

Chapitre 10

Stratégie de synthèse multi-étapes

Paragraphe 1 – Une classification des réactions

Une transformation en chimie organique fait le plus souvent intervenir plusieurs espèces. Parmi les réactifs, l'espèce organique dont les modifications au cours de la transformation sont caractérisées est appelée « substrat ».

Les transformations d'un substrat organique peuvent être classées dans différentes catégories.

Réaction d'oxydoréduction : le substrat subit une oxydation ou une réduction.

Réaction acide-base : le substrat échange au moins un ion hydrogène avec une autre espèce chimique.

Réaction d'addition : un ou des atome(s) du produit possède(nt) plus de liaisons simples que dans le substrat.

Réaction d'élimination : un ou des atome(s) du produit possède(nt) moins de liaisons simples que dans le substrat.

Réaction de substitution : un atome ou un groupe d'atomes du substrat est remplacé par un autre atome ou un groupe d'atomes dans le produit.

Remarque

Une réaction peut simultanément appartenir à plusieurs catégories. Par exemple, l'hydrogénation de l'éthène est à la fois une réaction d'addition et une réaction de réduction de l'éthène (couple oxydant-réducteur C_2H_4 / C_2H_6).

Remarque

Lors de l'écriture d'une transformation, il est possible de mentionner le solvant, un éventuel catalyseur et d'autres réactifs au-dessus et au-dessous de la flèche traduisant la transformation, dont le symbole est une flèche épaisse rouge dans ce manuel :



Il ne faut pas confondre cette écriture avec celle d'une équation de réaction (dont le symbole est une flèche fine \rightarrow) qui est toujours ajustée.

Paragraphe 2 – Séquence réactionnelle

Séquence multi-réactions

Afin de synthétiser une espèce organique souhaitée à partir d'autres espèces organiques, il est souvent nécessaire d'effectuer **plusieurs transformations successives** pouvant transformer des groupes caractéristiques et/ou des chaînes carbonées.

Exemple

L'objectif d'une synthèse organique est de fabriquer l'espèce **B** (la 2-méthylpentan-3-one) à partir du substrat, l'espèce **A** (le pentan-3-ol).

Une stratégie de synthèse possible consiste à réaliser deux transformations successives.

Première étape : **modification d'un groupe caractéristique** par une réaction d'oxydation (grâce à CrO_3) du substrat organique **A** pour former **C**, la pentan-3-one.

Deuxième étape : **modification de la chaîne carbonée** du nouveau substrat organique **C** pour former **B**, grâce à NaH et CH_3Br .

Utilisation d'une banque de réactions

Les réactions en chimie organiques sont nombreuses. Des **banques de réactions** regroupent les informations sur la **réactivité** des espèces organiques de différentes familles fonctionnelles en spécifiant les **conditions expérimentales** dans lesquelles les espèces réagissent ou ne réagissent pas.

Dans le cas de la synthèse de l'espèce **B** présentée au paragraphe précédent, la banque de réactions (page 524, réactions 2, 7 et 16) montre qu'inverser les deux transformations (NaH et CH_3Br , puis CrO_3) conduit à un produit **C** différent du produit **B** désiré.

Protection des groupes caractéristiques

Lorsqu'une espèce chimique appartient à plusieurs familles fonctionnelles réagissant dans les mêmes conditions expérimentales, il est parfois nécessaire de mettre en place une stratégie de synthèse appelée **protection-transformation-déprotection** afin de synthétiser le produit désiré.

Exemple

L'objectif d'une synthèse est de former l'acide lactique **F** (acide 2 hydroxypropanoïque, à partir de 2 hydroxypropanal **E** par une réaction d'oxydation du substrat organique.

La banque de réactions (page 524, réactions 10 et 2) permet de déterminer que l'oxydant MnO_4^- transforme l'aldéhyde en acide carboxylique, mais aussi l'alcool en cétone. L'utilisation de ce réactif conduirait donc à former l'acide 2-oxo-propanoïque et l'objectif ne serait pas atteint.

La banque de réactions montre qu'une voie de synthèse possible est la suivante :

Protection : le groupe hydroxy a été transformé en un autre groupe caractéristique, appelé groupe protecteur, qui n'est pas transformé par MnO_4^- .

Transformation : MnO_4^- permet de transformer le groupe carbonyle en groupe carboxy.

Déprotection : le groupe protecteur est retransformé en groupe hydroxy, permettant de former le produit désiré, l'acide lactique **F**.

Remarque

Élaborer une séquence de protection-transformation-déprotection nécessite de déterminer le groupe protecteur de manière à ce que :

- la réaction permettant de protéger un groupe ne modifie pas les autres groupes ;
- le groupe protecteur ne soit pas transformé lors de la réaction permettant de transformer le groupe non protégé ;
- le groupe protecteur puisse être retiré sans modifier les autres groupes.

Éviter des erreurs

Les groupes protecteurs sont nombreux. Leur choix dans une synthèse multi-étapes dépend beaucoup de la façon dont ils sont retirés lors de la déprotection du groupe caractéristique initial.

Réaction de polymérisation

Une réaction de **polymérisation** peut avoir lieu lorsqu'une espèce chimique possède deux groupes caractéristiques différents pouvant réagir entre eux dans certaines conditions expérimentales.

Exemple

La banque de réactions (page 524, réaction 21) montre qu'un acide carboxylique réagit avec un alcool en milieu acide pour former un ester (et de l'eau). L'acide lactique est une espèce chimique appartenant à la fois à la famille des acides carboxyliques et à celle des alcools. En milieu acide, cette espèce réagit avec elle-même pour former le polymère acide polylactique.

Paragraphe 3 – Impact environnemental

La synthèse d'un produit d'intérêt en chimie organique utilise des ressources énergétiques, des réactifs, des solvants et des catalyseurs.

Afin d'élaborer des synthèses **écoresponsables**, les chimistes proposent des améliorations.

Il est possible par exemple de :

- mettre au point des réactions formant le moins possible de sous-produits ;
- valoriser les sous-produits par leur utilisation dans d'autres synthèses ;
- créer des catalyseurs permettant de diminuer l'apport d'énergie (afin d'augmenter la vitesse de formation du produit à température ambiante) ;
- utiliser des réactifs et des catalyseurs permettant d'éviter les stratégies de protection-transformation-déprotection ;
- limiter l'utilisation des solvants.

Vocabulaire

Le plus souvent, une transformation chimique permet de synthétiser le produit d'intérêt (le produit recherché) ainsi que des produits le plus souvent non désirés, les sous-produits.