

Cours n°2

- *Principes de réactivité / Nucléophilie et électrophilie*
- *Thermodynamie et cinétique des réactions*
- *Réactions Acido-basiques*
- *Réactivité des alcanes : substitution nucléophile et élimination*



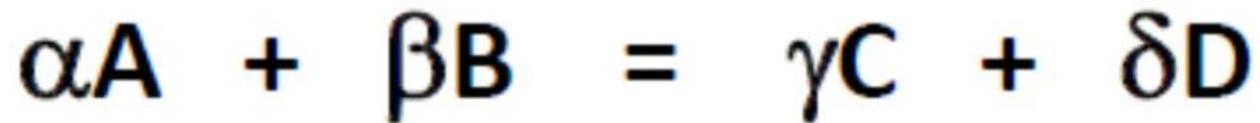
Thermodynamie et cinétique des réactions



Thermodynamie et cinétique des réactions

→ Le choc entre les molécules entraîne la transformation en autre molécules

→ Deux grands concepts : **cinétique et thermodynamique**



Thermodynamie

→ C'est l'étude des variations d'énergie au cours de la réaction

→ La réaction évolue selon un **coefficient de réaction : Q_r**

$$Q_r = \frac{a_{(C)}^{\gamma} \times a_{(D)}^{\delta}}{a_{(A)}^{\alpha} \times a_{(B)}^{\beta}}$$

→ **A l'équilibre**, Q_r devient la constante d'équilibre **K**, et permet de calculer l'enthalpie libre.

$$\Delta_R G^{\circ} = - R \times T \times \ln(K)$$

Thermodynamie

→ K augmente = énergie libre finale diminue

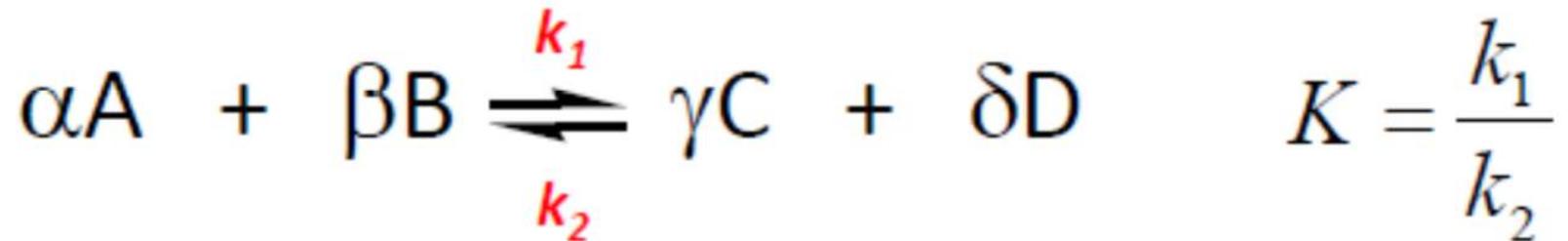
→ Pourquoi ça ?

$$Q_r = \frac{a_{(C)}^{\gamma} \times a_{(D)}^{\delta}}{a_{(A)}^{\alpha} \times a_{(B)}^{\beta}}$$

→ La concentration des produits augmente , donc K augmente.

→ [Produits] augmente car ils sont stable \Leftrightarrow Energie libre basse.

Cinétique



→ k_1 = vitesse de formation des produits

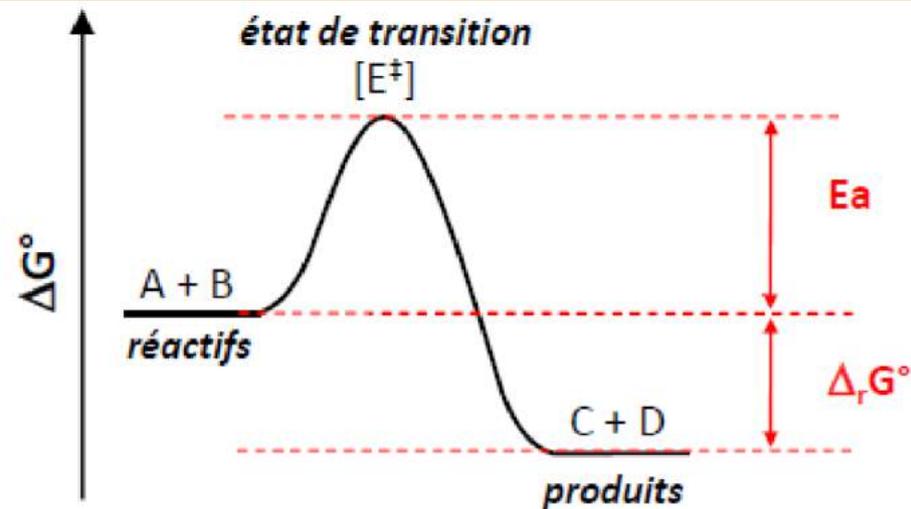
→ k_2 = vitesse de réaction des réactifs (sens inverse)

$$k = A e^{\frac{-E_a}{RT}}$$

→ A = encombrement stérique ; **diminue quand l'encombrement augmente**

→ E_a = énergie d'activation. **Si E_a augmente, k diminue.**

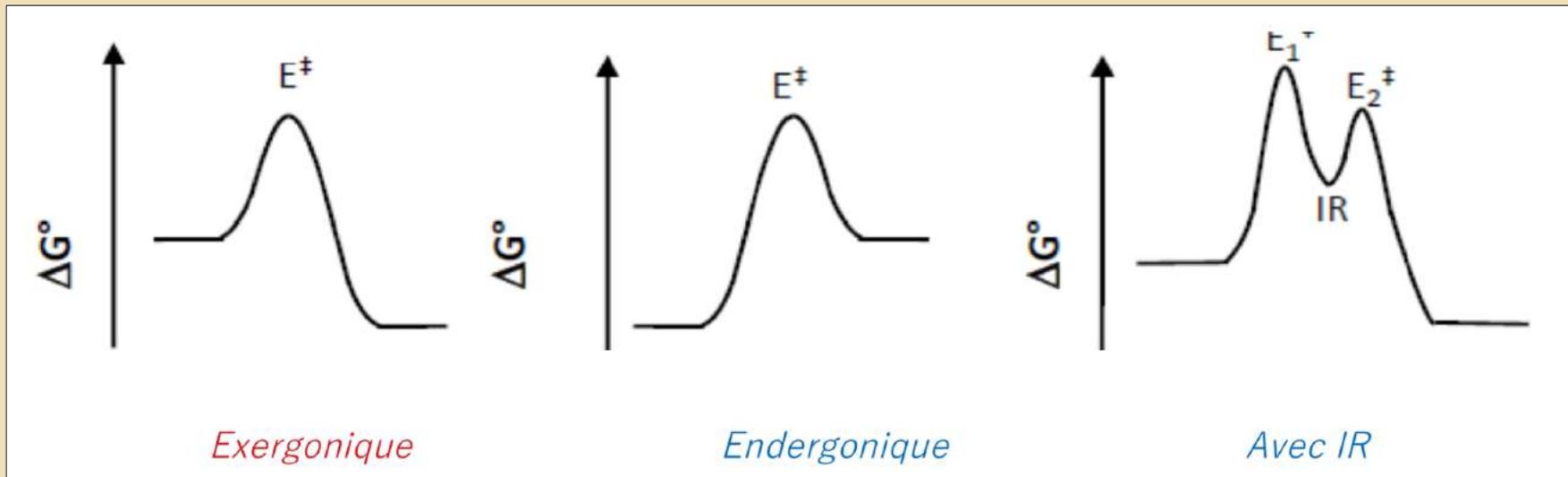
Profils réactionnels



(1) $\Delta G^\circ_{\text{produits}} - \Delta G^\circ_{\text{réactifs}} = \Delta G^\circ_{\text{réaction}} \rightarrow$ Traduit la thermodynamique

(2) $\Delta G^\circ_{\text{Et}} - \Delta G^\circ_{\text{réactifs}} = E_a \rightarrow$ Traduit la cinétique

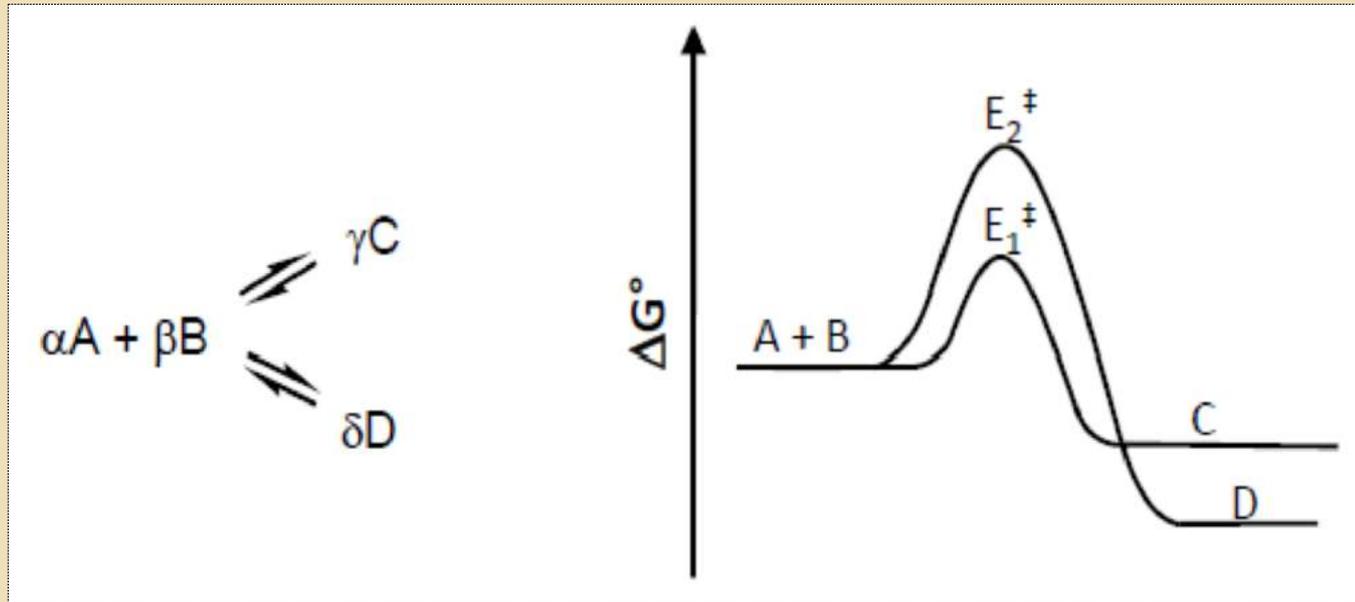
Profils réactionnels



-> Etat de transition = état physique non isolable

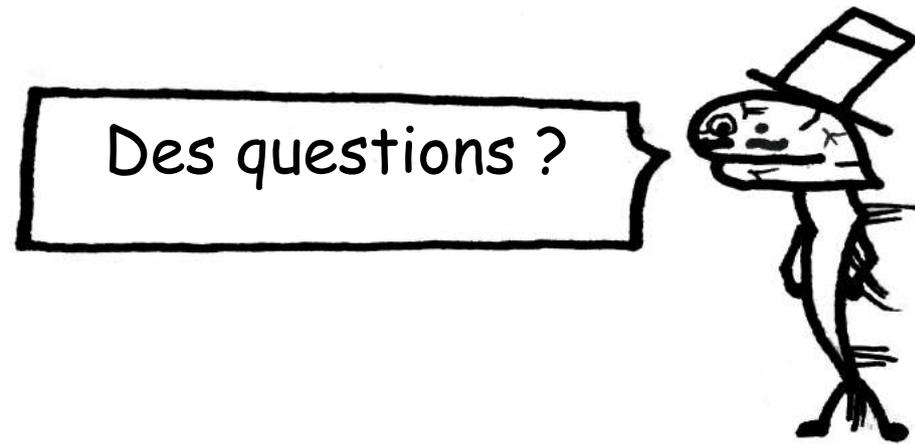
-> Postulat de Hammond : la structure de l'état de transition se rapproche de la structure de l'espece isolable la plus proche en énergie +++

Profils réactionnels



- La réaction **C** est cinétiquement favorisé
- La réaction **D** est thermodynamiquement favorisé
- Si on refroidit = contrôle cinétique.
- Si on chauffe = contrôle thermodynamique

Entracte

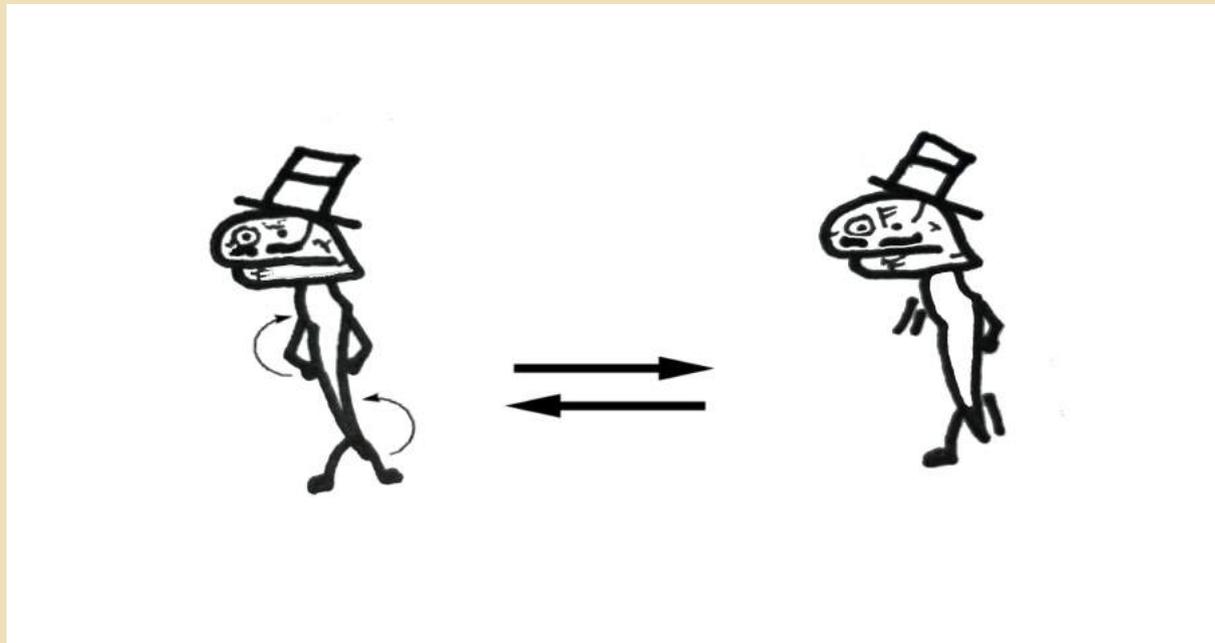


Principes de réactivité



Principes de réactivité

- > Réaction = ruptures de liaisons
- > Rencontres entre \neq molécules
- > Aboutit à la **formation de nouvelles molécules**

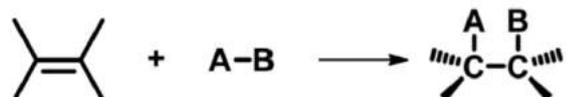


Principes de réactivité

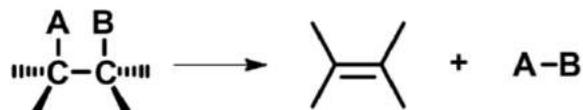
* **Les substitutions** : X est remplacé par Y, sans changement de nature des liaisons.



* **Les additions** : Un système π est rompu au profit de 2 liaisons σ .



* **Les éliminations** : ruptures de liaisons σ au profit d'un système π .



* **Les réarrangements/Transpositions** : modification du squelette carbonée, mais même formule brute.

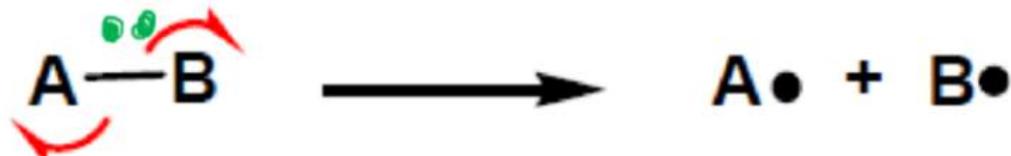


* **Les réactions acido-basiques** : échange de proton entre un acide et une base.



Principes de réactivité

A) Les mécanismes homolytiques



B) Les mécanismes hétérolytique

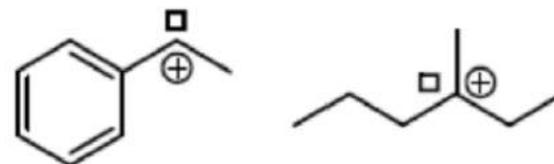


Les intermédiaires réactionnels

- > Espèces isolables
- > Pause dans le chemin réactionnel
- > Influence les compétitions de réactions

Les intermédiaires réactionnels

A) Les Carbocations



B) Les Carbanions



C) Les Radicaux

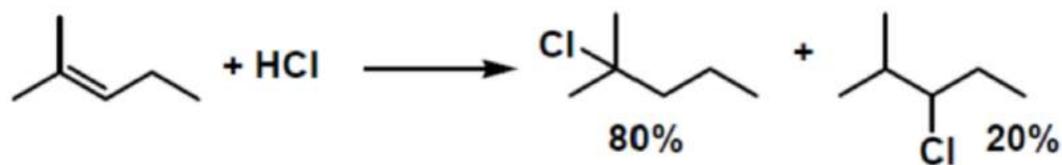


Quand le radis
mange trop, le radis
cale...



Les sélectivités

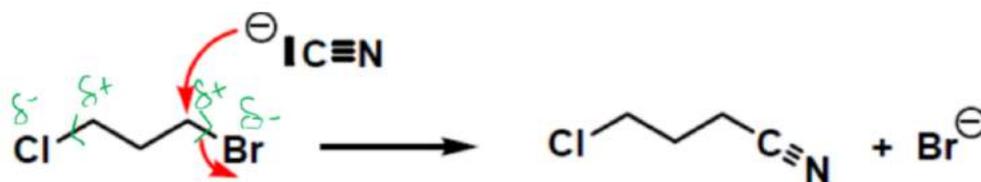
* **Régioselectivité** : se dit d'une réaction qui conduit à des isomères de position en proportion différentes (*ex : ici , on a une hydrohalogénéation régioselective à 20 % et 80 % , mais ,on peut très bien aller à 100 % de spécificité*) .



→ Règle de Markownikov (pas à savoir)

Les sélectivités

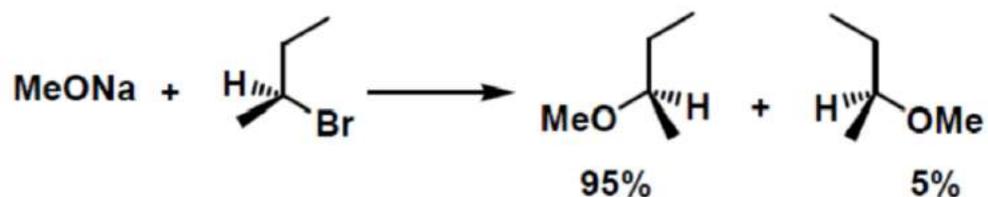
* **Chimiosélectivité** : se dit d'une réaction qui se fera principalement avec un groupement chimique plutôt qu'un autre. (ex : ici, le groupement nitrile réagit principalement avec le brome plutôt que le Cl).



→ Electronégativité du Br > Cl

Les sélectivités

***Stéréosélectivité** : se dit d'une réaction qui conduit à un mélange de deux stéréoisomères dans des proportions différentes. (*ex : on retrouve plusieurs molécules à la fin, mais certaines dans des proportions différentes*).



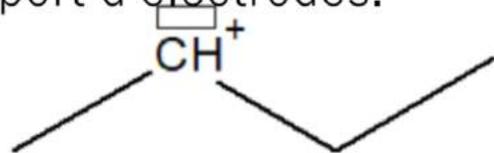
***Stéréospécificité** : se dit d'une réaction qui agit sur un unique stéréoisomère, et donc aboutit à un seul stéréoisomère (*100% de stéréosélectivité, c'est être stéréospécifique*).

Stabilité des intermédiaires réactionnels

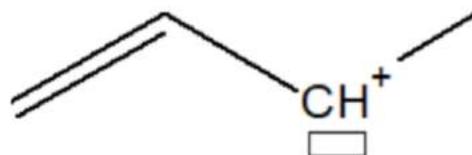
A) Stabilité des carbocations

On rappelle que les carbocations sont déficitaires en électrons, ils seront donc stabilisés par tout apport d'électrons.

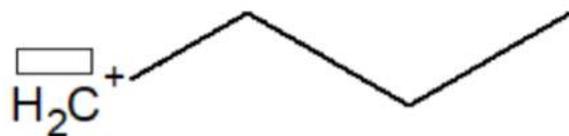
Molécule A



Molécule B



Molécule C

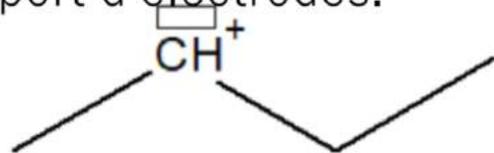


Stabilité des intermédiaires réactionnels

A) Stabilité des carbocations

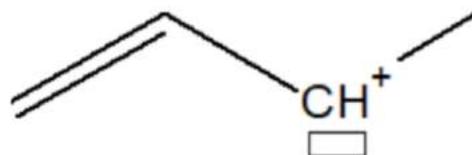
On rappelle que les carbocations sont déficitaires en électrons, ils seront donc stabilisés par tout apport d'électrons.

Molécule A



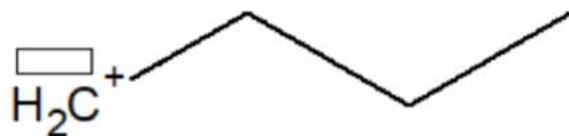
→ 2 EI+

Molécule B



→ 1 M+

Molécule C



→ 1 EI+

C < A < B

Stabilité des intermédiaires réactionnels

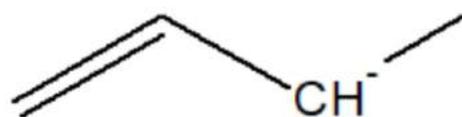
B) Stabilité des carbanions

Les carbanions sont en surcharge d'électrons : ils seront déstabilisés par tout apport d'électrons .

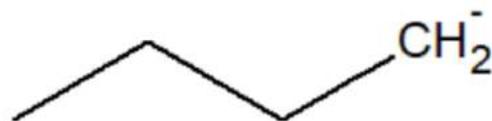
Molécule A



Molécule B



Molécule C

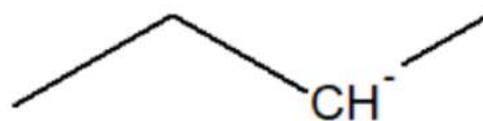


Stabilité des intermédiaires réactionnels

B) Stabilité des carbanions

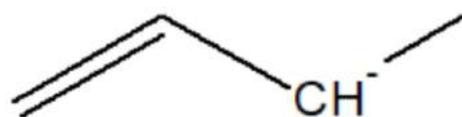
Les carbanions sont en surcharge d'électrons : ils seront déstabilisés par tout apport d'électrons .

Molécule A



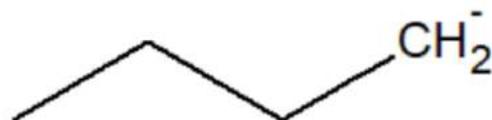
→ 2 EI

Molécule B



→ 1 M+

Molécule C

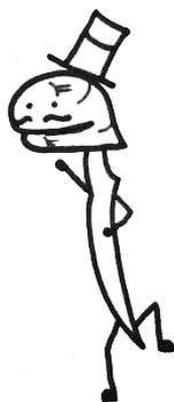
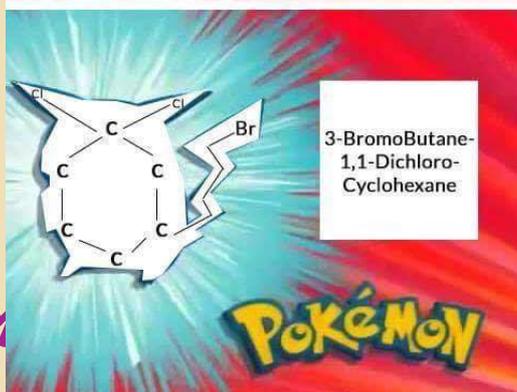


→ 1 EI



Frtracte

If you ever guessed this right,
your childhood was
AWESOME!!



Céline Dion



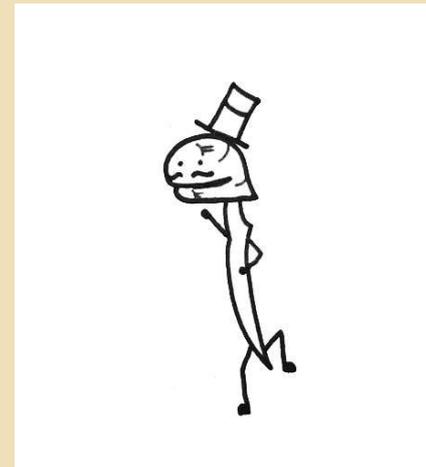
Céline-dione



Her: I only date stable,
aromatic compounds.
Me:



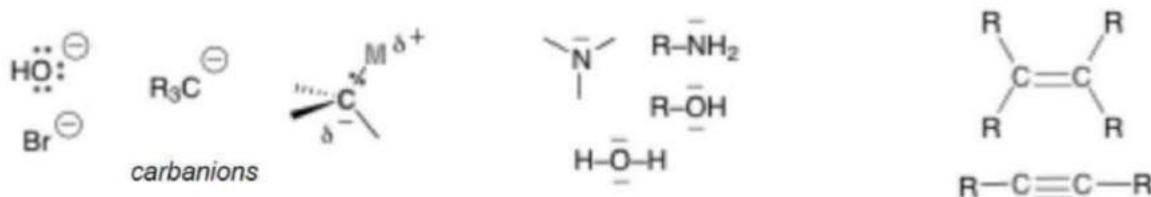
Nucléophilie et électrophilie



Nucléophilie et électrophilie

I. Nucléophilie

Les nucléophiles sont des réactifs possédant un atome central très riche en électrons, pouvant mettre à disposition un DNL, ou une paire d'électrons facilement mobilisable.

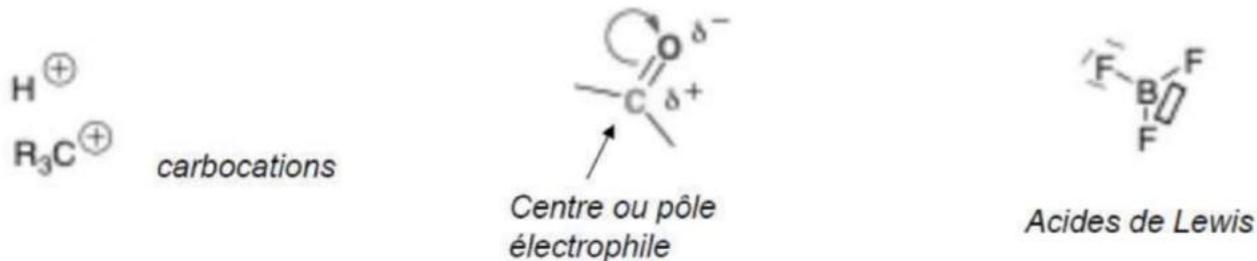


- Plus l'atome fonctionnel est **volumineux**, plus la **nucléophilie augmente**
- Augmente **vers le bas et la gauche** du TP
- La nucléophilie **diminue avec l'encombrement**.

Nucléophilie et électrophilie

II. Electrophilie

Ce sont des réactifs avec un atome central déficient en électrons, et qui est capable d'accepter un doublet électronique.

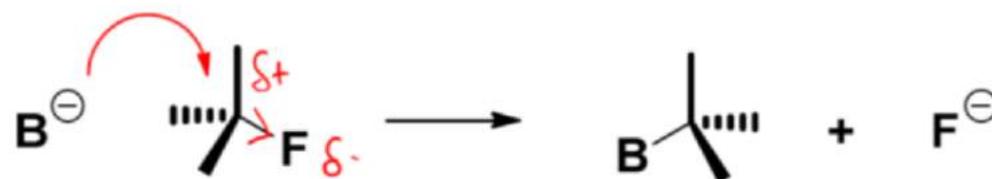


Attention ! c'est toujours l'espèce riche en électrons qui attaque les espèces faibles en électrons : le nucléophile attaque l'électrophile.

Ambivalence base / nucléophilie

Capter un proton $B^- + H^+ \rightleftharpoons BH$

Réagir sur un site déficitaire en électron



-> Tout les deux **riches en électrons**

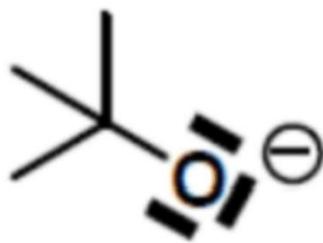
-> Nucléophilie = paramètre cinétique (car question d'emcombrement)

-> Basicité = paramètre thermodynamique

Ambivalence base / nucléophilie



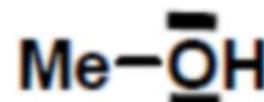
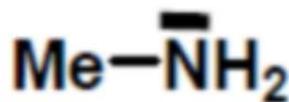
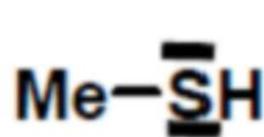
Plus
nucléophile



Plus
basique

alcoolate

Taille de l'atome et électronégativité



Ambivalence base / nucléophilie

Mnémotechnique : du plus au moins électronégatif

F > O > N = CL > Br > I = S > C > H = P

= Fier, ONCle BrIS Nous Chercha à l'Hotel de Paris .

La nucléophilie augmente inversement à l'électronégativité

L'espèce la plus petite est aussi la plus nucléophile , la moins électronégative

Ambivalence base / nucléophilie

Electronégativité



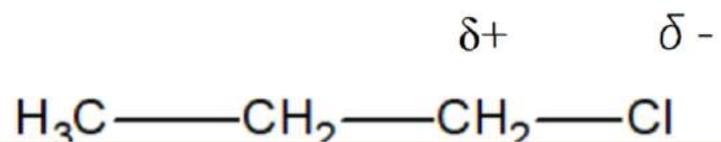
Original												13	14	15	16	17
IA	IIA											IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA
1 1 H Hydrogène 1.00794																
2 3 Li Lithium 6.941	4 Be Béryllium 9.012182											5 B Bore 10.811	6 C Carbone 12.0107	7 N Azote 14.00674	8 O Oxygène 15.9994	9 F Fluor 18.9984032
3 11 Na Sodium 22.989770	12 Mg Magnésium 24.3050	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al Aluminium 26.981538	14 Si Silicium 28.0855	15 P Phosphore 30.973761	16 S Soufre 32.065	17 Cl Chlore 35.453
4 19 K Potassium 39.0983	20 Ca Calcium 40.078	21 Sc Scandium 44.955910	22 Ti Titane 47.867	23 V Vanadium 50.9415	24 Cr Chrome 51.9961	25 Mn Manganèse 54.938049	26 Fe Fer 55.8457	27 Co Cobalt 58.933200	28 Ni Nickel 58.6934	29 Cu Cuivre 63.546	30 Zn Zinc 65.409	31 Ga Gallium 69.723	32 Ge Germanium 72.64	33 As Arsenic 74.92160	34 Se Sélénium 78.96	35 Br Brome 79.904
5 37 Rb Rubidium 85.4678	38 Sr Strontium 87.62	39 Y Yttrium 88.90585	40 Zr Zirconium 91.224	41 Nb Niobium 92.90638	42 Mo Molybdène 95.94	43 Tc Technétium (98)	44 Ru Ruthénium 101.07	45 Rh Rhodium 102.90550	46 Pd Palladium 106.42	47 Ag Argent 107.8682	48 Cd Cadmium 112.411	49 In Indium 114.818	50 Sn Étain 118.710	51 Sb Antimoine 121.760	52 Te Tellure 127.60	53 I Iode 126.90447



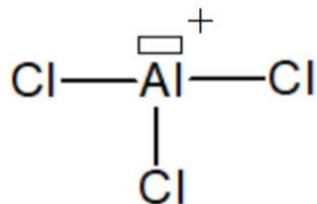
Nucléophilie

Exemples

Exemple 1 :



Exemple 2 :



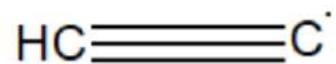
Exemple 3 :



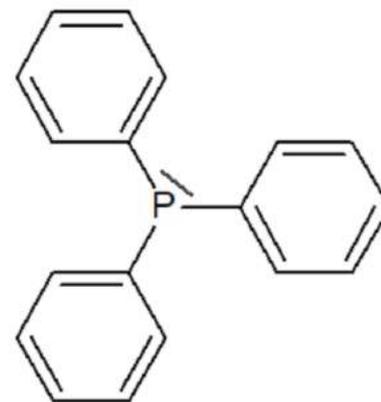
Exemple 4 :



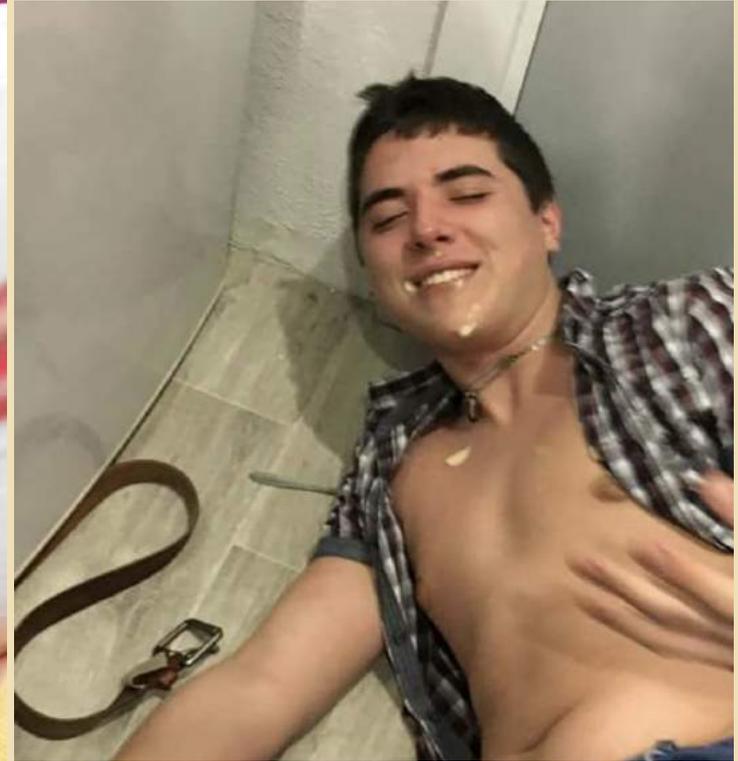
Exemple 5 :



Exemple 6 : (on dirait un drone cette molécule)



Fntracte



Réactions Acido-basiques



Réactions Acido-basiques

Introduction

On a deux types d'acido-basité :

→ Selon Bronsted : on a un échange de **protons** entre une base et un acide.

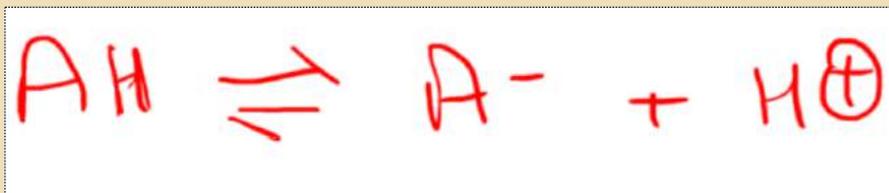


→ Selon Lewis : On a un transfert de **DNL** (Base de Lewis) vers une case vacante (Acide de Lewis).

Réactions Acido-basiques

Equilibre acido-basique de Bronsted :

-> Acide : cède un proton



-> Base : capte un proton



Que dit un proton quand il
part ?
H⁺



Réactions Acido-basiques

$$K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[AH]}$$

$$pH = -\log [H_3O^+]$$

$$pH = pK_a + \log \frac{[A^-]}{[AH]}$$

→ K_a = constante d'acidité = constante d'équilibre des réactions AB

→ Quand $[AH] = [A^-]$: $pH = pK_a$, soit à la demie-équivalence

Réactions Acido-basiques

$$K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[AH]}$$

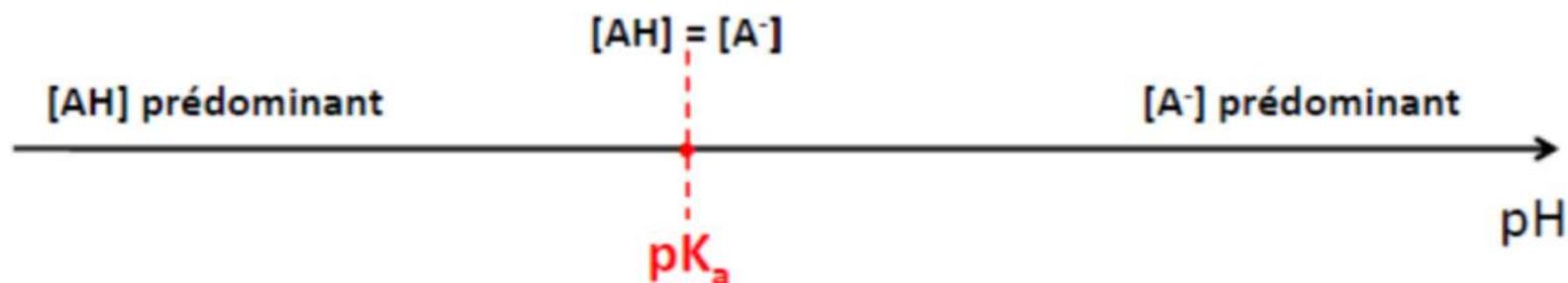
$$pH = -\log [H_3O^+]$$

$$pH = pK_a + \log \frac{[A^-]}{[AH]}$$

→ K_a = constante d'acidité = constante d'équilibre des réactions AB

→ Quand $[AH] = [A^-]$: $pH = pK_a$, soit à la demie-équivalence

Réactions Acido-basiques

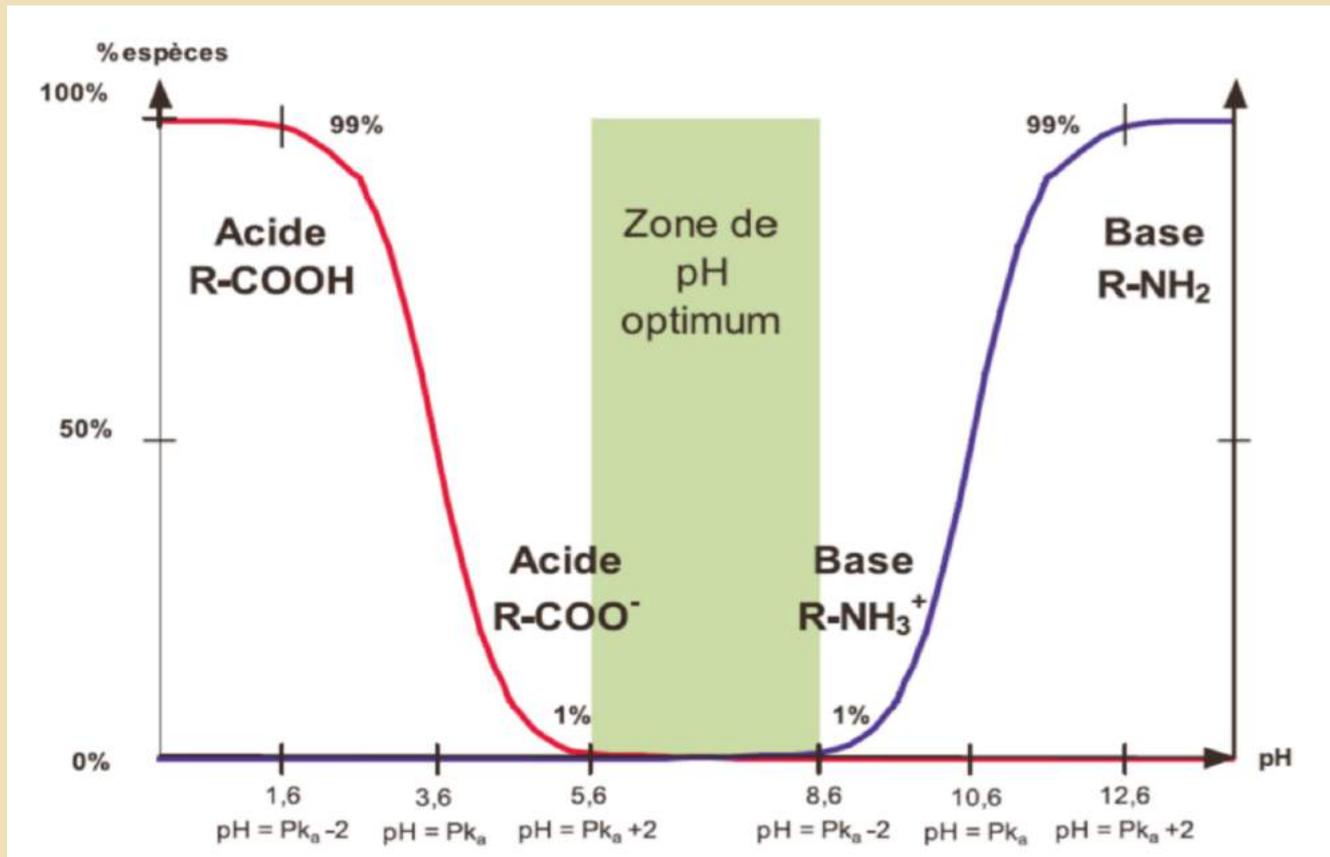


- $pH = pK_a$: autant d'acide que de base
- $pH < pK_a$: plus d'acide que de base
- $pH > pK_a$: plus de base que d'acide

Pka Acides carboxyliques = 4-5

Pka Amines = 9

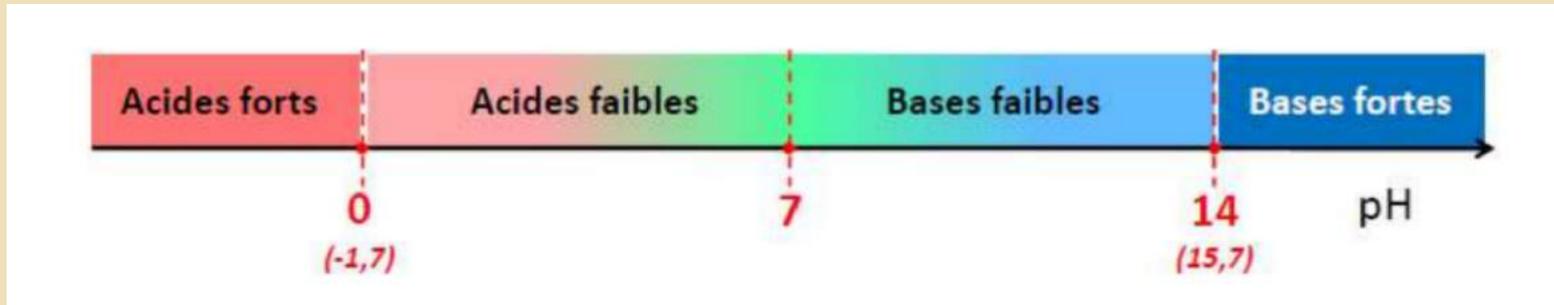
Réactions Acido-basiques



$\text{pH} = \text{pK}_a - 2 \rightarrow$ Presque exclusivement l'acide

$\text{pH} = \text{pK}_a + 2 \rightarrow$ Presque exclusivement la base

Force d'un acide ou d'une base

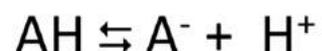


-> Acide / Base forte : totalement dissocié dans l'eau

-> Acide / Base faible : partiellement dissocié dans l'eau

Force d'un acide ou d'une base

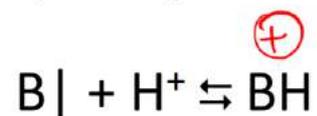
Acide : composé capable de libérer des protons



de manière générale, plus la base conjuguée sera stable, plus l'équilibre sera déplacé vers la droite et plus l'acide sera fort

⇒ Influence des effets électroniques (inductifs et mésomères)

Base : composé capable d'accepter un proton



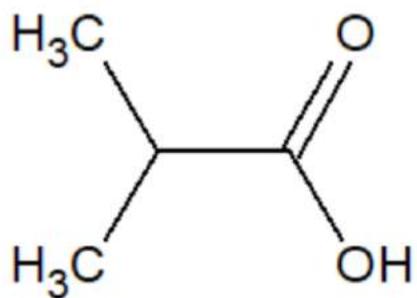
Une base peut être une espèce neutre ou chargée négativement.

Tout effet électronique qui aura tendance à enrichir en électron la zone de forte densité électronique, augmentera la basicité du composé.

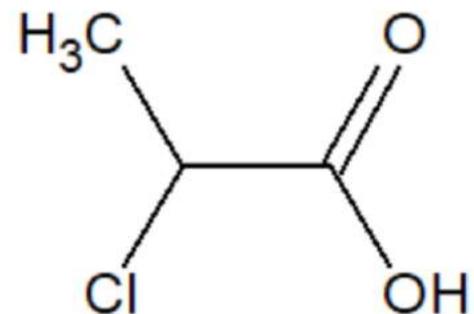
Force d'un acide

N° 1 :

Molécule A



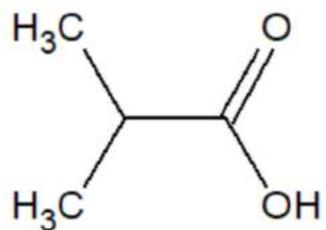
Molécule B



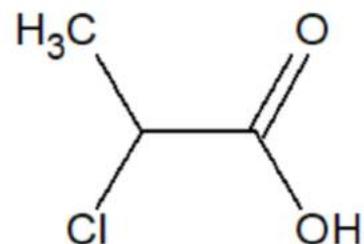
Force d'un acide

N° 1 :

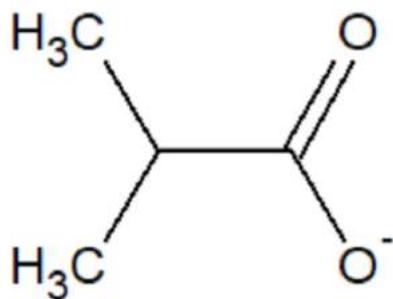
Molécule A



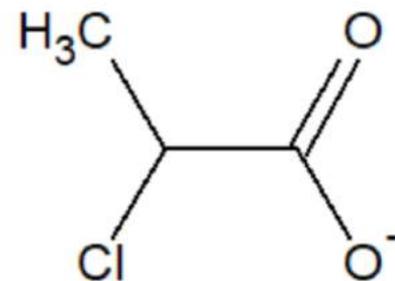
Molécule B



Base conjuguée A



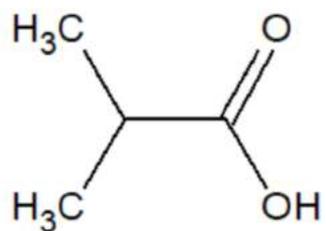
Base conjuguée B



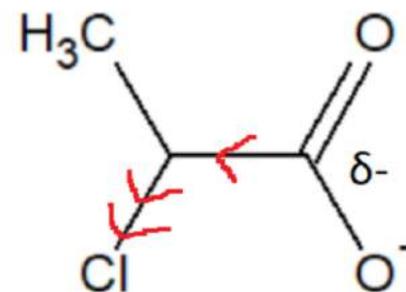
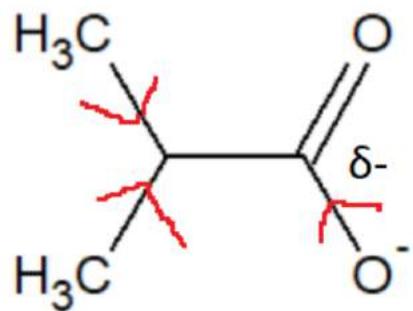
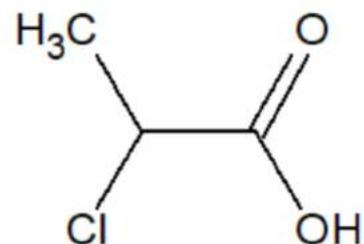
Force d'un acide

N° 1 :

Molécule A



Molécule B

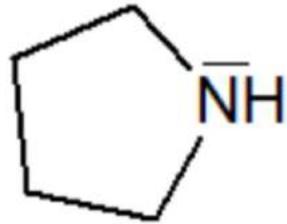


Molécule B

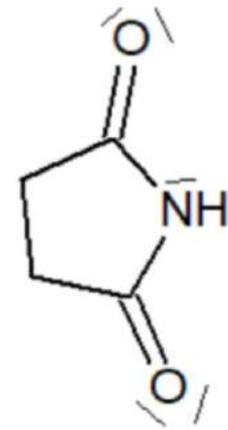
Force d'un acide

N° 2 : Même exercice, avec la même logique

Molécule A



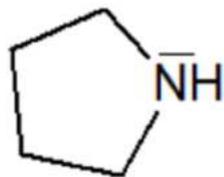
Molécule B



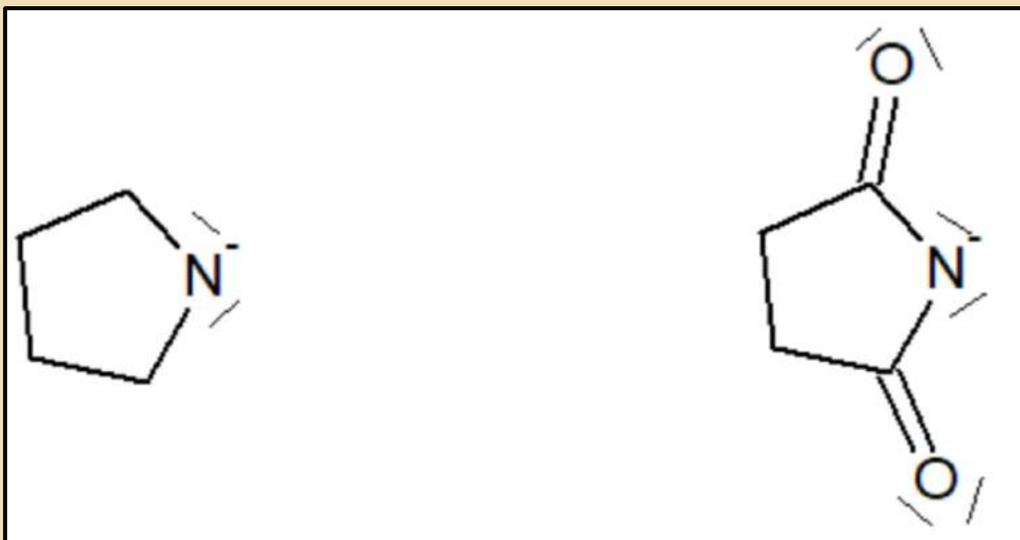
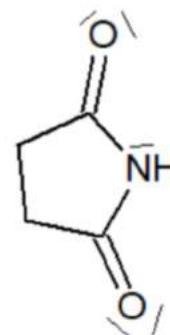
Force d'un acide

N° 2 : Même exercice, avec la même logique

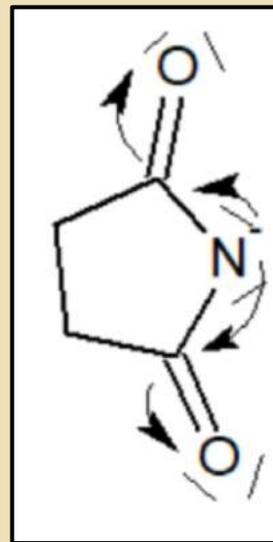
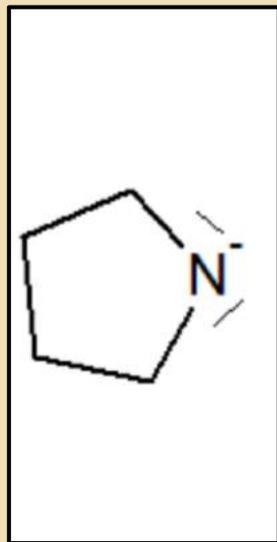
Molécule A



Molécule B



Force d'un acide

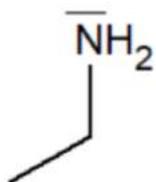


Molécule B

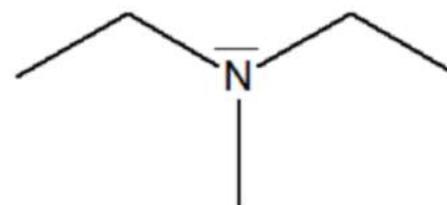
Force d'une base

Exercice N° 1 :

Molécule A



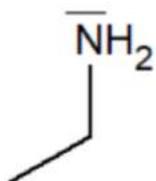
Molécule B



Force d'une base

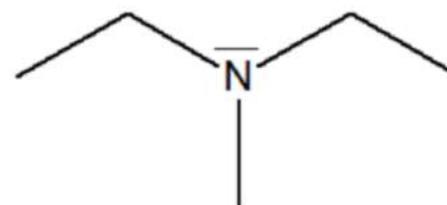
Exercice N° 1 :

Molécule A



1 EI donneur

Molécule B



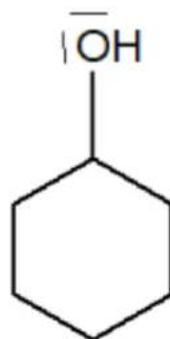
3 EI donneur :
moins stable !!!

Molécule B = base plus forte

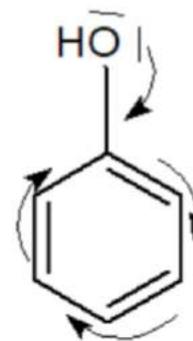
Force d'une base

Exercice N° 2 :

Molécule A



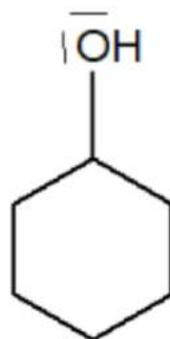
Molécule B



Force d'une base

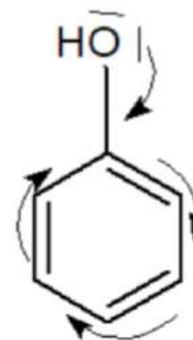
Exercice N° 2 :

Molécule A



1 EI donneur

Molécule B



1 M stabilisateur

Molécule A = base la plus forte

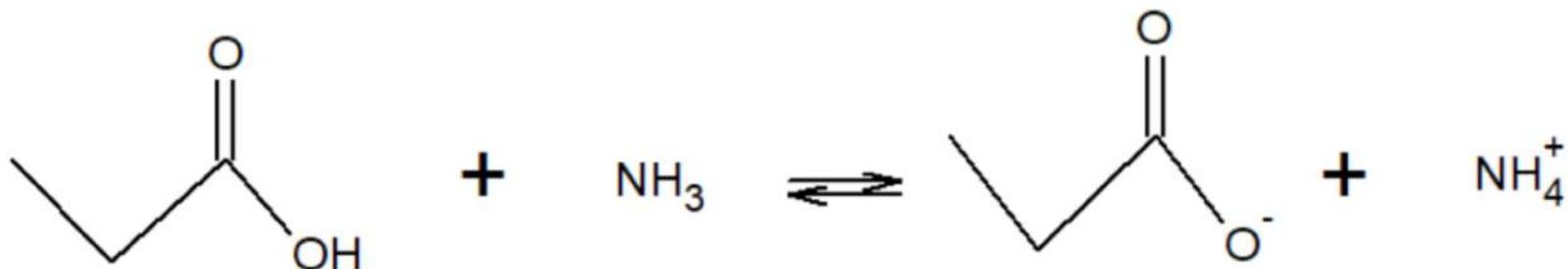
Réactions Acido-basiques



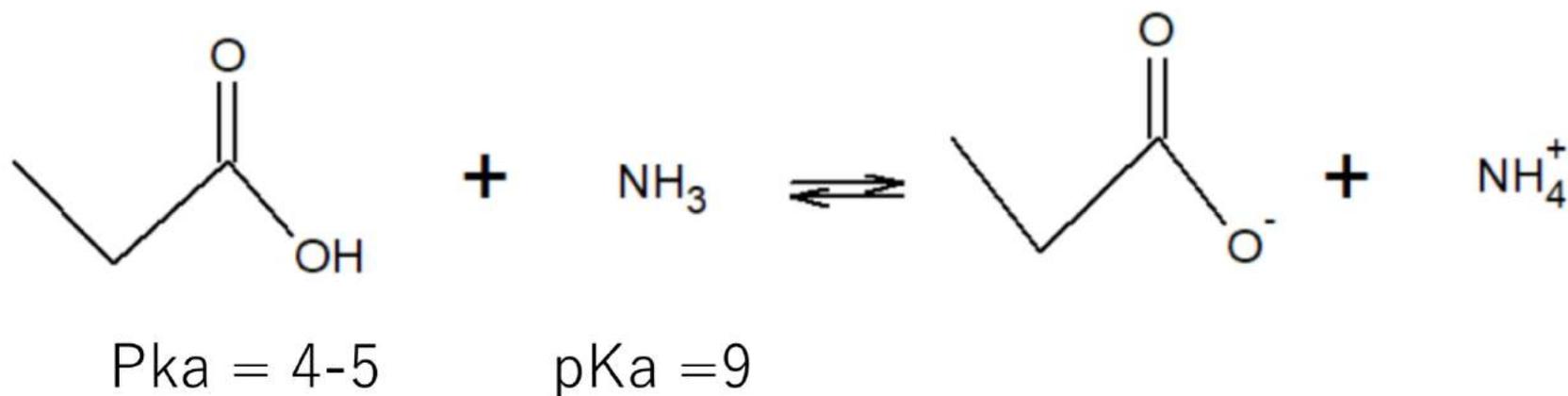
- > N'a lieu que si $\text{pKa}(\text{acide}) < \text{pKa}(\text{base})$
- > Totale si $\Delta\text{pKa} > 3$
- > Sous contrôle thermodynamique
- > Renversible

Réactions Acido-basiques

Exemple 1 : cette réaction est-t-elle possible ? Si oui, est-t-elle totale ?



Réactions Acido-basiques

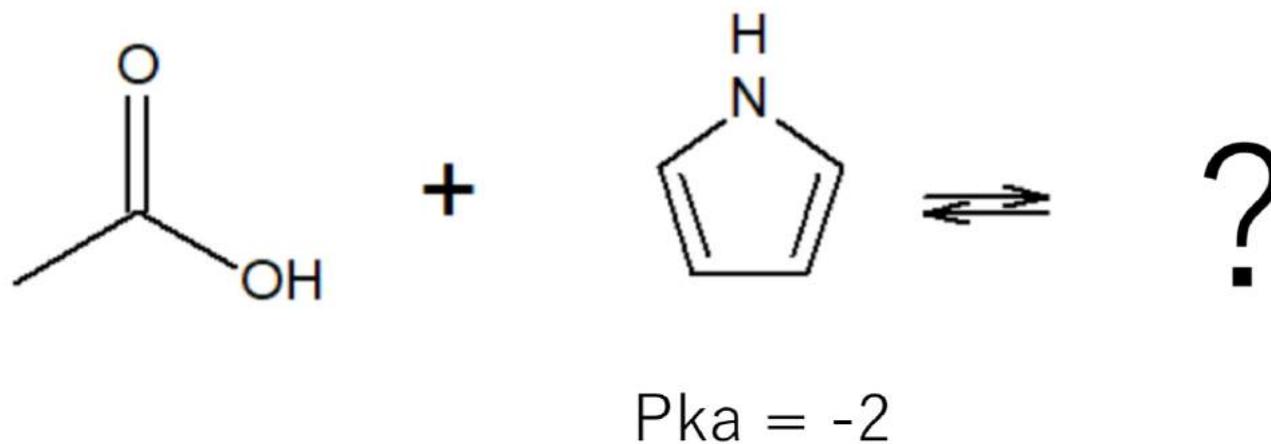


Pka Acides carboxyliques = 4-5

Pka Amines = 9

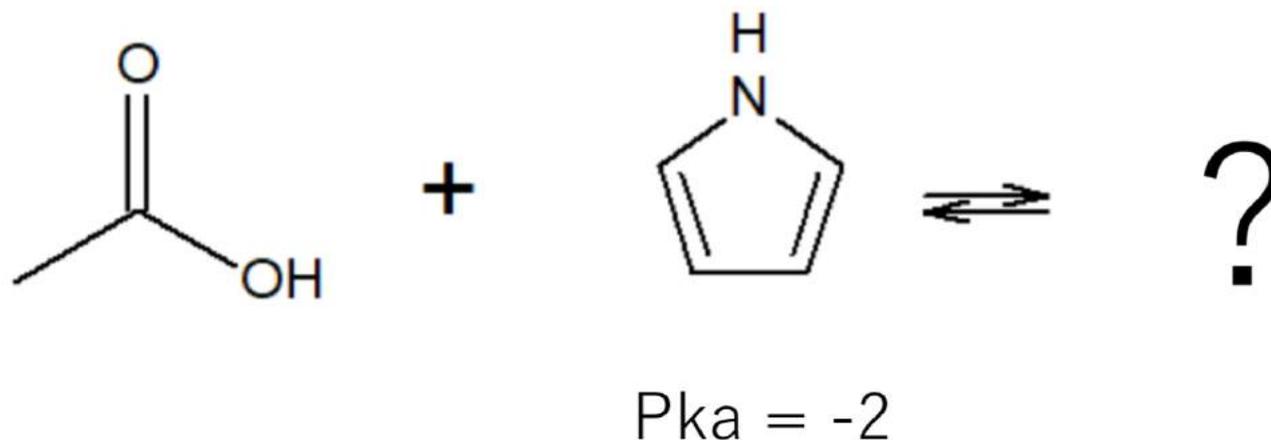
Réactions Acido-basiques

Exemple 2 : même question.



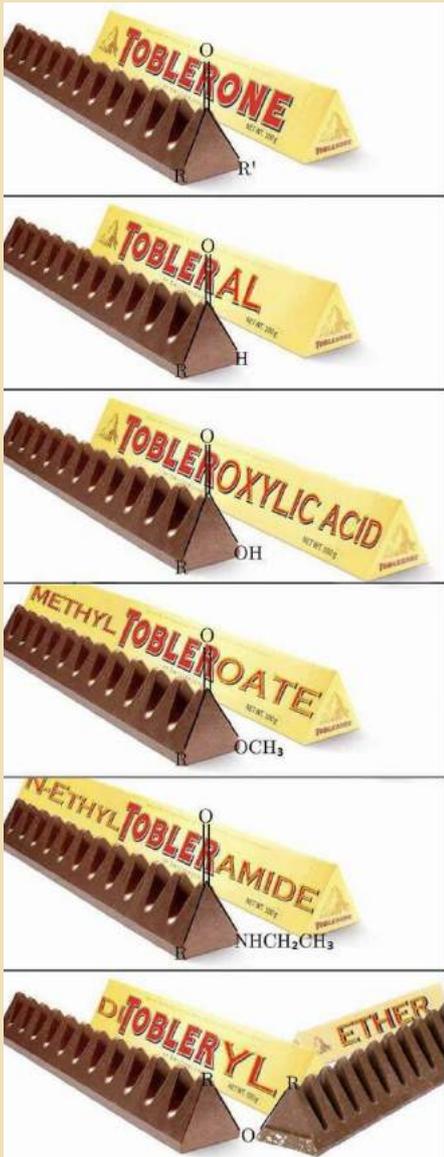
Réactions Acido-basiques

Exemple 2 : même question.



→ **pKa(Acide) > pKa(Base) : réaction impossible !!!**

Extrakte finale



ue1 vs

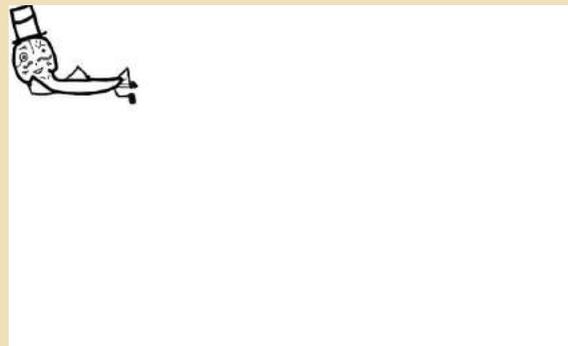


The floor is DMSO

Hexane:



Les alcanes

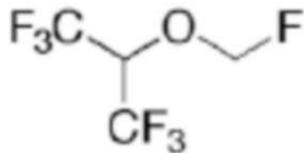


Les alcanes

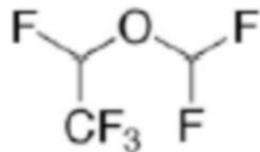
→ Très peu réactifs

→ Servent surtout pour les combustions

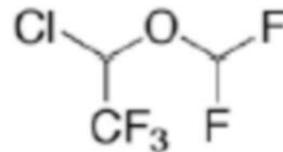
→ Permettent de donner des dérivés plus réactifs : les halogénoalcanes



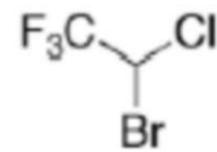
Sévoflurane
(1990)



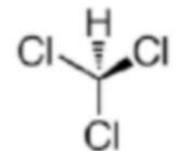
Desflurane
(1980)



Isoflurane
(1970)

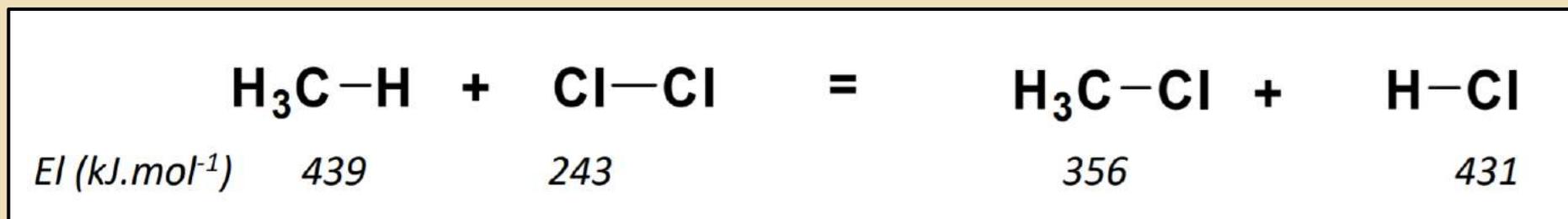


Halothane
(1956)



Chloroforme
(1853)

Substitutions radicalaires :



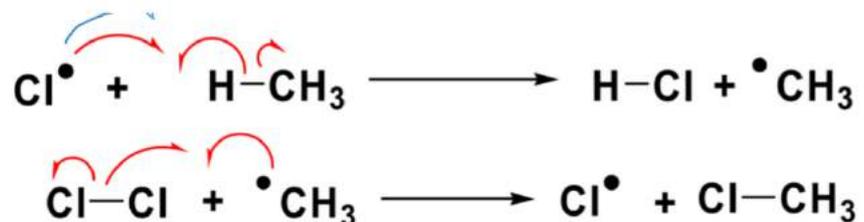
- Formation d'un halogénoalcane à partir d'un alcane et d'un di-halogène
- Cette réaction nécessite forcément un apport d'énergie (Δ ou $h\nu$).
- Réaction exergonique

Substitutions radicalaires :

1^{ère} étape : Amorçage ou initiation : On va créer nos IR radicalaires par apport d'énergie.

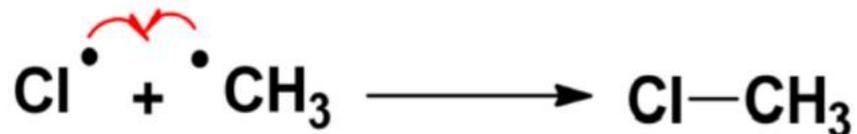


2^{ème} étape : propagation : Les radicaux halogènes attaquent les alcanes, ce qui forme des radicaux alcanes et un acide halogène. Les radicaux alcanes attaquent des dihalogènes, formant un radical halogène et un halogéno alcane, et ainsi de suite ... c'est une réaction en chaîne qui s'auto alimente.



Substitutions radicalaires :

3^{eme} étape : terminaison : tout les radicaux s'assemblent.

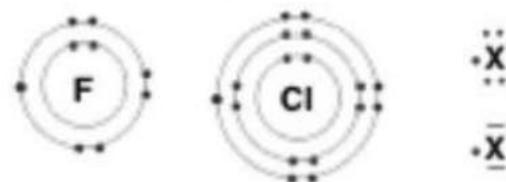


Réactivité des halogéno-alcanes

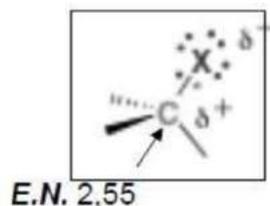
Rappel : les halogènes

Atome	N° atomique (Z)	Structure électronique
F	9	K(2) L(7)
Cl	17	K(2) L(8) M(7)
Br	35	K(2) L(8) M(18) N(7)
I	53	K(2) L(8) M(18) N(18) O(7)

7 électrons sur la couche de valence



Halogénoalcanes : Polarisation de la liaison carbone–halogène



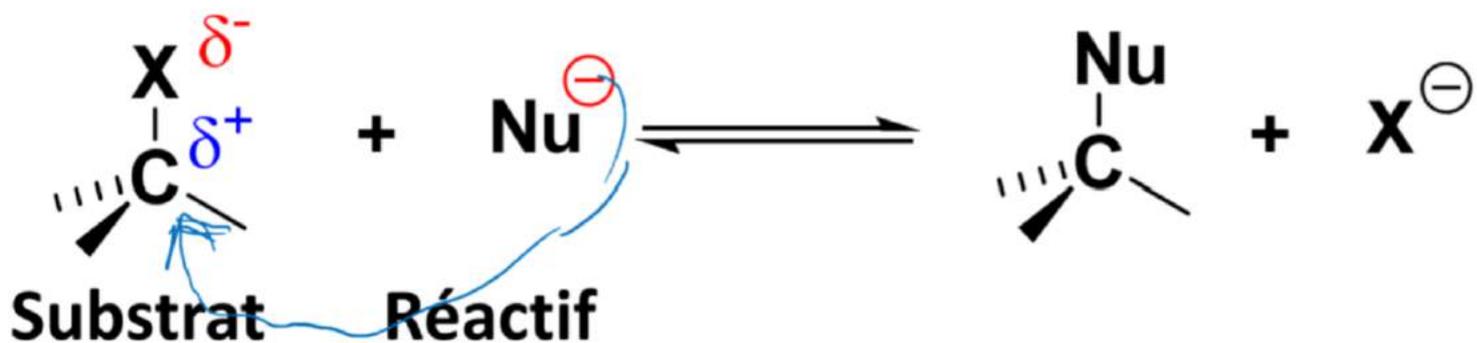
Taille ↓	F	↑ Electronégativité	3,98
	Cl		3,16
	Br		2,96
	I		2,66

Polarisation de la liaison C–X



Réactivité des halogéno-alcanes

III. Substitutions nucléophiles



Nu ⁻	Fonction Créée		
HO ⁻	Alcool	N ₃ ⁻	Azotures
RO ⁻	Ether oxyde	NC ⁻	Nitriles
R ₂ N ⁻	Amines	HS ⁻	Thiols

Réactivité des halogéno-alcanes

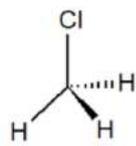
A) Facteurs

Les SN dépendent de plusieurs facteurs :

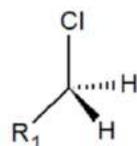
* Nucléofugacité de X : c'est la capacité de X à prendre la poudre de l'estempette (à partir de quoi). On aura un bon nucléophile, si celui-ci est une base faible \Leftrightarrow une base stable. Les bases fortes sont de très mauvais groupement partants.

* Nucléophilie du réactif : une nucléophilie importante favorise l'attaque sur le centre électrophile, donc si l'atome est volumineux, la molécule peu encombrée et s'il y a une charge négative.

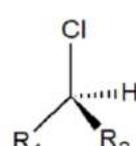
* Classe de la fonction C-X :



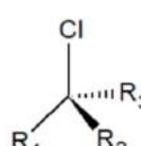
Nullaire



Primaire



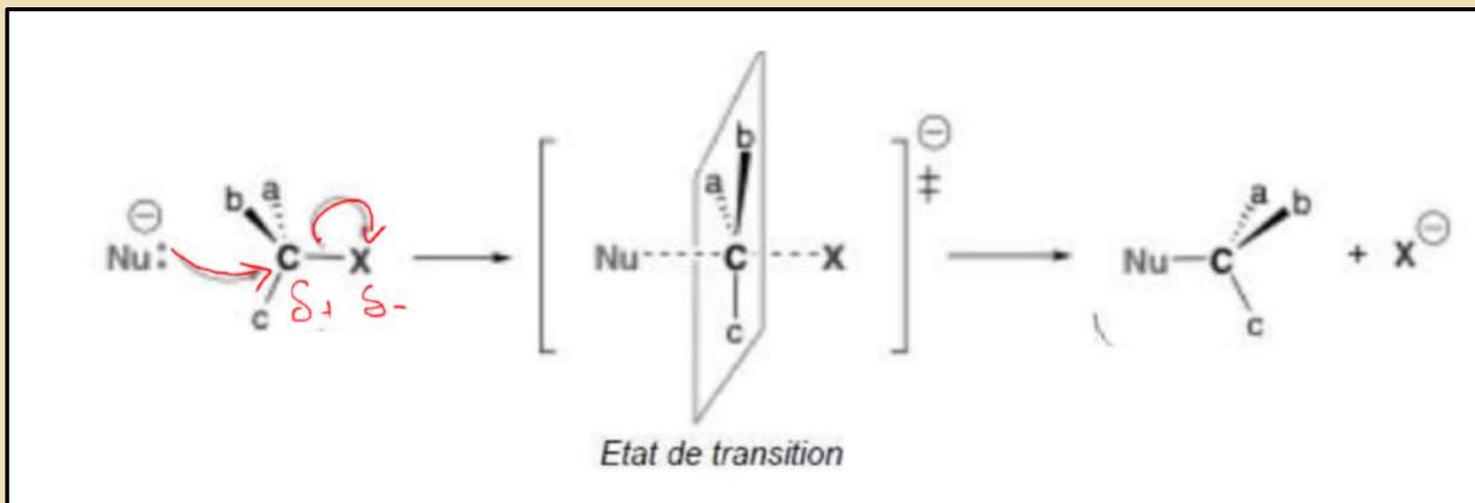
Secondaire



Tertiaire

* Solvant de la réaction

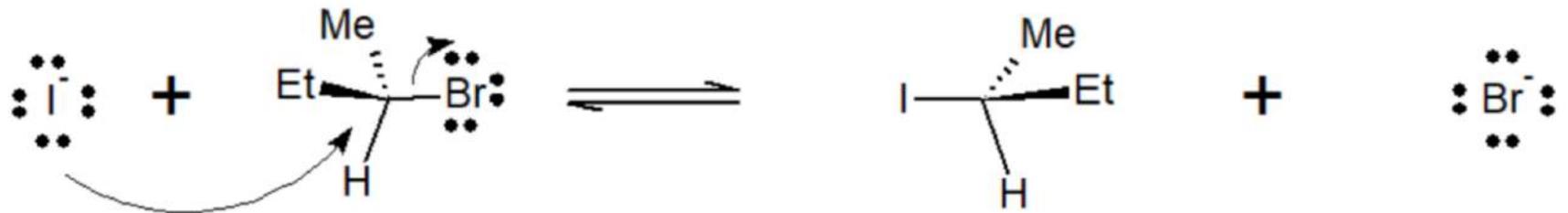
Les substitutions nucléophiles d'ordre 2 (sn2)



- Processus concerté en **1 étape** (état de transition pentavalent en bipyramide trigonale)
- **Attaque en anti** du nucléofuge par le nucléophile
- Inversion de configuration relative entre le réactif et le produit : **inversion de Walden**
- **Walden** ≠ inversion de configuration absolue

Sn 2

Exemple de SN2 :



→ **Réactif** : On a un Carbone de configuration absolue R (cf cours 1)

→ **Produit** : On a un carbone de configuration absolue S

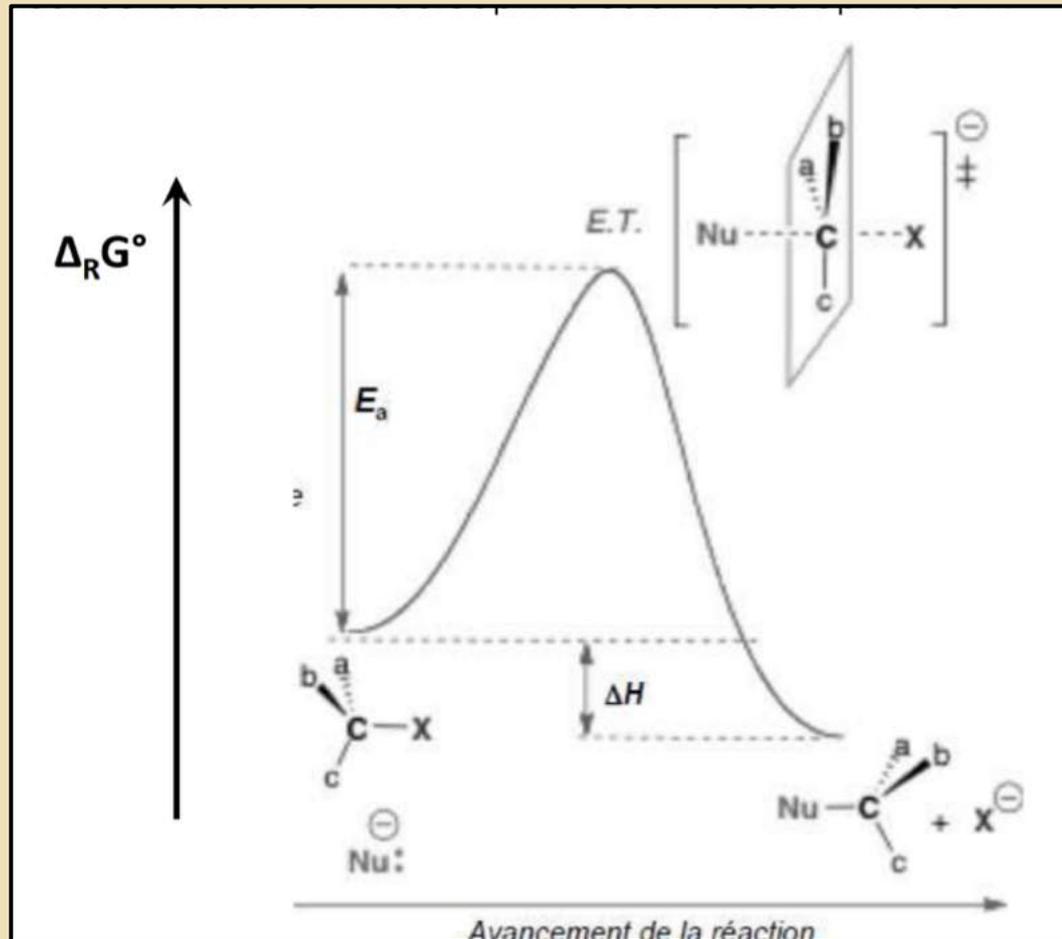
On a donc aussi une inversion de configuration Absolue.

Sn 2

Favorisant la SN2	Défavorisant la SN2
<ul style="list-style-type: none">- Molécules peu encombrées- carbone primaire / secondaire- Bon nucléophile (I- ; Br-)- Moyen nucléofuge (F- ; Cl- ;)- Les solvants polaires aprotiques (DMF , DMSO ...)	<ul style="list-style-type: none">- Tout facteur déstabilisant la bipyramide (effets électriques, encombrement stérique). <p>- JAMAIS DE CARBONE TERTIAIRE DANS LES SN2 +++</p>

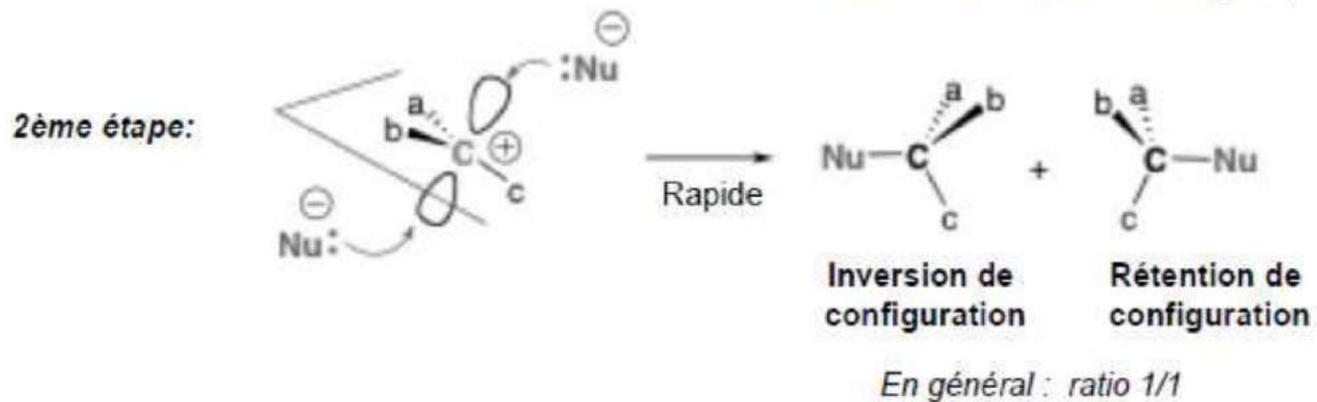
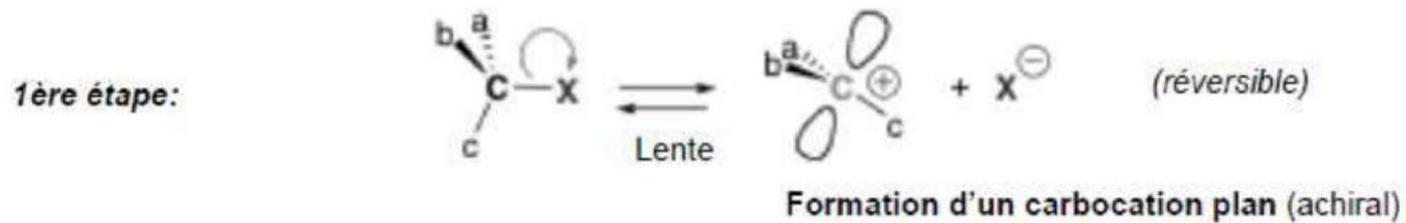
Sn 2

→ Les SN2 sont stéréospécifique : 1 seul stéréoisomère final



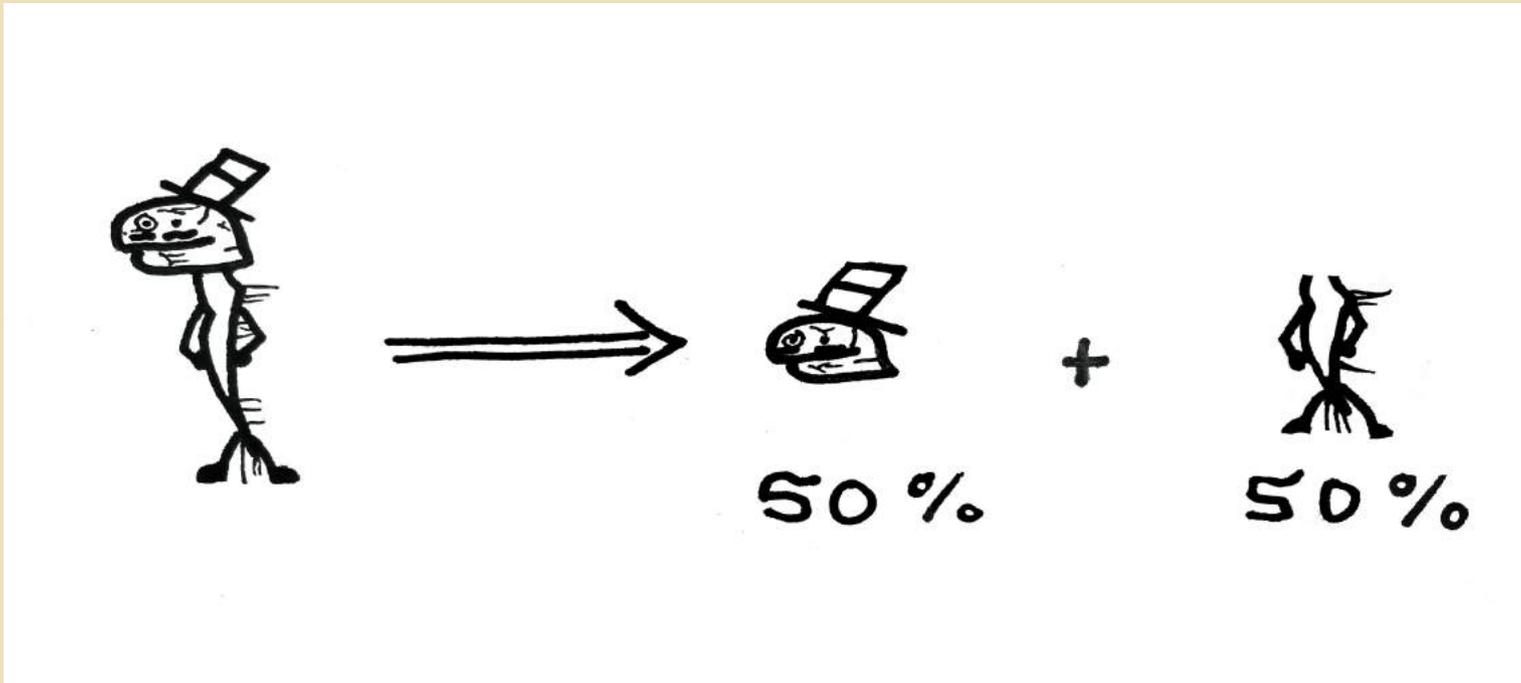
S_N1

Il s'agit d'un processus en deux étapes : on a un intermédiaire réactionnel , et cet IR est un **carbocation**.



Ex 1

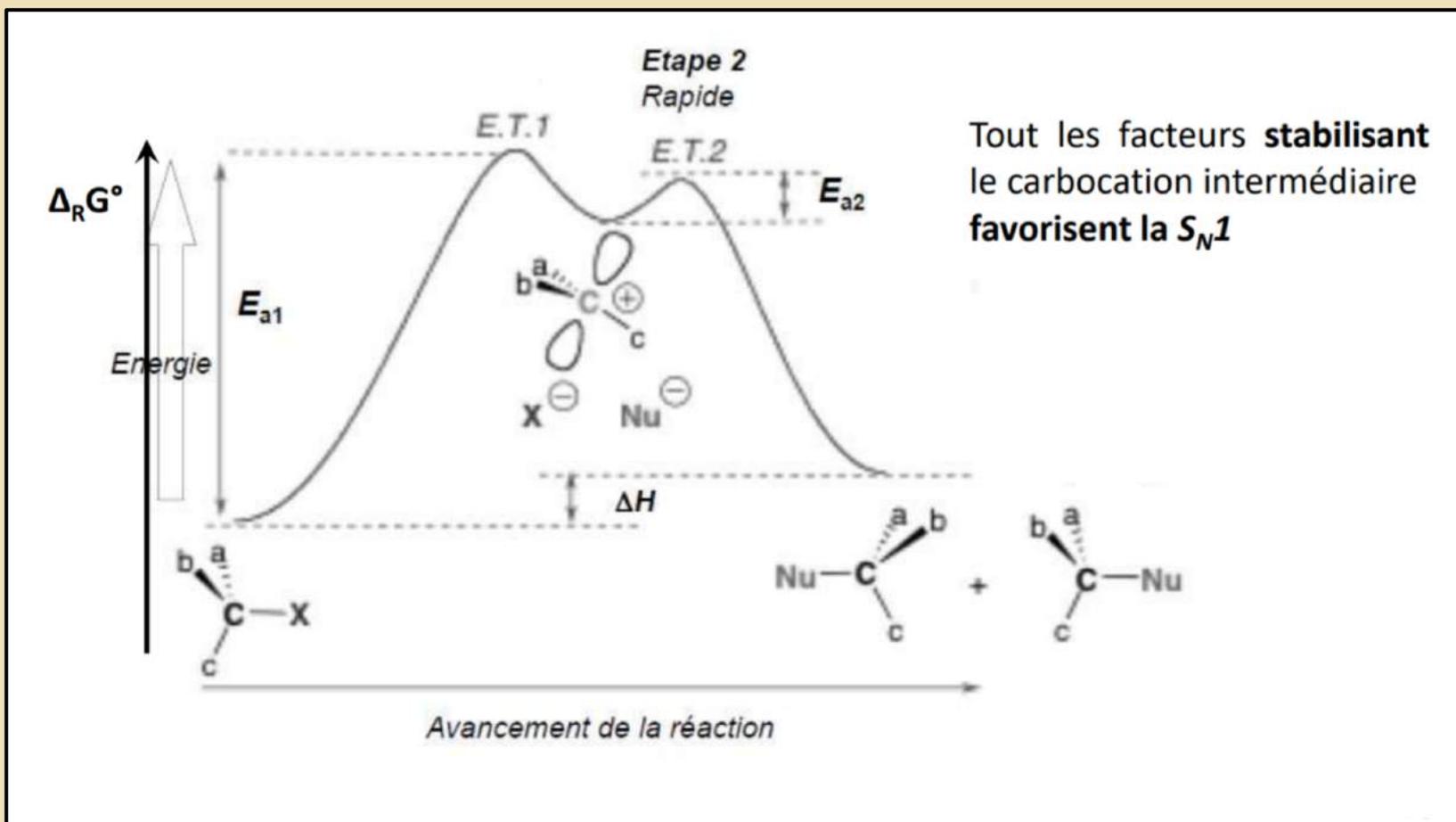
- Non stéréosélective : deux produits finaux en proportions égale
- Non stéréospécifique : deux stéréoisomère



Sn 1

+	-
<p>-> Tout facteurs stabilisant le carbocation IR.</p> <p>-> Bon nucléofuge (I- ; Br -)</p> <p>-> Solvant polaires protiques (EtOH , MeOH...)</p> <p>-> Carbone secondaire / tertiaire</p>	<p>-> JAMAIS DE CARBONE PRIMAIRE POUR LES SN1 +++ (<i>ils ne stabilisent pas assez le c+</i>)</p>

S_N1

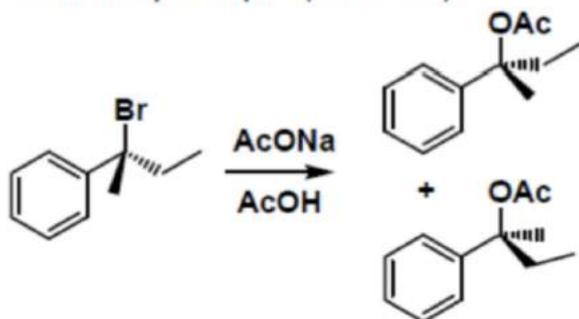


S_N1

S_N1

Conditions préférentielles

- Bon nucléofuge.
- Substrat tertiaire (ou C⁺ stabilisé)
- Nucléophile moyen à fort
- Solvant protique (ionisant)



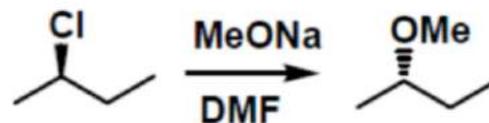
Implications

Intermédiaire réactionnel plan
2 faces d'attaques équivalentes
Conduit à un mélange racémique

S_N2

Conditions préférentielles

- Nucléophile fort
- Nucléofuge moyen.
- Substrat primaire
- Solvant polaire aprotique

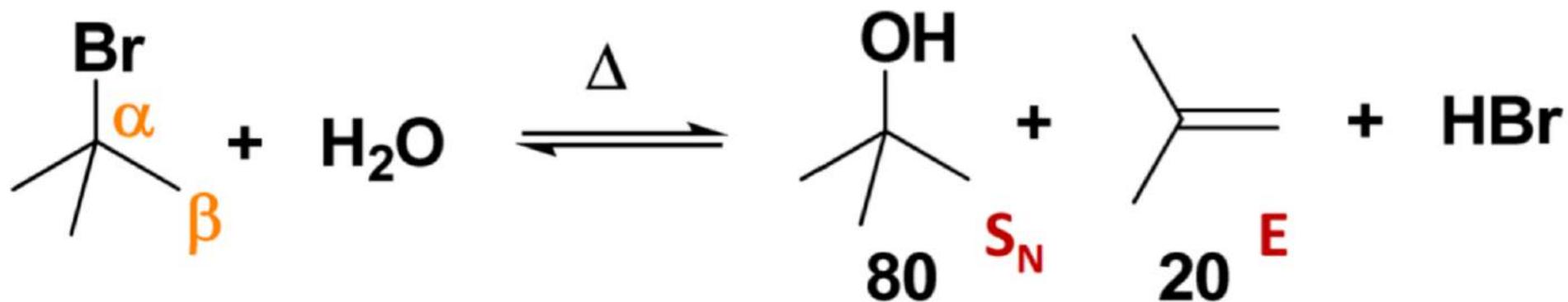


Implications

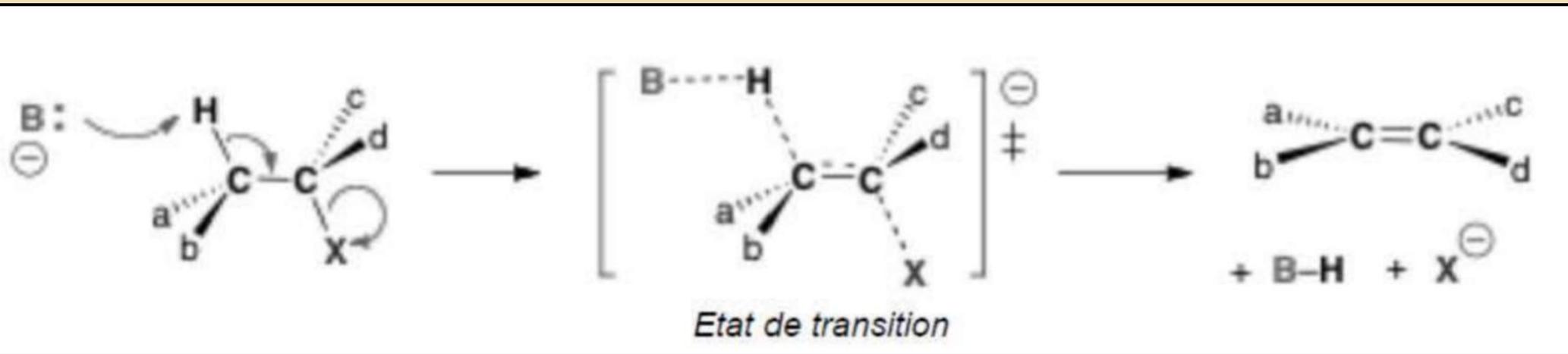
Réaction en 1 étape : état de transition pentacoordonné
Inversion de Walden



Les éliminations



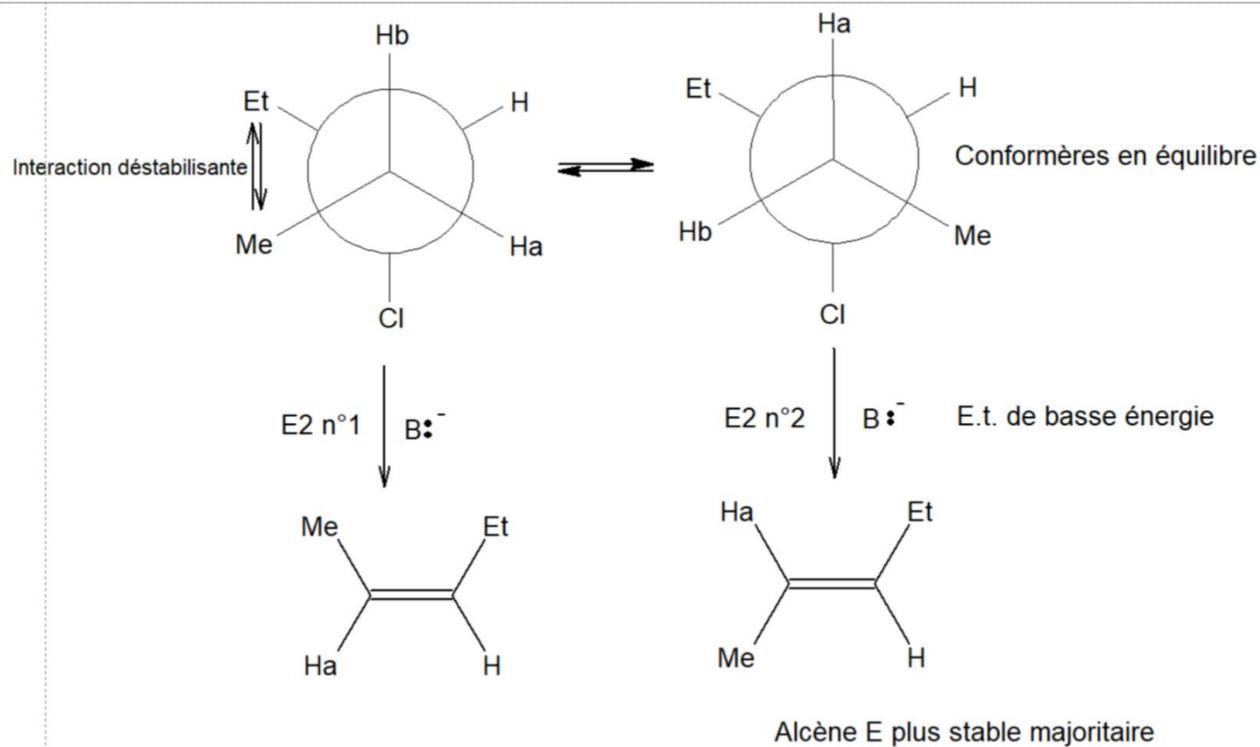
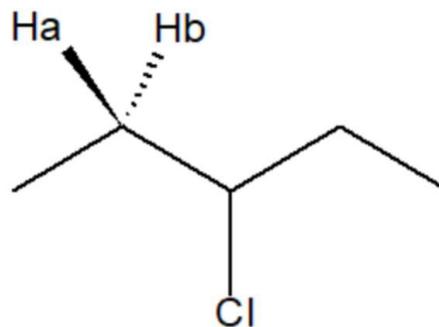
Eliminations d'ordre 2 (E2)



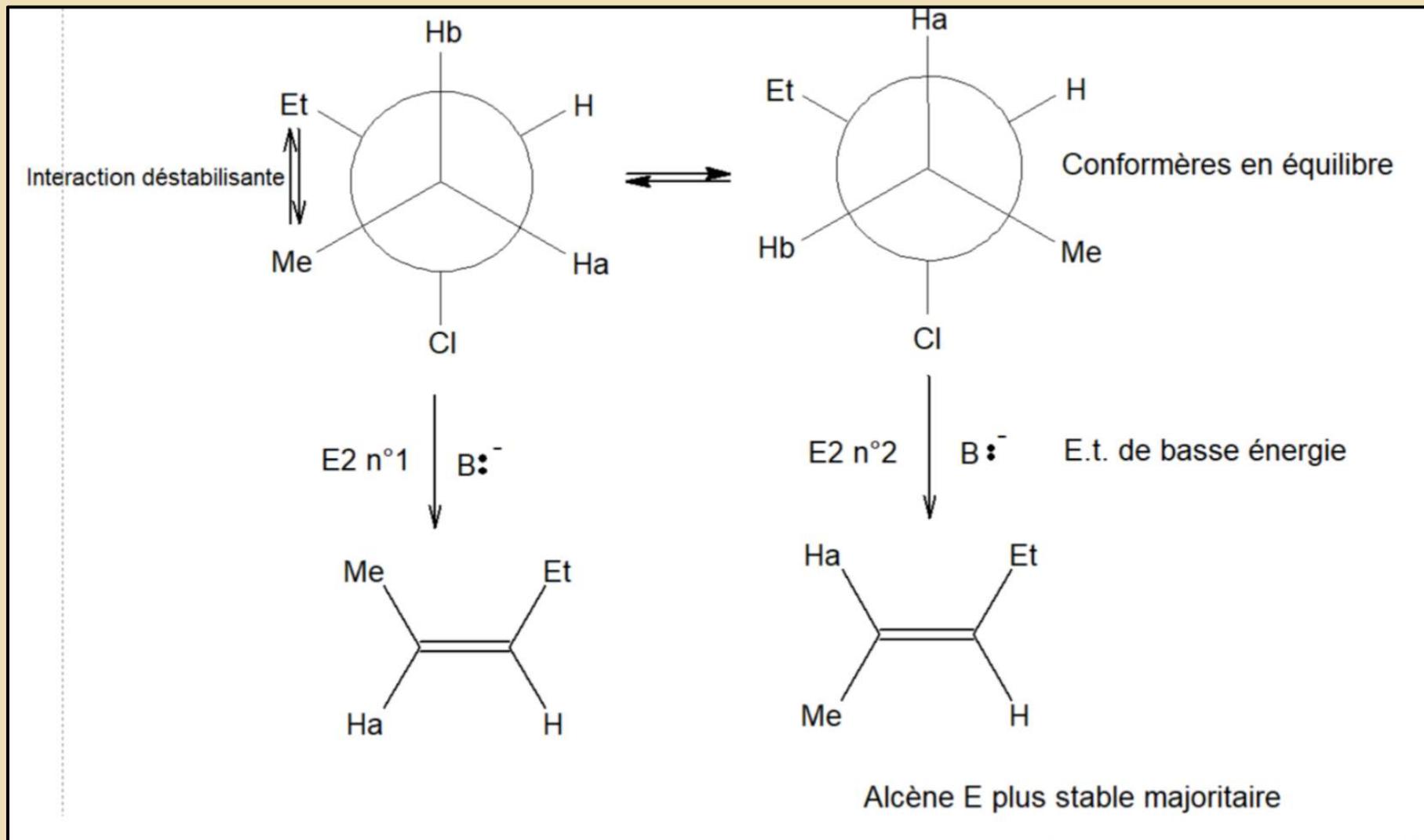
→ La base arrache le proton en antipériplanaire /!\

→ Départ du nucléofuge en simultané de l'arrachage du proton

F2



F2

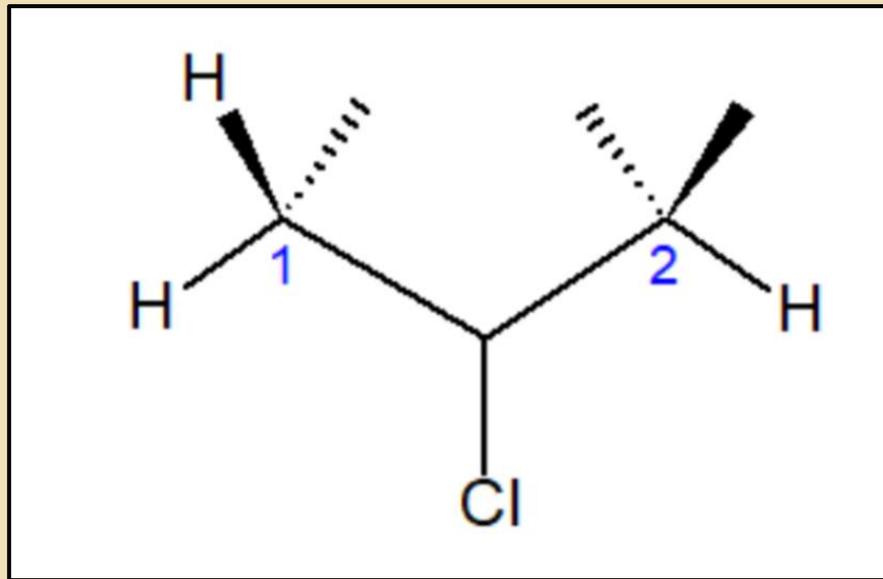


→ Sous contrôle cinétique, car on joue sur l'état de transition

F2

→ Stéréospécifique : On aura la formation d'un seul composé à la fin

→ Régiosélective : on forme l'alcène le plus stable, soit le plus substitué



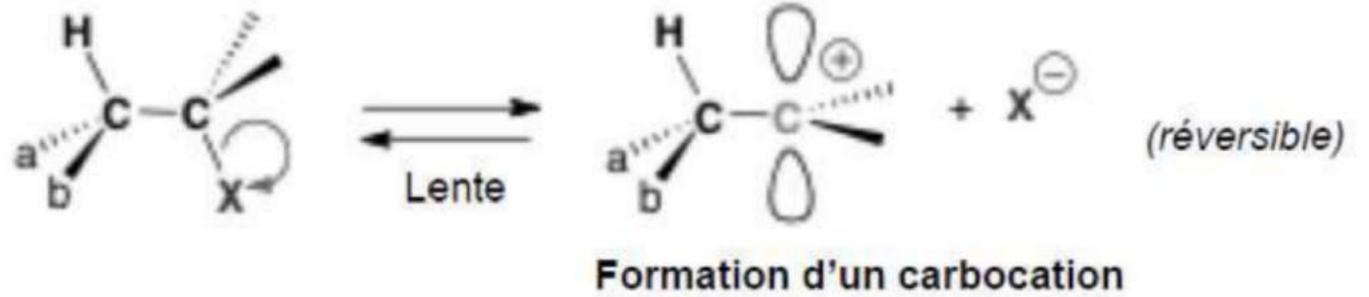
E2



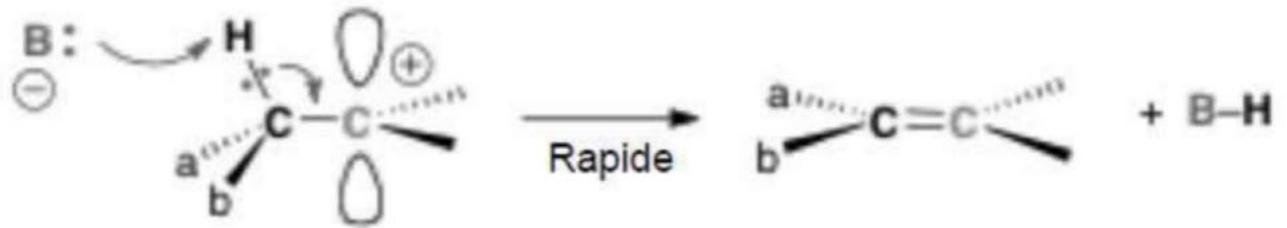
- > Bases Fortes peu nucléophile
- > Substrat primaire
- > Nucléofuge moyen
- > Solvant polaire aprotique (comme les SN2)

E1

1ère étape:



2ème étape:





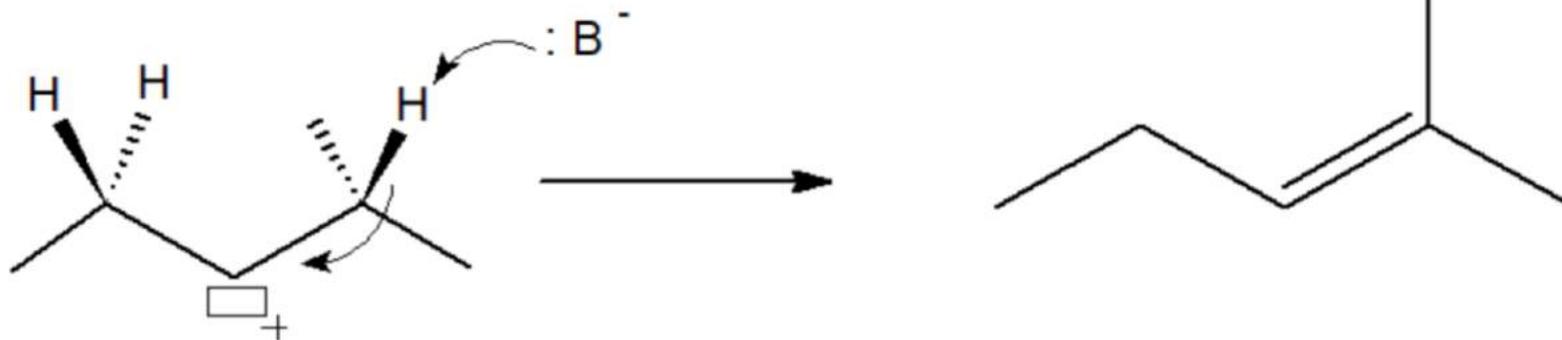
- **Non stéréospécifique** : on a plusieurs stéréoisomères possible à partir d'un seul stéréoisomère.
- **Stéréosélective** : on a plusieurs stéréoisomères , avec l'un d'entre eux majoritaire (l'alcène E).
- **Régiosélective** : Comme dit précédemment, la règle de Zaitsev énonce le fait que l'on forme le carbocation le plus substitué.

E1

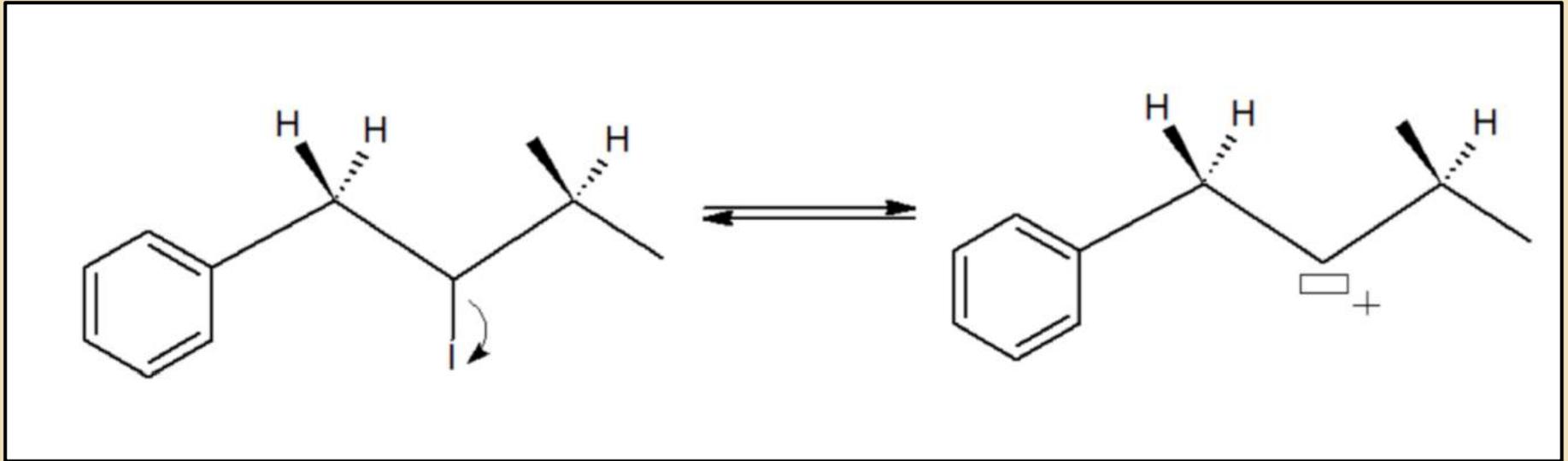
Exemple 1 : Règle de Zaitsev applicable



suivante .

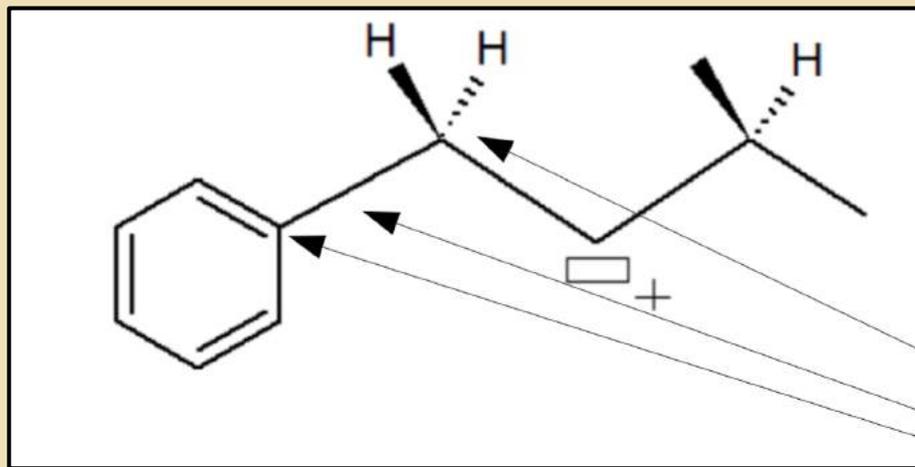
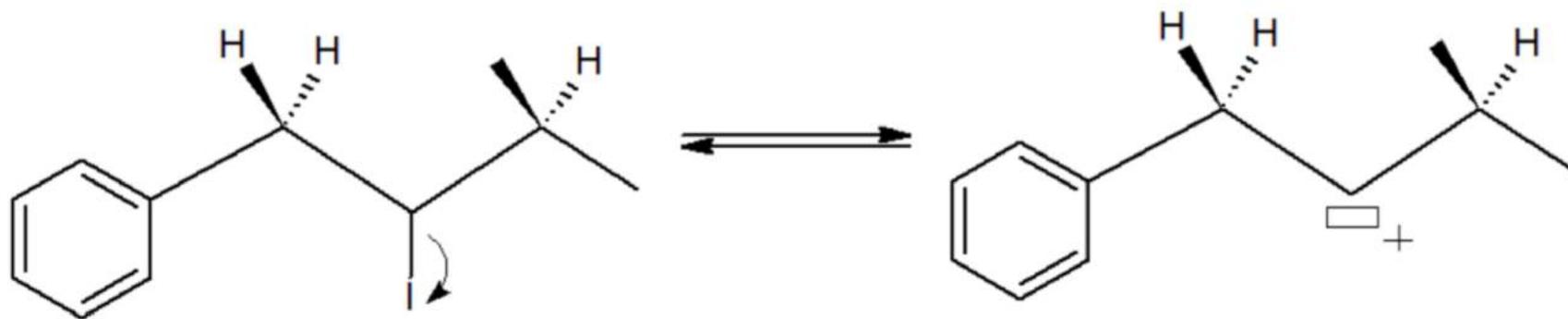


F1



E1

Exemple 2 : règle de Zaitsev non applicable



V
O
H

E1

+

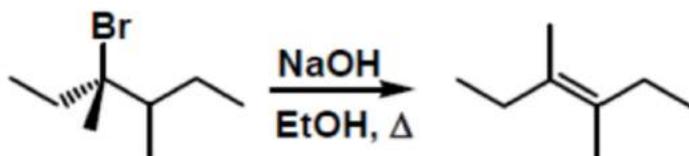
- > Substrat tertiaire
- > Solvant polaire protique
- > Base moyenne à forte
- > Température élevée
- > Bon nucléofuge

E1

E1

Conditions préférentielles

- Bon nucléofuge.
- Substrat tertiaire (ou C⁺ stabilisé)
- Base moyenne à forte
- Solvant protique (ionisant)
- température élevée (reflux du solvant)



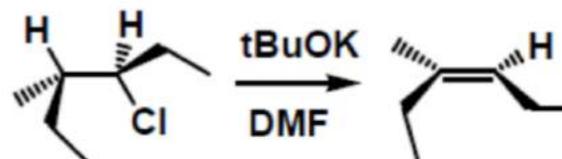
Implications

Intermédiaire réactionnel plan
Conduit à l'alcène le plus stable
(Zaitsev), le + substitué et de config. *E*

E2

Conditions préférentielles

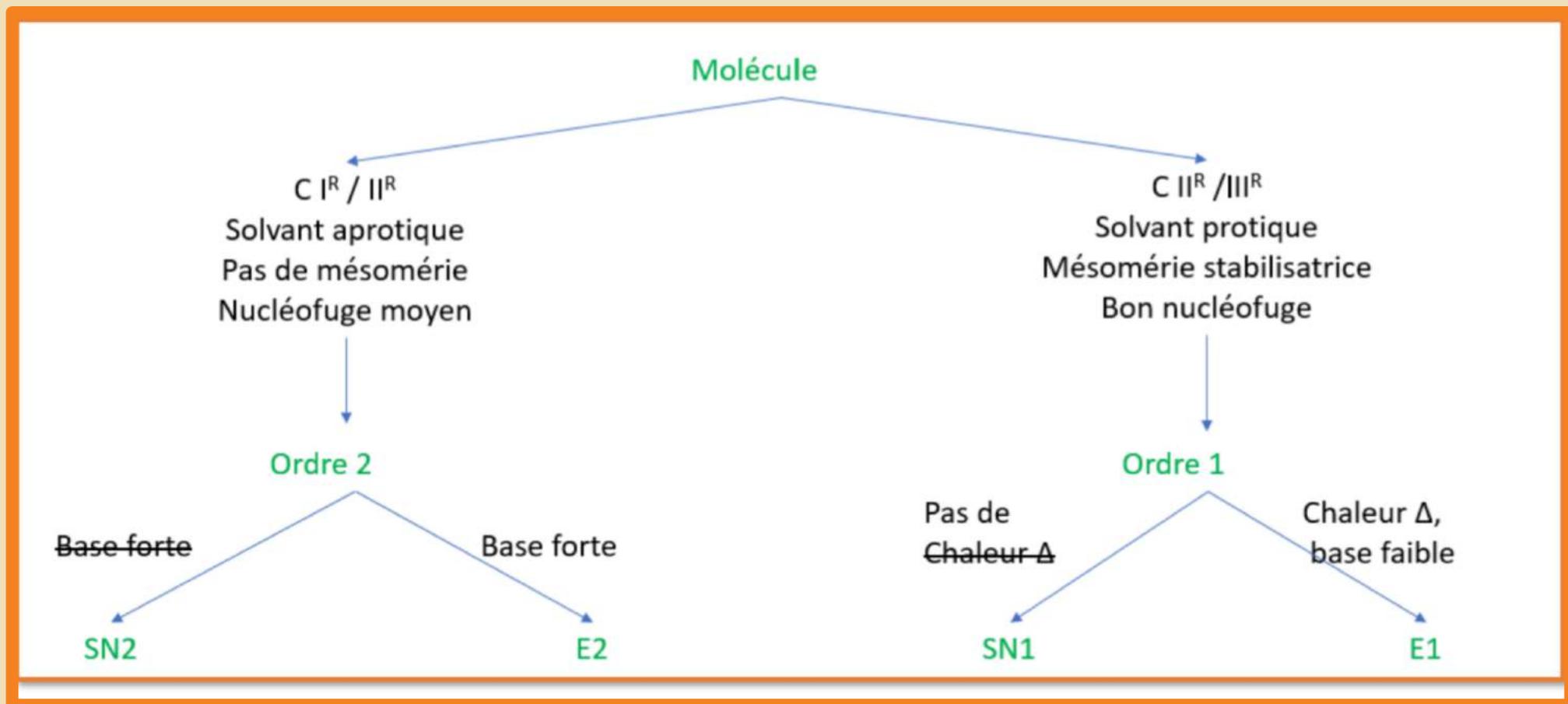
- Base forte à très forte (peu Nu⁻)
- Nucléofuge moyen.
- Substrat primaire
- Solvant polaire aprotique
- (température facultative)



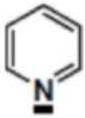
Implications

Réaction en 1 étape
Arrachement du H anti
La stéréochimie de l'alcène
dépend du produit de départ

Compétition S_n / E

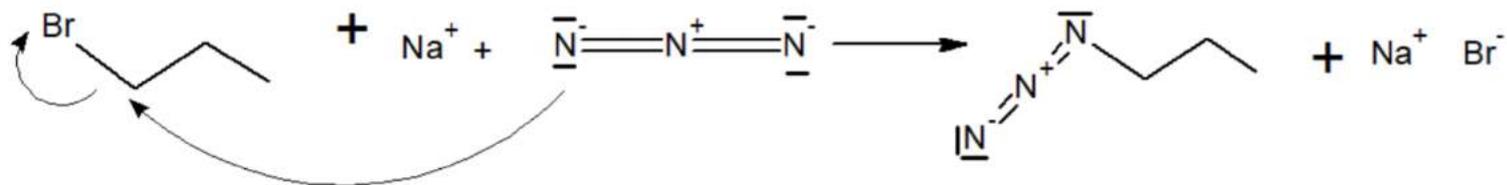


Compétition S_n / E

Nucléophilie			Basicité
	HS ⁻		
	I ⁻	Bu ⁻ Li ⁺	50
	NC ⁻	NH ₂ ⁻ Na ⁺	38
	CH ₃ ⁻	LDA = (iPr) ₂ N ⁻ Li ⁺	35
	CH ₃ O ⁻	Na ⁺ H	35
	Br ⁻	tBuO ⁻ K ⁺	18
	N ₃ ⁻	EtO ⁻ Na ⁺	17
	RNH ₂	MeO ⁻ Na ⁺	16
	Cl ⁻	HO ⁻	15,7
	CH ₃ CO ₂ ⁻	CO ₃ ²⁻	11
	F ⁻	R-NH ₂	10-11
	RCO ₂ ⁻	 = Pyridine (Py)	6
	CH ₃ OH	CH ₃ CO ₂ ⁻	4,5

Socratic

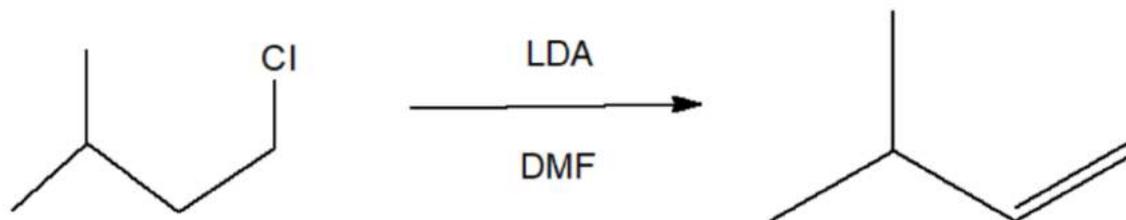
Réaction n° 1:



Réaction n° 2:

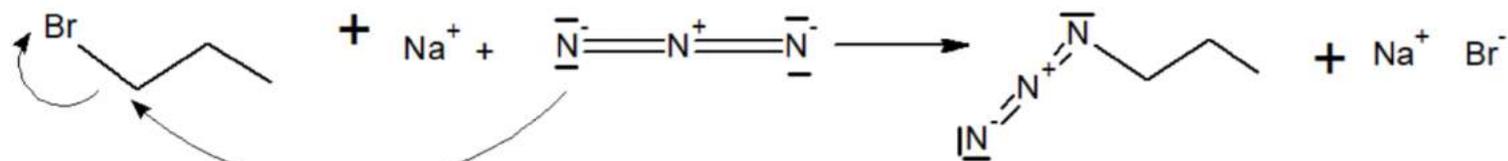


Réaction n° 3:



Socratic

Réaction n° 1:



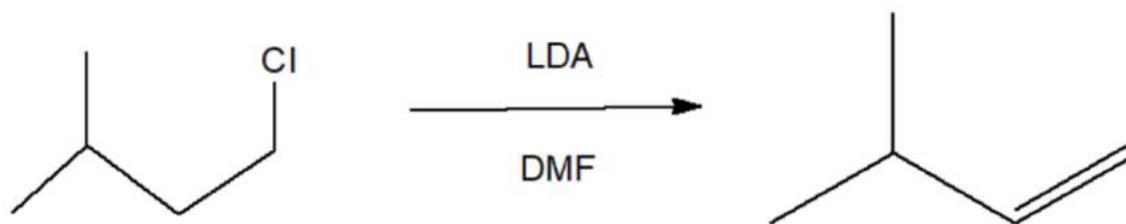
Socrative

Réaction n° 2:



Socratic

Réaction n° 3:



Des questions ?



