

The background of the slide features a faded, grayscale image of the Hulk. He is shown from the waist up, flexing his right arm. His skin is a pale green, and his facial expression is one of intense anger or exertion, with his teeth bared. The overall image is semi-transparent, allowing the red text to stand out prominently.

ENZYMLOGIE

Introduction :

- Les enzymes participent aux transformations métaboliques en les **régulant**
- De **nombreuses pathologies** sont liées à une altération du fonctionnement des enzymes.
- Les enzymes sont **la cible de nombreux médicaments** #pharmaco
- **Un déficit** enzymatique engendre des pathologies.
Ex : déficit en Glc-6P-Déshydrogénase : anémie hémolytique
- Enzymo thérapie **de substitution ou médicaments inhibiteurs**

I) Définition :

Les enzymes sont des **protéines** catalysant des réactions spécifiques

ATTENTION : les ribozymes ne sont pas des protéines mais des ARN.

Leur synthèse est déterminée **génétiquement.**

Par
cœur les
loulous



II) Les règles de l'enzymo :

- ✓ Une enzyme ne provoque jamais de réaction chimique
- ✓ Une enzyme ne rend jamais possible une réaction thermodynamiquement non favorable
- ✓ Une enzyme augmente la vitesse de la réaction
- ✓ Une enzyme se retrouve toujours intacte à la fin de la réaction
- ✓ Une enzyme agit à faible concentration donc un grand nombre de fois
- ✓ Une enzyme ne modifie pas l'équilibre chimique d'une réaction réversible, mais elle permet de l'atteindre plus rapidement

Les intervenants de la réaction enzymatique

Substrat : molécule qui entre en réaction pour être transformée grâce à l'action d'une enzyme

Produit : molécule produite au cours d'une réaction catalysée par une enzyme

Ligand : corps chimique qui présente une **liaison spécifique** avec une protéine (enzyme, récepteur...)

Cofacteurs : Composés chimiques nécessaires au déroulement de certaines réactions enzymatiques :

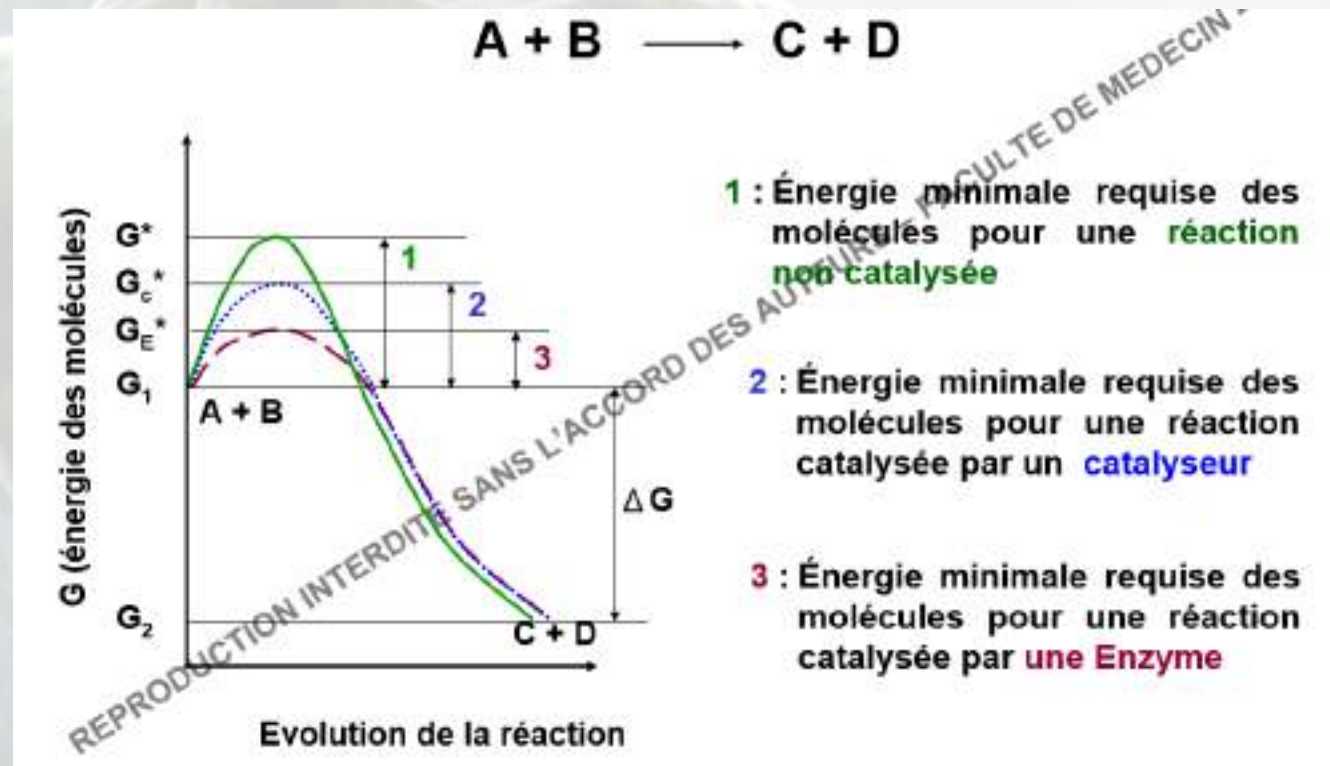
- pour **transporter un substrat** (ou partie)
- pour **accepter un produit** (ou partie)
- pour **participer à la structure active de l'enzyme**

Coenzymes : cofacteurs indispensables au déroulement de certaines réactions

III) Les enzymes sont des catalyseurs biologiques :

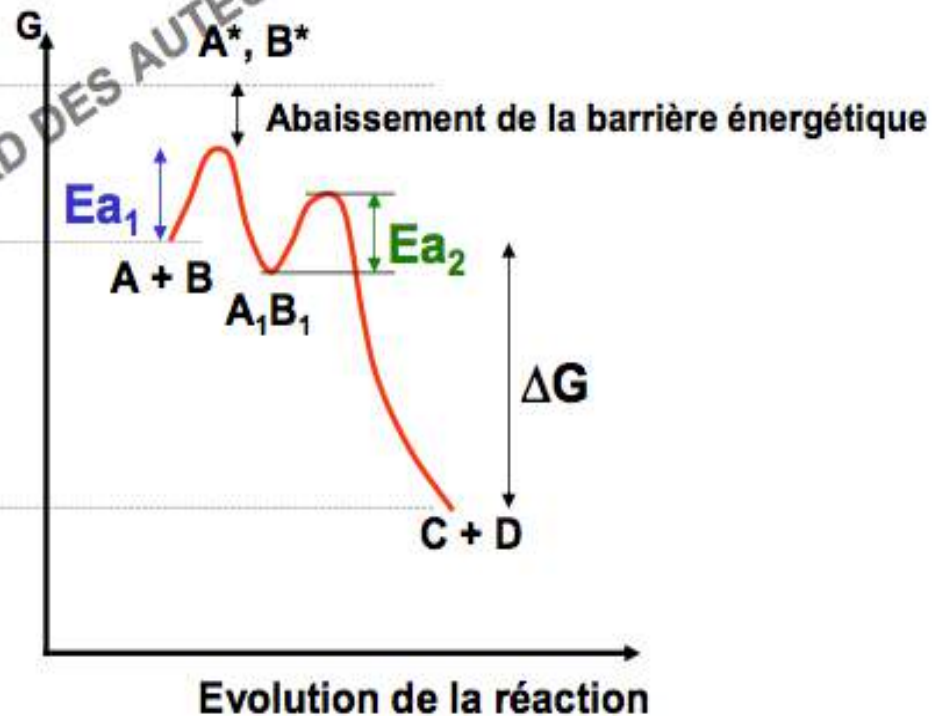
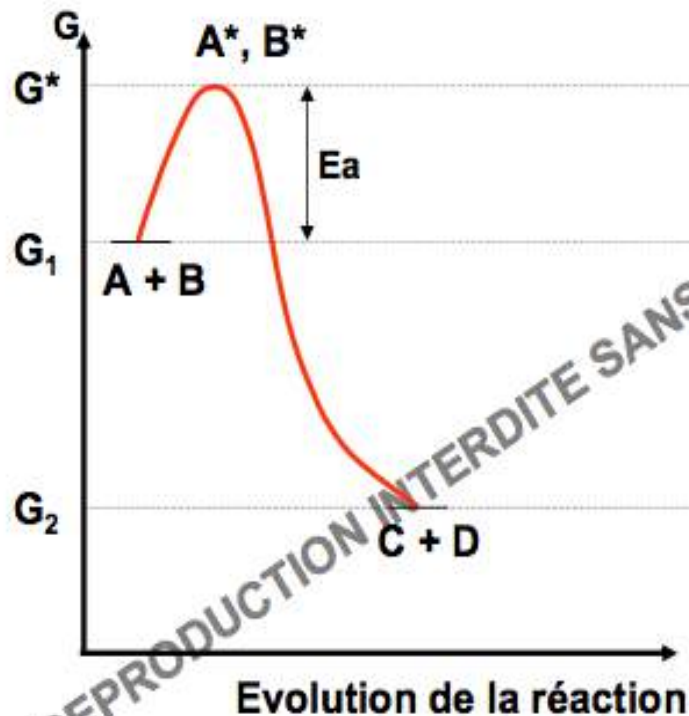
La catalyse : Action par laquelle une substance modifie la vitesse d'une réaction chimique, sans apparaître dans le bilan réactionnel.

L'énergie d'activation : énergie minimale requise pour que la réaction ait lieu.



La catalyse

Un catalyseur **diminue l'énergie d'activation** d'une réaction par formation d'un ou plusieurs **intermédiaires** ayant chacun une énergie d'activation plus basse



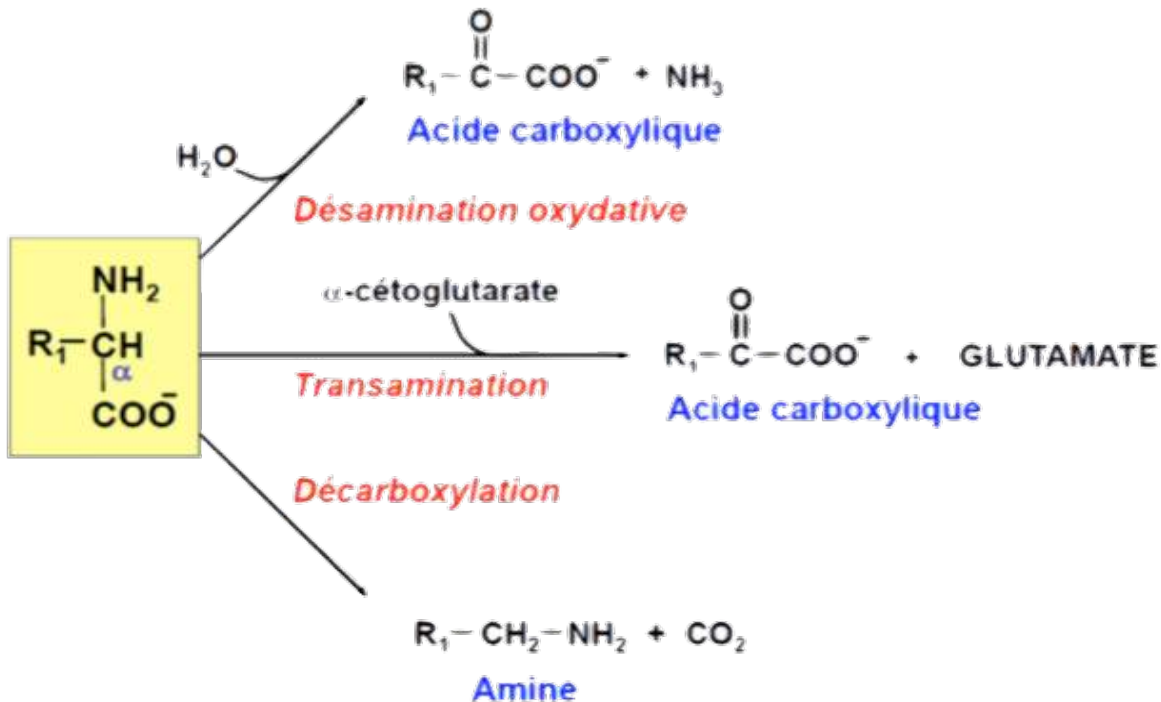
$$E_a = E_{a_1} + E_{a_2}$$

IV) Spécificité des enzymes :

a) Spécificité de réaction

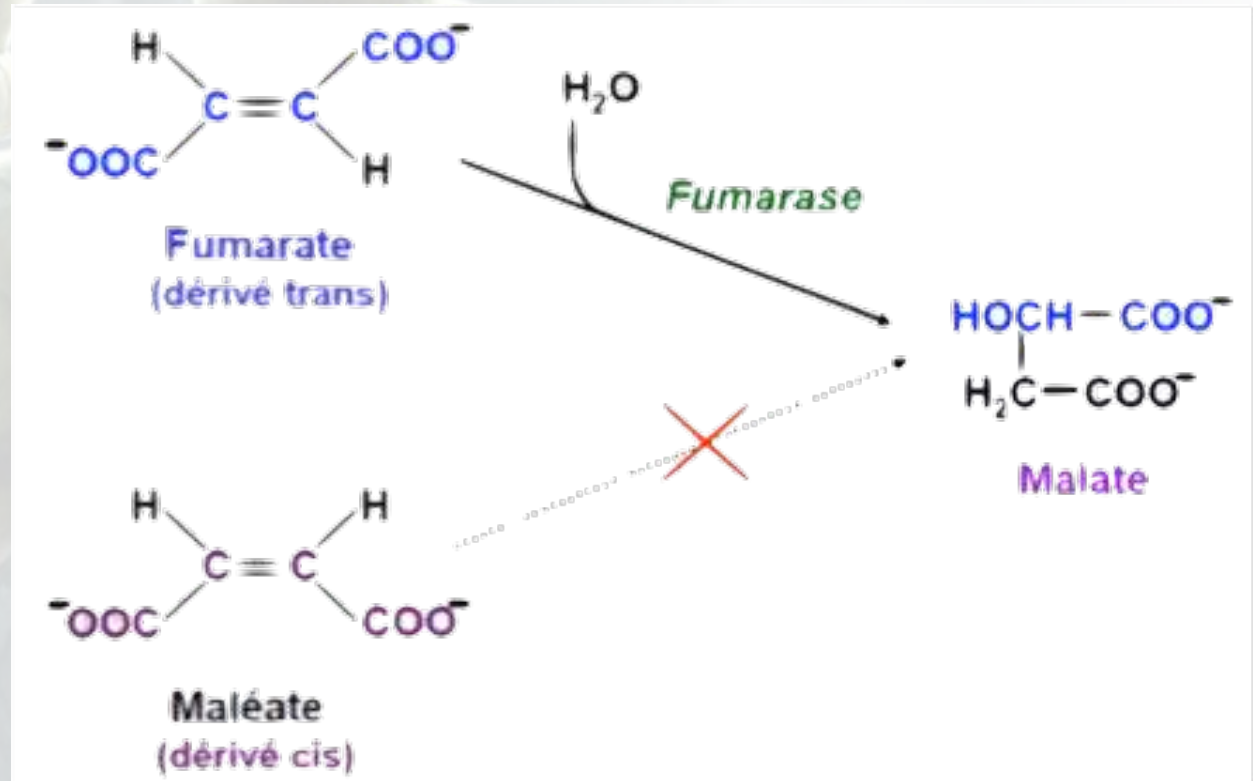
Les sites actifs des enzymes ne peuvent catalyser **qu'un seul type de réaction**

EASY !!!



b) Spécificité de substrat

Les enzymes n'interviennent **que sur certaines classes de molécules**



c) Autres spécificités :



Spécificité étroite / absolue :

Vis à vis d'un seul isomère (fumarate) ou d'une forme optiquement active (LDH sur le L-lactate)

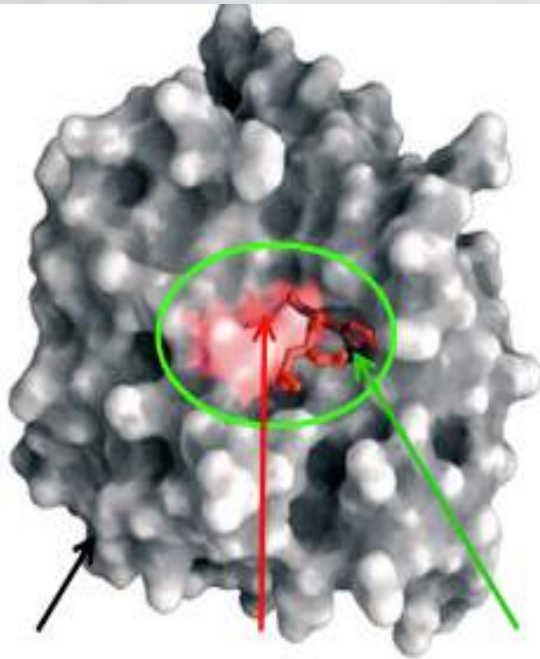
Spécificité de liaison / groupement :

Vis à vis d'un ou plusieurs groupements (action de la chymotrypsine sur les WYF)

Spécificité moins stricte / large :

Vis à vis d'un groupement fonctionnel (lipase hydrolyse les AG dans les TG).

V) Structure d'une enzyme :



site actif d'une enzyme : partie de la protéine capable :

de **reconnaître**
de **transformer** } le substrat

enzyme **substrat** Site actif

SITE ACTIF :

Site de **reconnaissance** + Site **catalytique**

VI) Le complexe enzyme substrat :

- ✧ **Le complexe Enzyme-Substrat ES** génère l'activité catalytique grâce à une **complémentarité ES**
- ✧ les groupements du site actif ne sont pas complémentaires aux substrat libre, **mais à une conformation enzyme – substrat contrainte**
- ✧ La fixation du substrat **modifie la conformation de l'enzyme.**

→ **L'enzyme est complémentaire au substrat dans son état de transition.**

**Mon cerveau
en P1**



VII) Les cofacteurs :

- Participent à la **structure de l'enzyme** (zinc)
- **Transportent un substrat** (CoA)
- Acceptent un **produit formé** (NADH)

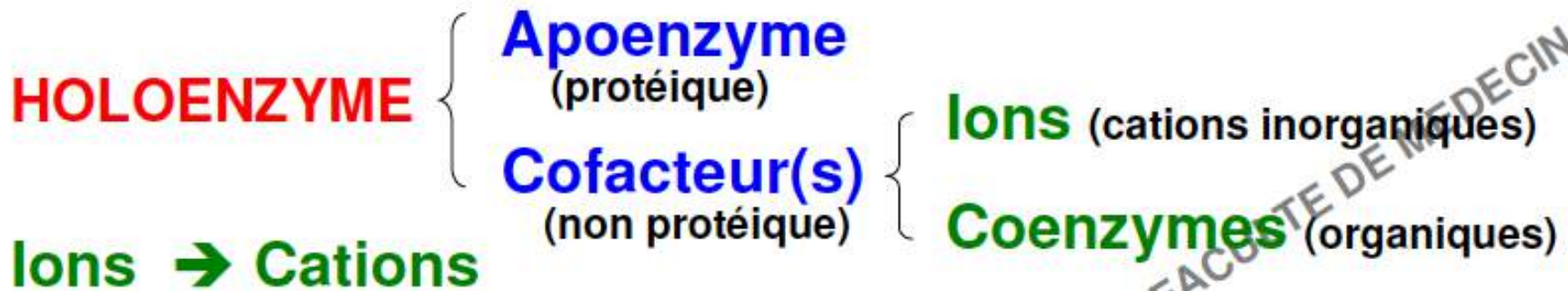
Les Cofacteurs sont,

- **soit des ions métalliques (cations divalents)**
(Mg^{++} , Cu^{++} , Mn^{++} ...)
- **soit des molécules organiques et non protéiques, dites**
Coenzymes → **NAD^+ , $NADP^+$, FAD , TPP ...**

→ Les coenzymes :

Stœchiométriques /co substrat	Catalytiques / Prosthetiques
Liaisons faibles avec l'apoE	Liaisons fortes , covalentes avec l'apoE
Libres , elles se dissocient de l'apoE à chaque réaction	Toujours associés à l'apoE
Concentration proche de celle en substrat	Concentration proche de celle en enzyme
Rôle de transporteur	Rôle d'activateur
Exemples : NAD ⁺ / NADP ⁺ / CoA - SH	FMN / FAD

ON RECAPE TOOOUUUT



Composés chimiques intervenant dans la réaction enzymatique soit :

- Pour transporter ou compléter un substrat
- Pour participer à la structure de la forme active de l'enzyme

Coenzymes

Cofacteurs indispensables à la réaction enzymatique :

- Coenzymes **stoechiométriques** (libres); NAD⁺/NADP⁺...
- Coenzymes **catalytiques / prosthétiques** (associées); FMN/FAD...
 - Transport d'**électrons** ou transport de **groupements**

L'apoenzyme reconnaît spécifiquement les cofacteurs dont elle a besoin

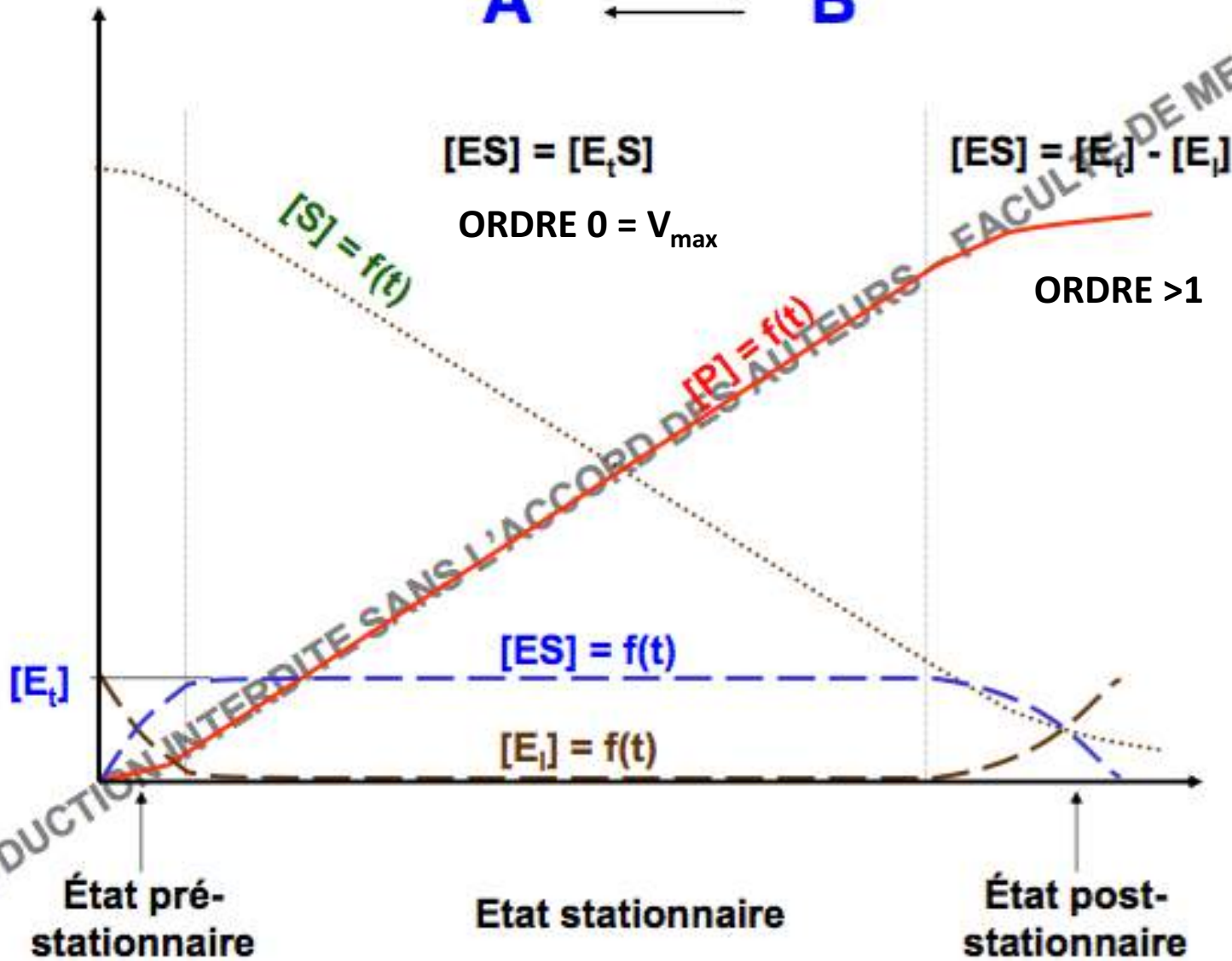
Les deux hypothèses de Michaelis et Menten :

1. La formation d'un complexe ES est un intermédiaire essentiel de la réaction enzymatique

2. On mélange l'enzyme à un large excès de substrat et on suppose qu'on est dans un état stationnaire; Dans ces conditions la concentration du complexe ES est constante

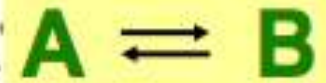
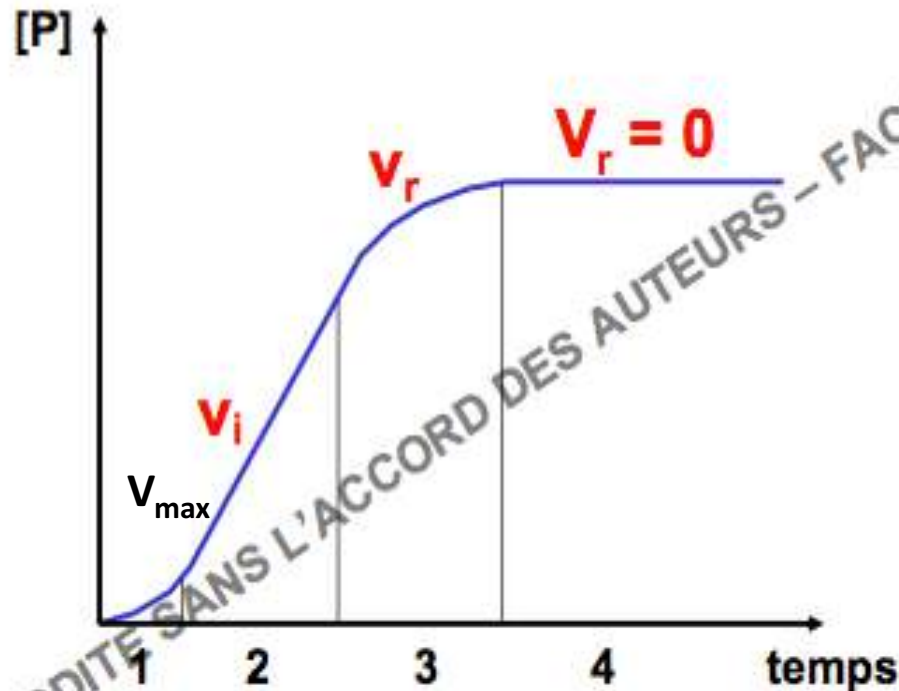
Encore un
peu de
courage





REPRODUCTION INTERDITE SANS L'ACCORD DES AUTEURS FACULTE DE MEDECINE - U

Evolution de la vitesse de réaction en fonction du temps



1 **Pré stationnaire** $[ES] \nearrow$

2 **Stationnaire** $[S] \gg [E]$

3 **Post stationnaire** $[S] \sim [E]$

4 **Équilibre** $[S] \rightleftharpoons [P]$

VIII) Les caractéristiques

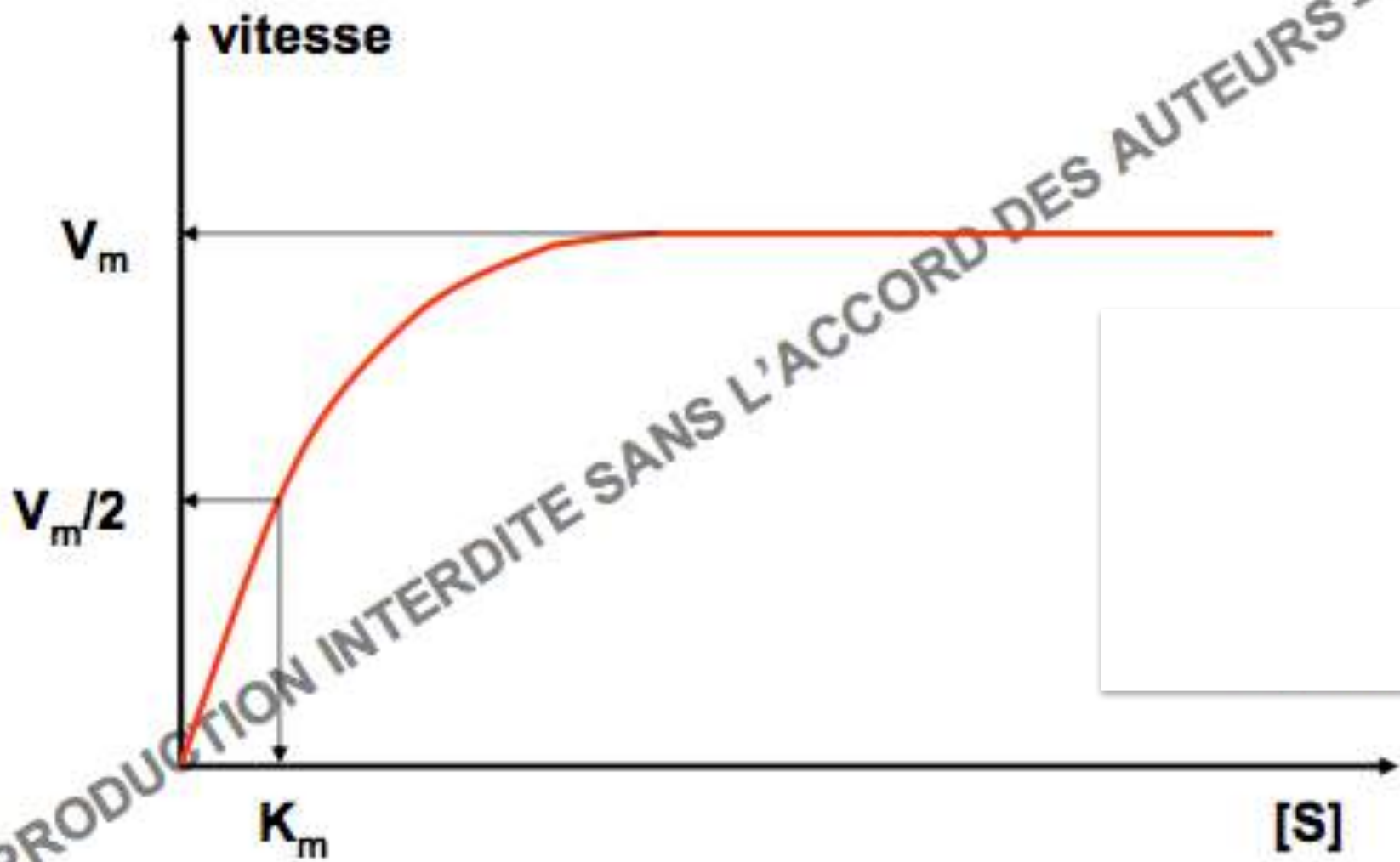
des enzymes :

Trop facile
les gars



Une enzyme va être caractérisée par son affinité et sa vitesse de réaction

- **Affinité (Km)** : Plus une enzyme a d'affinité pour son substrat plus la concentration nécessaire en substrat pour atteindre une vitesse maximale est faible → 1^{ère} partie
- **Vitesse maximale (Vm)** : vitesse initiale théorique d'une réaction enzymatique après saturation des molécules d'enzymes par le substrat → 2^{ème} partie



REPRODUCTION INTERDITE

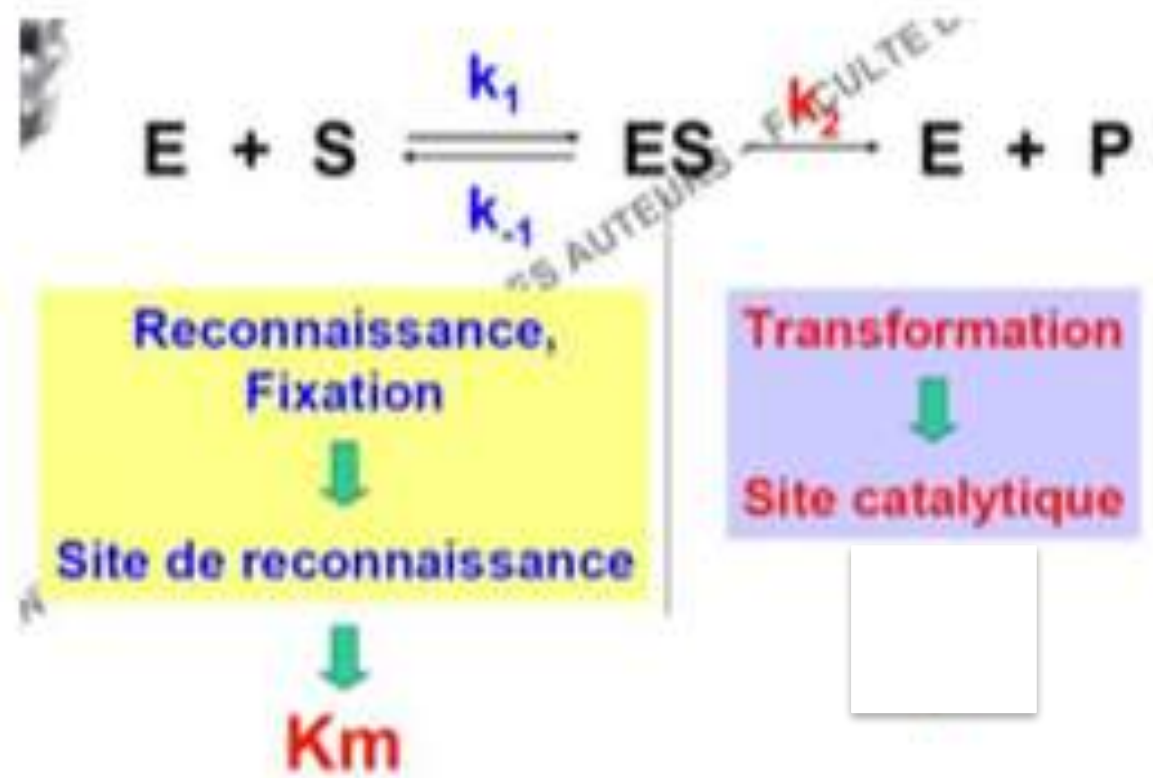
$$K_m = \frac{([E][S])}{[ES]}$$

K_m :

Constante de **Michaelis et Menten**

K_m est exprimée en unité de concentration (**mole/l**)

K_m indicateur de l'affinité de E pour S; inversement proportionnel

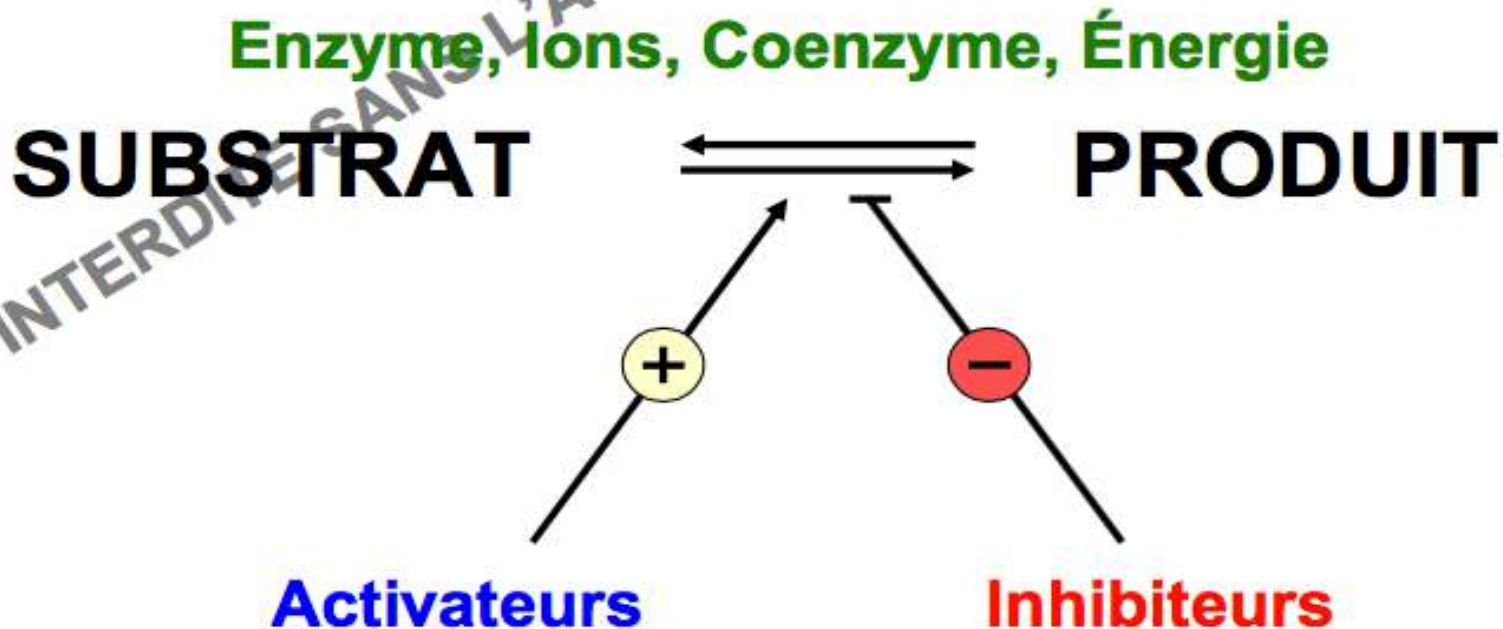


X) Les effecteurs :

→ Composés chimiques liés à l'enzyme qui vont **modifier la vitesse de la réaction**



- Soit en l'accélérant : **ACTIVATEURS**
- Soit en la diminuant : **INHIBITEURS**



XI) Contrôle de l'activité enzymatique :

1) Par des processus physico chimiques :

- Selon la **concentration**
- Selon la **localisation** (ex : isoenzyme de la LDH)
- Selon **l'environnement** (pH, température, cofacteurs, ...)

2) Par des processus NON physico chimiques :

- Par des **activateurs ou inhibiteurs**
- Par **protéolyse ménagée** → irréversible
- Par **modification covalente** → réversible



PLUSIEURS MODES DE CONTRÔLE PEUVENT ETRE ASSOCIES

QCM Time :

QCM 1 : Au sujet de l'enzymologie donnez les propositions vraies :

- A) Une enzyme agit à forte concentration et sert un grand nombre de fois
- B) L'enzyme, catalyseur biologique diminue l'énergie d'activation en formant des intermédiaires d'énergie d'activation plus basse
- C) Le site actif de l'enzyme possède un site de reconnaissance et un site catalytique.
- D) Les cofacteurs sont des coenzymes nécessaires au fonctionnement de certaines enzymes.
- E) Toutes les propositions sont fausses.

Correction : BC

A) Faux : Elle agit à TRES FAIBLE concentration

B) Vrai

C) Vrai

D) Faux : Les coenzymes sont des cofacteurs et non l'inverse.

QCM 2 : A propos de l'enzymologie donnez les propositions vraies :

- A) Les coenzymes catalytiques sont liés à l'apoenzyme par des liaisons faibles (type covalente)
- B) Dans l'état post stationnaire la concentration du complexe ES augmente
- C) La constante de Michaelis et Menten est proportionnelle à l'affinité de l'enzyme pour le substrat
- D) Le pH, la température ou la localisation sont des processus non physico chimiques qui contrôlent l'activité enzymatique.
- E) Toutes les réponses sont fausses

Correction : E

- A) Faux : Liaisons FORTES pour les coenzymes cataytiques = prosthétiques
- B) Faux : C'est dans l'état pré stationnaire que ES augmente fortement
- C) Faux : Inversement proportionnelle
- D) Faux : processus physico-chimiques



**C'est fini !
Bravo à vous !**

Ne lâchez rien !

