EXERCICE 3 (4,5 points)
L'ACÉTANILIDE, MÉDICAMENT ANTIPYRÉTIQUE

L'acétanilide est un composé organique, solide, blanc, obtenu par l'action de l'anhydride éthanoïque $(CH_3CO)_2O$ sur l'aniline $C_6H_5NH_2$, et utilisé en pharmacologie. Sa formule semi-développée est donnée **figure 1** ci-dessous.

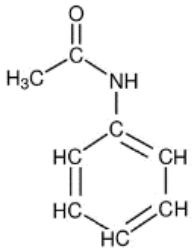


Figure 1 - Formule semi-développée de l'acétanilide

Cette molécule est obtenue selon la réaction d'équation :

$$(CH_3CO)_2O + C_6H_5NH_2 \rightleftarrows CH_3\text{-}CO\text{-}NH\text{-}C_6H_5 + CH_3CO_2H$$ **(équation 1)**

Le but de l'exercice est d'étudier trois protocoles expérimentaux afin de déterminer les conditions optimales d'obtention de l'acétanilide $CH_3\text{-}CO\text{-}NH\text{-}C_6H_5$.

Pour simplifier, les différents composés sont notés par des lettres :

A = $(CH_3CO)_2O$	anhydride éthanoïque	C = $CH_3\text{-}CO\text{-}NH\text{-}C_6H_5$	acétanilide
B = $C_6H_5NH_2$	aniline	D = CH_3CO_2H	acide éthanoïque

Données

- Masse volumique de l'anhydride éthanoïque : $\rho_A = 1{,}08$ g·mL^{-1}
- Masse molaire de l'anhydride éthanoïque : $M_A = 102{,}09$ g·mol^{-1}
- Masse volumique de l'aniline : $\rho_B = 1{,}02$ g·mL^{-1}
- Masse molaire de l'aniline : $M_B = 93{,}13$ g·mol^{-1}
- Masse molaire de l'acétanilide : $M_C = 135{,}17$ g·mol^{-1}
- Nombres d'onde et allure des bandes d'absorption de quelques liaisons :

Liaisons	Nombre d'onde (cm^{-1})	Intensité bande(s)
O-H (alcool)	3200-3400	Forte et large
C=O (aldéhyde)	1720-1740	Forte et fine
C=O (cétone)	1705-1725	Forte et fine
C=O (amide)	1650-1700	Intense
C=O (ester)	1700-1740	Forte et fine
C-O (alcool-acide-ester)	1050-1450	Forte
N-H (amide)	3100-3500	Forte

La molécule d'acétanilide

1. Représenter la formule topologique de l'acétanilide. Identifier la famille fonctionnelle à laquelle l'acétanilide appartient parmi les suivantes : alcool, aldéhyde, cétone, amide, ester.

2. Montrer que le spectre infrarouge de l'acétanilide (**figure 2** ci-dessous) permet de confirmer que l'acétanilide appartient bien à cette famille fonctionnelle.

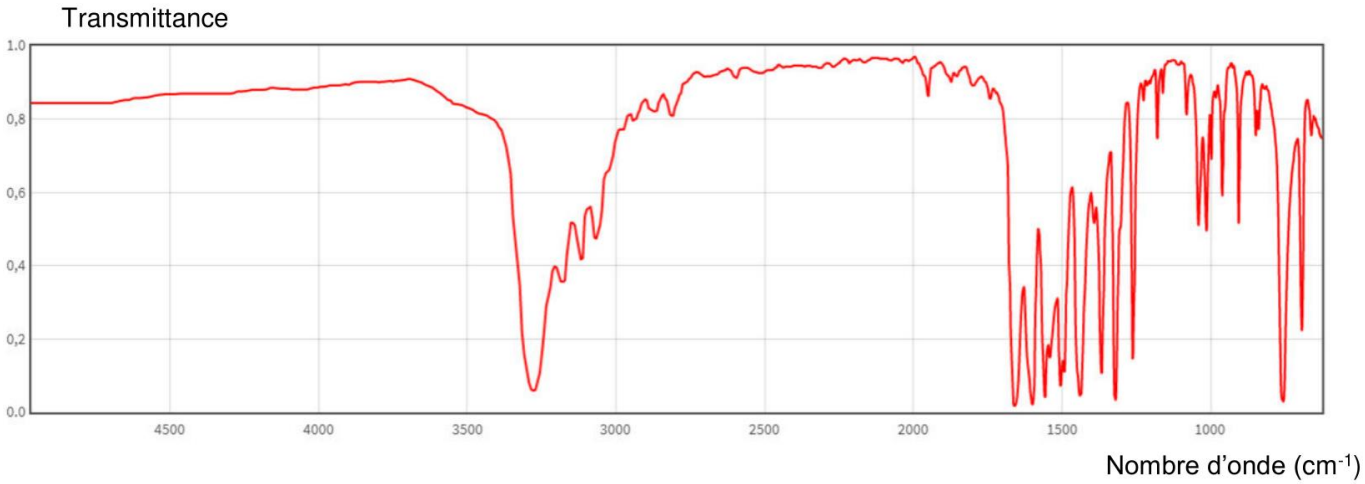


Figure 2 - Spectre infrarouge de l'acétanilide

Protocoles expérimentaux

On met en œuvre trois protocoles expérimentaux différents, présentés **figure 3** ci-dessous, afin d'étudier les conditions optimales de synthèse de l'acétanilide.
Les réactifs sont introduits dans un ballon adapté aux montages des protocoles 1, 2 ou 3.
Après une vingtaine de minutes, le mélange est refroidi dans un bain d'eau glacée afin de faire précipiter le produit C obtenu.
On filtre ensuite le mélange, on le rince à l'eau distillée, puis les cristaux obtenus sont séchés à l'étuve. On pèse ensuite le produit C.

Numéro du protocole	**1**	**2**	**3**
Montage utilisé	Chauffage à reflux	Chauffage à reflux adapté d'un montage DEAN-STARK*	Chauffage à reflux
Volume du réactif **A** (mL) $(CH_3CO)_2O$	15,0	15,0	30,0
Volume du réactif **B** (mL) $C_6H_5NH_2$	14,5	14,5	14,5
Masse m_C du produit **C** (g) $CH_3\text{-}CO\text{-}NH\text{-}C_6H_5$	10,7	21,4	14,3
Rendement r		1,0	0,67

Figure 3 – Récapitulatif des différents protocoles

(*) Un montage DEAN-STARK est un montage qui permet d'éliminer un produit au cours de sa formation.

Étude du protocole 1

3. Montrer que, dans le cas du protocole **1**, les réactifs sont introduits dans le ballon en proportions stœchiométriques.

La constante d'équilibre K associée à l'**équation 1** a pour valeur K = 1,0 à la température de l'expérience.

Par ailleurs, on admet que, dans les conditions de l'expérience, le quotient de réaction $Q_R(x)$ s'écrit, pour un avancement x donné :

$$Q_R(x) = \frac{n(C) \times n(D)}{n(A) \times n(B)}$$

n(X) désigne la quantité de matière (en mol) de l'espèce X.

4. Donner la valeur du quotient de réaction initial, $Q_R(x = 0)$, pour le protocole **1**.
5. En déduire le sens d'évolution spontanée de la réaction chimique d'**équation 1**.
6. Recopier et compléter le tableau d'avancement de la réaction de formation de l'acétanilide.

	Avancement x	$(CH_3CO)_2O + C_6H_5NH_2 \rightleftarrows CH_3\text{-}CO\text{-}NH\text{-}C_6H_5 + CH_3CO_2H$			
État initial	$x = 0$	$n(A)_i$	$n(B)_i$	0	0
État final	x_f				

7. Déterminer la masse maximale théorique m_{max} de produit C qui serait obtenue si la réaction était totale pour le protocole **1**.
8. Exprimer le rendement r de la réaction pour le protocole **1** en fonction de m_C (voir **figure 3**) et de m_{max}. Calculer sa valeur.
9. Exprimer le quotient de réaction $Q_R(x = x_f)$ à l'état final pour le protocole **1** en fonction de l'avancement final x_f.
10. Calculer la valeur de $Q_R(x = x_f)$ et, à partir de cette valeur, indiquer si l'état d'équilibre est atteint.

Les protocoles 2 et 3

11. Expliquer pourquoi la mise en œuvre des protocoles **2** et **3** permet d'optimiser le rendement.

Bilan

12. Indiquer le protocole le plus intéressant parmi les trois en justifiant.