

# ENZYMOLOGIE

## RECAP

HELLO TOUT LE MONDE !!

JE VOUS FAIS CETTE PETITE FICHE POUR DÉGROSSIR MON ÉNORME COURS SUR L'ENZYMOLOGIE. ICI, ON VA A-B-R-É-G-E-R DONC TOUT CE QUI EST EXEMPLES, RÉPÉTITIONS ET EXPLICATIONS JE NE VOUS LE REMETS PAS.

C'EST QUAND MÊME IMPORTANT DE CONNAÎTRE VOTRE COURS (LE LONG... OUI JE SAIS). MAIS ICI, JE VOUS METS CE QUI SELON MOI ET LE PLUS IMPORTANT À CONNAÎTRE, LES GRANDES LIGNES ET CE QUI TOMBE.

J'AI MIS DU TEMPS À LA FAIRE..  
J'ESPÈRE QUE ÇA VOUS AIDERA !!  
DES BISOUSSSSS

BY CHLOESTERASE



# LES CARACTÉRISTIQUES DES ENZYMES :

## GÉNÉRALES

ENZYME = PROTÉINE (SAUF RIBOZYME)

SYNTHÈSE => DÉTERMINÉE  
GÉNÉTIQUEMENT

SPÉCIFIQUES

PRÉSENTES DANS TOUT  
COMPARTIMENT CELLULAIRE

## RÉACTIONNELLES

AGISSENT CONCENTRATION TRÈS  
FAIBLE

AUGMENTENT VITESSE DE RÉACTION  
(DIMINUENT EA)

NE MODIFIENT PAS LE RÉSULTAT

RESTENT INCHANGÉES EN FIN DE  
RÉACTION



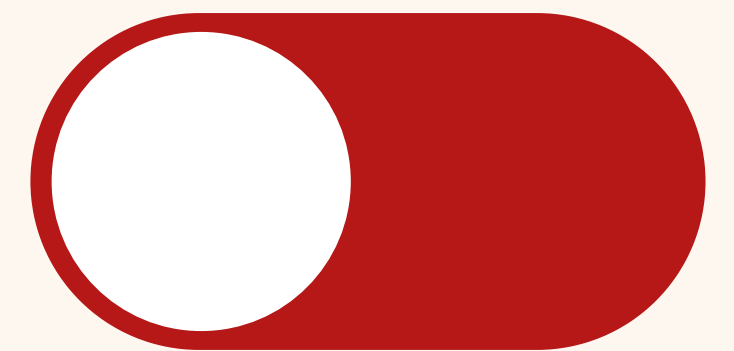
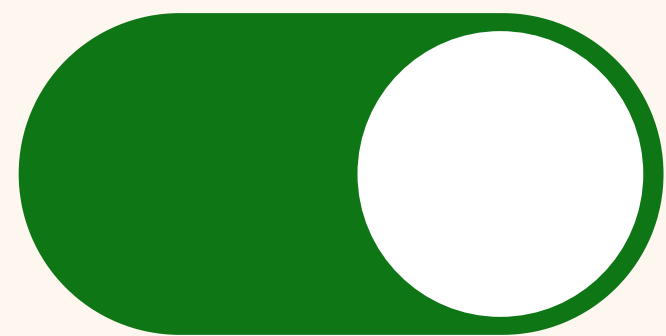
# 2 TYPES D'ENZYMES :

## Holoenzyme

Partie protéique +  
cofacteur

## Apoenzyme

Partie protéique  
seule



# PROPRIÉTÉ DE LA CATALYSE

Enzyme : augmente  $10^6$  à  $10^{17}$  la réaction en abaissant  $E_a$

$E_a$  = barrière énergétique à franchir pour que la réaction ait lieu

$E_t$  = Énergie max où substrat => modifs structurales (pour devenir produit)



# SPÉCIFICITÉ

- via spécificité de la réaction
- via spécificité du substrat
- stéréospécifique
- via isomère (cis ou trans)
- via forme optique active (R ou S)
- via type liaison
- via un groupement



# STRUCTURE DU SITE ACTIF (SA)



→ extrémités N-C  
→ servent pas (nbre variable)



→ stabilisent  
→ n'interviennent pas dans la réaction enzymatique



→ proches du site catalytique mais PAS contact avec le substrat  
→ aide au fonctionnement enzyme (flexibilité du SA)



→ nbre <10 (loins en linéaire mais proches en 3D)  
→ contact avec substrat => site reconnaissance



## CARACTÉRISTIQUES DU SITE ACTIF

SA = site reconnaissance +  
site catalytique

SA = micro-environnement  
unique : une crevasse à la  
périphérie de l'enzyme

NB : eau (sauf si elle est  
substrat) est souvent exclue



## CARACTÉRISTIQUES DU COMPLEXE ES

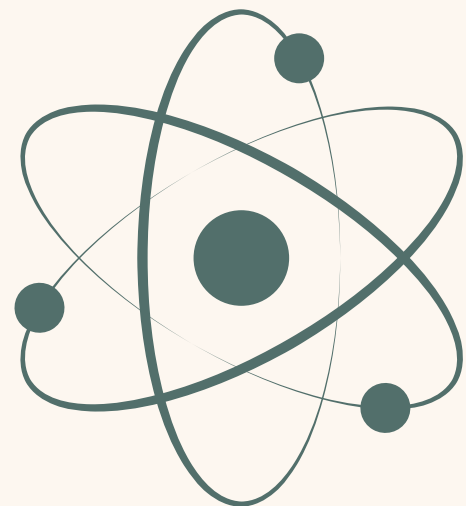
- modèle de Fischer = clé-serrure  
Complémentarité parfaite =>  
**statique**  
PB : incohérence → fixation  
ordonnée ?
- modèle de Koshland  
Structure enzyme se déforme pour  
s'adapter au substrat => **dynamique**

# COFACTEURS

**IONS  
MÉTALLIQUES**

**COENZYMES**  
( → ALIMENTATION)

**FE<sup>2+</sup> , CU<sup>2+</sup> , MG<sup>2+</sup>**



Stoechiométrique  
= co-substrat

- liaison faible (électrostatiques)
- transport e<sup>-</sup> ou H<sup>+</sup>

Prosthétiques =  
catalytiques

- liaison forte & irréversible (covalente)
- activation

# COENZYMES

LE  
G  
E  
N  
D  
E



Coenzymes des réactions d'oxydoréduction  
(= transfert d'électron)



Coenzymes des réactions de transfert de  
groupements

Vitamines	B1	B2	B3	B5	B6	H
Coenzymes	 TPP	 FAD et FMN	 NAD <sup>+</sup> et NADP	 CoA	 PP	 Biotine
Noyau réactionnel	Thiazole	Isollaxazine	Nicotinami de	Fonction Thiol	Aldéhyde C4	Imidazole

 coenzyme  
Quinonine : Q

 Cytochrome C

Si vous arrivez déjà à apprendre ce tableau  
c'est énorme. Pour moi c'est le plus important  
à retenir (→ le reste c'est dans mon cours)

# CINÉTIQUE DES ENZYMES MICHAELIENNES

## 3 états :

### 1- État **pré-stationnaire** :

[P] & [ES] augmentent alors que [S] & [Elibre] diminuent

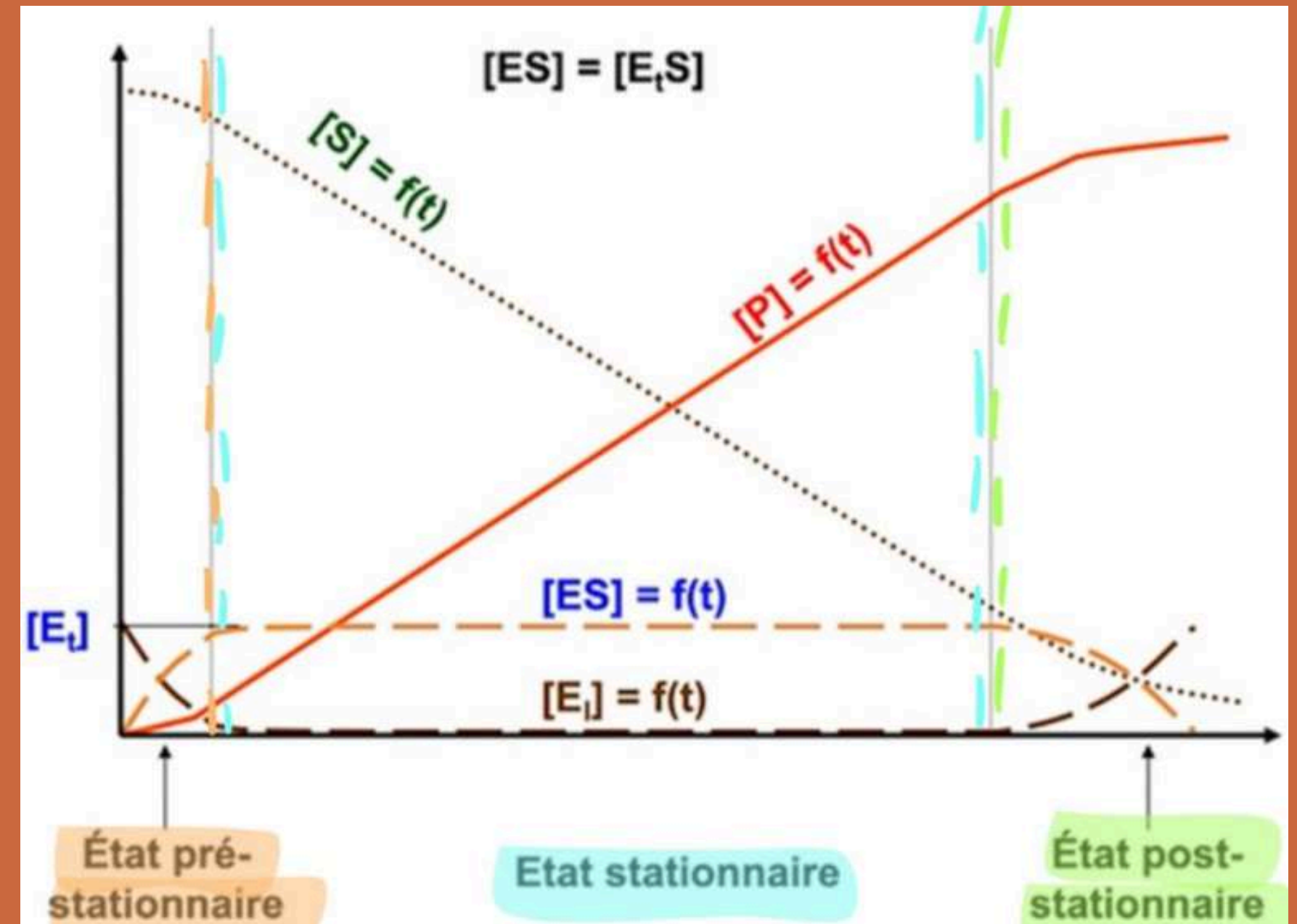
### 2- État **stationnaire** :

[P] augmente fort alors que [S] diminue fort.

Et  $[ES] = [E_{totale}] \Rightarrow$  toutes les enzymes sont liées

### 3- **Post stationnaire** :

[ES] diminue alors que [Elibre] augmente



Michela avait appris que ça... c'est IMPORTANT (mais faites pas comme elle les gars svp)

# CINÉTIQUE DES ENZYMES MICHAELIENNES

## Vitesse de réaction :

[S] → [P] en fonction du temps

**$v_{max}$**  : vitesse où toutes les enzymes sont saturées en substrat

$v_{ini}$  = vitesse de réaction calculée en phase stationnaire

**cste association = cste dissociation**

## Constante Michaelis & Menten ( $K_m$ )

$K_m$  => Inversement proportionnel à l'affinité : si  $K_m$  grand alors l'affinité est faible (et inversement)

$$K_m = [s]_{1/2} v_m$$

Dans conditions des enzymes michaeliennes, à l'état stationnaire, vu que  $[S] \gg \gg [E]$  :

- si  $[E]$  augmente alors  $[ES]$  augmente mais
- si  $[S]$  augmente => aucun changement (car pas assez d'enzyme pour le substrat qui a une concentration largement supérieure)

# EXPRESSION DE L'ACTIVITÉ ENZYMATIQUE



**Quantité  
d'enzyme pour  
transformer 1  
micromole  
substrat/min**



**Quantité d'enzyme  
pour transformer 1  
mol substrat/s**



**Mole  
substrat/mole  
enzyme/s**



**Rapport activité  
enzymatique (U.I ou  
Katal) / quantité  
totale de protéine  
(en mg)**

# ISOENZYMES ET MACROENZYMES

## Isoenzyme

le seul point commun :  
ils catalysent la même  
réaction => mais tissu  
spécifique

### Exemple :

-LDH M4 : dans **m**uscles, foie =>  
fermentation lactique

-LDH H4 : dans cœur =>  
oxydation lactate



## Macroenzyme

Enzyme + macromolécule

Avantages : diminue  
clairance ou augmente  
activité enzymatique

### 2 types :

**Type I** : liée avec Immunoglobuline

**Type II** : liée avec autre  
macromolécule

# Non Physico-chimique

# Physico-chimique

## Inhibiteurs enzymatiques

Inhib Compétitif : Inhib remplace le Substrat  
(SEULE inhibition Réversible)

- Vmax pareil
- Km augmente (donc affinité diminue)

Inhib NON Compétitif : Site  $\neq$  que Substrat

- Vmax diminue
- Km pareil

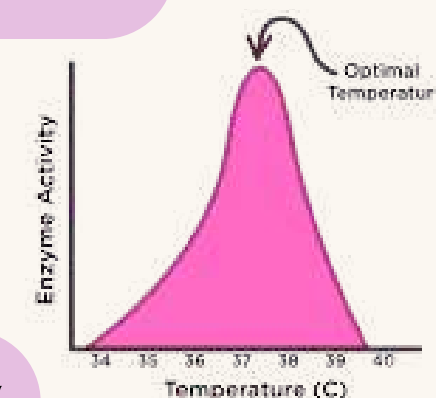
Inhib INCompétitif : Formation du complexe EIS

- Vmax diminue
- Km diminue (affinité augmente)

# Contrôle ACTIVITÉ

## Influence T°C

- Courbe activation puis dénaturation (courbe chute car la protéine se casse)



## Influence du pH

- Ex: pepsine (mnémo : pepsi => acide)
- trypsine
- cholinesterase (mnémo : augmente avec le pH comme si on grimper la colline)

## Concentration enzymatique

## Localisation

## Régulation covalente

- Phosphoryle ou déphosphoryle (active ou inhibe)
- REVERSIBLE
- ex: PKA et Glucagon

## Protéolyse ménagée

- Lieu où enz est créée  $\neq$  lieu où elle agit
- Proenzyme (=Zymogène) permet le transport ou le stockage d'une enzyme.
- Une fois arrivée sur le lieu d'action :  
Proenzyme -clivage→ Enzyme
- Clivage IRRÉVERSIBLE

CHLOESTERASE

# LES ENZYMES ALLOSTÉRIQUES ( $\neq$ MICHAELIENNES)

## ENZYME CLÉ

=> engagement dans une voie



- vitesse de réaction la plus lente
- est une enzyme allostérique
- régule la voie : en fonction de la quantité de produit nécessaire peut activer ou inhiber la voie (=rétro-inhibition)

## ALLOSTÉRIE

(=VARIATION DE CONFORMATION)

Caractéristiques :

- prot structure quaternaire
- cinétique allostérique
- oligomères : protomères avec axe de symétrie

## CINÉTIQUE



2 types :

- enz système K : agit sur  $K_m$
- enz système V : agit sur  $V_m$

# EFFECTEURS ALLOSTÉRIQUES

## ÉTATS DES PROTOMÈRES

Tendu (T) = défavorable

Relaché (R) = favorable

Coopération positive (+) :  $T \rightarrow R$  ( $V_{max}$  augmente et  $K_m$  diminue)

Coopération négative (-) :  $R \rightarrow T$  ( $V_{max}$  diminue et  $K_m$  augmente)

## HOMOTROPE

S & S

TJRS Coopération +

VS

## HÉTÉROTROPE

S & autre molécule

Coopération +

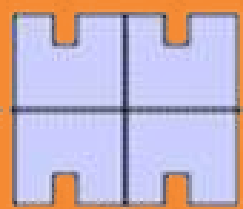
Coopération -

# MODÈLES DE COOPÉRATIVITÉS

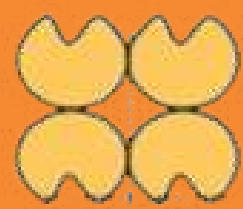
## CONCERTÉ :

tous en même temps :  
conserve symetrie

passage de  $E_T \rightleftharpoons E_R$  est possible



État T



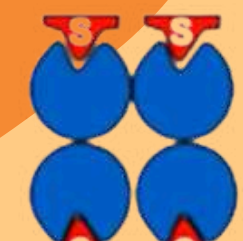
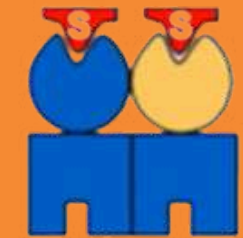
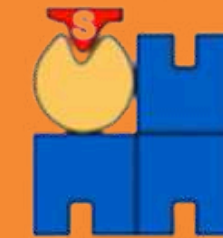
État R

## KOSHLAND :

Séquentiel / progressif :  
perte symetrie

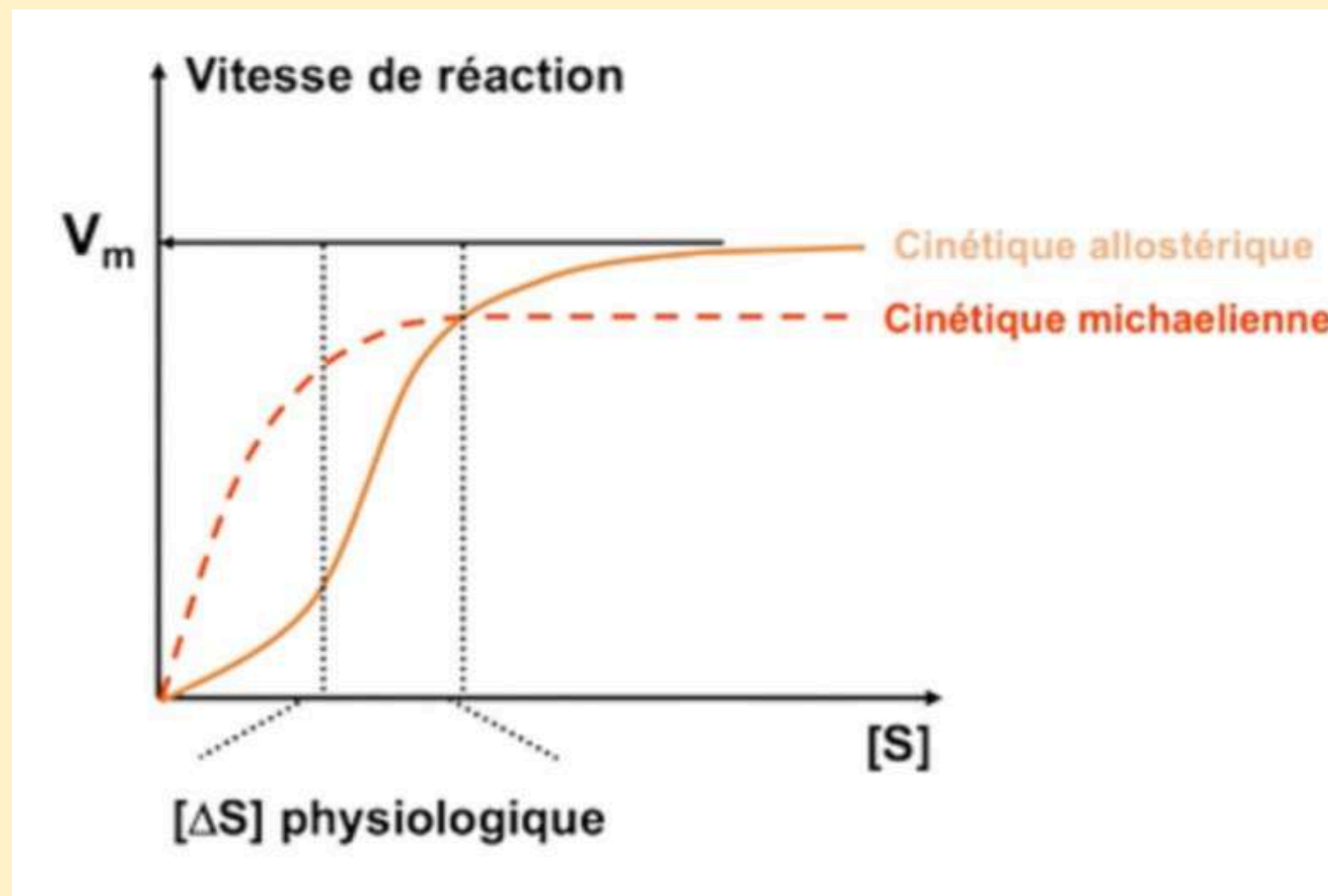


État ( T )



État ( R )

# COMPARAISON DE LA CINÉTIQUE ENTRE ENZYMES ALLOSTÉRIQUE ET MICHAELIENNE

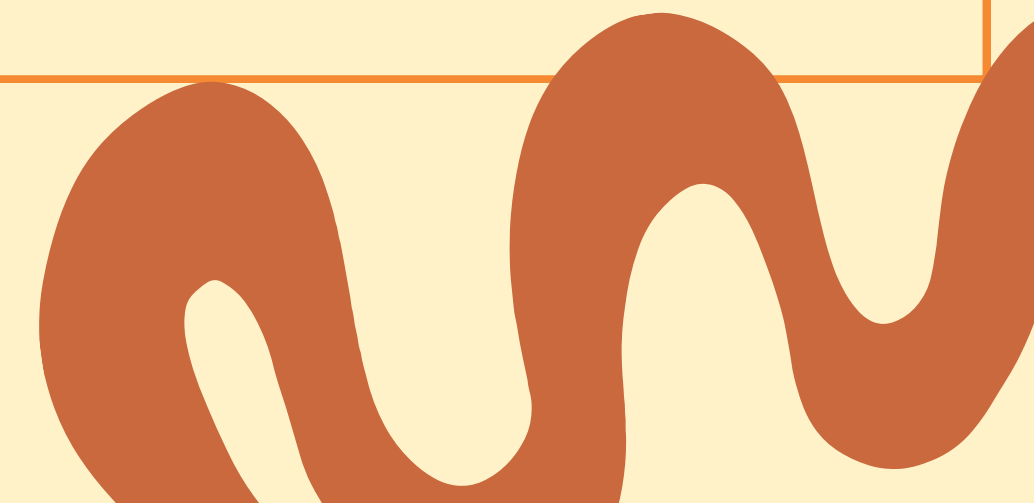


Passage à une enzyme michaelienne par **désensibilisation**

Enz allostérique → désensibilisation par agents chimiques & physiques → Enz michaelienne

Pour [S] basse :  $M > A$

Pour [S] élevée :  $M < A$



ça y'est c'est fini pour ce recap. ATTENTION, je me répète mais c'est vraiment les gros titres du cours, c'est incomplet donc je vous conseille d'apprendre sur mes deux fiches de cours et une fois que vous voulez réviser mais que vous n'avez pas trop le temps vous pouvez l'utiliser.

Ça dégrossit pas mal toutes les notions. Si ce qui est sur cette fiche est clair dans vos têtes vous avez le principal. ;)

Je vous envoie toute ma force ! Et j'ai une bonne nouvelle pour vous 🥁🥁🥁 : c'est fini pour l'enzymo (yeaaaayyy). C'est rentable comme partie : y'a souvent 2-3 questions aux partiels alors **pas** d'impasse !! Je compte sur vous, et comme d'hab si vous avez des questions (ou besoin de soutien moral) **je suis là <3**

### TIME for DEDIIIII :

- Dédi aux pauses lunch avec mes copines ou ma famille qui venait jusqu'à la bu pour pas me faire perdre du temps sur la route. C'était vraiment ma motivation pour bosser à fond pendant la matinée
- Dédi aux repas CROUS à 1€ 🐭🐭🐭 (la meuf qui vit pour le bouffe lol).
- Dédi à Grey's Anatomie qui m'a donné un peu de vocabulaire en anglais pour la P2
- Anti-dédi aux murs du Co qui ont été repeint (maintenant on a plus la distraction de lire sur les murs)
- Dédi à Romy, (cf photo). Vous pouvez aller lui parler, c'est une dame sympathique, promis elle mord pas. Force Michou, c'est cool la bioch !



*Elle m'avait fait  
une surprise en  
m'apportant des  
fleurs pour la fête  
des femmes*

