ENZYMOLOGIE

Partie 1

Salut la famille, mes annotations seront dans cette *couleur* ! Donc je ne vous interrogerai pas dessus car ce sont des exemples ou des explications.

En plus, c'est ma première fiche, je suis tellement content d'y être, enfin vous comprendrez. Faites-moi un max de retours pour que ça vous convienne un max.

Alors je vous préviens c'est un cour qui va vous demander de la concentration et qui est long car oui, il y a deux parties. Mais pas de panique y'a rien de bien compliqué.

Je vous conseille de prendre votre temps et de tout comprendre donc pas au mots prêt c'est que le début de l'année.

Bref j'arrête de discuter si vous avez des questions directions le forum je vous répondrais avec plaisir. Et si vous préférez écouter que de lire la professeur a fait le cour en vidéo sur moodle.

Bonne lecture !!!
Que Billie Ellish (aka la reine) vous accompagnent !!!

Le tutorat est gratuit. Toute vente ou reproduction est interdite

Sommaire

I) Notions fondamentales en enzymologie

A) Définitions p.3-4
B) Généralités p.4-5
C) Classification enzymatique p.6-7
D) Intervenant dans la réaction enzymatique p.8
E) Types d'enzymes p.9
F) Propriétés catalytiques des enzymes p.10-13
G) Spécificités des enzymes p.13-17
Tut'pour un champion 1 p.18

II) Structure protéique des enzymes

A) Complexe enzyme-substrat (E-S) p.20
B) Caractéristiques du site actif (SA) p.21
C) Les deux modèles p.22-23
Tut'pour un champion 2 p.24

III) Cofacteurs et coenzymes

A) Les coenzymes p.26-27
B) Classification des coenzymes p.27-28
C) Exemples de coenzymes p.28-37
Tut'pour un champion 3 p.37

Je vous ai fait un petit sommaire pour mieux vous repérer, n'hésitez pas à cliquer sur les sous parties pour aller directement sur la page qui correspond :)

Le tutorat est gratuit. Toute vente ou reproduction est interdite

I) Notions fondamentales en enzymologie

A) Définitions

- **Enzymologie** = étude des propriétés structurales et fonctionnelles des enzymes, ainsi que l'étude de la vitesse des réactions **catalysées** (=accélérées) par les enzymes : **la cinétique enzymatique**.

Déjà vous aller me dire mais c'est quoi une enzyme ? Alors une enzyme c'est une macromolécule, une **protéine** (la plupart du temps vous verrez pourquoi) spéciale qui agit comme un outil dans les cellules en accélérant certaines réactions chimiques.

L'enzymologie c'est donc l'étude de ces enzymes au niveau de sa **structure** → comment elle est faite, de sa **fonction** → comment elle fonctionne et enfin au niveau de sa **cinétique enzymatique** → à quelle vitesse elle travail.

Si vous n'arrivez pas encore a trop savoir ce qu'est une enzyme, j'ai une petite méthaphore de ma vieille chloéstérase.
L'enzyme, c'est le robot de cuisine, imagines que tu veux faire une soupe, tu peux tout couper toi-même à la main : c'est long. Où tu peux utiliser un robot multifonctions (ton enzyme) : il accélère tout le processus !

C'est la réaction catalysée. L'enzymologie, c'est comme si on étudiait :
1. Le robot lui-même → sa forme, ses lames, ses fonctions (c'est sa structure).
2. Ce qu'il sait faire → hacher, mixer, cuire… (c'est sa fonction).
3. Combien de légumes il peut couper en 1 minute → c'est sa cinétique enzymatique, autrement dit : sa vitesse de travail.

Le tutorat est gratuit. Toute vente ou reproduction est interdite

De plus elles ont des caractéristiques propres :

- ce sont des **protéines** sauf exception : les **ribozymes** qui sont des ARN
- leur synthèse est **déterminée génétiquement**
- elles sont présentes dans tous les compartiments cellulaires
- elles agissent à des **concentrations très faibles**
- elles augmentent la vitesse des réactions chimiques
- ne modifie pas le résultat de la réaction chimique
- leurs structures restent **inchangées** à la fin de la réaction
- toute enzyme a sont site actif (SA) qui permet l'**activité catalytique**

Ça, la team vous me l'encrez dans vos têtes, la prof le répète plusieurs fois.

B) Généralités

Les organismes vivants sont le siège d'un grand nombre de réactions biochimiques très diversifiés pour **gérer leur énergie**.
Il faut donc que ces réaction se produisent rapidement et à un rythme imposé par la cellule et ses besoins.
De plus il faut que ces réactions soient **spécifiques**, que la transformation d'un substrat donne toujours le **même produit**.

En effet, une même réaction peut donner plusieurs produits différents sur une même molécule. Mais nous, on en veut qu'une en particulier pour éviter les réactions secondaires (= réactions dues à des produits non voulu de la réaction)

Les enzymes ont une importances physiologiques **majeure**. Elles sont impliqués dans :

- les **transformations métaboliques** (elles catalysent)
- participent à nos **systèmes de régulations** sur les différentes voies métaboliques (vous verrez que c'est souvent les enzymes qui sont modifiées afin de contrôler/réguler les voies métaboliques #partie2enzymo). Sans nos enzymes les réactions dans nos cellules ne pourraient donc pas avoir lieu donc elles sont **indispensable** à notre survie.

Le tutorat est gratuit. Toute vente ou reproduction est interdite

De par son caractère **irremplaçable** vous vous doutez bien que l'altération de celles-ci aboutie à de **nombreuses pathologies** qui peut se traduire par une **diminution** de leur activité ou alors à l'inverse d'une activité **trop importante**.
Les enzymes sont si importantes pour le fonctionnement de nos cellules qu'elles nous intéressent énormément en médecine. Eh oui en **pharmacologie** elles sont la ciblent de nombreux médicaments.

Ok, exemple concret pour que cela soit clair dans ta tête : les inhibiteurs pharmacologiques. Si je bloque mon enzyme (= inhiber l'enzyme) alors la réaction chimique ne peut pas avoir lieu.

Exemple d'un inhibiteur pharmacologique qu'on connait tous : l'aspirine.
C'est un antalgique (=un antalgique est une substance qui sert à calmer/ réduire/supprimer la douleur), on le prend quand on a mal.
Son action va être de bloquer l'enzyme responsable de la sensation de douleur (donc diminuer son activité).

Pour différencier ces enzymes on va leur donner des petits noms, c'est noms sont hyper simple a comprendre c'est juste **la réaction que l'enzyme en question catalyse + le suffixe -ase** (je vous vois venir donc je réponds maintenant, non ce n'est pas le cas tout le temps il y a des exceptions mais bonne nouvelle dîtes vous que si un mot fini en -ase c'est forcement une enzyme !). Par exemple :

- la **réductase** qui ..... **réduit**
- la **phosphatase** qui ..... **enlève un phosphate**

Ça peut aussi être ce que l'enzyme dégrade (le substrat) :

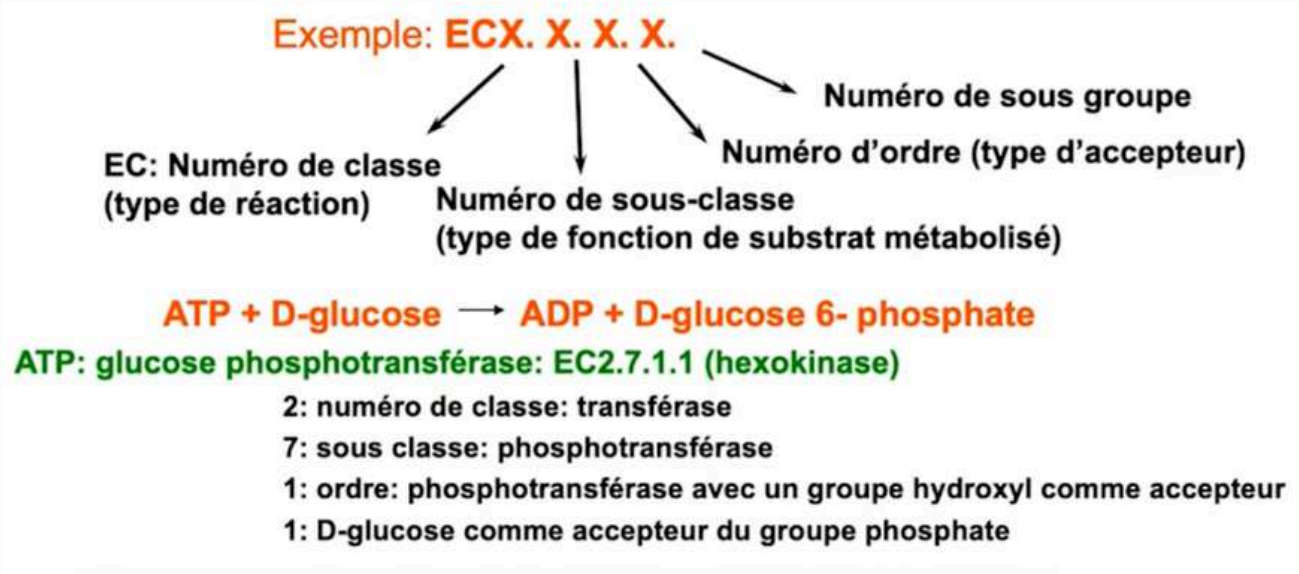
- la lactase qui ..... dégrade le lactose
- la lipase qui ..... dégrade les lipides



Mini pause Billlie Eillish...



C) Classification enzymatique



La classification des enzymes a été réalisée par l'Union Internationale de Biochimie en 1961.

Elle est basée sur le **type de réaction catalysées** répartie en **6 groupes** (je vous mets le tableau juste a la page suivante). On les identifie par **EC suivie de 4 chiffres**.

Alors là, vous faîtes comme vous voulez je vous conseille de bien comprendre l'image, elle est assez clair mais moi perso j'avais pas appris. C'est pas encore tombé à l'examen classant mais on ne sait jamais donc peut être comprenez mais n'apprenez pas, c'est vous qui voyez. :)

Mini dédis avant l'heure :

- dédie à la p1 car oui la p1 peut être une année incroyable !!!
- dédie au tutorat, comment l'oublier : le graal incarné.
- dédie vous 🫵 car vous méritez d'être là et de réaliser vos rêves, ne lâchez rien !!!

Le tutorat est gratuit. Toute vente ou reproduction est interdite

Et voici les **6 groupes/classes** qui sont les réaction catalysées. Les sous classes permettent de préciser la réaction, les groupes moléculaires qui interviennent :

	Classes	Type de réactions catalysées
1	Oxydo-réductases	Réactions d'oxydoréduction
2	Transférases	Transfert de groupements fonctionnels
3	Hydrolases	Réaction d'hydrolyse
4	Lyases	Addition de groupes sur double liaison ou élimination de groupe pour former une double liaison
5	Isomérases	Transfert de groupes à l'intérieur d'une molécule
6	Ligases	Formation de liaison C-C, C-S, C-O ou C-N Nécessite la fourniture d'énergie (ATP)



Tut'mnémo :

Des anciens, des anciens, des anciens tuts de bioch (oui ça commence à faire beaucoup) :

Oh **T**ia **H**ydrolysée **L**a **I**somérase **L**a

→ dans l'ordre de la phrase qui correspond a l'ordre des classes d'enzymes.

Et vous me le faîtes avec un petit accent marseillais ça passe crème !

Le tutorat est gratuit. Toute vente ou reproduction est interdite

D) Intervenant dans la réaction enzymatique

Pour que la réaction se passe bien, nous avons besoin de **4 intervenants** principaux :

- le **substrat** = qui est la molécule qui va être **transformer** lors de la réaction
- le **produit** = qui est la molécule que l'on obtient à la **fin** de la réaction
- le **ligand** = le corps chimique (=molécule/atome) qui a une **liaison spécifique avec une protéine**. Par exemple : l'insuline (=ligand) et le récepteur à l'insuline (=site de fixation)
- les **cofacteurs** = ce sont des composés chimiques **nécessaires** au déroulement des réactions enzymatiques. En transportant notamment un substrat/une partie du substrat ou d'accepter un produit/une partie du produit voir de participer à la structure active de l'enzyme (pas de panique je vous explique tout ça dans la page suivante)
- les **coenzymes** = qui sont des cofacteurs complexes (souvent des molécules) **indispensables** au déroulement de certaines réactions

Si vous avez pas trop compris la différence entre cofacteurs et coenzymes déjà dîtes vous qu'une réaction d'un substrat A vers un produit B : le coenzyme va assister l'enzyme (co=avec et enzyme donc avec l'enzyme) alors que le cofacteur lui n'est pas forcement lié à l'enzyme mais peut amener le substrat A à l'enzyme ou encore récupérer le produit B de la réaction

Le tutorat est gratuit. Toute vente ou reproduction est interdite

E) Types d'enzymes

Il existe **deux types** d'enzymes :

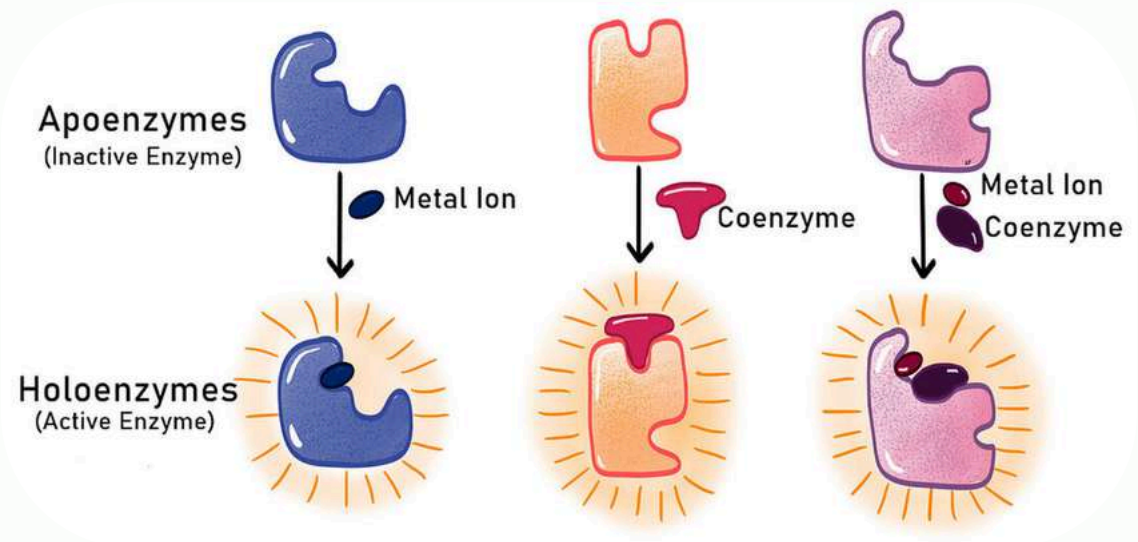
Apoenzyme

L'apoenzyme c'est la **partie uniquement protéique** de l'enzyme → sans son cofacteur et/ou coenzyme. L'enzyme est donc inactive.

Holoenzyme

L'holoenzyme c'est l'enzyme **liée à son cofacteur et/ou coenzyme**. l'enzyme est donc active.

Rappel : une enzyme a <u>besoin</u> d'un cofacteur et/ou d'un coenzyme pour fonctionner (sinon elle ne fonctionne pas).



Les deux définitions sont à apprendre ça peut tomber !

<u>Tut'mnémo</u> :

Holoenzyme : **holo-** veut dire **entier** en grec → l'enzyme est en **entière**
Apoenzyme : **A po**il → l'enzyme est **toute nue**

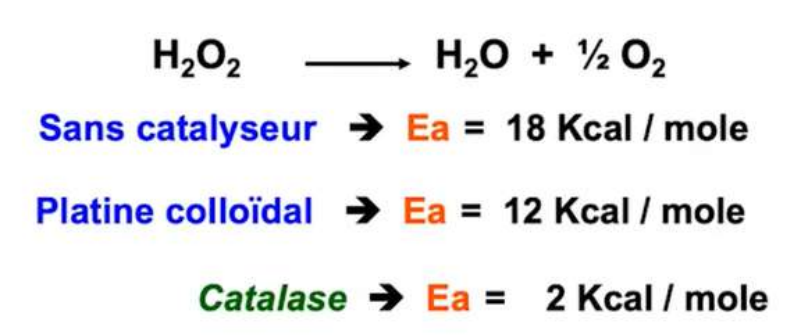
Le tutorat est gratuit. Toute vente ou reproduction est interdite

F) Propriétés catalytiques des enzymes

L'énergie d'activation (=Ea) : c'est la **barrière énergétique** que le substrat doit franchir pour être **transformé en produit**. En gros c'est l'**énergie minimal** que l'on doit apporter pour qu'une **réaction ait lieu**.
Mais quel est le rapport avec nos enzymes dans tout ça ?

On va voir ça tout de suite avec un exemple :
On part d'une molécule d'eau oxygéné que l'on réduit en eau et oxygène

À **l'état basale**(=sans catalyseur) on a une énergie d'activation de **18 Kcal/mole**.



En présence d'un **catalyseur chimique** (=platine colloïdale) l'Ea diminue à **12 Kcal/mole**.

Et enfin avec **l'enzyme spécifique** cette à réaction (=catalase) l'Ea diminue jusqu'à **2 Kcal/mole**.

On voit donc ici que notre enzyme **diminue énormément l'Ea**, on pourra donc **transformer plus de H2O2 en H2O + O2**.
Une molécule de catalase permet la réduction de $5x10^6$ de H2O2 par minute.

Cela s'explique parce que les enzymes permettent de **diminuer cette Ea**, elle est donc atteinte plus vite → les enzymes sont des **catalyseur biologique** et permettent d'accélérer une réaction et donc la vitesse de réaction de 10^6 à 10^{17}

Le tutorat est gratuit. Toute vente ou reproduction est interdite

La catalyse : L'état de transition = l'état ou les substrats sont en train de subir des **modifications structurelles** pour être transformé en produits. Cet état est celui qui atteint **l'énergie maximale**.

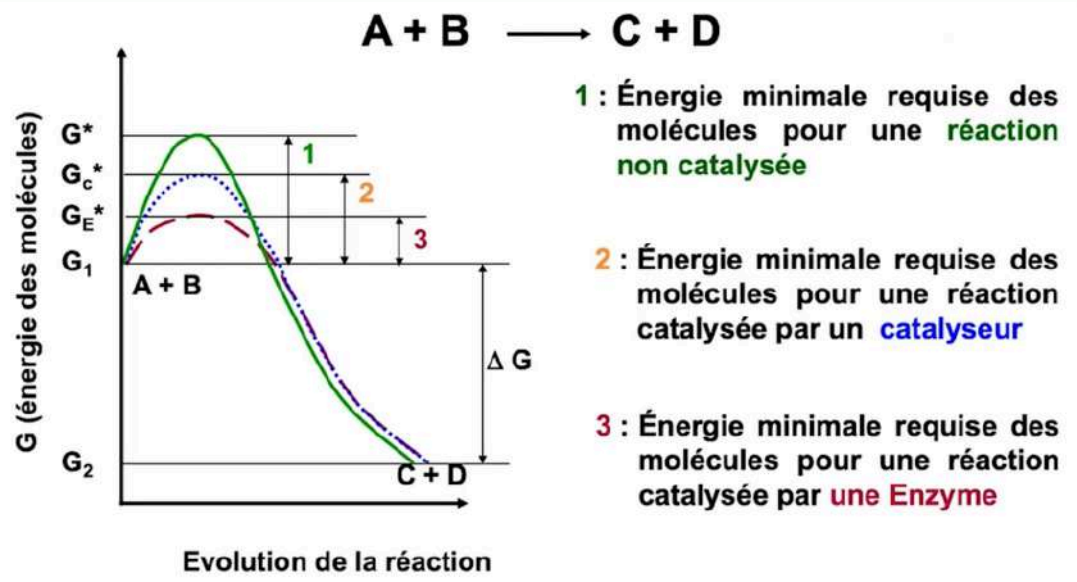
Pour mieux comprendre on va prendre un exemple :

On considère une réaction où A+B → C+D et on représente sur un graphique **l'énergie des molécules en fonction de l'évolution de la réaction** :

D'un point de vue thermodynamique la réaction est possible car les produits C et D ont une **énergie inférieur** aux substrats A et B

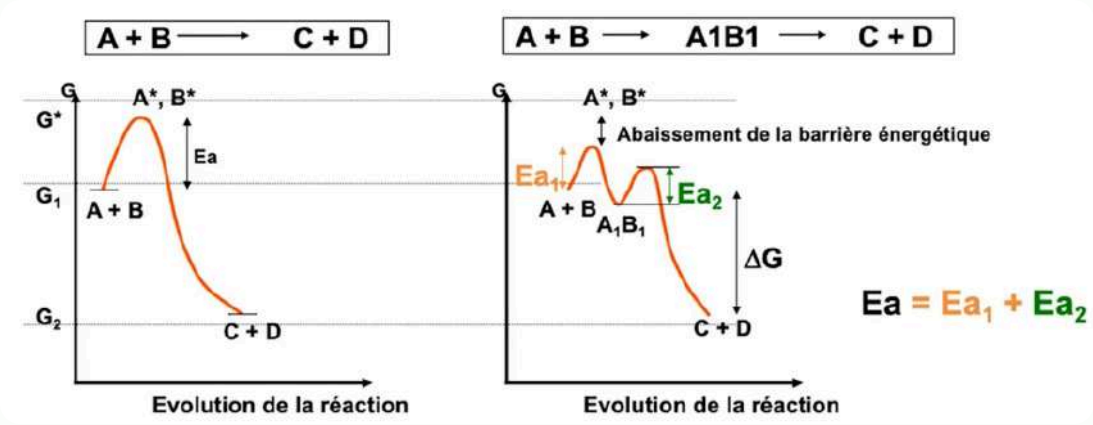
La différence d'énergie entre les substrats et l'état de transition représente l'**énergie d'activation** (c'est l'écart entre G1 et les différent G*)

Donc pour réaliser cette réaction, nos substrats A et B doivent atteindre cet **état de transition**, subir des modifications et enfin se transformer en produits qui ont une **énergie plus faible**.
Pour cela il nous faut un apport d'énergie : **l'énergie d'activation** est diminué par la présence de **catalyseur chimique** et encore plus par des enzymes spécifique à cette réaction. Cette **baisse de l'énergie d'activation est dû à la baisse de l'énergie** de l'état de transition. Cela permet donc de **transformer beaucoup plus de substrats** A+B en produits C+D.



Dsl dsl les gars ça fait des gros pavés d'infos d'affilés mais pas le choix je dois vous mettre toutes les infos, courage <3

Remarque : Cette baisse de l'Ea peut être **directe** ou se faire par la formation d'un ou plusieurs **intermédiaires de réaction** chacun ayant une Ea plus basse. L'**Ea totale** de la réaction sera la **somme des Ea** des différentes réactions intermédiaires.



Règle de la catalyse :

Il y a des **règles fondamentales** qui régissent la catalyse :

- un catalyseur **ne provoque jamais** la réaction chimique
- un catalyseur **ne rend jamais possible** une réaction thermodynamiquement impossible → ΔG>0
- un catalyseur agit sur la vitesse de réaction en augmentant cette dernière
- un catalyseur se retrouve toujours intacte à la fin de la réaction et peu donc servir de nombreuses fois
- un catalyseur agit de très faible concentration
- dans le cas d'une réaction réversible le catalyseur **ne change pas l'équilibre**, il permet juste de l'atteindre plus rapidement

Y'a quelques nouvelles infos mais c'est que de la répétition vous savez ce que ça veut dire !!!

Les enzymes des catalyseur biologiques :

En plus de tout ce qu'on à déjà dit sur les catalyseurs, en général les enzymes :

- sont des **protéines** (sauf les ribozymes je le rappelle !!!)
- **augmentent très fortement** la vitesse de réaction
- sont **spécifiques** d à une réaction donné

Encore et encore des rappels, on adore ça !

G) Spécificités des enzymes

La spécificité est une des caractéristiques principales des enzymes elle permet d'éviter la formation de sous produits. (enzyme=spécifique)

Pour les enzymes on a **deux types** de spécificités, vis à vis :

- **De la réaction** → on parle de spécificité de réaction (mais non jure) :
  Elle signifie qu'a partir d'une **molécule donnée**, **un seul type de réaction est possible**. Cette spécificité est possible grâce au fonctionnement de l'enzyme qui va dépendre de **l'environnement** réactionnel.

- **Du substrat** → on parle de spécificité de substrat :
  Cette spécificité est possible grâce à **deux** conditions : la **conformation** et à la **composition chimique**. L'enzyme et le substrat doivent avoir la bonne liaison au bon endroit : c'est la relation **structure/activité**.

  Le substrat doit alors remplir deux conditions :
  → est ce qu'il est accessible pour l'enzyme ? **conformation**
  → est ce qu'il est capable de faire la réaction chimique ? **composition** chimique
  Souvent une enzyme n'agit pas que sur un seul substrat mais sur une **classe de substrat** (qui ont donc une structure et des fonctions chimiques similaires).

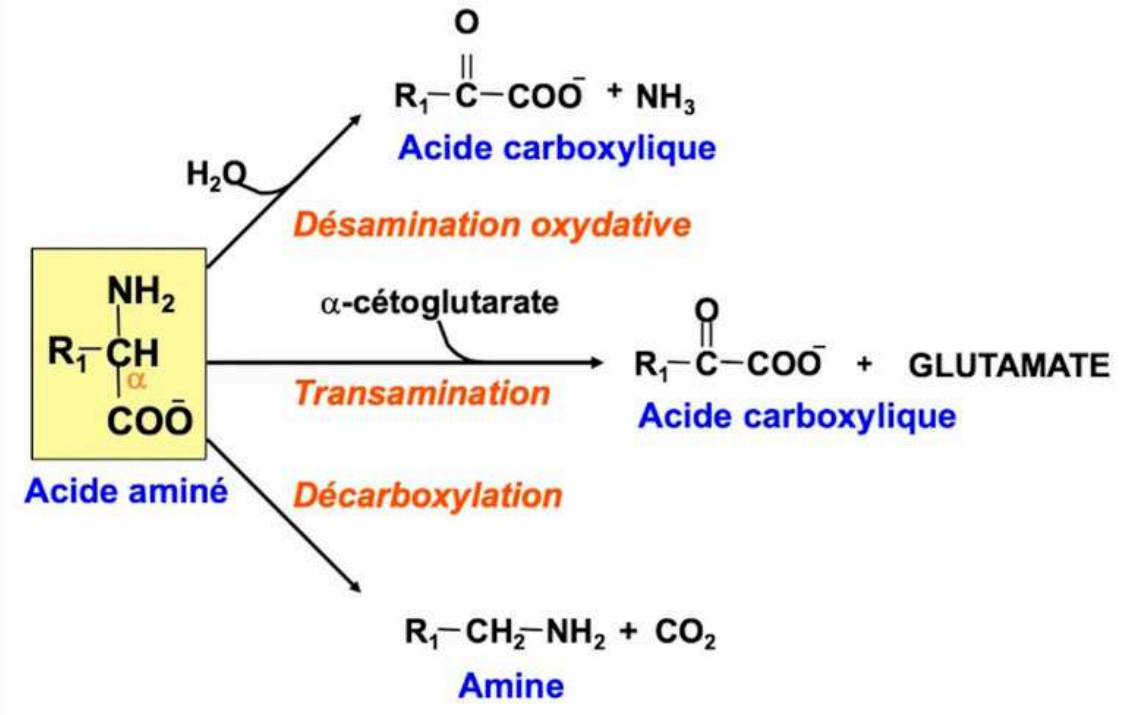
Vous inquiétez pas, on va voir tout ça en détail juste après !!!

Le tutorat est gratuit. Toute vente ou reproduction est interdite

Spécificité de réaction:

Un substrat donné est susceptible de subir différents types de réactions pour générer différents produits et chacune de ces réactions est catalysée par des enzymes différentes spécifiques bien que le substrat soit le même.
(l'enzyme fera toujours la même réaction indépendamment du substrat !!!)
Par exemple un AA peut subir :

- **Désamination oxydative** pour générer un acide carboxylique et du NH3 (=ammoniac) ces réactions sont catalysées par des désaminases.
- **Transamination** pour générer de l'Acide carboxylique et du glutamate réalisée par les transaminases
- **Décarboxylation** et générer de l'Amine et du CO2 réalisées par des décarboxylases



Remarque :
Si vous vous souvenez, j'ai dit que le nom des enzymes permettait de "deviner" une réaction même quand on ne la connaît pas, et bien pour l'exemple juste au dessus on a un AA (Acide aminé) qui est transformé par une :

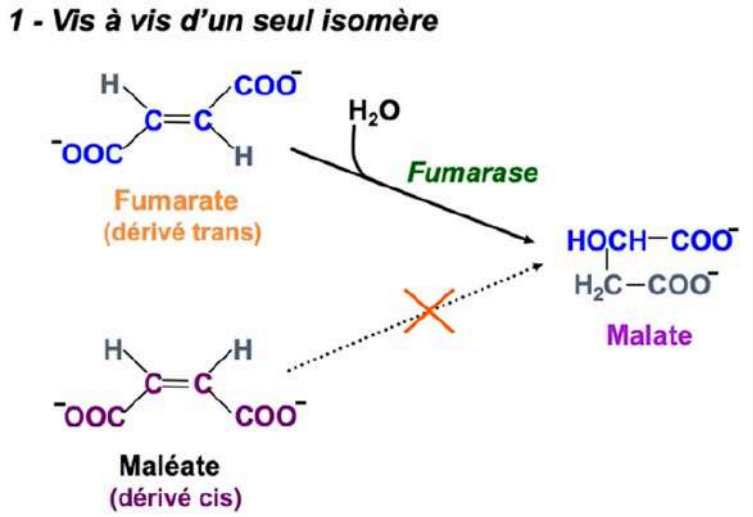
- désaminase qui … désamine donc on perd notre amine (NH2) et il reste un Acide carboxylique
- transaminase qui … va faire transiter un amine d'un AA vers un autre
- décarboxylase qui … décarboxyle donc perds un carbone (enfin d'un CO2) et donc il reste plus qu'un amine

Le tutorat est gratuit. Toute vente ou reproduction est interdite

Spécificité de substrat:

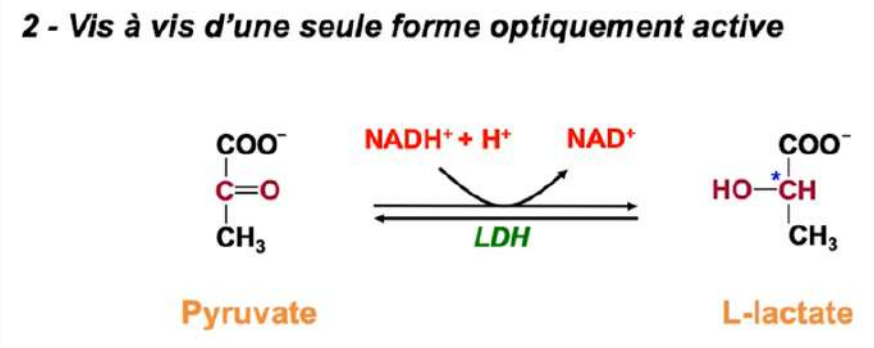
- **Stéréospécifité : spécifique vis à vis d'un seul isomère.** (pour les définitions je vous conseille de revoir vos cours, ou de voir avec vos merveilleux tuts de chimie !)
  Certaines enzymes sont capables de différencier 2 isomères optiques (cis ou trans) et d'agir seulement sur un des deux.

Exemple (oui encore un) : La **fumarase** va permettre l'addition d'une molécule d'eau sur la double liaison de l'acide fumarique (fumarate).
Le **fumarate** et le **maléate** ont tous les deux la même structure mais pas la même **conformation**. La fumarase va être capable d'agir seulement sur le dérivé trans (fumarate) et pas sur le dérivé cis (maléate).



- Une enzyme peut aussi être **spécifique vis à vis de forme optiquement** active (R et S). (pareil, vous voyez ça en chimie)

Exemple : **La lactate Déshydrogénase** (LDH) réduit le pyruvate en lactate par l'intervention de molécules de NADHH+. Le lactate existe sous 2 formes L et D. On va donc retrouver des LDH qui produiront du L-Lactate et d'autre du D-Lactate.

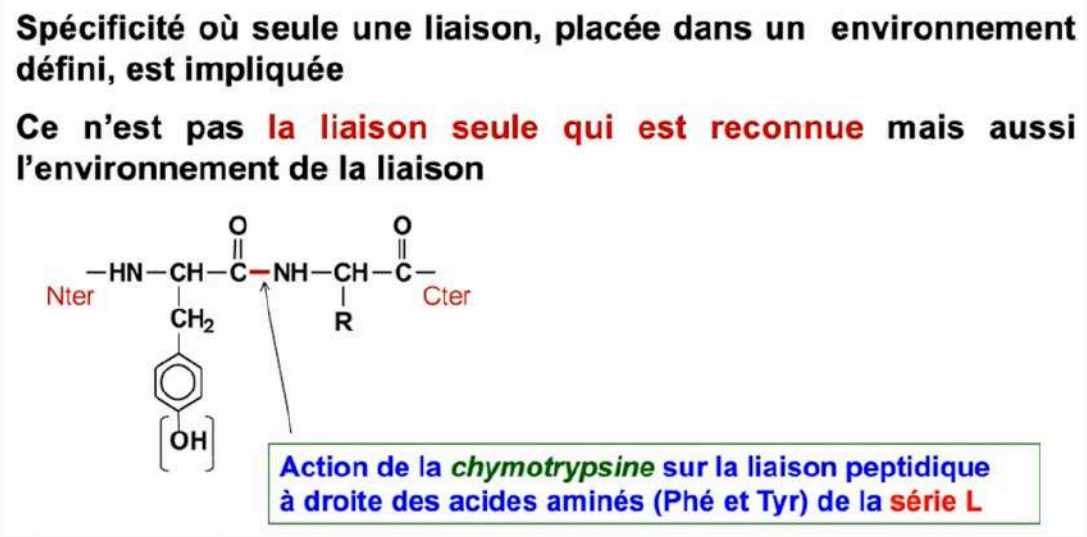


- L'enzyme peut être spécifique à un **type liaison ou un type groupement**. Il n'y a pas seulement la liaison qui est reconnue mais aussi l'environnement (autres groupements autour, placement dans la molécule etc…).

Exemple : pour les enzymes **protéolytiques** (ou protéases) qui hydrolysent les liaisons peptidiques (=on casse avec une molécule d'eau) on peut distinguer les **exopeptidases** qui coupent les liaisons aux extrémités des chaînes et détachent ainsi les AA du côté N-term et C-term, et les **endopeptidase** qui hydrolyse les liaisons peptidiques à l'intérieur des chaînes.

Parmi les endopeptidases on peut prendre l'exemple de la chymotrypsine :

L'enzyme coupe plus facilement les liaisons peptidique à droite d'un AA aromatique (phénylalanine, tyrosine). Il y a donc la reconnaissance du type de **liaison** (ici peptidique) et de **l'environnement** (→ présence d'un AA aromatique).



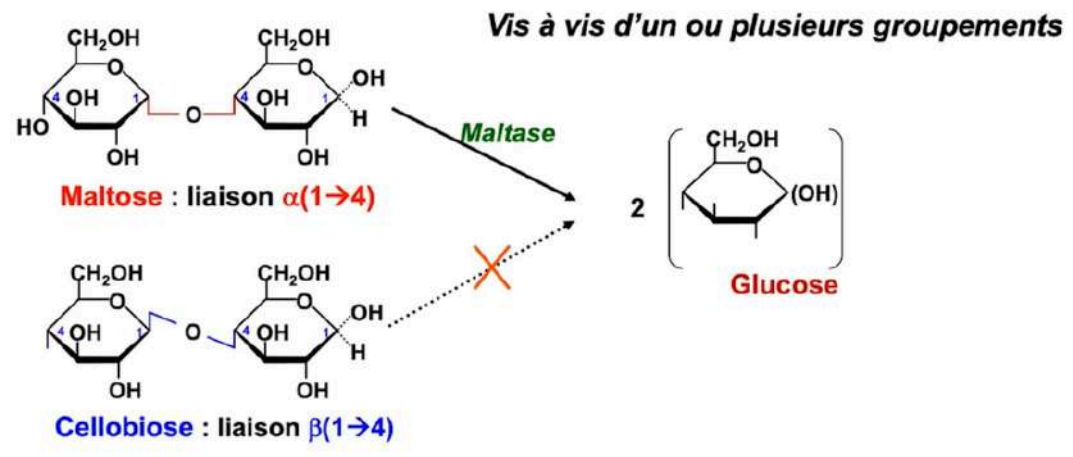


même moi je baille

No panique les gars c'est bientôt la fin plus que deux spécifités et ce sera fini pour le 1) ; c'est-à-dire le plus long !

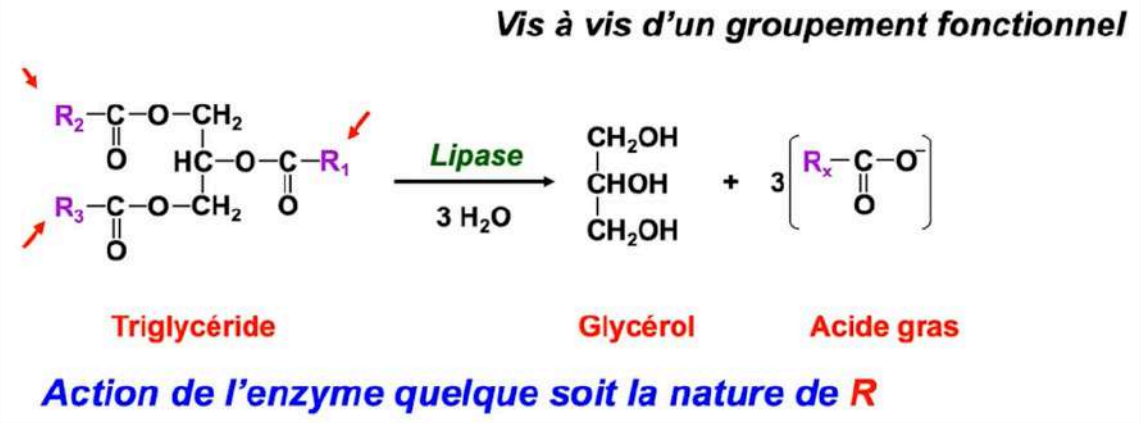
- Une enzyme peut avoir une spécificité à l'égard **d'un ou plusieurs groupements.**

Exemple : La **maltase** qui hydrolyse le maltose pour donner 2 molécules de glucose. Elle est capable de rompre une liaison entre les molécules de glucose qui sont dans une **liaison de type alpha** : α (1 → 4) dans le maltose. Si cette liaison entre les 2 glucoses **est de type bêta** (comme dans la molécule de cellobiose) la réaction ne peut pas être catalysée par la maltase.



- Et pour finir (oui je sais que vous êtes triste) certaines enzymes ont une spécificité moins stricte ou **plus large** vis-à-vis des **groupements fonctionnels de substrat**.

Exemple : c'est le cas des **lipases** qui sont impliquées dans l'hydrolyse des TG et des AG pour générer du glycérol. Ces lipases vont agir **indépendamment de la nature de l'AG qui compose le TG**.



C'est fini !!!! Bref je vous ai fait un petit quiz à la page suivante pour vous aidez à synthétiser un peu ce gros cour. Donc jeter y un coup d'œil et faîtes une pause surtout !!

Tut'pour un champion 1 :

Ce qu'il faut retenir en **priorité** :

Si vous arrivez à répondre aux questions vous avez compris le principal sinon ce n'est pas grave revenez un peu plus tard, vous êtes humain ;)
PS : plus il y a de + plus c'est important

- Définition de l'enzymologie, les caractéristiques des enzymes +++
  → Les enzymes sont-elles toutes des protéines ?

- Comprendre comment fonctionne le nom d'une enzyme → les infos qu'on peut en tirer ; savoir les citer +++++
  → Quel est le rôle de l'enzyme suivante : l'amylase ?

- La différence cofacteur et coenzyme et les définitions des intervenants de la réaction enzymatique ++
  → Les cofacteurs sont des coenzymes ?

- Définition holo/apoenzyme ++++
  → holoenzyme = enzyme liée à son cofacteur et/ou coenzyme ?

- Bien savoir ce qu'est l'énergie d'activation et à quoi elle correspond ++
  → À quoi correspond l'énergie d'activation dans une réaction ?

- Les règles de la catalyse ++++
  → Dans le cas d'une réaction irréversible le catalyseur ne change pas l'équilibre, il permet juste de l'atteindre plus rapidement ?

- Les différentes spécificités qui existent pour une enzyme (spécifique à un isomère, à une forme optique active, un type de liaison , un ou plusieurs groupements et de groupes fonctionnels) ++
  → Peux-tu me dire la différence entre spécificité de substrat/réaction ?

Bien sûr vous faîtes ce que vous voulez et apprenez de la façon qui vous correspond ce n'est en point obligatoire de répondre aux questions c'est juste pour vous aider et ce n'est que mon avis !!!
Sinon hésitez pas si vous avez des questions → forum !
En tout cas je vous conseille d'abord de faire une première lecture pour comprendre le cour avant de l'apprendre en détail (n'apprenez pas de suite les exemples faîtes au fur et à mesure). Clique ici pour les réponses !

Le tutorat est gratuit. Toute vente ou reproduction est interdite

II) Structure protéique des enzymes

La spécificité d'une réaction enzymatique dépend du **degré de complémentarité** entre la structure de l'enzyme et la structure du substrat. Cette complémentarité est déterminée par le **site actif**.

Le **site actif** est une petite partie de la protéine enzymatique qui est capable de **reconnaitre et de transformer le substrat**. Il est composé d'un ou plusieurs sites de reconnaissances qui vont permettre la **fixation** du substrat à l'enzyme et d'un site catalytique qui va permettre la **transformation** du substrat en produit.

Nos enzymes sont des protéines (sauf les ribozymes) elles sont donc faites d'acides aminés, y compris le site actif.
Il est composé de **4 principaux types d'acides aminés** :

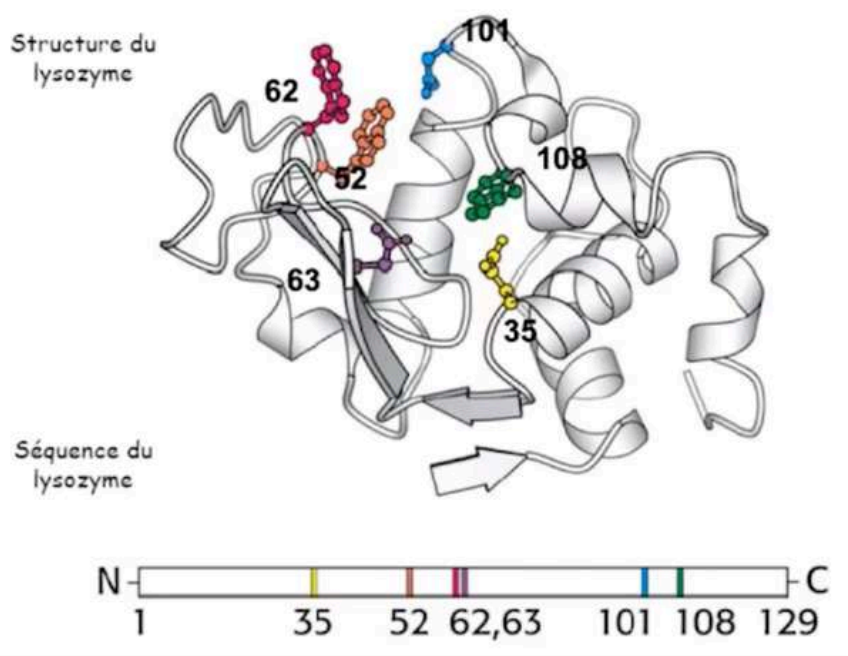
Les acides aminés **indifférents**	**N'interviennent pas** dans la réaction enzymatique Sont en **nombre variable** Sont localisés aux **extrémités** (N-term et C-term) de la protéine (Indifférents → n'ont pas de "rôles" spéciaux dans le site actif)
Les acides aminés de **conformations**	**N'interviennent pas** dans la réaction enzymatique **Stabilisent** l'enzyme dans sa forme réactionnelle active (Conformation=Disposition des différentes parties (d'un corps organisé) → permettent à l'enzyme d'avoir la bonne forme)
Les acides aminés **auxiliaires**	Sont **proche du site catalytique** **PAS d'interaction** avec le substrat Mais joue un **rôle essentiel** dans le fonctionnement de l'enzyme car assurent la **flexibilité** de l'enzyme (Auxiliaire=Qui aide par son concours → Retenez QUI AIDE sans intervenir directement)
Les acides aminés de **contact**	Sont en **interaction direct** avec le substrat (par des liaisons ou à distance) donc sont responsable de la **spécificité de reconnaissance du substrat** Sont en **petit nombre <10** (Arg, Asp, Cys, Glu, Lys, His,Ser, Tyr, Thr) = DERKH STY C **Ne sont pas forcément proche dans la séquence primaire** de la protéine mais se retrouve proche dans la conformation 3D

Le tutorat est gratuit. Toute vente ou reproduction est interdite

A) Complexe enzyme-substrat (E-S)

La formation du **complexe enzyme-substrat** est caractérisée par une certaine spécificité voire stéréospécificité.
La molécule de **substrat** doit avoir plusieurs groupements fonctionnels dans une configuration spatiale bien définie afin qu'il puisse **interagir de façon optimale** avec les **groupements fonctionnels correspondants** au niveau du **site actif** de l'enzyme. (voyez le complexe enzyme-substrat comme deux pièces d'un puzzle)

Les groupements de l'enzyme **ne sont pas proches** les uns des autres d'un point de vue de la structure primaire de l'enzyme (en termes de séquence d'AA) **mais** ils le sont d'un point de vue de la structure tridimensionnelle.
En effet, ce sont l**es repliements de la chaine protéique** de l'enzyme qui mènent au rapprochement des AA les uns des autres pour former le site actif.



Si vous avez pas trop compris le dernier paragraphe je vais vous expliquer. Si vous regardez l'image vous pouvez voir que dans la séquence du lysozyme les AA du site actif en couleur sont éloignés les uns des autres, mais quand vous regarder l'enzyme ils sont côte à côte. Cela s'explique par le fait que les protéines dont font parties les enzymes, sont à la base des chaînes d'AA (→ la séquence du lysozyme) mais elle n'est pas stable, alors elle va chercher à se replier, se condenser pour gagner en stabilité (→ structure du lysozyme) donc des parties de la chaîne peuvent se retrouver proches alors qu'elles ne l'étaient pas auparavant !!!

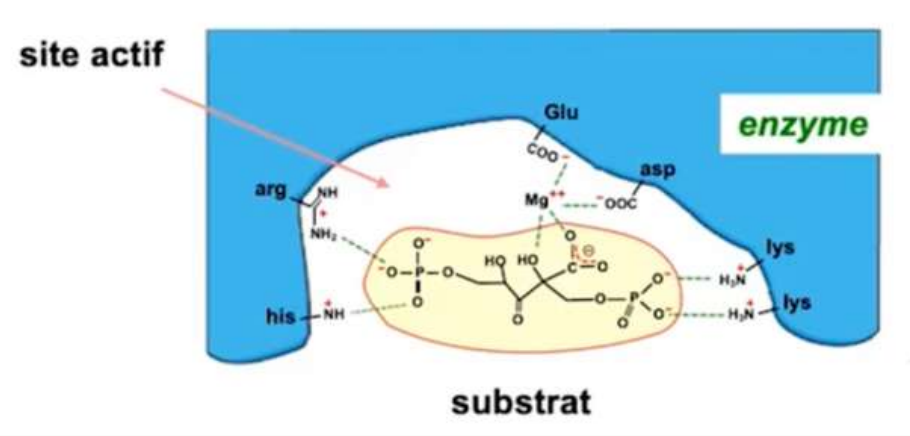
Le tutorat est gratuit. Toute vente ou reproduction est interdite

B) Caractéristiques du site actif (SA)

Le site actif :

→ **Physiquement** : Correspond à une crevasse à la périphérie de l'enzyme.
→ **Composition** : Elle est formée par les groupements des chaines latérales des **AA de contact**.
→ **Taille** : il occupe une **faible** part du volume total d'une enzyme. Donc peu d'AA sont impliqués dans la formation du site actif. C'est un micro-environnement unique.
→ L'association étroite entre le site actif et le substrat implique que **l'eau y est généralement exclue** sauf si le substrat est de l'eau.

(On apprends mieux quand on comprends alors petite explication : l'eau peut perturber la réaction en prenant la place du substrat ou en cassant des liaisons. Ainsi le site actif est comme une petite bulle hydrophobe. La seule exception, c'est quand le substrat est lui-même de l'eau par exemple lors du hydrolyse, on va casser la liaison avec une molécule d'eau)



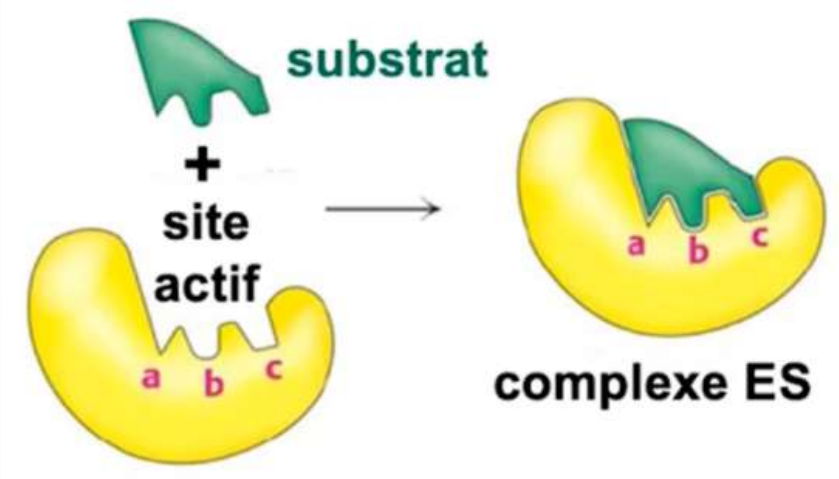
Acides Aminés et site actif :

Les **liaisons** qui interviennent lors de la formation du complexe enzyme-substrat sont de **faible niveau énergétique** (liaisons H, interactions ioniques, forces de Van der Waals, interactions hydrophobes). (on ne veut pas de liaisons covalentes, trop difficiles à casser)
L'association du site actif et du substrat est donc **très spécifique**. L'arrangement précis des atomes impliqués dans l'association est donc très important. Cette association étroite impose au substrat une forme adaptée pour s'intégrer au site actif.

C) Les deux modèles

1- Le modèle de Fischer :

Historiquement, le **premier** modèle du complexe enzyme-substrat a été celui proposé par **Fischer : le modèle clef-serrure**. Il est basé sur l'hypothèse qu'il existe une **complémentarité parfaite** entre la forme du substrat et la cavité du site actif.



Sauf que ce modèle présente des **limites** : c'est un modèle **statique**, la complémentarité enzyme-substrat est préexistante. C'est à dire que ni l'enzyme ni le substrat ne change de forme pour créer le complexe.
Ce statisme confère une rigidité à l'enzyme et ne permet pas d'expliquer certaines observations :

→ Parfois, des molécules encore mieux adaptées au site actif (par ex. plus petites, plus faciles à insérer) **ne sont pas catalysées**.
→ Ou encore, ce modèle ne peut pas expliquer le mécanisme de **fixation ordonnée**, le substrat B ne peut se fixer **que** si le substrat A est déjà là. Or selon le modèle clé-serrure, B devrait pouvoir entrer tout seul, puisque la forme de l'enzyme est censé déjà être la "bonne".

Pour ces raisons le modèle de Fischer a été par la suite **abandonné**.

Plus qu'une page et c'est fini pour le grand 2), courage les loulous !!!
Reste plus que le grand 3)

Le tutorat est gratuit. Toute vente ou reproduction est interdite

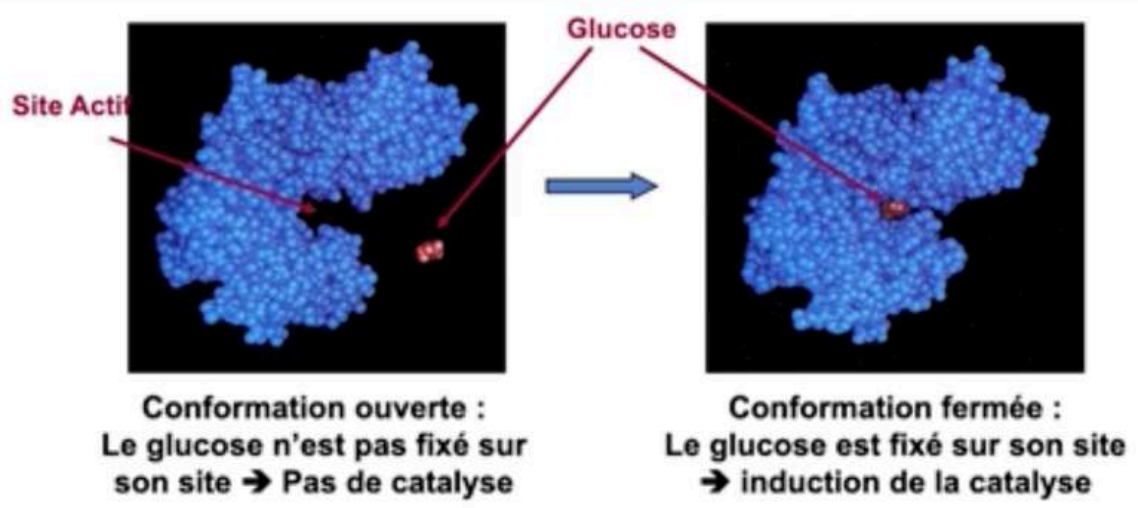
2- Le modèle de Koshland ou Ajustement induit :

Ce modèle plus moderne suggère que le SA de l'enzyme doit être **complémentaire** (= interaction optimale) **au substrat dans son état de transition**. Selon ce modèle, le substrat induit un **changement conformationnel** du SA de l'enzyme pour créer cette interaction optimale.
Les orbitales électroniques (dédie à la chimie) des groupements catalytiques et des groupements réactionnels du substrat sont **alignés** pour l'acte catalytique.
Le modèle de l'ajustement induit, proposé par Koshland, est donc basé sur l'hypothèse que **la structure de l'enzyme se déforme pour s'adapter à celle du substrat**. Une partie de l'énergie d'interaction entre l'enzyme et son substrat est utilisée pour permettre cette déformation qui contribuera à mettre l'enzyme dans une conformation active.
C'est un modèle **dynamique** où la structure de l'enzyme n'est pas figée. Ce qui permet au site actif d'être plus complémentaire au substrat dans son état de transition

Et pour bien finir un petit exemple : **l'hexokinase**
L'hexokinase catalyse la phosphorylation du Glucose :

Glucose + ATP —› G6P + ADP

On observe que la **fixation** du glucose engendre des **modifications conformationnelles de l'enzyme** qui sont nécessaires au déclenchement de la catalyse. Lorsque le glucose n'est pas fixé sur le site actif de l'enzyme, l'hexokinase se présente dans une conformation ouverte où il n'y a pas de catalyse. Mais lorsque le glucose est fixé au niveau du site actif, l'hexokinase assume une conformation fermée et il y a donc induction de la catalyse.



Tut'pour un champion 2 :

Ce qu'il faut retenir en **priorité** :

Je vous refait la même chose pour le grand 2) !!!

- Bien faire la distinction entre les différents AA ++++
  → Cites moi les 4 différents types d'AA présents dans une enzyme ?

- Savoir expliquer pourquoi les AA du SA sont proches mais dans la séquence ils sont éloignés +++
  → Comment s'appelle la structure où l'enzyme est encore sous forme d'une chaîne ?

- Être capable de définir ce qu'est le site actif +++++
  → Comment sont les liaisons du SA ?

- Pouvoir être capable de décrire les deux modèles ++++
  → Quel modèle à était abandonné ? Et pourquoi ?

Voilà c'est fini pour le grand 2) reste plus qu'un, c'est bientôt fini !!! On part pour les coenzymes !! Clique ici pour les réponses !

Vu qu'il me reste un peu de place je vais vous présenter...
...les meilleurs albums du MONDE !!!



Comment passer à côté de ces bangers absolus bref pas besoin de les présenter. Sans eux la P1 aurait été beaucoup plus dure... Pour fêter ça, petite devinette :



Combien de fois ai-je réussi à écouter en une semaine le titre EXTRAORDINAIRE "Wildflower" :



- A) 100 fois soit 7h d'écoute = 1h/j
- B) 72 fois soit 5h d'écoute = 45min/j
- c) 315 fois soit 23h d'écoute = 3h/j

Réponse c) eh oui ça fait bcp



Le tutorat est gratuit. Toute vente ou reproduction est interdite

III) Cofacteurs et coenzymes

De nombreuses enzymes ont **exclusivement une structure protéique** (exemple : chymotrypsine, aglucosidase…) mais certaines enzymes ne sont actives qu'en présence d'un **cofacteur** on parle alors d'holoenzymes et d'apoenzymes.

On en a déjà parlé au début du cours : les holoenzymes et apoenzymes

- **Holoenzyme** : c'est l'ensemble de la partie protéique **et** du cofacteur. L'enzyme est dans ce cas dans sa forme **active**.

- **Apoenzyme** : c'est **uniquement** la partie protéique de l'enzyme lorsqu'il n'y a pas de cofacteur (Attention ici on parle bien d'enzymes qui ont besoin d'un cofacteur pour fonctionner). L'enzyme est alors dans sa forme **inactive**. (Que du rappel ça les gars, j'espère…)

Et ces fameux cofacteurs alors, qui sont ils ? Ce sont :

- Soit des **ions métalliques** (cations divalents (X++)) par exemple : Mg++, Cu++ etc..
- Soit des **molécules organiques et non protéiques** : les **co-enzymes**. Par exemple : NAD+, NADP+, FAD, TPP, …

On récapitut' : l'holoenzyme est composé de l'apoenzyme (partie protéique) et d'un cofacteur (non protéique). Ce cofacteur peut être un ion (cation inorganique) ou une co-enzyme (molécule organique).

Mais c'est quoi leurs rôles à ces cofacteurs ?

Les **ions** interviennent dans la réaction enzymatique soit :
- Pour **transporter** ou **compléter** un substrat
- Pour **participer** à la structure de la forme active de l'enzyme

Les **coenzymes** peuvent être de différentes natures :
- Co-enzyme **stœchiométrique** (libre)
- Co-enzyme **catalytique/prosthétique** (associées)

on verra tout ça en détail juste après !

Le tutorat est gratuit. Toute vente ou reproduction est interdite

A) Les coenzymes

- Pour fabriquer nos coenzymes, notre corps synthétise des **intermédiaires métaboliques**.
  Mais, si la synthèse n'est pas possible par l'organisme, toute ou une partie de la molécule doit être apportée par **l'alimentation**. Pour la plupart, cela dérive des vitamines !

Voici un tableau récapitulatif qui présente les différents types de coenzymes et les molécules desquelles elles dérivent :

Vitamine	Nom	Coenzyme	Rôles
Vitamine B3	Nicotinamide	NAD / NADP	Métabolisme glucidique / lipidique / protidique
Vitamine B5	Acide pantothénique	Coenzyme A	Métabolisme des acides gras
Vitamine B6	Pyridoxine	Pyridoxal phosphate	Métabolisme des acides aminés
Vitamine B2	Riboflavine	FMN / FAD	Métabolisme énergétique Métabolisme des acides aminés
Vitamine B1	Thiamine	Thiamine pyrophosphate	Assimilation des glucides Métabolisme des acides aminés
Vitamine H	Biotine	Biotine	Métabolisme des acides aminés Métabolisme des corps gras Néoglucogenèse



Tut'mnémo :

Et oui faudra apprendre ce tableau ça tombe :(
Alors en mnémo je vous propose :

B1, B2, B3, **PAS** de B4, B5, B6, H => qui vont avec : **T**hiamine, **R**iboflavine, **N**icotinamide, **A**cide p.., **P**yridoxine, **B**iotine et on fait une phrase avec :

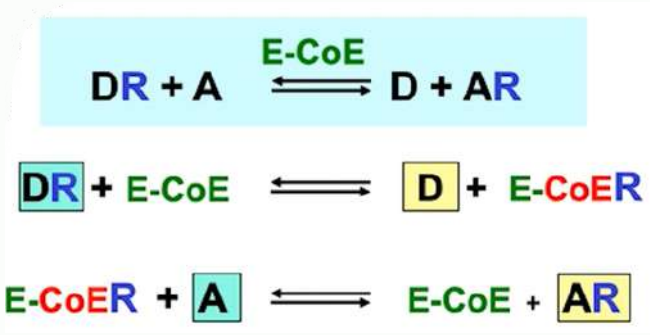
"**T**u **R**estes à **N**ice ? **A**h... t'as un **P**ro**B**lème ??"
B1 B2 B3 B5 B6 H

Pour la troisième colonne les noms des coenzymes ressemblent aux noms des vitamines ;)

Le tutorat est gratuit. Toute vente ou reproduction est interdite

Les coenzymes interviennent dans la réaction enzymatique pour :

- **Transporter** un intermédiaire réactionnel
- **Accepter** un produit de la réaction



Comme d'habitude un petit exemple : Ici l'enzyme (E) et son coenzyme (CoE) vont **récupérer les groupement** R de la molécule D, pour ensuite le donner à la molécule A. Dans ce cas là la coenzyme a **transporter** un intermédiaire réactionnel et elle se retrouve **inchangée** à la fin de la réaction (comme pour l'enzyme)

B) Classer les coenzymes

Selon la nature des **liaisons entre l'enzyme et le coenzyme**, on distingue 2 types de coenzymes :

coenzymes catalytiques = prosthétiques = liés	**coenzymes stoechiométriques = co-substrats = libres**
• liaison coenzyme-apoenzyme : **forte** (type covalente), **irréversible**, **définitive** • concentration en coenzyme est **voisine** à celle de **l'enzyme** • le coenzyme ne se **dissocie JAMAIS** de l'apoenzyme (liés) • le coenzyme intervient généralement comme **activateur** • sont impliqués dans le **site catalytiques** des enzymes • Exemple : **FAD, Pyridoxalphosphate**	• liaison coenzyme-apoenzyme : **faible** (type électrostatique), **renouvelée** à chaque réaction • concentration en coenzyme est **voisine** à celle du **substrat** • le coenzyme **se dissocie** de l'apoenzyme à chaque réaction (libre) • le coenzyme intervient généralement comme **transporteur** • énergie mise en jeu enzyme-coenzyme est du **même ordre qu'enzyme-subtrat** (faible : électrostatique) • Exemple : **NAD^+ , $NADP^+$, Coa-SH**

Le tutorat est gratuit. Toute vente ou reproduction est interdite



Bon les gars je tiens à vous féliciter vous avez fini ce cour interminable, vous êtes à jour pour le premier EB. Purée trop hâte de vous y retrouver j'espère que vous serez tous là.
Pour les plus gourmands et fous de biochimie je vous ai quand même mis la suite du cour qui **NE SERA PAS AU PROGRAMME** de l'EB 1.
Je tiens quand même à préciser que si j'ai choisi de ne pas vous mettre cette partie ce n'est pas pour rien, elle est remplie d'infos et sur un sujet qui ne vous servirez pas à grand chose pour l'instant donc je vous conseille de ne pas la faire surtout que vous devez avoir bien assez de travail !!! Si tu veux le tut pour un champion 3) clique ici.

.....

Il existe une **autre façon** de classer nos coenzymes. Celle-ci se base sur des **réactions auxquels ils participent**. Ainsi, on distingue :

- Les coenzymes impliqués dans les **réactions d'oxydoréduction**
- Les coenzymes impliqués dans les **réactions de transfert de groupements**

C) Exemples de coenzymes

Coenzymes d'oxydoréduction :

Principe : Ces réactions chimiques sont caractérisées par un **transfert d'électrons** entre deux réactifs de départ : un **oxydant** et un **réducteur**.

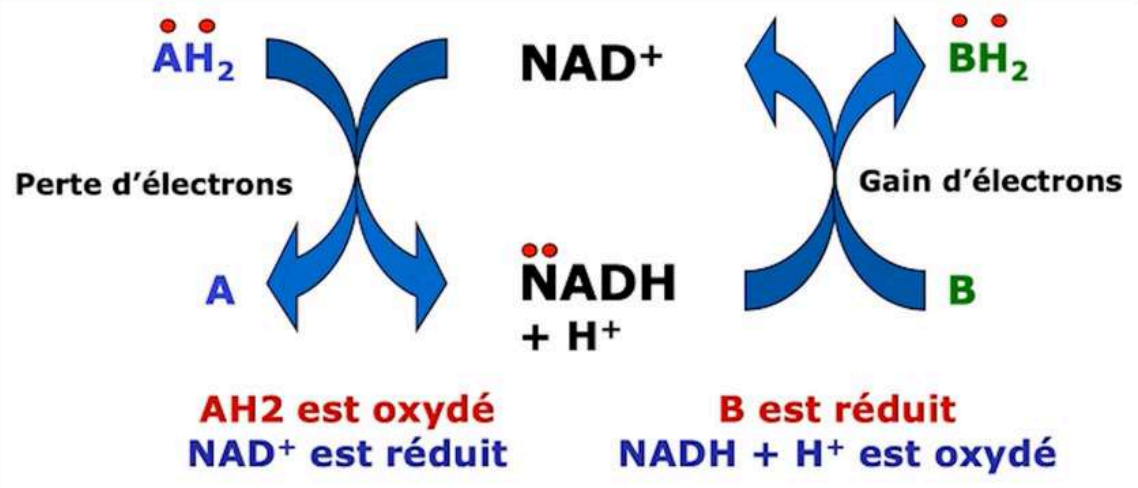
Réducteur = espèce capable de **céder** des électrons (il donne des - donc il devient oxydé et il réduit)
Oxydant = espèce capable de **capter** des électrons (c'est l'inverse du réducteur : il devient réduit et il oxyde)

En solution acqueuse, les électrons n'existent pas sous forme libre puisque tout électron libéré par un réducteur est directement capté par un oxydant.
Les coenzymes d'oxydo-réduction participent aux réactions d'oxydation et de réduction en **transportant des électrons**.

Le tutorat est gratuit. Toute vente ou reproduction est interdite

Si on prend l'exemple de la réaction ci-dessous :

le composé **AH2** va perdre ses électrons et se retrouver dans un **état oxydé** et va devenir **A**.
Ses électrons vont, dans un premier temps, être pris en charge par une molécule de **NAD+** qui va se retrouver en **état réduit** : **NADHH+**.
Puis, le **NADHH+** va à son tour donner ses électrons à un accepteur : une molécule **B** qui va se retrouver dans **l'état réduit BH2**, et **NADHH+** va retrouver sa **forme oxydée : NAD+**, la boucle est bouclée.



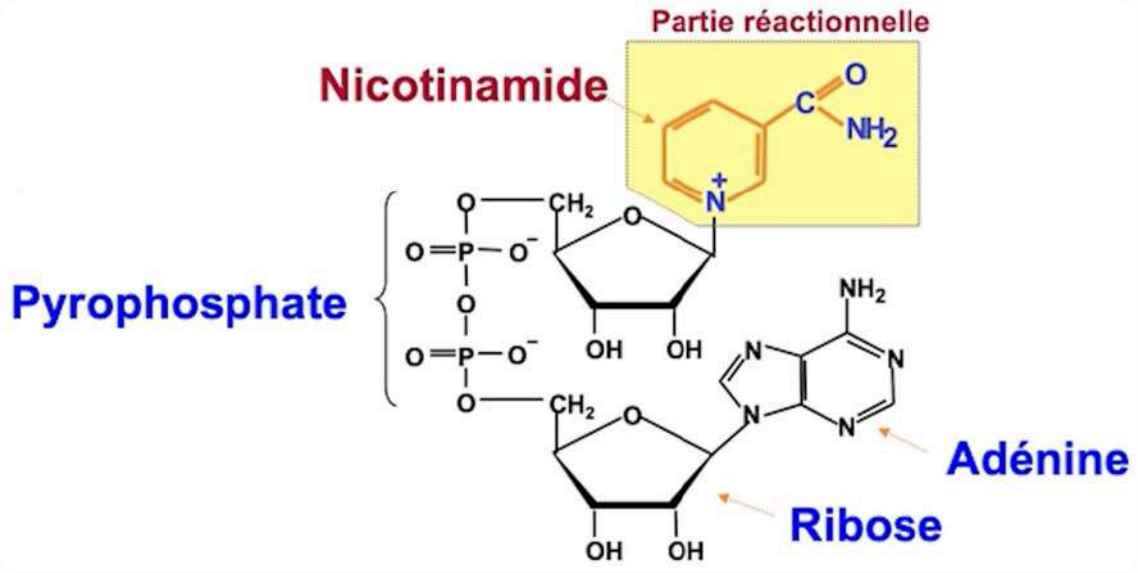
Si vous avez bien suivi vous allez me demander : mais comment ça ce fait qu'on a NADH+H+ quand on réduit NAD+ alors que ça devrait être NAD- ou quelque chose comme ça ?
Eh bah c'est tout simple je vais vous expliquer, lorsque le NAD+ récupère des e^- il ne récupère pas que ça. En effet AH2 en perdant ses deux éléctrons perd aussi la liaison avec ses deux H, qui se retrouvent libres. Hors notre NAD+ en récupérant 2 électrons devient NAD- et a donc un électron libre pour récupérer ces H+, il devient donc NADH et on rajoute H+ (qui correspond au l'H+ encore libre) ce qui donne NADH+H+ alors qu'il est bien réduit. Explication raccourcie pour comprendre que NADH+H+ est bien la version réduite de NAD+ (on le voit partout dans tous les cours),
si vous n'avez pas compris pas grave c'est pas dans le cours,
et vous pouvez quand même poser vos questions.



Aller prochaine page on commencera votre première coenzyme.
Essayez de bien faire des liens entre les coenzymes et vos cours de métabolisme ça rentrera tout seul comme ça !

Le tutorat est gratuit. Toute vente ou reproduction est interdite

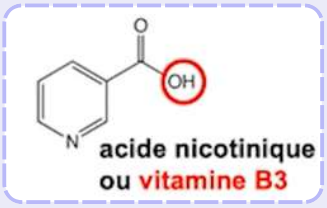
Nicotinamide Adéine Dinucléotide (NAD+) :



Nature : Dérive de la vitamine **B3** (cf le tableau par cœur)

Rôle : Il transporte **2 électrons et 1 proton** (l'autre proton H+ est libre) et donc participe aux réactions d'oxydations dans les voies **cataboliques** (surtout mitochondriales) ou productrices d'énergies (ex : Glycolyse, Lipolyse).

Où le trouver ? Ubiquitaire (partout) dans l'alimentation



Structure du NAD : Composé de 2 nucléotides liés entre eux par une liaison de type pyrophosphate. Ces deux nucléotides sont :

- Un formé d'**A**dénine (N**A**D+), de Ribose et de Phosphate
- Un formé de **N**icotinamide (**N**AD+), de Ribose et de Phosphate

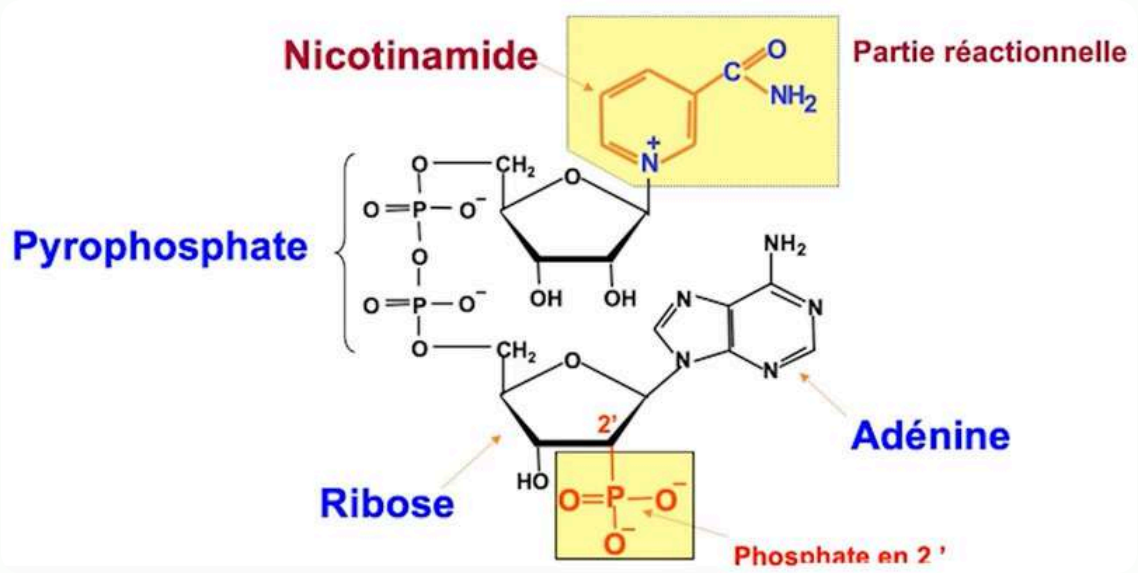
Sa **partie réactive** est la **Nicotinamide** :

- **Forme oxydée (NAD+)** : Noyau pyridine + azote quaternaire (l'azote est lié à 4 carbones, plus précisément à 2 carbones 2 fois avec les doubles liaisons)
- **Forme réduite (NADHH+)** : l'azote est tertiaire

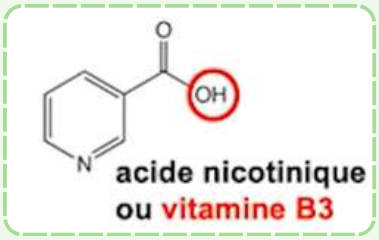
Comment se fait le transport d'électrons ? par réduction de la double liaison du cycle pyridine (entre l'azote et le carbone) : l'azote devient tertiaire et il y a production d'un proton

Le tutorat est gratuit. Toute vente ou reproduction est interdite

Nicotamide Adéine Dinucléotide Phosphate (NADP+) :



Nature : Dérive de B3. Similaire au NAD mais diffère par le groupe phosphate estérifié sur l'hydroxyle en C2 du ribose relié à l'adénine cf le schéma



Rôle : Même que NAD : transport de 2 électrons et 1 proton et participe aux réactions de réductions dans les voies anaboliques (surtout cytoplasmique)

Sa **partie réactive** est, comme pour le NAD la **Nicotinamide**

Réactivité du NADP+ : Fonctionne le plus souvent à l'état **réduit** dans des réactions **anaboliques** **[NADPH+H] / [NADP]>1**. Ainsi, la majorité du NADP sera sous forme de NADPH+H +, qui va pouvoir réduire en donnant des e^- .

Une fois son action de réduction faite, il redeviendra sous sa **forme oxydé : NADP+**. C'est un cycle puisqu'on va devoir de nouveau le réduire pour pouvoir l'utiliser : on a **deux possibilités** :

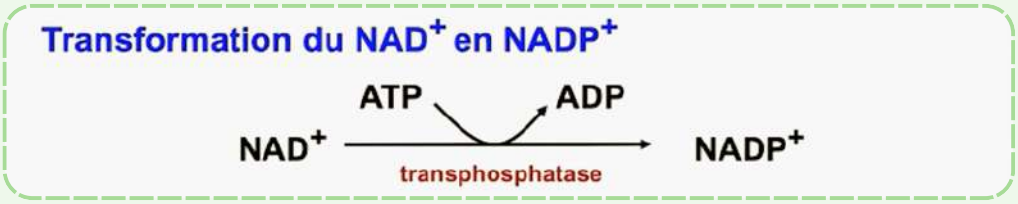
- Soit dans la **voie des pentoses phosphates** (ça vous parait super flou, c'est normal pas d'inquiètude. Quand vous allez faire le métabolisme, vous allez voir cette voie !)

- Soit par **oxydation cytoplasmique** (dans le cytoplasme en gros) **de l'isocitrate** = on va retirer des e^- (oxydation) à l'isocitrate pour les donner au NADP+ qui est donc réduit.

Le tutorat est gratuit. Toute vente ou reproduction est interdite

Remarque :

On peut transformer du NAD+ en NADP+ : Cette transformation est réalisée par la **transphosphatase**, comme son nom l'indique elle va **transférer un phosphate** d'une molécule à une autre, ici **vers le NAD+**.
Le groupement phosphate est apporté par une molécule **d'ATP** triphosphate qui sera libéré sous forme **d'ADP** diphosphate.



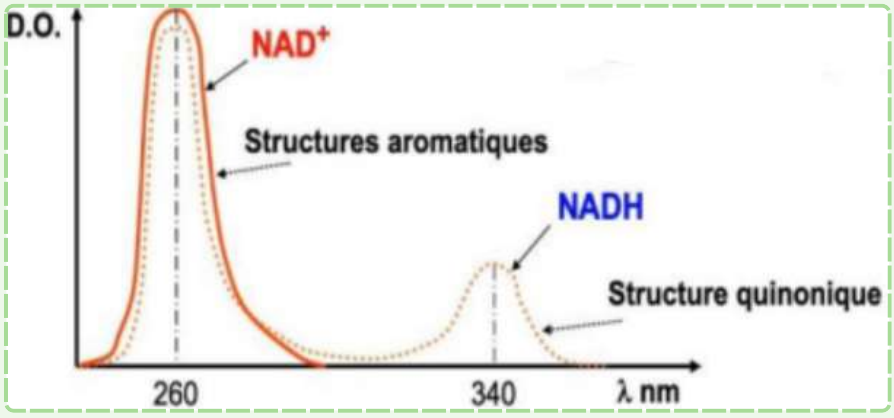
Autre remarque :

On peut étudier le déroulement d'une réaction enzymatique grâce au **NAD+ et NADP+**. Les formes réduites et oxydées de NAD+ et NADP+ ont des caractéristiques physiques particulières :

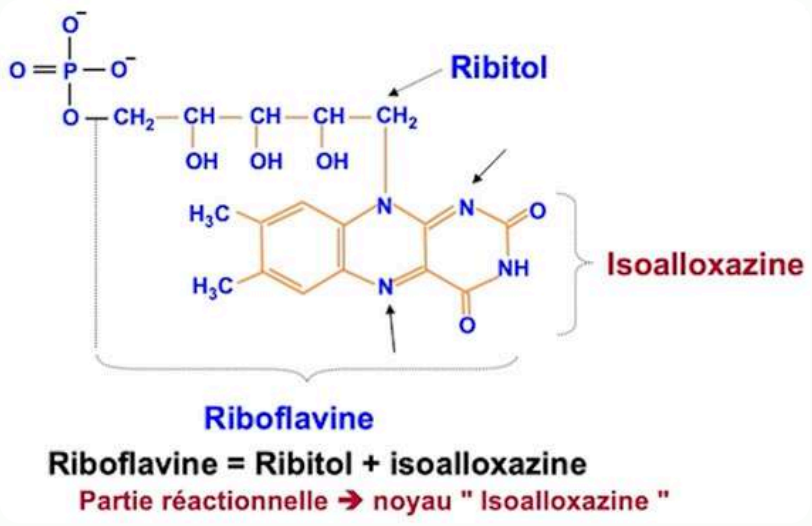
- Le **NAD+** possède **UN** maximum d'absorption en **UV à 260nm** (longueur d'onde des UV)
- Le **NADH+H+** possède lui **DEUX** maximum d'absorption à **260 et 340nm**

Grâce à cela on va pouvoir savoir dans quel **sens** se fait une réaction :

- Si l'absorbance en 340 **augmente** ça veut dire que le **NAD+ est transformé en NADH+H+** = il est réduit. Donc le substrat est oxydé.
- Si l'absorbance en 340 **diminue** on a le **NADH+H+ qui est transformé en NAD+** = il est oxydé. Donc le substrat est réduit.

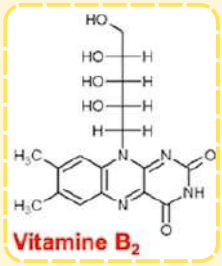


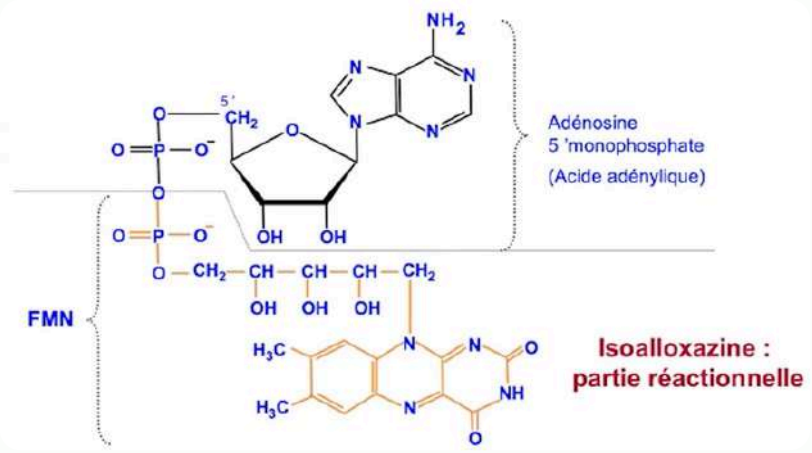
Coenzyme Flaviniques (FMN/FAD) :



Le **F**lavine **M**ono**N**ucléotide :

- Dérive de la **vitamine B2**
- **Composée** : **Riboflavine** = Ribitol(avec un phosphate) + **Isoalloxazine**
- La partie réactive est le **noyau isoalloxazine**
- Il fixe de façon **réversible 2 H+**
- Impliqué dans les réaction **d'oxydo-réduction**



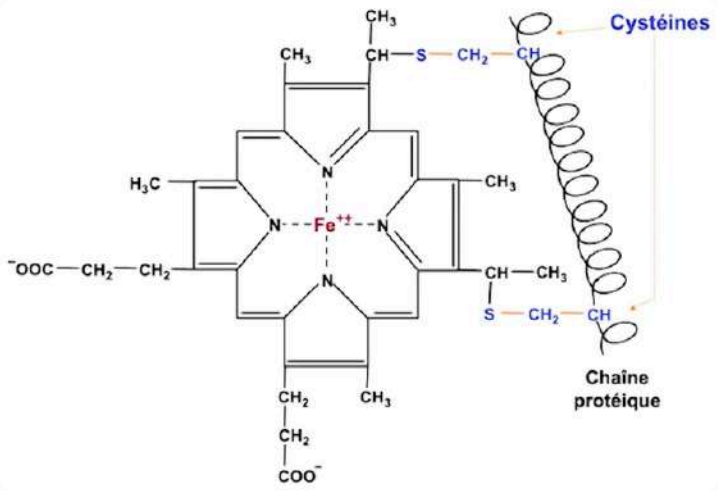


Le **F**lavine **A**dénine **D**inucléotide :

- **Similaire au FMN** (**F**lavine **M**ono**N**ucléotide). On rajoute juste une **Adénosine** sur le phosphate
- Dérive de la **vitamine B2**
- Aussi impliqué dans les réactions **d'oxydo-réduction en transportant 2 H+**
- L'adénosine ajouté est un **adénosine monophosphate** (ça veut dire qu'il y a un phosphate accroché au carbone 5)
- La partie réactive est le noyau **isoalloxazine comme pour FMN**

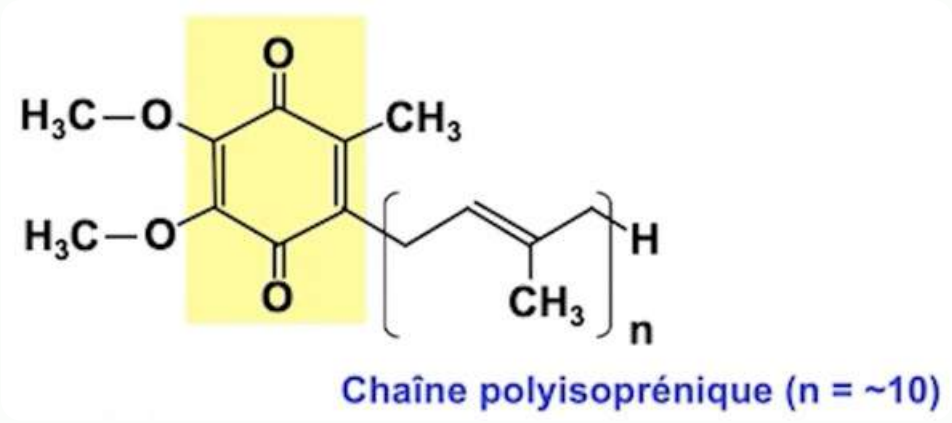
Le tutorat est gratuit. Toute vente ou reproduction est interdite

Coenzyme Hématinique (Cytochrome C) :



- Fait partie de la famille des **métallo porphyrine**
- Transporteur d'**un électrons** de la **CRM** par changement de valence de l'atome de **Fer**
- Passe d'un état **réduit Fe2+** à un état **oxydé Fe3+** en libérant 1 e^-
- Donc transporte **1 électron à la fois**
- L'atome de Fer est lié à 4 atomes d'azote du **noyau porphyrine**

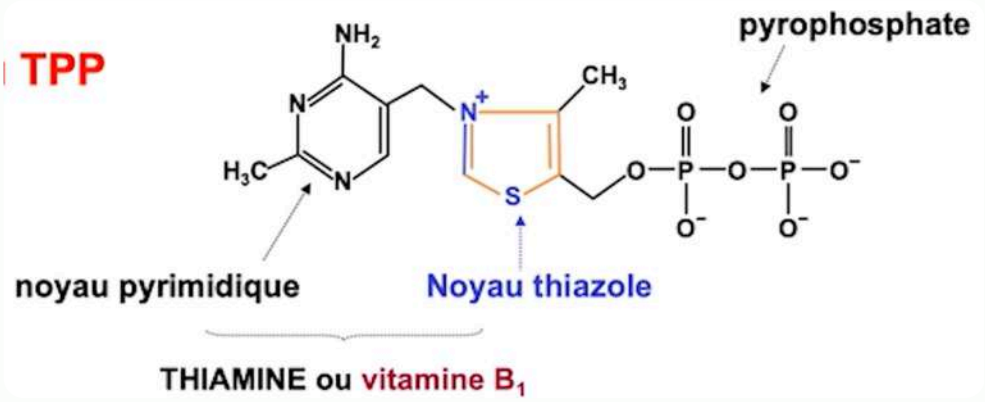
Coenzyme Quinonique (Coenzyme Q) :



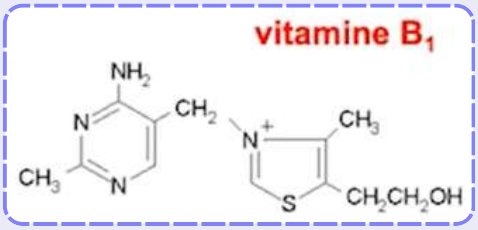
- **Liposoluble**
- Synthétisé par toutes les cellules (ne provient pas d'une vitamine apportée par l'alimentation)
- Permet de **transférer 2 é-**
- Structure **Benzoquinonique** substituée ayant une chaine latérale **isoprénique**
- Nombre d'unité d'isoprènes peut varier dans le cas de l'ubiquinone il y a une **chaîne isoprénique** (=enchainement d'unités isoprènes)
- La partie réactionnelle est **l'anneau quinonique** (=la structure Benzoquinonique) qui passe d'une forme **oxydée** à une forme **réduite.**

Coenzymes des réactions de transferts de groupements :

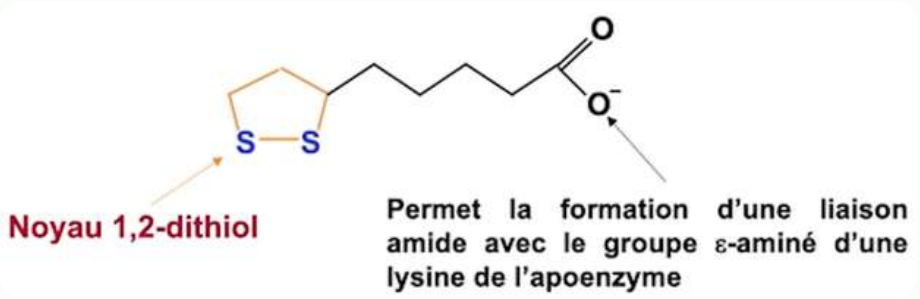
Thiamine PyroPhosphate (TPP) :



- Dérive de la **vitamine B1** (=thiamine)
- TPP = Noyau pyrimidique + noyau thiazole +
- groupement pyrophosphate
- Participe au **transfert de groupements acyls** (un C=O comme dans une cétone par exemple)
- Impliquée dans les réactions de **décarboxylation oxydative** des **acides α-cétoniques**
- C'est donc un coenzyme des **décarboxylases**
- Solidement fixée à l'apoenzyme, sa partie réactionnelle est le **noyau thiazole**



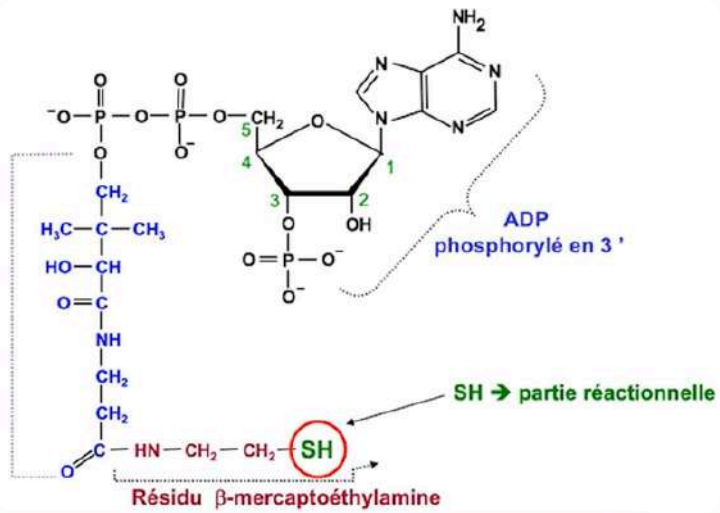
Acide lipoïque :



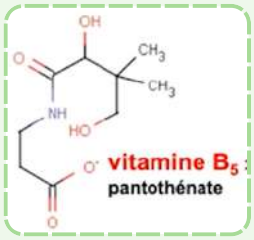
- Coenzyme qui participe aux réactions de **décarboxylation oxydative** des acides acétoniques
- Intervient immédiatement après le coenzyme **TPP** en acceptant l'aldéhyde généré par le TPP on a un cours là-dessus
- Coenzyme solidement fixé à l'apoenzyme grâce à la terminaison **COO-** qui permet la formation d'une liaison amide avec la lysine de l'apoenzyme
- La partie réactionnelle est constituée du **noyau 1,2-dithiol**

Le tutorat est gratuit. Toute vente ou reproduction est interdite

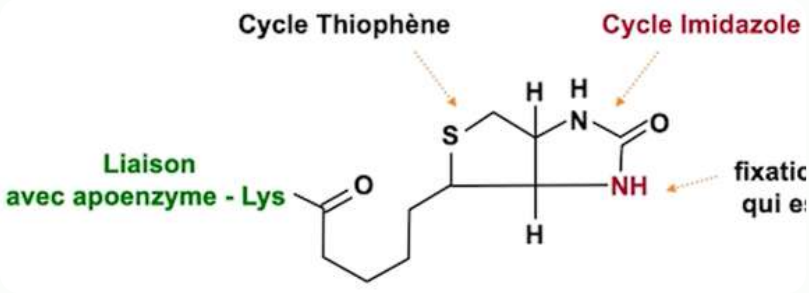
Coenzyme A (CoA) :



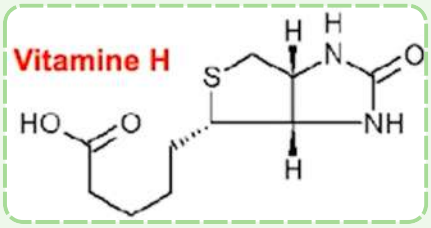
- Provient du **panthothénate**=**vitamine B5**
- Transporteur de groupements **acyls et acétyls** (un type d'acyl)
- CoA = ADP phosphorylé en 3' + 1 groupement **pyrophosphate** + 1 **acide pantothénique** qui porte un résidu de **β - mercaptoéthylamine**
- Partie réactionnelle : **thiol** (SH) porté par le résidu **β – mercaptoéthylamine**
- Grâce au groupement Thiol, le CoA peut former des liaisons **thioester** avec les AG. C'est une réaction qui demande de l'énergie fournie par hydrolyse de l'ATP



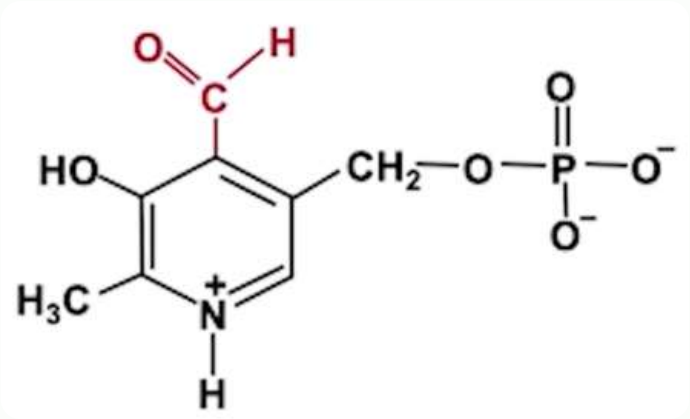
Biotinine :



- Provient de la **vitamine H**
- Coenzyme des **carboxylases**
- Participent à des réactions **d'isomérisation**
- **Transport** de groupements **méthyls et réduction** de radicaux formyls ou hydroxyméthyls
- <u>Partie réactionnelle :</u> **groupement NH du cycle imidazole** qui permet la fixation du groupe carboxyle ensuite transféré à une autre molécule
- <u>Structure</u> : cycle de Thiophène + un cycle d'imidazole + une partie qui lui permet de s'associer avec la lysine portée par l'apoenzyme de façon à être fixé de façon stable à l'apoenzyme

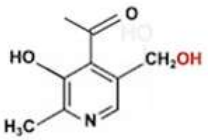


Pyridoxal phosphate :



- Provenant du **pyridoxamine** ou **vitamine B6**
- Coenzyme des **transférases**, mais aussi **décarboxylases**
- Intervient dans le **métabolisme des Aa**
- Partie réactionnelle : **fonction aldéhyde sur le C4**

Vitamine B6



Tut'pour un champion 3 :

Ce qu'il faut retenir en **priorité** :

Aller on repars pour un dernier tut'pour un champion !!!

- Retenir les trois premières colonnes du tableau ++++
  → Essayes de me citer au moins trois coenzymes du tableau et la vitamine dont ils dérivent !
- Savoir différencier enzymes catalytiques et stœchiométrique +++
  → Dis moi deux différences que tu as retenue entre les deux ?
- Bien comprendre ce qu'est l'oxydoréduction +++++
  → Qu'est ce qu'un réducteur et un oxydant ?

C'est bon je vous félicite vous avez fini ce cour interminable bien joué <3,
reste plus que la deuxième partie (RIP).
Les réponses seront à la prochaine page !!!

Le tutorat est gratuit. Toute vente ou reproduction est interdite

Réponses, Tut'pour un champion :

Tut'pour un champion 1 :
1) On se rappelle, les rybozimes sont des enzymes faîtes d'ARN. Donc non.

2) On découpe le mot : amylum=amidon et -ase=enzyme donc amylase=enzyme qui dégrade l'amidon.

3) Attention c'est l'inverse, les coenzymes sont des cofacteurs.

4) Oui, c'est la bonne définition.

5) C'est la barrière énergétique que le substrat doit franchir pour être transformé en produit.

6) Non ! Dans le cas d'une réaction RÉVERSIBLE le catalyseur ne change pas l'équilibre, il permet juste de l'atteindre plus rapidement.

7) Spécificité de subtrat = l'enzyme ne transforme que pour le même substrat / Spécificité de récation = l'enzyme s'occupe seulement de la même réaction

Tut'pour un champion 2 :
1) On a les AA : Indifférents, conformations, auxiliaires, contacts. Dans l'ordre.

2) C'est la structure primaire, pensez protéines (dédie à Marie) en structu.

3) Elles sont de faibles niveaux énergétiques pour pouvoir les casser facilement.

4) C'est le modèle clé-serrure qui a été abandonné, car il ne représentait pas la réalité.

Tut'pour un champion 3 :
1) TPP → B1 / FMN + FAD → B2 / NAD + NADP → B3 / CoA → B5 / Pyridoxal phosphate → B6 / Biotine → H

2) La liaison à l'enzyme, la concentration et le rôle du coenzyme et si elle se dissocie de l'enzyme.

3) réducteur = espèce capable de céder des électrons / oxydant = espèce capable de capter des électrons



J'espère que t'as slay !!!

Dédis pour la fiche complète,
hihi !!!



