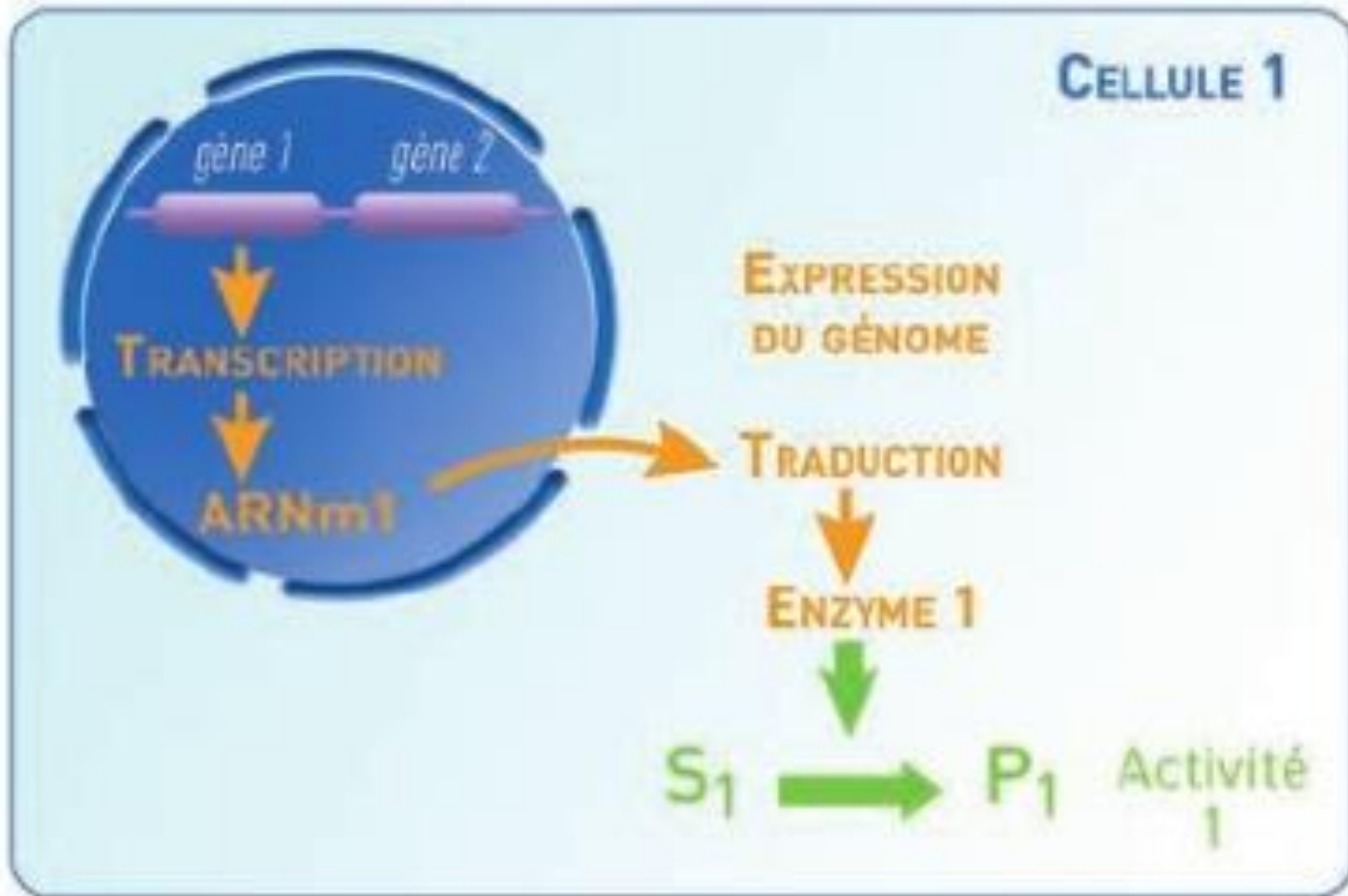


Thème 1 : Transmission, variation et expression du patrimoine génétique.

Chapitre 5 : Les enzymes, des protéines aux propriétés catalytiques.

Les enzymes résultent de l'expression de l'information génétique



Chaque cellule comporte milliers d'enzymes différentes

Les enzymes interviennent dans toutes les réactions du métabolisme

- réactions de dégradation

- réactions de synthèse

En fonction du type de réaction catalysée on classe les enzymes en 6 grandes familles.

Famille	Rôle
1. oxydo-réductase	Transfert de H ⁺ ou e ⁻ lors des réactions d'oxydoréduction
2. transférase	Transfert de groupes moléculaires
3. hydrolase	Coupure de molécules en présence d'eau
4. lyase	Enlève des groupes moléculaires
5. isomérase	Transformation intra-moléculaire
6. ligase = synthétase	Formation de nouvelles liaisons (<i>avec consommation d'énergie</i>)

Problématique : Quelles sont les propriétés des enzymes et comment interviennent-elles dans la réalisation des réactions chimiques ?

Thème 1 : Transmission, variation et expression du patrimoine génétique.

Chapitre 5 : Les enzymes, des protéines aux propriétés catalytiques.

I. Les propriétés des enzymes

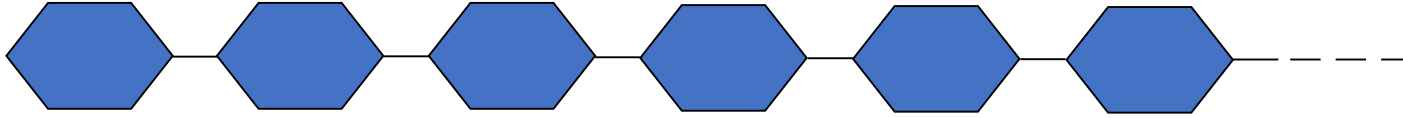
A. Les enzymes sont des biocatalyseurs

Correction du TP

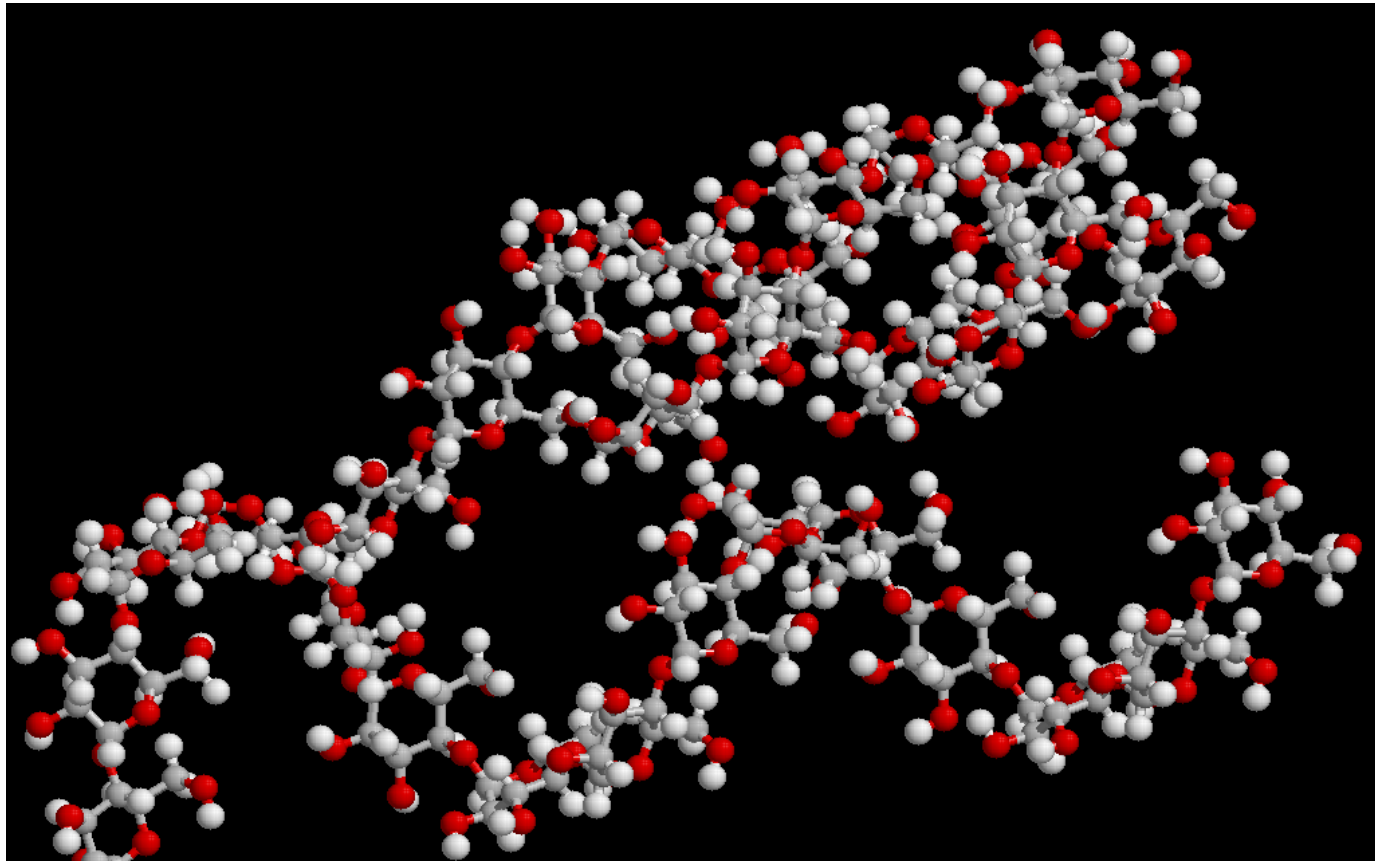
Partie 1

Montrer qu'une enzyme est un catalyseur

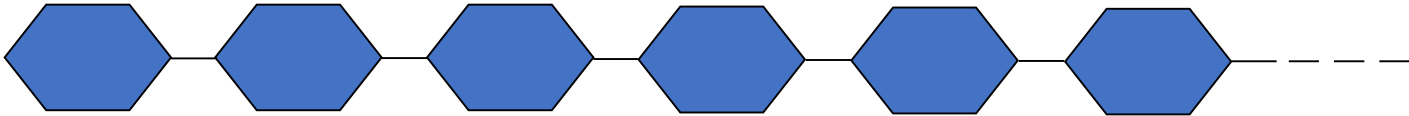
Réaction chimique étudiée : l'hydrolyse de l'amidon



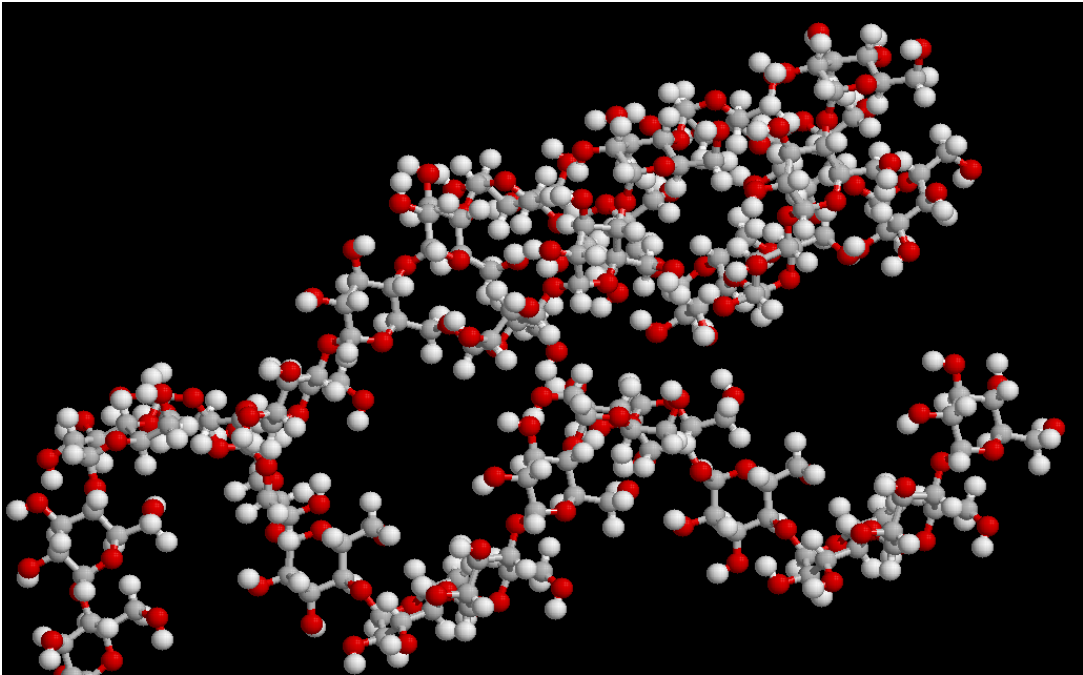
Molécule d'amidon (n molécules de glucose)

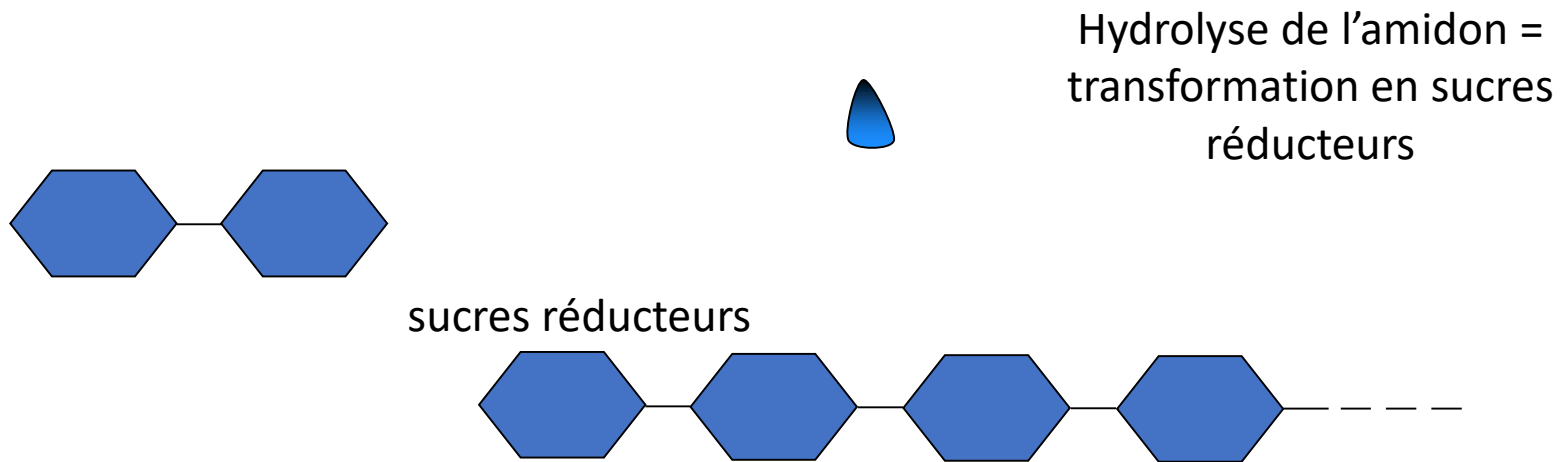


Hydrolyse de l'amidon =
transformation en sucres
réducteurs



Molécule d'amidon (n molécules de glucose)



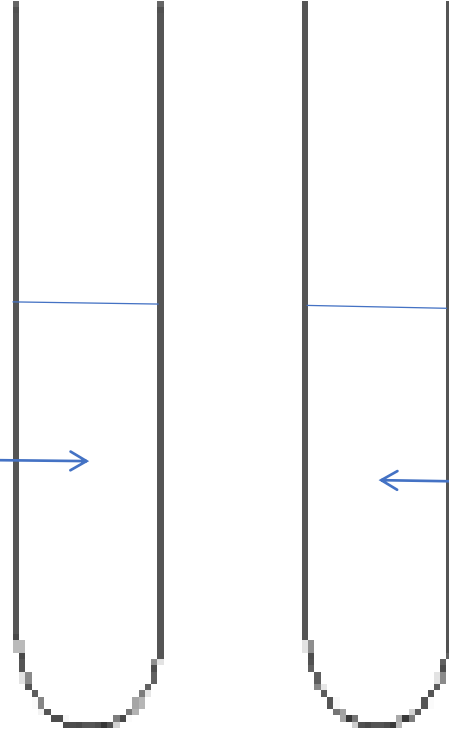


Amidon (polymère de glucose) **amylase** **maltose** (= sucre réducteur)

Principe de la manipulation



Amidon + eau
témoin



Amidon + amylase (enzyme)

Principe de la manipulation

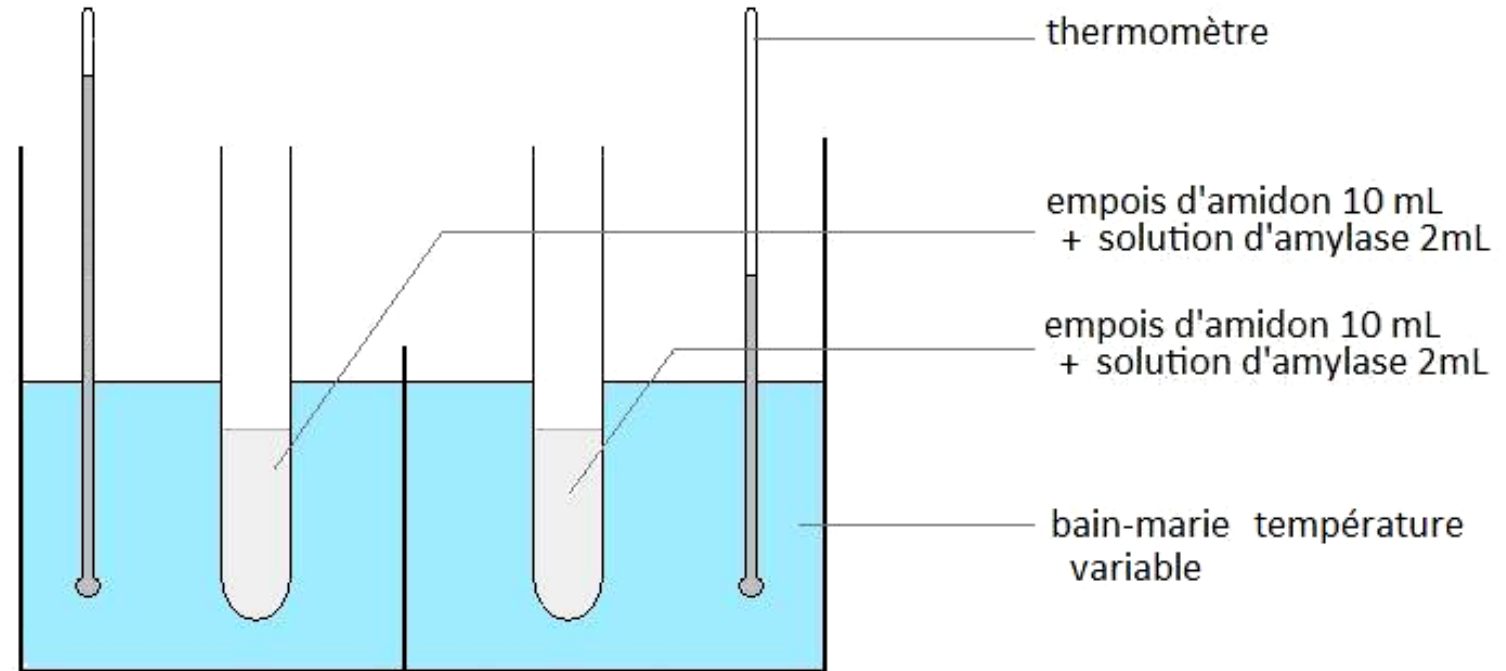


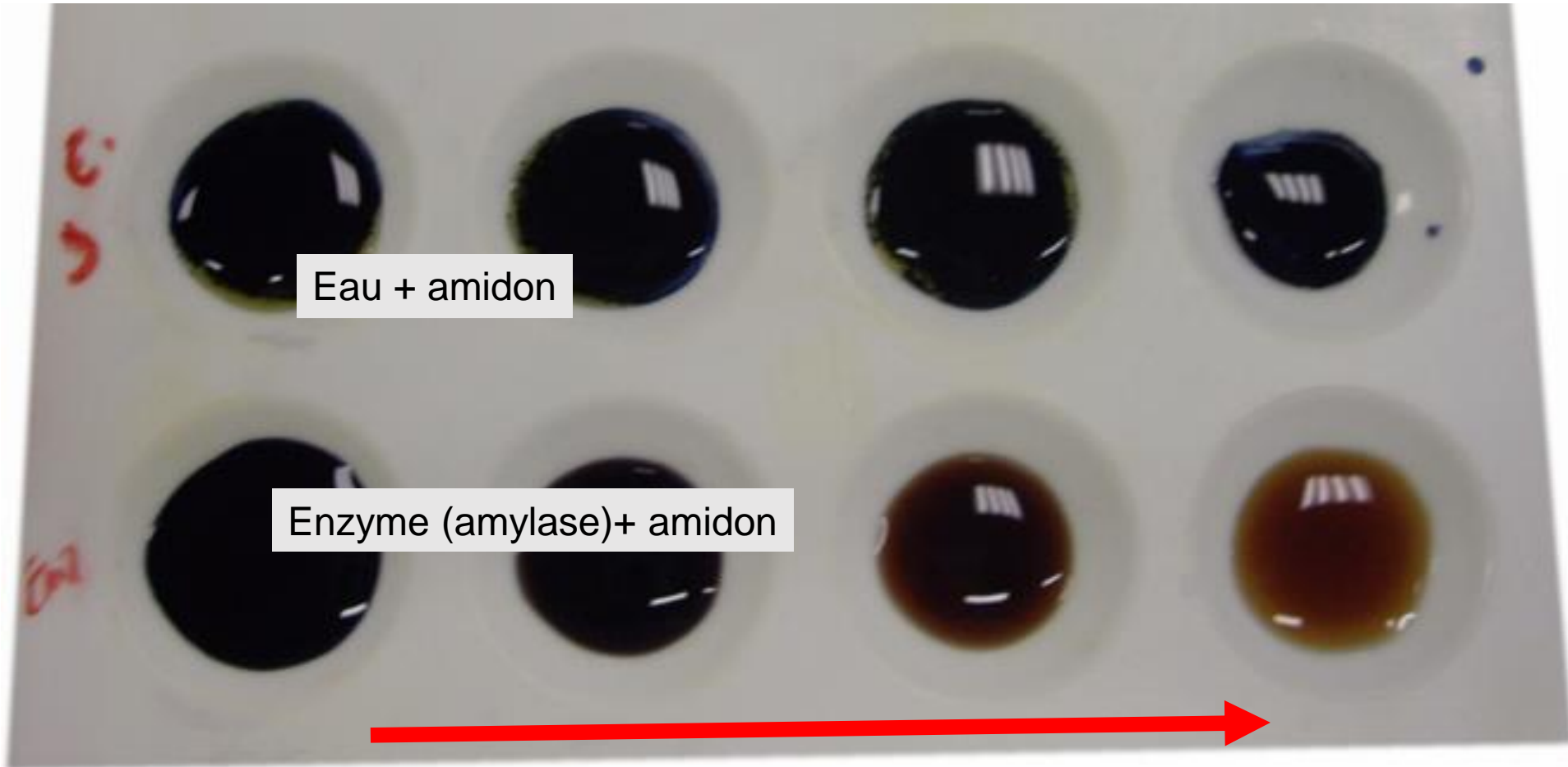
Schéma du protocole expérimental

On suit au cours du temps :

- la disparition de l'amidon
- l'apparition de maltose

Si l'amylase est bien un catalyseur, la disparition de l'amidon et l'apparition de maltose doivent être plus rapide dans le tube contenant de l'amylase que dans le tube contenant de l'eau

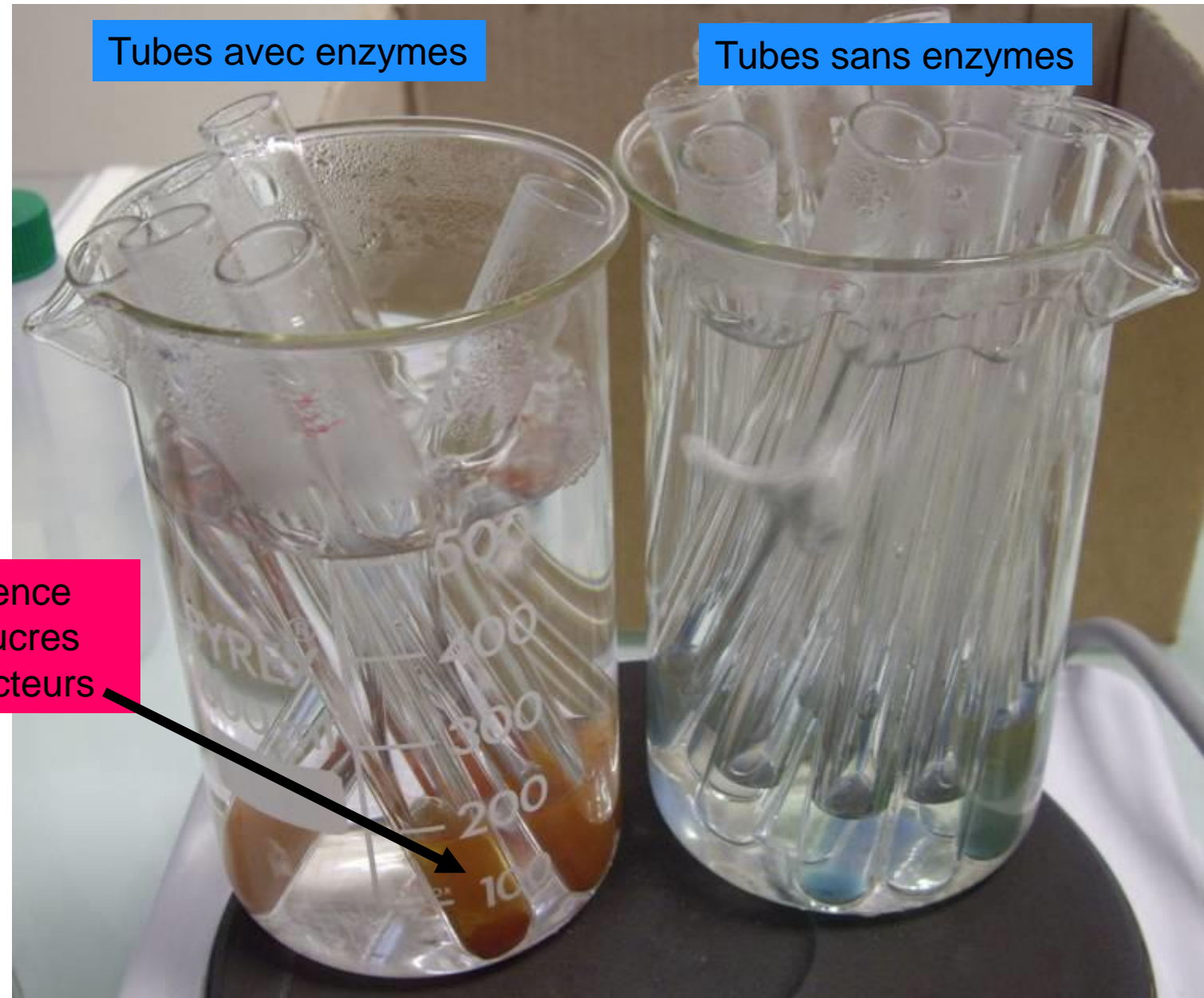
Présentation des résultats : test à l'eau iodée (reste-t-il de l'amidon?)



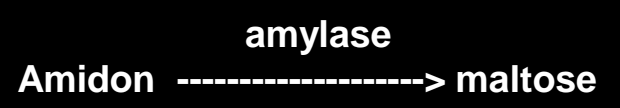
Disparition progressive de l'amidon

Présentation des résultats :

Test avec la liqueur de Fehling : y a-t-il eu formation de sucres réducteurs



L'hydrolyse de l'amidon



Amidon +
eau distillée



Amidon
+ amylase



Amidon + amylase

l'hydrolyse de l'amidon (mise en évidence grâce à lade l'amidon et àde sucres réducteurs (maltose dans ce cas)) ne s'effectue pas pendant la durée de l'expérience en absence d'amylase alors qu'elle est très(- de 6 min) en présence d'amylase L'amylase est bien une molécule quiune réaction chimique.

Titre : Tableau présentant les résultats de l'hydrolyse de l'amidon en présence et en absence d'amylase

Tests réalisés		Tube n° 1	Tube n° 2
		témoin	
		Amidon + eau distillée	Amidon + amylase
Test à l'eau iodée + : présence d'amidon - : absence d'amidon	T = 0 min	+	+
	T = 3 min	+	-
	T = 6 min	+	-
	T = 9 min	+	-
Test à la liqueur de Fehling (réalisé en fin de réaction) + : présence de sucres réducteurs - : absence de sucres réducteurs		-	+

Les enzymes sont des **biocatalyseurs**.

Un « **catalyseur** » :

- **accélère une réaction chimique** qui pourrait se produire naturellement mais qui serait beaucoup plus lente
- se retrouve **intact en fin de réaction** **disponible pour catalyser une nouvelle réaction**
- agit **à faible dose**.

« **biologique** » :

- est produite par un être vivant
- agit dans des conditions compatibles avec la vie.

enzyme
Substrat -----> Produit(s)

Substrat + enzyme -----> Produit(s) + enzyme

Thème 1 : Transmission, variation et expression du patrimoine génétique.

Chapitre 5 : Les enzymes, des protéines aux propriétés catalytiques.

I. Les propriétés des enzymes

A. Les enzymes sont des biocatalyseurs

B. Les enzymes ont une double spécificité

- Une spécificité de substrat

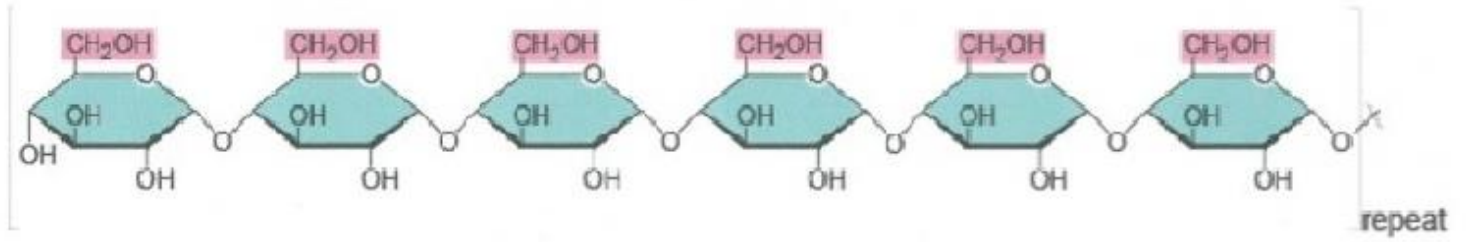
Correction du TP

Partie 2

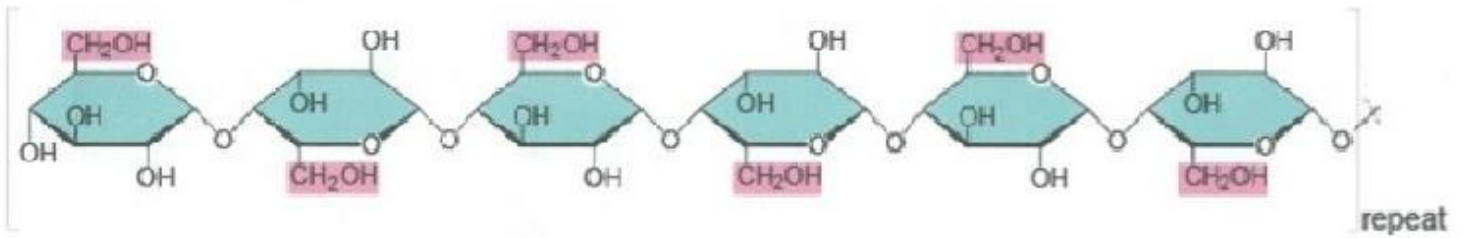
Montrer qu'une enzyme n'agit que sur un seul substrat

Trois glucides polymères de glucose

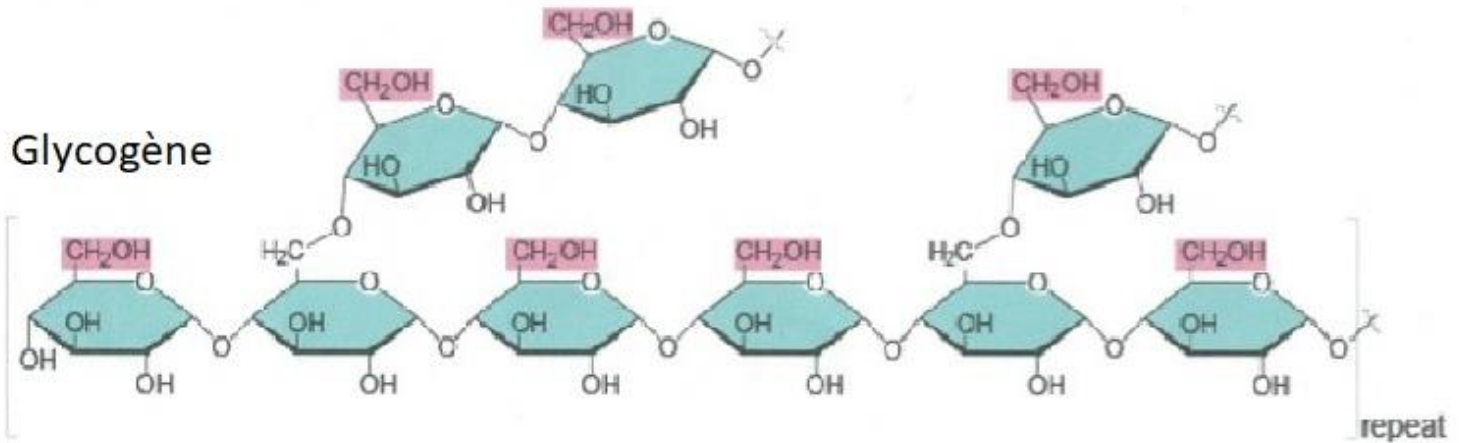
Amidon



Cellulose



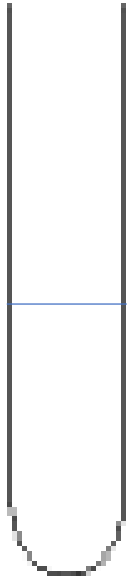
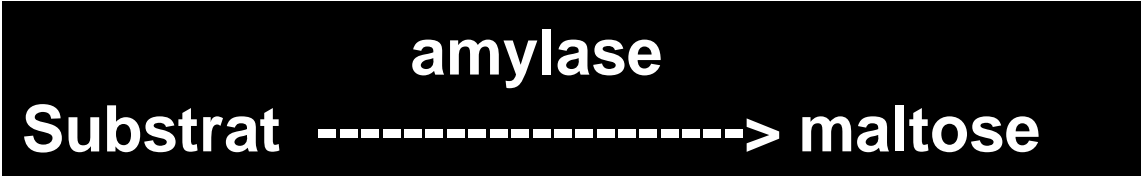
Glycogène



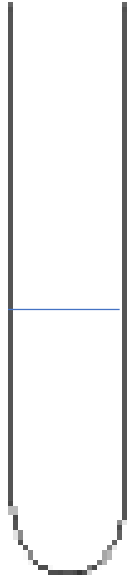
amylase

Substrat -----> maltose

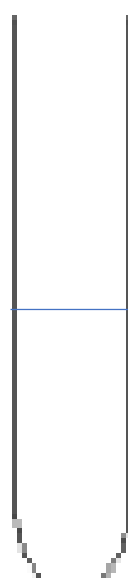
Principe de la manipulation



cellulose + amylase



glycogène + amylase



Amidon + amylase

On laisse agir 9 min et on teste la présence de maltose (liqueur de Fehling) pour voir si la réaction d'hydrolyse a eu lieu

Si l'amylase est bien spécifique de l'amidon, on ne doit déceler la présence de sucres réducteurs que dans le tube contenant de l'amidon

Une spécificité de substrat

	Tube n° 1	Tube n° 2	Tube n°3
Contenu du tube	Amidon + amylase	Cellulose + amylase	Glycogène + amylase
Test à la liqueur de Fehling	+	-	-

Titre : Tableau présentant les résultats de l'action de l'amylase sur différents substrats

L'hydrolyse du substrat en sucres réducteurs (glucose ou maltose) n'a eu lieu que pour

⇒ L'amylase est de l'amidon

Thème 1 : Transmission, variation et expression du patrimoine génétique.

Chapitre 5 : Les enzymes, des protéines aux propriétés catalytiques.

I. Les propriétés des enzymes

A. Les enzymes sont des biocatalyseurs

B. Les enzymes ont une double spécificité

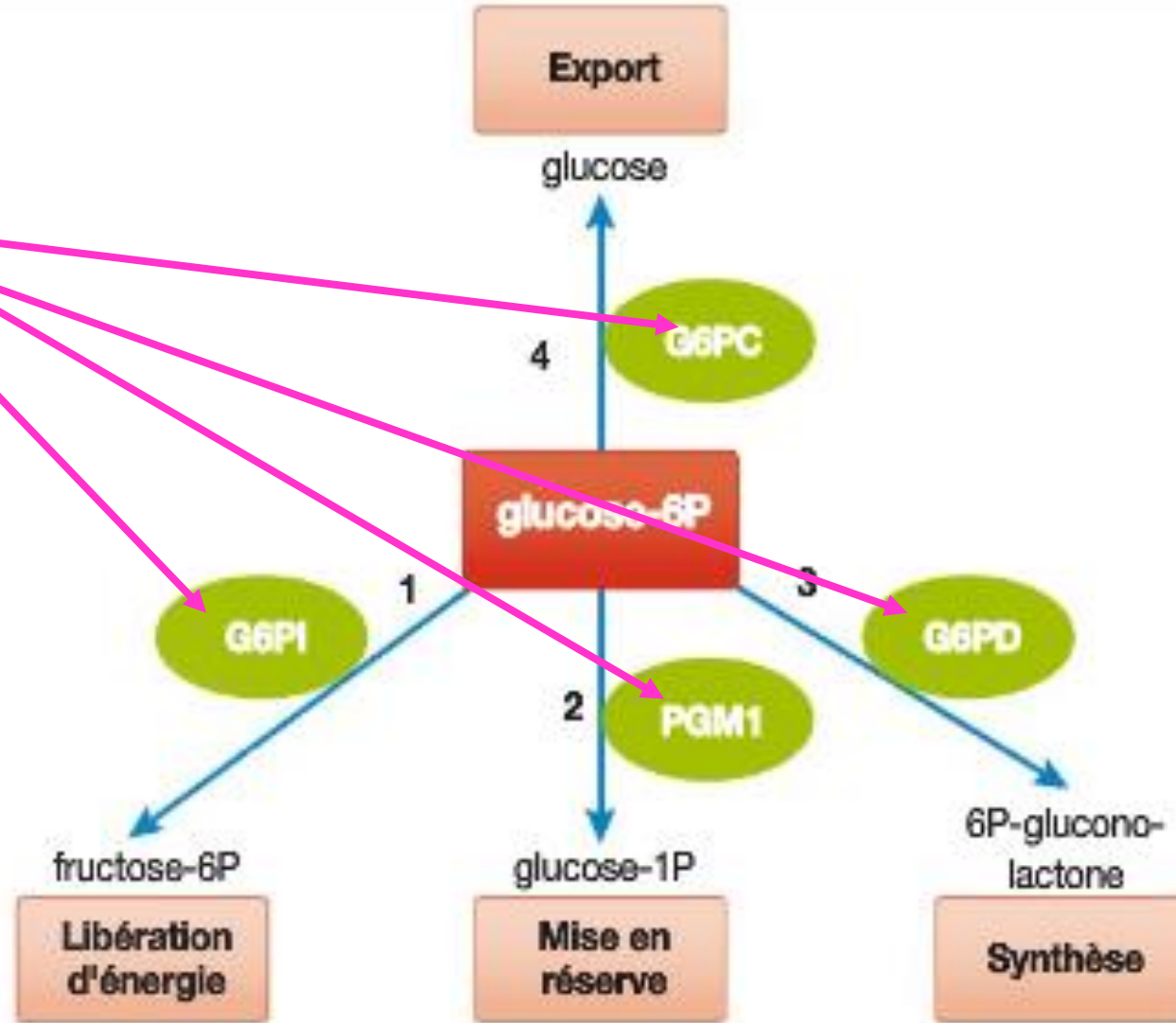
Une spécificité de substrat

Une spécificité d'action

Une spécificité d'action

Ex: devenir du glucose dans les cellules

4 enzymes



Thème 1 : Transmission, variation et expression du patrimoine génétique.

Chapitre 5 : Les enzymes, des protéines aux propriétés catalytiques.

I. Les propriétés des enzymes

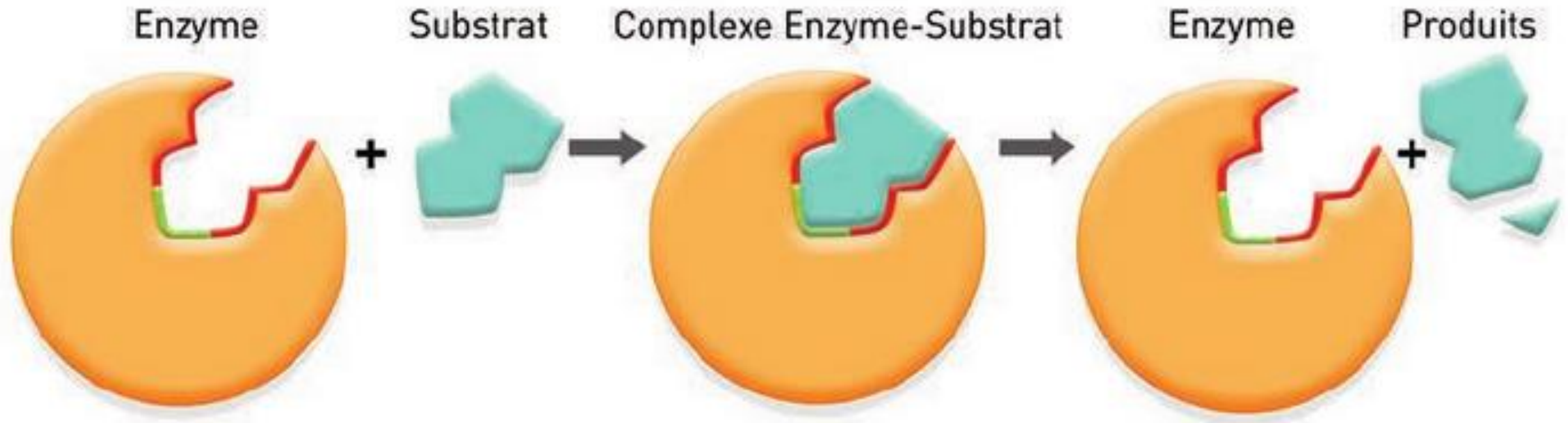
A. Les enzymes sont des biocatalyseurs

B. Les enzymes ont une double spécificité

II. Mode d'action des enzymes

A. La formation d'un complexe enzyme-substrat

Une association étroite des enzymes avec leur substrat



Enzyme

Substrat

Complexe
Enzyme-Substrat

Produit

Enzyme retrouvée
intacte en fin de réaction

Une association étroite des enzymes avec leur substrat



complémentarité de forme avec son substrat
(clé - serrure)

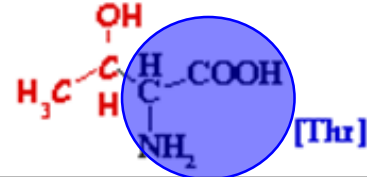
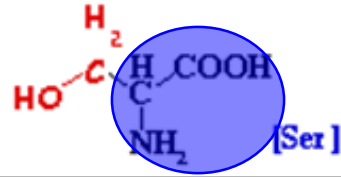
Enzyme + substrat = complexe enzyme-substrat = enzyme + produit

Les catégories d'acides aminés

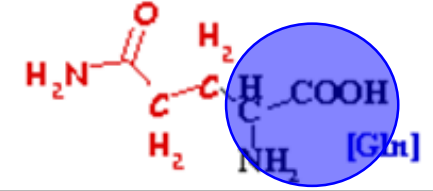
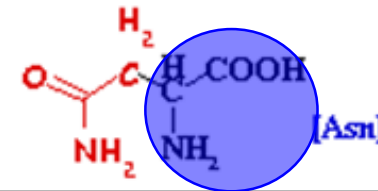
particulier



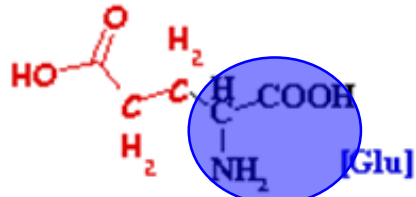
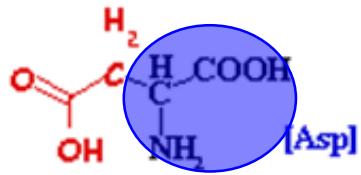
Polaires non chargés (hydroxyl-)



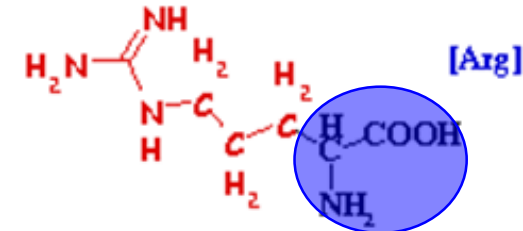
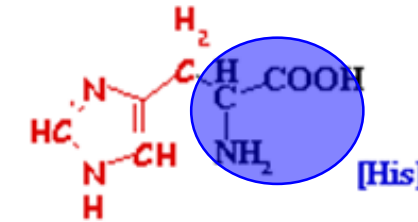
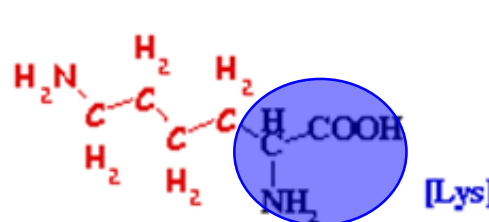
Polaires non chargés (amido-)



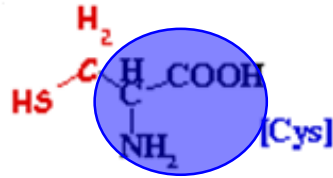
Polaires chargés (négativement)



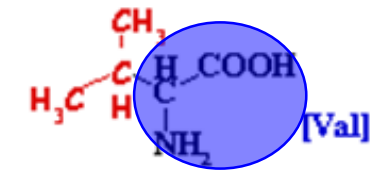
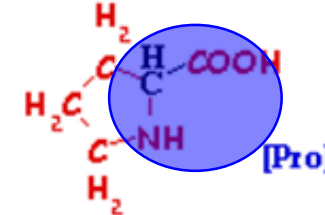
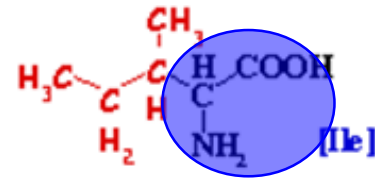
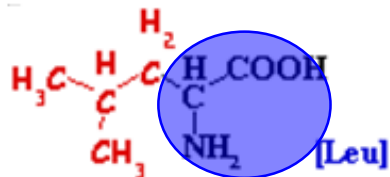
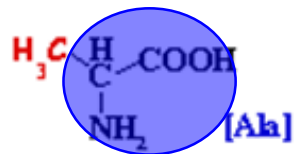
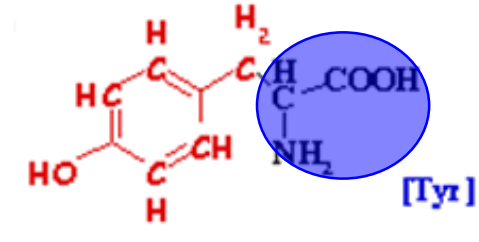
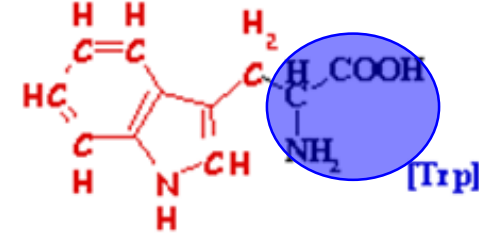
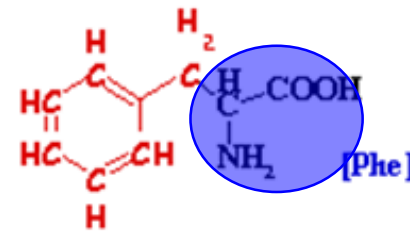
Polaires chargés (positivement)



Non polaires soufrés



Non polaires aromatiques

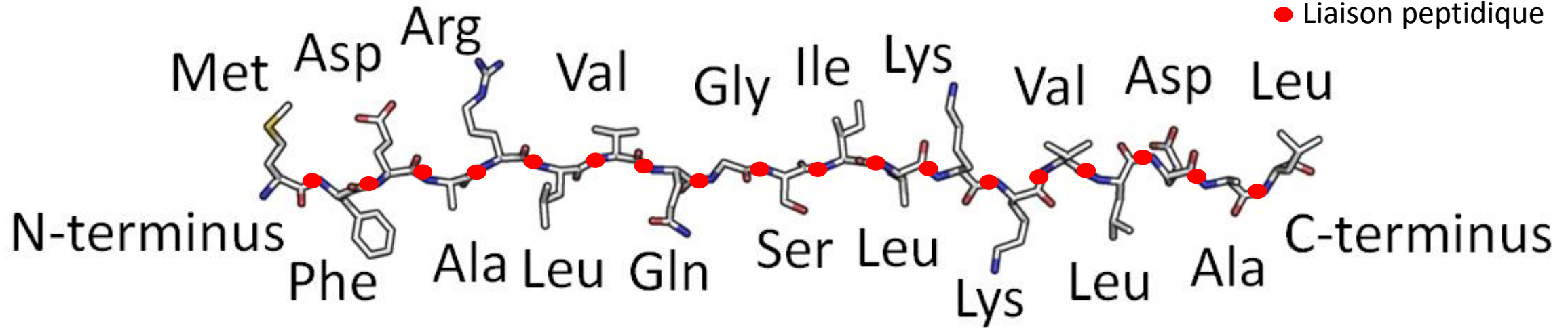


Non polaires aliphatiques

Structure primaire et secondaire

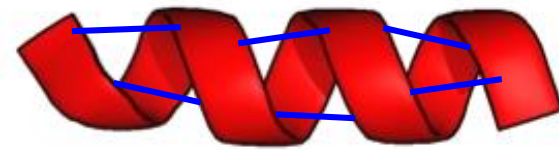
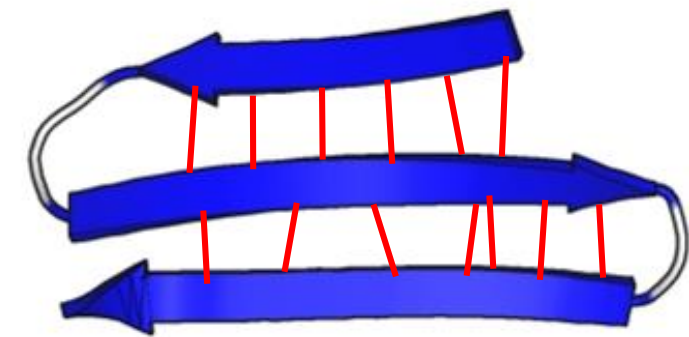
Primary

● Liaison peptidique



Secondary

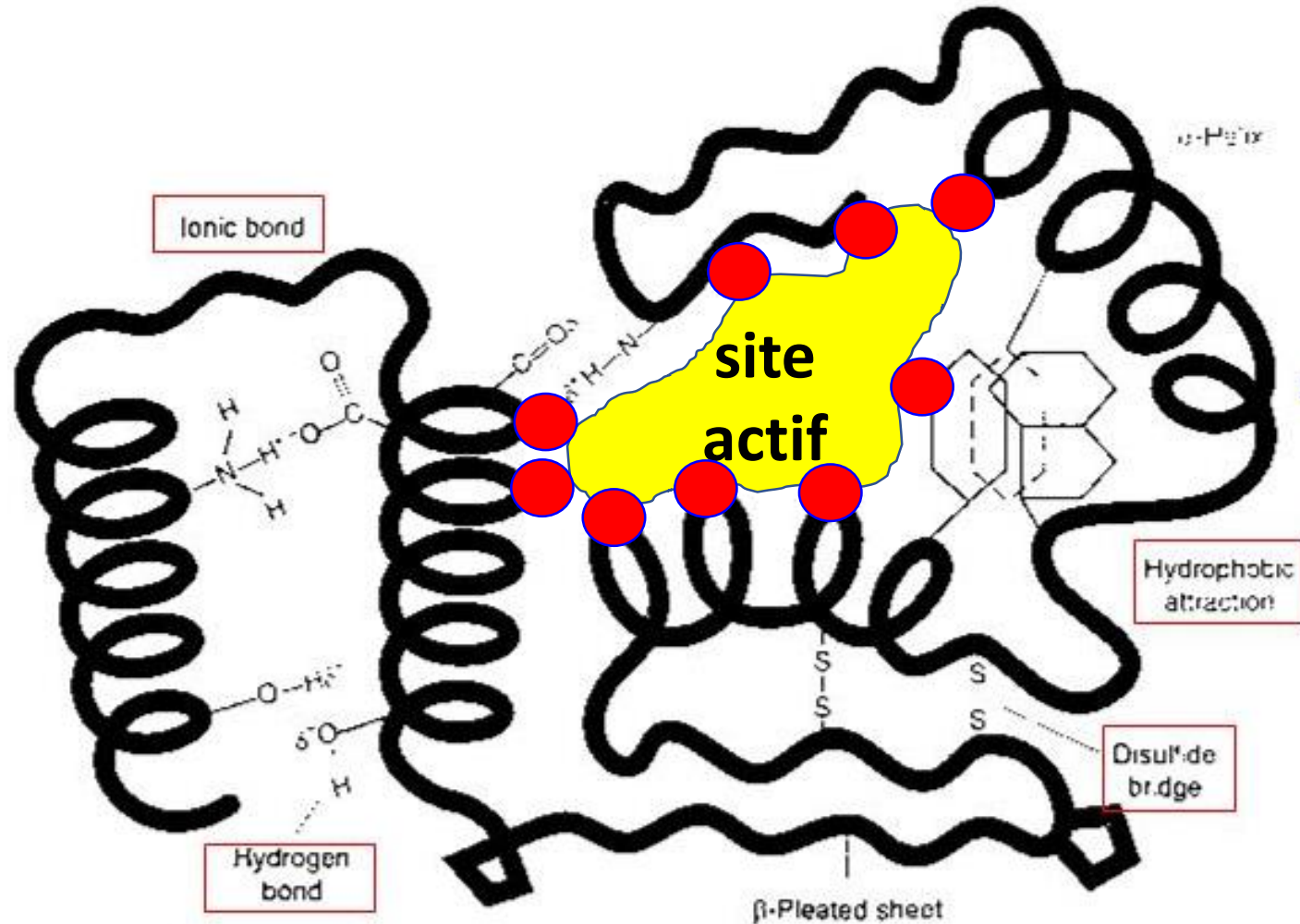
Liaisons hydrogène



Structure tertiaire

Forces d'interaction

● Acide aminé du site actif



Pour les protéines présentes dans un milieu aqueux:

- Les acides aminés hydrophobes sont enfouis à l'intérieur de la structure;
- Les acides aminés hydrophiles sont exposés au solvant;

À l'inverse, pour les protéines membranaires, qui sont exposées à un environnement hydrophobe:

- Les acides aminés hydrophiles sont enfouis à l'intérieur de la structure;
- Les acides aminés hydrophobes sont exposés au solvant;



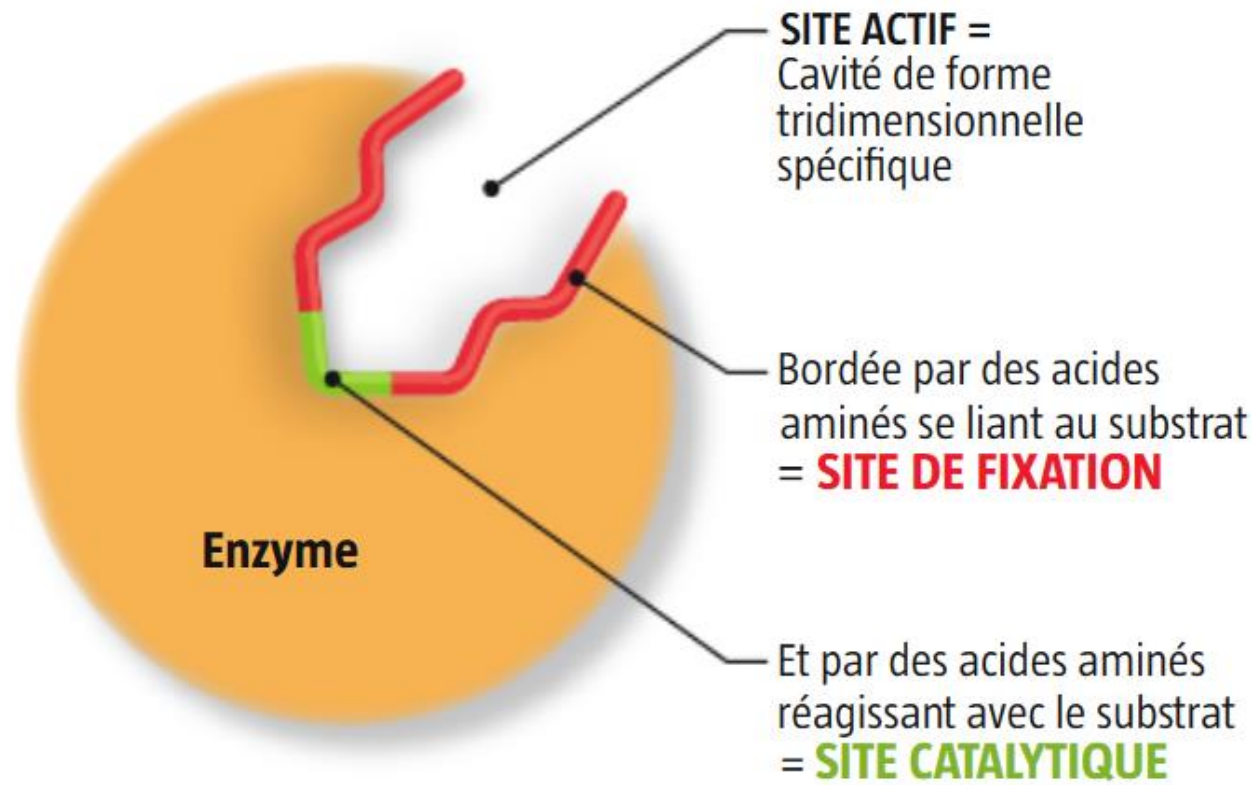
Enzyme

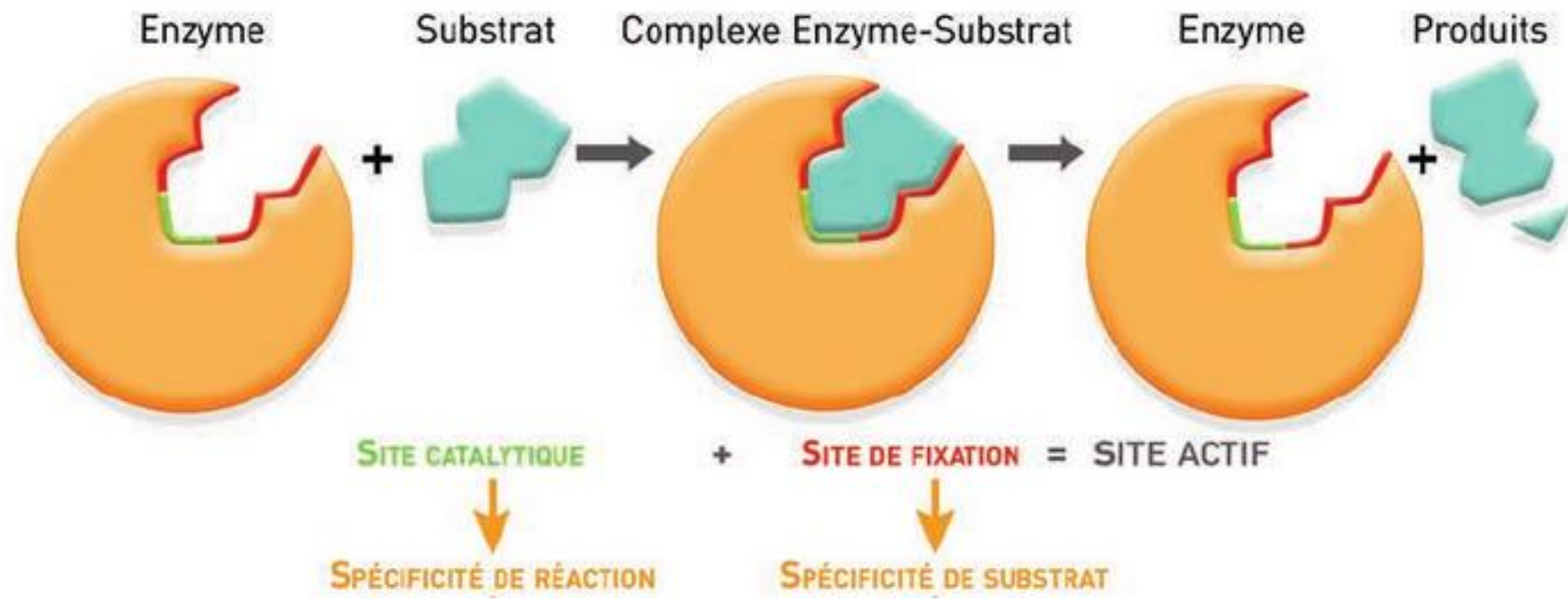
Substrat

Complexe
Enzyme-Substrat

Produit

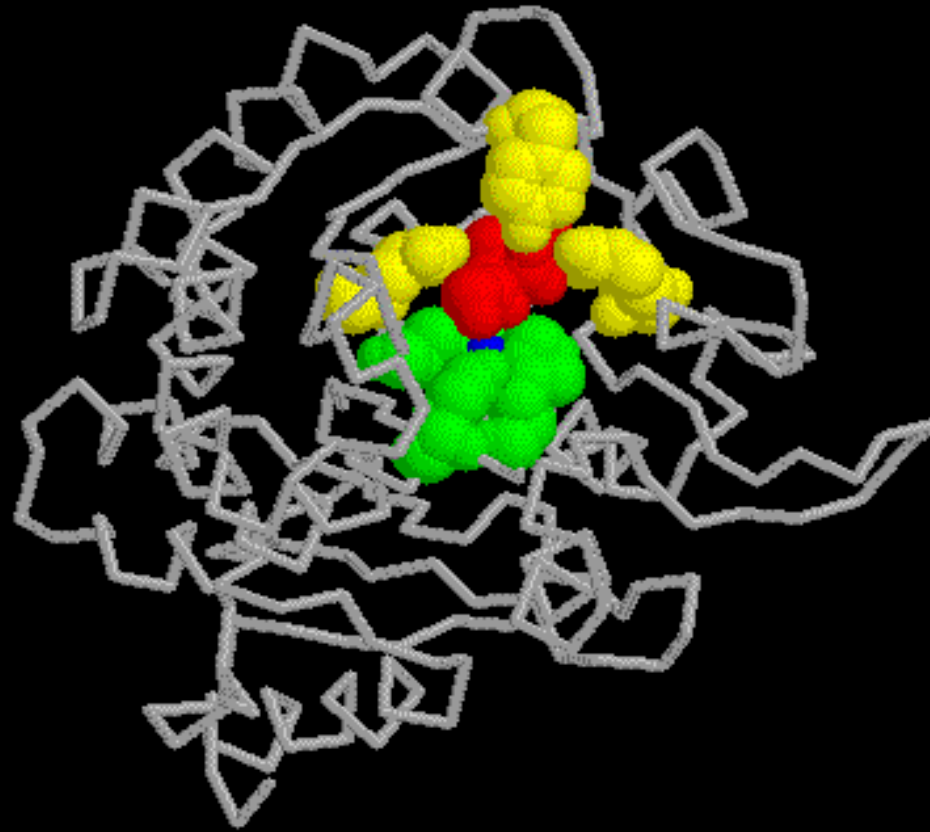
Enzyme retrouvée
intacte en fin de réaction



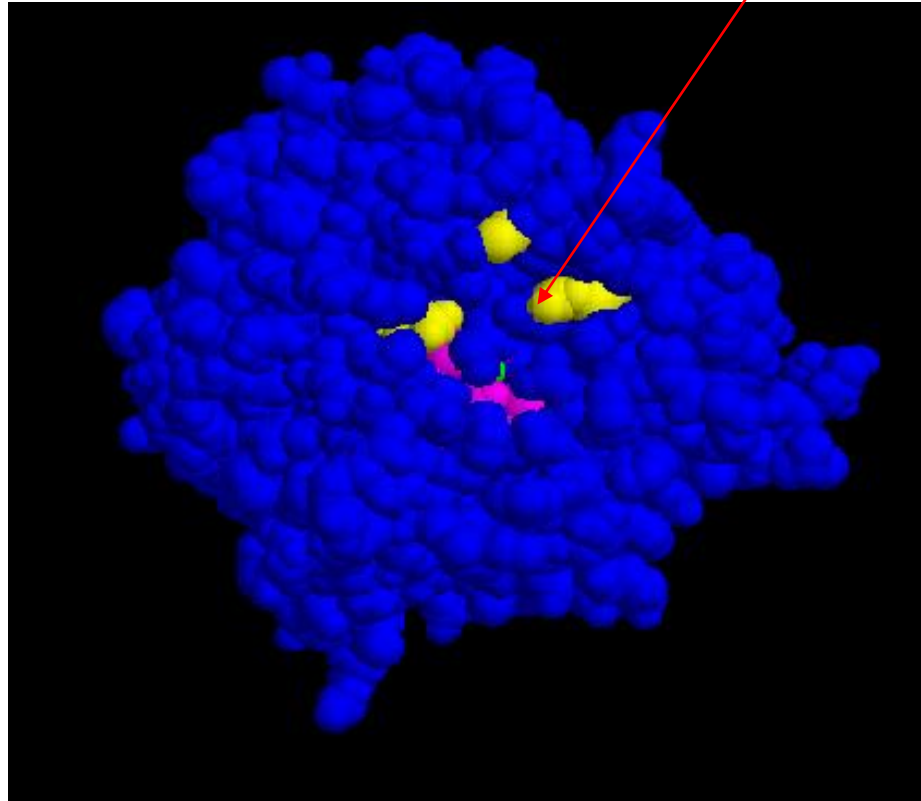


La carboxypeptidase en pleine action !

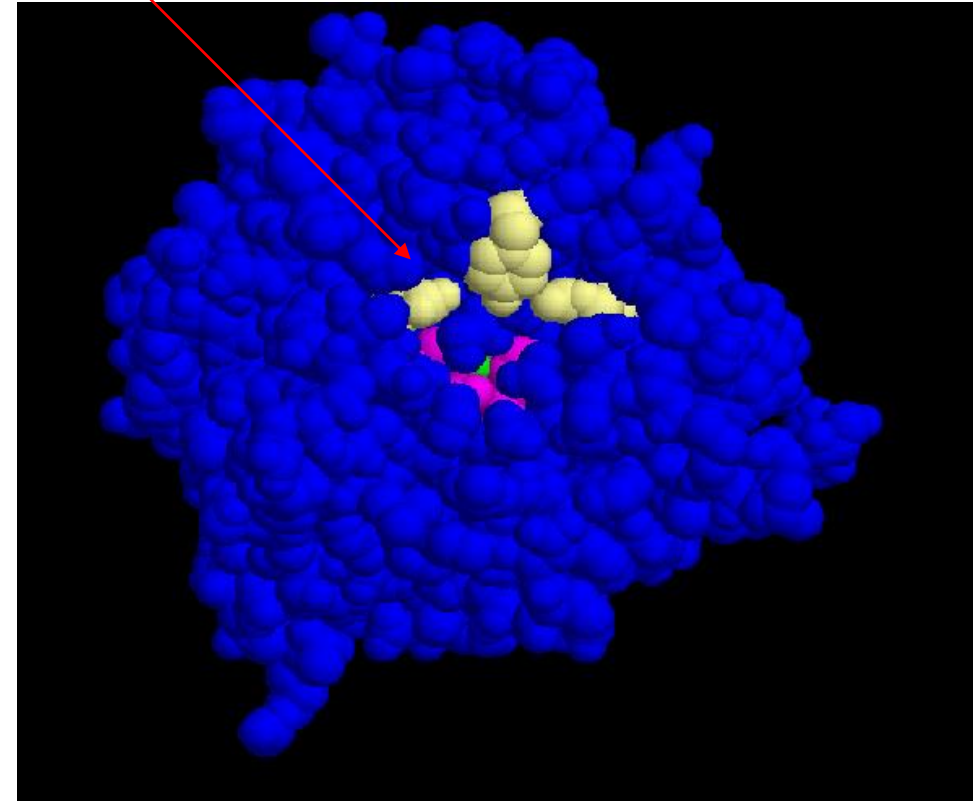
Bien observer la déformation moléculaire consécutive à la fixation du substrat



Site actif

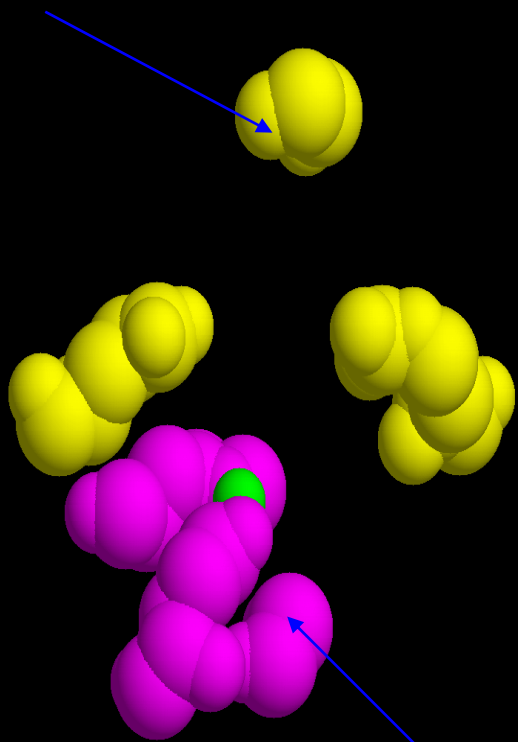


Enzyme modifiée suite à une mutation



Enzyme normale

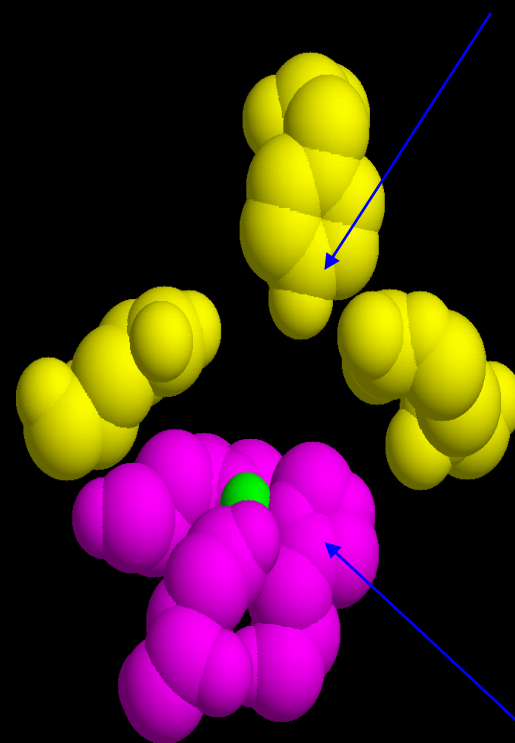
Glycine 248



Glycine 69

Site actif de l'enzyme modifiée

Tyrosine 248



Histidine 69

Site actif de l'enzyme normale

Thème 1 : Transmission, variation et expression du patrimoine génétique.

Chapitre 5 : Les enzymes, des protéines aux propriétés catalytiques.

I. Les propriétés des enzymes

A. Les enzymes sont des biocatalyseurs

B. Les enzymes ont une double spécificité

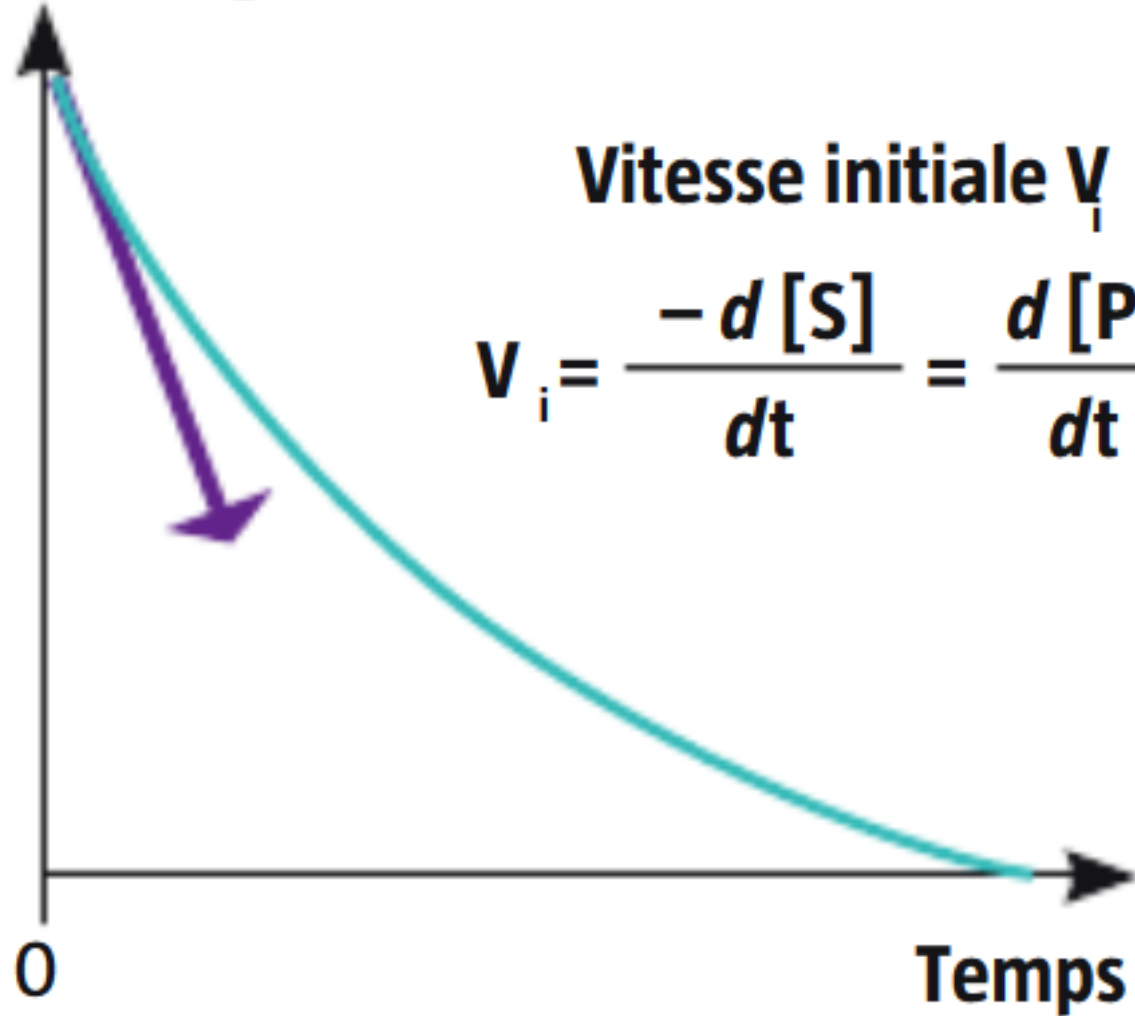
II. Mode d'action des enzymes

A. La formation d'un complexe enzyme-substrat

B. La formation du complexe enzyme substrat explique les caractéristiques de la cinétique enzymatique.

Cinétique enzymatique: l'étude de la vitesse des réactions enzymatiques

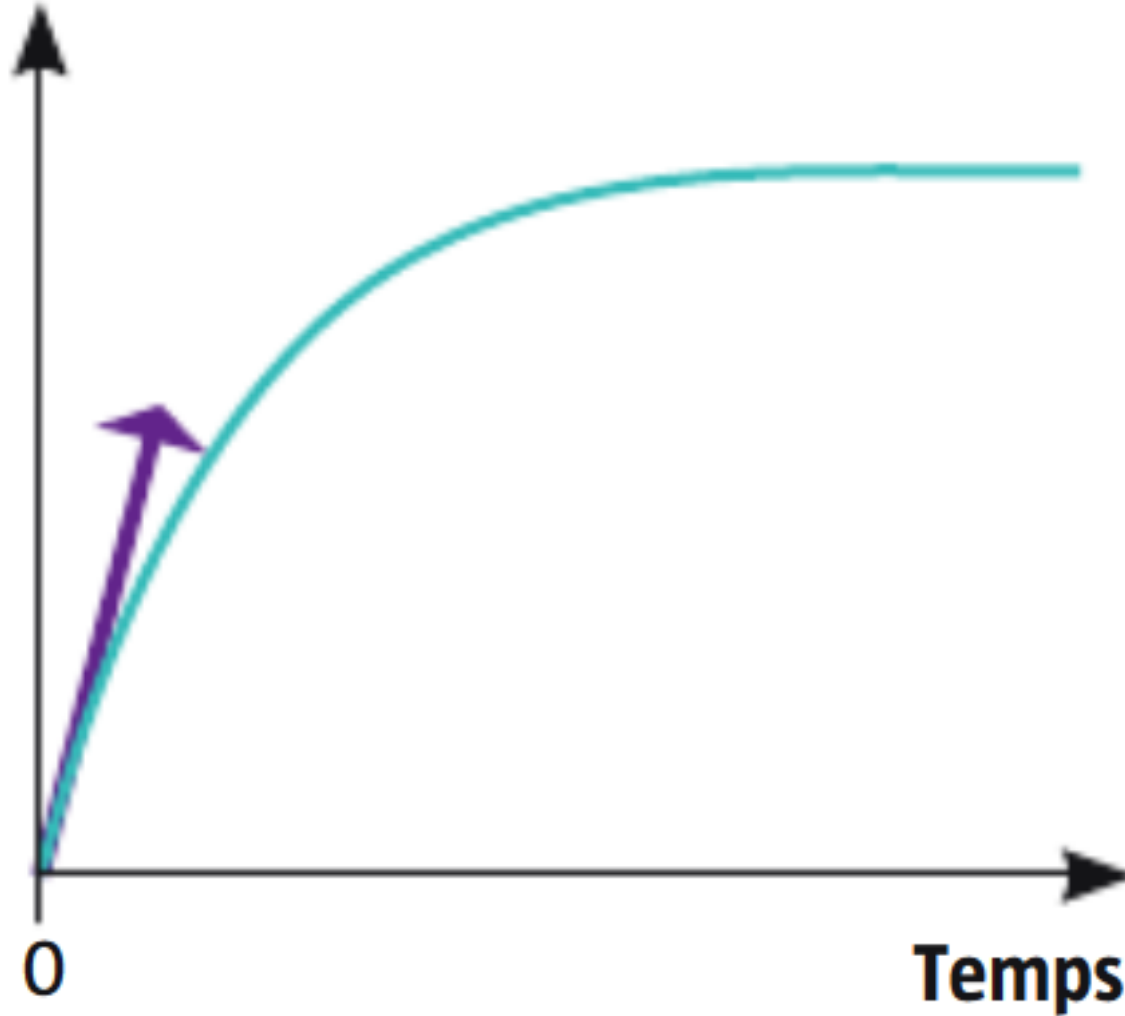
[Substrat]



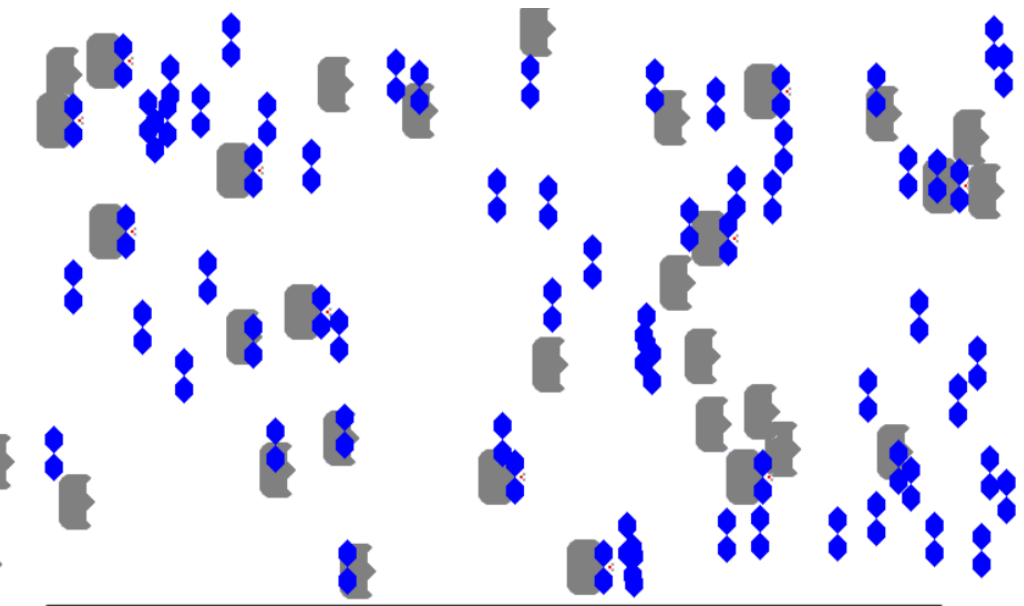
Vitesse initiale V_i

$$V_i = \frac{-d[S]}{dt} = \frac{d[P]}{dt}$$

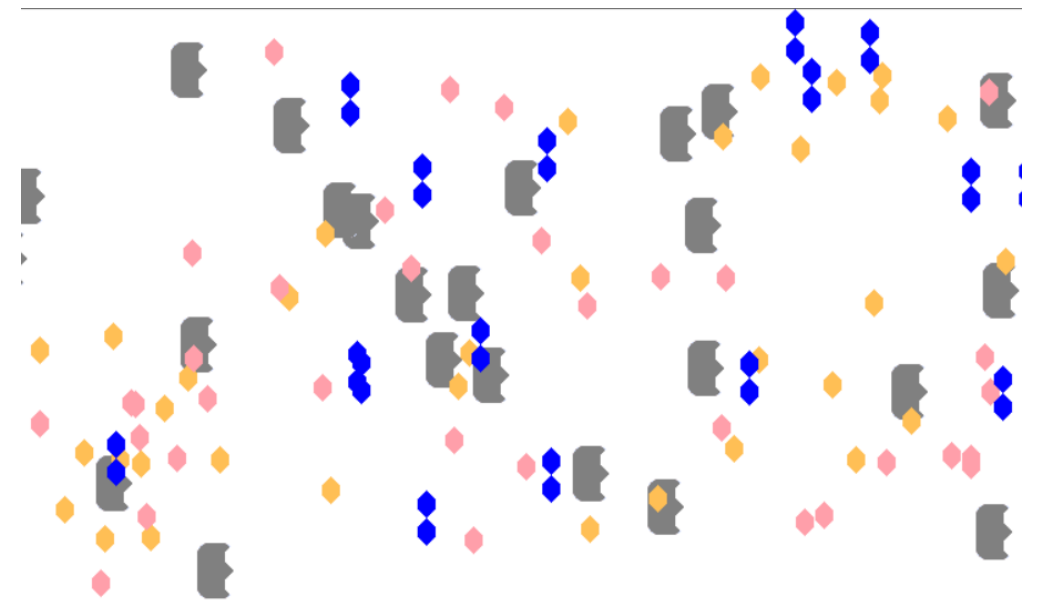
[Produit]



Cinétique enzymatique: l'étude de la vitesse des réactions enzymatiques

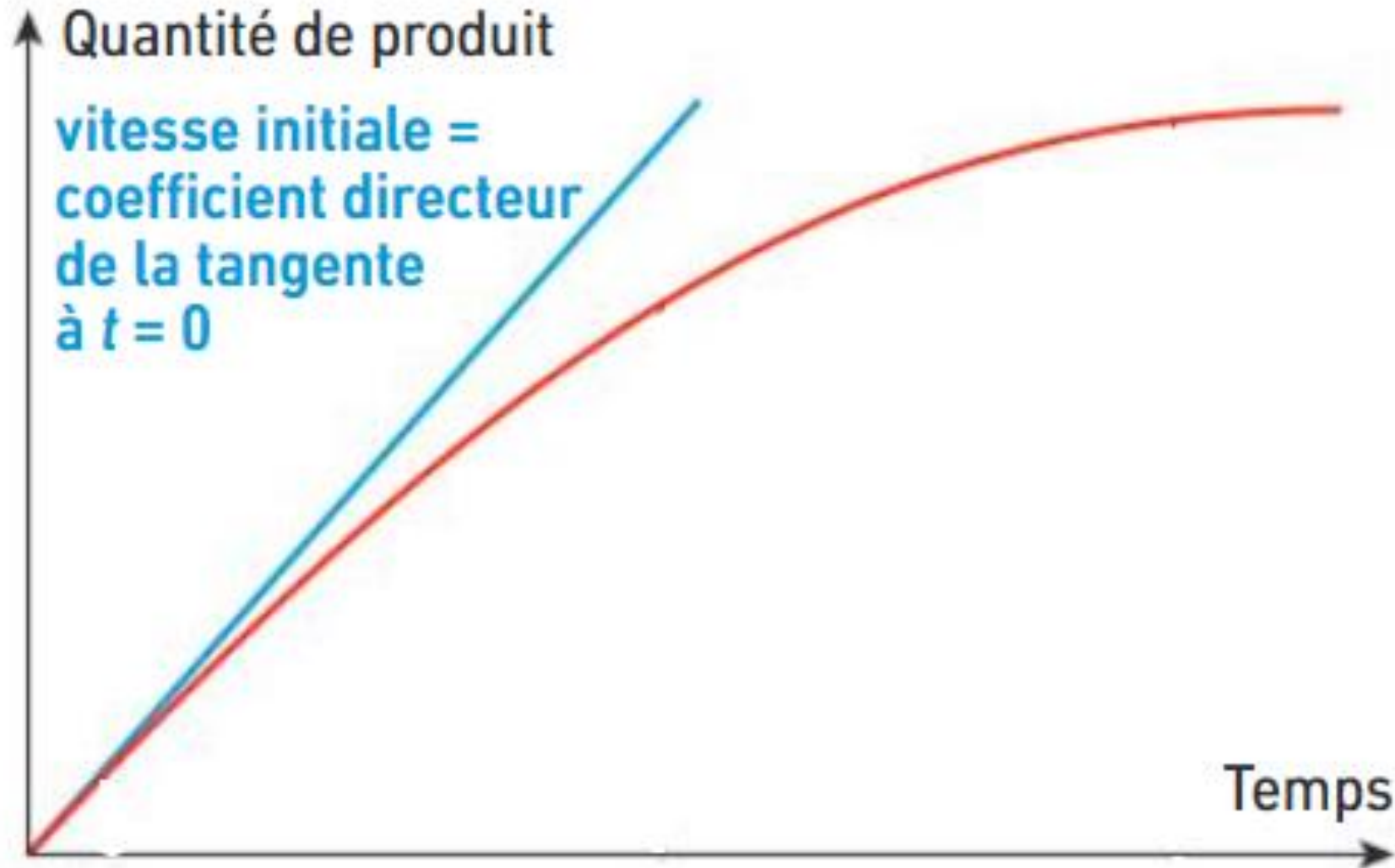


Début de réaction : beaucoup de substrat => forte probabilité de rencontre entre l'enzyme et le substrat=> vitesse importante



Fin de réaction : peu de substrat disponible=> faible probabilité de rencontre entre l'enzyme et le substrat=> vitesse faible

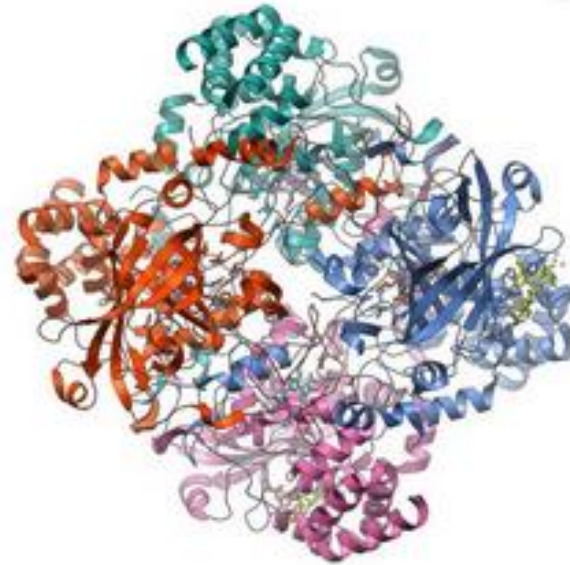
La cinétique enzymatique



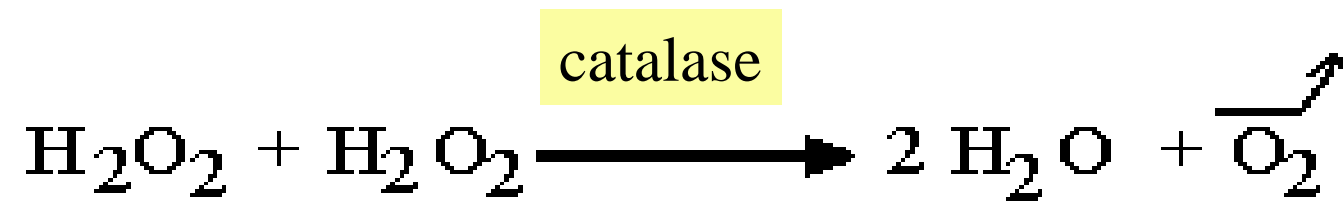
Correction du TP

Influence de la concentration en substrat sur la vitesse de la réaction enzymatique

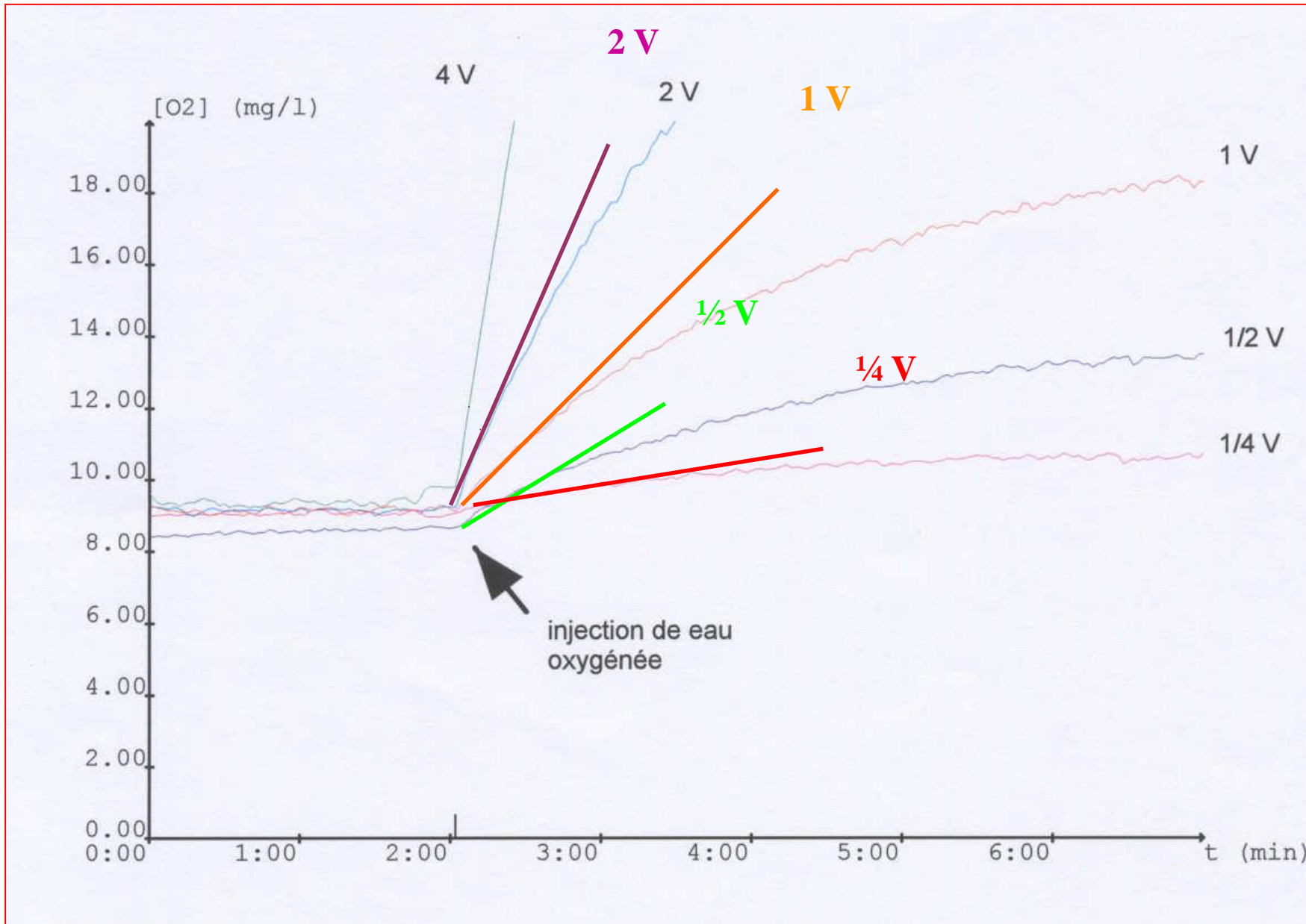
Etude de l'action de la catalase du navet sur différentes concentrations de substrat



Structure d'une catalase



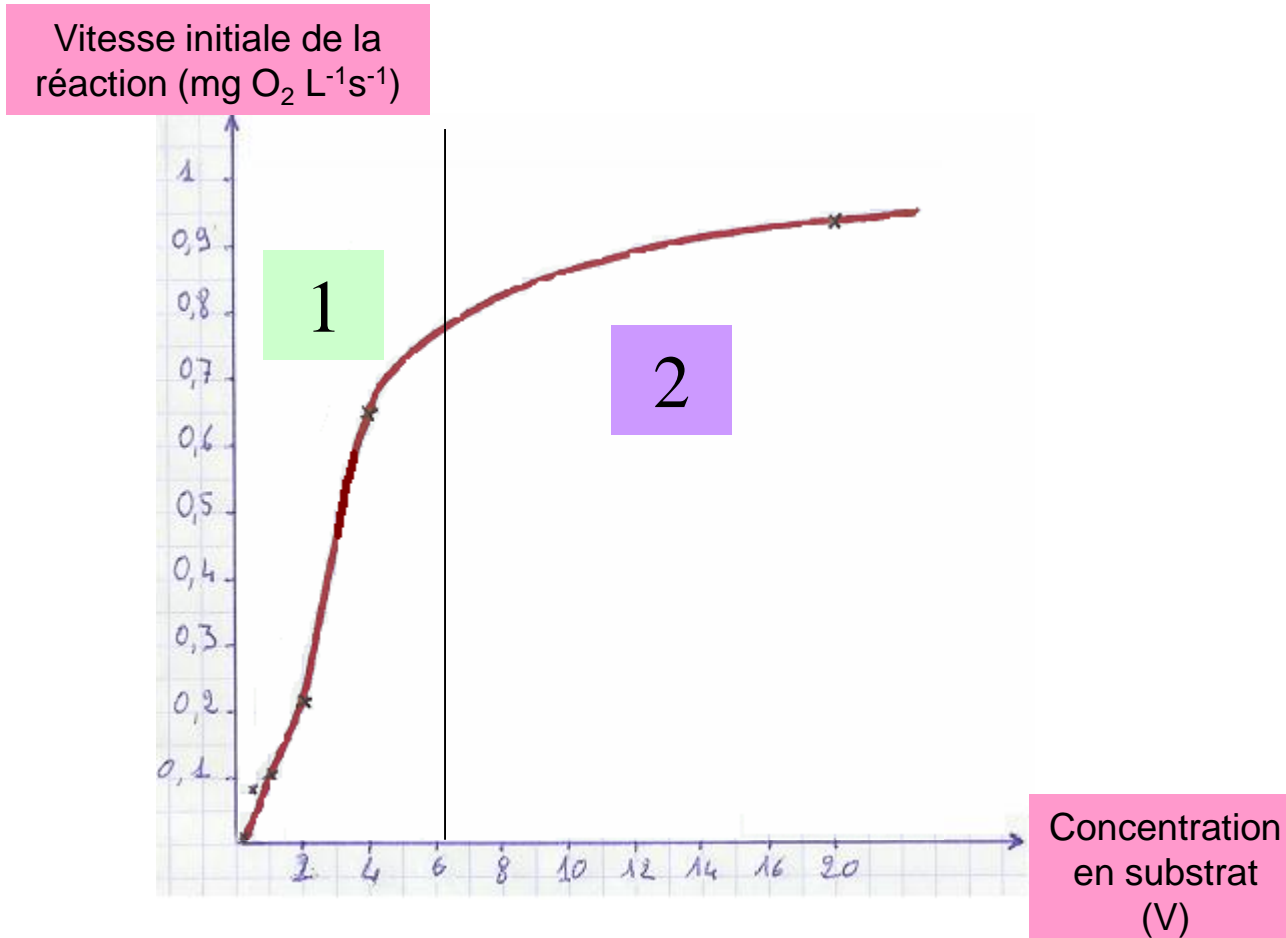
Evolution de la vitesse d'action de la catalase en fonction du temps pour différentes concentrations de substrats.



Vitesse initiale de la réaction de la catalase pour différentes concentrations de substrats

Concentration en substrat (H ₂ O ₂)	Vitesse initiale de la réaction (quantité de produit formé par unité de temps : mg.L ⁻¹ .s ⁻¹)
<i>0,25 V</i>	<i>0,007</i>
<i>0,5 V</i>	<i>0,13</i>
<i>1 V</i>	<i>0,23</i>
<i>2 V</i>	<i>0,6</i>
<i>4 V</i>	<i>1,13</i>
<i>10 V</i>	<i>1,56</i>

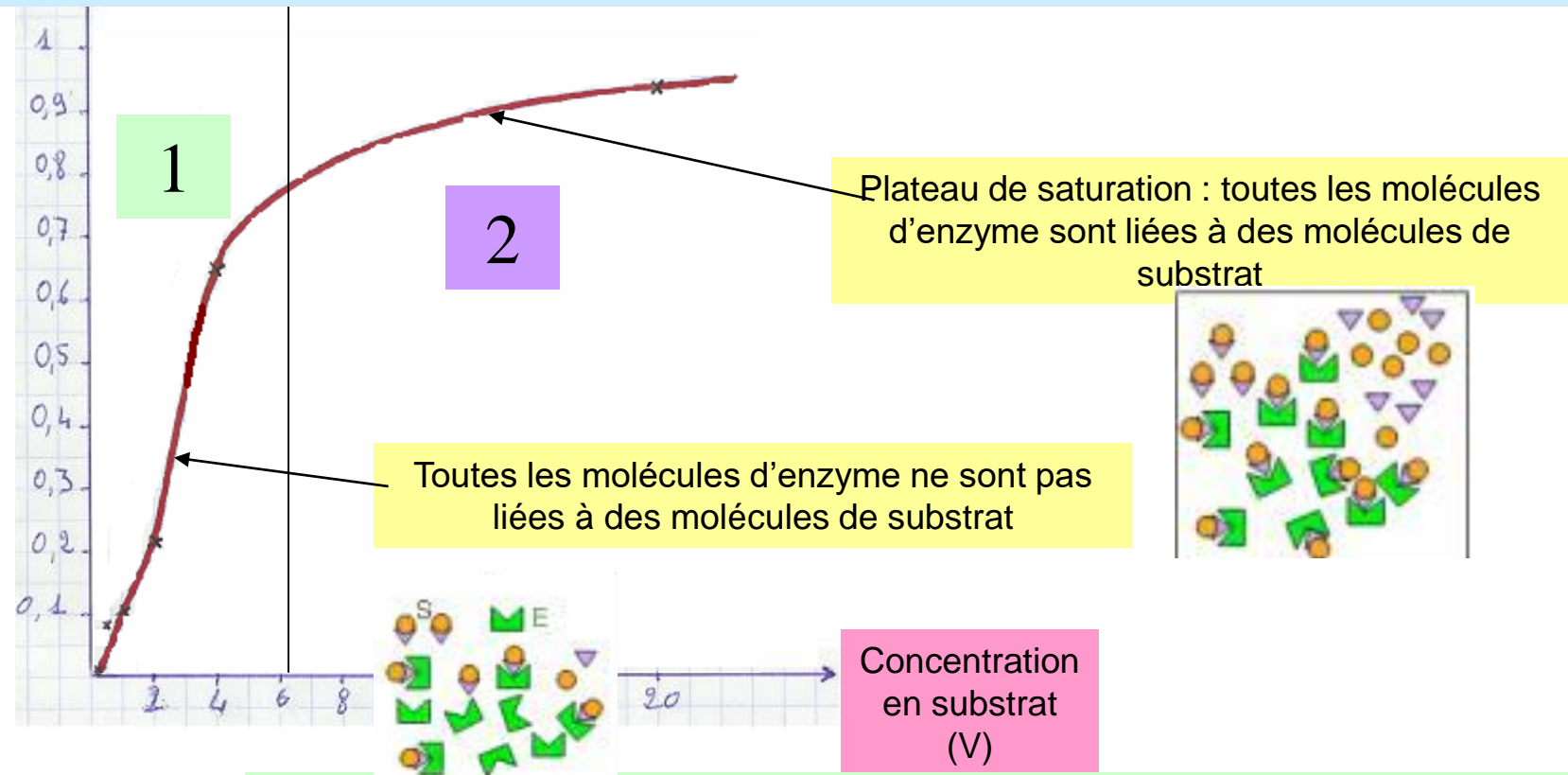
Graphique montrant l'évolution de la vitesse initiale de la réaction en fonction de la concentration en substrat



1. Pour de faibles concentrations en substrat, on observe une augmentation importante de la vitesse initiale de la réaction lorsque l'on augmente la concentration en substrat

2. la concentration en substrat n'augmente plus la vitesse initiale de la réaction

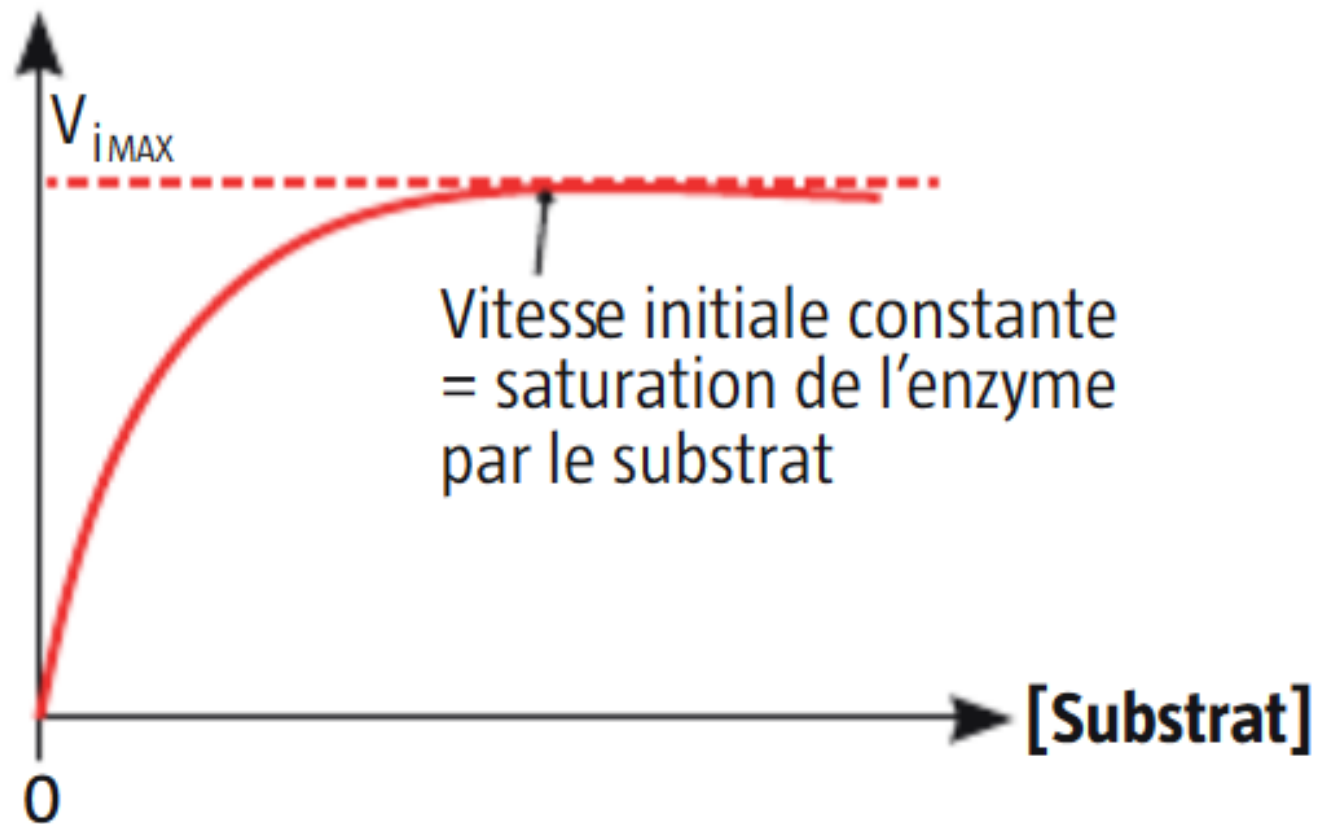
une valeur maximale : les enzymes sont saturées



1. Pour de faibles concentrations en substrat, on observe une augmentation importante de la vitesse initiale de la réaction lorsque l'on augmente la concentration en substrat

2. la concentration en substrat n'augmente plus la vitesse initiale de la réaction

Vitesse initiale



Vitesse initiale constante
= saturation de l'enzyme
par le substrat

[Enzyme] constante

Thème 1 : Transmission, variation et expression du patrimoine génétique.

Chapitre 5 : Les enzymes, des biomolécules aux propriétés catalytiques.

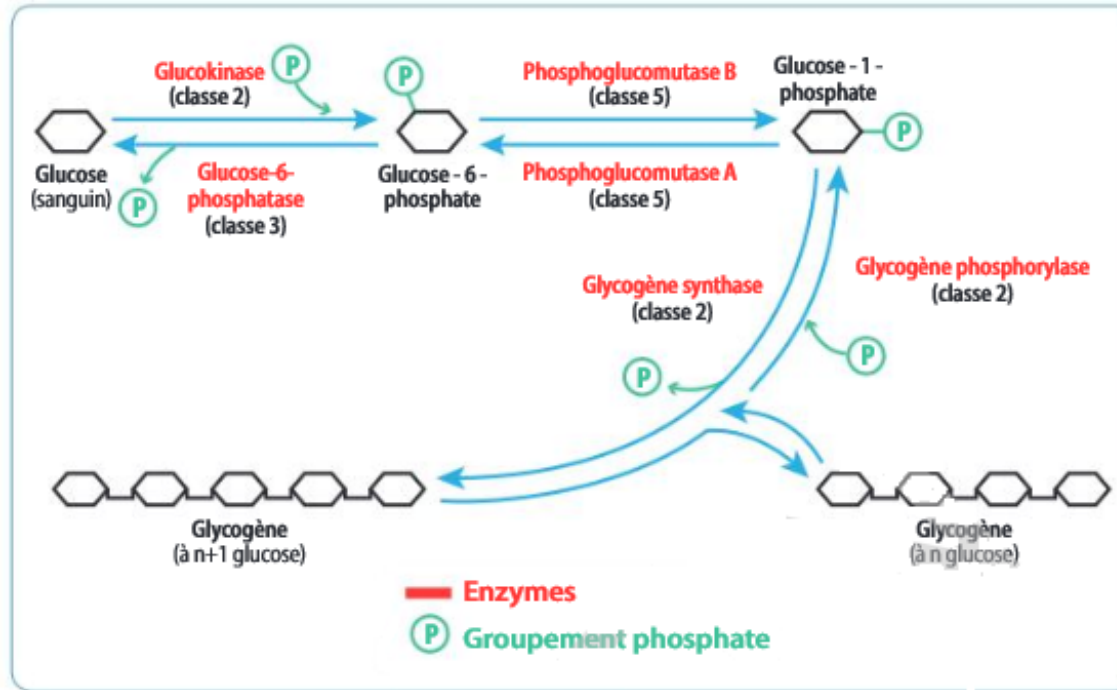
I. Les propriétés des enzymes

II. Le fonctionnement des enzymes en lien avec leur structure tridimensionnelle.

III. Les enzymes et spécialisation cellulaire

Le métabolisme du glucose

Le glucose est la principale source d'énergie des cellules. Il doit être sous sa forme simple (non phosphorylée) pour pouvoir traverser la membrane des cellules. Dès son entrée dans les cellules, il est transformé en glucose-6-phosphate. Toutes les cellules sont capables d'utiliser le glucose comme source d'énergie pour leur métabolisme et certaines sont capables de le stocker sous forme d'un polymère glucidique, le glycogène (par exemple, les hépatocytes et les fibres musculaires). Mais seuls les hépatocytes peuvent en libérer dans le sang et le rendre ainsi disponibles pour d'autres cellules.



a. Voie de synthèse et de dégradation du glycogène

	Cellules hépatiques	Cellules musculaires	Cellules adipeuses	Cellules nerveuses
Glycogène synthase	✓	✓	✗	✗
Glycogène phosphorylase	✓	✓	✗	✗
Phosphoglucomutase	✓	✓	✗	✗
Glucokinase	✓	✓	✓	✓
Glucose-6-phosphatase	✓	✗	✗	✗

✓ = présence ✗ = absence

b. L'équipement enzymatique de différentes cellules