Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du Bac Général Maths + Physique, veuillez visiter :
bac-maths-physique.fr/annales-sujets-et-corriges

EXERCICE A - L'ENCRE ET SON EFFACEUR (5 points

Mots-clés : dosage par étalonnage ; cinétique chimique



L'encre bleue utilisée dans les stylos-plume contient, entre autres, du bleu d'aniline qui contribue à sa couleur. C'est cette couleur qui doit disparaître lors de l'utilisation d'un effaceur.
Dans un premier temps, l'objectif de l'exercice est l'étude du bleu d'aniline, la détermination de sa masse dans une cartouche d'encre, et dans un second temps, l'étude de la vitesse de disparition de l'encre lorsqu'on efface.

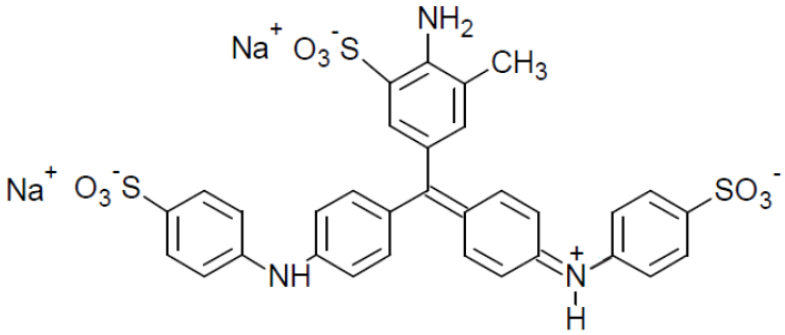


Figure 1. Formule topologique du bleu d'aniline dans l'eau, (2 $Na^+(aq)$ + $C_{32}H_{25}N_3O_9S_3^{2-}(aq)$)

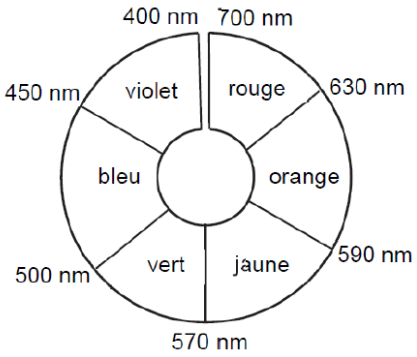


Figure 2. Cercle chromatique

Pour simplifier, on note, dans la suite de l'exercice, le bleu d'aniline (2 $Na^+(aq)$; $HBleu^{2-}(aq)$). On suppose que seuls les ions $HBleu^{2-}(aq)$ sont responsables de la couleur de l'encre.

Données :

- Masses molaires en $g.mol^{-1}$:

hydrogène	oxygène	sodium	soufre	bleu d'aniline
1,0	16,0	23,0	32,0	737,7

- couple oxydant / réducteur associé au bleu d'aniline : $HBleu^{2-}$ (aq) / $H_3Bleu^{2-}(aq)$;
- couple oxydant / réducteur hydrogénosulfate / hydrogénosulfite : $HSO_4^-(aq)$ / $HSO_3^-(aq)$;
- les solutions aqueuses d'ions $H_3Bleu^{2-}(aq)$, $HSO_4^-(aq)$ et $HSO_3^-(aq)$ sont incolores.

1. Le bleu d'aniline.

Pour caractériser la couleur du bleu d'aniline d'une cartouche d'encre, on vide intégralement une cartouche d'encre dans une fiole jaugée de 200,0 mL et on complète avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge. On obtient la solution S_{encre} dont on réalise le spectre grâce à un spectrophotomètre qui est représenté figure 3.

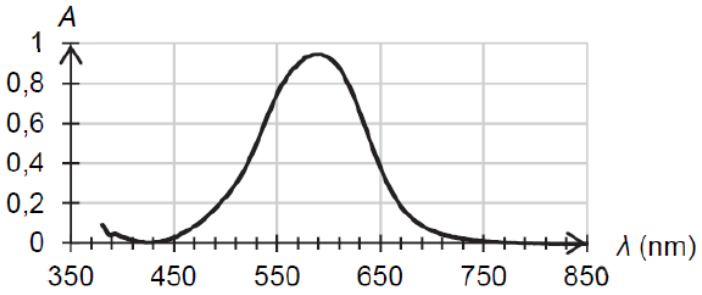
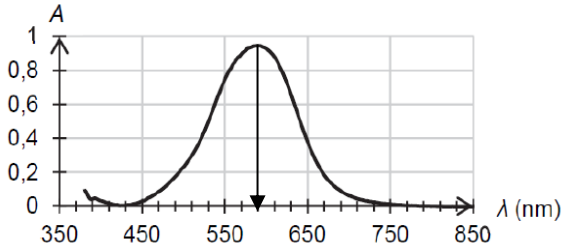


Figure 3. Spectre d'absorption de la solution d'encre S_{encre}

1.1. Justifier la couleur de la solution S_{encre}.



Le maximum d'absorption de la solution S_{encre} est situé vers 590 nm (figure 1).
Cette longueur d'onde correspond à la couleur jaune orangé du cercle chromatique (figure 2).
La couleur complémentaire, diamétralement opposée, est le bleu-violet.
La couleur de la solution S_{encre} est donc un mélange de bleu et de violet.

Pour déterminer la masse en bleu d'aniline dans la cartouche d'encre dans la solution S_{encre}, on réalise une solution mère S_0 à une concentration en bleu d'aniline de $c_0 = 6{,}78\times10^{-4}$ mol·L^{-1}.
À partir de la solution mère S_0, on réalise plusieurs solutions filles :

	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
Volume prélevé de la solution mère V_0 (mL)	10,0	20,0	25,0	33,0	50,0
Volume de la solution fille V_f (mL)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Concentration en quantité de matière de la solution fille c_f (mol·L^{-1})	$6{,}78\times10^{-5}$	…	$1{,}69\times10^{-4}$	$2{,}34\times10^{-4}$	$3{,}39\times10^{-4}$
Absorbance	0,322	0,584	0,882	1,195	1,489

1.2. Nommer la verrerie nécessaire pour réaliser la solution fille S_1.

Pour préparer la solution fille S_1, il faut :
- **Une pipette jaugée de 10,0 mL pour prélever le volume V_0 ;**
- **Une fiole jaugée de 100,0 mL pour préparer la solution fille S_1 de volume V_f.**

1.3. Déterminer la valeur de la concentration en quantité de matière de la solution fille S_2 manquante dans le tableau de valeurs.

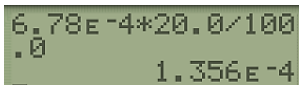
La solution fille S_2 est préparée par dilution de la solution mère S_0.

Solution mère S_0 :
Concentration : $c_0 = 6{,}78\times10^{-4}$ mol·L^{-1} ;
Volume : $V_0 = 20{,}0$ mL.

Solution fille S_2 :
Concentration : $c_2 = ?$ mol·L^{-1} ;
Volume : $V_f = 100{,}0$ mL

Au cours d'une dilution, la quantité de soluté est conservée :

$$n_0 = n_2$$
$$c_0 \times V_0 = c_2 \times V_f$$
$$c_2 = \frac{c_0 \times V_0}{V_f}$$



En laissant les volumes en mL : $c_2 = \dfrac{6{,}78\times10^{-4}\times20{,}0}{100{,}0} = 1{,}36\times10^{-4}$ **mol·L^{-1}**

On représente l'absorbance des différentes solutions filles en fonction de la concentration en bleu d'aniline, mesurée à la longueur d'onde λ = 590 nm retenue pour l'étude.

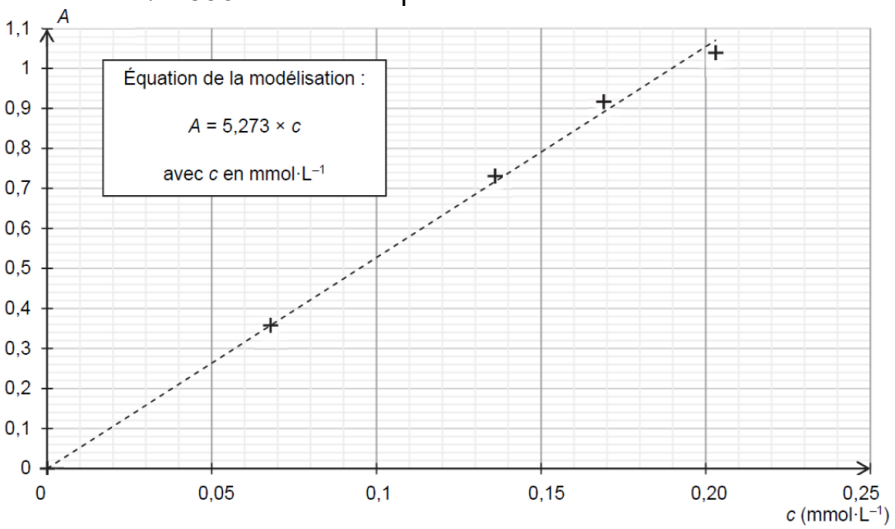


Figure 4. Courbe d'étalonnage : absorbance en fonction de la concentration en bleu d'aniline

1.4. À la longueur d'onde retenue pour l'étude, l'absorbance de la solution S_{encre} est égale à 0,9.
Déterminer la masse de bleu d'aniline contenue dans une cartouche d'encre.

On utilise l'équation de la modélisation : $A = 5{,}273 \times c$.

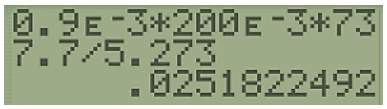
Soit $c = \dfrac{A}{5{,}273}$ avec c en mmol.L^{-1} d'où : $c = \dfrac{A}{5{,}273} \times 10^{-3}$ c en mol.L^{-1}

La masse m de bleu d'aniline dans la cartouche d'encre de volume est la même que celle dans la fiole jaugée de volume V_{fiole} = 200,0 mL. Elle vaut :

$$m = n \times M = c \times V_{fiole} \times M$$

$$m = \frac{A \times 10^{-3} \times V_{fiole} \times M}{5{,}273}$$ avec $M = M(Na_2C_{32}H_{25}N_3O_9S_3^{2-}) = 737{,}7$ g.mol^{-1}.

$$m = \frac{0{,}9 \times 10^{-3} \times 200{,}0 \times 10^{-3} \times 737{,}7}{5{,}273} = 2{,}5 \times 10^{-2} \text{ g} = 25 \text{ mg.}$$



(3×10^{-2} g = 3×10^{2} mg en ne conservant qu'un seul chiffre significatif).

2. Étude de l'effacement de l'encre

L'effaceur d'encre contient une solution d'hydrogénosulfite de sodium qui réagit avec le bleu d'aniline. On souhaite étudier la transformation qui a lieu lorsqu'on efface l'encre à l'aide de l'effaceur.

2.1. Établir l'équation de la réaction modélisant la transformation entre les ions HSO_3^- (aq) et les ions $HBleu^{2-}$ (aq).

Couple oxydant / réducteur mis en jeu et demi-équation électronique :

$HBleu^{2-}$ (aq) / H_3Bleu^{2-}(aq) : $HBleu^{2-}(aq) + 2\,e^- + 2\,H^+ = H_3Bleu^{2-}(aq)$

HSO_4^-(aq) / HSO_3^-(aq) : $HSO_4^-(aq) + 2\,e^- + 2\,H^+ = HSO_3^-(aq) + H_2O(\ell)$

Équation de la réaction :

$$HBleu^{2-}(aq) + HSO_3^-(aq) + H_2O(\ell) \rightarrow H_3Bleu^{2-}(aq) + HSO_4^-(aq)$$

2.2. Justifier l'utilité de la présence dans l'effaceur d'une solution contenant des ions hydrogénosulfite.

Seuls les ions $HBleu^{2-}$(aq) sont coloré en bleu-violet, les autres espèces sont incolores.

Les ions $HBleu^{2-}$(aq) réagissent avec les ions hydrogénosulfite HSO_3^-(aq) pour donner des espèces incolores. Ainsi, la présence d'une solution contenant des ions hydrogénosulfite dans l'effaceur permet bien d'effacer l'encre.

Pour étudier la cinétique de cette transformation, on réalise le protocole suivant :

- on prépare 100,0 mL d'une solution d'encre en mettant 5 gouttes d'encre qu'on dilue dans une fiole jaugée que l'on complète avec de l'eau ;
- on mélange 4 mL de la solution d'encre avec 1 mL de solution aqueuse d'hydrogénosulfite de sodium de concentration $9{,}0 \times 10^{-2}$ mol.L^{-1};
- on suit l'évolution de l'absorbance de la solution $S_{mélange}$ obtenue en fonction du temps (figure 5).

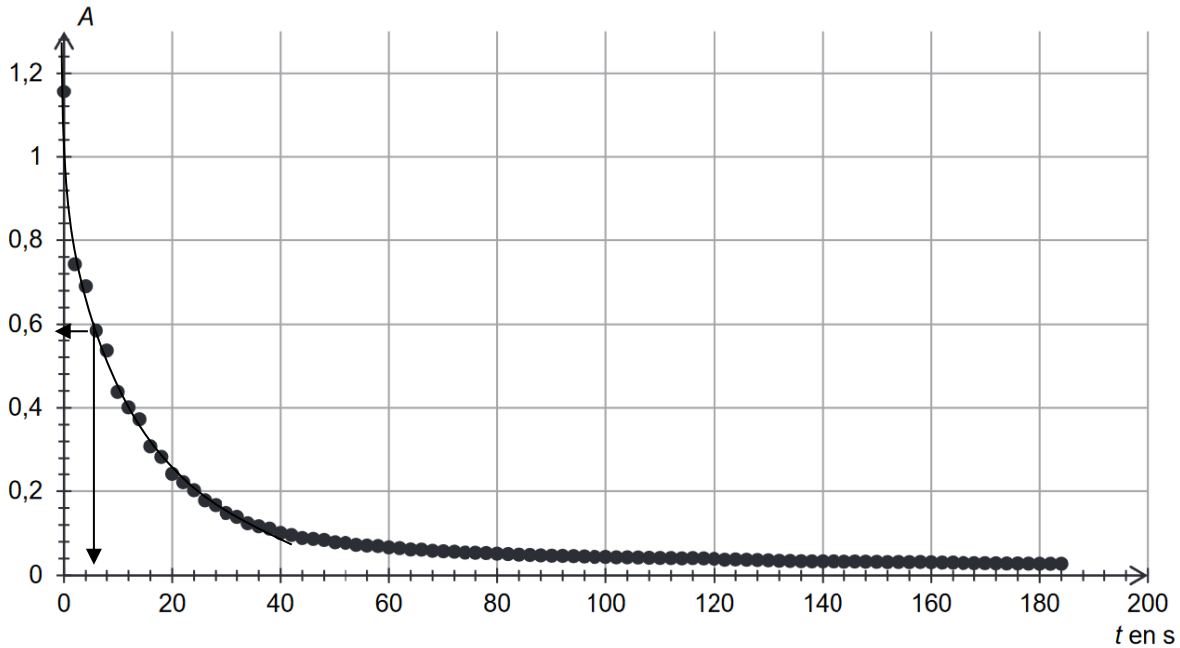


Figure 5. Évolution de l'absorbance de la solution $S_{mélange}$ en fonction du temps, à la longueur d'onde retenue pour l'étude

2.3. Une cartouche d'encre de 0,75 mL contient 25 mg de bleu d'aniline. Sachant que 20 gouttes d'encre ont un volume de 1 mL, déterminer le réactif limitant de la transformation. Commenter.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée. Cette question est indépendante de la suite de l'étude.

Quantité initiale d'hydrogénosulfite de sodium :

$$n_0(NaHSO_3) = C \times V_{sol} = 9{,}0\times10^{-2}\ mol.L^{-1} \times 1{,}0\times10^{-3} = 9{,}0\times10^{-5}\ mol.$$

Quantité initiale de bleu d'aniline dans la solution d'encre :

$$n_0(Na_2HBleu) = C' \times V'_{sol} \text{ avec } V'_{sol} = 4\ mL = 4\times10^{-3}\ L$$

Calcul de la concentration *C*' en bleu d'aniline dans la solution d'encre :

Si 20 gouttes d'encre ont un volume de 1 mL alors 5 gouttes d'encre ont un volume de 0,25 mL.

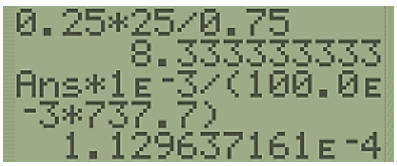
La cartouche d'encre de volume 0,75 mL contient 25 mg de bleu d'aniline.

La masse *m* de bleu d'aniline correspond à ces 5 gouttes est alors :

0,75 mL ⇔ 25 mg

0,25 mL ⇔ *m* mg

$m = \dfrac{0{,}25 \times 25}{0{,}75}$ **= 8,3 mg. (Valeur exacte stockée en mémoire)**



La quantité *n* de bleu d'aniline correspond à ces 5 gouttes est $n = \dfrac{m}{M}$ **et la concentration *C*' en bleu d'aniline dans la solution d'encre de volume $V_{sol\ encre}$ = 100,0 mL est alors :**

$C' = \dfrac{n}{V_{sol\ encre}} = \dfrac{m}{V_{sol\ encre} \times M}$ **soit :** $C' = \dfrac{8{,}333... \times 10^{-3}}{100{,}0 \times 10^{-3} \times 737{,}7} = 1{,}3\times10^{-4}\ mol\cdot L^{-1}.$

(Valeur exacte stockée en mémoire)

La quantité initiale de bleu d'aniline dans la solution d'encre est :

$$n_0(Na_2HBleu) = 1{,}296\ldots\times10^{-4} \times 4\times10^{-3} = 4{,}5\times10^{-7}\ mol \approx 5\times10^{-7}\ mol$$



Comme $\dfrac{n_0(Na_2Hbleu)}{1} < \dfrac{n_0(NaHSO_3)}{1}$ **alors le bleu d'aniline est le réactif limitant.**

Ceci est cohérent avec le fait que l'absorbance de la solution du mélange tende vers 0.

2.4. Estimer le temps de demi-réaction. Commenter le résultat.

Le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ est la durée nécessaire pour que la moitié du réactif limitant soit consommé. Comme le bleu d'aniline est le réactif limitant et qu'il s'agit de la seule espèce colorée, on peut déterminer $t_{1/2}$ à partir du graphe de la figure 5 :

$$A(t = t_{1/2}) = \frac{A(t = 0)}{2}.$$

A**(t = 0) = 1,18 donc** $A(t = t_{1/2}) = \dfrac{1{,}18}{2} = 0{,}59$ **.**

Graphiquement, pour *A* = 0,59, on mesure : $t_{1/2} \approx 6$ **s.**

La durée de la réaction peut être estimée à 100 s ce qui correspond à une transformation lente.

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.