

# *Isométrie et stéréoisométrie*

## *Partie 1*



Plan:

Petites définitions

## I. Représentations spatiales des molécules.

1. La représentation de Cram ou du "coin volant".
2. La représentation de Newman
3. La représentation de Fisher

## II. Isomérisie et Stéréoisomérisie

### 1. Isomérisie de constitution/ plane

- a. Isomérisie de fonction ou de constitution
- b. Isomérisie de chaîne
- c. Isomérisie de position

### 2. Stéréoisomérisie

- a. Stéréoisomérisie de conformation
- b. Composés cycliques
- c. Stéréoisomérisie de configuration



## Petites définitions pour la compréhension

Ces définitions sont importantes pour la compréhension de ce cours, vous les retrouverez tout au long de cette fiche.

**Carbone asymétrique:** carbone lié par ses 4 liaisons simples à 4 groupements différents.

**Stéréoisomères :** Deux stéréoisomères sont deux molécules se différenciant seulement en 3D. Deux stéréoisomères ont : la même formule brute; la même formule développée; la même nomenclature et les mêmes propriétés chimiques (réactivité).

⚠ Propriétés physiques différentes/ disposition atomiques différentes dans l'espace

**Isomères :** Deux espèces sont isomères lorsqu'elles ont la même formule brute et diffèrent par :

- l'ordre ou la nature des liaisons (isomérie de constitution ou isomérie plane)
- la disposition des atomes dans l'espace (stéréoisomérie).

**Isomères de constitution ou plane :** molécules avec la même formule brute mais des formules développées différentes. Il y a 3 types d'isoméries de constitution : de fonction, de position et de chaîne.

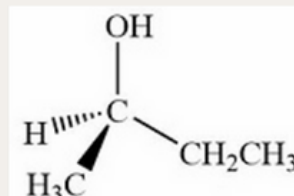


## I. Représentations spatiales des molécules

Certaines molécules peuvent avoir **plusieurs représentations dans l'espace**. Pour cela, ces molécules doivent posséder un **carbone asymétrique**.

Un carbone asymétrique est un carbone qui est lié par ses 4 liaisons simples à 4 groupements différents.

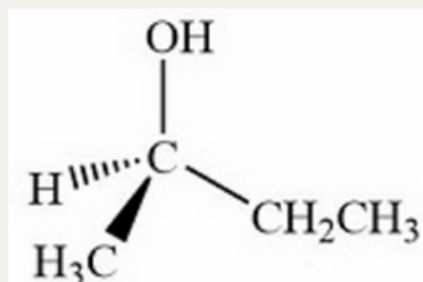
Prenons l'exemple du butan-2-ol ci dessous : le carbone central est lié par ses 4 liaisons simples à 4 groupements différents, c'est ainsi un carbone asymétrique.



### 1. La représentation de Cram ou du "coin volant"

C'est la représentation **la plus courante** en chimie. L'atome de carbone qui nous intéresse est positionné au centre.

La représentation de Cram est une **structure pyramidale à base triangulaire**. **Deux liaisons sont dans le plan, une est en avant du plan et une est en arrière du plan.** Je vous remets ici l'exemple précédent:



Tut'Help: il existe des règles bien précises pour représenter les liaisons.

Liaison **trait plein et simple**= liaison **dans le plan**.

Liaison **trait triangulaire, allongé et plein**= liaison entre atome dans le plan et atome situé **en avant du plan**.

Liaison **trait triangulaire, allongé et hachuré**= liaison entre atome dans le plan et atome **en arrière du plan**.

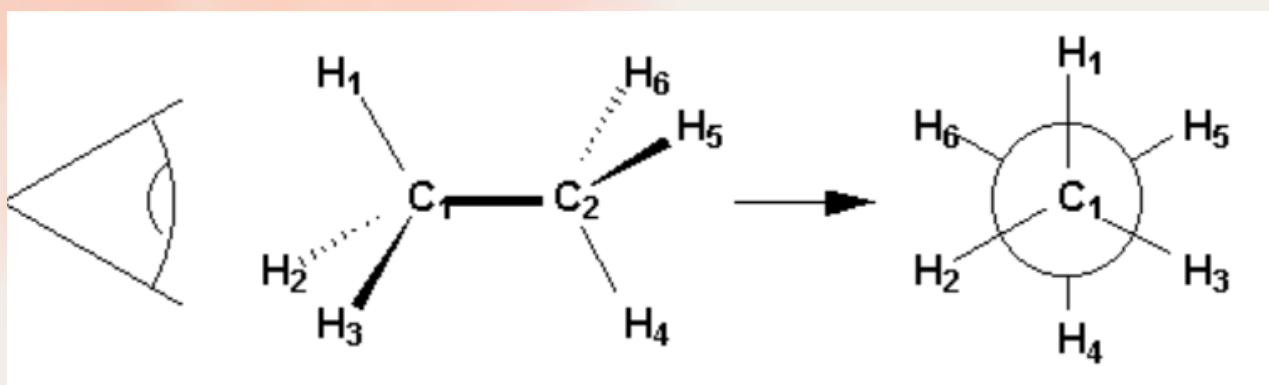


## 2. La représentation de Newman

On utilise cette représentation pour des molécules plus importantes avec plusieurs **centres stéréogènes**. Elle permet de représenter **deux carbones asymétriques**.

Tut'Help: un centre stéréogène est atome ou groupe d'atomes sur lequel la permutation de deux de ses substituants génère deux stéréoisomères (vous comprendrez mieux avec la partie 2 de ma fiche).

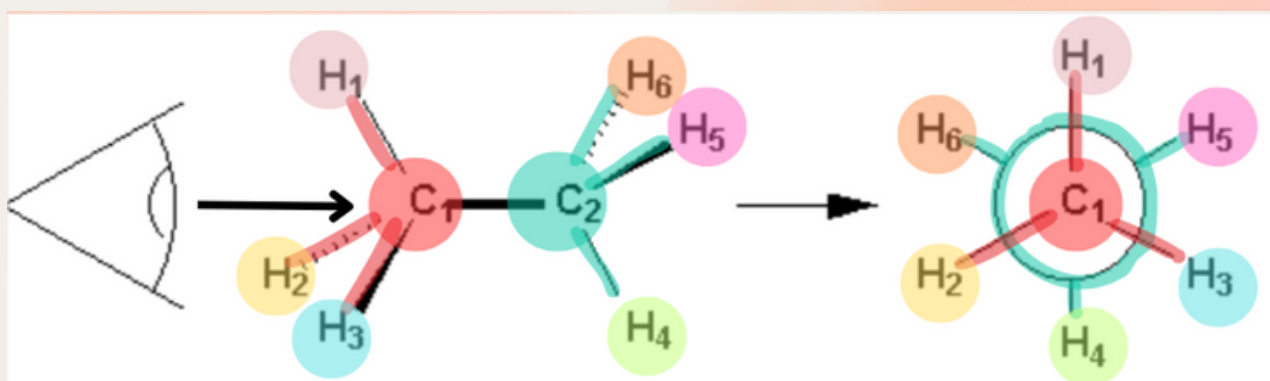
Tut'Rappel : un **carbone asymétrique** est un carbone dont les 4 liaisons simples sont reliés à **4 groupements différents**.



On projette la molécule sur un **axe qui correspond à la liaison C-C**. C'est-à-dire que l'on regarde la molécule pour avoir les deux carbones superposés.

Cette représentation permet de retranscrire la molécule de manière **simplifiée** afin d'avoir une vision assez rapide du positionnement relatif de tous les groupements les uns par rapport aux autres.

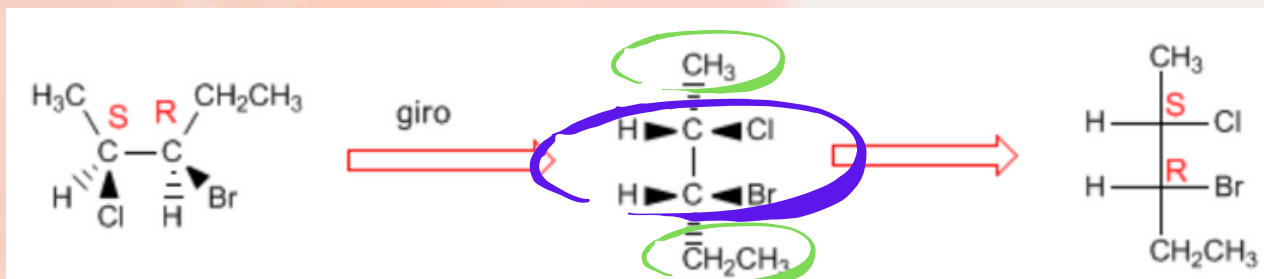
Le **carbone en avant** est positionné au **centre** de la représentation de Newman et le **carbone de derrière** est représenté par un **cercle**. Ensuite chaque groupement est relié à son carbone respectif.





### 3. Représentation de Fisher

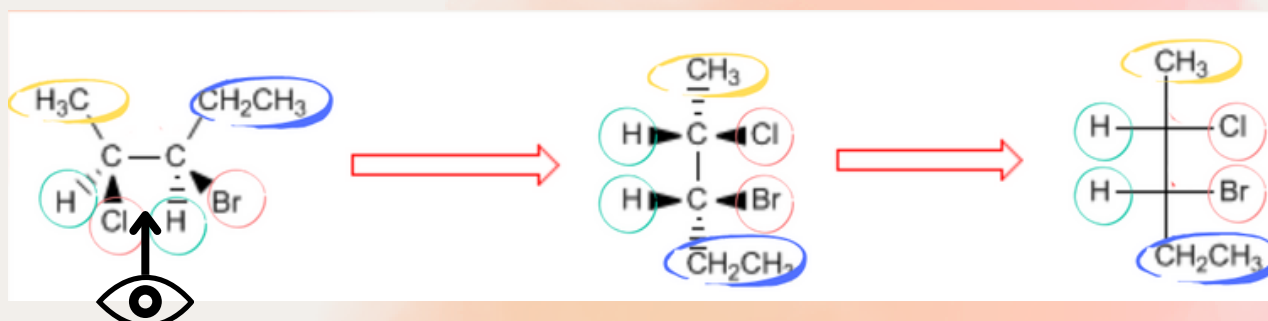
On utilise la représentation de Fisher pour, entre autres, les **sucre**s et **acides aminés**. Cette représentation permet de mettre en évidence facilement les **chaînes d'oses** en évitant de dessiner les liaisons en avant et en arrière du plan (contrairement à la représentation de Cram).



Nous allons nous baser sur l'exemple ci-dessus pour comprendre le fonctionnement de la représentation de Fisher. On va regarder la molécule de manière à avoir les **groupements horizontaux vers l'avant** et les **groupements terminaux et verticaux vers l'arrière**.

Position terminale=fin de chaîne.

Tut'Help : dites vous que **l'on regarde la molécule du dessous**.



On représente ensuite **TOUTES les liaisons dans le plan**.

Le carbone avec le plus petit indice est placé vers le haut (plus petit indice=premier carbone dans la chaîne -> voir le cours de nomenclature de Charlotte).

Tut'Help : il s'agit ici de **VISUALISER**. Cette partie peut être très floue mais essayez de vraiment **COMPRENDRE**. Le but de la représentation de Fisher est de tout avoir dans le même plan. **On regarde donc la molécule du DESSOUS**.

Si vous ne comprenez pas cette partie, n'hésitez pas à poser des questions, une fois que vous avez compris, vous comprendrez tout le reste.

**NE RESTEZ PAS BLOQUE SUR UNE INCOMPREHENSION, SURTOUT EN CHIMIE.**

Petit tips : pour mieux visualiser n'hésitez pas à reproduire les molécules avec différents objets du quotidien (cure-dents, boules d'aluminium, boules de papier, etc.). Je vous ferai une fiche avec juste une aide pour la visualisation des molécules.



⚠ Lorsque nous passons de la représentation de Cram à celle de Fisher, **plusieurs représentations différentes sont possibles pour une même molécule**. Dans le cas ci-dessus, si nous effectuons une rotation entre les deux carbones asymétriques nous pouvons voir un échange entre les groupements horizontaux. Par exemple, on aurait pu avoir sur la gauche du premier carbone l'atome de chlore et sur la droite l'atome d'hydrogène.

Mémo : pour me rappeler de quelle configuration était laquelle:

- coin volant c'est plutôt visuel et ça commence pareil que Cram donc ça va ensemble
- la représentation de Fisher ressemble à un squelette de poissons (fish)
- NeWman me faisait penser au logo VolksWagen  
(oui on est sur un mémo tiré par les cheveux)

## II. Isomérisation et stéréoisomérisation.

### Définition :

Isomères : Deux espèces sont isomères lorsqu'elles ont la **même formule brute** et diffèrent par :

- l'**ordre ou la nature des liaisons** (isomérisation de constitution ou isomérisation plane)
- la **disposition des atomes dans l'espace** (stéréoisomérisation).



### Définitions :

Isomères de constitution ou plane : molécules avec la **même formule brute** mais des **formules développées différentes**. Il y a 3 types d'isomérisation de constitution : de **fonction**, de **position** et de **chaîne**.

Isomères stériques ou stéréoisomères : molécules avec une **même formule brute** et une **même formule développée**. Il y en a deux types : de **conformation** et de **configuration**.

Remarque : ces définitions peuvent paraître compliquées mais comme tout à l'heure on cherche avant toutes choses à **COMPRENDRE**.

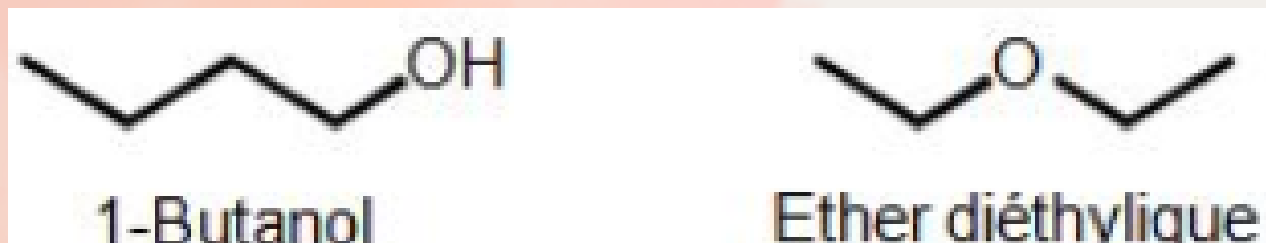
On va maintenant étudier les différents types d'isomérisation en détails.



## 1. Isomérisation de constitution/plane

### a. Isomérisation de fonction ou de constitution

Deux isomères de constitution/fonction ont en **commun leur formule brute**. Ils ont donc deux **familles chimiques différentes** et des **propriétés physiques et chimiques différentes**.

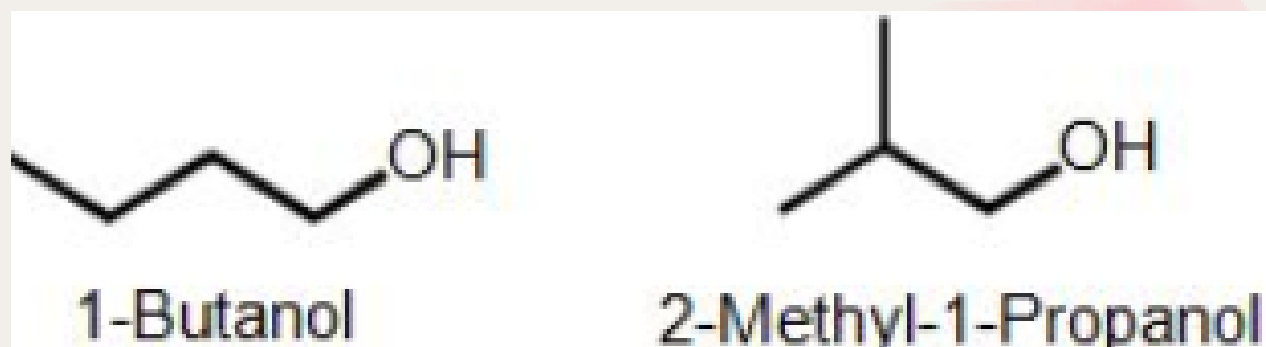


Ici nos deux molécules ont la même formule brute ( $C_4H_{10}O$ ), mais deux fonctions chimiques différentes (alcool pour l'un, éther pour l'autre).

### b. Isomérisation de chaîne

Deux isomères de chaîne sont deux molécules ayant la **même formule brute** et la **même fonction chimique** mais des **squelettes différents**.

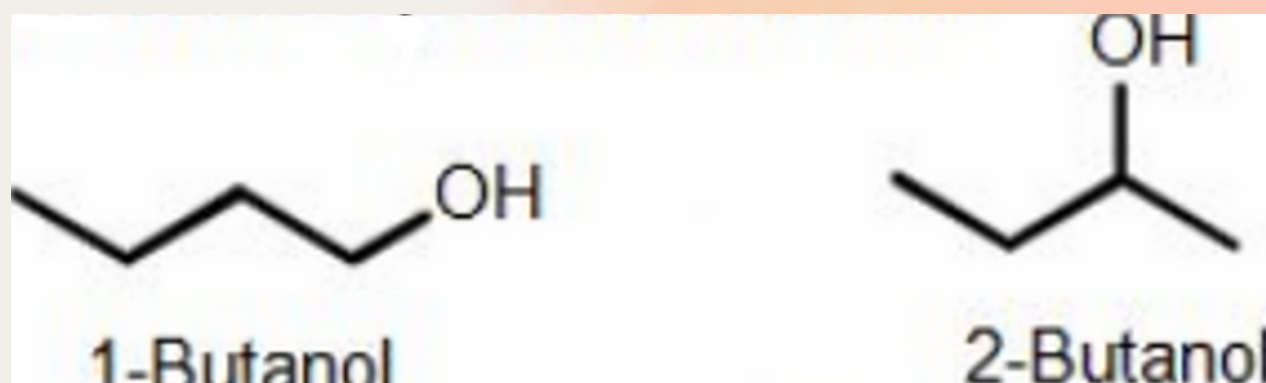
C'est un cas réservé aux **hydrogénocarbures**, c'est-à-dire des molécules avec un squelette composé seulement de carbone et d'hydrogène.



Ici, seul le nombre de carbone de la chaîne principale diffère d'une représentation à l'autre.

### c. Isomérisation de position

Deux isomères de position possèdent les **mêmes familles chimiques** mais avec **différentes positions** d'un ou plusieurs groupements sur la molécule. Deux isomères de position ont des **propriétés chimiques semblables** mais des **propriétés physiques différentes**. (ici, seule la position de la fonction alcool diffère d'une représentation à l'autre).





## 2. Les stéréoisomères

Lorsqu'on considère une molécule dans l'espace (3D), certains cas d'**isométrie spatiale**, aussi appelée **stéréoisométrie**, peuvent apparaître.

### Définition :

Stéréoisomères : deux stéréoisomères sont deux molécules avec une **même formule brute**, une **même formule développée**, une **même nomenclature** mais qui **se distinguent en 3D**. Ces molécules ont les **même propriétés chimiques** mais des **propriétés physiques différentes**.

### Tut'Help:

Propriétés chimiques = réactivité

Propriétés physiques = température de fusion, solubilité, densité, etc.

Il existe différentes manières de représenter les stéréoisomères dans l'espace :

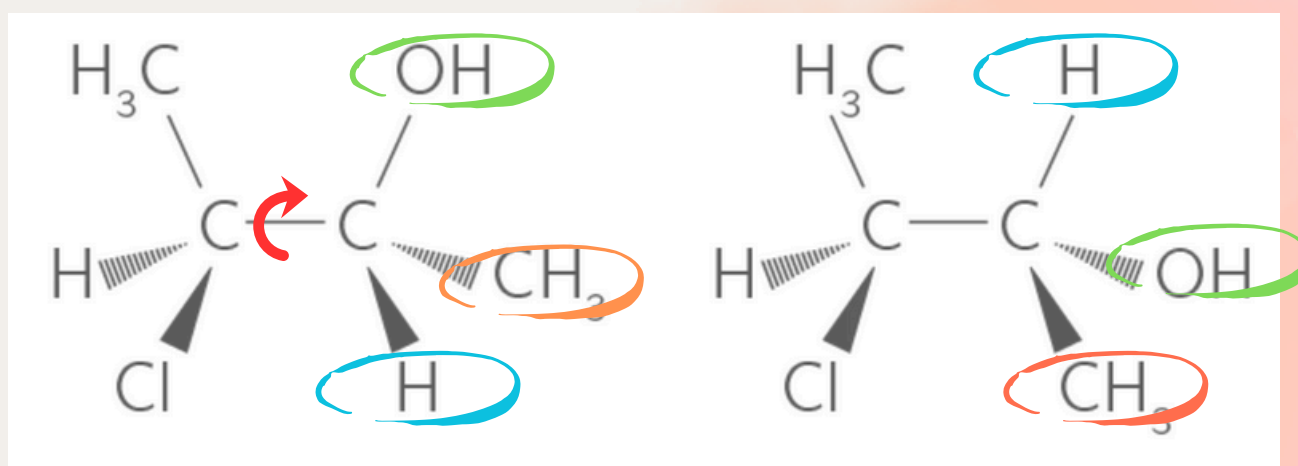
- perspective cavalière (pas vue dans le cours)
- Cram
- Newman
- Fisher

### a. Stéréoisomère de conformation

On peut passer d'un stéréoisomère de conformation à l'autre en effectuant une **libre rotation** autour d'une **liaison simple sigma** (vous reverrez ça avec moi dans le cours sur les effets électroniques).

Ainsi les deux stéréoisomères vont différer l'un de l'autre par la **disposition dans l'espace de leurs substituants**.

Le passage d'un stéréoisomère à l'autre demande **peu d'énergie**.



Sur l'exemple ci-dessus on a effectué une libre rotation autour de la liaison simple C-C. On observe ainsi qu'entre les deux molécules la disposition des substituants est modifiée (sur la droite de la molécule)

Tut'Rappel: il existe des règles bien précises pour représenter les liaisons.

Liaison trait plein et simple= liaison dans le plan.

Liaison trait triangulaire allongé et plein= liaison entre atome dans le plan et atome situé en avant du plan.

Liaison trait triangulaire allongé et hachuré= liaison entre atome dans le plan et atome en arrière du plan.



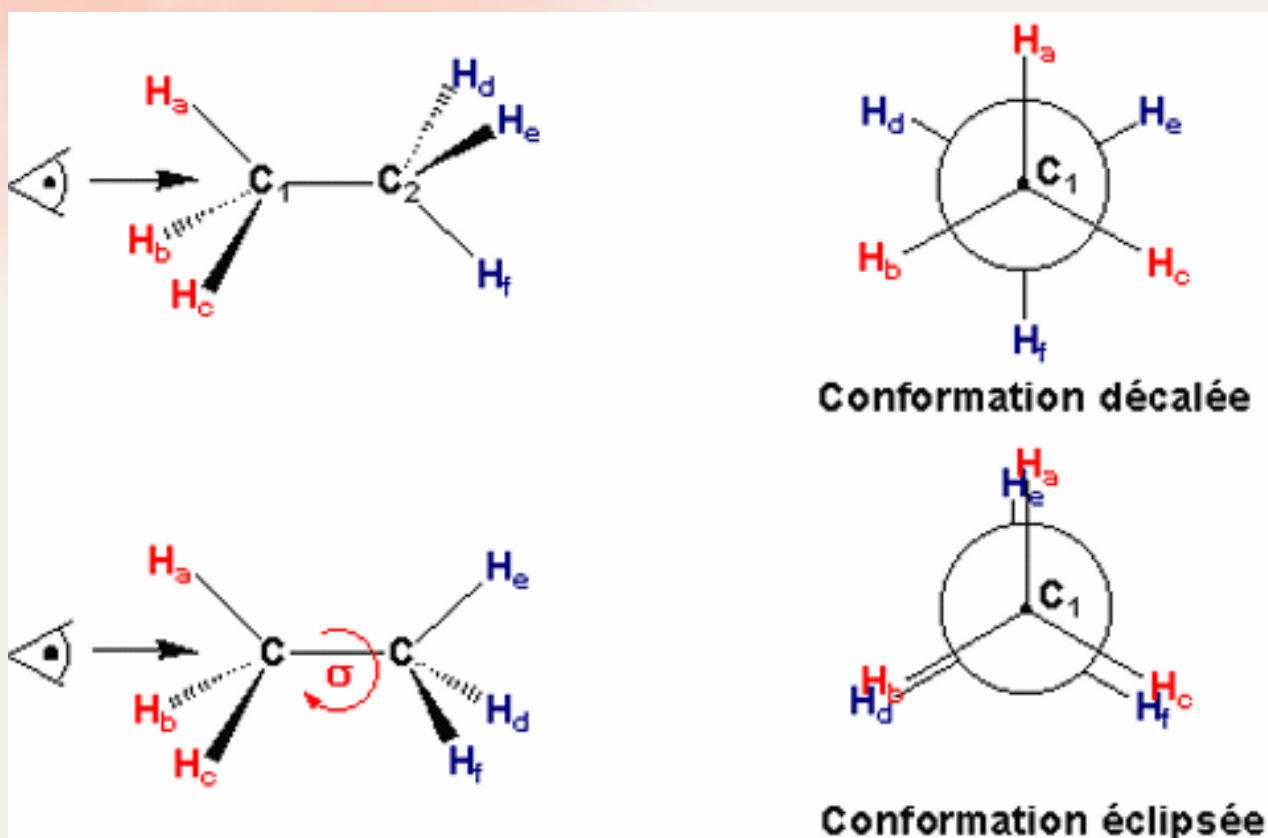
Remarque : une molécule avec des libres rotations peut exister sous une infinité de représentations différentes.

Il existe une infinité de conformations, notamment 4:

- Anti
- Décalée (ou étoilée)
- Eclipsée
- Syn

Nous nous intéresserons aux conformations remarquables:

- Les conformations décalées sont **plus stables** que les éclipsées
- **Plus l'énergie est basse plus la molécule est stable**, ainsi les conformations décalées sont **plus faibles en énergie** que les conformations éclipsées.



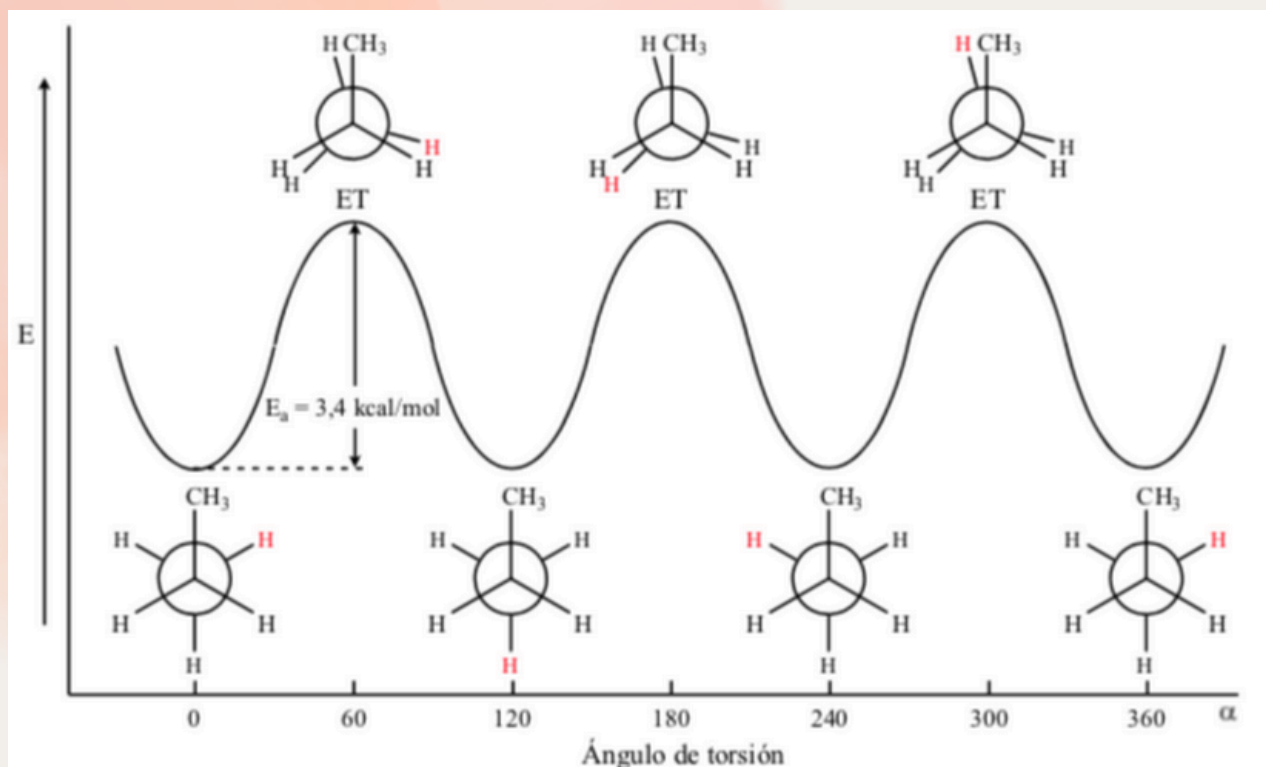
On passe ici d'une conformation à l'autre par une simple rotation.

La plus grande stabilité de la conformation décalée s'explique par la **plus grande distance** séparant les substituants de la molécule par rapport à la conformation éclipsée.

Tut'Rappel :

- décalée = plus stable car substituants plus éloignés et donc basse en énergie
- étoilée = moins stable car composants plus rapprochés et donc plus haute en énergie.

La molécule de l'exemple ci-dessus est une molécule d'éthane. Nous pouvons effectuer plusieurs rotations libres à la suite les unes des autres faisant ainsi passer notre molécule d'une conformation décalée à une conformation éclipsée et ainsi de suite. Ainsi, **l'énergie de l'éthane va augmentée pour atteindre une énergie maximale en conformation éclipsée** puis va **diminuer pour atteindre une énergie minimale en conformation décalée** en raison de sa stabilité.



### Diagramme d'énergie potentielle de la molécule d'éthane.

Nous retrouvons sur ce diagramme la variation de l'angle dièdre (ou alpha sur cette exemple) en abscisse et en ordonnée l'énergie de la molécule d'éthane. Nous observons donc bien une **variation de l'énergie en fonction de l'angle dièdre séparant les liaisons des substituants H**.

Lorsque la **distance augmente, la stabilité augmente et donc l'énergie diminue** (conformation décalée).

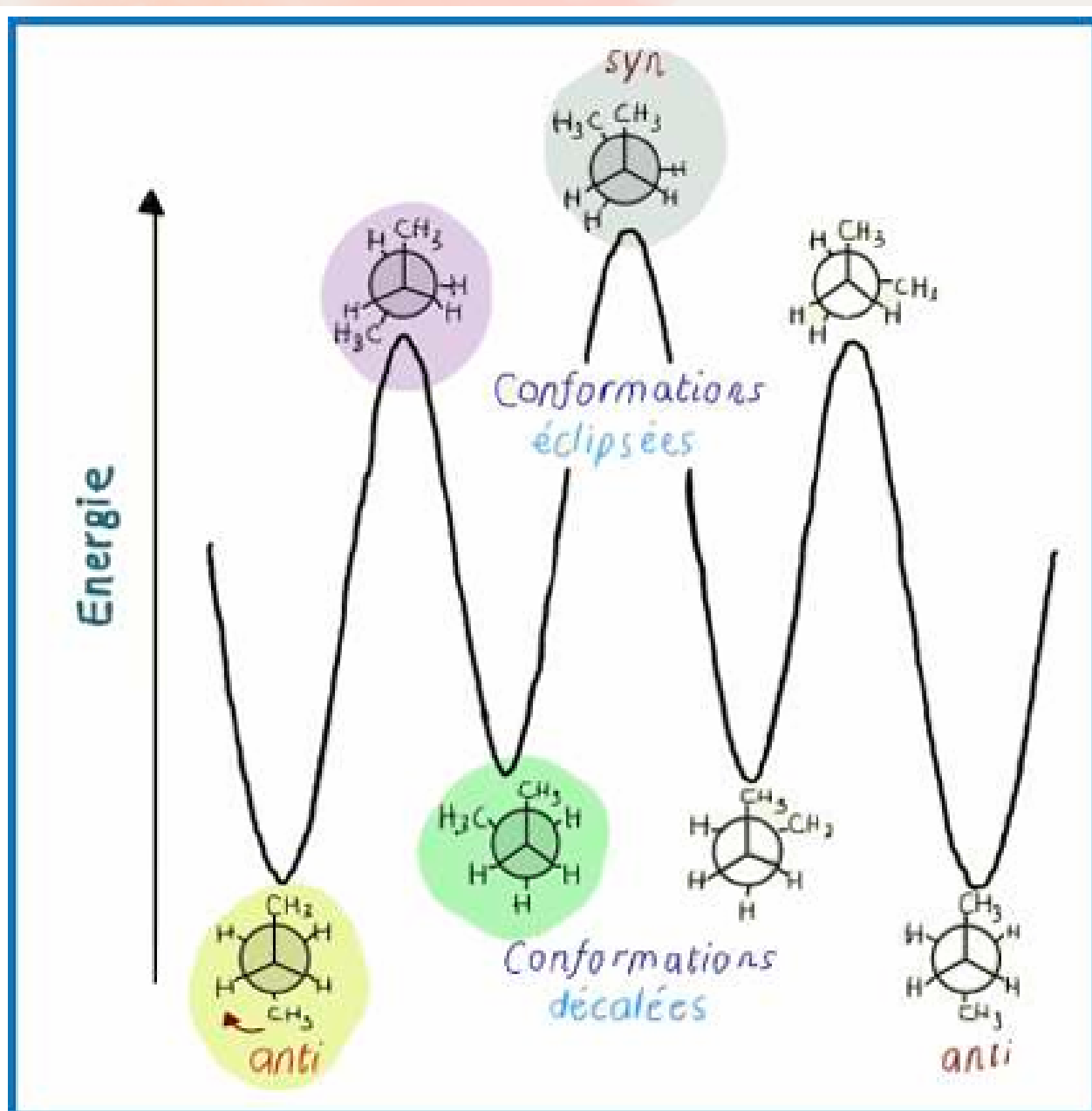
Lorsque la **distance diminue, la stabilité diminue et donc l'énergie augmente**.

En gros, plus les atomes sont proches, plus la gêne stérique est importante et plus l'énergie est haute.

Mémo : ce n'est absolument pas spécifique à la chimie mais c'est hyper important. Pour savoir dans un graphique où est l'abscisse et où est l'ordonnée, il suffit d'associer les mots selon l'ordre alphabétique. Je m'explique : **H**orizontal vient avant **V**ertical dans l'alphabet.

**A**bscisse vient avant **O**rdonnée dans l'alphabet il est donc **H**orizontal. On va mettre à chaque fois en Horizontal les mots qui viennent **en premier** dans l'alphabet. **X** est Horizontal, **Y** est Vertical. **A**ntécédant est Horizontal, **F**onction est Vertical (ça fonctionne peut-être avec d'autres mots)

Tout ça va un peu se compliquer lorsque l'on va passer avec la molécule de butane ( $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$ ). On introduit ici un méthyle qui va avoir une **gêne stérique différente**. Les groupes méthyle ( $\text{CH}_3$ ) ont une **plus grande** gêne stérique que les groupements H de la molécule précédente. Ainsi, nous allons observer d'autres types de conformation.



En conformation anti, les groupes méthyles sont opposés l'un à l'autre, l'interaction entre ces groupements est donc **minimale**, ainsi, la **stabilité est maximale** et l'**énergie minimale**. En conformation décalée, les groupements méthyles sont **plus rapprochés** et donc la molécule **perd en stabilité** et **gagne en énergie**. En conformation éclipsée on **perd encore davantage en stabilité** et donc on observe de nouveau un **gain d'énergie**. Enfin, la conformation syn est **la moins stable de toutes** étant donné la **proximité** des groupes méthyles. C'est ainsi la conformation avec **le plus d'énergie**.

### b. Composés cycliques

Les composés cycliques (cyclohexane et ses dérivés) se plient pour se "**déformer**" de manière à **minimiser l'interaction entre leurs substituants** (=groupements).

Tut'Rappel : cyclohexane= molécule cyclique avec une chaîne principale composée de 6 atomes de carbone. (voir le cours de nomenclature de Charlotte).



Ainsi, il est possible que la molécule de cyclohexane prenne une forme cyclique et non plus linéaire.

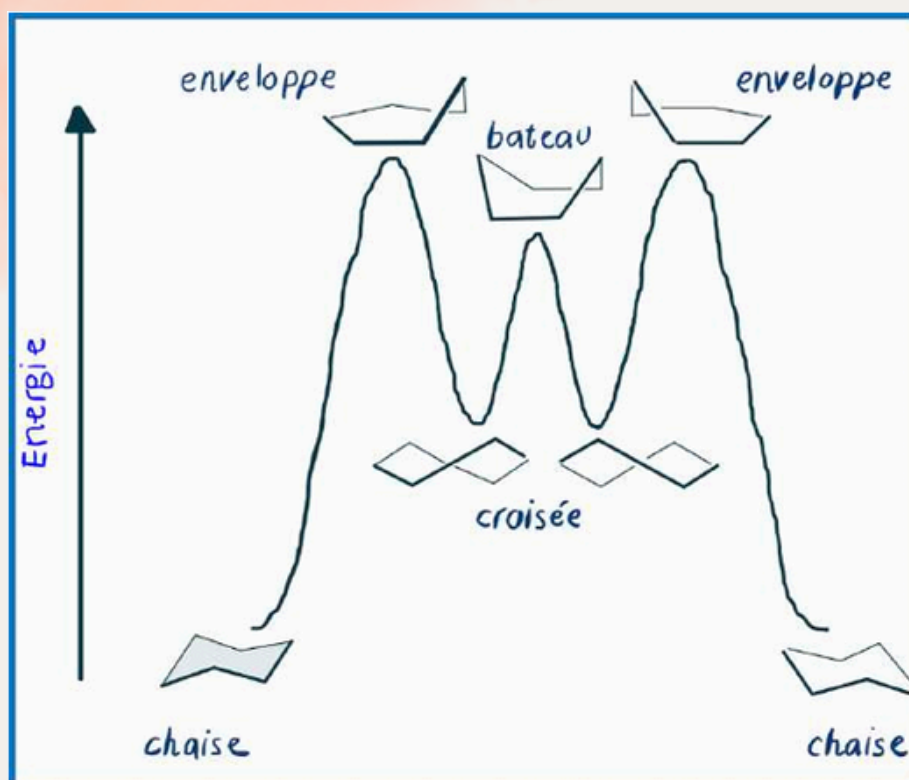
Il existe plusieurs conformères correspondant à une forme cyclique du cyclohexane :

- chaise
- bateau
- enveloppe
- croisée

La forme **chaise est retrouvée dans 99% des cas**, c'est le conformère **le plus stable**.. Sous la forme de chaise le cyclohexane va posséder deux types d'hydrogènes:

- Ceux en **position axiale** (verticale par rapport au cycle)
- Ceux en **position équatoriale** (horizontale par rapport au cycle).

La molécule n'est pas figée et peut ainsi bouger. En passant d'une chaise à l'autre, les positions s'échangent : les substituants qui étaient en position équatoriale passent en axiale et inversement.

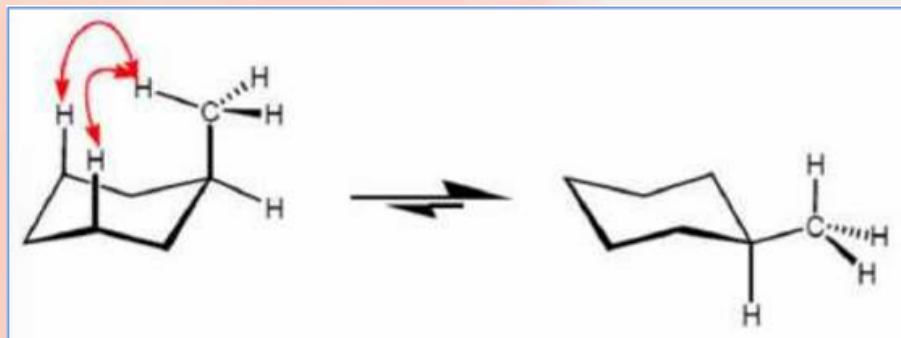


Sur le diagramme ci-dessus, on observe la variation d'énergie (en ordonnée) d'un cyclohexane en fonction de sa structure (en abscisse). On peut ainsi voir que lorsque l'on passe d'une chaise à l'autre, on va avoir un ensemble de **structures intermédiaires** : enveloppe, croisée et bateau.

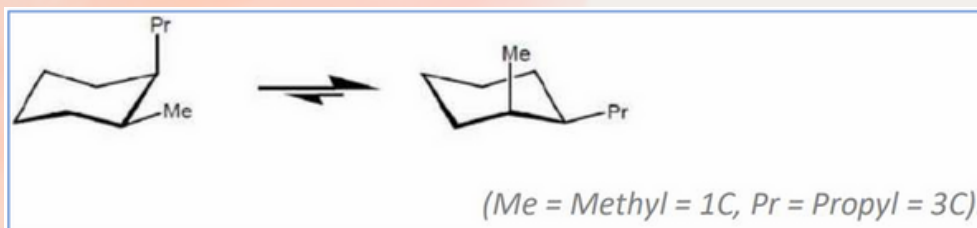
Si on a la présence de substituants sur le cycle, **la structure la plus basse en énergie correspondra à celle où le maximum de substituants est en position équatoriale** (horizontale par rapport au cycle) car c'est la **position la plus favorable où il y a le moins d'encombrement stérique**.



Si la règle précédente n'est pas respectée, on a une déstabilisation en position axiale à cause d'interactions 1,3-diaxiales. (retenez juste les groupements se gênent entre eux)



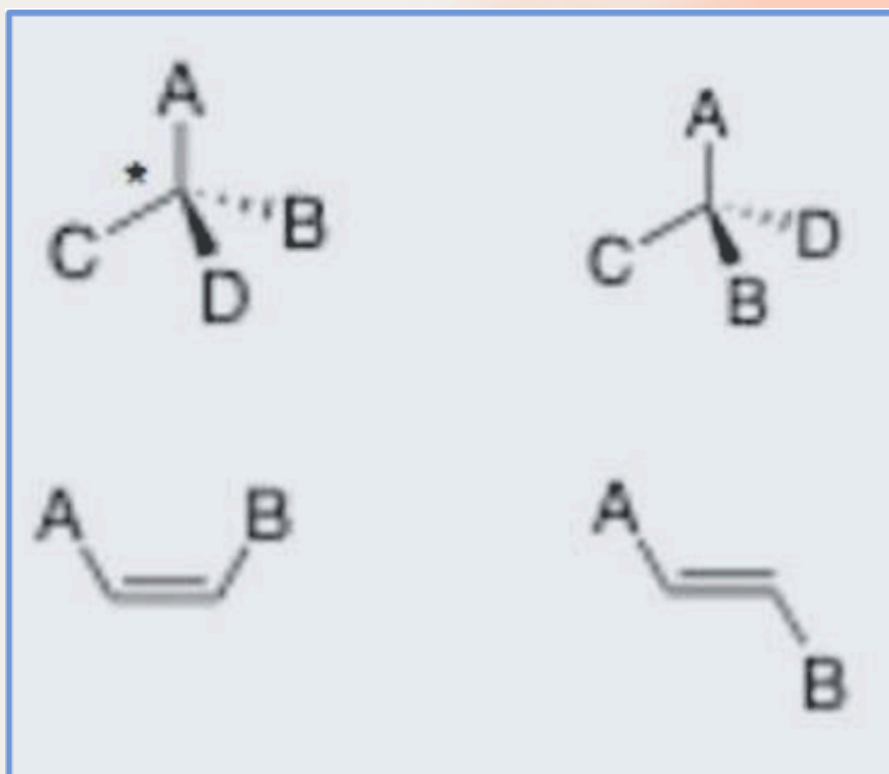
**Plus le substituant est volumineux plus la déstabilisation est importante**, il est donc préférable que le substituant **le plus volumineux soit en position équatoriale**. Ci-dessous c'est donc la 2ème molécule qui est la plus stable.



### c. Les stéréoisomères de configuration

Contrairement aux stéréo-isomères de conformation, dans le cas des stéréo-isomères de configuration, **on ne peut pas passer librement avec une faible énergie d'une structure à l'autre par simple rotation carbone-carbone.**

Nous allons retrouver différents cas. Tout d'abord la stéréoisométrie de configuration peut être portée par le **carbone asymétrique** (l'ensemble des ses groupements sont tous différents les uns des autres). La stéréoisométrie de configuration peut également être portée par des **doubles liaisons** substituées par au moins deux groupements différents, dans ces cas là, **aucune simple rotation n'est possible**, le système est ce que l'on appelle figé.





La formule brute des ces stéréoisomères est identique, de même pour leur nom mais leurs structures 3D sont différentes. Ainsi on va voir une nomenclature spécifique pour différencier ces structures.

Récap: ON SE CONCENTRE LES GARS C'EST HYPER IMPORATANT. Les stéréoisomères de conformation ont la même formule brute, la même formule développée mais une disposition 3D différente, tout comme les stéréoisomères de configuration. Ce qui va les différencier c'est le fait que l'on peut passer d'un stéréoisomère de conformation à l'autre par une rotation autour d'une simple liaison entre deux carbonnes, ce qui n'est pas le cas pour les stéréoisomères de configuration.

**On verra dans la partie 2 de cette fiche comment on fait pour différencier les stéréoisomères de configuration. Ce cours est très important en chimie, notamment pour la compréhension de la partie 2 de cette fiche. J'ai fait le choix de vous couper ma fiche en deux pour ne pas que vous vous retrouviez avec un cours de 40 pages. Libre à vous de tout faire d'un coup. Dans tous les cas, prenez une petite pause avant de vous lancer dans la suite. Si vous voulez faire les deux parties de ce cours en différé, je vous conseille vivement de relire la partie définition de cette fiche avant de faire la partie 2.**

**La chimie peut faire peur, mais s'il vous plait prenez le temps de tout bien comprendre, j'insiste vraiment sur ce point. Je vous sortirai dans le semestre plein de récap et de fiches de visualisation. Je ferai également une version synthétique de mes cours avec tout ce qu'il y a à savoir à tout prix pour l'examen.**

Je vous laisse quand même quelques dédis pour vous divertir 😊

La bise

Dédi à mes parents qui ont vraiment dû me supporter pendant ces deux longues années (ils en ont eu du courage)

Dédi à ma meilleure amie chez qui je passais mes veilles d'exam et qui m'a accompagné jusqu'au palais des expos. Merci d'y avoir cru.

Dédi à Célia (Céliaphasie que vous rencontrerez au S2) que j'ai plus vu que mes parents cette année. La LAS2 n'aurait pas été la même sans toi.

Dédi à Laure (Laurdose) et aux 50 questions que l'on s'envoyait chaque jour.

Dédi à Sibyle, je suis tellement heureuse de savoir que ça à fonctionné pour nous.

Redédis aux 3 meufs ci-dessus, on est passées toutes ensemble et ça n'a pas de prix, je suis beaucoup trop fière de nous.

La suite dans la prochaine fiche 😊

