

épublique Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

UNIVERSITE DE MOHAMED CHERIF MESSAADIA

SOUK-AHRAS

Faculté Des sciences et de Technologie

Département des Science de la matière

Polycopié de cours

De Chimie Organique 2
Pour les Deuxième Année Licence,

Réalisé par: Dr. Fahima ALI-RACHEDI

ANNÉE UNIVERSITAIRE : 2021/2022

Avant-propos

La chimie organique ou bien la chimie de carbone est une science qui s'intéresse à la répartition des atomes dans les molécules, à la structure tridimensionnelle de ces molécules, et notamment leur réactivité c'est pour cette raison le premier chapitre a été consacré à l'étude de la réactivité pour comprendre les différents types de réaction (élimination, substitution, addition), le chimiste organicien décompose les bilans macroscopiques en différentes étapes. Chaque étape décrit le déplacement des électrons et des atomes provoquant la formation ou la rupture des liaisons covalentes, qui donnent naissance aux produits de la réaction. L'ensemble de ces étapes microscopiques s'appelle un mécanisme réactionnel.

Le module de chimie organique 2, s'adresse principalement aux étudiants de deuxième année licence. Ce polycopié est divisé en quatre chapitres qui sont arrangés selon le programme harmonisé de la tutelle.

CHAPITRE I : STRUCTURE, REACTIVITE	
4.1 Notion de la polarisation des liaisons	47
4.2 Les effets électroniques	47
• 4.2.1 Effet inductif	47
• 4.2.2 Effet mésomère	47
• 4.2.2.1 Règles pour écrire les formes mésomères	48
4.3 Influence de l'effet inductif et mésomère sur les propriétés acido-basiques	48
4.4 Rupture de liaisons, intermédiaires réactionnelles et réactives	48
4.4.1 Rupture des liaisons	48
4.4.2 Les intermédiaires réactionnels	49
• 4.4.2.1 Les radicaux	49
• 4.4.2.2 Les carbocations	49
• 4.4.2.3 Les carbanions	49
4.4.3 Les réactifs	50
• 4.4.3.1 Les nucléophile	50
• 4.4.3.2 Les électrophile	50
REACIONS CHIMIQUES : 2	50
Les classes de réactions chimiques	
• 4.5.1 Les réactions de substitution	50
• 4.5.1.1 Réactions de substitution nucléophile	50
• 4.5.1.1.1 Substitution nucléophile monomoléculaire (SN ₁)	51
• 4.5.1.1.2 Substitution nucléophile bimoléculaire (SN ₂)	52
• 4.5.1.2 Réactions de substitution électrophile	52
4.5.2 Les réactions d'élimination	53
• 4.5.2.1 Elimination monomoléculaire (E ₁)	53
• 4.5.2.2 Elimination bimoléculaire (E ₂)	55
4.6 Compétition entre les mécanismes SN et E	55
4.7 Les réactions d'addition	56
• 4.7.1 Réactions d'hydratation	56
• 4.7.2 Réactions d'hydrohalogénéation	57
• 4.7.3 Réactions d'addition d'acides hypohalogénés (X-OH)	58
• 5.7.4 Réactions de dihalogénéation	59
4.8 EXERCICES	60
4.9 SOLUTIONS	65

Électronégativité d'un élément chimique

L'électronégativité est une grandeur relative qui traduit l'aptitude d'un atome **A** à attirer à lui le doublet d'électrons qui l'associe à un autre atome **B** par une liaison covalente. Lorsque les 2 atomes sont identiques, la paire d'électrons formant la liaison est répartie de manière symétrique entre les 2 atomes. Certains atomes ont plus ou moins tendance à attirer les électrons de la liaison covalente à eux, on dit que ces atomes sont plus électro-négatifs.

Il existe plusieurs échelles d'électronégativités. L'échelle d'électronégativité la plus employée est celle de PAULING (Linux Carl Pauling (1901-1994)).

L'électronégativité d'un élément chimique varie de la manière suivante :

- Sur une période (ou ligne) donnée, les éléments les plus électro-négatifs sont à droite. L'électronégativité augmente de gauche à droite. Le fluor (F), l'élément le plus électro-négatif, a une électro-négativité de 4.

- Sur une colonne, l'électronégativité croît vers le haut. Les résultats obtenus se généralisent, si l'on exclut les gaz nobles. Le Francium (Fr), l'élément le moins électro-négatif, a une électro-négativité de 0,7.

COMMENT DETERMINER LA POLARISATION D'UNE LIAISON ?

Notion de la polarisation des liaisons

Une liaison est polarisée si les deux atomes liés possèdent une électro-négativité différente. L'atome le plus électro-négatif (celui qui possède l'électronégativité la plus grande) attire davantage les deux électrons du doublet liant (ceux qui constituent la liaison covalente) que l'atome le moins électro-négatif comme dans le cas du ($\text{Na}^+ \text{Cl}^-$). Une liaison peut aller de la covalence pure (symétrie de répartition des charges comme dans $\text{Cl}-\text{Cl}$) à une liaison purement ionique (transfert d'électron d'un atome sur un autre atome comme dans le cas du $\text{H}-\text{Cl}$). Aussi, il existe une dissymétrie de la répartition du nuage électronique, qui crée des charges partielles positives (δ^+) et négatives (δ^-) sur chacun des atomes ($^{\delta^+}\text{C}-\text{Cl}^{\delta^-}$), la liaison formée ici est dite polarisée.

Polarisation d'une liaison

Dans une molécule de dihydrogène $\text{H}-\text{H}$, le doublet d'électrons liant les deux atomes d'hydrogène est équitablement partagé entre les deux atomes d'hydrogène : la liaison n'est pas polarisée. Dans une molécule de chlorure d'hydrogène $\text{H}-\text{Cl}$, l'atome de chlore, plus électro-négatif que celui

d'hydrogène, a tendance à attirer plus vers lui les électrons de la liaison. Ce partage dissymétrique du doublet d'électrons liant provoque l'apparition d'une charge positive sur l'atome d'hydrogène et d'une charge négative sur l'atome de chlore : **la liaison est polarisée**. La polarisation de la liaison peut alors être décrite par la donnée des charges partielles.

Remarque : les deux charges partielles, égales en valeur absolue et de signes opposés, constituent un dipôle électrique caractérisé par son moment dipolaire[→] : Le moment dipolaire est orienté de l'atome chargé négativement vers l'atome chargé positivement.

Une liaison A-B entre 2 atomes A et B est polarisée si les électronégativités de ces 2 atomes sont différentes. Symbolisation : On attribue à l'atome le plus électronégatif le symbole $-\delta$ ou δ^- (charge partielle négative) et à l'atome le moins électronégatif le symbole $+\delta$ ou δ^+ (charge partielle positive). Les électronégativités des atomes de carbone et d'hydrogène sont assez voisines. Aussi, en chimie organique : Les liaisons C — H sont considérées comme non polarisées.

COMMENT IDENTIFIER UN SITE DONNEUR OU ACCEPTEUR DE DOUBLET D'ELECTRONS

Sites donneurs de doublet d'électrons

Un site donneur de doublet d'électrons est un lieu d'une espèce chimique présentant un excès de charges négatives. En chimie organique, un site donneur d'électrons est appelé site nucléophile.

Exemple de sites donneurs:

- un atome portant un doublet non liant

un atome présentant une charge partielle négative δ^-

- une liaison multiple (double, triple ..)

- un anion

Exemple pour application:

Donner la structure de Lewis de l'ion hydroxyde, de la molécule d'eau et indiquer les sites donneur de doublet d'électron.

Sites accepteurs de doublet d'électrons:

Un site accepteur de doublet d'électrons est un lieu d'une espèce chimique présentant un défaut de

charges négatives.

Exemple de sites accepteur:

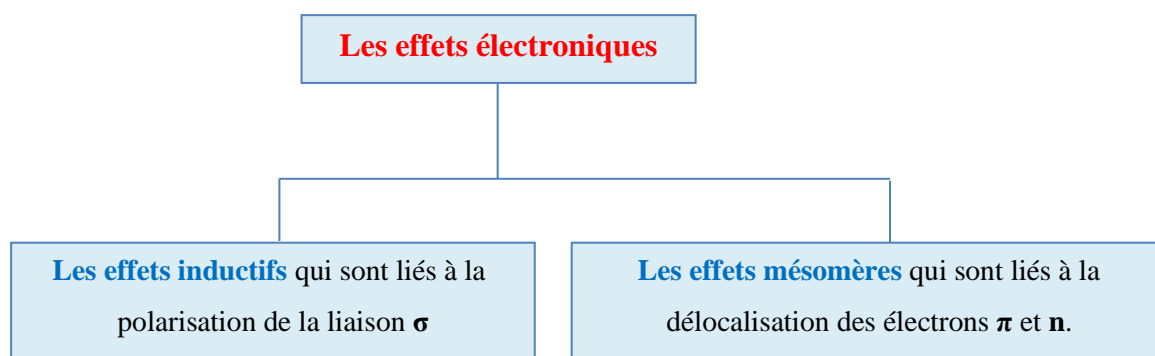
- un atome présentant une charge partielle positive δ^+
- un cation

En chimie organique, un site accepteur de doublet d'électrons est appelé site électrophile.

Exemple d'application:

Donner la structure de Lewis de la molécule d'acide éthanóique et de la molécule de chlorométhane et indiquer les sites accepteurs de doublet d'électron.

Les effets électroniques



Effet inductif: c'est la transmission par des groupements d'atomes de la polarité d'une liaison σ .

Cette transmission est gouvernée par l'électronégativité des atomes, on note deux types d'effet inductif:

- + Effet inductif donneur noté **+I**: groupements alkyles (CH_3 , C_2H_5 ...etc.), et atomes moins électronégatifs que le carbone tels que les métaux (**Na**, **Mg**...etc.).
- + Effet inductif attracteur noté **-I**: groupements ou atomes plus électronégatifs que le carbone [(les halogènes : **Cl**, **Br**, **F**, **I**), **OH**, **NH₂**...etc.]

Effet mésomère: la mésomérie permet de décrire la délocalisation des électrons π , des doublets d'électrons libres n et des charges dans les molécules conjuguées. On note deux types d'effet mésomère:

- + Effet mésomère donneur noté **+M**: exemple groupements : **-OH**, **-NH₂**.
- + Effet mésomère attracteur noté **-M**: exemple groupements : **-NO₂**, **-COR**.

Les deux effets peuvent exister ensemble dans une même molécule, mais dans le cas où les deux effets coexistent, c'est toujours l'effet mésomère qui l'emporte.

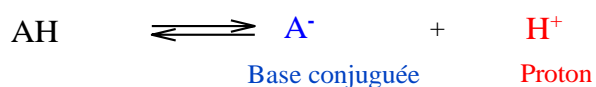
Règles pour écrire les formes mésomères

Lorsqu'on écrit les différentes formes mésomères (limites), on doit toujours respecter les critères suivants:

- La valence des atomes doit être respectée.
- Le nombre d'électrons célibataires doit être le même dans toutes les formes limites.
- Respecter l'effet donneur (+ M) et attracteur (- M) des substituants

Influence de l'effet inductif et mésomère sur les propriétés acido-basiques

Un acide est un composé qui peut céder un proton et une base un composé qui peut en gagner. Lorsqu'un acide neutre s'ionise, il donne un anion (base conjuguée de l'acide) et un proton H^+ .

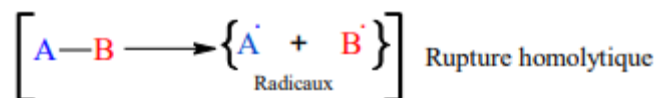
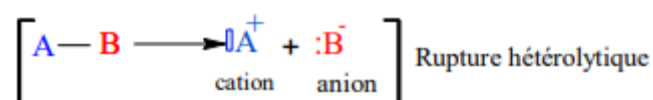


- La force de l'acide est liée à la stabilité de sa base conjuguée, en d'autres termes, plus la base conjuguée A^- est stable, plus l'acide correspondant est fort.
- D'une manière plus générale, un groupement électrodonneur diminue l'acidité d'un acide carboxylique, alors qu'un groupement électroattracteur augmente l'acidité.

Rupture de liaisons, intermédiaires réactionnelles et réactives

Rupture des liaisons

Les liaisons peuvent être rompues de manière homolytique ou hétérolytique.



Les intermédiaires réactionnels

Les radicaux

Les radicaux sont des espèces électriquement neutres ayant au moins un électron célibataire. Ils sont des espèces très réactives.

- Les radicaux sont stabilisés par groupements à effet inductif donneur (+I).
- La délocalisation électronique est aussi un facteur de stabilisation des radicaux.

Les carbocations

Les carbocations sont des intermédiaires possédant une charge positive au niveau d'un atome de carbone. Un carbocation possédant trois liaisons simple σ avec ses voisins est du type AX_3 et hybridé sp^2 . Il possède un orbitale p vide perpendiculaire au plan des trois liaisons, il est donc plan (une structure plane).

- Les carbocations sont stabilisés par des substitutions à effet inductif donneur (+I).
- La délocalisation électronique est aussi un facteur de stabilisation des carbocations.

Les carbanions

Les carbanions sont des intermédiaires qui possèdent une charge négative au niveau d'un atome de carbone. Un carbanion C^- impliqué dans trois liaisons simples σ est hybridé sp^3 .

Donc sa structure est tétraédrique

- Les carbanions sont stabilisés par des substitutions à effet inductif attracteur (-I).
- Les substituants permettant une délocalisation de la charge négative stabilisent les carbanions.

Les réactifs

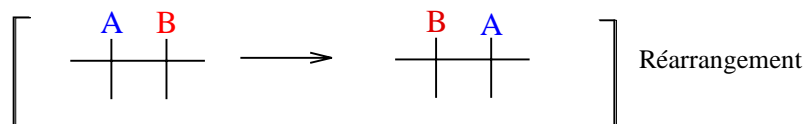
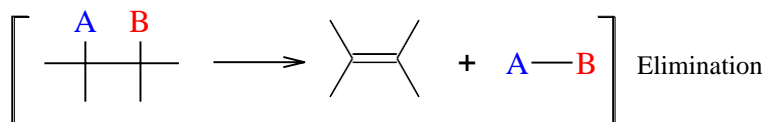
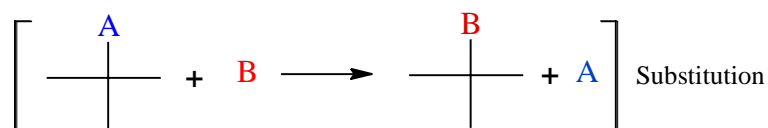
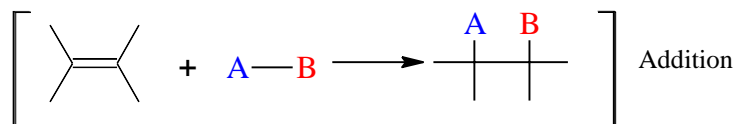
Les nucléophiles

Espèce riche en électrons (un réactif possédant des doublets libre ou une charge négative).

Les électrophiles

Espèce pauvre en électrons (un réactif possédant une lacune électronique ou une charge positive).

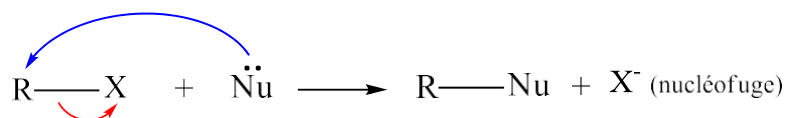
Les classes de réactions chimiques



Les réactions de substitution

Réactions de substitution nucléophile

Dans ce type de réaction, un réactif nucléophile Nu attaque un carbone lié à un groupe partant ou sortant (nucléofuge). Ce type de réactions se déroule selon deux mécanismes (SN₁, SN₂).



Substitution nucléophile monomoléculaire (SN₁)

La réaction SN₁ se déroule en deux étapes distinctes:

- ❖ La première étape est lente: elle consiste en l'ionisation de la liaison C-X (de la molécule RX) sous l'effet d'un

solvant polaire et protique.

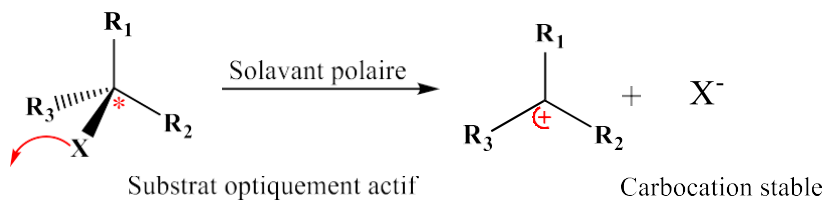
- ❖ La deuxième étape: est l'attaque par le nucléophile du carbocation plan formé,

l'attaque peut se faire d'un côté ou de l'autre du plan.

Mécanisme réactionnel:

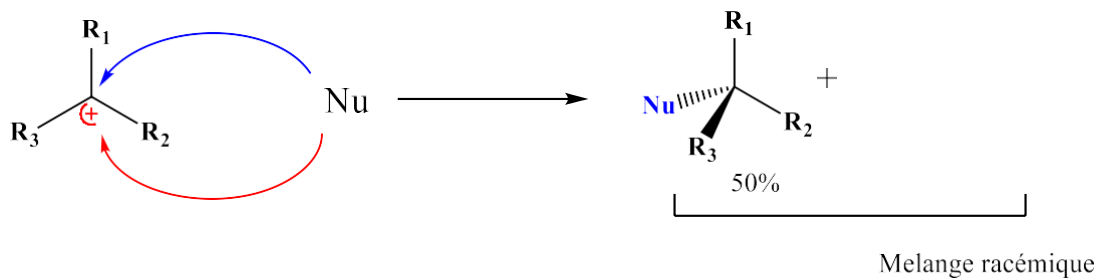
Première étape:

formation du carbocation



Deuxième étape:

Attaque du nucléophile



Du point de vue cinétique

La vitesse de la réaction ne dépend que de la concentration du substrat (RX). C'est une vitesse de premier ordre:

$$V = k \cdot [\text{substrat}]$$

Du point de vue stéréochimique

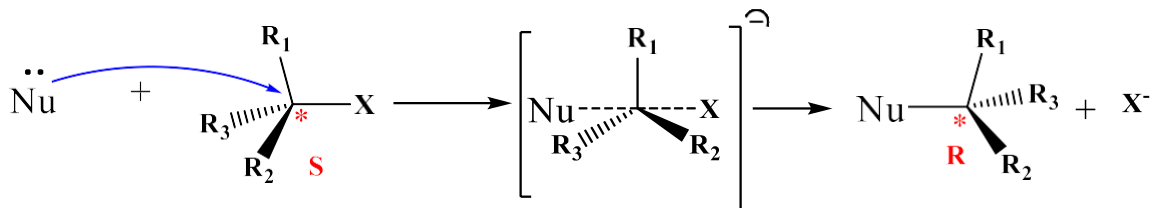
L'attaque du nucléophile des deux côtés du plan du carbocation formé dans le cas d'un substrat optiquement actif conduit à un mélange racémique. Donc les réactions :

SN₁ sont non stéréospécifiques

Substitution nucléophile bimoléculaire (SN₂)

La réaction SN₂ se fait en une seule étape avec le passage par un état de transition, ici le réactif nucléophile Nu attaque le carbone lié à X du substrat (RX) du **côté opposé au nucléofuge**.

Mécanisme réactionnel:



Du point de vue cinétique

La vitesse d'une SN₂ dépend de la concentration du substrat (RX) et celle du nucléophile (Nu). C'est une vitesse d'ordre deux et s'exprime par la relation:

$$V = k[RX][Nu].$$

Du point de vue stéréochimique

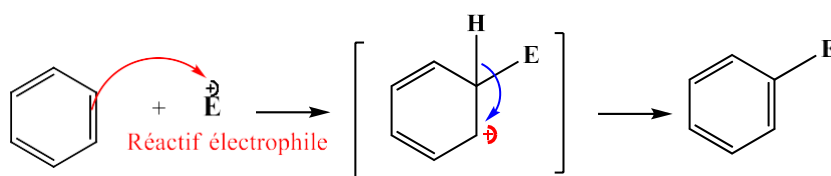
Si la réaction est effectuée sur un substrat optiquement actif, on observe une inversion de configuration dans le produit dite inversion de Walden. Donc la réaction :

SN₂ est stéréospécifique

Réactions de substitution électrophile (SE)

Les réactions de substitution électrophile représentent la majorité des réactions effectuées sur les composés aromatiques benzéniques. Ce type de réaction se fait selon un mécanisme général:

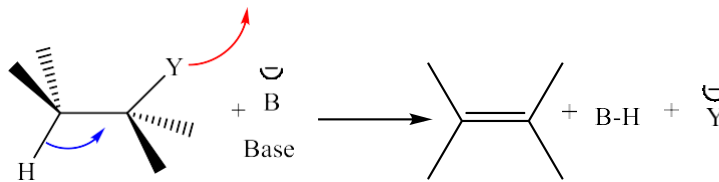
- 1-Formation de l'électrophile (E⁺).
- 2-Addition de cet électrophile sur la liaison π isolée.
- 3-Elimination du proton H⁺.



Ce type de réaction est catalysé par des acides de Lewis tels que : AlCl_3 , FeBr_3 , BF_3 ...) ou des acides de Bronsted H^+ (H_2SO_4 , H_3PO_3 , HNO_3 ...)

Les réactions d'élimination (E_1 et E_2)

Les réactions d'élimination correspondent au retrait intramoléculaire de deux groupes A et Y portés par un élément sous l'effet d'une entité qui a un caractère basique. Donc les réactions d'élimination sont le processus inverse de l'addition.



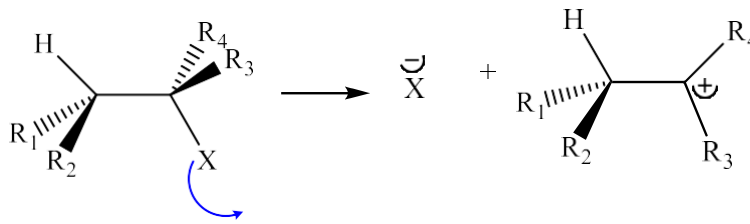
Élimination monomoléculaire (E_1)

La réaction E_1 se déroule en deux étapes distinctes:

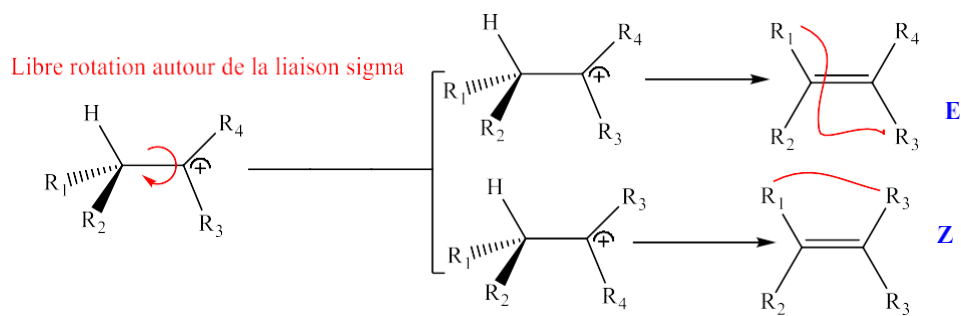
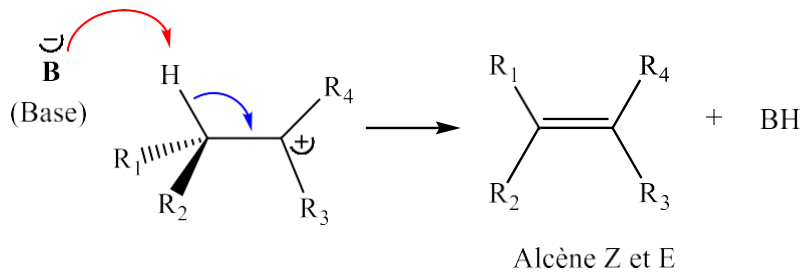
- La première étape est lente, elle permet l'ionisation de la liaison C-X sous l'effet d'un solvant polaire protique, avec formation d'un carbocation stable (c'est une étape partagée avec SN_1).
- La deuxième étape est très rapide, correspond au retrait d'un proton sous l'action d'une base pour former une double liaison.

Mécanisme réactionnel:

Première étape



Deuxième étape



Du point de vue cinétique

La vitesse de formation du produit d'élimination ne dépend que de la concentration en substrat. La vitesse s'écrit:

$$V = k \cdot [RX]$$

Du point de vue stéréochimique

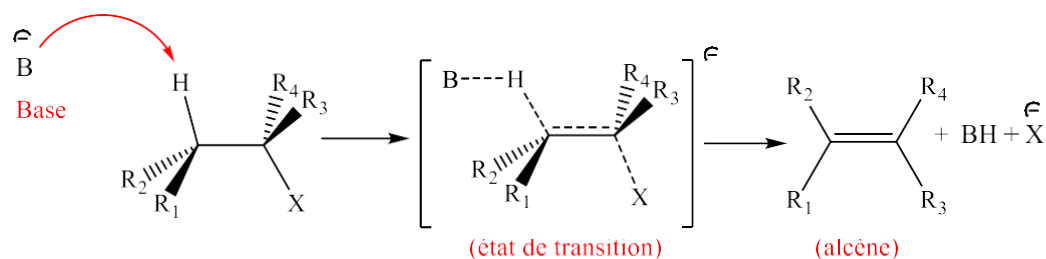
La réaction est une **β -élimination**: le H arraché par la base est en **position β** de l'atome de carbone portant le groupement partant. La réaction conduit à un mélange de deux stéréoisomères **Z** et **E** à cause de la libre rotation autour de la liaison C-C, donc la réaction :

E_1 est non stéréospécifique.

Élimination bimoléculaire (E₂)

La réaction E₂ se fait en une seule étape selon un mécanisme dite concerté (il y a simultanément rupture des liaisons C-H et C-X et formation de la double liaison).

Mécanisme réactionnel:



Du point de vue cinétique

La vitesse de formation du produit d'élimination dépend de la concentration du substrat et celle de la base. La vitesse s'écrit:

$$V = k \cdot [RX] \cdot [Base]$$

Du point de vue stéréochimique

L'élimination se fait exclusivement quand **H** et **X** sont dans **un même plan**, en position **antiparallèle**. Obtention d'un seul alcène de configuration **Z** ou **E** donc la réaction :

E₂ est stéréospécifique.

Règle de Zaitsev : lors d'une réaction d'élimination, le proton part préférentiellement du carbone le moins hydrogéné pour donner l'alcène le plus substitué (thermodynamiquement le plus stable) donc la réaction est régiosélective.

Compétition entre les mécanismes S_N et E

Les deux types de réaction se font d'une manière concurrente.

- Les réactions S_N₁ et E₁ mettent en jeu le même intermédiaire réactionnel (un carbocation).
- La nature du substrat a le même effet sur la vitesse des deux réactions.

Donc c'est la température qui détermine la prédominance d'un mécanisme sur l'autre, en général l'élévation de la température favorise les réactions E₁.

Les réactions S_N₂ et E₂ mettent en jeu les mêmes réactifs. Les réactions E₂ sont favorisé par :

- Elévation de la température.

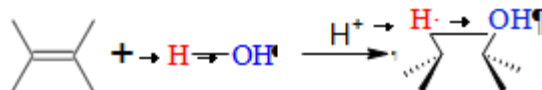
- L'augmentation de la force de la base.

Les réactions d'addition

Un alcène peut subir des réactions d'addition par rupture de la **liaison π** et formation de deux **liaisons σ** .

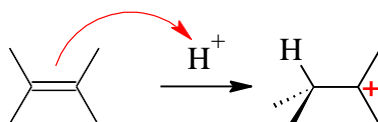
Réactions d'hydratation

L'hydratation des alcènes se fait en deux étapes en présence d'un catalyseur acide.



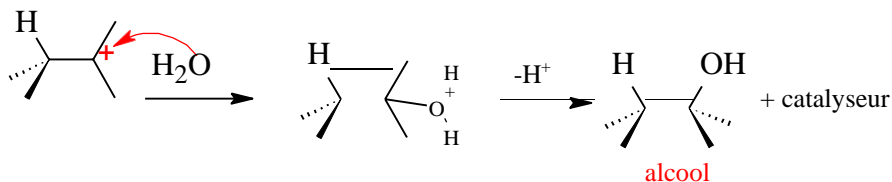
Mécanisme réactionnel

La première étape : formation du carbocation



La deuxième étape :

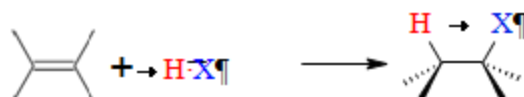
- ✚ L'eau réagit avec le carbocation formé.
- ✚ La régénération du catalyseur acide par déprotonation de l'intermédiaire formé.



- ✚ Du point de vue stéréochimique la réaction est non stéréosélective (car le carbocation pourra être attaqué d'un côté ou de l'autre du plan).
- ✚ Lorsqu'il s'agit d'une réaction d'hydratation d'un alcène dissymétrique cette dernière est toujours régiosélective (elle se fait préférentiellement avec fixation de H sur le carbone le moins substitué, de manière à former le carbocation le plus stable (Règle de Markovnikov)).

Règle de Markovnikov : lors de l'addition ionique d'un composé HX sur un alcène dissymétrique, l'hydrogène de HX se fixe sur le carbone de la double liaison le moins substitué (qui porte le plus grand nombre d'hydrogène) de manière de formé le carbocation le plus

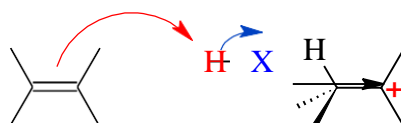
Réactions d'hydrohalogénéation



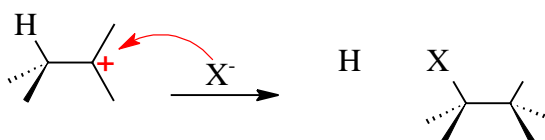
Mécanisme réactionnel:

L'addition ionique des hydracides (hydrohalogénéation) se fait en deux étapes. La liaison H-X (X= I, Br, Cl, F) se polarise de cette façon $H^{\delta+}-X^{\delta-}$

La première étape: formation du carbocation



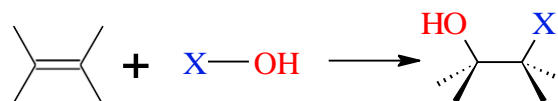
La deuxième étape:



⚡ Du point de vue stéréochimique la réaction est non stéréosélective (car le carbocation pourra être attaqué d'un côté ou de l'autre du plan).

⚡ Lorsqu' il s'agit d'une réaction d'hydrohalogénéation d'un alcène dissymétrique cette dernière est toujours régiosélective (règle de Markovnikov).

Réactions d'addition d'acides hypohalogéneux (X-OH)



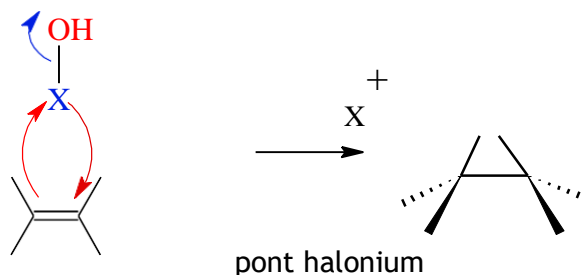
Mécanisme réactionnel:

La liaison **X-OH** (X= I, Br, Cl, F) se polarise de cette façon **X^{δ+}-OH^{δ-}**

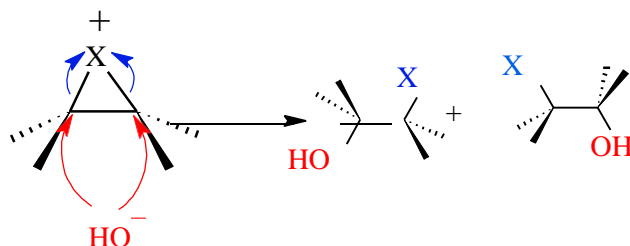
L'addition des acides hypohalogéneux aux alcènes se fait en deux étapes en conduisant aux halogéno- alcools (halohydrines).

La première étape: fixation de l'atome (**X⁺**) sur la double liaison en formant un **pont halonium** par

rupture de la liaison **π**.



La deuxième étape: l'attaque du nucléophile **OH⁻** se fait du côté opposé (**en anti**) au pont halonium

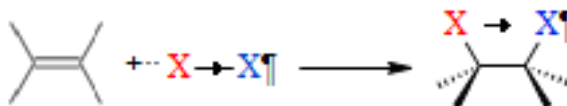


✚ Comme l'attaque du nucléophile se fait du côté opposé au pont halonium (**anti**) la réaction d'addition d'hypohalogéneux est **stéréosélective**

✚ Lorsqu' il s'agit d'un alcène dissymétrique la réaction d'addition d'hypohalogéneux est **régiosélective** (l'ion ponté est dissymétrique donc le nucléophile fait son attaque sur le carbone qui stabilise la charge positive).

Réactions de dihalogénéation

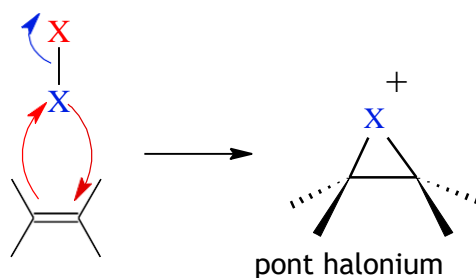
Les halogènes (Cl_2 , Br_2 , I_2) s'additionnent sur les doubles liaisons, en formant un dérivé dihalogéné (dérivés di-halogénés vicinaux)



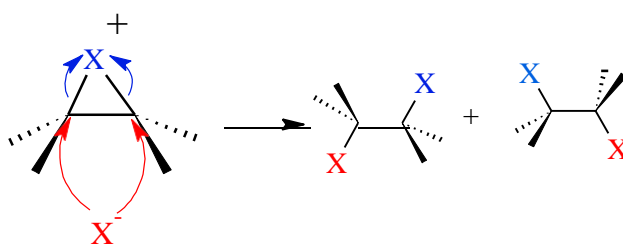
Mécanisme réactionnel

La réaction se fait en deux étapes

La première étape: fixation de l'atome (X^+) sur la double liaison en formant un **pont halonium** par rupture de la liaison π .

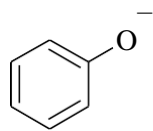
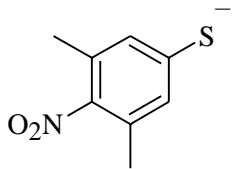
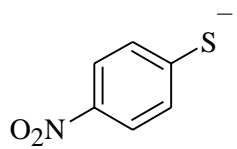
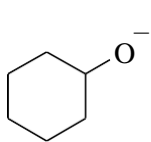


La deuxième étape: l'attaque du nucléophile X^- se fait du côté opposé (**en anti**) au pont halonium

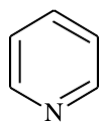


- Comme l'attaque du nucléophile (l'halogénure X^-) se fait du côté opposé au pont halonium (**anti**) la réaction d'addition d'hypohalogéneux est **stéréosélective**
- Lorsqu'il s'agit d'un alcène dissymétrique la réaction d'addition de dihalogénéation est **régiosélective**

1-

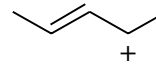
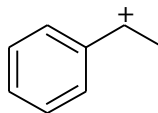
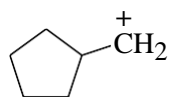


2-



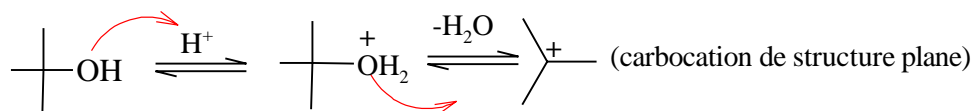
Exercice. 5

1) Classer les espèces réactives suivantes selon leur ordre décroissant de stabilité

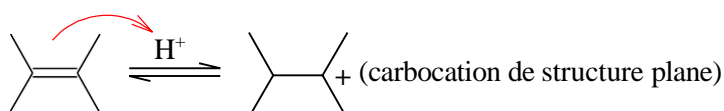


2) Les deux réactions suivantes peuvent conduire aux carbocations

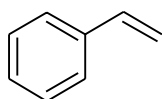
A)



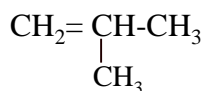
B)



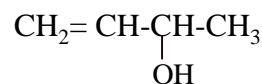
En tenant compte ces deux réactions, quels sont les carbocations qui peuvent se former à partir des molécules A1, A2 et A3, et lequel parmi eux qui se forme préférentiellement ?



A1



A2



A3

Exercice. 6

On considère la réaction d'addition de l'alcène (A) avec du bromure d'hydrogène (HBr)

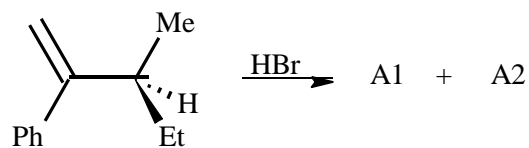


1- Donner les produits obtenus.

2- Détailler le mécanisme réactionnel.

3- Cette réaction est-elle régiosélective ?

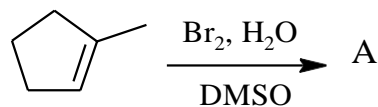
On considère la réaction suivante :



- 1) De quelle type de réaction s'agit-il ?
- 2) Détailler le mécanisme réactionnel, en précisant la configuration absolue de A1 et A2
- 3) Quelle relation stéréochimique existe-t-il entre A1 et A2 ?
- 4) Le mélange formé a-t-il une activité optique?

Exercice. 8

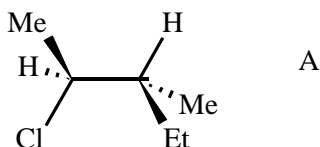
On considère la réaction suivante:



- 1) De quelle réaction s'agit-il ?
- 2) Détailler le mécanisme réactionnel.
- 3) Cette réaction est-elle régiosélective ?

Exercice. 9

Le traitement du composé A avec de la soude à chaud conduit à la formation des deux Produits dont un est majoritaire



- 1) Sachant que la vitesse est $V = [A] [\text{OH}^-]$, de quelle type réaction s'agit-t-il ?
- 2) Détailler le mécanisme réactionnel et donner la configuration de chaque produit

Exercice. 10

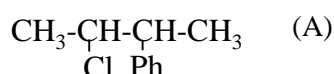
Le diéthyléther (A) est synthétisé à partir de l'éthanol en présence de l'acide sulfurique

1) Proposer la synthèse du composé A selon un mécanisme SN1

2) Proposer la synthèse du composé A selon un mécanisme SN2

Exercice. 11

1) Le composé (A) de configuration 2S, 3S est traité par de la soude diluée dans un solvant polaire aprotique.



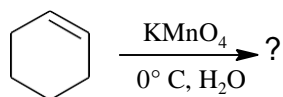
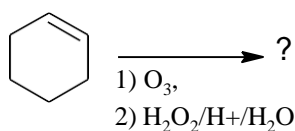
a) Si la vitesse de la réaction est d'ordre 2, donner le produit majoritaire obtenu (A1) ainsi que le mécanisme permettant sa formation

2) Le composé (A) est traité par de la soude concentrée, en milieu peu polaire conduit à la formation d'un composé A2 en plus du composé A1

b) Détailler le mécanisme de formation de A2, préciser sa géométrie et la règle qui gouverne cette réaction

Exercice. 12

1) Préciser le produit de la réaction avec le cyclohexène pour les deux réactions suivantes en indiquant, si nécessaire, la stéréochimie du produit formé.



2) L'ozonolyse du bisabolène (molécule extraite de l'essence de bergamote) dans un milieu réducteur conduit à trois produits A1, A2 et A3, l'analyse physicochimique a permis l'identification structurale de ces derniers (A1: acétone, A2 : 4-oxopentanal, A3 : 3,6-dioxoheptanal).

a) Déterminer la formule développée de A1, A2 et A3.

b) Quelle est la formule développée du bisabolène ?

Exercice. 13

Le 2-chloro-3-phénylbutane de configuration absolue (2*S*, 3*S*) est traité par de l'éthanolate de sodium (EtONa). Une analyse physicochimique permet de mettre en évidence deux produits de formules brutes C₁₀H₁₂ (composé A1) et C₁₂H₁₈O (composé A2). L'un des deux produits est optiquement actif et l'autre donne par ozonolyse dans un milieu réducteur de l'éthanal et de l'acétophénone. Sachant que la vitesse de la réaction est de l'ordre 2.

- a) Détailler les schémas réactionnels.
- b) Préciser la stéréochimie des composés A1 et A2.