Stratégies de synthèse : réactions, optimisation, protection

Fiche méthode

(Physique-chimie Tle spécialité · Constitution et transformations de la matière · Élaborer des stratégies en synthèse organique : optimisation, stratégie multi-étapes, synthèses écoresponsables)

La démarche devant une synthèse

1. Je compare le départ et la cible : chaîne carbonée, groupes qui changent, groupes à garder.

2. Je classe chaque étape : catégorie de réaction ; protection ou déprotection.

3. J'explique avec le bon modèle : flèches courbes (mécanisme), facteurs cinétiques (vitesse), Q_r et K (rendement).

4. Je calcule : réactif limitant, rendement, rendement global = produit, économie d'atomes.

5. Je juge la synthèse : étapes, sous-produits, solvant, énergie, matières premières.

Le réflexe — Vitesse et rendement sont deux questions différentes : température, catalyseur et agitation accélèrent ; seuls un excès de réactif ou l'élimination d'un produit augmentent le rendement d'une transformation non totale.

Cas 1 · Nommer la catégorie d'une réaction

Réflexe — oxydant/réducteur → oxydoréduction ; H^+ seul → acide-base ; sinon produits et liaisons multiples.

Exemple. $CH_3–CH_2–OH + HBr \rightarrow CH_3–CH_2–Br + H_2O$.

Sur le même carbone, –OH est remplacé par –Br ; aucune liaison multiple : **substitution**. Toujours 2 C : groupe modifié, chaîne intacte.

Attention — un halogénoalcane et HO^- peuvent donner une substitution ou une élimination : la liaison C=C tranche.

Cas 2 · Tracer les flèches courbes

Réflexe — $\delta+$ et $\delta-$ d'abord ; flèche d'un doublet vers un site pauvre ; seconde flèche si octet ou duet dépassé.

Exemple. $CH_3–CH_2–O^- + H_2O \rightarrow CH_3–CH_2–OH + HO^-$.

$\chi(O) > \chi(H)$: les H de l'eau sont $\delta+$. Flèche 1 : d'un doublet non liant de O^- vers un H de l'eau.
H ne porte qu'un doublet : flèche 2, de la liaison O–H de l'eau vers O. Charge -1 de chaque côté : **acide-base**.

Attention — jamais de flèche qui part de H^+ ou d'une charge « + ».

Cas 3 · Repérer ce qui accélère

Réflexe — température, concentrations, catalyseur, agitation ; le reste a un autre rôle.

Exemple. « 0,15 mol d'acide méthanoïque, 0,15 mol de propan-1-ol, 3 gouttes d'acide sulfurique, pierre ponce ; reflux 1 h. »

Accélèrent : le **chauffage** et l'**acide sulfurique** (catalyseur). Le réfrigérant évite les pertes, la pierre ponce régularise l'ébullition.

Attention — accélérer ne change pas le rendement final.

Cas 4 · Justifier un meilleur rendement

Réflexe — j'écris Q_r, je vois quel terme change ; $Q_r < K \rightarrow$ sens direct.

Exemple. Estérification à l'équilibre ($K = 4$) : 0,20 mol d'acide, 0,20 mol d'alcool, 0,40 mol d'ester, 0,40 mol d'eau. On ajoute 0,20 mol d'acide.

$$Q_r = \frac{0{,}40 \times 0{,}40}{0{,}40 \times 0{,}20} = 2 < K$$: évolution dans le **sens direct**, il se forme encore de l'ester.

Attention — n_{max} se calcule avec le réactif limitant, jamais avec celui en excès.

Cas 5 · Plusieurs étapes, protection

Réflexe — $\eta_{global} = \eta_1 \times \eta_2 \times \ldots$; protection → transformation → déprotection.

Exemple. Quatre étapes de rendement 85 % chacune.

$\eta = 0{,}85^4 \approx 0{,}52$, soit **52 %** : à peine plus de la moitié, alors que chaque étape semblait bonne. Une protection ajouterait deux étapes de plus.

Attention — ni somme ni moyenne des rendements.

Cas 6 · Économie d'atomes

Réflexe — EA = nombre stœchiométrique × M(produit visé) ÷ somme des nombres stœchiométriques × M(réactifs).

Exemple. 2 $CH_3–CH_2–OH \rightarrow CH_3–CH_2–O–CH_2–CH_3 + H_2O$ (M : 46,0 ; 74,0 ; 18,0 $g \cdot mol^{-1}$).

Le nombre stœchiométrique 2 compte : EA = 74,0 ÷ (2 × 46,0) = 74,0 ÷ 92,0 ≈ **80,4 %** ; le reste part en eau, un sous-produit sans danger.

Attention — le catalyseur ne compte pas ; EA ≠ rendement.

Les pièges

- Dire « substitution » dès qu'il y a deux réactifs, sans regarder si une liaison C=C apparaît.
- Faire partir une flèche courbe d'un atome, de H^+ ou d'une charge positive.
- Croire qu'un catalyseur ou une température plus élevée augmentent le rendement d'une estérification.
- Calculer n_{max} avec le réactif en excès, ou faire la moyenne des rendements des étapes.
- Compter le catalyseur dans l'économie d'atomes, ou confondre économie d'atomes et rendement.

Ce document est la propriété intellectuelle de Ben, professeur particulier (benprofparticulier.fr), protégée par le Code de la propriété intellectuelle (art. L. 111-1 et L. 122-4). Il est mis à disposition pour un usage personnel de révision. Toute reproduction, diffusion, mise en ligne ou revente, totale ou partielle, sans autorisation écrite est interdite et constitue une contrefaçon (art. L. 335-2).