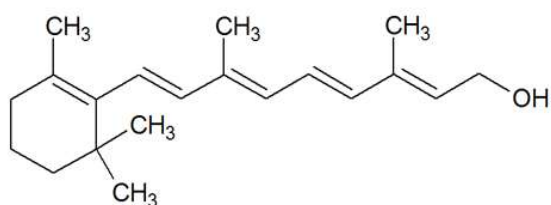
- a) Sachant que l'absorbance mesurée pour un trajet optique de 2,0 cm au sein de l'échantillon est de 0,316 à une longueur d'onde de 444 nm, et à l'aide du graphique ci-dessous, déterminez quel caroténoïde est présent dans la citrouille. Expliquez votre raisonnement à l'aide de calculs.





N° d'inscription :

La métabolisation des caroténoïdes produit 2 équivalents de vitamine A. La molécule de vitamine A, appelée rétinol, possède un proton acide pouvant être titré au moyen d'une base. Pour ce faire, 50,0 mL d'une solution A contenant du Rétinol sont prélevés et dilués dans un erlenmeyer contenant 100,0 mL d'eau désionisée et de la phénolphthaléine comme indicateur coloré. Lors de l'ajout progressif de NaOH, le virage de la phénolphthaléine est observé après ajout de 48,2 mL. Cette soude a été préalablement étalonnée par pesée de 278,1 mg d'acide oxalique  $H_2C_2O_4$  (acide di-protique), ayant donné un virage après ajout de 47,8 mL de soude.

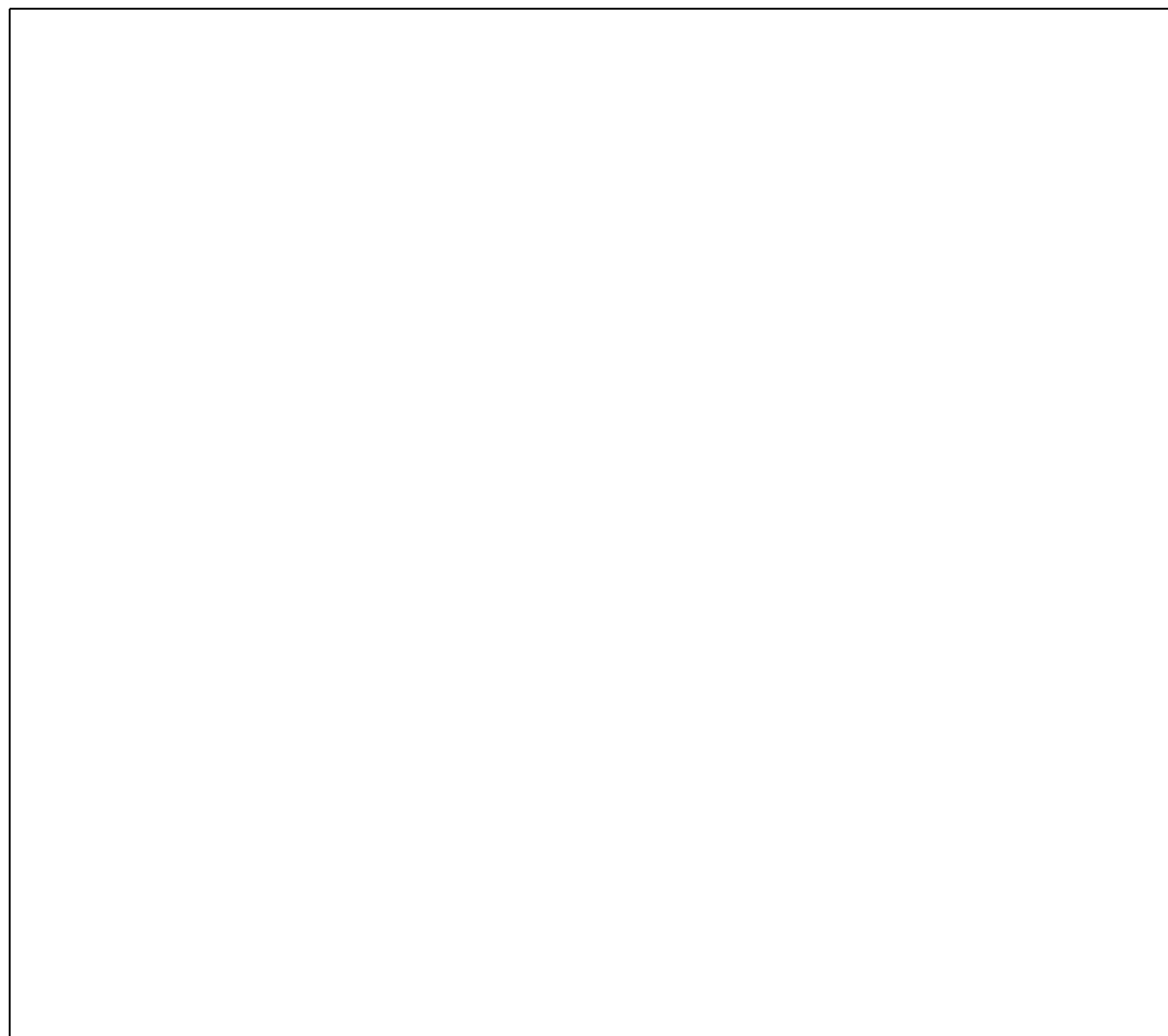


(Rétinol)

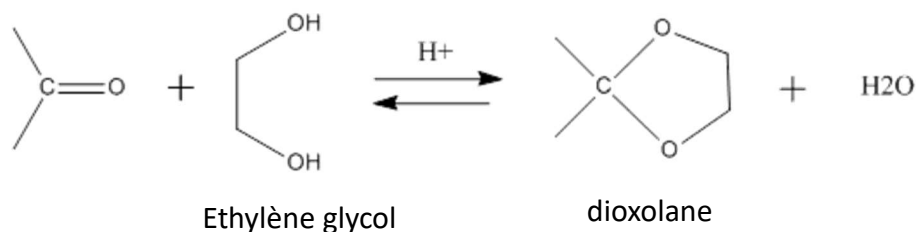
- b) Sachant que la teneur en rétinol dans la solution A est le résultat de la métabolisation de 1,773 g d'un même caroténoïde présent dans le maïs, déterminez duquel il s'agit en expliquant votre raisonnement à l'aide de calculs.



N° d'inscription :



La réaction entre une fonction aldéhyde ou cétone avec un diol est une acétalisation permettant de former des acétals cycliques de la famille des dioxolanes. Cette réaction peut également être utilisée pour identifier ou quantifier les caroténoïdes.



Par exemple, le terme de la réaction d'acétalisation peut être détecté par infrarouge. Après ajout de 12,3 mL d'éthylène glycol à 100,0 mL de concentré de chanterelles, un pic attribuable à la fonction alcool est détecté, synonyme d'un excès de diol (on considère que seul le caroténoïde réagit avec l'éthylène glycol dans le jus de chanterelles). La concentration en caroténoïde dans



N° d'inscription :

le concentré de chanterelles a été préalablement déterminée par absorbance comme étant égale à 1,1 mol/L.

- c) Quel est le caroténoïde présent dans la chanterelle lui donnant sa couleur orange caractéristique ? Appuyez votre réponse avec un raisonnement mathématique.

( $C_2H_6O_2$  :  $\rho = 1,11 \text{ kg/L}$ )





N° d'inscription :

## **Brouillon**

Avec le soutien de



et  
des Universités  
Francophones et  
leurs Associations  
de Promotions des  
Sciences



## OLYMPIADE FRANCOPHONE DE CHIMIE 2022

### *PROBLEMES - NIVEAU II (élèves de 6<sup>ème</sup>)*

R. CAHAY, S. CAUBERGH, D.COIBION, S. DAMMICCO, L. DEMARET, R. FRANCOIS, J. FURNEMONT, S.HOFFMAN, M. HUSQUINET-PETIT, V. LONNAY, C. MALHERBE, A. MAREE, A.STOUSE.

**Votre n° d'inscription à conserver :**

Chères étudiantes, chers étudiants,

Nous vous félicitons pour votre participation à l'Olympiade de chimie et nous vous souhaitons plein succès dans cette deuxième épreuve ainsi que dans vos études et dans toutes vos entreprises futures. Nous vous félicitons aussi d'avoir réussi la première épreuve, en particulier cette année marquée par une situation pandémique sans précédent. Vos brillants résultats vous permettent, aujourd'hui, d'aborder l'épreuve "**Problèmes**".

Vous trouverez ci-joint **4 problèmes**. Les matières sur lesquelles portent ces questions sont : la chimie générale, la stœchiométrie, le pH, l'oxydoréduction et la chimie organique.

Vous disposez de deux heures pour répondre. Vous pouvez utiliser une machine à calculer non programmable, mais vous ne devez être en possession d'aucun document personnel.

Répondez à chacun des problèmes sur la feuille (recto et verso, si nécessaire) où figure l'énoncé. **Indiquez clairement votre raisonnement et vos calculs. Justifiez vos réponses et indiquez les unités aux réponses finales.** La dernière feuille est une feuille de brouillon qui ne sera pas prise en considération pour l'évaluation. Détachez les deux premières feuilles et conservez-les. **Indiquez clairement le numéro d'inscription personnel** qui vous a été communiqué sur chacune des feuilles de questions et de réponses. La grille de cotation pour chaque question se trouve en haut de page.

*À l'issue de l'évaluation de cette deuxième épreuve, les LAUREATS DE L'OLYMPIADE NATIONALE seront connus et invités à suivre un stage de formation en vue de déterminer le classement final des lauréats nationaux (sur base d'une troisième épreuve pratique et théorique à l'issue du stage) et de la sélection des deux représentants francophones aux Olympiades Internationales de Chimie.*

**Les organisateurs de l'Olympiade Francophone de Chimie.**

**Détachez cette feuille et conservez-la**



# Constantes Utiles

(Détachez cette feuille si nécessaire)



## TABLEAU PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS

1 I a												18 VIII a											
1,01 <b>H</b> 1		masse atomique relative		$A_r$		élément				13 III a		14 IV a		15 V a		16 VI a		17 VII a		18 VIII a			
	2 II a											13 III a		14 IV a		15 V a		16 VI a		17 VII a		18 VIII a	
		nombre atomique		$Z$						13 III a		14 IV a		15 V a		16 VI a		17 VII a		18 VIII a			
6,94 <b>Li</b> 3	9,01 <b>Be</b> 4											10,81 <b>B</b> 5	12,01 <b>C</b> 6	14,01 <b>N</b> 7	16,00 <b>O</b> 8	19,00 <b>F</b> 9	20,18 <b>Ne</b> 10						
22,99 <b>Na</b> 11	24,31 <b>Mg</b> 12	3 III b		4 IV b		5 V b		6 VI b		7 VII b		8 VIII b		9 I b		10 II b		13 <b>Al</b> 13	14 <b>Si</b> 14	15 <b>P</b> 15	16 <b>S</b> 16	17 <b>Cl</b> 17	18 <b>Ar</b> 18
39,10 <b>K</b> 19	40,08 <b>Ca</b> 20	44,96 <b>Sc</b> 21	47,88 <b>Ti</b> 22	50,94 <b>V</b> 23	52,00 <b>Cr</b> 24	54,94 <b>Mn</b> 25	55,85 <b>Fe</b> 26	58,93 <b>Co</b> 27	58,69 <b>Ni</b> 28	63,55 <b>Cu</b> 29	65,39 <b>Zn</b> 30	69,72 <b>Ga</b> 31	72,61 <b>Ge</b> 32	74,92 <b>As</b> 33	78,96 <b>Se</b> 34	79,90 <b>Br</b> 35	83,80 <b>Kr</b> 36						
85,47 <b>Rb</b> 37	87,62 <b>Sr</b> 38	88,91 <b>Y</b> 39	91,22 <b>Zr</b> 40	92,91 <b>Nb</b> 41	95,94 <b>Mo</b> 42		101,07 <b>Tc*</b> 43	102,91 <b>Ru</b> 44	106,42 <b>Rh</b> 45	107,87 <b>Pd</b> 46	112,41 <b>Ag</b> 47	114,82 <b>Cd</b> 48	114,82 <b>In</b> 49	118,71 <b>Sn</b> 50	121,75 <b>Sb</b> 51	127,60 <b>Te</b> 52	126,90 <b>I</b> 53	131,29 <b>Xe</b> 54					
132,91 <b>Cs</b> 55	137,33 <b>Ba</b> 56	(1) 174,97 <b>Lu</b> 71	178,49 <b>Hf</b> 72	180,95 <b>Ta</b> 73	183,9 <b>W</b> 74	186,21 <b>Re</b> 75	190,21 <b>Os</b> 76	192,22 <b>Ir</b> 77	195,08 <b>Pt</b> 78	196,97 <b>Au</b> 79	200,59 <b>Hg</b> 80	204,38 <b>Tl</b> 81	207,21 <b>Pb</b> 82	208,98 <b>Bi</b> 83									
		(2) 89 - <b>Fr*</b> 87																					

1) Lanthanides	138,92 <b>La</b> 57	140,12 <b>Ce</b> 58	140,91 <b>Pr</b> 59	144,24 <b>Nd</b> 60		150,36 <b>Pm*</b> 61	151,97 <b>Sm</b> 62	157,25 <b>Eu</b> 63	158,93 <b>Gd</b> 64	162,50 <b>Tb</b> 65	164,93 <b>Dy</b> 66	167,26 <b>Ho</b> 67	168,93 <b>Er</b> 68	173,04 <b>Tm</b> 69	173,04 <b>Yb</b> 70
2) Actinides															
	232,04 <b>Ac*</b> 89	231,04 <b>Th</b> 90	231,04 <b>Pa</b> 91	238,03 <b>U</b> 92											

\* Éléments n'ayant pas de nucléide (isotope) de durée suffisamment longue et n'ayant donc pas une composition terrestre caractéristique.

### Constantes

$$R = 8,31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$1F = 9,65 \times 10^4 \text{ C mol}^{-1}$$

$$R = 8,21 \times 10^{-2} \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

Volume d'une mole d'un gaz idéal à 273 K et 101 325 Pa (1 atm) = 22,4 dm<sup>3</sup> mol<sup>-1</sup> (L mol<sup>-1</sup>)

### Formules simplifiées de pH :

Acide fort	Acide faible	Base forte	Base faible
pH = - log c <sub>acide</sub>	$\text{pH} = \frac{1}{2} \text{p} K_a - \frac{1}{2} \log c_{\text{acide}}$	pH = 14 + log c <sub>base</sub>	$\text{pH} = 7 + \frac{1}{2} \text{p} K_a + \frac{1}{2} \log c_{\text{base}}$

Mélange tampon :  $\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{c_{\text{base}}}{c_{\text{acide}}}$  25 °C :  $K_w = K_{\text{H}_2\text{O}} = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1,0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2\text{L}^{-2}$

Litre (L) et dm<sup>3</sup> représentent la même unité de volume. Toutes les valeurs ont été exprimées en L. Il en est de même pour mL utilisé comme équivalent à cm<sup>3</sup>.



N° d'inscription :

## Problème I : Acide phosphorique

1a	1b	1c	1c	1d	1e	1f	Total Problème I
1	2	1	2	2	2	3	13

L'acide phosphorique est couramment utilisé en chimie organique ou inorganique mais aussi dans l'industrie alimentaire. On en retrouve notamment dans tous les sodas au cola.

Comme l'acide phosphorique est un triacide, les constantes d'acidité sont les suivantes :

$$pK_{A1} = 2,16; pK_{A2} = 7,21; pK_{A3} = 12,3;$$

a) Etablir l'équation de la première protolyse de l'acide phosphorique.



b) Calculer le pH d'une solution 0,050 M de  $\text{H}_3\text{PO}_4$ .

$$\text{H}_3\text{PO}_4 = \text{acide faible} \rightarrow \\ \text{pH} = \frac{1}{2} pK_a - \frac{1}{2} \log C_a = \frac{1}{2} 2,16 - \frac{1}{2} \log 0,05 = 1,73 \quad 2\text{pts}$$

c) Etablir l'équation de protolyse de  $\text{PO}_4^{3-}$ .



d) Calculer le pH d'une solution 0,100 M de  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ .

$$\text{Na}_3\text{PO}_4 = \text{base faible} \\ \text{pH} = 7 + \frac{1}{2} pK_a + \frac{1}{2} \log C_b = 12,65 \quad 2\text{pts}$$

e) Calculer le pH d'une solution contenant 13,61 g  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  et 17,42 g  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  dans 100 mL de solution.

$$[\text{HPO}_4^{2-}] = 13,61/136,09 \cdot 10^{-1} = 1,00 \text{ mol.L}^{-1}$$



N° d'inscription :

$$[\text{H}_2\text{PO}_4^-] = 17,42/174,20 \cdot 10^{-1} = 1,00 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

$$\text{pH} = \text{pK}_A + \log [\text{HPO}_4^{2-}]/[\text{H}_2\text{PO}_4^-] = 7,21 + \log 1/1 = 7,21 \quad 2\text{pts}$$

f) Calculer le pH après addition 10 mL HCl 1 M.

$$n_{\text{HCl}} = 0,01 \text{ mol} \quad 1\text{pt}$$



⇒ Après réaction 1pt

$$n_{\text{HPO}_4^{2-}} = 0,1 - 0,01 = 0,09$$

$$n_{\text{H}_2\text{PO}_4^-} = 0,1 + 0,01 = 0,11$$

$$\text{pH} = 7,21 + \log(0,09/0,11) = 7,12 \quad 1\text{pt}$$



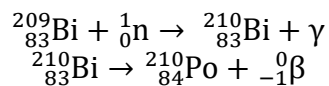
N° d'inscription :

## Problème II : Le polonium

2a	2b	2c	2d	2e	Total Problème II
2	3	5	4	1	15

(Question inspirée par une question de 2003 du Royaume-uni).

Le polonium est un élément radioactif du groupe VI, découvert en 1898 par Marie Curie. On le trouve naturellement en quantités infimes dans certains minerais, mais de nos jours, il est fabriqué essentiellement par irradiation neutronique de  $^{209}_{83}\text{Bi}$ . Cela produit du  $^{210}_{83}\text{Bi}$ , qui a une courte durée de vie et qui se désintègre en polonium par l'émission d'une particule bêta moins (un électron):



Le Polonium-210 a une demi-vie de 138 jours et il se désintègre par émission d'une particule alpha ( $\text{He}^{2+}$ ).

- a) Indiquer le nucléide formé lors de la désintégration du polonium-210.

$^{206}_{82}\text{Pb}$

2pt

En raison de sa demi-vie très courte et de l'impédance des particules alpha qu'il émet, le polonium métallique et ses composés sont auto-échauffants ; 1 g de métal produit 141 W. Voilà la raison de son utilisation dans les unités de chauffage à radio-isotopes (radioisotope heater units, RHU) pour garder les satellites au chaud et fonctionnels dans l'espace, et aussi dans les générateurs thermiques à radio-isotopes (radioisotope thermal generators, RTG) pour produire de l'électricité. Plus récemment, le plutonium-238 a été utilisé à la place du polonium. Le  $^{238}\text{Pu}$  a une demi-vie beaucoup plus longue mais produit moins d'énergie ( $0,56 \text{ W}\cdot\text{g}^{-1}$ ).

- b) Quelle sera la puissance (en  $\text{W}\cdot\text{g}^{-1}$ ) du polonium-210 après une année ?

Demi-vie = 138 jours

1 année =  $365/138$  demi-vies = 2,645 demi-vies

puissance après 1 année =  $141 \text{ W} \cdot 0,5^{2,645} = 22,54 \text{ W}\cdot\text{g}^{-1}$ .

1pt

2pts



N° d'inscription :

- c) Après 5 années, la puissance de sortie du  $^{238}\text{Pu}$  est à environ 96% de sa valeur initiale. Estimer la demi-vie du plutonium-238.

Après  $x$  demi-vies, la puissance de sortie est de 0,96 de la valeur initiale,

→ donc :  $0,5^x = 0,96$ . 2pts

Ainsi :  $x \cdot \ln(0,5) = \ln(0,96) \Leftrightarrow x = 0,05889$  demi-vies en 5 années. 1pt

Donc une demi-vie est de  $5 / x = 84,899$  années  $\approx 85$  années. 2pts

L'activité  $A$  d'une source radioactive correspond à sa vitesse de désintégration. L'activité peut être exprimée en Bq (Becquerel, dont 1 Bq correspond à 1 désintégration par seconde) ou en Ci (Curie, dont 1 Ci =  $3,7 \cdot 10^{10}$  Bq). L'activité  $A$  d'une source radioactive au moment  $t$  est donnée par :

$$A(t) = \lambda \cdot N(t)$$

Dont  $\lambda$  représente la constante de désintégration qui est donnée par :  $\lambda = \frac{\ln}{t_{1/2}}$  où :

- $t_{1/2}$  représente la demi-vie de l'isotope radioactif (en seconde).
- $N(t)$  est le nombre de particules présentes au moment  $t$ .
- l'activité  $A$  s'exprime en Becquerel (Bq).
- Rappel : 1 mol représente  $6,022 \cdot 10^{23}$  entités.

- d) Calculer l'activité de 1 mg de Polonium-210 en Ci.

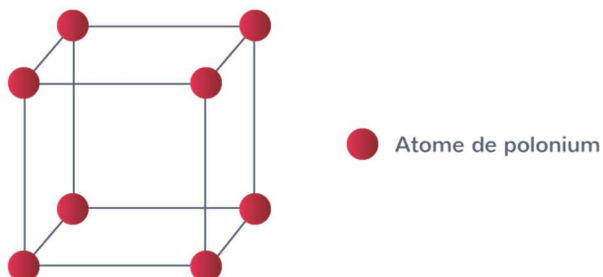
$$A(t) = \frac{\ln 2}{138 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ s}} \cdot \frac{10^{-3} \text{ g}}{210 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 1,667 \cdot 10^{11} \text{ Bq}$$
$$= 4,5 \text{ Ci}$$

4pts



N° d'inscription :

Le polonium est unique parmi les éléments en étant le seul à avoir une structure cubique simple avec chaque atome se trouvant au coin d'un cube.



Sachant que :

- Les atomes situés aux sommets de la maille sont communs à 8 mailles et comptent pour  $1/8$ .
- Les atomes situés sur une face de la maille sont communs à 2 mailles et comptent pour  $1/2$ .
- Les atomes situés sur les arêtes de la maille sont communs à 4 mailles et comptent pour  $1/4$ .

e) Déterminer le nombre d'atomes de polonium contenu dans une maille élémentaire

1 maille élémentaire contient  $8 \cdot 1/8$  atome = 1

1pt





N° d'inscription :

## Problème III : Spectroscopie IR et acide ascorbique

3a	3b	3c	3c	Total Problème III
5	2	2	10	19

Le principe de la spectroscopie infrarouge (IR) repose sur l'absorption de la lumière par la plupart des molécules dans la région de l'infrarouge du spectre électromagnétique et en convertissant cette absorption en vibration moléculaire. Cette absorption correspond spécifiquement aux liaisons présentes dans la molécule. Avec un spectromètre, cette absorption du rayonnement infrarouge par le matériau de l'échantillon est mesurée en fonction de la longueur d'onde sous la forme de nombres d'onde, typiquement de 4000 à 600  $\text{cm}^{-1}$ . Le nombre d'onde correspond au nombre de longueurs d'onde qu'il y a dans 1cm. Ainsi, si  $\lambda = 5$  microns, le nombre d'ondes vaut  $1/0.0005 \text{ cm} = 2000 \text{ cm}^{-1}$ .

Un spectre IR représente le pourcentage de lumière infrarouge qui parvient à traverser un échantillon d'une substance organique, en fonction du nombre d'ondes de la lumière IR utilisée. Ce pourcentage est, en général, proche du maximum de 100% sauf quand la radiation est absorbée par un groupe fonctionnel. Ceci cause un pic d'absorption dans le spectre.

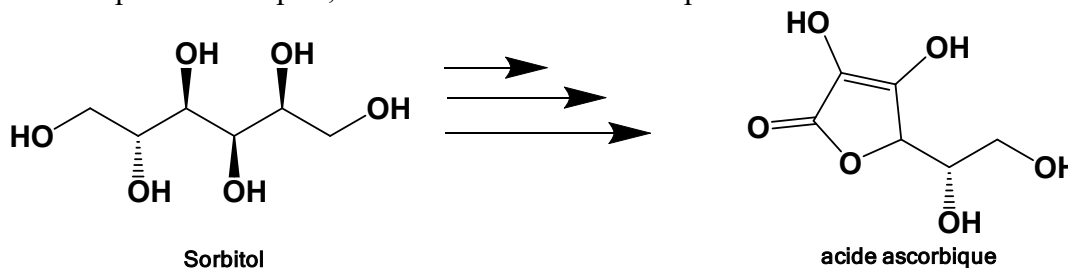
Le tableau suivant donne le nombre d'onde des bandes où certaines liaisons chimiques absorbent l'IR.

Liaison	Nombre d'onde ( $\text{cm}^{-1}$ )	Caractéristiques de la bande d'absorption
O – H alcool	3200 - 3700	forte, large
O – H acide carboxylique	2500 - 3200	forte à moyenne, large
C – H	2800 - 3100	forte ou moyenne
C = O	1650 - 1740	forte

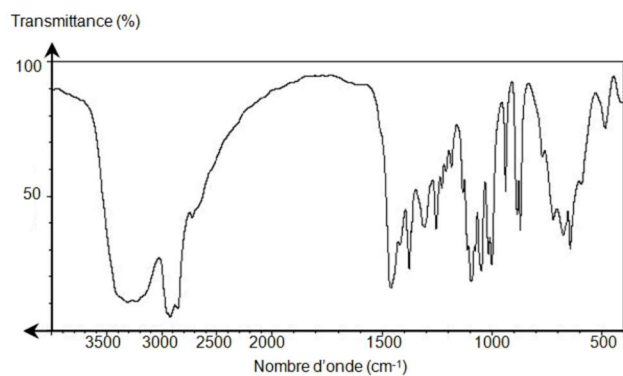
### Synthèse industrielle de l'acide ascorbique

L'acide ascorbique ( $M = 176 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) ou vitamine C est indispensable à l'homme et à de nombreuses espèces animales. Sa carence alimentaire provoque l'apparition de tuméfactions douloureuses gingivales et articulaires, de lésions osseuses et d'hémorragies, l'ensemble constituant le scorbut.

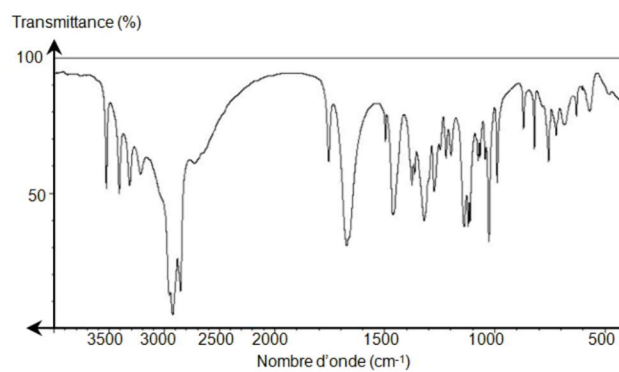
Il est synthétisé industriellement à partir du sorbitol. La synthèse selon le procédé Reichstein se déroule en plusieurs étapes ; un schéma réactionnel simplifié est décrit ci-dessous.



- a) Le déroulement de la synthèse peut être contrôlé par spectroscopie infrarouge. Attribuer les spectres A et B fournis ci-dessous au D - Sorbitol et à l'acide ascorbique. Justifier.



**Spectre A**



**Spectre B**

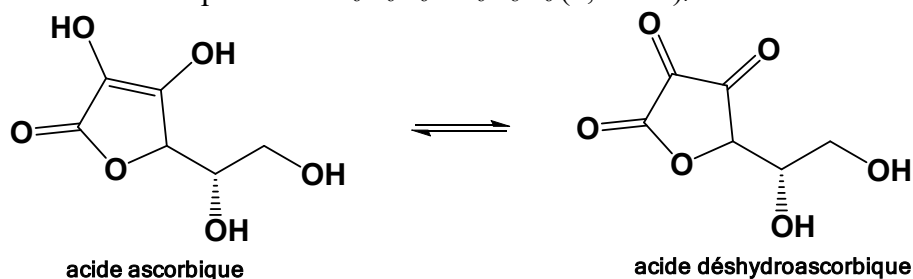
Spectre A = Sorbitol et Spectre B = Acide ascorbique car : 2pts

- Présence d'un pic plus large entre 3200 et 3700 pour le sorbitol car plus de fonction alcool.  
1pt
- Présence d'un pic à 1700  $\text{cm}^{-1}$  dans le spectre B correspondant à la liaison  $\text{C}=\text{O}$  dans l'ac. ascorbique.  
1pt
- Bande entre 2700 et 3000 plus large pour sorbitol car plus de liaison  $\text{C}-\text{H}$  que dans l'acide ascorbique.  
1pt



N° d'inscription :

L'acide ascorbique est un acide diprotique ( $pK_{a1} = 4,2$  et  $pK_{a2} = 11,6$ ) mais est également le réducteur du couple rédox  $C_6H_6O_6 / C_6H_8O_6$  ( $0,166$  V).



Un comprimé vitaminé de 3,0 g contient, entre autres, de l'acide ascorbique. Pour doser la vitamine C, on dissout entièrement le comprimé dans une petite quantité d'eau distillée. Le contenu est versé quantitativement dans un ballon jaugé de 100,0 mL. On prélève à la pipette 10,0 mL de cette solution. On y verse 20,0 mL d'une solution de diiode de concentration 0,1 mol/L (on suppose que seul l'acide ascorbique réagit avec le diiode).

Le diiode en excès est dosé par une solution de thiosulfate de sodium de concentration 0,1 mol/L en présence de quelques gouttes d'empois d'amidon. On atteint l'équivalence lorsque la solution bleue disparaît. Le volume équivalent est de 12,9 mL de thiosulfate.

$$I_2 / I^- : 0,53 \text{ V}$$

$$S_4O_6^{2-} / S_2O_3^{2-} : 0,09 \text{ V}$$

- b) Ecrire l'équation de la réaction d'oxydo-réduction entre l'acide ascorbique et le diiode ?



3pts

- c) Ecrire l'équation de la réaction d'oxydo-réduction entre le diiode et le thiosulfate ?



3pts

- d) Calculer le pourcentage massique de l'acide ascorbique dans le comprimé ?

Titration en excès :

$$PE : 2 n_{I_2 \text{ excès}} = n_{S_2O_3^{2-}}$$

$$\Leftrightarrow n_{I_2 \text{ excès}} = (0,1 \cdot 12,9 \cdot 10^{-3}) / 2 = 0,645 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \quad 2\text{pts}$$

$$n_{I_2 \text{ Tot}} = 0,1 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \quad 1\text{pt}$$

$$n_{I_2 \text{ Titré}} = n_{I_2 \text{ Tot}} - n_{I_2 \text{ excès}} = (2 - 0,645) \cdot 10^{-3} = 1,355 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \quad 2\text{pts}$$

Titration acide ascorbique (AA) :

$$PE : n_{I_2 \text{ excès}} = n_{AA}$$

$$\Leftrightarrow n_{AA} = 1,355 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \quad 1\text{pt}$$



N° d'inscription :

⇒  $n_{AA}$  dans une pilule entière :  $1,355 \cdot 10^{-3} \cdot 10 = 1,355 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$  2pts

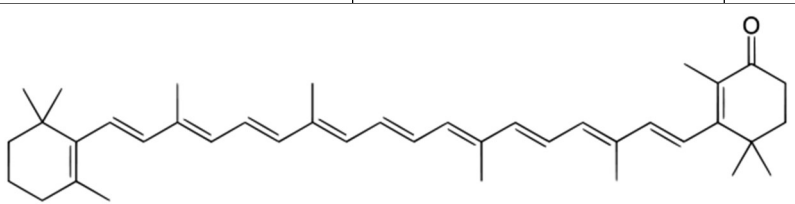
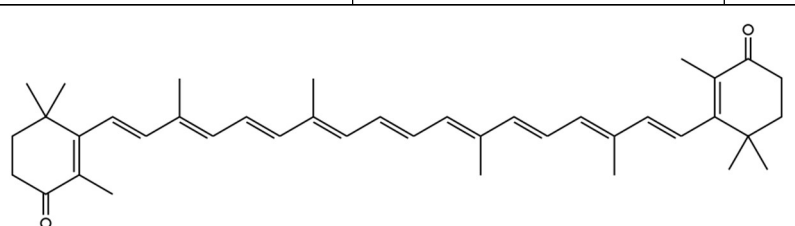
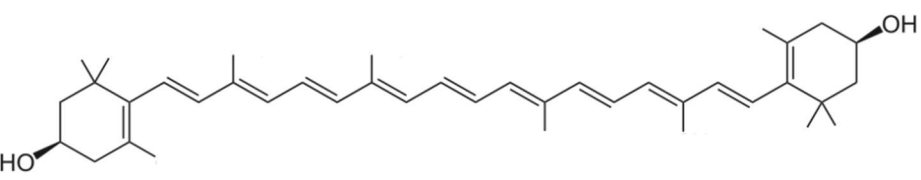
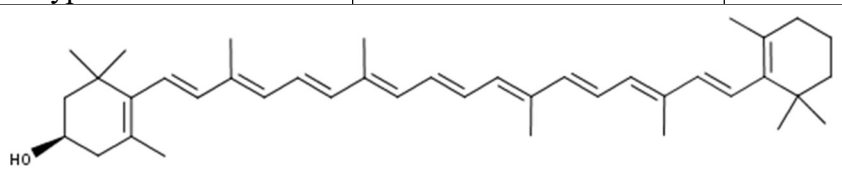
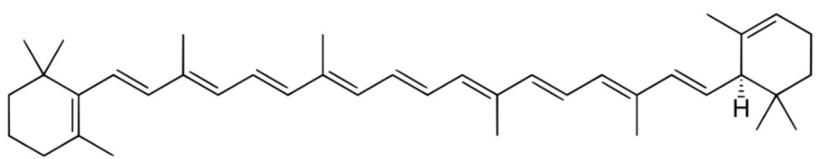
⇒  $m_{AA} = n_{AA} \cdot M_{AA} = 1,355 \cdot 10^{-2} \cdot 176,12 = 2,386 \text{ g}$  1pt

⇒ %AA dans un comprimé de 3g =  $2,386/3 \cdot 100 = 79,5 \%$  1pt

## Problème IV : Les caroténoïdes

4a	4b	4c	Total Problème IV
5	11	6	22

Les caroténoïdes sont des pigments liposolubles allant du jaune au rouge, naturellement présent dans certains aliments comme la carotte, le maïs, la chanterelle ou encore le saumon. La consommation d'aliments riches en caroténoïdes est conseillée, car les caroténoïdes sont des provitamines A, c'est-à-dire des molécules métabolisées par le corps humain en vitamine A, aussi appelée rétinol. Le rétinol est notamment impliqué dans la croissance des os et est également un antioxydant permettant de diminuer les risques de cancer.

Caroténoïde	Masse molaire (g/mol)	$\epsilon_{i,444}$ (L.mol <sup>-1</sup> .cm <sup>-1</sup> )
Echinénone	550,86	2158
		
Canthaxanthine	562,84	2200
		
Zéaxanthine	568,89	2348
		
$\beta$ -cryptoxanthine	552,85	2386
		
$\alpha$ -carotène	536,87	2805
		

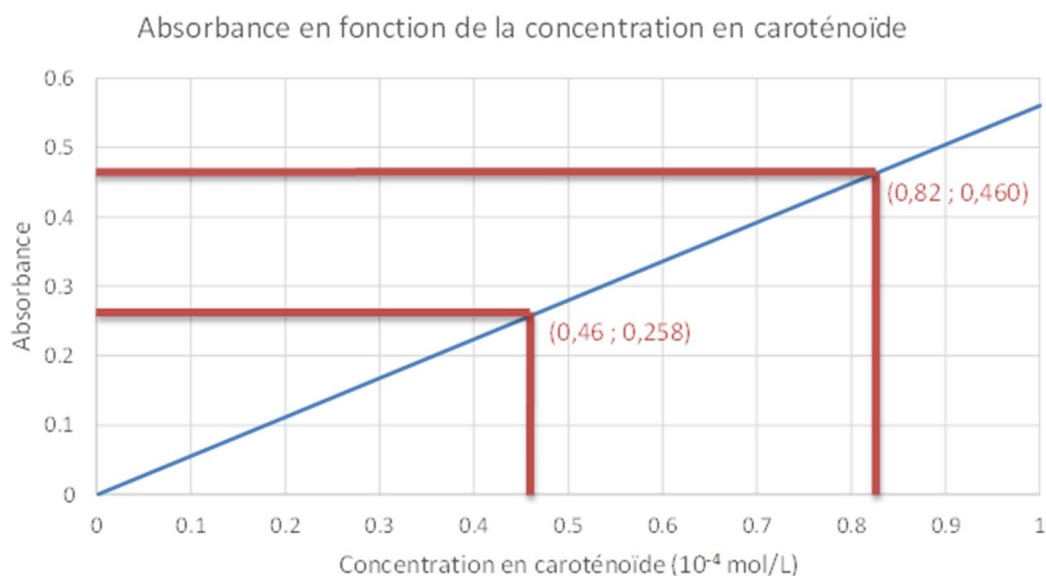
Il existe diverses méthodes analytiques permettant de caractériser les caroténoïdes. 3 méthodes vous sont présentées ci-dessous. À l'aide du tableau ci-dessus, identifiez les caroténoïdes étudiés dans les énoncés suivants.

L'absorbance, notée  $A$ , est la capacité d'une solution à absorber un faisceau lumineux à une longueur d'onde précise. L'absorbance dépend de 3 paramètres : le coefficient d'extinction ( $\epsilon_i$ , grandeur intrinsèque à la substance étudiée pour une longueur d'onde donnée), la longueur du trajet optique du laser au travers de la solution ( $L$ ) et la concentration de la substance en solution ( $[i]$ ).

$$A = \epsilon_{i,\lambda} \cdot L \cdot [i]$$

Il est dès lors possible de déduire la concentration d'une substance en mesurant son absorbance à une longueur d'onde précise. Cependant, cela implique de connaître le coefficient d'extinction de l'échantillon à la longueur d'onde donnée, ce qui n'est pas simple. Une alternative pour calculer la concentration de l'échantillon consiste à utiliser une droite de calibration, c'est-à-dire faire des mesures d'absorbance sur des solutions de concentrations connues du caroténoïde à doser. Dès lors, en effectuant la mesure d'absorbance sur l'échantillon de concentration inconnue et en l'insérant dans l'équation de la droite de calibration, il est possible d'en retirer la concentration.

- a) Sachant que l'absorbance mesurée pour un trajet optique de 2,0 cm au sein de l'échantillon est de 0,316 à une longueur d'onde de 444 nm, et à l'aide du graphique ci-dessous, déterminez quel caroténoïde est présent dans la citrouille. Expliquez votre raisonnement à l'aide de calculs.

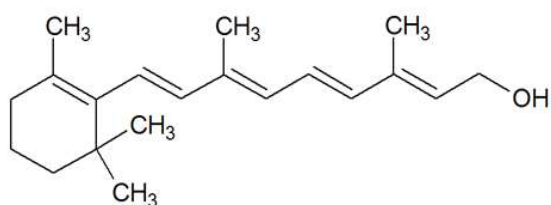




N° d'inscription :

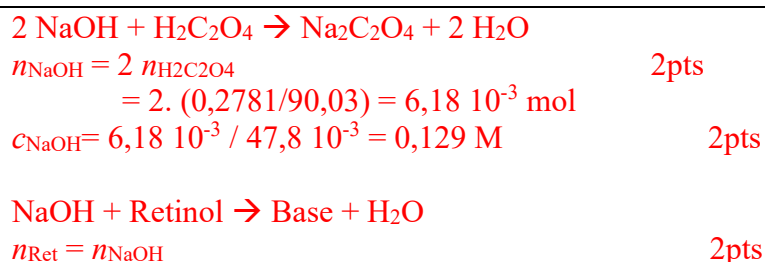
$$\begin{aligned} \text{Pente} &= \Delta y / \Delta x = (0,46 - 0,258) / (0,82 - 0,46) = 0,561 && 1 \text{ pt} \\ \text{Pente} &= \epsilon \cdot L \cdot 10^{-4} \\ \Leftrightarrow \epsilon &= \text{Pente} / 2 \cdot 10^{-4} = 2805 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1} && 3 \text{ pts} \\ &\Rightarrow \text{Alpha-carotène} && 1 \text{ pt} \end{aligned}$$

La métabolisation des caroténoïdes produit 2 équivalents de vitamine A. La molécule de vitamine A, appelée rétinol, possède un proton acide pouvant être titré au moyen d'une base. Pour ce faire, 50,0 mL d'une solution A contenant du Rétinol sont prélevés et dilués dans un erlenmeyer contenant 100,0 mL d'eau désionisée et de la phénolphthaléine comme indicateur coloré. Lors de l'ajout progressif de NaOH, le virage de la phénolphthaléine est observé après ajout de 48,2 mL. Cette soude a été préalablement étalonnée par pesée de 278,1 mg d'acide oxalique  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  (acide di-protique), ayant donné un virage après ajout de 47,8 mL de soude.



(Rétinol)

- b) Sachant que la teneur en rétinol dans la solution A est le résultat de la métabolisation de 1,773 g d'un même caroténoïde présent dans le maïs, déterminez duquel il s'agit en expliquant votre raisonnement à l'aide de calculs.





N° d'inscription :

$$\begin{aligned} &= c_{\text{NaOH}} \cdot V_{\text{NaOH}} \\ &= 6,22 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \end{aligned}$$

1pt

Caroténoïde  $\rightarrow$  2 Retinol

$$n_{\text{Ret}} = 2 n_{\text{Carot}}$$

1pt

$$n_{\text{Carot}} = n_{\text{Ret}}/2 = 6,22 \cdot 10^{-3} / 2 = 3,11 \cdot 10^{-3}$$

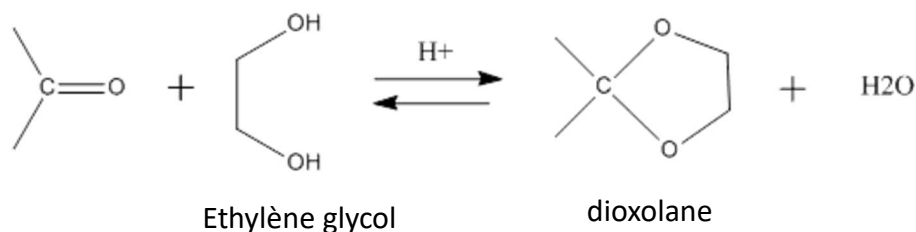
$$M_{\text{carot}} = m_{\text{Carot}}/n_{\text{Carot}} = 1,773/3,11 \cdot 10^{-3} = 570 \text{ g/mol}$$

2pts

$\rightarrow$  Zeaxantine

1pt

La réaction entre une fonction aldéhyde ou cétone avec un diol est une acétalisation permettant de former des acétals cycliques de la famille des dioxolanes. Cette réaction peut également être utilisée pour identifier ou quantifier les caroténoïdes.



Par exemple, le terme de la réaction d'acétalisation peut être détecté par infrarouge. Après ajout de 12,3 mL d'éthylène glycol à 100,0 mL de concentré de chanterelles, un pic attribuable à la fonction alcool est détecté, synonyme d'un excès de diol (on considère que seul le caroténoïde réagit avec l'éthylène glycol dans le jus de chanterelles). La concentration





N° d'inscription :

en caroténoïde dans le concentré de chanterelles a été préalablement déterminée par absorbance comme étant égale à 1,1 mol/L.

- c) Quel est le caroténoïde présent dans la chanterelle lui donnant sa couleur orange caractéristique ? Appuyez votre réponse avec un raisonnement mathématique.

( $C_2H_6O_2$  :  $\rho = 1,11$  kg/L)

Ici, seul 2 carotène possèdent une fonction cétone : échinénone et canthaxanthine  
Pour déterminer lequel est présent dans les chanterelles, il faut déterminer le rapport molaire entre le caroténoïde et l'éthylène-glycol vu que l'échinénone possède 1 fonction cétone et le canthaxanthine 2. 2pts

PE après ajout de 12,3 mL d'éthylène-glycol(EG)

$$m_{EG} = 12,3 \cdot 1,11 = 13,653 \text{ g}$$

$$n_{EG} = 13,653 / 62,07 = 0,22 \text{ mol} \quad 2\text{pts}$$

$$n_{Carot} = c_{Carot} \cdot V_{Carot} = 0,1 \cdot 1,1 = 0,11 \text{ mol} \quad 1\text{pt}$$

⇒ Rapport  $n_{Carot}$  et  $n_{PE} = 2$

⇒ Canthaxanthine 1pt



N° d'inscription :

## **Brouillon**