

# Optimisation d'une réaction d'estérification

- **Niveau :** Terminale STL SPCL
- **Durée indicative :** des consignes par écrit en amont, deux séances de classe virtuelle (questions/réponses + trace écrite ou orale) avec restitution des travaux par écrit ou oral.
- **Extrait du programme de :** Terminale STL SPCL module chimie et développement durable.

## THEME / Des synthèses avec de meilleurs rendements

Notions et contenus	Capacités exigibles
Augmentation du rendement de la synthèse d'un produit : pour une réaction de synthèse donnée par élimination d'un produit.	Déterminer le rendement d'une synthèse. Reconnaitre, entre deux protocoles, le paramètre qui a été modifié et justifier son rôle sur l'évolution du rendement. Proposer et mettre en œuvre un protocole pour illustrer une amélioration du rendement d'une synthèse.
Dispersion des mesures, incertitude-type sur une série de mesures.  Expression du résultat.	- Procéder à une évaluation de type A d'une incertitude-type. - Exprimer un résultat de mesure avec le nombre de chiffres significatifs adaptés et l'incertitude-type associée.

- **Matériel**

Ordinateur avec accès internet pour visionner les vidéos.

- **Déroulement de la séance**

> **Avant la séance**, le professeur communique le document élève (tout ou une partie de ce document) (possibilité de répartir par binômes ou atelier de travail). Les tâches 1 à 3 sont à réaliser avant la première classe virtuelle, en autonomie. Les élèves doivent se renseigner sur la réaction d'estérification, sur les conditions de manipulation en toute sécurité et sur les différentes étapes d'une synthèse chimique. Les consignes peuvent être envoyées par écrit, ou sous forme d'un lien vers une vidéo, ou lors d'une classe virtuelle très courte de 15 minutes.

> **Pendant la séance :**

- **Contextualisation.** Exposer les différentes possibilités d'améliorer le rendement d'une synthèse chimique au laboratoire.
- **Mise en activité des élèves.** Lors de la classe virtuelle, faire commenter par les élèves les schémas légendés des autres élèves, pour bien mettre en évidence les points attendus. Faire expliquer oralement à quelques élèves leur méthode choisie pour la tâche 3 (avantages / inconvénients).

- **Interactions enseignants / élèves.** Explication du montage expérimental. Justification des conditions opératoires (EPI). Discussion sur l'objectif d'amélioration du rendement. Présentation de la tâche 4 : faire des rappels sur les les notions vues en classe de première.

> **Après la séance.** Les élèves doivent traiter la tâche 4 et retourner leur compte rendu écrit à l'enseignant.

Une correction sur cette dernière tâche peut être fournie aux élèves sous format texte. Une classe virtuelle peut être envisagée pour les élèves ayant du mal avec les notions de métrologie.

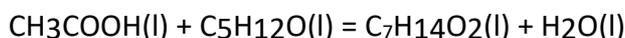
### ▪ Remarques et conseils

- La partie sur les hétéroazéotropes peut ne pas être abordée, si cela peut entraîner des difficultés supplémentaires (à adapter en fonction du niveau de la classe)
- pour la tâche n°4 : il est possible de compléter le questionnement en faisant calculer aux élèves la masse attendue, d'écrire l'équation modélisant la transformation, d'expliquer comment le rendement peut être calculé ou encore de discuter de l'intérêt d'ajouter du cyclohexane dans la protocole A.

## Eléments de correction

Ne pas hésiter à questionner les élèves, lors de la classe virtuelle, sur l'écriture de l'équation de la réaction, sur les sites électrophiles / nucléophiles, la notion de mécanisme réactionnel, l'intérêt du catalyseur, etc.

La transformation étudiée est une estérification. Elle peut être modélisée par l'équation ci-dessous :



### ▪ Concernant la tâche n°1. Montage expérimental.

Rappeler les conditions de manipulation en toute sécurité au laboratoire. Rappeler les différents éléments de protections individuel et commun.

Etudier le montage Dean-Stark et ses particularités qui permettent d'augmenter le rendement.

Etude de document : l'hétéroazéotrope cyclohexane/eau est bien celui de plus basse température d'ébullition.

*Remarque* : le montage de Dean-Stark n'est pas toujours une solution qui fonctionne (températures d'ébullition des hétéroazéotropes, existence de composés ternaires, etc.)

### ▪ Concernant la tâche n°2. La réaction d'estérification.

A partir du protocole, identifier les différentes étapes de la synthèse : transformation chimique, isolement, analyse et purification. Prévoir le contenu de la phase aqueuse et organique

Ici, les réactifs sont introduits dans des proportions stœchiométriques (157,5 mmol d'acide et 156,5 mmol d'alcool). La masse d'ester attendue est donc :  $m = 0,1565 \times 130 = 20,3 \text{ g}$ .

Le rendement obtenu est donc de 72 %.

Des discussions sont possibles sur les valeurs de rendements des réactions d'estérification (attention : toujours veiller à expliquer qu'il s'agit de cas particuliers de réactifs introduits dans les proportions stœchiométriques).

▪ **Concernant la tâche n°3. Etude de la pureté de l'ester synthétisé.**

Pour vérifier la pureté du produit, il est possible de :

- Déterminer un indice de réfraction.
- Déterminer la densité de l'ester.
- Mesurer une température d'ébullition
- Réaliser une CCM (discussion sur le mode de révélation de la plaque)

▪ **Concernant la tâche n°4. Etude métrologique.**

Pour comparer les deux protocoles, les élèves doivent calculer la moyenne, l'écart-type et l'incertitude type de chaque série de valeurs. Un traitement qualitatif peut également être réalisé en amont : les résultats des groupes 8 et 10 sont très éloignés des autres (protocole A), tout comme le résultat du groupe 4 pour le protocole B. On peut émettre l'hypothèse qu'une erreur de manipulation a été commise : ces résultats peuvent être écartés de l'étude statistique.

***Ne pas hésiter à demander aux élèves d'utiliser un tableur pour réaliser cette partie.***

Protocole	Nombre de valeurs prises en compte	Moyenne	Ecart-type	Incertitude-type
A	13	33,02	8,41	2,33
B	15	46,06	5,19	1,34

Pour le protocole A, l'expérimentation conduit à un rendement de :  $r_A = (33,0 \pm 2,3) \%$

Pour le protocole B, l'expérimentation conduit à un rendement de :  $r_B = (46,1 \pm 1,3) \%$

Les deux intervalles ne se chevauchent pas : on peut en conclure que, pour cette série de manipulation, l'utilisation d'un montage de Dean-Stark a significativement optimisé le rendement de la synthèse.



## Grille des compétences de la démarche scientifique

**Niveau A** : j'y suis parvenu(e) seul(e), sans aucune aide

**Niveau B** : j'y suis parvenu(e) après avoir obtenu une aide (de mon binôme, d'un autre groupe, de mon professeur)

**Niveau C** : j'y suis parvenu(e) après plusieurs « coups de pouce »

**Niveau D** : je n'y suis pas parvenu(e) malgré les différents « coups de pouce »

Compétences	Critères de réussite correspondant au niveau A	A	B	C	D
<b>S'APPROPRIER</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Énoncer une problématique.</li> <li>Rechercher et organiser l'information en lien avec la problématique étudiée.</li> <li>Représenter la situation par un schéma.</li> </ul>				
<b>ANALYSER RAISONNER</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Formuler des hypothèses.</li> <li>Proposer une stratégie de résolution.</li> <li>Planifier des tâches.</li> <li>Évaluer des ordres de grandeur.</li> <li>Choisir un modèle ou des lois pertinentes.</li> <li>Choisir, élaborer, justifier un protocole.</li> <li>Faire des prévisions à l'aide d'un modèle.</li> <li>Procéder à des analogies.</li> </ul>				
<b>REALISER</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mettre en œuvre les étapes d'une démarche.</li> <li>Utiliser un modèle.</li> <li>Effectuer des procédures courantes (calculs, représentations, collectes de données etc.).</li> <li>Mettre en œuvre un protocole expérimental en respectant les règles de sécurité.</li> </ul>				
<b>VALIDER</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Faire preuve d'esprit critique, procéder à des tests de vraisemblance.</li> <li>Identifier des sources d'erreur, estimer une incertitude, comparer à une valeur de référence.</li> <li>Confronter un modèle à des résultats expérimentaux.</li> <li>Proposer d'éventuelles améliorations de la démarche ou du modèle.</li> </ul>				
<b>COMMUNIQUER</b>	<p>À l'écrit comme à l'oral :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>présenter une démarche de manière argumentée, synthétique et cohérente ; utiliser un vocabulaire adapté et choisir des modes de représentation appropriés ;</li> <li>échanger entre pairs.</li> </ul>				