Coloration de la laine

Bac 2026 Métropole · Jour 1 · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 53 min**

Q1 Définir un intermédiaire réactionnel.

Un intermédiaire réactionnel est une espèce produite par une étape du mécanisme puis consommée par une étape suivante : il ne figure pas dans l'équation de la réaction.

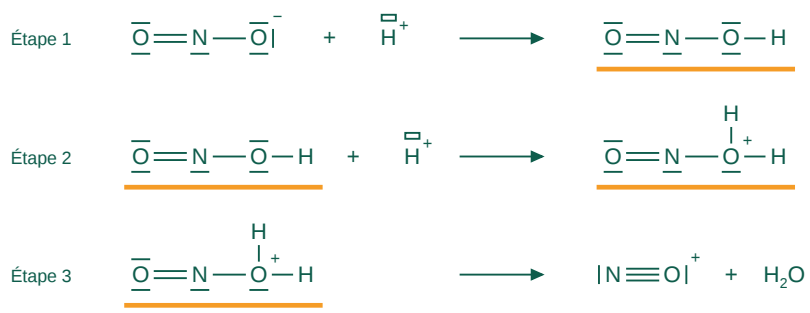
PIÈGE
Le confondre avec un catalyseur, qui est au contraire consommé d'abord puis régénéré ensuite.

Q2 Souligner, sur l'annexe A2, les deux intermédiaires réactionnels présents dans les étapes du mécanisme.

On cherche les espèces formées par une étape et consommées par la suivante.

Intermédiaires : l'acide nitreux HNO_2 (formé à l'étape 1, consommé à l'étape 2) et l'ion $H_2NO_2^+$ (formé à l'étape 2, consommé à l'étape 3).

COMPRENDRE
L'ion NO^+ et l'eau, formés à l'étape 3, ne sont pas consommés dans les étapes fournies : on ne les souligne pas.



Q2 · Annexe A2 : les deux intermédiaires réactionnels soulignés

Q3 Identifier les sites donneur et accepteur d'électrons dans l'étape 1, en justifiant.

- Site donneur : l'atome d'oxygène chargé négativement de l'ion NO_2^-. Il porte trois doublets non liants et une charge négative : il est riche en électrons.
- Site accepteur : l'ion H^+. Il porte une lacune électronique et une charge positive : il est pauvre en électrons.

Donneur : O^- de l'ion nitrite ; accepteur : H^+.

PIÈGE
Citer une espèce entière sans désigner l'atome. L'ion nitrite contient deux atomes d'oxygène : seul celui qui porte la charge négative est le site donneur de cette étape.

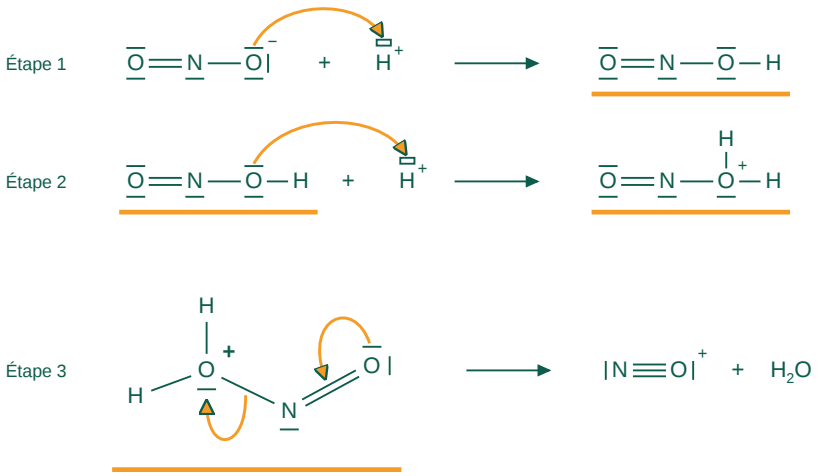
Q4 Dessiner, sur l'annexe A2, les flèches courbes schématisant les transferts électroniques pour chacune des étapes du mécanisme.

- Étape 1 : une flèche part d'un doublet non liant de O^- et pointe vers H^+ (liaison O–H formée).
- Étape 2 : une flèche part d'un doublet non liant de l'oxygène du groupe OH et pointe vers H^+.
- Étape 3 : une flèche part du doublet de la liaison N–O et pointe vers O^+ (liaison rompue) ; une autre part d'un doublet non liant de l'autre oxygène et pointe entre N et O (liaison triple formée).

Quatre flèches courbes : une à l'étape 1, une à l'étape 2, deux à l'étape 3 (voir l'annexe).

PIÈGE
À l'étape 3, oublier la seconde flèche : sans elle, l'azote n'aurait que deux doublets et la liaison triple de NO^+ ne serait pas justifiée.

MÉTHODE
Une flèche courbe part toujours d'un doublet (liant ou non liant), jamais d'un atome ni d'une charge. Elle pointe vers l'atome accepteur, ou entre deux atomes quand une liaison se forme.



Q4 · Annexe A2 complétée : flèches courbes en orange

Q5 Déterminer, en justifiant, la masse maximale de colorant qui aurait pu être obtenue.

Données utiles $m(\text{AS}) = 0{,}87$ g d'acide sulfanilique ; $m(\text{BN}) = 0{,}72$ g de β-naphtol ; $M(\text{AS}) = 173{,}2\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M(\text{BN}) = 144{,}2\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M(\text{colorant}) = 328{,}3\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$; acide nitreux en excès

Quantités initiales des deux réactifs qui ne sont pas en excès :

$$n(\text{AS}) = \frac{m(\text{AS})}{M(\text{AS})} = \frac{0{,}87}{173{,}2} = 5{,}0\times10^{-3}\ \text{mol} \qquad n(\text{BN}) = \frac{m(\text{BN})}{M(\text{BN})} = \frac{0{,}72}{144{,}2} = 5{,}0\times10^{-3}\ \text{mol}$$

Les nombres stœchiométriques valent tous 1 et $n(\text{AS}) = n(\text{BN})$: le mélange est stœchiométrique. Si la transformation est totale, $n_{\max} = 5{,}0\times10^{-3}$ mol de colorant.

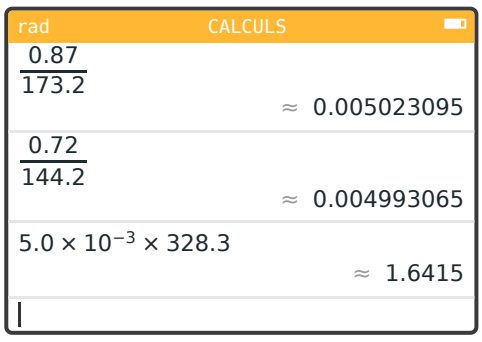
$$m_{\max} = n_{\max}\times M(\text{colorant}) = 5{,}0\times10^{-3}\times328{,}3 = 1{,}6\ \text{g}$$

$m_{\max} = 1{,}6$ g

PIÈGE
Additionner les masses des réactifs, ou calculer $m_{\max}$ sans comparer les quantités de matière : « en justifiant » demande de montrer quel réactif limite la synthèse.

COMPRENDRE
Les masses pesées ont deux chiffres significatifs : le résultat en garde deux. Les deux quantités ne diffèrent qu'au troisième chiffre, ce qui n'est pas significatif ici.

À LA CALCULATRICE



Q6 Déterminer le rendement de cette synthèse.

Données utiles $m = 1{,}53$ g de colorant obtenu ; $m_{\text{max}} = 1{,}64$ g (Q5, valeur non arrondie)

Le rendement est le quotient de la masse obtenue par la masse maximale :

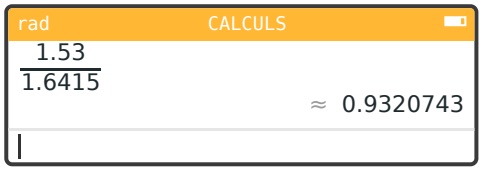
$$\eta = \frac{m}{m_{\text{max}}} = \frac{1{,}53}{1{,}64} = 0{,}93$$

$\eta = 93\ \%$

COMPRENDRE
Un rendement est toujours inférieur ou égal à 100 %. Une valeur supérieure signale une erreur de calcul ou un produit encore humide ou impur.

MÉTHODE
Dans un calcul qui s'enchaîne, reprendre la valeur non arrondie de la question précédente ($1{,}64$ g) et n'arrondir qu'à la fin. Avec $1{,}6$ g, on trouverait 96 %.

À LA CALCULATRICE



Q7 En utilisant le spectre d'absorption, déterminer la couleur du colorant.

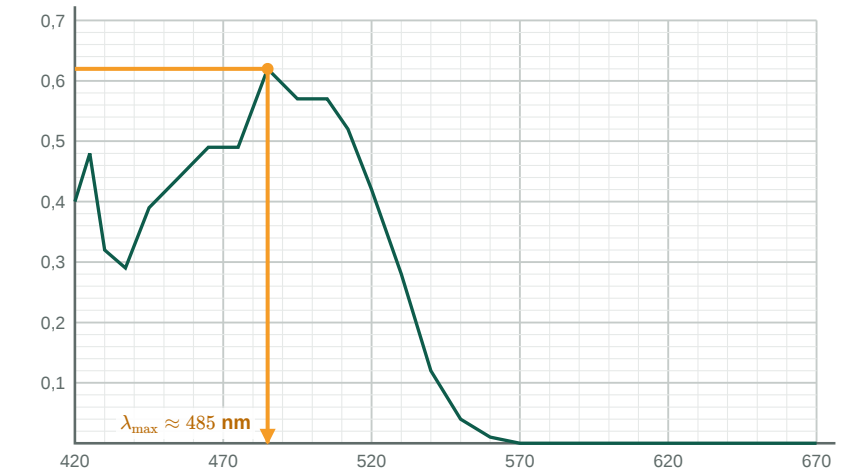
Données utiles figure 2 ; cercle chromatique (bleu : 450 à 500 nm, opposé à l'orange)

Le spectre présente un maximum d'absorbance pour $\lambda_{\text{max}} \approx 485$ nm : la solution absorbe surtout dans le bleu.

La couleur perçue est la couleur complémentaire de la couleur absorbée, diamétralement opposée sur le cercle chromatique.

Le colorant est **orange**.

PIÈGE
Répondre « bleu » : la longueur d'onde du maximum donne la couleur absorbée, pas la couleur de la solution.



Q7 · Figure 2 du sujet (allure), avec la lecture du maximum d'absorbance

Q8 Démontrer comment obtenir la valeur de la concentration C en acide éthanoïque pour le titrage n° 1 à partir de la mesure de V_{E1}.

Données utiles $V_A = 10{,}0$ mL de vinaigre dilué dix fois ; $C_B = 0{,}10\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$; $V_{E1} = 13{,}50$ mL

Réaction support du titrage :
$\text{CH}_3\text{COOH}\,(\text{aq}) + \text{HO}^-\,(\text{aq}) \longrightarrow \text{CH}_3\text{COO}^-\,(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}\,(\text{l})$

À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques : $n(\text{CH}_3\text{COOH})_{\text{titré}} = n(\text{HO}^-)_{\text{versé}}$, soit $C_d\,V_A = C_B\,V_{E1}$, où C_d est la concentration du vinaigre dilué.

Le vinaigre a été dilué dix fois : $C = 10\,C_d$, donc

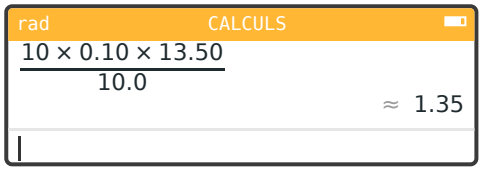
$$C = \frac{10\,C_B\,V_{E1}}{V_A} = \frac{10 \times 0{,}10 \times 13{,}50}{10{,}0} = 1{,}35\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

$C = 1{,}35\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, ce qui correspond à la valeur $1{,}350\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ du tableau.

PIÈGE
Oublier le facteur 10 de la dilution : on obtiendrait $0{,}135\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, la concentration de la solution titrée et non celle du vinaigre commercial.

COMPRENDRE
Les volumes sont dans la même unité au numérateur et au dénominateur : inutile de les convertir en litres. Avec C_B à deux chiffres significatifs, on devrait écrire $1{,}4$; le tableau en garde quatre.

À LA CALCULATRICE



Q9 Choisir, parmi les valeurs proposées, la valeur moyenne C_{moy} et l'écart-type σ de la série de mesures.

Les douze valeurs de C sont comprises entre $1{,}350$ et $1{,}375\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$: la moyenne se situe dans cet intervalle, strictement sous $1{,}375$.
L'écart-type mesure la dispersion des valeurs autour de la moyenne ; il est ici de l'ordre du centième au plus.

$C_{moy} = 1{,}3621\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ et $\sigma = 0{,}009\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$

MÉTHODE
Sans raisonnement, le mode statistique de la calculatrice donne les deux valeurs : saisir les douze concentrations dans une liste, puis lire la moyenne et l'écart-type d'échantillon.

Q10 Montrer que l'incertitude-type associée à C_{moy}, exprimée avec un chiffre significatif, vaut $u(C_{moy}) = 0{,}003$ mol/L, puis écrire la valeur expérimentale de la concentration avec le nombre de chiffres significatifs adapté.

Données utiles $\sigma = 0{,}009\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ (Q9) ; $n = 12$ mesures ; $C_{moy} = 1{,}3621\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ (Q9)

$$u(C_{moy}) = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{0{,}009}{\sqrt{12}} = 0{,}0026\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

Avec un seul chiffre significatif, arrondi par excès : $u(C_{moy}) = 0{,}003\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, valeur attendue.

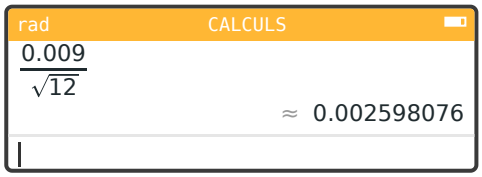
L'incertitude porte sur le millième : on arrondit C_{moy} au millième.

$C_{moy} = 1{,}362\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ avec $u(C_{moy}) = 0{,}003\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$

PIÈGE
Diviser par n au lieu de $\sqrt{n}$, ou garder $1{,}3621$: le dernier chiffre n'a pas de sens quand l'incertitude vaut déjà 3 millièmes.

MÉTHODE
Écrire un résultat de mesure : 1) l'incertitude-type avec un seul chiffre significatif, arrondie par excès ; 2) la valeur arrondie au même rang décimal que l'incertitude.

À LA CALCULATRICE



Q11 Conclure sur l'accord entre la concentration en acide éthanoïque figurant sur l'étiquette et celle trouvée expérimentalement.

Données utiles $C_0 = 1{,}360\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$; $C_{moy} = 1{,}362\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ et $u(C_{moy}) = 0{,}003\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ (Q10)

On calcule le quotient proposé, avec C_0 comme valeur de référence :

$$\frac{|C_{moy} - C_0|}{u(C_{moy})} = \frac{|1{,}362 - 1{,}360|}{0{,}003} = 0{,}7$$

Ce quotient est inférieur à 2 : l'écart entre les deux valeurs est plus petit que l'incertitude-type.

Quotient $\approx 0{,}7 < 2$: la concentration mesurée est en accord avec celle de l'étiquette.

COMPRENDRE

Le seuil usuel est 2 : en dessous, mesure et référence sont compatibles ; au-dessus, il faudrait chercher une erreur systématique ou mettre en doute l'étiquette.

À LA CALCULATRICE

