

Mésoméries, on parle de :

- **Kékulé** molécule avec un mésomère de type cycle avec un enchaînement  $\pi$  –
- **Zwitterion** molécule neutre avec des charges formelles induites par une différence d'électronégativité  $N - \pi - \sigma - N$ .

Deux types de charges

Partielle noté $\delta$ .	Formelle.
---------------------------	-----------

**Rmq :** une charge partielle est toujours inférieure à celle d'un électron.

**Force motrice** étape irréversible qui permet de favoriser la réaction dans un sens. Par exemple, lorsqu'une réaction produit un gaz c'est à dire la production d'une molécule qui quitte le système.

Électronégativité entre deux atomes :  $||u|| = \delta \times d$

### Réaction d'oxydo-réduction

**Réducteur** (par opposition à l'oxydant) atome qui gagne un ou plusieurs électrons.

**Degré d'oxydation** différence d'électrons autour de l'atome.

**Rmq :** pour les ions, le degré d'oxydation nombre d'électrons (exemple :  $Fe^{3+}$  a un degré d'oxydation d'ordre 3).

La différence d'électronégativité doit être  $>0,5$  ( $\Delta\chi > 0,5$ ) pour que l'atome récupère l'électron de l'atome voisin.

**Prototrophie** réaction acido-basique intra moléculaire qui fait intervenir un intermédiaire réactionnel. Elle est souvent représentée comme une réaction de tautométrie (le mécanisme ne fait pas apparaître l'intermédiaire).

**Tautométrie** réaction acide base intra-intramoléculaire. Elle a lieu uniquement entre les atomes formant quatre liaisons.

**Transposition** déplacement d'une partie de la molécule.

### La dissolution

La dissolution dépend de deux phénomènes :

- La solvation de l'espèce chimique
- La stabilisation des espèces formées. Le nombre de molécules autour des ions dépend de leur taille et de leur charge.

### Les types de catalyseurs

Les catalyseurs sont classés en fonction de la solubilité de ce dernier :

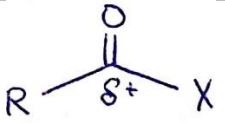
Homogène (soluble)	Hétérogène (non soluble)
--------------------	--------------------------

**Composé de coordination** molécule qui possèdent comme atome central un cation ou un métal.

Tableau périodique des atomes les plus présents en biologie :

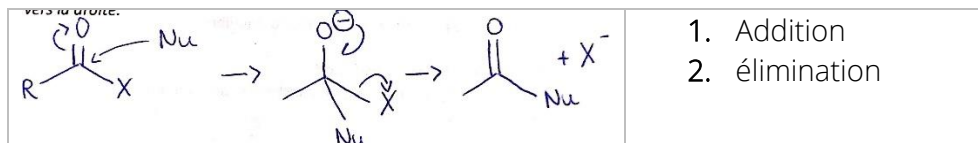
<sup>1</sup> H Hydrogène				
...	...	<sup>6</sup> C Carbone	<sup>7</sup> N Azote	<sup>8</sup> O Oxygène
<sup>11</sup> Na Sodium	<sup>12</sup> Mg Magnésium	...	<sup>15</sup> P Phosphore	<sup>16</sup> S Soufre
<sup>19</sup> K Potassium	<sup>20</sup> Ca Calcium	...		<sup>17</sup> Cl Chlore

### Réactivité des dérivés acides

	<p>Avec X :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>OH acide carboxylique</li> <li>O-R</li> <li>O-CO-R anhydride d'acyle</li> <li>Cl/... hétéroatome</li> <li>Où R est un aralkyle</li> </ul>
---	--

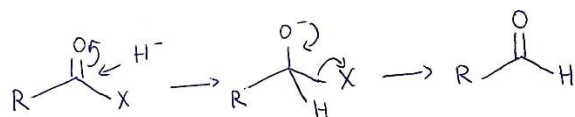
## Substitution

La substitution se fait en deux états :

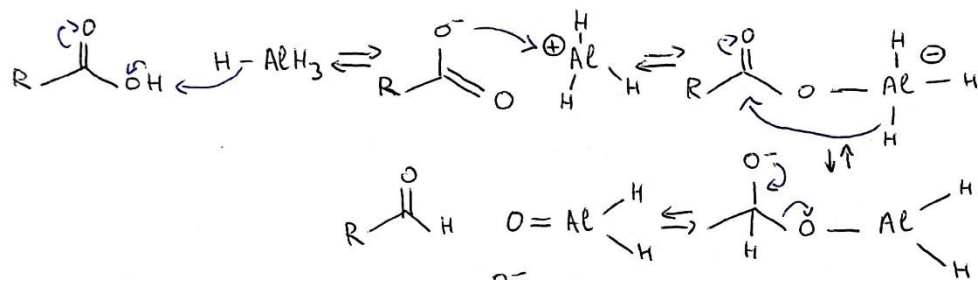


## Oxydo-réduction

En présence d'hydrure  $\text{NaBH}_4$  ou  $\text{LiAlH}_4$ .

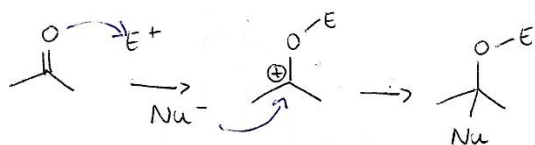


Pour les acides carboxyliques, on a besoin d'utiliser nécessairement du  $\text{LiAlH}_4$  pour que le groupement  $\text{O-R}$  puisse être partant.



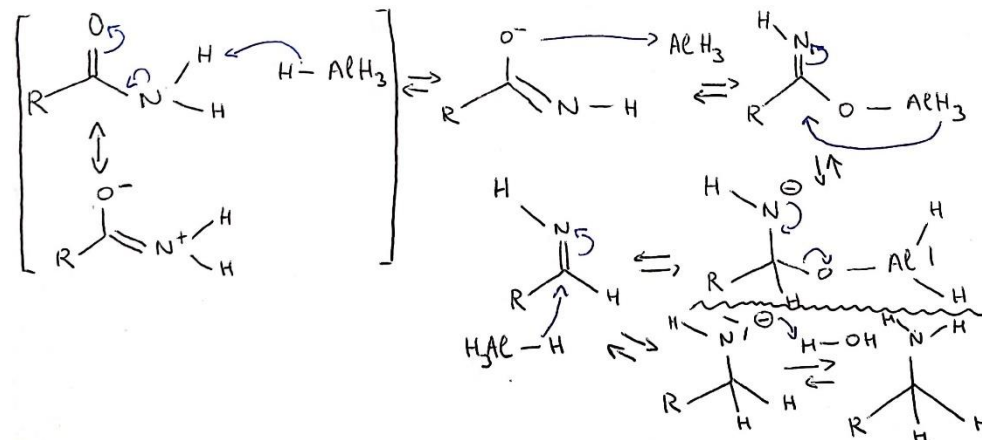
## Addition

On a besoin d'une molécule électrophile et d'un nucléophile :

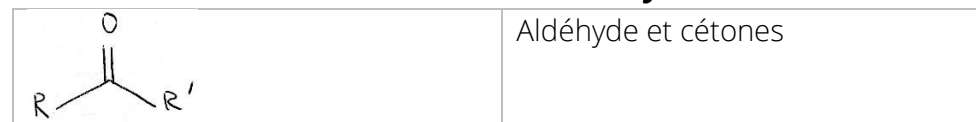


## Amide et nitrites

En milieu d'hydrure ( $\text{AlH}_4$ ), on a réduction de l'oxygène.



## Réactivité des carbonyles



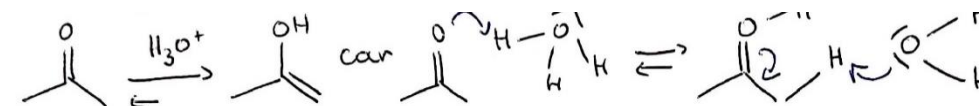
C'est la polarisation de la double liaison par l'oxygène qui rend le carbone nucléophile et ainsi la molécule réactive.

## Tautomérie céto-énolique

Les cétones et les aldéhydes sont soumis à des formes de tautomérie.



La configuration peut être renforcée en milieu acide :



## Addition

### Réduction

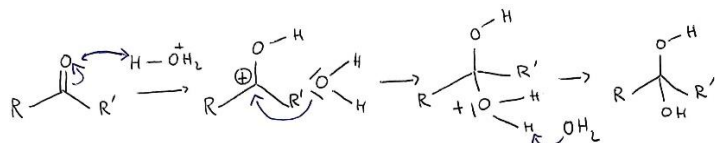
Rappel : La réduction est une addition d'hydrogène.

La réduction se fait en présence d'hydrure ( $H^-$ ) qui peut être produit par :

Base forte (NaH)	Hydruure métallique ( $LiAlH_4$ , $NaBH_4$ )

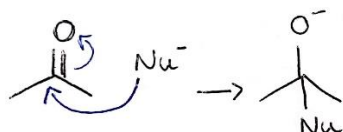
### Addition d'alcool (oxydation)

En présence d' $H_2O$  avec une catalyse acide, on a une sur oxydation :



### Addition nucléophile

On peut réaliser une addition nucléophile en utilisant un nucléophile fort



Pour les nucléophiles faibles, on a besoin d'utiliser un catalyseur acide faudrait utiliser un activateur pour augmenter la polarisation de la double liaison en venant sur l'oxygène.

Catalyse acide ou un métal ( $Zn^{2+}$ , $Mg^{2+}$ )	En milieu basique

Rmq. : si le nucléophile n'est pas suffisamment fort, il faut utilisé une molécule électrophile pour augmenter la polarité de la liaison OC. On évitera l'utilisation de solvant protique qui conduiront à la formation d'un alcool.

## Chimie en biologie

pKa des groupements (à connaître par cœur)

Fonction	pKa
Amide	35
Ester	16-17
Alcool II	16-17
Alcool I	15-16
Anhydride d'acyle	16-17
Amine	9-10
Acide carboxylique	4-5

### Résumé

« Un riche attaque un pauvre » un atome riche en électron attaque à un atome pauvre.

« Un mou c'est-à-dire avec un atome avec plusieurs couches électroniques partira plus difficilement, il sera moins nucléofuge, qu'un atome dur ».

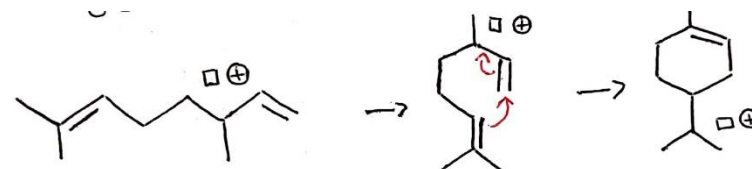
Les mous sont également plus facilement polarisable.

*Exemple : le thiol (S) est un bon électrophile mais un mauvais nucléofuge (groupe partant). On le retrouve à pH physiologique à la fois sous la forme S- et SH.*

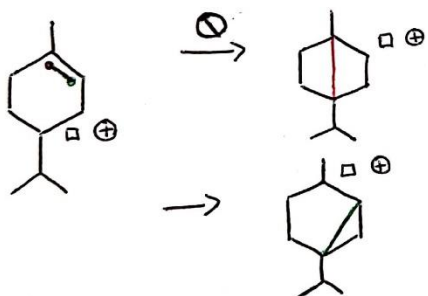
### Les terpènes

On part toujours de la forme limite de résonance la plus stable :

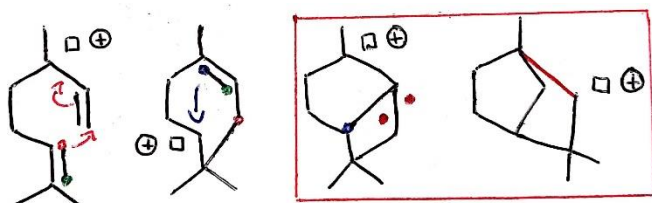
1 - Addition nucléophile intramoléculaire avec un mouvement conjugué des électrons



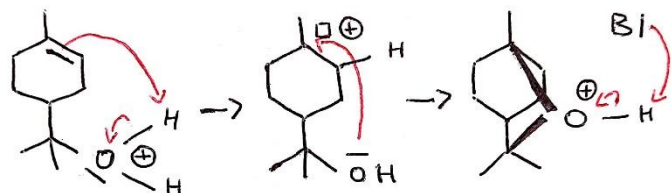
2 - Un grand et un petit cycle (3 et 5) sont préférables à deux cycle à 4 :



4 - Des liaisons C-C peuvent être briser dans le cadre de cycle à 4 atomes :



Exemple de réaction compliquée :



### Synthèse des terpènes

La synthèse des terpènes  $(C_5H_8)_n$

$n =$	Précurseurs	Classe	
	Isoprène		
2	DMAPP + IPP = géranyle phosphate (GPP)	Monoterpénoïde	
4	FPP + IPP	Diterpénoïde	
6		Triterpénoïde	Stéroïde, cholestérol

mono terpénoïde

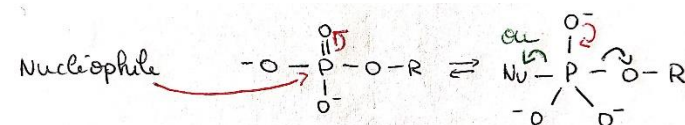
GPP + IPP donne sequiterpénoïde

### Type de réaction (catalytique ou anabolitique)

Si une réaction régénère les produits de départ alors elle est de type catalytique (dégradation).

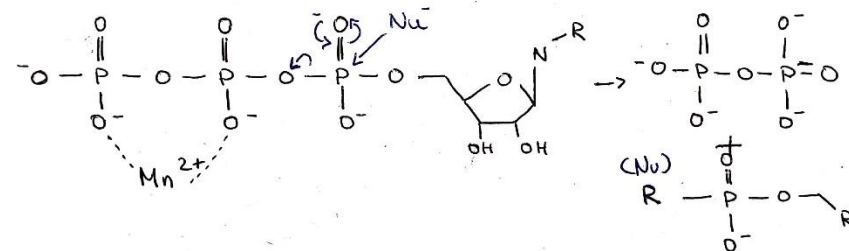
### Rendre un groupe nucléofuge

Addition nucléophile sur un groupement phosphate comme ceux de l'ATP.

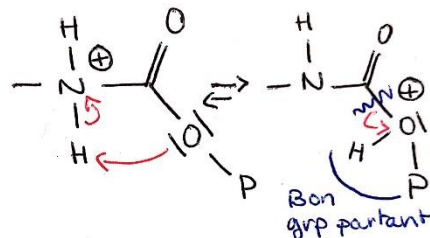


Rendre un groupement mauvais groupe partant en bon groupe partant.

- AMP ( $Mg^{2+}$ ) permet d'éliminer deux groupements phosphate d'une molécule d'ATP

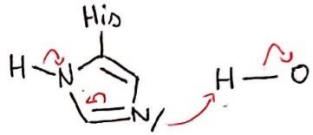


- Autoprotolyse (réaction acido-basique intramoléculaire)



## L'histidine molécule acide-base

Histidine un acide aminé à la fois base et acide

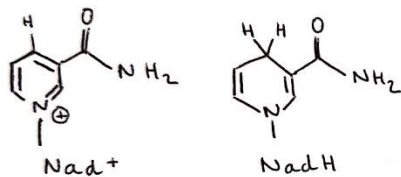


Co-enzyme A

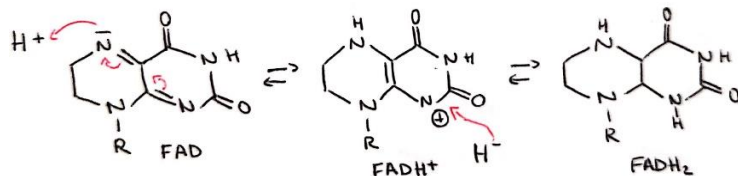
## Réaction d'oxydo-réduction

Pour les réactions d'oxydo-réduction en milieu physiologique généralement par l'intermédiaire de :

- NAD<sup>+</sup>



- FAD<sup>+</sup>/FADH<sub>2</sub> par l'ajout de H<sup>+</sup> et H<sup>-</sup>



## Cinétique

Lors d'une réaction avec un intermédiaire réactionnel, c'est l'aspect cinétique qui est dominant.

énergie d'activation énergie minimum

On peut accélérer une réaction en augmentant la température ce qui a pour effet de faciliter :

La rencontre entre les molécules

La vitesse de collision et ainsi leur permettre de passer la barrière de l'énergie d'activation

Vitesse de disparition  $2A \rightarrow B$

Vitesse	Loi de vitesse
$v = \frac{d[B]}{dt} = -\frac{d[A]}{2 \times dt}$	$v = k[A]^2$

La vitesse de disparition de A est deux fois plus que celle de B.

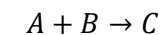
Réaction élémentaire réaction en une seule étape.

Molarité nombre d'entités chimiques (molécules, ions, radicaux) qui participent à une réaction élémentaire.

Ordre partielle nombre de molécule de chaque espèce.

Ordre de réaction évolution de la concentration de l'espèce.

Calcule de la vitesse en fonction de l'



La vitesse est  $v = -\frac{d[A]}{dt}$

Ordre	Loi de vitesse		Loi de la vitesse intégrée
0	$v = k$	$d[A] = -k \cdot dt$	$A = -kt$
1	$v = k[A]$	$\frac{d[A]}{[A]} = -k \cdot dt$	$A = A_0 e^{-kt}$
2	$v = k[A]^2$	$-\frac{d[A]}{[A]^2} = k \cdot dt$	$\frac{1}{A} = \frac{1}{A_0} + kt$

NB :  $\int_{A_0}^A \frac{d[A]}{[A]} = [\ln A]_{A_0}^A = \ln A - \ln A_0 = -kdt \Leftrightarrow A = A_0 e^{-kt}$

Rmq : pour tracer le graphique, on peut linéariser en utilisant  $\ln(A)$

Demi-temps de vie, c'est  $[A] = \frac{[A]_0}{2}$

Deux méthodes pour déterminer l'ordre d'une réaction :

- Intégrale. On suppose l'ordre de la réaction et tracer la ver, l'ordre correspondra à la représentation graphique d'une droite).
- Différentielle (linéariser la vitesse et déterminer l'ordre à partir du coefficient b de la droite).

### Méthode intégrale

On représente  $f(t)=y$  pour chacun des ordres :

Ordre	0	1	2
Représentation	$y = [A]$	$y = \ln[A]$	$y = \frac{1}{[A]}$

L'ordre de la réaction correspond à la représentation graphique donnerat une droite.

### Méthode différentielle

On trace le graphique  $f(\log[A]) = \log v$

Car  $\log v = \log k + \log[A]$ . Pour rappel la vitesse est la variation de concentration pour une petite unité de temps :  $v = -\frac{d[A]}{dt}$

Effet de la température :

$k = Ae^{-\frac{E_a}{RT}}$	$k$ constante de vitesse $A$ facteur de fréquence (même unité que $k$ ) $E_a$ énergie d'activation $\text{J} \cdot \text{mol}^{-1}$ $R$ constante des gaz parfaits $8,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ $T$ température en K
----------------------------	---

Rmq : lorsque  $E_a$  augmente,  $k$  diminue et lorsque  $T$  augmente  $k$  augmente. Plus  $k$  est grand plus la réaction est rapide.

Linéarisation et représentation graphique

$$f\left(\frac{1}{T}\right) = \ln K$$

L'énergie d'activation correspond alors au coefficient de la droite.

### La dissolution

La dissolution est une réaction chimique qui fait intervenir deux phénomènes :

- Dissociation polarité des molécules du solvant.
- Solvation stabilisation des espèces formées nombre de molécules autour des ions. Dispersion taille et de la charge.

### La catalyse

Il existe deux types de catalyse en fonction de la solubilité de celui-ci :

Homogène (soluble)	Hétérogène (non soluble)
--------------------	--------------------------

Cinétique passage par des intermédiaires non stable  $K(= Q_r)$  faible.

Composé de coordination molécule composé d'un cation central ou d'un métal.