

Chapitre 2

Thermodynamique pour la biochimie (2)

Pr. Bertrand TOUSSAINT

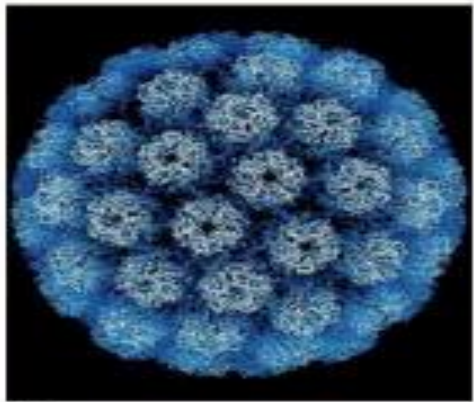
Plan du cours

- Définition thermodynamique du vivant
- Le couplage énergétique et le rôle de l'ATP

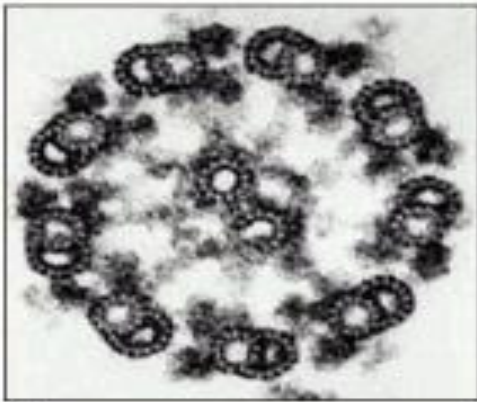
Objectifs pédagogiques du cours

- Comprendre la définition thermodynamique du vivant
- Comprendre que le vivant utilise des réactions exergoniques pour récupérer de l'énergie chimique et fabriquer de l'ATP
- Connaître le rôle de l'ATP lié à sa structure en particulier comment se déroule un couplage énergétique

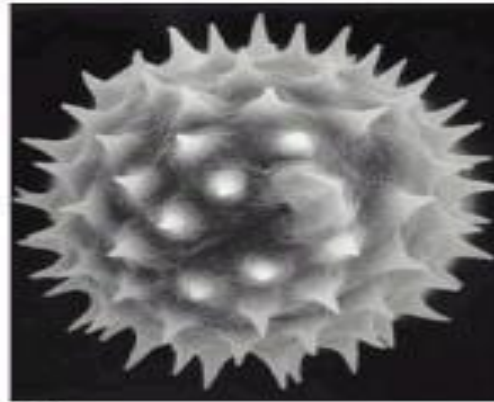
Définition thermodynamique du vivant



(A)



(B)



(C)



(D)



(E)

***« Le vivant cherche en permanence à créer de l'ordre
dans un univers qui tend vers de plus en plus de désordre »***

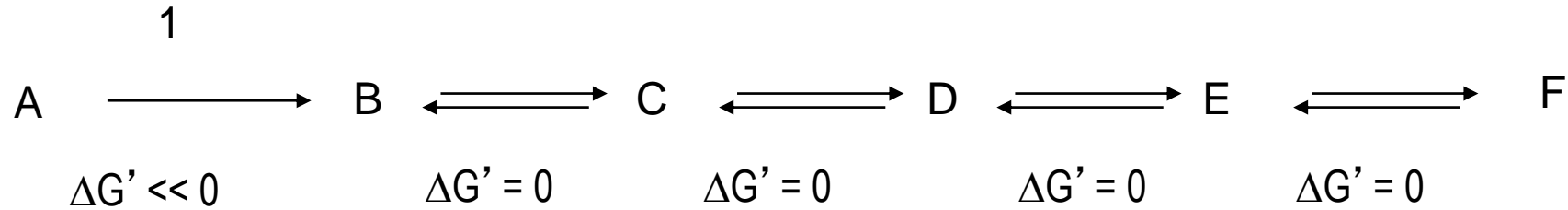
Vivant et ordre

Evolution spontanée vers le désordre, dès que l'on vit →



←
Le retour à l'ordre demande de l'énergie (et du courage) qui n'est pas une notion abordée en thermodynamique.

Régulation du métabolisme



si présence de A : Réaction 1 se déroulera de manière spontanée dans le sens de la production de B

Entrainant en cascade toutes les autres réactions selon la loi de Le Chatelier

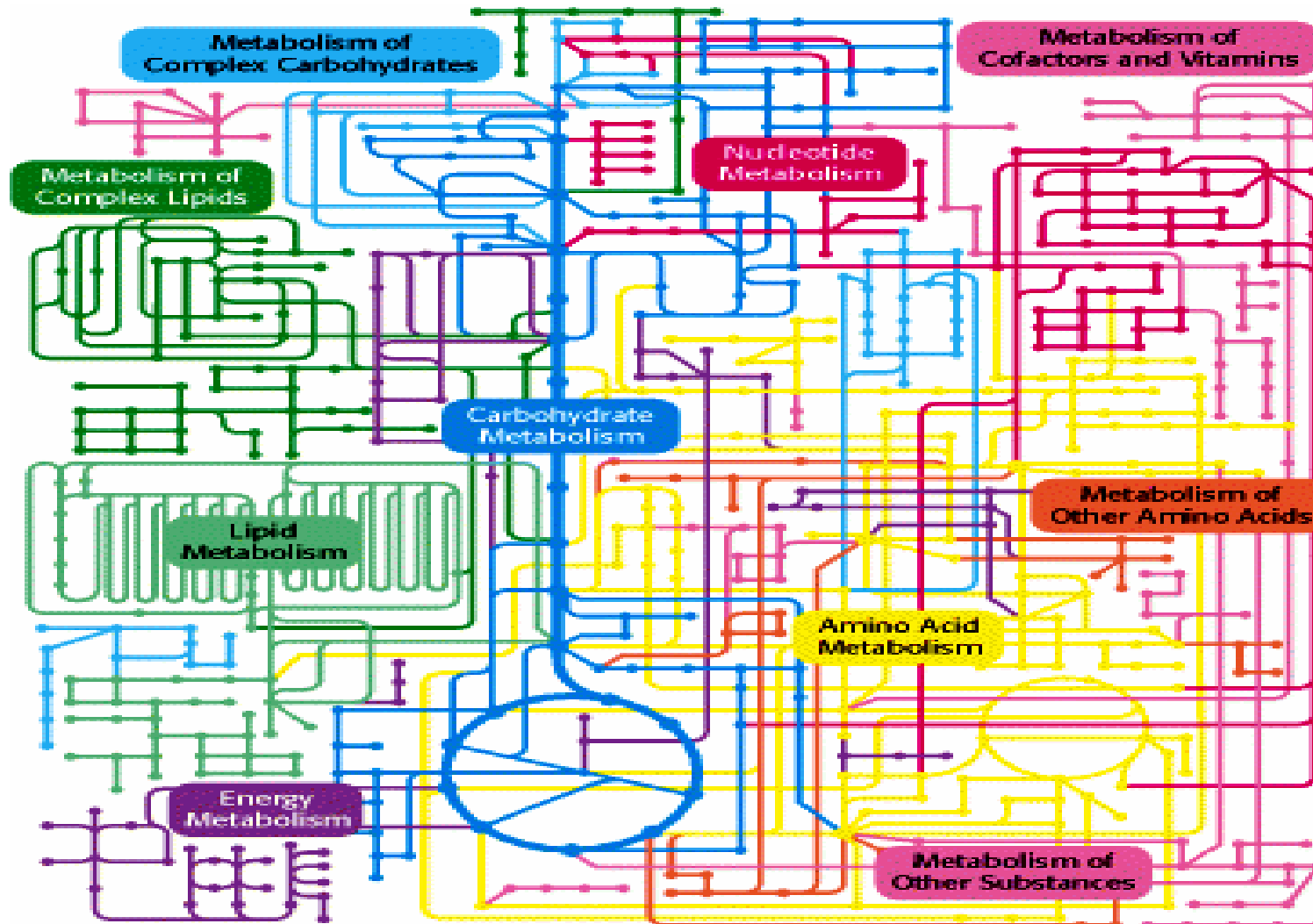
En fait, réaction 1 catalysée par une enzyme dont l'activité de catalyseur ou dont la présence peut être contrôlée par la cellule.

Si enzyme active ou présente : la voie métabolique fonctionne.

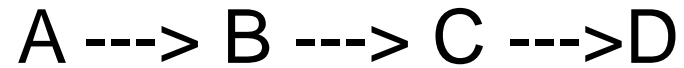
Les réactions irréversibles RÉGULENT LES VOIES MÉTABOLIQUES. En d'autres termes, elles en sont les points de contrôle

Etat stationnaire

Une notion extrêmement importante est celle d'état stationnaire des voies métaboliques.



Etat stationnaire (2)



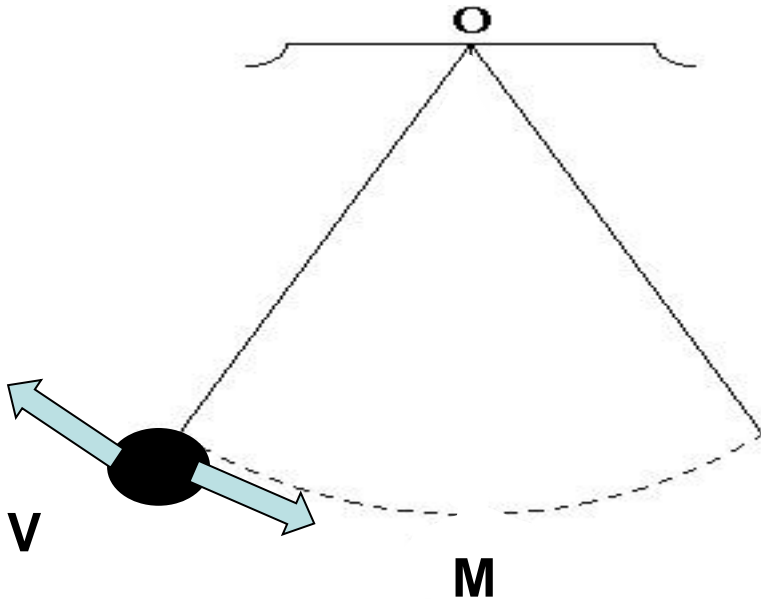
Etat stationnaire : [B] et [C] constantes, mais A disparaît, D est formé en permanence

!! Ne pas confondre avec

Etat d'équilibre : les concentrations de A, B, C, D sont stables.

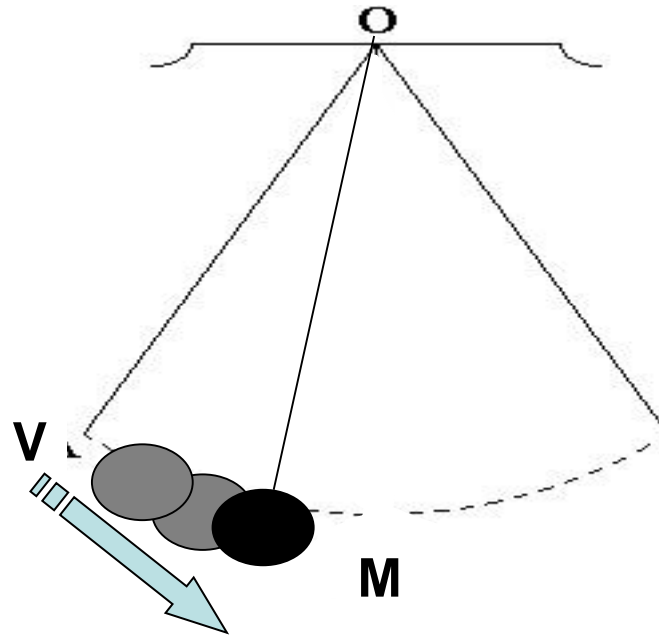
Etat stationnaire, entropie et vie

Etat stationnaire



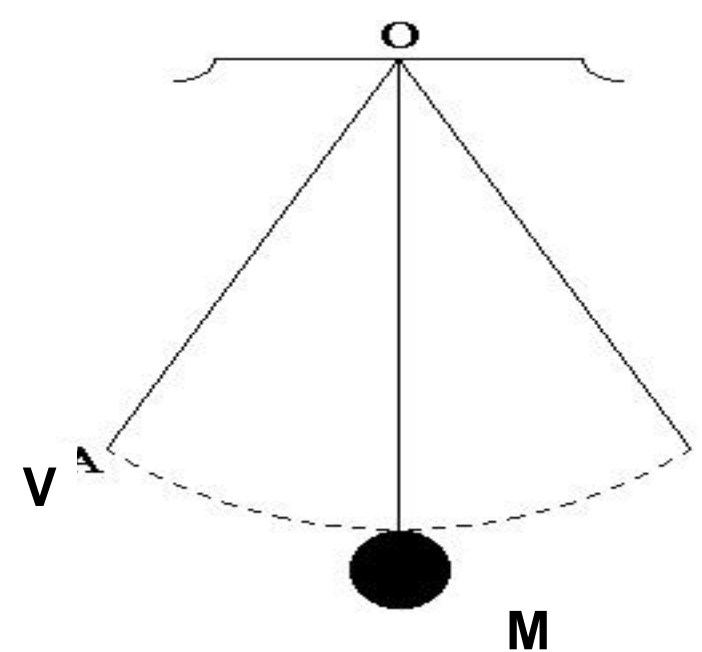
Glucose consommé et
brulé (respiration) : énergie qui
maintient les cellules loin de
l'état d'équilibre

Retour à l'équilibre



Arrêt respiration : plus de force
pour maintenir les cellules
éloignées :
Glucose →
CO₂ →

Equilibre



Mort biochimique :
Glucose : 0
Toute la matière organique est en
CO₂

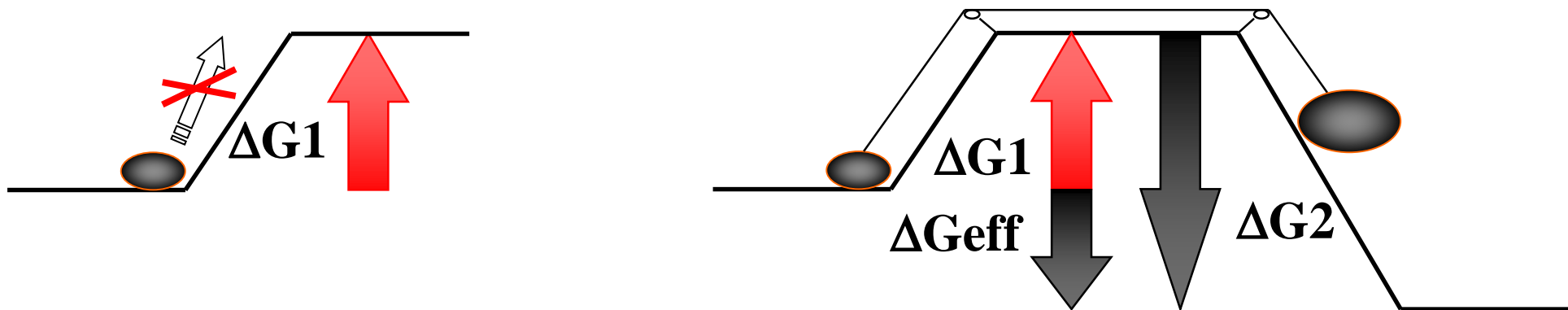
Couplage énergétique

De nombreuses réactions du métabolisme ont un ΔG positif

Le couplage énergétique associe une réaction endergonique ($\Delta G > 0$) à une réaction exergonique ($\Delta G < 0$).

Une réaction avec $\Delta G_1 > 0$ peut se produire si elle est couplée à une réaction avec un ΔG_2 tel que $\Delta G_1 + \Delta G_2 < 0$.

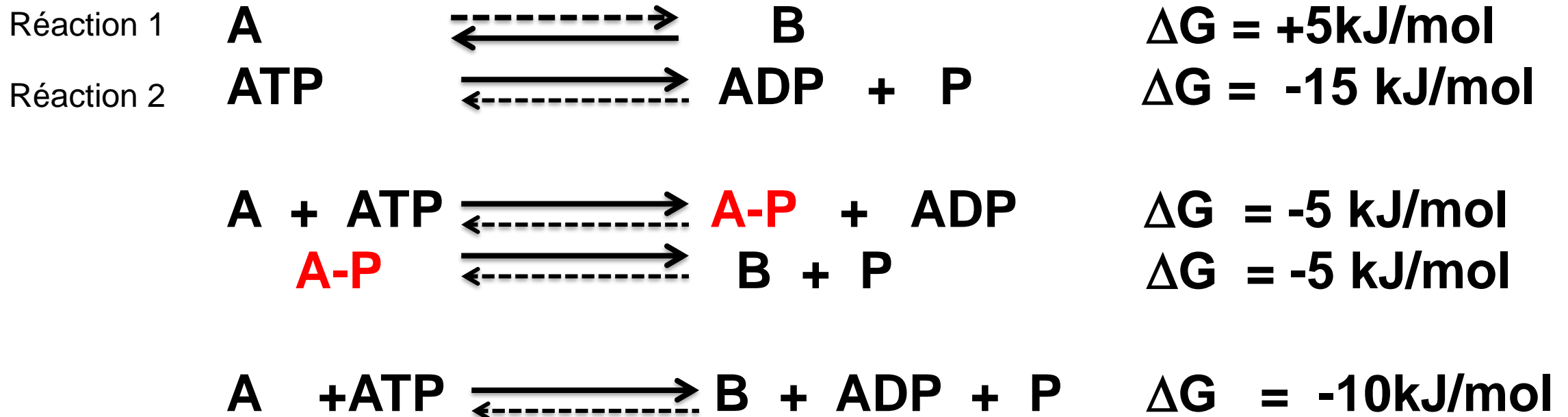
Pour être couplées les réactions doivent avoir un intermédiaire en commun

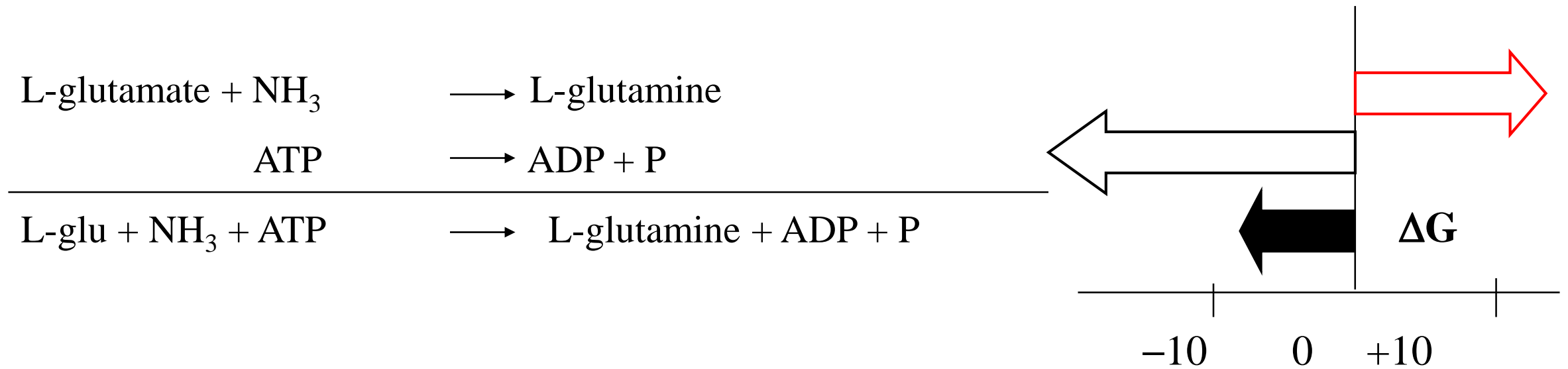


Exemple type de couplage avec l'hydrolyse de l'ATP

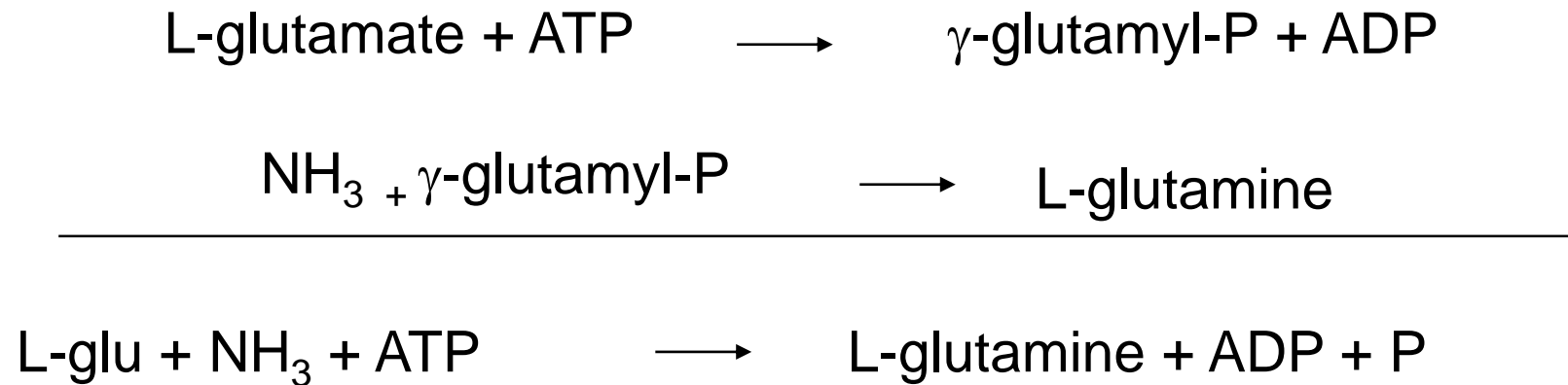
Cet intermédiaire commun est une molécule dont la structure chimique lui confère une forte énergie libre de Gibbs

La molécule universelle pour fournir une forte énergie libre est l' **ADÉNOSINE TRIPHOSPHATE** ou **ATP**

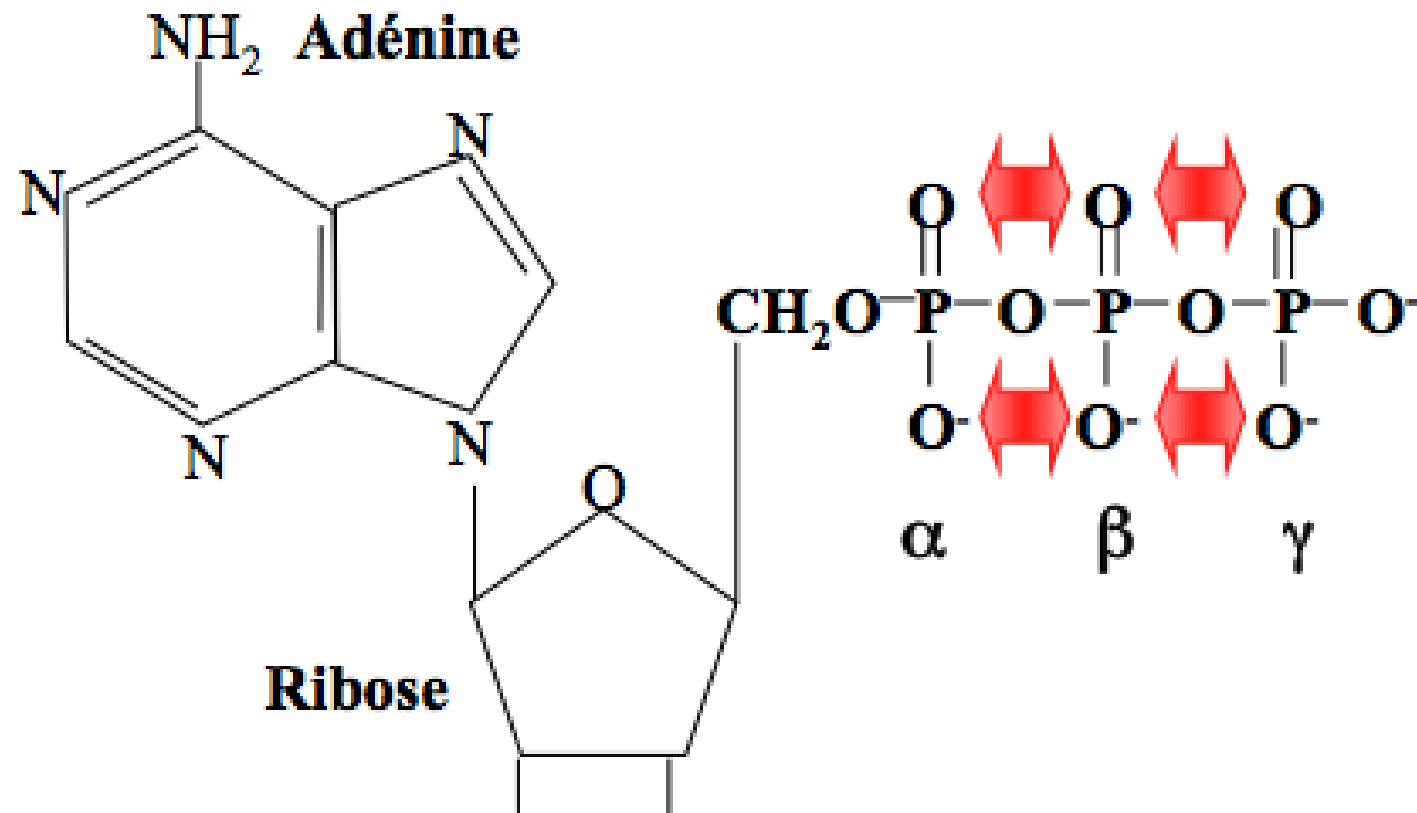




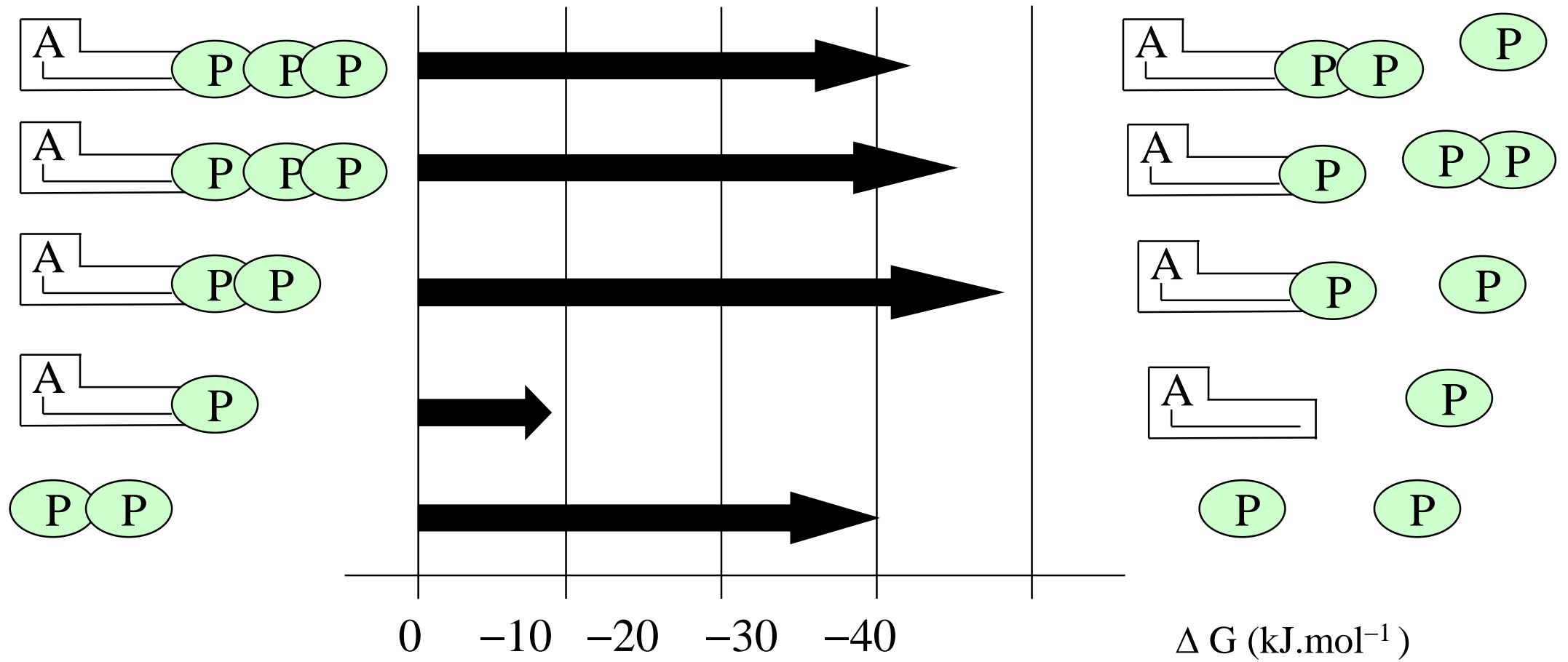
- 1) le carboxylate du glutamate est phosphorylé pour former du γ -glutamyl phosphate.
- 2) l'attaque d'un nucléophile, l'ammoniac (NH₃) chasse le phosphate afin de former la glutamine.



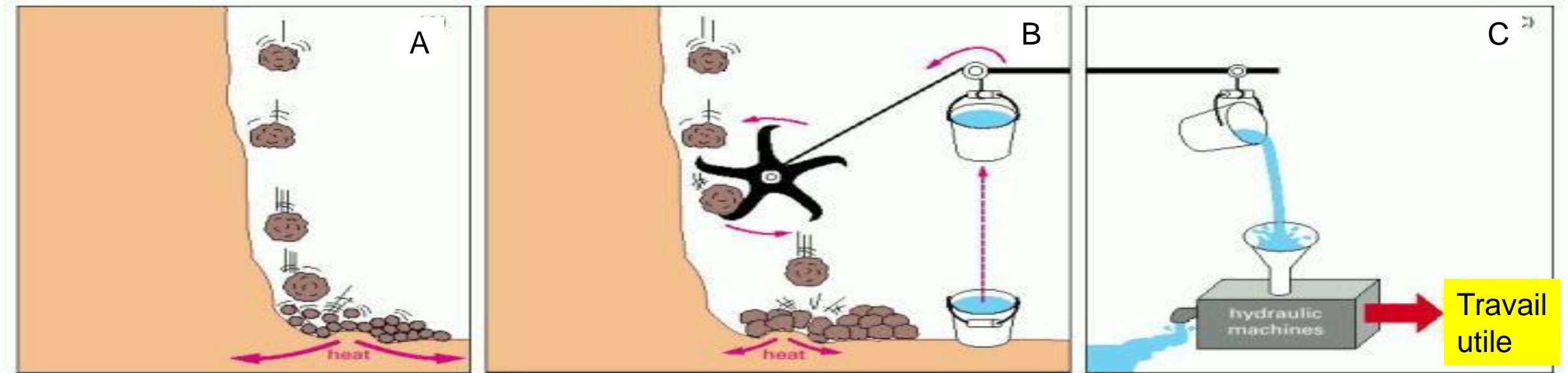
Structure de l'ATP



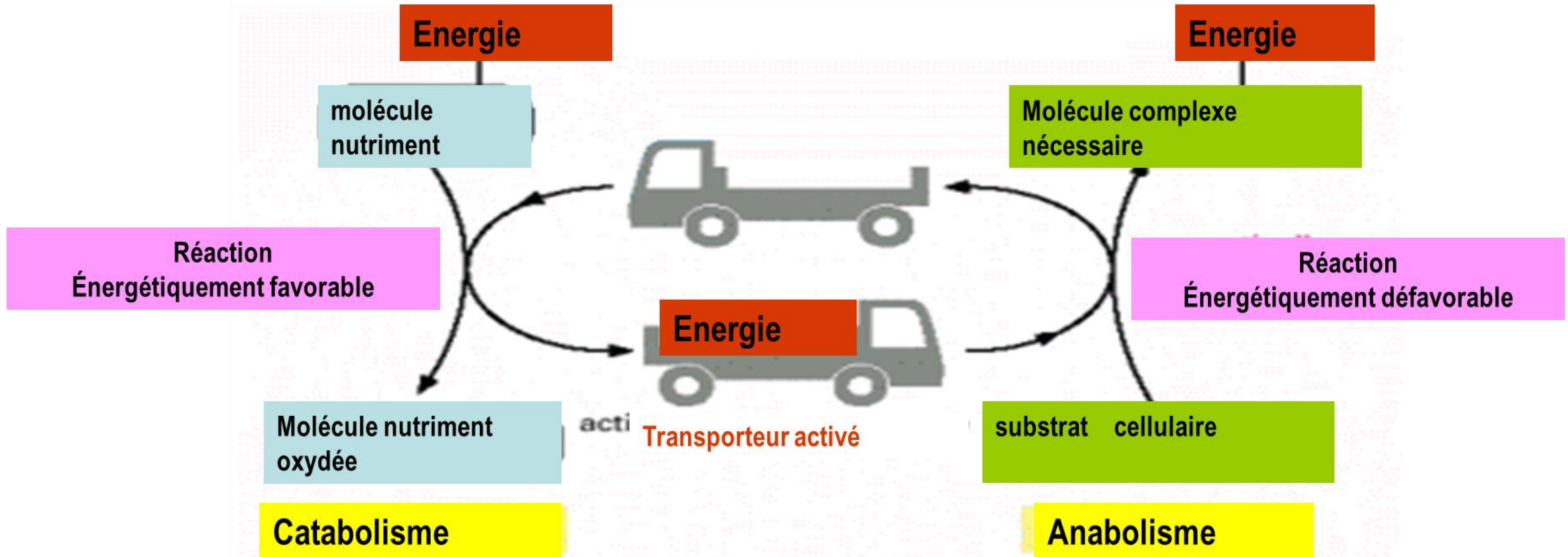
Hydrolyse de l'ATP



Modèle mécanique du couplage de réaction



Transporteurs d'énergie libre



Rôle des transporteurs : lien entre les réactions de dégradation des nutriments qui libèrent de l'énergie (*catabolisme*) et les réactions de synthèse des molécules qui nécessitent de l'énergie (*anabolisme*).

Les transporteurs énergie doivent aussi être régénérés.

Messages essentiels du cours

- Définition thermodynamique du vivant : création d'ordre en son sein
- Le vivant n'est pas à l'équilibre mais en état stationnaire éloigné de la position d'équilibre
- Ceci nécessite des réactions qui libère de l'énergie qui sera stockée, transportée via l'ATP
- Importance du couplage énergétique et processus de ce couplage
- Rôle de l'ATP dans le vivant
- Catabolisme, anabolisme

Mentions légales

L'ensemble de ce document relève des législations française et internationale sur le droit d'auteur et la propriété intellectuelle. Tous les droits de reproduction de tout ou partie sont réservés pour les textes ainsi que pour l'ensemble des documents iconographiques, photographiques, vidéos et sonores.

Ce document est interdit à la vente ou à la location. Sa diffusion, duplication, mise à disposition du public (sous quelque forme ou support que ce soit), mise en réseau, partielles ou totales, sont strictement réservées à l'Université Grenoble Alpes (UGA).

L'utilisation de ce document est strictement réservée à l'usage privé des étudiants inscrits à l'Université Grenoble Alpes (UGA), et non destinée à une utilisation collective, gratuite ou payante.