

1 RENDEMENT

$$r = n_f / n_{\max}$$

r Rendement — sans unité, $0 \leq r \leq 1$

n_f Quantité de matière obtenue (mol)

n_{\max} Quantité max théorique — réactif limitant (mol)

1 RÉACTIF EN EXCÈS

Augmenter [réactif] **déplace l'équilibre** vers les produits (loi de **Le Chatelier**).

$Q_r < K \rightarrow$ réaction avance dans le sens direct.

r augmente, mais reste < 1

2 ÉLIMINER UN PRODUIT

Retirer un produit (ex : **distillation**) maintient $Q_r < K$ en permanence.

\rightarrow Réaction forcée jusqu'à disparition du réactif limitant.

$r = 1$ — Réaction totale

2 CONTRÔLE DE LA VITESSE DE RÉACTION

TEMPÉRATURE ↑

Agitation thermique ↑ \rightarrow chocs + **fréquents et + violents** \rightarrow chocs efficaces ↑ \rightarrow **vitesse ↑**

CONCENTRATION ↑

+ d'entités par volume \rightarrow chocs + **fréquents** \rightarrow chocs efficaces ↑ \rightarrow **vitesse ↑**

CATALYSEUR

Modifie le **mécanisme** \rightarrow énergie activation ↓. **Régénéré** = coût nul. Préférable au chauffage (chimie verte).

AGITATION

Homogénéise la solution, solubilise les réactifs \rightarrow meilleur contact entre espèces \rightarrow vitesse ↑

MONTAGE À REFLUX

Chauffe à T° ébullition **sans perte de réactifs**. Les vapeurs montent dans le **réfrigérant à boules** (eau froide), se condensent et retombent dans le ballon. La **Pierre ponce** régule l'ébullition.

Matériel : ballon bicol · chauffe-ballon · réfrigérant à boules · pierre ponce

AGITATEUR MAGNÉTIQUE

Maintien continu de l'**homogénéité** du milieu réactionnel. Favorise la solubilisation des réactifs et accélère les échanges entre espèces.

Matériel : erlenmeyer ou ballon · barreau aimanté · plaque chauffante

3 LES 3 ÉTAPES D'UNE SYNTHÈSE

1 TRANSFORMATION

Conversion des **réactifs en produits**. C'est l'étape principale à optimiser.

Objectif : **rendement maximum** en temps minimal.

Leviers d'action :

- Température ↑ · Concentration ↑
- Catalyseur · Agitation
- Montage à reflux

2 EXTRACTION / PURIFICATION

Séparer le produit des impuretés (réactifs en excès, solvant, catalyseur).

Produit solide :

Filtration sous vide (Büchner) + lavage au solvant glacé + séchage.

Produit liquide :

Ampoule à décanter — solvant non miscible, meilleure solubilisation, volatil. Puis séchage + évaporation solvant.

3 IDENTIFICATION

Contrôle de la **pureté** par comparaison avec valeurs de référence.

Produit solide :

Température de fusion \rightarrow banc Kofler.

Produit liquide :

Densité · T° ébullition · indice de réfraction.

Toujours applicable :

Chromatographie (CCM) · Spectroscopie (IR, RMN).

4 MÉCANISME RÉACTIONNEL & CINÉTIQUE MICROSCOPIQUE

MÉCANISME RÉACTIONNEL

Suite d'**actes élémentaires** au niveau moléculaire. Rend compte de la loi de vitesse expérimentale. L'ajout d'un catalyseur **modifie le mécanisme**. Bilan = somme des étapes.

INTERMÉDIAIRE RÉACTIONNEL

Espèce **formée** lors d'une étape, puis **consommée** lors d'une étape ultérieure. N'apparaît **pas** dans l'équation bilan. \neq catalyseur.

CATALYSEUR

Espèce **consommée** puis **régénérée**. Forme des intermédiaires + réactifs \rightarrow énergie activation $\downarrow \rightarrow$ vitesse \uparrow . Coût d'utilisation nul.

FLÈCHE COURBE

Modélise le déplacement d'un **doublet d'e⁻**. Part du **site donneur δ^-** (forte densité électronique) vers le **site accepteur δ^+** (faible densité).

5 TYPES DE RÉACTIONS ORGANIQUES

TYPE	DÉFINITION	SCHEMA GÉNÉRAL	EXEMPLE CONCRET
SUBSTITUTION	Un groupe sortant est remplacé par un groupe entrant .	$C-X + Y \rightarrow C-Y + X$	Halogénéation alcane : $C-H + Cl_2 \rightarrow C-Cl + HCl$
ADDITION	X-Y se fixent sur une liaison multiple . Aucun groupe éliminé.	$C=C + X-Y \rightarrow CX-CY$	Hydratation alcène : $C=C + H_2O \rightarrow C(OH)-CH$
ÉLIMINATION	Départ de 2 atomes voisins \rightarrow création d'une liaison multiple .	$CX-CY \rightarrow C=C + X-Y$	Déshydratation alcool : $C(OH)-CH \rightarrow C=C + H_2O$
OXYDORÉDUCTION	Transfert d' électrons : réducteur oxydé, oxydant réduit.	$Red + Ox \rightarrow Ox + Red$	Oxydation alcool par MnO_4^- : $-OH \rightarrow -CHO$ ou $-COOH$
ACIDE-BASE	Transfert de proton H^+ d'un acide vers une base.	$AH + B \rightleftharpoons A^- + BH^+$	Estérification, saponification, réactions acide/basique

6 POLYMÈRES



SYNTHÉTIQUES		NATURELS	
Polystyrène (PS)	Isolation thermique	Amidon / Cellulose	Alimentation / Papier
PVC	Construction, canalisations	Soie	Textile de luxe
Nylon (polyamide)	Textile, cordage	ADN	Support génétique
Bakélite (1910)	1 ^{er} polymère synthèse	Protéines	Enzymes, structure

7 PROTECTION / DÉPROTECTION

Pourquoi ? Composé **polyfonctionnel** = plusieurs groupes réactifs simultanément. Pour cibler **une seule fonction** \rightarrow groupe protecteur ou réactif chimiosélectif.

1 PROTECTION DE A

Créer un **groupe protecteur sélectif** sur la fct A.
Ex : esterification $-OH \rightarrow$ ester protecteur

2 RÉACTION SUR B

Le réactif agit **uniquement sur B**. Groupe protecteur **stable**.
Ex : oxydation $-CHO \rightarrow -COOH$ par MnO_4^-

3 DÉPROTECTION DE A

Supprimer le groupe protecteur.
Ex : hydrolyse ester $\rightarrow -OH$ restauré.
+2 étapes à la séquence.

Groupe protecteur : SÉLECTIF · STABLE · FACILE À ENLEVER

8 SYNTHÈSE ÉCORESPONSABLE — CHIMIE VERTE (ANASTAS & WARNER, 1998)

P.1 — ÉVITER LES DÉCHETS

Prévenir la formation de déchets **plutôt que de les traiter** après coup. Réduire les sous-produits dès la conception.

P.3 — SYNTHÈSES MOINS NOCIVES

Concevoir des synthèses **moins nocives** pour l'être humain et l'environnement. Réactifs les moins toxiques possible.

P.5 — SOLVANTS VERTS

Facilement **recyclables et recyclables**, faiblement toxiques. Maintiennent les vitesses de réaction et les rendements.

P.6 — MINIMISER L'ÉNERGIE

Préférer un **catalyseur** (coût nul, régénéré) à un chauffage énergivore. Réduire les besoins énergétiques de la synthèse.

P.9 — UTILISER DES CATALYSEURS

Sélectivité \uparrow · énergie \downarrow · quantités réactifs \downarrow . **Régénéré** = coût d'utilisation nul. Modifie le mécanisme réactionnel.

P.10 — PRODUITS BIODÉGRADABLES

Concevoir des produits **non persistants** dans l'environnement, qui se dégradent après usage en substances inoffensives.