



# Chaîne respiratoire Mitochondriale



On est parti pour la suite des cours sur la métabo mitochondriale et la formation de l'ATP, j'ai changé la couleur parce que ça commence à prendre la tête le violet, mais on est bien dans la continuité de PDH et CK. Il reste plus que ce cours et ATP synthase, ne vous inquiétez pas ce sont des cours très rapides, vous en aurez bientôt fini avec ce chapitre.

## Contexte

### 1. Origine des cofacteurs

Clique sur yuji  
pour la vidéo :



Après avoir vu la **PDH** et le **Cycle de Krebs** on va s'intéresser à la Chaîne respiratoire mitochondriale (**CRM**) avec son fonctionnement et ses régulations.

L'objectif de la CRM est de **réoxyder** les molécules de cofacteurs réduits à savoir **NADH, H<sup>+</sup>** et **FADH<sub>2</sub>**.

Ce processus a lieu au niveau de la **mitochondrie**, donc il faut que ces coenzymes réduits soient disponibles au niveau de la mitochondrie.

En fonction de la réaction qui a généré le NADH<sup>+</sup>, H<sup>+</sup> et le FADH<sub>2</sub>, ces coenzymes peuvent se retrouver :

- Soit **directement** dans la **mitochondrie**  
-> Dans ce cas ils seront directement réoxydés
- Soit ils se retrouvent au niveau du **cytoplasme** et dans ce cas ils nécessitent un système de **navette** pour être transporté dans la **mitochondrie**



## Origine des cofacteurs réduits $\text{NADH}+\text{H}^+$ et $\text{FADH}_2$

Molécules énergétiques	GLUCIDES			LIPIDES	PROTEINES
Réaction	Glycolyse Glucose ↓ Pyruvate	Décarboxylation oxydative Pyruvate ↓ Acétyl CoA	Cycle de Krebs A partir de l'Acétyl CoA	$\beta$ -oxydation des acides gras Acyl CoA ↓ Acétyl CoA	Acides aminés ↓ Intermédiaires du cycle de Krebs → mitochondrie
Localisation	Cytoplasme	Mitochondrie	Mitochondrie	Mitochondrie	
Cofacteurs réduits produits	$\text{NADH}+\text{H}^+$	$\text{NADH}+\text{H}^+$	$\text{NADH}+\text{H}^+$ $\text{FADH}_2$	$\text{NADH}+\text{H}^+$ $\text{FADH}_2$	

↓ Nécessite un transfert dans la mitochondrie
 Produits *in situ* dans la mitochondrie directement utilisables pour la phosphorylation oxydative



La prof lit le diapo donc retenez tout ça (ça récapitule ce que vous voyez dans les autres voies)

Dans le catabolisme des glucides, on a la **glycolyse** qui permet la transformation du glucose en **pyruvate**, tout en générant du  **$\text{NADH}+\text{H}^+$** , tout ceci dans le **cytoplasme**.

Ce  **$\text{NADH}, \text{H}^+$**  aura besoin d'être transféré au niveau de la **mitochondrie** pour être ensuite réoxydé au niveau de la **CRM**. En revanche, la décarboxylation oxydative, qui est opérée par la **PDH** (=pyruvate déshydrogénase) à partir du pyruvate pour générer de l'**acétyl-CoA**, a lieu au niveau de la mitochondrie et permet également la génération du  **$\text{NADH}+\text{H}^+$** .

Le **Cycle de Krebs** (CK), qui permet l'oxydation de l'**acétyl-CoA** et qui a lieu au niveau de la **mitochondrie** permet également la génération de molécules de  **$\text{NADH}+\text{H}^+$**  et de  **$\text{FADH}_2$**  qui sont généralement produites *in situ* au niveau de la **mitochondrie**.

Finalement, le métabolisme lipidique et plus particulièrement la **Béta-oxydation** des Acides Gras (AG) a également lieu dans la **mitochondrie** et permet la génération de  **$\text{FADH}_2$**  et de  **$\text{NADH}+\text{H}^+$**

## 2. Systèmes de transports des membranes mitochondriales

Dans la **mitochondrie**, la **membrane interne mitochondriale** (MIM) est **IMPERMÉABLE** aux petites molécules, elle présente donc de nombreuses protéines de transports. Ces systèmes permettent aux coenzymes réduits qui se trouvent dans le **cytoplasme** d'être transportés au niveau de la **mitochondrie**. Il existe **2 systèmes** de transport :

- Les **Antiports** : deux molécules sont échangées en **direction opposées**
- Les **Symports** : les deux molécules sont transportées dans la **même direction**

C'est le **gradient de protons** généré à la fin de la CRM qui est la force motrice de ces transports actifs +++

## Transporteurs des membranes mitochondriales

Antiports	Nom	Substrats	Sens	But
	Antiport GLU / ASP	Glutamate Aspartate	Glu → Mit Asp → Cyt	}
	Antiport Malate/ α-cétoglutarate	α-cétoglutarate malate	α-CG → Cyt Malate → Mit	
	Antiport ADP / ATP	ADP ATP	ADP → Mit ATP → Cyt	antiport ADP / ATP entrée ADP dans Mito

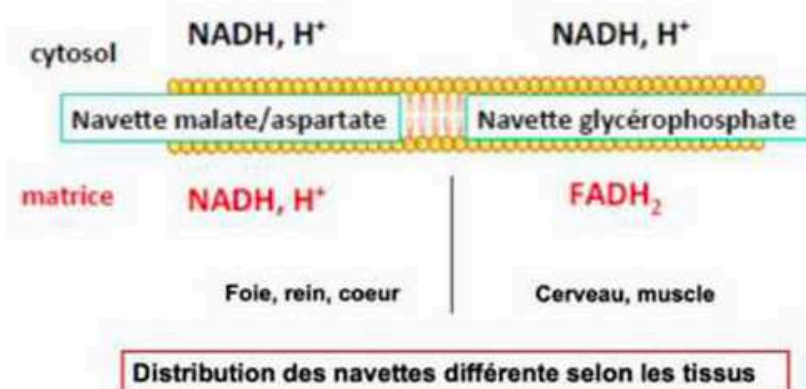
Symports				
	Phosphates	Pi et H <sup>+</sup>	Cyt → Mit	translocation de Pi
	Pyruvate	Pyruvate + H <sup>+</sup>	Cyt → Mit	translocation Pyruvate

C'est le potentiel de membrane (gradient de protons) qui est la force motrice

Ce tableau aussi c'est +++ on retient bien tout ça

### 3. Transport du NADH<sup>+</sup>, H<sup>+</sup>

## Transport du NADH, H<sup>+</sup> produit dans le cytosol vers la membrane interne de la mitochondrie



L'organisme va utiliser des navettes différentes en fonction du tissu ou l'on se situe

Distribution des navettes différente selon les tissus

On retrouve ici des systèmes d'antiports :

- La navette **malate-aspartate** qui va permettre :  
Le passage du **glutamate** vers la **mitochondrie** contre l'**aspartate** qui va dans le **cytoplasme**
  - L'antiport **malate/alpha-cétoglutarate** qui permet le passage de l'alpha-cétoglutarate vers le **cytosol** en échange du malate qui va rentrer dans la **mitochondrie**
  - Le transport de l'**ADP/ATP** : Important pour la disponibilité d'ADP au niveau de la mitochondrie pour la synthèse d'ATP. Dans ce cas, l'**ADP** rentre dans la **mitochondrie** alors que l'**ATP** qui a été généré dans la mitochondrie va la quitter pour aller dans le **cytoplasme**
- La navette malate-aspartate est abondante au niveau : du **foie**, du **rein** et du **cœur**
- La navette glycérophosphate est abondante dans le **cerveau** et les **muscles** et permet le transfert d'équivalents  $\text{NADH}+\text{H}^+$  au cytosol vers la matrice sous forme de **FADH<sub>2</sub>**

## Principe général de la CRM et de la phosphorylation oxydative

La **CRM** et la **phosphorylation oxydative** (=PO) ont comme objectif final de permettre la réoxydation des coenzymes réduits **NADH+H<sup>+</sup>** et **FADH<sub>2</sub>**.

Ces coenzymes seront réoxydés et le pouvoir réducteur de ces coenzymes sera utilisé pour **générer de l'ATP**

Ces processus ont lieu tout le temps dans les cellules de l'organisme qui contiennent des mitochondries parce qu'il s'agit de réactions **mitochondriales**.

Ça concerne donc toutes les cellules **SAUF LES ÉRYTHROCYTES** (= les globules rouges) qui n'ont **pas de MITOCHONDRIES +++**

C'est un processus qui se fait par étapes, par paliers au sein des différents complexes de la CRM et l'étape finale de ce processus est la synthèse d'ATP par une enzyme appelée **ATP synthase** (on la voit au prochain cours).

L'énergie potentielle des nutriments, (= les AA, le glucose et les AG) est transformée en énergie chimique sous forme d'**ATP** utilisée par la cellule.

**BUT**

Les réactions du catabolisme cellulaire produisent des éléments réducteurs, en particulier **NADH + H<sup>+</sup>** et **FADH<sub>2</sub>**

Le but de la CRM et de la Phosphorylation Oxydative est :

- Réoxydation de ces 2 coenzymes réduits
- Utilisation du pouvoir réducteur de ces coenzymes pour la synthèse d'ATP

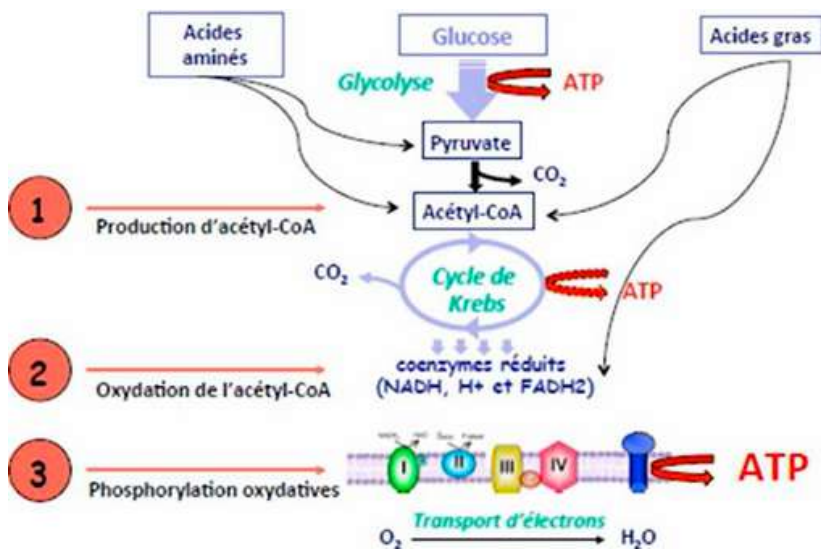
**OÙ et QUAND ?**

Toutes les cellules sauf érythrocytes → **DANS LA MITOCHONDRIE**  
/ Tout le temps

**COMMENT ?**

Par étapes, au sein des complexes de la CRM

Etape finale → synthèse de l'ATP par l'**ATP Synthase**



Nous avons vu que tout d'abord ces molécules sont dégradées en :

- **Pyruvate**

- **Acétyl-CoA** → ensuite oxydé au niveau du **cycle de Krebs** avec production d'un équivalent ATP dans une de ces réactions mais surtout la production de coenzymes réduits :

**NADH+H<sup>+</sup>** et **FADH<sub>2</sub>**

Ces coenzymes vont être réoxydés au niveau de la **CRM** grâce au transport d'**électrons**. L'énergie qui est libérée au cours de la réoxydation de ces coenzymes réduits va permettre la synthèse ultime d'**ATP**.

La **phosphorylation oxydative** est un processus qui couple la réoxydation des cofacteurs réduits **NADH+H<sup>+</sup>** et **FADH<sub>2</sub>**, qui sont produits lors du **catabolisme** des molécules énergétiques (telles que les glucides, lipides et protéines) au sein de la **CRM**, à la production d'**ATP** dans une réaction de phosphorylation à partir d'ADP et de Pi qui est catalysé par l'**ATP synthase** +++

Ce processus permet donc la génération des molécules des coenzymes oxydés **NAD+** et **FAD** et la conversion d'énergie dans le processus de phosphorylation oxydative à générer de l'**ATP**. C'est un processus qui implique un transport d'**électrons** de haute énergie à partir de molécules de **NADH+H+** et **FADH2** vers l'oxygène qui est le récepteur final de ces électrons (e-).

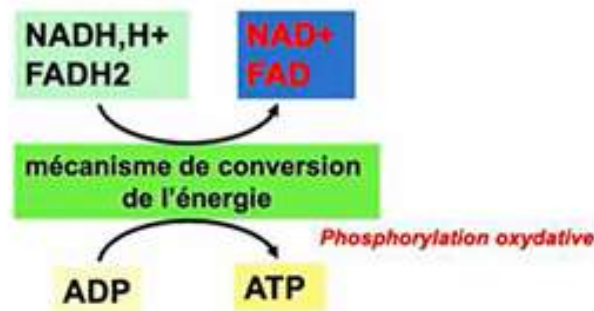
## PHOSPHORYLATION OXYDATIVE

### Définition:

#### Processus couplant

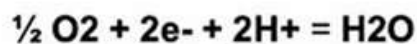
- la **réoxydation** des cofacteurs réduits (**NADH,H+** et **FADH2**) produits lors du catabolisme des molécules énergétiques (glucides, lipides, ...)

- à la **production d'ATP** (réaction de phosphorylation :  $ADP + P_i = ATP$ )



A la fin des réactions, l'oxygène sera **réduit** en **molécules d'eau** +++

Implique un **transport des électrons de haute énergie** du **NADH,H+** et **FADH2** vers un **accepteur final = l'oxygène**, réduit en molécule **H2O**



La phosphorylation oxydative est active **UNIQUEMENT EN CONDITION AEROBIE** (= en présence d'oxygène) (donc pas pendant un effort mais plutôt au repos) parce qu'on a besoin d'oxygène comme accepteur d'e- et on parle aussi de **respiration cellulaire**.

Le transport d'e- du **NADH, H+** et du **FADH2** vers l'**oxygène** est un processus qui se fait par étape par des échanges successifs entre différents couples redox.

Ces réactions ont lieu au sein des complexes de la **membrane mitochondriale interne** et ces complexes composent la CRM.

Ce transfert d'e<sup>-</sup> **est couplé à un transfert de H<sup>+</sup>** à travers la **membrane interne** de la mitochondrie

→ Ces protons vont s'accumuler au niveau de l'**espace intermembranaire** et ceci va générer un gradient électrochimique qui sera exploité par la cellule pour produire de l'ATP. (*super important comme phrase*)

**Le transport des électrons** du NADH,H<sup>+</sup> et FADH<sub>2</sub> vers l'**oxygène**,

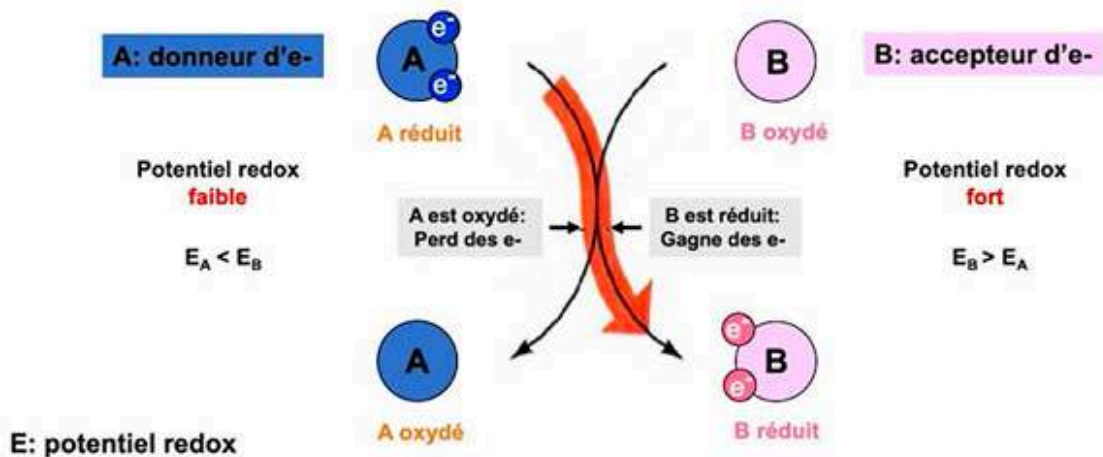
- Se fait par des échanges successifs entre différents couples redox réalisés au sein des **COMPLEXES** de la membrane mitochondriale interne

➔ **Chaîne respiratoire mitochondriale**

- Est couplé à un transfert de protons (H<sup>+</sup>) à travers la membrane interne

matrice ➔ espace intermembranaire

**Génération d'un gradient électrochimique exploité pour la production d'ATP**



La chaîne de transport des e<sup>-</sup> qui caractérise la **CRM** est une succession de couples redox qui s'échangent les électrons par des réactions d'**oxydoréduction**.

Au cours de ces réactions, les e<sup>-</sup> vont passer d'un **composé A** réduit qui va perdre ses e<sup>-</sup> en faveur d'un **composé B** réduit.

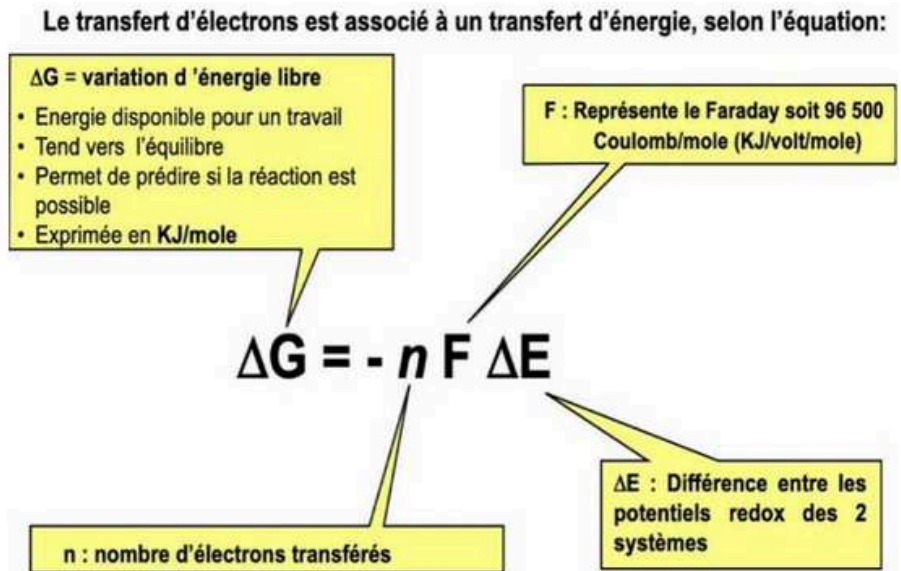
Lors de ce passage d'e<sup>-</sup>, la **molécule A** qui a perdu ses e<sup>-</sup> va se retrouver dans un état **oxydé**. En revanche, la **molécule B** qui a gagné ses électrons va passer d'un état oxydé à un état **réduit** et les e<sup>-</sup> vont circuler de la molécule qui a le potentiel redox le plus **faible** vers la molécule acceptrice qui a le potentiel redox le plus **élevé**.

Dans ce cas de la CRM, ce transport d'e<sup>-</sup> se fait des molécules de **NADH+H<sup>+</sup>** et **FADH<sub>2</sub>** vers l'**oxygène** qui est l'**accepteur final** +++

-> Le NADH, H<sup>+</sup> et FADH<sub>2</sub> sont des **donneurs d'e<sup>-</sup>** de haut niveau d'énergie

-> Ils ont un potentiel redox **négatif**, ce sont donc des donneurs d'e<sup>-</sup> car ils ont une faible affinité pour les e<sup>-</sup>

-> En revanche, le potentiel redox de l'O étant **très positif**, il est un bon accepteur d'e<sup>-</sup> et a une forte affinité pour les e<sup>-</sup>



*Ne vous embêtez pas avec cette formule, pas de calculs en bioch*

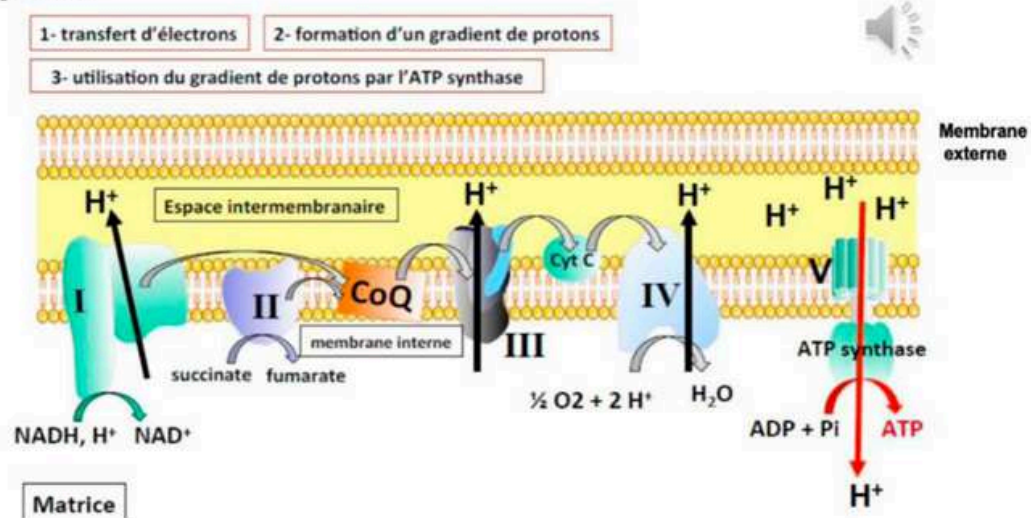
La différence des potentiels entre NADH, H<sup>+</sup> et FADH<sub>2</sub> et l'O est **très importante**. La réaction directe est très favorable et l'énergie formée est énorme. Pour cela, le passage d'e<sup>-</sup> du NADH, H<sup>+</sup> et FADH<sub>2</sub> vers l'O ne se fait pas en une seule étape mais par une **séquence d'intermédiaires**.

Lors d'une réaction redox, le transfert d'électron est associé à un transfert d'énergie selon l'équation suivante et va donc dépendre :

- Du **nombre d'e<sup>-</sup>** transférés
- D'une constante de Faraday
- De la différence entre le potentiel redox des 2 systèmes entre les **donneurs d'e<sup>-</sup>** et d'**accepteurs d'e<sup>-</sup>**

→ Dans le cas de la CRM, **les donneurs sont NADH, H<sup>+</sup> / FADH<sub>2</sub> et l'accepteur est la molécule est la molécule d'oxygène**

Formée de 4 complexes membranaires de transporteurs d'électrons ordonnés séquentiellement et reliés par 2 transporteurs mobiles d'électrons (le Coenzyme Q et le Cytochrome c) + ATP synthase



La CRM à lieu dans la **membrane mitochondriale interne**

Elle se compose de **4 complexes membranaires** de transports d'e<sup>-</sup> Elle est liée par 2 transporteurs mobiles d'e<sup>-</sup> :

- Le **Coenzyme Q**
- Le **cytochrome C**

Cette chaîne permet le transfert d'e<sup>-</sup> par des échanges successifs entre différents couples redox qui sont réalisés au sein du complexes de cette CRM à partir d'un donneur vers un accepteur

Ce transfert d'e<sup>-</sup> à travers les éléments de la CRM va entraîner la formation d'un **gradient de protons** à travers la **membrane interne** de la matrice mitochondriale vers l'**espace intermembranaire**

C'est ce **gradient de protons** qui s'accumule dans l'**espace intermembranaire** qui est utilisé en dernier pour la synthèse de l'**ATP** par l'**ATP synthase**

- La synthèse d'ATP est un système qui fonctionne à **flux tendu** (quasi pas de stock d'ATP)
- L'ATP est très peu stockée dans la cellule mais synthétisée continuellement en fonction des besoins cellulaires

- Ceci explique la nécessité d'un système continu et d'une régulation fine de la phosphorylation oxydative adaptée à chaque type cellulaire

## Protéines fer-soufre

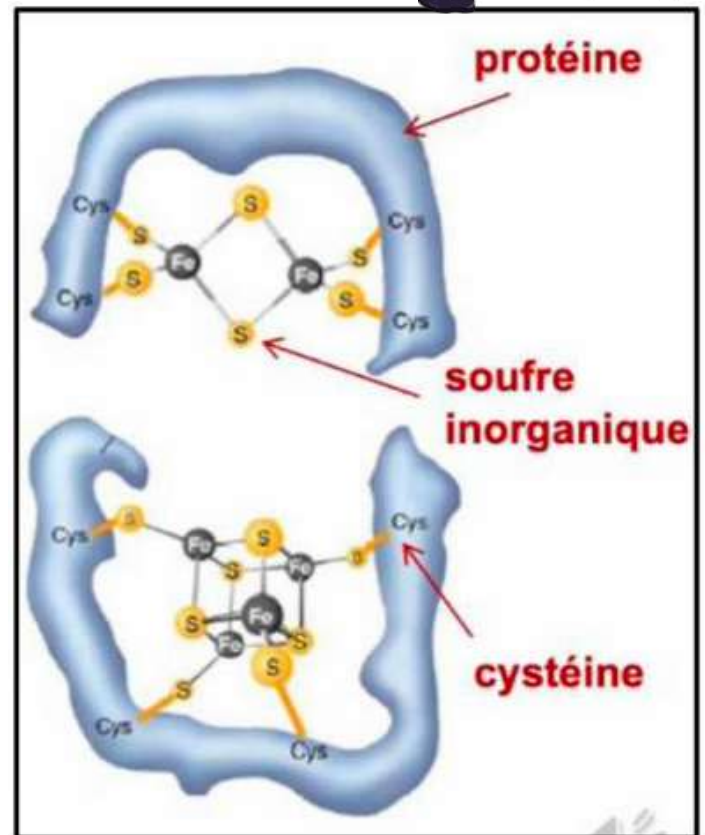


Avant de parler des complexes de la CRM, on va tout d'abord parler des **protéines fer-soufre** (= Fe-S)

Ce sont des groupements **prosthétiques** (composé non protéique mais contenu dans une structure protéique) contenant des atomes de  $\text{Fe}^{3+}$  qui vont acquérir un  $e^-$  et passer à la forme de **fer ferreux  $\text{Fe}^{2+}$**

Ces atomes de Fe sont liés à :

- Des atomes de soufre élémentaires inorganiques
- Des atomes de soufre
- Des résidus de cystéines des protéines auxquels ils appartiennent (puisque la cystéine possède un atome de soufre)



Il s'agit de protéines non hémiques car le Fe n'est pas inclus dans une structure de type hème. Ces protéines sont des intermédiaires et permettent le transfert d' $e^-$  depuis les **complexes I et II** de la CRM vers le **coenzyme Q** (vous le verrez dans les étapes 1 et 2)

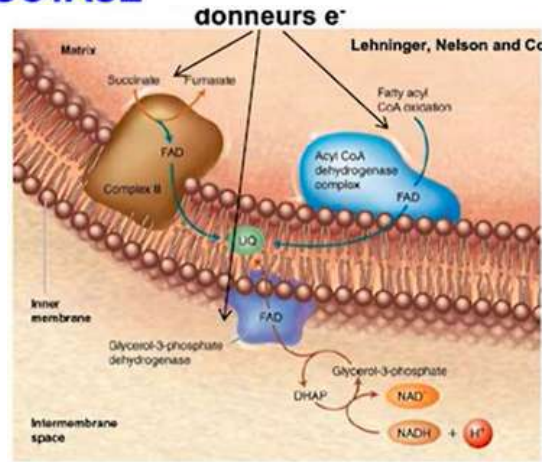
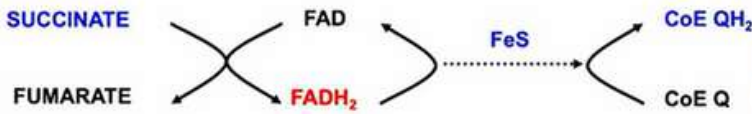
## Il y a autant d'atomes de Fe que d'atomes de S

Le soufre a pour fonction de stabiliser le Fe par des liaisons de coordination et le transfert d' $e^-$  se fait grâce aux atomes de Fe qui vont passer d'un état ferrique  $\text{Fe}^{3+}$  à un état ferreux  $\text{Fe}^{2+}$  (Mémo : ferreux rime avec deux)



## COMPLEXE II : SUCCINATE UBIQUINONE RÉDUCTASE

Catalyse l'oxydation du succinate en fumarate



Le **complexe II** de la CRM catalyse l'oxydation de succinate en fumarate. Il s'agit donc de la réaction qui appartient au **cycle de Krebs** et qui est catalysée par la **succinate déshydrogénase (DH)**

C'est un complexe protéique formé de **4 chaînes** qui fait intervenir le **FAD** comme coenzyme qui est réduit dans un premier temps en **FADH2**

Il va ensuite transférer les e<sup>-</sup> sur des protéines **Fe-S** qui vont par la suite transférer les e<sup>-</sup> sur des molécules de coenzyme Q qui va se retrouver dans son état réduit d'**ubiquinol** (même accepteur d'e<sup>-</sup> que pour le complexe I)

Structure protéine : 4 chaînes

Couple redox	→	<b>FAD / FeS</b>
donneur e <sup>-</sup>	→	<b>Succinate</b>
accepteur e <sup>-</sup>	→	<b>CoE Q (Ubiquinone)</b>
fonction	→	<b>Réductase</b>
autre nom	→	<b>Succinate déshydrogénase</b>

-> Au niveau de ce complexe II, l'énergie qui est dégagée lors de ce transfert qui est donc catalysée par la **succinate ubiquinone réductase** (= **succinate déshydrogénase**) **NE PERMET PAS l'accumulation de protons** au niveau de l'**espace Intermembranaire** +++

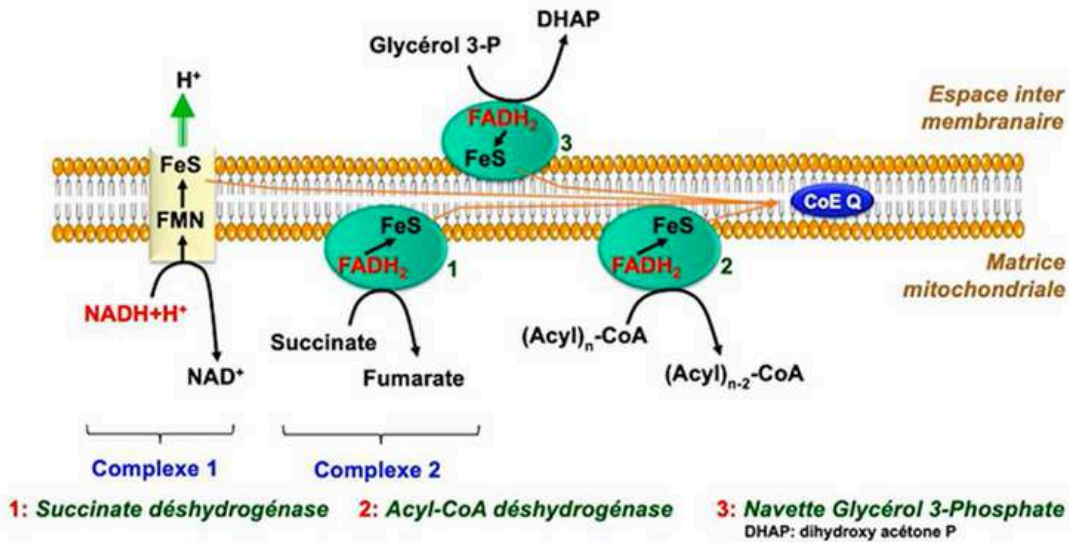
Le **coenzymes Q réduit** qui a récupéré les e<sup>-</sup> en provenance du complexe I et II de la CRM peuvent diffuser à travers la membrane et amener ces e<sup>-</sup> vers le **complexe III**

→ En effet, la 1ère étape de la **β-oxydation** des AG est catalysé par l'**acyl-CoA déshydrogénase** qui va générer du **FADH2** avec transfert d'e<sup>-</sup> vers les centres Fe-S

→ Il y a aussi le **glycérol-3-P** formé dans la **glycolyse** ou par hydrolyse des triglycérides qui va céder ses e<sup>-</sup> après transformation en **DHAP** (= dihydroxyacétone-phosphate) par la **glycérol phosphate déshydrogénase** qui fonctionne aussi comme transporteur du **NADH+H+**

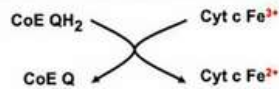
Tout cela ainsi que les e<sup>-</sup> qui proviennent du **complexe I** vont arriver sur le **coenzyme Q** qui va se retrouver dans sa forme réduite, qui va flotter sur la couche lipidique de la **membrane mitochondriale** et qui va donc permettre le passage d'e<sup>-</sup> au niveau du **complexe III** et au niveau de ce complexe, il sera réoxydé +++

### Entrées dans la CRM

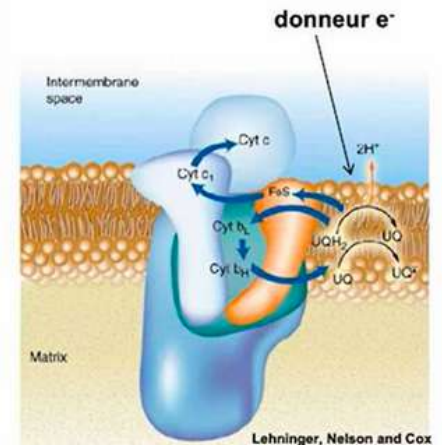


### COMPLEXE III : UBIQUINONE CYTOCHROME C RÉDUCTASE

Catalyse le transfert des électrons au cytochrome C



Au niveau du **complexe III** de la CRM, il y a le transfert d'e<sup>-</sup> à partir d'ubiquinol (=ubiquinone réduite) qui a récupéré les e<sup>-</sup> à partir du complexe I et du complexe II vers le **cytochrome C**



Ce complexe est une ubiquinone **cytochrome C réductase** composé de **8 chaînes protéiques** et qui contient :

- Un cytochrome b
- Un cytochrome c1

Structure protéine : 8 chaînes

- Couple redox → **Cytochromes b et C1**
- donneur e<sup>-</sup> → **CoE QH2 (Ubiquinol)**
- accepteur e<sup>-</sup> → **Cytochrome C**
- fonction → **Réductase**

Au niveau de ce complexe, les e<sup>-</sup> sont transférés de l'ubiquinol vers le cytochrome C. L'ubiquinol va retrouver sa forme oxydée d'ubiquinone et le cytochrome C va récupérer des e<sup>-</sup>

Attention partie qui parait technique mais il faut juste comprendre le principe et ce sera bon

L'ubiquinol va pouvoir transférer 2 e<sup>-</sup>, alors que le cytochrome C peut acquérir un seul e<sup>-</sup> à la fois. Dans ce cas, il y a un premier e<sup>-</sup> qui est transféré sur le cytochrome C1 et ensuite sur le cytochrome C. En attendant, le 2ème e<sup>-</sup> est transféré sur le cytochrome b et ensuite lorsque le 1er e<sup>-</sup> aura rejoint le cytochrome C, le second e<sup>-</sup> passera sur le cytochrome C1 puis sur le cytochrome C

Le **cytochrome C** étant mobile, il pourra transférer les e<sup>-</sup> vers le **complexe IV** de la CRM → Au niveau de ce complexe, le gradient énergétique qui se dégage par le transfert d'e<sup>-</sup> permet le transfert des **2 protons** au niveau de l'**espace intermembranaire** +++

#### 4. Le complexe IV : Cytochrome C oxydase

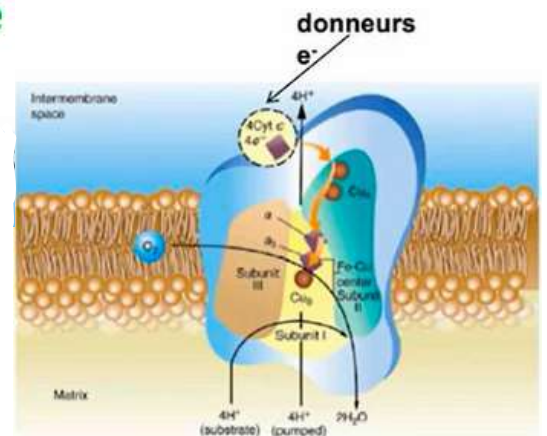
**Catalyse la réduction de O<sub>2</sub> par 4 électrons**



Dans le dernier complexe de la CRM, on a le transfert d'e<sup>-</sup> sur l'O : les e<sup>-</sup> qui proviennent du **cytochrome C**.

Il s'agit d'une **cytochrome oxydase** dans laquelle une molécule d'O est réduite avec 4 e<sup>-</sup> **pour former 2 molécules d'H<sub>2</sub>O**.

Ce complexe contient des **cytochromes a et a3** et des atomes de cuivre.



Structure protéine : 7 chaînes

Couple redox	→	<b>Cytochromes a, a3 et 2 Cu<sup>++</sup></b>
donneur e <sup>-</sup>	→	<b>Cytochrome C</b>
accepteur e <sup>-</sup>	→	<b>Oxygène moléculaire</b>
fonction	→	<b>Oxydase</b>
autre nom	→	<b>Cytochrome oxydase</b>

Les atomes passent du Cu au **cytochrome A** puis au **cytochrome a3** et enfin sur l'**Oxygène**. Lors de ce transfert d'e<sup>-</sup>, il y a également **4H<sup>+</sup>** qui vont être transférés de la matrice vers l'**espace intermembranaire**.

Les e<sup>-</sup> se déplacent du système ayant le potentiel le + **néгатif** (= le système le + réducteur) vers le système ayant le potentiel le + **positif** (dont le système le + oxydant).

Les H<sup>+</sup>, eux, traversent la MIM et donc s'accumulent dans l'**espace intermembranaire** dans le complexe **I, III et IV** et vont donc entraîner une différence chimique et électrique entre les compartiments et c'est cette différence qui sera utilisée pour la **synthèse de l'ATP**.

## Régulation

Il existe des **inhibiteurs** qui bloquent la CRM à différents niveaux et qui empêchent le passage d'e<sup>-</sup> vers les accepteurs.

Ces inhibiteurs sont utilisés dans des expériences pour comprendre quel complexe est impliqué par exemple dans un observation expérimentale donnée.

**Complexe I** : bloquée par la **roténone**



**Complexe II** : pas d'inhibiteur spécifique

**Complexe III** : bloqué par l'**antimycine A**

**Complexe IV** (=cytochrome C oxydase) : peut-être inhibé par le **cyanure** et le **monoxyde de carbone (CO)**

Complexes	Composants			Énergie	Inhibiteurs
	Complexes	Fe-S	Cytochromes		
<b>C I</b>	NADH déshydrogénase	oui	--	<b>oui</b>	<b>roténone</b>
<b>C II</b>	Succinate déshydrogénase	oui	--	<b>non</b>	--
<b>C III</b>	Ubiquinone cytochrome C réductase	oui	b ; c <sub>1</sub>	<b>oui</b>	<b>Antimycine A</b>
<b>C IV</b>	Cytochrome C oxydase	non	a ; a <sub>3</sub>	<b>oui</b>	<b>CN ; CO</b>

## Conclusion :

- Les réactions du catabolisme cellulaire et le **Cycle de Krebs** produisent des éléments réducteurs en particulier **NADH, H<sup>+</sup>** et **FADH<sub>2</sub>**
- Le but de la **CRM** est la **réoxydation** de ces 2 coenzymes réduits
- Le transport des électrons du NADH, H<sup>+</sup> et FADH<sub>2</sub> vers l'**oxygène (=accepteur final)** se fait par des échanges successifs entre différents couples redox réalisés au sein de 4 complexes de la **MIM**
- La CRM est couplée à un transfert de protons H<sup>+</sup> à travers la MIM (de la matrice vers l'EIM) qui va générer un **gradient** de charges et une différence de pH qui sera exploitée pour la synthèse d'ATP par l'**ATP synthase**

## DÉDIIIIIIIS

**Dédi à prunelleeeeeee qui a attendu si longtemps pour avoir sa dédi, jusqu'à elle a boudé pour avoir sa dédi cette grosse bdh (après j'avoue je l'avais oubliée sur ma fiche cycle de krebs) mais au moins elle a 4 lignes de dédi ici pour compenser (carrément je mets en gras)**

Dédi à Laure et au débat de fou causé par une simple question de P1

Dédi à son fillot Baptiste qui a fait le cycle de Krebs de plus cyclique que j'ai pu voir

Dédi à Codéines déjà parce qu'elle m'a fait découvrir l'incroyable Zelda BOTW (je me régale le jeu est incroyable) et pour sa pp Choso que je vois depuis la P1

Dédi à Laurie à côté de qui j'ai écrit une partie de cette fiche en amphi au lieu d'écouter (oups)

Re dédi à mes fillots et fillottes, croyez en vous, vous allez tout déchirer <3

Dédi aux gens qui savent que le seul et unique goat est Gojo et pas la racaille sukuna (essayez pas de faire les mecs différents)

Dédi au trampoline avec Adem, Iris, Emna, Chloé, Claudia, Flora et plein d'autres que j'oublie et qui vont me mêler

[Clique ici pour kiffer](#)



la pp en question

