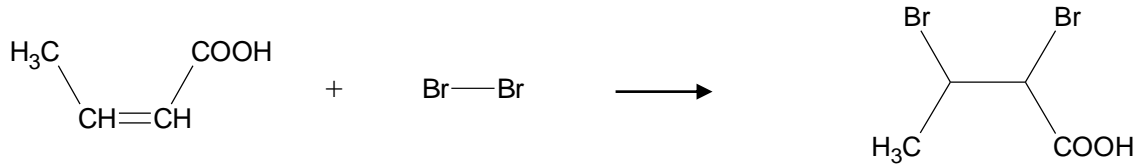


# Transformation en chimie organique

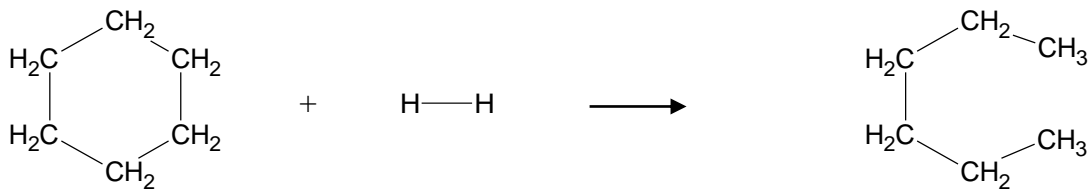
## I. Les grands types de transformation en chimie organique

### 1. Réaction d'addition :

a. Addition d'une molécule par **ouverture d'une double liaison** : (la plus fréquente)

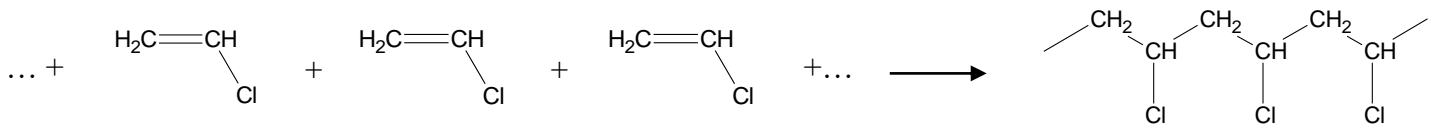


b. Addition d'une molécule par **ouverture d'un cycle** :

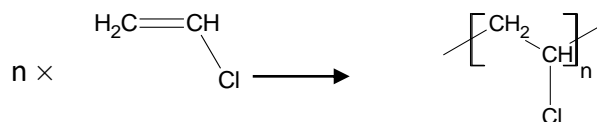


c. Réaction de **polyaddition** : permet de rallonger la chaîne carbonée d'un composé organique comportant une double liaison C=C par réaction d'addition, les unes à la suite des autres, d'un grand nombre de ces molécules, appelées monomères. Le produit de cette addition est une macromolécule.

Exemple : synthèse du polychlorure de vinyle (PVC)

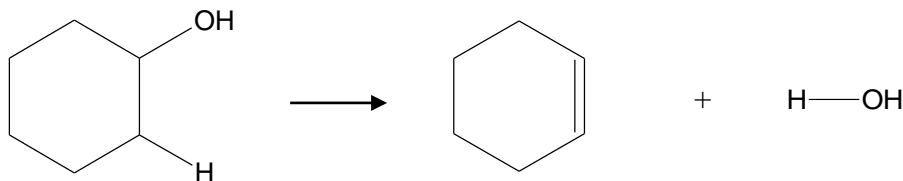


Ce qui peut s'écrire :

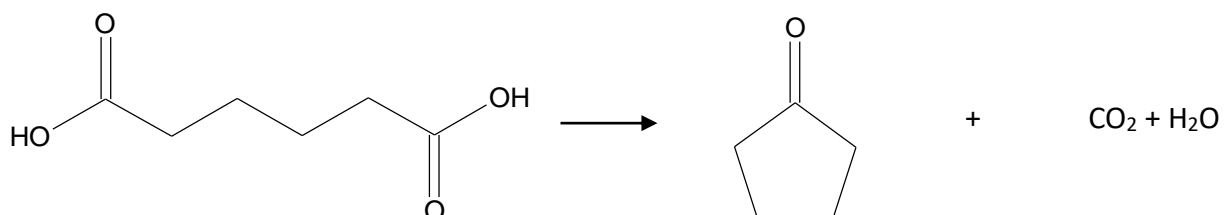


### 2. Réaction d'élimination :

a. Elimination entraînant la **formation d'une double liaison** : (la plus fréquente)



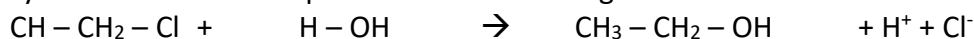
b. Elimination entraînant la **formation d'un cycle** (plus rare)



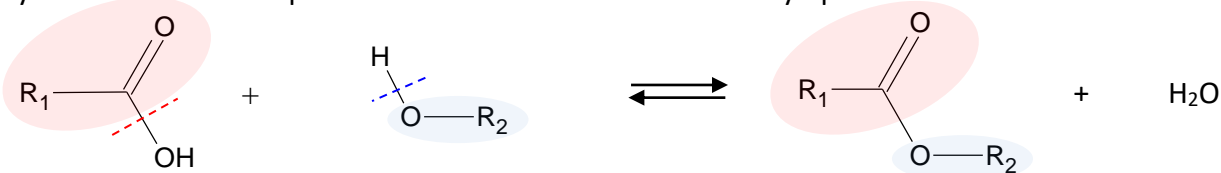
3. Réaction de substitution : 1 atome ou un groupe d'atomes est remplacé par un autre atome ou un autre groupe d'atomes

Exemples :

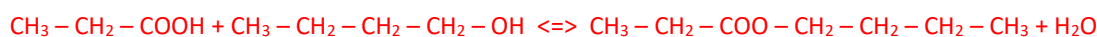
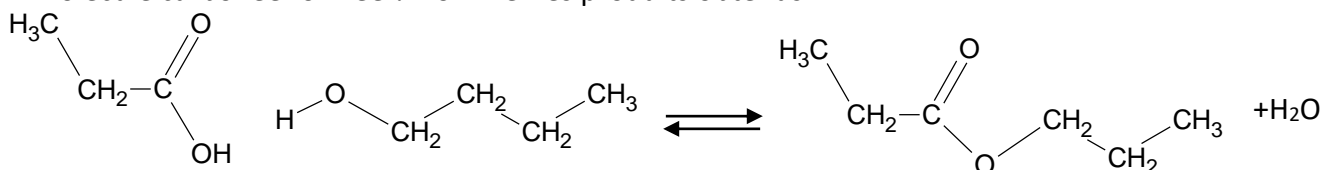
- synthèse d'un alcool à partir d'un alcane halogéné :



- Synthèse d'un ester à partir d'un alcool et d'un acide carboxylique :

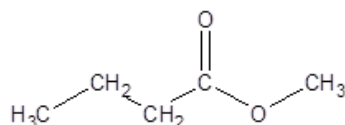


- Ecrire la réaction entre l'acide propanoïque et le butan-1-ol. A quelle famille appartient la molécule carbonée formée ? Nommer les produits obtenus.



Le produit formé est un ester dont le nom est propanoate de butyle.

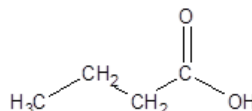
- Une des molécules présentes dans l'arôme naturel de pomme est un ester E de formule semi-développée :



Nommer l'ester E. Écrire les formules semi-développées de l'acide carboxylique et de l'alcool qui permettent la synthèse de cet ester. Écrire l'équation associée à la réaction d'estérification.

butanoate de méthyle

Acide carboxylique : acide butanoïque :



Alcool : méthanol :  $\text{CH}_3 - \text{OH}$

Equation :



4. Modification du groupe caractéristique : exemple : oxydation des alcools

Au cours d'une oxydation ménagée, le squelette carboné est conservé, mais des liaisons se forme avec des atomes d'oxygène. C'est le cas des alcools pour lesquels le groupe hydroxyle (- OH) est transformé en un autre groupe caractéristique qui diffère selon la classe de l'alcool :

| Classe de l'alcool | Résultat de l'oxydation de l'alcool si l'oxydant est en : |                    |
|--------------------|---|--------------------|
|                    | Défaut  | Excès              |
| Primaire           | Aldéhyde  | Acide carboxylique |
| Secondaire         | Cétone  |                    |
| Tertiaire          | Pas d'oxydation ménagée                                   |                    |

## II. Interprétation microscopique – mécanisme réactionnel

### 1. Electronégativité $\chi$ des éléments chimiques – polarité de la liaison covalente :

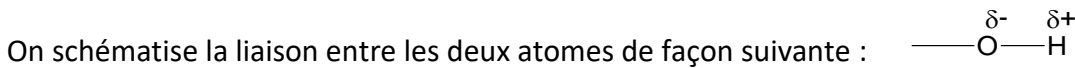
- Dans une liaison covalente, la mise en commun d'un doublet d'électrons n'est pas toujours équitable : certains atomes sont plus « avides » d'électrons que d'autres ; ils ont davantage tendance à attirer les électrons. La grandeur physique qui quantifie cette capacité à attirer les électrons est nommée l'électronégativité. Elle est notée  $\chi$  (khi)

| Electronégativité des éléments chimiques |            |            |            |           |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |    |
|--|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----|
| H<br>2,2                                 |            |            |            |           |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            | He |
| Li<br>0,98                               | Be<br>1,57 |            |            |           |            |            |            |            |            |            |            | B<br>2,04  | C<br>2,55  | N<br>3,04  | O<br>3,44  | F<br>3,98  | Ne |
| Na<br>0,93                               | Mg<br>1,31 |            |            |           |            |            |            |            |            |            |            | Al<br>1,61 | Si<br>1,9  | P<br>2,19  | S<br>2,58  | Cl<br>3,16 | Ar |
| K<br>0,82                                | Ca<br>1    | Sc<br>1,36 | Ti<br>1,54 | V<br>1,63 | Cr<br>1,66 | Mn<br>1,55 | Fe<br>1,83 | Co<br>1,88 | Ni<br>1,91 | Cu<br>1,9  | Zn<br>1,65 | Ga<br>1,81 | Ge<br>2,01 | As<br>2,18 | Se<br>2,55 | Br<br>2,96 | Kr |
| Rb<br>0,82                               | Sr<br>0,95 | Y<br>1,22  | Zr<br>1,33 | Nb<br>1,6 | Mo<br>2,16 | Tc<br>2,1  | Ru<br>2,2  | Rh<br>2,28 | Pd<br>2,2  | Ag<br>1,93 | Cd<br>1,69 | In<br>1,78 | Sn<br>1,96 | Sb<br>2,05 | Te<br>2,1  | I<br>2,66  | Xe |
| Cs<br>0,79                               | Ba<br>0,89 | *          | Hf<br>1,3  | Ta<br>1,5 | W<br>1,7   | Re<br>1,9  | Os<br>2,2  | Ir<br>2,2  | Pt<br>2,2  | Au<br>2,4  | Hg<br>1,9  | Tl<br>1,8  | Pb<br>1,8  | Bi<br>1,9  | Po<br>2    | At<br>2,2  | Rn |
| Fr<br>0,7                                | Ra<br>0,9  |            |            |           |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |    |

Electronégativité croissante

Electronégativité croissante

- Exemple : l'atome d'oxygène est plus électronégatif que l'atome d'hydrogène : les électrons intervenant dans la liaison entre ces deux atomes se trouvent plus souvent autour du noyau de l'atome d'oxygène qu'autour du noyau de l'atome d'hydrogène. L'atome d'hydrogène présente donc un déficit partiel d'électrons, qu'on note  $\delta+$  ( $\delta+ < +e$ ) L'atome d'oxygène, au contraire, présente un excès partiel d'électrons, qu'on note  $\delta-$  ( $\delta- > -e$ ). On parle de déficit ou d'excès partiel parce qu'aucun des atomes n'a totalement perdu ou gagné un électron.



Une telle liaison est dite polarisée.

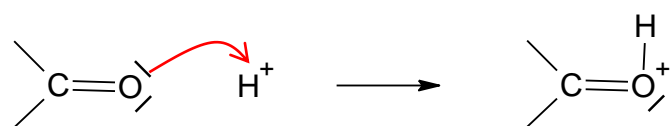
- Plus la différence d'électronégativité entre les deux atomes est importante, plus la liaison est polarisée.
- On considère que la liaison C – H n'est pas considérée polarisée.

### 2. Transfert de doublets d'électrons

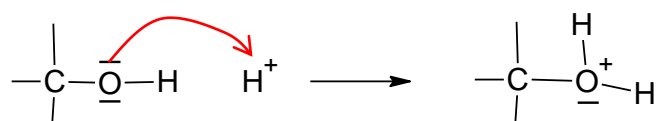
- A l'échelle moléculaire, la formation d'une liaison covalente se modélise par le transfert d'un doublet d'électrons de valence. Ce transfert s'opère entre un SITE DONNEUR et un SITE ACCEPTEUR.
- Dans l'écriture d'un mécanisme réactionnel, le mouvement d'un doublet d'électrons traduisant la formation ou la rupture d'une liaison chimique est représenté par une flèche courbe.

### 3. Mécanisme de formation d'une liaison entre 2 entités :

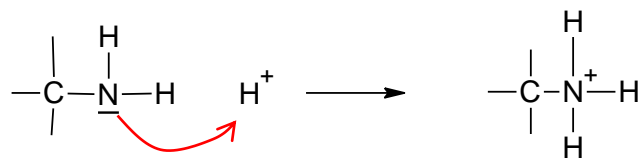
- Identifier la liaison créée
- Identifier le site accepteur :
  - ⇒ atome porteur d'un déficit d'électrons « + »
  - ⇒ atome le moins électronégatif d'une liaison polarisée, porteur d'une charge partielle «  $\delta^+$  » avant la création de la liaison
- Identifier le site donneur : l'autre atome de la liaison créée
- Identifier le doublet utilisé pour créer la liaison
- Dessiner la flèche traduisant le transfert



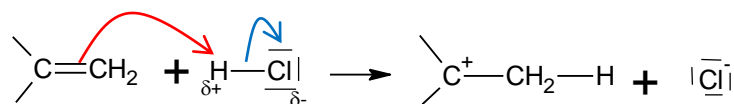
|                   |                |
|-------------------|----------------|
| Liaison créée     | O – H          |
| Site accepteur    | H <sup>+</sup> |
| Site donneur      | O              |
| Doublet transféré | Non liant de O |



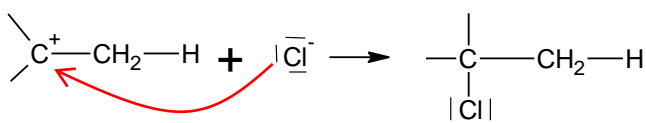
|                   |                |
|-------------------|----------------|
| Liaison créée     | O – H          |
| Site accepteur    | H <sup>+</sup> |
| Site donneur      | O              |
| Doublet transféré | Non liant de O |



|                   |                |
|-------------------|----------------|
| Liaison créée     | N – H          |
| Site accepteur    | H <sup>+</sup> |
| Site donneur      | N              |
| Doublet transféré | Non liant de N |

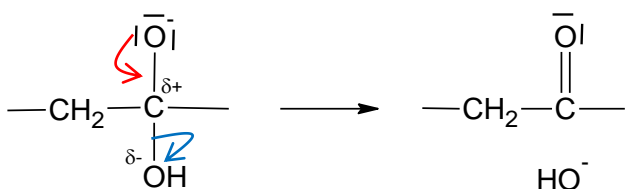
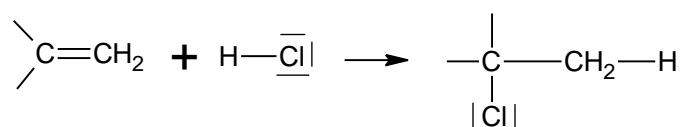


|                   |   |
|-------------------|---|
| Liaison créée     | C – H                                       |
| Site accepteur    | H <sup>delta+</sup> de la liaison polarisée |
| Site donneur      | C du CH <sub>2</sub>                        |
| Doublet transféré | Double liaison C=C                          |



|                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| Liaison créée     | C – Cl            |
| Site accepteur    | C <sup>+</sup>    |
| Site donneur      | Cl <sup>-</sup>   |
| Doublet transféré | Doublet non liant |

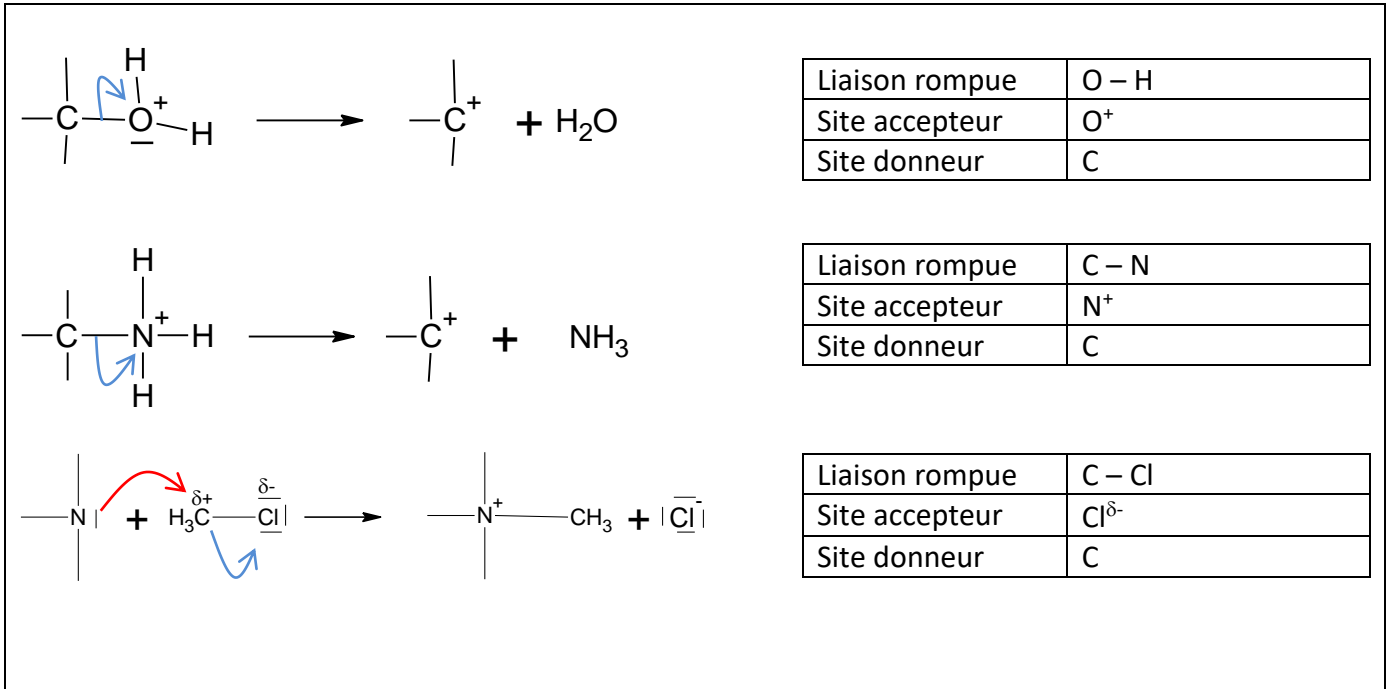
Condensé des 2 étapes précédentes traduisant une addition sur la double liaison :



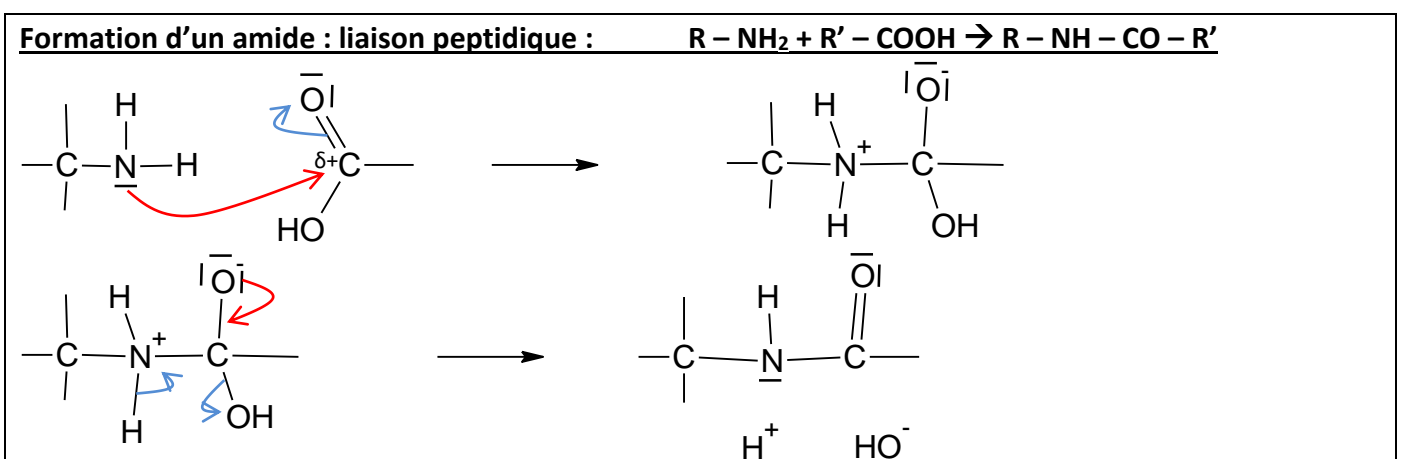
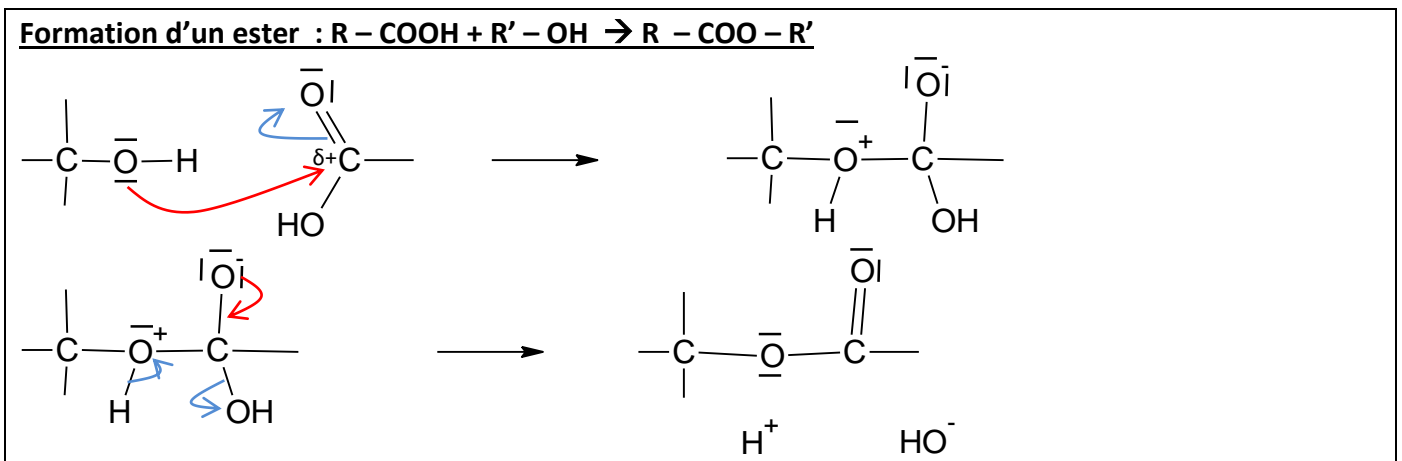
|                   |                     |
|-------------------|---------------------|
| Liaison créée     | C = O               |
| Site accepteur    | C <sup>delta+</sup> |
| Site donneur      | O <sup>-</sup>      |
| Doublet transféré | Doublet non liant   |

#### 4. Mécanisme de rupture d'une liaison :

- Identifier la liaison rompue
- Identifier le site accepteur :
  - ⇒ atome porteur d'un déficit d'électrons « + » avant la rupture de la liaison
  - ⇒ atome le plus électronégatif de la liaison polarisée, porteur d'une charge partielle  $\delta^-$
- Identifier le site donneur : l'autre atome de la liaison rompue
- Dessiner la flèche traduisant le transfert (doublet vers le site accepteur)



#### 5. Exemples de mécanisme de synthèse :



## Exercices

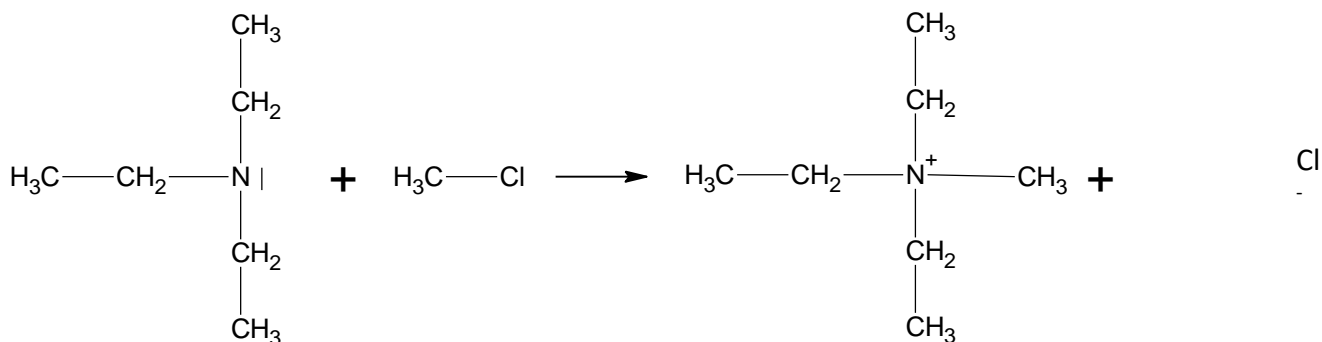
a. Alkylation des amines : il s'agit d'une réaction d'addition au cours de laquelle une chaîne de carbone (groupe alkyle) se lie à l'atome d'azote d'une fonction amine.

Exemple : méthylation de la triéthylamine :

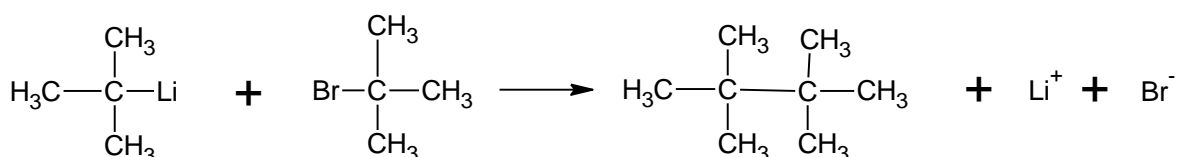


Dans la réaction suivante, indiquer :

- Le(s) site(s) accepteur(s) d'électrons dans les réactifs
- Le(s) site(s) donneur(s) d'électrons dans les réactifs
- Les transferts de doublet qui ont lieu lors de la réaction d'alkylation



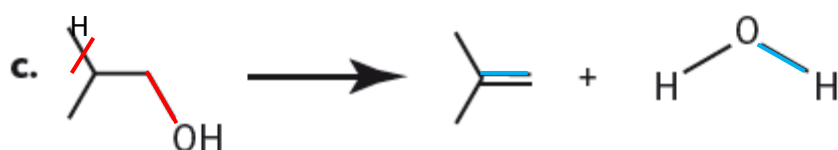
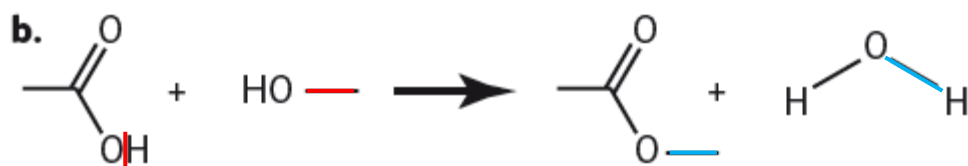
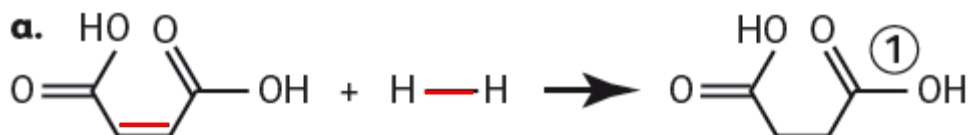
b. Identifier les sites accepteurs et les donneurs d'électrons au cours de cette transformation, ainsi que les transferts d'électrons.



c. Identifier les liaisons rompues ou créées

d. En rouge : liaisons rompues

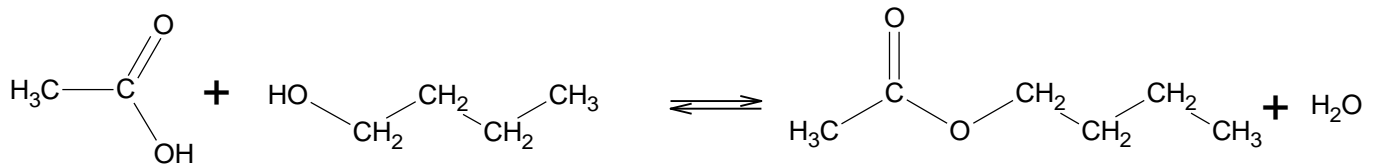
En bleu : liaisons créées



e.

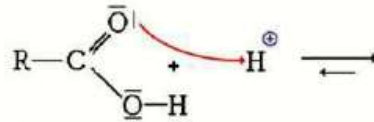
g. Réaction d'estérification : exemple de l'estérification de l'éthanoate de butyle

Equation bilan de la réaction :

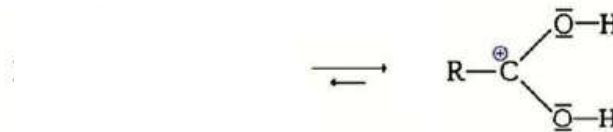


Mécanisme de la réaction : Compléter le mécanisme suivant en indiquant les transferts d'électrons ou les intermédiaires formés. Pour plus de lisibilité, l'acide éthanoïque est noté R – COOH et le butanol est noté R' – OH

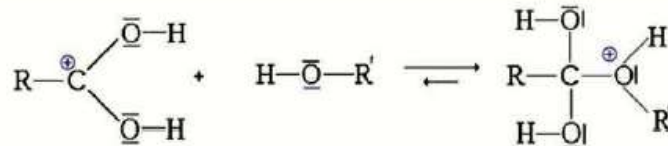
Étape (a) :



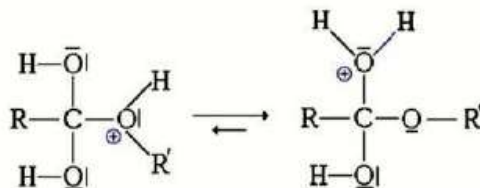
Étape (b) :



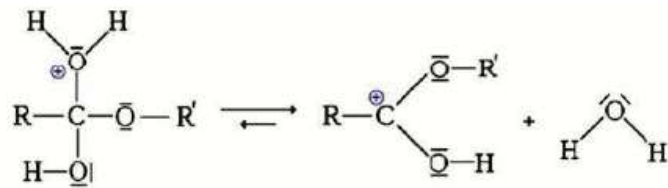
Étape (c) :



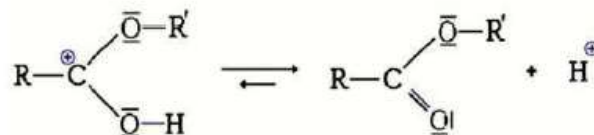
Étape (d) :



Étape (e) :



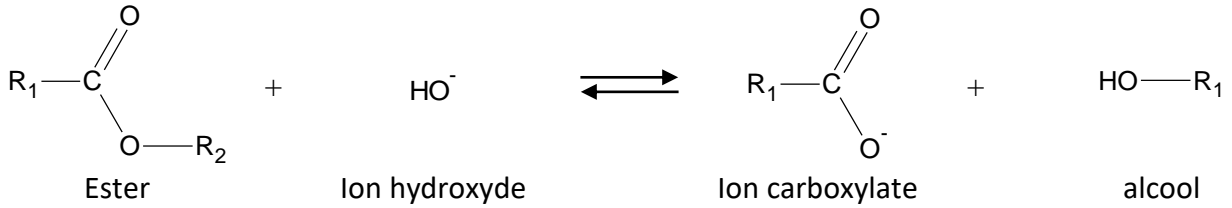
Étape (f) :



Comment le cation H<sup>+</sup> intervient-il dans le mécanisme ? Quel rôle joue-t-il ?

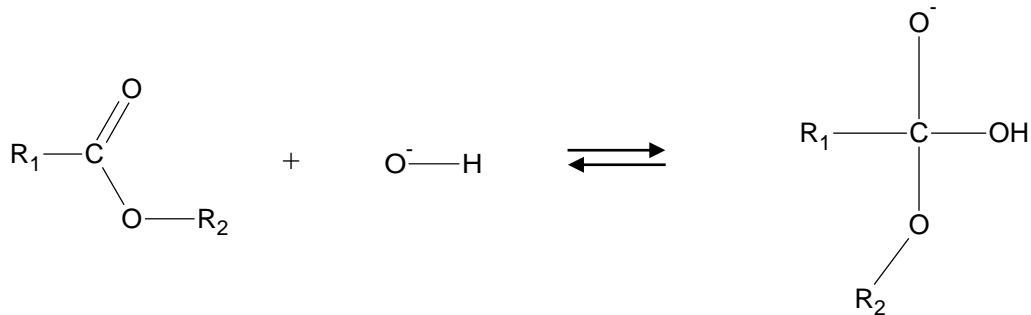
h. Réaction de saponification d'un ester :

La saponification est une réaction chimique transformant un ester en un ion carboxylate et un alcool. Il s'agit en fait de l'hydrolyse en milieu basique d'un ester. Cette réaction permet la synthèse du savon. C'est la réaction inverse de l'estérification.

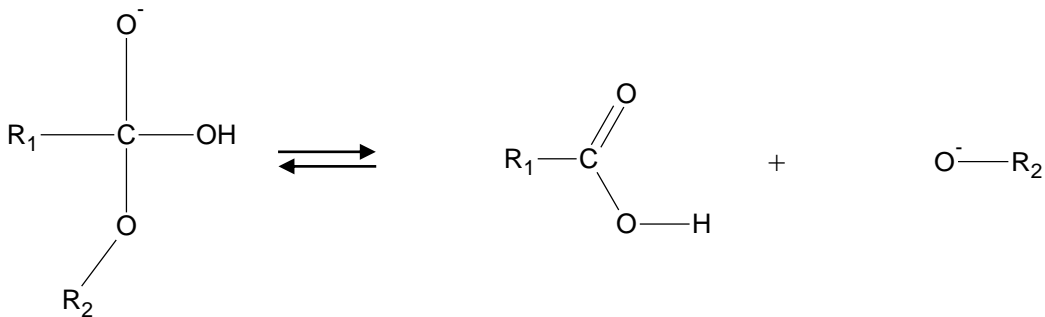


Mécanisme : ajouter les doublets non-liants aux atomes concernés et indiquer les transferts d'électrons

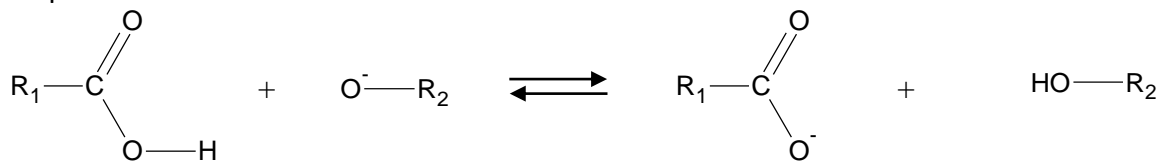
Etape 1 :



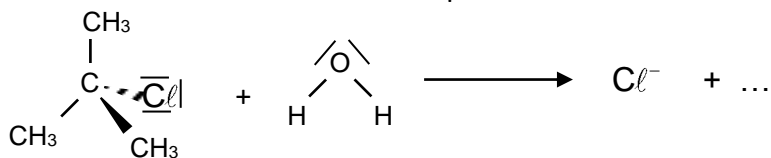
Etape 2 :



Etape 3 :



i. On s'intéresse à la réaction chimique entre l'eau et le 2-chloro-2méthylpropane



- Préciser les polarités de la liaison C – Cl dans le 2-chloro-2-méthylpropane et des liaisons O-H dans l'eau, en utilisant les données d'électronégativité ci-dessous :  
 $\chi(\text{H}) = 2,20$  ;  $\chi(\text{C}) = 2,55$  ;  $\chi(\text{Cl}) = 3,16$  ;  $\chi(\text{O}) = 3,44$ .
- À l'aide des formules de Lewis de l'eau et du 2-chloro-2-méthylpropane données précédemment, identifier les sites donneurs et accepteurs d'électrons pouvant être mis en jeu dans cette réaction.