

BCPST 1 – Devoir Surveillé n°3 – CHIMIE

Mercredi 19 novembre 2025 – 1h30

Usage de la calculatrice : autorisé

Toute réponse doit être justifiée. Tout résultat final doit être mis en valeur.

On attend un résultat littéral préalablement à toute application numérique, ainsi que des réponses concises mais précises.

EXERCICE 1 : AUTOUR DU SOUFRE

(≈ 40 min)

Les parties A, B et C de cet exercice sont indépendantes

Partie A – Le dioxyde de soufre

Tout comme le dioxyde de carbone CO_2 , le dioxyde de soufre SO_2 est l'un des polluants majeurs de l'atmosphère depuis le début de la révolution industrielle, en raison des grandes quantités de charbon, puis de pétrole et de gaz brûlés par les humains,

Dans le dioxyde de soufre SO_2 , chaque liaison SO a une longueur $d_{\text{SO}} = 142 \text{ pm}$ et est caractérisée par un moment dipolaire de norme $p_{\text{SO}} = 1,60 \text{ D}$.

Données : Charge élémentaire : $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; Conversion : $1 \text{ D} = 3,33 \cdot 10^{-30} \text{ C} \cdot \text{m}$.

Numéros atomiques : $Z(\text{O}) = 8$; $Z(\text{S}) = 16$

- 1 - Écrire la représentation de Lewis la plus représentative de SO_2 .
- 2 - Justifier la géométrie de cette molécule autour de l'atome central.
- 3 - Calculer le pourcentage ionique de la liaison SO .
- 4 - La molécule de SO_2 est-elle polaire ? Justifier par un schéma clair accompagné de commentaires.

Partie B – La Jarosite

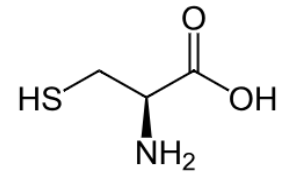
La jarosite est une espèce minérale de formule $\text{KFe}_3(\text{OH})_6(\text{SO}_4)_2$ constituée d'ions hydroxyde HO^- , d'ions sulfate SO_4^{2-} , d'ions potassium K^+ et d'ions fer Fe^x . La jarosite est utilisée comme indicateur géologique pour comprendre les conditions acides passées dans les sols.

- 5 - Déterminer la charge x de l'ion fer.
- 6 - Écrire les formes mésomères les plus représentatives de l'ion sulfate SO_4^{2-} .
- 7 - Comparer l'énergie de la liaison SO dans l'ion sulfate à celle de la liaison SO dans le dioxyde de soufre SO_2 .

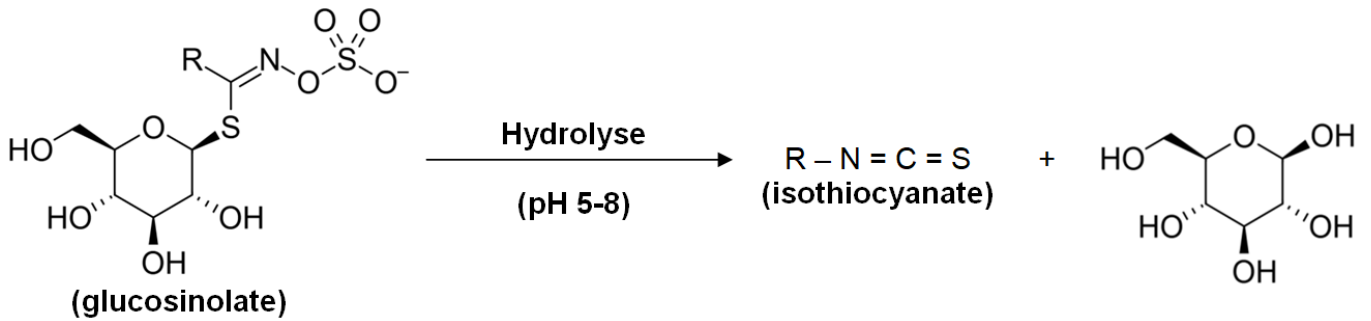
Partie C – Le soufre en biochimie

De nombreuses molécules contiennent l'élément soufre en biochimie :

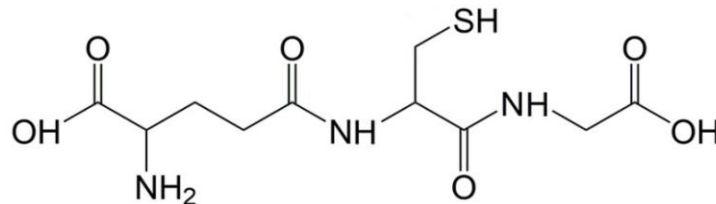
- la cystéine intervient dans la synthèse de la mélanine, le pigment naturel de la peau et des cheveux, mais aussi dans la synthèse du coenzyme A qui joue de nombreux rôles dans le métabolisme humain.



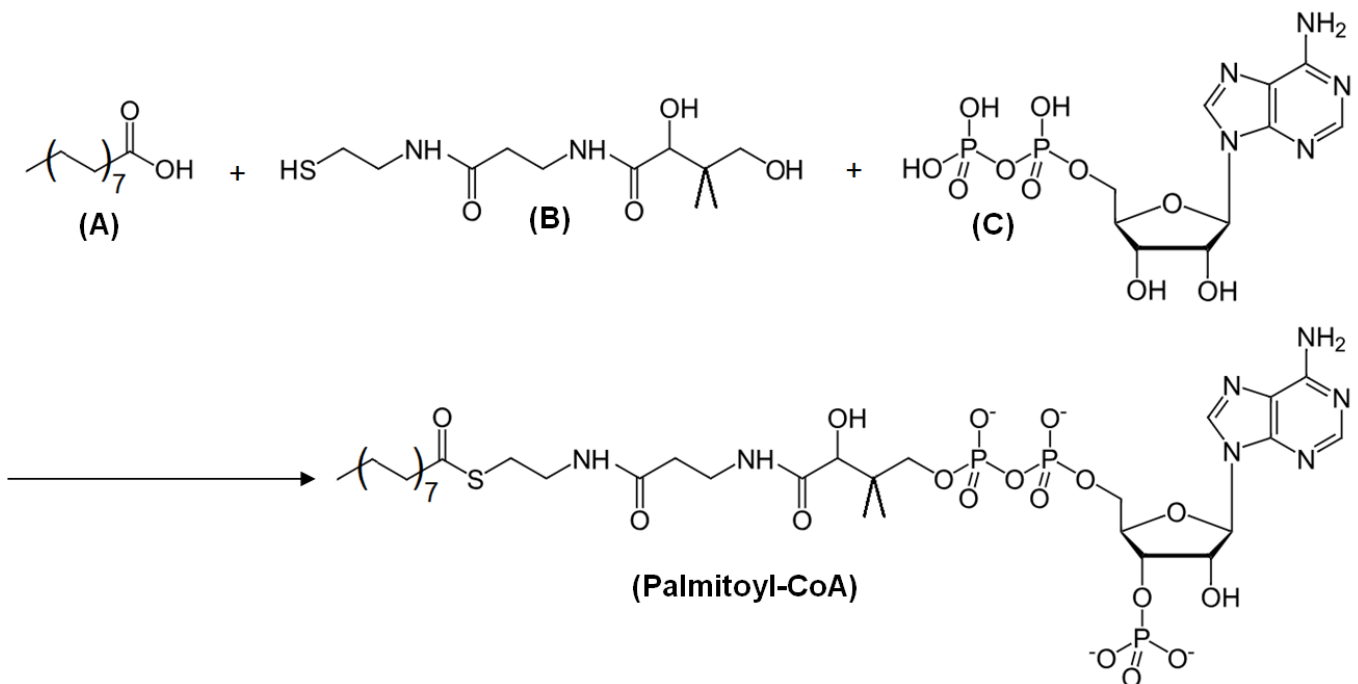
- les glucosinolates sont présents dans certaines plantes comme la moutarde, les radis, le cresson. Ils agissent en tant que moyen de défense contre les ravageurs lors de leur hydrolyse (voir schéma réactionnel ci-dessous) qui libère un isothiocyanate, composé soufré à la saveur amère ou à l'odeur piquante.



- le glutathion est présent dans la plupart des tissus de mammifères, il agit comme antioxydant, piègeur de radicaux libres et agent détoxifiant.

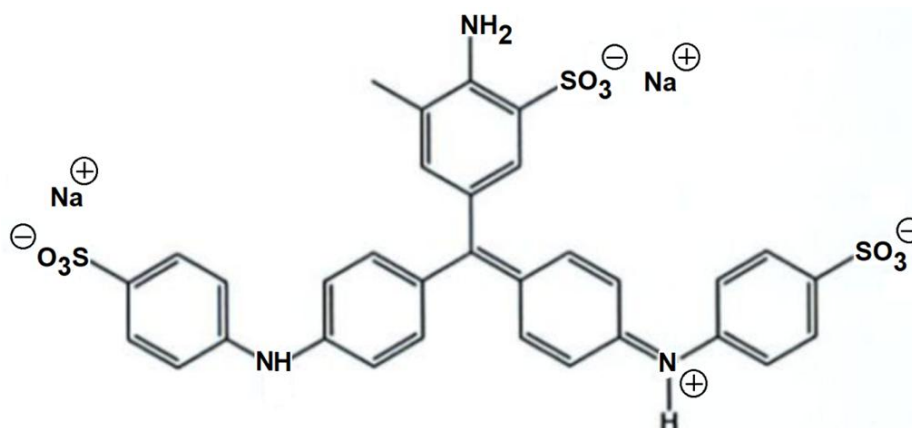


- le palmitoyl-CoA joue un rôle de métabolite chez E.Coli et chez la souris. Il est synthétisé in vivo à partir des molécules A, B et C ci-dessous.



Les questions relatives à cette partie sont indiquées directement sur l'ANNEXE (en fin de devoir) qui devra être complétée, détachée et restituée avec la copie.

Lorsque l'on utilise un stylo plume, la plume libère l'encre qui va pénétrer le papier et le colorer sur une légère profondeur. L'espèce colorée de l'encre bleue est le bleu d'aniline, dont la formule topologique est donnée ci-dessous (formule brute $C_{32}H_{25}N_3Na_2O_9S_3$, masse molaire $M_{bleu} = 737g \cdot mol^{-1}$).



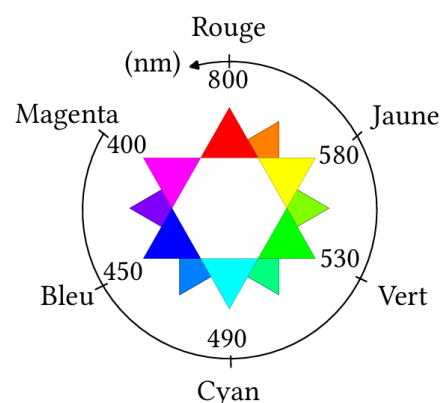
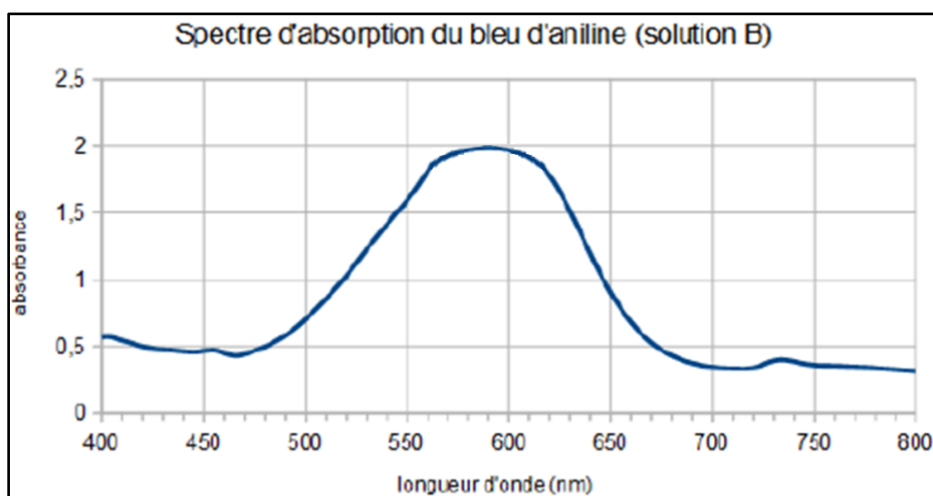
🔗 Dosage du bleu d'aniline dans une cartouche d'encre du commerce

Le but de cette partie est de déterminer la masse de ce colorant présente dans une cartouche d'encre bleue. Pour cela, on réalise le protocole suivant :

Préparation de la solution A : dans une fiole jaugée de volume $V_A = 100 mL$, on introduit la totalité de l'encre d'une cartouche (de volume $V_0 = 0,75 mL$) et on complète avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

Préparation de la solution B : on prélève à l'aide d'une pipette jaugée un volume $V_A' = 50,0 mL$ de la solution A que l'on introduit dans une fiole jaugée de volume $V_B = 100 mL$ et que l'on complète au trait de jauge avec de l'eau distillée.

Étude spectroscopique : on réalise le spectre d'absorption visible de la **solution B** (voir ci-dessous) en utilisant une cuve de $\ell = 1,0 cm$ d'épaisseur. On trouve dans la littérature une valeur numérique $\varepsilon(\lambda_{max})$ associée au bleu d'aniline : $\varepsilon(\lambda_{max}) = 5,00 \cdot 10^4 L \cdot mol^{-1} \cdot cm^{-1}$.



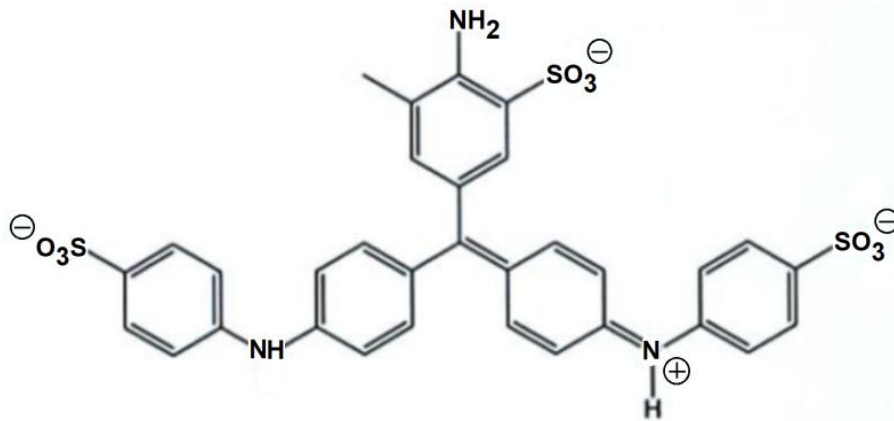
1 - Rappeler la loi reliant l'absorbance d'une solution à la concentration de l'espèce colorée et préciser la nature de chaque terme ainsi que son unité. Comment se nomme cette loi ? Que signifie la précision (λ_{max}) dans l'expression de ε trouvée dans la littérature ?

2 - A l'aide du spectre d'absorption, retrouver la couleur de la solution.

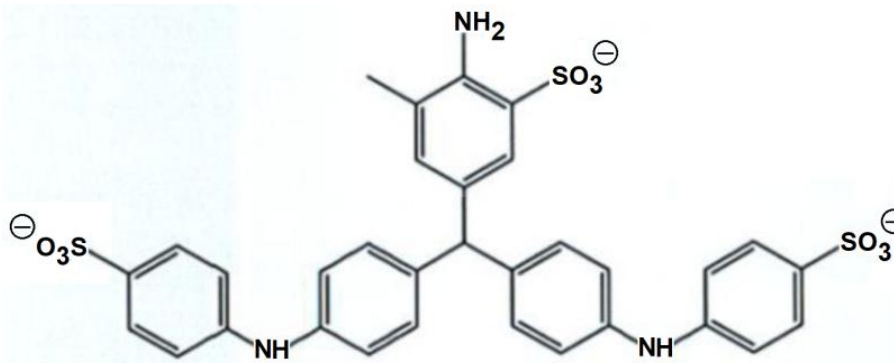
- 3 - Déterminer la concentration C_B en colorant dans la solution B.
- 4 - En déduire la masse m_{bleu} de bleu d'aniline contenue dans une cartouche d'encre.
- 5 - Pourquoi dans ce protocole ne mesure-t-on pas directement l'absorbance de la solution A ?

🔗 Côté blanc de l'effaceur

L'encre bleue peut être effacée par le côté blanc d'un effaceur. Celui-ci contient en effet une solution d'hydrogénosulfite de sodium (Na^+ ; HSO_3^-) et lors de l'effaçage, il se produit une réaction d'oxydoréduction entre le bleu d'aniline et l'ion hydrogénosulfite. L'aniline (notée HB^{2-} ci-dessous) est transformée en sa forme réduite (notée H_3B^{2-} ci-dessous) :



Forme HB^{2-}

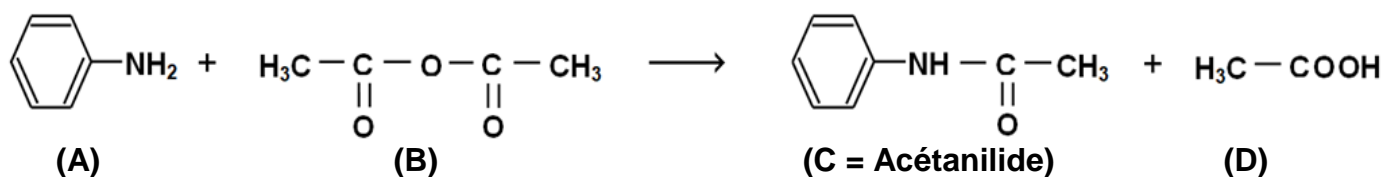


Forme H_3B^{2-}

- 6 - Comment expliquer d'un point de vue structural que la forme HB^{2-} est colorée tandis que la forme H_3B^{2-} est incolore ?

EXERCICE 3 : SYNTHÈSE DE L'ACÉTANILIDE**(≈ 25 min)**

L'acétanilide fut l'un des premiers médicaments antipyrétiques, c'est-à-dire un médicament combattant la fièvre. Dans la suite, on étudie une synthèse de ce composé à partir d'aniline (A) et d'un excès d'anhydride éthanóique (B) selon l'équation :



Les réactifs sont introduits dans un ballon adapté à un dispositif de chauffage à reflux. Après une vingtaine de minutes, le mélange est refroidi d'abord à température ambiante puis dans un bain d'eau glacée jusqu'à apparition de cristaux blancs. On essore ensuite le mélange, on lave le solide obtenu avec de l'eau distillée froide, puis les cristaux sont séchés à l'étuve.

Caractéristiques physico-chimiques de quelques molécules :

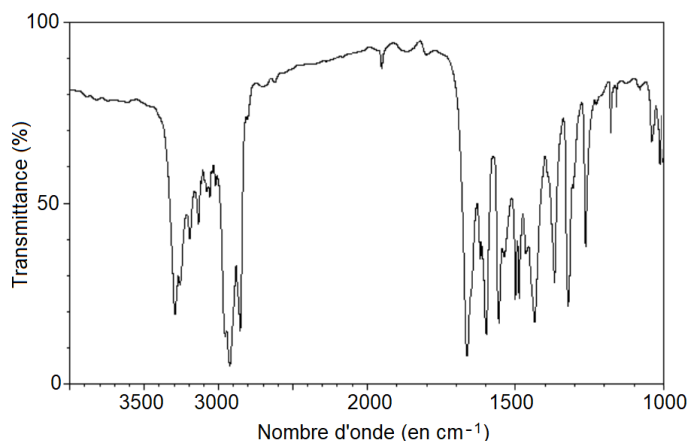
Composé	Solubilité dans l'eau	Température de fusion	Température d'ébullition
Aniline (A)	34 g·L ⁻¹ à 20°C 64 g·L ⁻¹ à 90 °C	- 6 °C	184 °C
Anhydride éthanóique (B)	Réagit avec l'eau en donnant de l'acide éthanóique	- 73 °C	136 °C
Acétanilide (C)	5 g·L ⁻¹ à 20°C 60 g·L ⁻¹ à 90 °C	114 °C	304 °C
Acide acétique (D)	Très grande solubilité de 0°C à 100°C	17 °C	118 °C

Table de nombres d'onde moyens caractéristiques des vibrations d'élongation et déformation en spectroscopie infrarouge

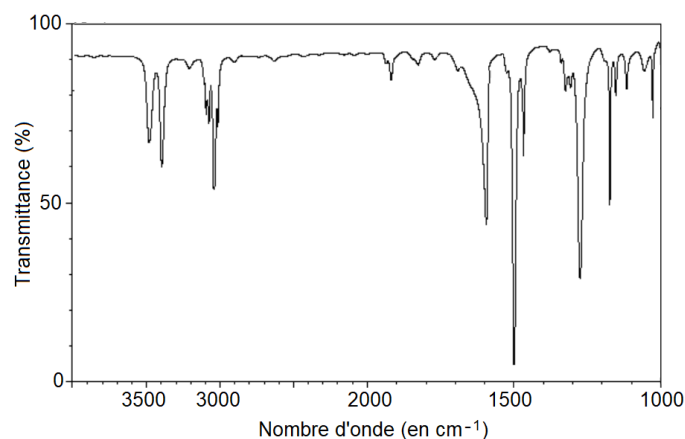
Liaison	Nombre d'onde (cm ⁻¹)	Intensité / Forme	Particularités
O – H alcool	3200 – 3400	Forte / Large	
N – H amine et amide	3100 – 3500	Moyenne à forte	2 bandes si l'atome d'azote est lié à 2 atomes d'hydrogène
C – H aromatique	3030 – 3080	Moyenne	
C – H alcane	2800 – 3000	Forte	
C – H aldéhyde	2750 – 2900	Moyenne	Double bande
O – H acide carboxylique	2500 – 3200	Moyenne / Large	
C = O ester	1700 – 1740	Forte	
C = O aldéhyde et cétone	1650 – 1730	Forte	
C = O acide carboxylique	1680 – 1710	Forte	
C = O amide	1650 – 1695	Forte	
N – H amine et amide	1650 – 1695	Moyenne à Forte	
C = C alcène	1620 – 1680	Moyenne ou faible	
C = C cycle aromatique	1450 – 1600	Variable	3 ou 4 bandes

- 1 - Donner le nom, en nomenclature systématique, du produit secondaire **(D)** obtenu lors de cette synthèse.
- 2 - A l'aide des données physico-chimiques fournies, justifier l'apparition de cristaux blancs lors de la synthèse.
- 3 - Quel est le but du lavage réalisé ? Pourquoi le réalise-t-on avec de l'eau froide ?
- 4 - Quelle technique d'analyse spécifique aux solides pourrait-êtré utilisée pour identifier l'acétanilide **(C)** ? Décrire succinctement son principe en nommant le matériel à utiliser.

Les spectres suivants sont ceux de l'aniline (A) et de l'acétanilide (C).



Spectre 1



Spectre 2

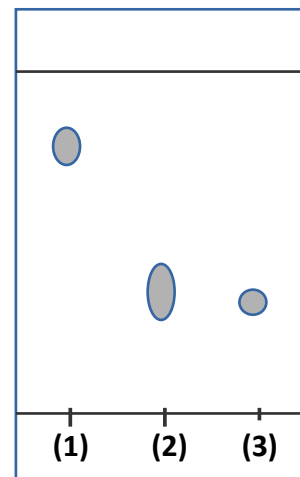
- 5 - Attribuer chaque spectre à une molécule en réalisant une analyse complète de chacun d'eux.

On réalise une chromatographie sur couche mince du solide récupéré en fin de synthèse. Après révélation, le chromatogramme obtenu est schématisé ci-contre.

Légende des dépôts **(1)** : aniline commerciale ;
(2) : solide obtenu expérimentalement ;
(3) : acétanilide commerciale ;

La ligne de dépôt et le front de l'éluant sont mis en évidence.

- 6- Après analyse du chromatogramme, conclure sur la nature du produit obtenu.

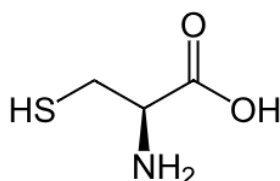


NOM / Prénom / Classe :

ANNEXE A RESTITUER AVEC LA COPIE

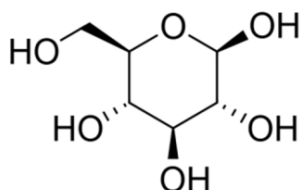
EXERCICE 1 - Partie C

- 1 - Sur la formule de la cystéine reproduite ci-dessous, entourer les groupes caractéristiques et les nommer.



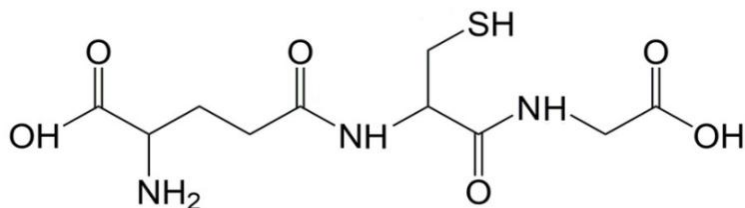
- 2 - Sans aucune justification supplémentaire, donner la famille chimique du vivant la plus précise à laquelle appartient la cystéine.

- 3 - La formule du produit obtenu en plus de l'isothiocyanate lors de l'hydrolyse d'un glucosinolate est reproduite ci-dessous. Entourer les groupes caractéristiques et les nommer.



- 4 - Sans aucune justification supplémentaire, donner la famille chimique du vivant la plus précise à laquelle appartient cette molécule.

- 5 - Sur la formule du glutathion reproduite ci-dessous, entourer les groupes caractéristiques et les nommer.



- 6 - Sans aucune justification supplémentaire, donner la famille chimique du vivant la plus précise à laquelle appartient le glutathion.

- 7 - Donner la famille chimique du vivant la plus précise à laquelle appartiennent chacune des molécules (A) et (C). Justifier.

• Molécule (A) :

• Molécule (C) :