

Séances d'aide à l'étude en biologie

Dans les activités du cours commun de biologie, huit séances d'aide à l'étude sont organisées au premier quadrimestre. Ces séances sont **obligatoires** pour les étudiants du premier bachelier 1 2 3 ... Sciences. Chaque séance est consacrée à une thématique précise, l'ensemble couvrant une bonne partie de la matière vue au cours théorique. La **8^{ème} séance** est **facultative**, elle a pour but de permettre aux étudiants d'approfondir certains thèmes avec lesquels ils ont plus de difficultés.

Les thématiques sont les suivantes :

- Composition et organisation structurale des êtres vivants
- Perméabilité membranaire et osmose
- Réplication/Transcription/Traduction
- Énergétique cellulaire 1 : la respiration cellulaire
- Énergétique cellulaire 2 : la photosynthèse
- Division cellulaire et Reproduction
- Vue intégrative de la cellule
- Séance dont le thème est au choix

Ces séances permettent aux étudiants, par groupes de 25 environ, de mieux appréhender la matière par une série d'exercices et de questions de réflexion. Ces problèmes devront être résolus par les étudiants sous la supervision d'encadrants. Le bon déroulement de ces séances nécessite **la participation active des étudiants**. Ceci ne peut être réalisé que si les étudiants ont **consciencieusement préparé** avant la séance la matière traitée pendant celle-ci.

L'accès à ces séances est conditionné à la réalisation d'un **devoir** à domicile. Les étudiants n'ayant pas réalisé leur devoir se verront donc refuser l'accès à la séance.

Enfin, nous vous demandons de prendre votre **livre** et votre **syllabus d'illustrations** lors de **chaque séance**, car vous en aurez besoin pour résoudre les exercices proposés.

Répartition des étudiants en différents groupes :

Biologistes A: Groupe **1** : Akturk – D'Haenens

Groupe **2** : Diverse – Kuppens

Biologistes B: Groupe **3** : Lecocq – Pilato

Groupe **4** : Radermecker – fin de la liste

Chimistes : Groupe **5** : Aguey-Zinsou – Henz

Groupe **6** : Larry – fin de la liste

Physiciens : Groupe **8** : Akdag – Duyibo

Groupe **9** : Fassotte – Marting

Groupe **10** : Mertens – fin de la liste

1. Composition et organisation structurale des êtres vivants

Responsable : *Nicolas Thelen* (nthelen@ulg.ac.be)

Matière à préparer avant la séance :

- Livre : chapitres 1 et 2, pages 9-60.
- Syllabus d'illustrations : chapitres 1 et 2, pages 1-24.

Devoir à préparer pour pouvoir accéder à la séance :

Soit le brin d'ADN monocaténaire suivant :

5'-AACTGTGAGTAGCGCTCTTAG-3'

Sur la molécule d'ADN bicaténaire résultante, quel sera le nombre de liaisons N-glycosidique ?

Horaire pour les différentes sections : Semaine 2

Lundi 25/09	15h45-17h45	Bio B	R.26 (B6d)	Groupe 3
			R.22 (B6d)	Groupe 4
Jeudi 28/09	13h30-15h30	Bio A	R.43 (B6a)	Groupe 1
			3.70 (B6c)	Groupe 2
	15h45-17h45	Chim	S.01 (B7a)	Groupe 5
			S.02 (B7a)	Groupe 6
Vendredi 29/09	15h45-17h45	Phys	S.01 (B7a)	Groupe 8
			S.02 (B7a)	Groupe 9
			S.04 (B7a)	Groupe 10

2. Perméabilité membranaire et osmose

Responsable : Marielle Lebrun (mlebrun@ulg.ac.be)

Matière à préparer avant la séance :

- Livre : chapitre 3, pages 61-93.
- Syllabus d'illustrations : chapitre 3, pages 25-38.

Remarque concernant la 2^{ème} séance :

Cette séance sera divisée en deux parties : une séance de préparation et une séance de travail.

Dans un premier temps durant la séance de préparation, vous serez amené à répondre à une série de questions sur les notions essentielles de chimie et sur la perméabilité membranaire et l'osmose, à l'aide de différents documents (ci-annexés). L'horaire de la séance de préparation est repris ci-dessous.

Dans un second temps, durant la séance de travail, une mise en commun de vos réponses sera réalisée et comparée avec les réponses attendues. Différentes pistes de réponses et de méthodologie vous seront également proposées. L'horaire de la séance de travail est également repris ci-dessous.

Horaire pour les différentes sections (Séance de préparation) : Semaine 3

Lundi 02/10	13h30-15h30	Phys	S.38 (B6d)	Groupes 8-9-10
Mercredi 04/10	13h30-15h30	Bio	R.30 (B6d)	Groupes 1-2-3-4
Jeudi 05/10	08h15-10h15	Chim	R.52 (B4)	Groupes 5-6

Devoir à préparer pour pouvoir accéder à la séance de travail :

Pour pouvoir accéder à la séance de travail, il vous faudra apporter le dossier ci-dessous complété. Dans ce dossier, vous trouverez une série de questions auxquelles il vous faudra répondre à l'aide :

- Du texte que vous trouverez juste après le dossier ;
- De votre livre « Biologie Cellulaire : Exercices et Méthodes » ;
- De votre syllabus d'illustrations.

Horaire pour les différentes sections (Séance de travail) : Semaine 4

Lundi 09/10	15h45-17h45	Bio B	R.26 (B6d)	Groupe 3
			R.22 (B6d)	Groupe 4
Mardi 10/10	15h45-17h45	Phys	S.01 (B7a)	Groupe 8
			S.02 (B7a)	Groupe 9
			S.04 (B7a)	Groupe 10
Jeudi 12/10	08h15-10h15	Chim	S.01 (B7a)	Groupe 5
			S.24 (B5b)	Groupe 6
	13h30-15h30	Bio A	R.43 (B6a)	Groupe 1
			3.70 (B6c)	Groupe 2

Le transport membranaire.

Partie I : Transport passif

Buts :

Après ce travail autodidactique :

- vous connaissez le processus de diffusion de molécules au travers d'une bicouche lipidique, vous savez définir la diffusion.
- vous comprenez pourquoi la diffusion de molécules liposolubles (non-polaires) diffère de la diffusion de molécules hydrosolubles (polaires).
- vous connaissez la signification du transport facilité.

Instructions :

Pour trouver les réponses aux questions ci-dessous, aidez-vous du document en annexe et du cours de Mr Thiry. Écrivez les réponses pour chaque question, vous en aurez besoin durant la séance de travail. Avant de commencer, lisez bien toutes les instructions.

Lisez les pages 1 à 3 du document en annexe.

- 1) Quelles sont les différences entre le transport actif et le transport passif ?
- 2) Un gradient de concentration de part et d'autre de la membrane plasmique en un soluté donné peut-il être généré grâce à la diffusion facilitée à travers un transporteur ? Justifiez.
- 3) Quelles caractéristiques doivent avoir les molécules capables de traverser la membrane plasmique par diffusion simple ?

4) Répondez par vrai ou faux et justifiez

- a. Si je place dans le milieu extracellulaire d'une cellule un soluté capable de franchir la membrane par un transport facilité, ce soluté franchira toujours la membrane pour équilibrer ses concentrations de part et d'autre de la membrane ?

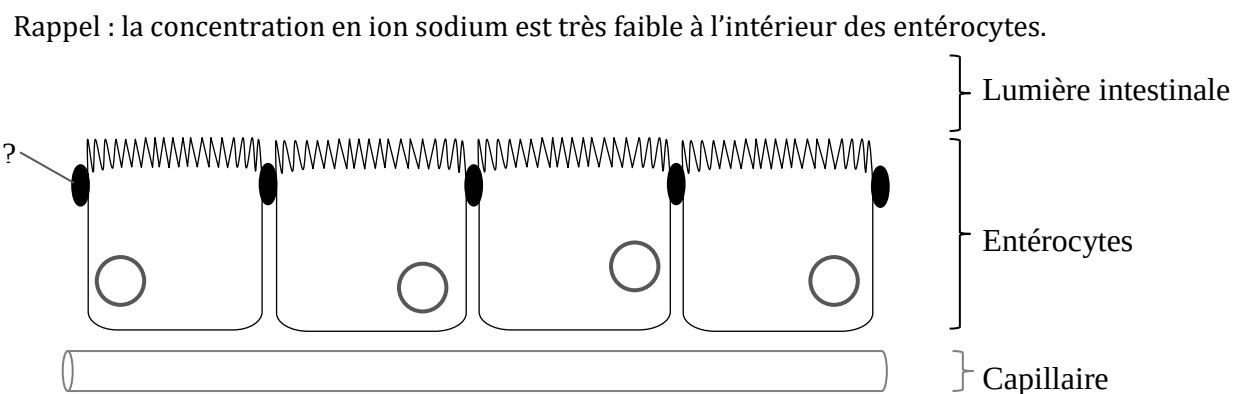
- b. le nombre de particules capables de franchir la membrane en une seconde est toujours plus faible lorsque que transfert se fait via un transporteur que via un pore.

- c. Le passage d'ions à travers un canal à ions est toujours dépendant de la différence de potentiel électrochimique de cet ion de part et d'autre de la membrane ?

Partie II : Transport actif primaire et secondaire

- c. La pompe Na^+/K^+ est cruciale, car la cellule a de grands besoins en potassium, notamment pour la contraction des filaments d'actine et de myosine et comme cofacteur des enzymes nécessaires pour la réplication de l'ADN.
- d. Le cotransport faisant intervenir des ions K^+ est toujours équilibré au niveau des charges
- e. Dans une cellule en état stationnaire (équilibre), la concentration d'une molécule non-chargée A est plus grande à l'extérieur de la cellule qu'à l'intérieur. Cette différence de concentration pourrait être due à
 - i. l'accumulation de A via diffusion simple de A au travers la membrane cellulaire.
 - ii. la synthèse de A par la cellule, sachant que la membrane cellulaire est imperméable aux molécules de A.
 - iii. L'export de A via un transport facilité.
 - iv. Un transport actif secondaire.
 - v. La catabolise de A par la cellule, sachant que la membrane cellulaire est non perméable aux molécules de A.

- 3) Qu'est-ce qu'un transporteur membranaire « électrogène » et donnez 3 exemples.
- 4) Dans des conditions expérimentales extrêmes, la pompe Na^+/K^+ peut fonctionner en sens inverse, ce qui la rapproche, au niveau fonctionnel, d'un complexe membranaire crucial pour le bon fonctionnement de la cellule. A quoi faisons-nous référence ?
- 5) Le glucose, issu de la dégradation des glucides de notre alimentation, est absorbé au niveau de l'intestin grêle. Le glucose est transporté de la lumière intestinale vers les capillaires sanguins sous-muqueux, par l'intermédiaire des cellules intestinales (aussi appelés entérocytes). La concentration en glucose dans la lumière de l'intestin est généralement plus faible que la concentration en glucose dans le cytoplasme des entérocytes. De plus, la concentration en glucose dans les capillaires sanguins est elle aussi plus faible que celle dans les entérocytes.
- a. Le glucose peut-il traverser facilement la bicouche phospholipidique délimitant les entérocytes ?
- b. À l'aide de vos connaissances sur les protéines membranaires de transport, imaginez un mécanisme qui permettrait aux entérocytes de réaliser le transport du glucose, de la lumière intestinale vers les capillaires sanguins sous-jacents. Annotez le schéma ci-dessous en y plaçant les différents transporteurs que vous avez choisi d'utiliser et nommez-les.



- c. Expliquez chacune des étapes de votre mécanisme de transport du glucose.
- d. Ce transport doit-il nécessairement consommer de l'énergie, à long terme ? Justifiez.
- e. Que représentent les structures noires pointées sur le schéma ? Sont-elles indispensables pour que le transport fonctionne ? Justifiez.

Rappel

Diverses fonctions cellulaires sont dépendantes du volume cellulaire : la structure et la fonction de macromolécules comme les enzymes sont influencées par le degré d'hydratation, de même que l'intégrité de la membrane cellulaire et du cytosquelette qui serait compromise en cas de modifications excessives du volume des cellules. L'importance de maintenir un volume cellulaire constant est évidente quand on sait que le cerveau est enfermé dans une boîte dure, le crâne, qui ne peut se dilater ou se contracter. Le gonflement des cellules à l'intérieur du crâne pourrait avoir des conséquences catastrophiques pour la circulation du cerveau en raison de la pression sur les vaisseaux sanguins (en termes techniques : compression extravasculaire).

En général, les fluctuations de concentrations intra- et extracellulaires des solutés vont générer des mouvements d'eau, entraînant un changement de volume des cellules. Les cellules animales, contrairement aux cellules végétales, ne possèdent pas de paroi cellulaire rigide. Cette paroi permet de maintenir le volume cellulaire constant, dans certaines limites. De plus, la membrane des cellules animales a tendance à être très perméable aux molécules d'eau, de telle sorte que de faibles différences de concentrations osmotiques vont entraîner un déplacement d'eau, occasionnant un changement de volume des cellules.

Buts :

Après ce travail autodidactique

- vous savez expliquer les termes osmolarité, tonicité et les utiliser pour comparer des solutions
- vous comprenez comment se passent les mouvements de solutés et de solvant au travers d'une membrane synthétique séparant deux compartiments.
- vous savez prédire comment le volume cellulaire va évoluer en fonction des concentrations en solutés perméables et imperméables présents en solution.

Instructions

Lisez les pages 7 à 9 du document annexé.

1. Sans calculatrice, via un calcul écrit, effectuez la division suivante : $94,5/166$
2. Vérifiez que vous avez obtenu la réponse correcte à l'aide d'une calculatrice. Si vous n'avez pas la bonne réponse, lisez le rappel « calcul écrit » du document annexé. Ensuite, réessayez en divisant 42,75 par 342. Vous ne serez pas autorisé à avoir votre calculatrice avec vous lors de l'interro de TP ou de l'examen, vous devrez donc réaliser vos calculs par écrit, il est donc primordial que vous sachiez les faire avant d'aller plus loin dans cette partie.

3. Quelle est la concentration massique d'une solution aqueuse de 200 mL contenant 0,45 OsM en CaCl_2 ? (Masse molaire du CaCl_2 =111 g/mole)
4. Répondez par vrai ou faux et justifiez votre réponse: L'osmolarité d'une solution
- i. Est une valeur relative, elle dépend toujours d'une autre solution et de la membrane qui sépare les deux compartiments
 - ii. de 100 g/L de glucose est la même que l'osmolarité d'une solution de 100 g/L de saccharose puisque ce sont deux espèces non dissociées (MM glucose :180, MM saccharose :342).
 - iii. Se calcule en additionnant les concentrations molaires des espèces non diffusibles, en n'oubliant pas le facteur de dissociation.
5. Combien y a-t-il de gramme de CaCl_2 dans 400 ml d'une solution aqueuse de KI d'osmolarité 0,35 M (MM KI: 166 g/mole)?
6. Si on mélange 300 mL d'une solution 0,15 M en NaCl avec 200 mL d'une solution de 23,75 g/L de MgCl_2 , quelle est la concentration molaire en ions chlorure de la solution finale ?

7. Calculez l'osmolarité de la solution suivante : Lactose 222,3 g/L, MgCl_2 0,3 M et glucose 2,7 % (masse molaire des différentes espèces : lactose=342 g/mole ; MgCl_2 =95 g/mole et glucose=180 g/mole)

8. Un récipient est partagé en 2 compartiments A et B par une membrane perméable aux molécules et ions de taille inférieure à celle de la molécule de saccharose. En A, on place 0,3 litre d'une solution saccharose 0,9 M et NaCl 1,74 %. En B, on place 0,6 litre d'une solution saccharose 0,3 M et urée 9 g/L

Les masses moléculaires de ces différents solutés : saccharose : 342; NaCl : 58; urée : 60
N.B. les dimensions des 2 compartiments sont telles, qu'en début d'expérience, le niveau de liquide dans chacun d'eux est identique.

- a. Quelle est l'osmolarité de la solution initiale en B ?
- b. Quelle est l'osmolarité de la solution initiale en A ?
- c. Après avoir placé les solutions A et B dans leurs compartiments respectifs, quels mouvements de molécules ou d'ions vont se produire ?
 - i. Na^+ :
 1. pas de flux net entre les 2 compartiments
 2. flux net de A vers B
 3. flux net de B vers A
 - ii. urée :
 1. pas de flux net entre les 2 compartiments
 2. flux net de A vers B
 3. flux net de B vers A
 - iii. saccharose :
 1. pas de flux net entre les 2 compartiments
 2. flux net de A vers B
 3. flux net de B vers A
 - iv. eau :
 1. pas de flux net entre les 2 compartiments
 2. flux net de A vers B
 3. flux net de B vers A

- d. Quel sera, à l'équilibre, le niveau du liquide en A et en B ?
- e. Quelle sera, à l'équilibre, la concentration de Na Cl en A ?
- f. Quelle sera, à l'équilibre, la concentration de saccharose en A ?
1. < 0.30 M
 2. 0.30 M
 3. > 0.30 M et < 0.90 M
 4. 0.90 M
 5. >0.90 M
- g. Quelle sera, à l'équilibre, la concentration d'urée en B ?

9. Un récipient est partagé en 2 compartiments A et B par une membrane perméable aux molécules et aux ions de taille inférieure à 300 g/mole. En A, on place 0,5 litre d'une solution dont la composition est: glucose 90 g/L, NaCl 0,2 M et lactose 102,6 g/L. En B, on place 1,5 litre d'une solution dont la composition est: saccharose 6,84 %, urée 18 g/l et un composé X, non dissocié, à 0,2 M. A l'équilibre le niveau de liquide est plus élevé dans le compartiment B que dans le compartiment A.

Les masses moléculaires de ces différentes substances sont: glucose:180- saccharose: 342 - lactose: 342 - NaCl: 58,5 - urée: 60

Au temps zéro :

- a. Quelle est l'osmolarité de la solution A ?
- b. Quelle est l'osmolarité de la solution B ?
- c. La solution A est-elle hypo-, iso- ou hypertonique par rapport à la solution B ? Justifiez.
- d. La masse moléculaire du composé X est-elle > ou < à 300 g/mole ? Justifiez.

e. Combien y a-t-il de grammes de NaCl dans le compartiment A ?

A l'équilibre :

f. Quelles sont les concentrations molaires des différents solutés ?

	A	B
Lactose		
Urée		
Saccharose		
NaCl		
Glucose		
X		

NB : si la concentration ne peut être calculée précisément, donnez la fourchette la plus précise

g. Quel serait l'état osmotique de globules rouges plongés dans une solution de composition identique à la solution A ou identique à la solution B? (NB : l'isotonie pour les hématies est de 0,3 OsM et la membrane plasmique est considérée comme perméable aux molécules non chargées de masse molaire inférieure à 100g/mole)

A :

B :

10. Des hématies sont placées dans une solution mixte d'urée 0.8M et d'un composé X 0.15 M entre lame et lamelle. Par observation sous un microscope, nous constatons que les cellules subissent une plasmolyse, suivie d'une déplasmolyse. Que pouvez-vous en conclure ?
NB: l'isotonie des hématies est de 0,3 OsM

- a. Répondez par Vrai ou Faux et justifiez :
 - i. L'urée est un composé non-diffusible
 - ii. L'eau diffuse plus rapidement que l'urée
 - iii. A la fin de l'expérience, le milieu intracellulaire est hypertonique par rapport au milieu extracellulaire
- b. Le composé X est: (entourez la réponse correcte)
 - i. non-diffusible
 - ii. diffusible
 - iii. on ne peut pas le savoir
- c. Le composé X pourrait être : (entourez la ou les réponses correcte(s))
 - i. du saccharose
 - ii. du NaCl
 - iii. de l'urée
 - iv. 4. du KCl
 - v. 5. aucune de ces 4 propositions

11. Quatre globules rouges sont placés dans un récipient (d'une contenance maximale de 2L) contenant 100 ml d'une solution de saccharose 10,26 %. On ajoute successivement : (i) 100 mL d'une solution de glycérol 0,3 M ; (ii) 1,1 g de CaCl_2 ; (iii) 200 mL d'une solution d'urée 72 g/L ; (iv) 400 mL d'eau distillée et, finalement (v) 43,2 g de glucose. Après chaque ajout, le temps nécessaire pour atteindre l'équilibre est donné. Pour chacune des étapes successives, calculez l'osmolarité de la solution et décrivez l'évolution de l'état osmotique des globules rouges.

NB : 1) le volume intracellulaire est considéré comme négligeable par rapport au volume extracellulaire
 2) la membrane plasmique est considérée comme perméable aux molécules NON chargées de masse moléculaire inférieure à 100
 3) l'ajout de CaCl_2 et de glucose en poudre ne fait pas varier de façon significative le volume de solution

Masse molaire des solutés : Glycérol : 92 g/mole, urée 60 g/mole, Glucose 180 g/mole, CaCl_2 110 g/mole, Saccharose 342 g/mole.

	Osmolarité de la solution	État osmotique des cellules
Dans la solution de départ		
Après l'ajout de glycérol		
Après l'ajout de CaCl_2		
Après l'ajout d'urée		
Après l'ajout d'eau distillée		
Après l'ajout de glucose		

Le transport membranaire

1. Définition

Le **transport membranaire** est le passage d'une molécule ou d'un ion au travers d'une membrane séparant deux compartiments et dont la composition influe sur ce transport. Les membranes cellulaires ont la propriété d'être **semi-perméables**, laissant passer certains éléments, mais pas d'autres. Les gaz (CO_2 , O_2 ...) et l'eau peuvent par exemple diffuser librement au travers des biomembranes, alors que les grosses molécules polaires (acides aminés, glucose...) et les ions (Na^+ , K^+ ...) nécessitent un complexe de transfert membranaire. Il existe donc plusieurs types de transport membranaire. Le transport membranaire est vu dans le cadre de la membrane plasmique, mais il s'applique également à toute biomembrane composée d'une bicouche lipidique.

2. Transports passif et actif

Le passage d'une molécule au travers de la membrane peut se faire de deux façons différentes : **sans dépense énergétique** (transport passif), les substances se déplaçant naturellement pour rééquilibrer les concentrations, ou **avec dépense énergétique** (transport actif), contre le gradient de concentration. Un gradient de concentration en un soluté donné signifie que la concentration en ce soluté est différente entre les deux côtés de la membrane considérée. Lorsqu'il s'agit d'une espèce chargée, on parle aussi d'une différence de potentiel électrochimique de cet ion de part et d'autre de la membrane.

2.1. Le transport passif

Le **transport passif** permet le passage de composés au travers de la membrane sans consommation d'énergie, selon leur gradient de concentration. Il est conditionné par la différence de concentration de part et d'autre de la membrane, mais également par la taille des molécules, ainsi que par le degré de liposolubilité de la substance (Tableau 3.1). Il existe de ce fait deux sortes de transport passif. La diffusion simple qui se fait directement au travers de la bicouche lipidique et la diffusion facilitée qui se réalise grâce à une protéine de transport. Un cas particulier de diffusion est celui de l'eau dans le cadre de l'osmose.

• La diffusion simple

La **diffusion simple** est la diffusion naturelle d'une molécule au travers d'une biomembrane qui lui est perméable. Le transfert se fait dans le sens des concentrations fortes vers les concentrations faibles, jusqu'à équilibre des concentrations de part et d'autre de la membrane. Ce passage n'est possible que si la molécule est soluble dans la membrane phospholipidique ou si elle est suffisamment petite (Tableau 1). Ce mécanisme est lent par rapport à la diffusion facilitée.

Molécule	Perméabilité
Gaz et molécules hydrophobes (benzène, O_2 , CO_2 , NO ...)	Elevée
Petites molécules polaires non chargées (H_2O , urée, éthanol, glycérol...)	Moyenne
Grosses molécules polaires non chargées (glucose, saccharose...)	Très faible
Molécules polaires chargées (acides aminés, ATP...)	Imperméabilité
Ions minéraux (H^+ , K^+ , Na^+ , Cl^- ...)	Imperméabilité

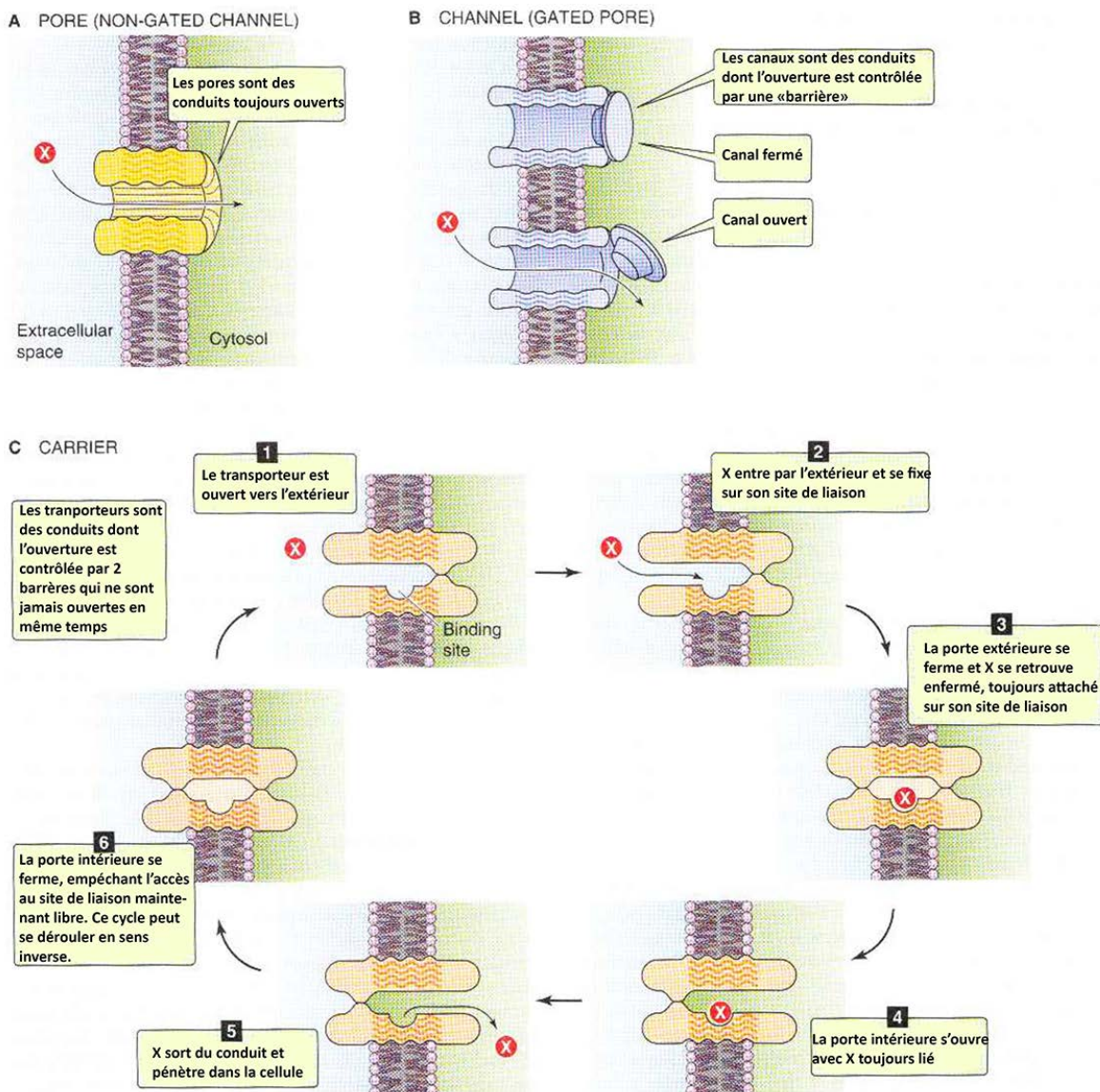
Tableau 1. Perméabilité de diverses molécules au travers de la membrane plasmique

• La diffusion facilitée

La pénétration de certaines substances au travers des biomembranes nécessite un processus plus complexe, appelé **diffusion facilitée**, impliquant l'intervention de constituants protéiques de la membrane qui assurent un rôle de transporteur spécifique ou **perméase**. Le moteur du transport est le gradient de concentration de part et d'autre de la membrane.

La **perméase** est une protéine (ou un complexe protéique) membranaire qui peut s'organiser en trois structures distinctes :

Les **pores**, continuellement ouverts, permettent à un nombre très élevé de particules de traverser la membrane. Un équivalent physique serait un tube, droit, ouvert en permanence, au travers duquel on peut toujours apercevoir la lumière qui vient de l'autre côté. Les aquaporines sont des exemples de pores, perméables aux molécules d'eau, mais empêchant les ions de pénétrer dans la cellule. Elles sont particulièrement présentes dans les cellules impliquées dans les échanges hydriques (comme les cellules tubulaires rénales). Elles permettent le transfert d'eau par osmose.



Les **canaux** sont alternativement ouverts ou fermés, car ils sont équipés d'une barrière amovible (sorte de « bouchon » ou d'« obturateur »). Un canal est donc un pore à ouverture contrôlée. Un équivalent physique est un tube avec un obturateur proche, d'une des extrémités. En regardant à travers ce tube, on voit la lumière de l'autre cote clignoter à chaque fois que l'obturateur s'ouvre et se ferme. Les canaux ioniques sont des exemples de canaux, chacun possédant un filtre sélectif, qui détermine la classe d'ions (cations ou anions) ou l'ion particulier (Na^+ , K^+ , Ca^{++} ...) qui peut être transféré. Ce sont des changements conformationnels qui déterminent l'état ouvert ou fermé du canal et plusieurs types de signaux peuvent déclencher l'ouverture du canal : un changement de potentiel membranaire (canaux potentiel-dépendants), la présence de ligands (canaux ligand-dépendants) comme les neurotransmetteurs... Chaque fois que le canal s'ouvre, il constitue une voie continue entre les deux côtés de la membrane, permettant aux ions de traverser passivement par diffusion (en grande quantité), jusqu'à ce que le canal se ferme à nouveau. Puisque le temps pendant lequel un canal particulier reste ouvert varie d'une fois à l'autre, le nombre d'ions qui traverse la membrane à chaque événement d'ouverture n'est pas fixe.

Les **transporteurs** n'offrent jamais un passage transmembranaire continu parce qu'ils sont équipés d'au moins deux barrières qui ne sont jamais ouvertes en même temps. Entre les deux se trouve un compartiment qui peut contenir un ou plusieurs site(s) de liaison pour le soluté. Quand les deux portes sont fermées en même temps, une (ou plusieurs) des particules en transit est emprisonnée ou bloquée dans ce compartiment. Un équivalent physique serait un tube avec un obturateur aux deux extrémités. Lorsqu'on regarde à travers ce tube, on ne voit jamais la lumière de l'autre côté, car les deux obturateurs ne sont jamais ouverts simultanément. Les systèmes de diffusion facilitée via un transporteur sont responsables du transfert à travers la membrane plasmique d'une large gamme d'ions et de solutés organiques, comme le glucose ou les acides aminés. Le passage d'un côté à l'autre de la membrane se fait grâce à un cycle complexe de changements conformationnels. Les sites de liaison du transporteur pour le substrat étant limités, seul un petit nombre bien déterminé de particules est déplacé par le transporteur à chaque cycle.

	Pores	Canaux	transporteurs
Exemple	Aquaporine (AQP1)	Canal à K^+	Transporteur du glucose (GLUT1)
Conduit à travers la membrane	Toujours ouvert	Ouvert de façon intermittente	Jamais ouvert
Événement suite au déclencheur	Aucun	ouverture	Cycle de changements conformationnels
Particules transférées par "événement"	-	6×10^4	1-5
Particules transférées par seconde	Jusqu'à 2×10^9	De 10^6 à 10^8 quand il est ouvert	200-50.000

Tableau 2 : Comparaison des propriétés des Pores, Canaux et Transporteurs

2.2. Le transport actif

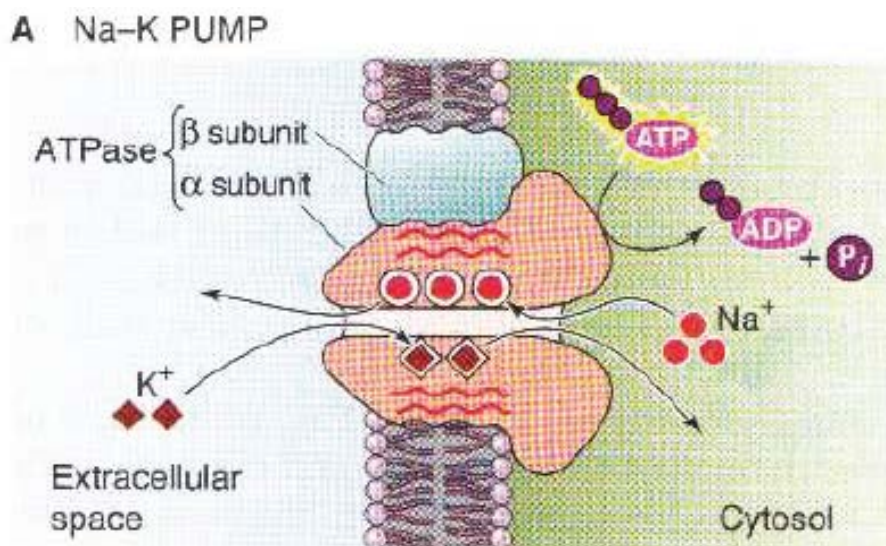
Le **transport actif** s'effectue contre le gradient de concentration de l'élément transporté et se déroule aussi grâce à l'intervention d'une perméase, processus consommateur d'énergie. On distingue deux types de transport actif.

Le **transport actif primaire**, où la source d'énergie est l'hydrolyse d'une molécule riche en énergie, comme l'ATP. La perméase est alors une enzyme de type ATPase, souvent appelée « pompe ». L'exemple type de transport actif primaire est la **pompe Na^+/K^+** . A chaque cycle de transfert, la pompe couple l'export de trois ions Na^+ et l'import de deux ions K^+ avec l'hydrolyse d'une molécule d'ATP.

En elles-mêmes, les étapes d'échange d'ions dans cette direction sont énergétiquement défavorables, si bien que, si la pompe n'était pas une ATPase, le transport fonctionnerait en sens inverse, avec du Na^+ entrant dans la cellule et du K^+ sortant de la cellule. Et, effectivement, sous certaines conditions expérimentales extrêmes, on peut forcer la pompe Na^+/K^+ à fonctionner en sens inverse et à générer de l'ATP. Cependant, en conditions physiologiques, l'hydrolyse d'une molécule d'ATP libère tellement plus d'énergie qu'il n'est en réalité nécessaire pour faire se déplacer 3 Na^+ et 2 K^+ à l'encontre de leur gradient électrochimique respectif que la pompe permet un échange actif net des ions dans la direction désirée.

Ce transport permet de maintenir une faible concentration en Na^+ et une forte concentration en K^+ à l'intérieur des cellules, comparé au fluide extracellulaire. Dans la plupart des cellules épithéliales, la présence de la pompe Na^+/K^+ est limitée aux côtés basolatéraux de la cellule.

Puisque chaque cycle d'hydrolyse d'une molécule d'ATP est couplé à l'export de 3 Na^+ et l'import de 2 K^+ , la stœchiométrie de la pompe n'est pas de 1:1, et chaque cycle de fonctionnement de la pompe est associé à l'extrusion d'une charge positive en dehors de la cellule. Donc la pompe Na^+/K^+ est électrogène.



Le **transport actif secondaire**, où la source d'énergie est fournie par la dissipation d'un gradient électrochimique d'un ou plusieurs autres solutés. Il existe donc un couplage entre un transport contre le gradient de concentration d'un soluté et le déplacement d'un ou de plusieurs autre(s) soluté(s) dans le sens de leur gradient de concentration.

Dans la plupart des cas, c'est le gradient électrochimique en Na^+ (dirigé vers l'intérieur de la cellule, la concentration en Na^+ étant plus élevée à l'extérieur qu'à l'intérieur), qui est utilisé pour le transport actif secondaire. Ce gradient est lui-même maintenu grâce à un transporteur actif primaire (la pompe Na^+/K^+). Il existe deux classes majeures de transports actifs secondaires : le symport et l'antiport.

a. Le SYMPORT (ou COTRANSPORT)

Les **cotransporteurs** sont des protéines membranaires qui vont déplacer le soluté « conducteur » (celui pour lequel le transport passif dans le sens du gradient de concentration fournit de l'énergie) et le soluté « passager » (celui qui est déplacé contre son gradient de concentration) dans la **même direction**.

Il existe toute une série de cotransporteurs (fig. 3):

- Les cotransporteurs à solutés organiques propulsés par le Na^+ ;
- Les cotransporteurs $\text{Na}^+/\text{HCO}_3^-$;
- Les cotransporteurs aux autres anions inorganiques propulsés par le Na^+ ;
- Le cotransporteur $\text{Na}^+/\text{K}^+/\text{Cl}^-$;
- Le cotransporteur Na^+/Cl^- ;
- Le cotransporteur K^+/Cl^- ;
- Les cotransporteurs propulsés au H^+

Le cotransporteur $\text{Na}^+/\text{Glucose}$: Le cotransporteur $\text{Na}^+/\text{glucose}$ (SGLT) est situé du côté apical des cellules épithéliales de l'intestin grêle, mais aussi des cellules épithéliales des tubules proximaux dans le rein. La force motrice provient du gradient de Na^+ très énergétiquement favorable et permet l'accumulation du glucose présent dans la lumière de l'intestin ou dans la lumière des tubules rénaux proximaux à l'intérieur de la cellule, contre le gradient de concentration en glucose.

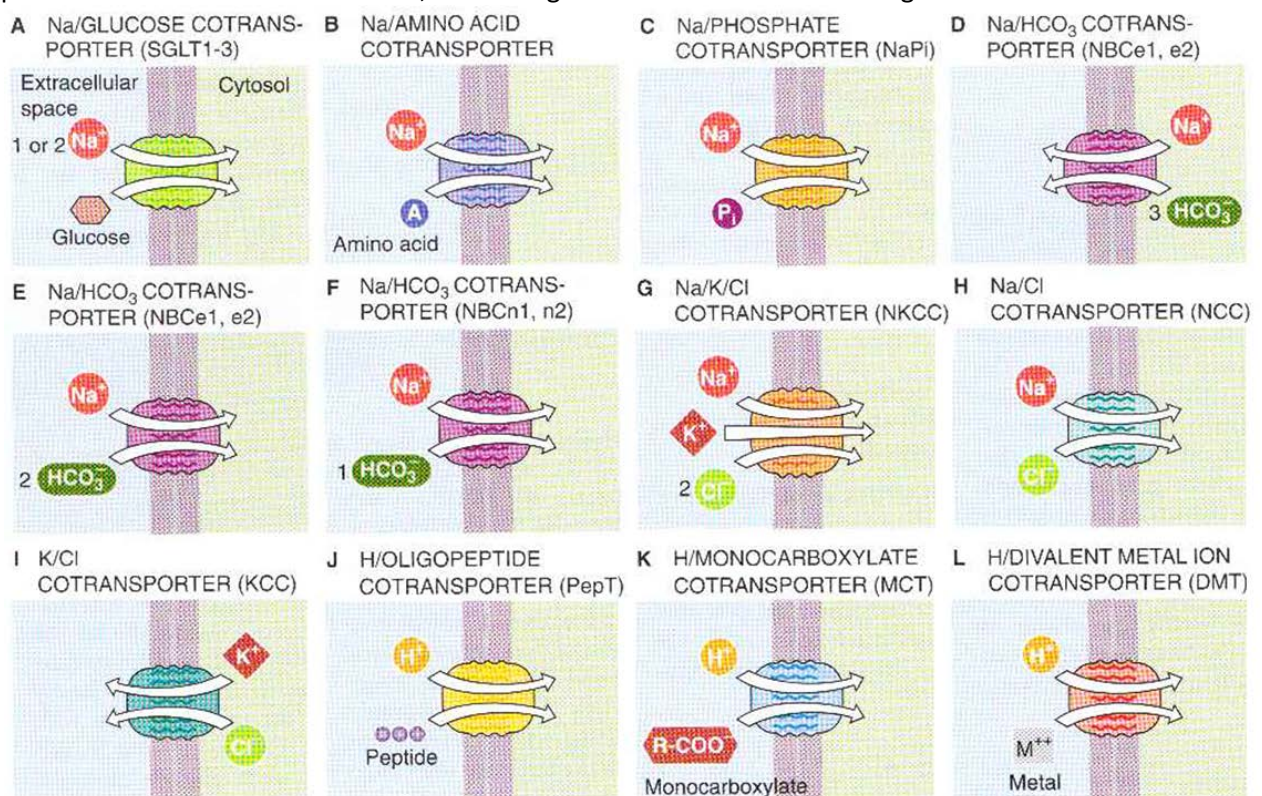


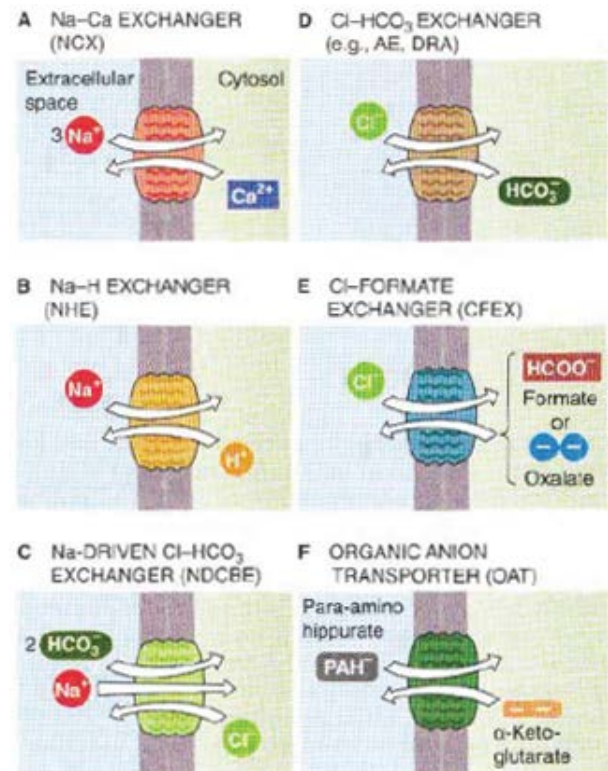
Figure 3. cotransporteurs représentatifs

b. L'ANTIORT (ou l'échange)

L'autre classe principale de transporteurs actifs secondaires est la classe des échangeurs ou antiporteurs. Les **échangeurs** sont des protéines membranaires qui déplacent un ou plusieurs solutés « conducteur » dans une direction, permettant le déplacement du ou des soluté(s) « passager » dans la **direction opposée**. En général, ces transporteurs échangent des cations contre des cations et des anions contre des anions.

Il existe toute une série d'échangeurs :

- Les échangeurs $\text{Na}^+ / \text{Ca}^{++}$: Ils permettent l'échange de trois Na^+ contre un Ca^{++} (Fig.4). Cet échangeur est électrogène et accumule des charges positives du côté de la membrane où le Na^+ est déplacé. Dans la plupart des circonstances, le gradient électrochimique de Na^+ dirigé vers l'intérieur de la cellule permet l'expulsion de Ca^{++} à l'extérieur des cellules. Donc, de concert avec la pompe à Ca^{++} présente dans la membrane plasmique, ce système de transport permet de maintenir une forte différence de concentration en Ca^{++} qui est d'ordinaire présente entre les deux côtés de la membrane plasmique de toutes les cellules.
- L'échangeur $\text{Na}^+ - \text{H}^+$;
- L'échangeur $\text{Cl}^- - \text{HCO}_3^-$ propulsé au Na^+ ;
- L'échangeur $\text{Cl}^- - \text{HCO}_3^-$;



3. Régulation de la concentration cellulaire en ions

La figure ci-dessous illustre les outils qu'une cellule « prototype » possède pour réguler son contenu intracellulaire. Les cellules présentes dans les différents tissus et même parfois différents types cellulaires au sein du même tissu possèdent un set distinct de canaux et transporteurs, ce qui explique pourquoi elles peuvent posséder des compositions ioniques (et en composés organiques et inorganiques particuliers) légèrement différentes. Notons aussi que les cellules épithéliales et les neurones peuvent accumuler des canaux et transporteurs spécifiques à différents niveaux de leur membrane plasmique (pôle apical versus pôle basolatéral pour les cellules épithéliales, axones versus dendrite ou corps cellulaire pour les neurones).

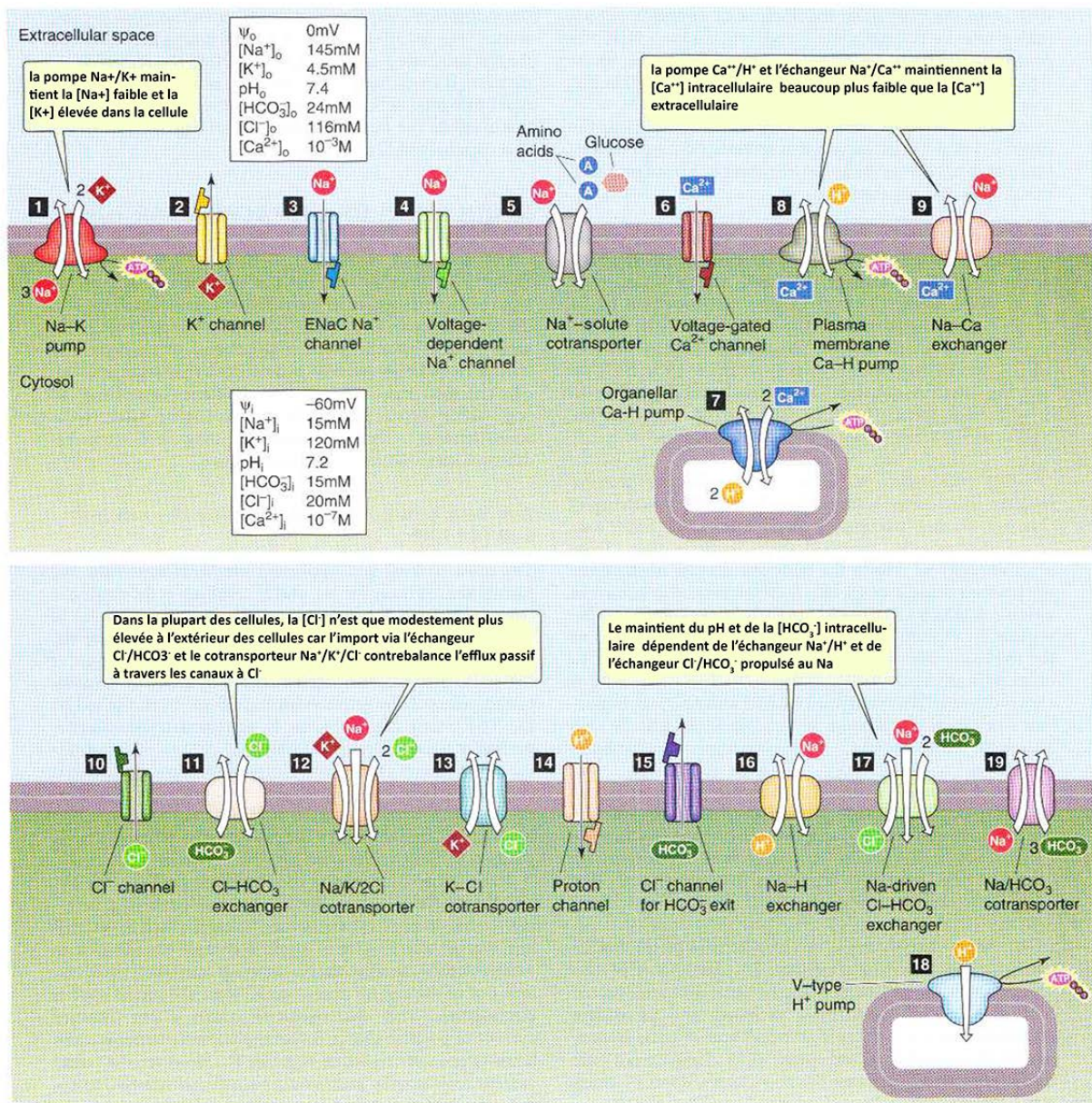


Figure 6: Gradients ioniques, canaux et transporteurs dans une cellule typique.

4. L'osmose et la régulation du volume cellulaire

Les cellules du corps sont maintenues dans un environnement liquide finement contrôlé. Pour se maintenir en vie, le corps doit réguler de façon rigoureuse le volume et la composition des compartiments intra- et extracellulaires.

Comme on l'a vu ci-dessous, la membrane plasmique est perméable à un certain nombre de solutés présents et imperméable à d'autres.

Selon le **principe universel de la diffusion**, si un soluté est capable de franchir une membrane (qu'elle soit physique ou biologique), il équilibrera ses concentrations de part et d'autre de la membrane. A l'équilibre, la concentration en ce soluté sera donc identique des deux côtés de la membrane. Notons que chaque soluté équilibrera sa concentration, indépendamment de la présence d'autres solutés et que le déplacement d'un soluté n'entraîne aucune variation de volume des compartiments considérés.

Un phénomène de diffusion du solvant, appelé **OSMOSE** peut, lui, se produire lorsqu'on a en présence un ou des soluté(s) non diffusible(s) (la membrane est imperméable à ce soluté) et que la concentration totale en solutés non diffusibles est différente des deux côtés de la membrane. Avant d'aller plus loin, quelques rappels de chimie.

Une **solution** est un mélange dans lequel les molécules d'une ou de plusieurs substances appelées **solutés** sont réparties de manière homogène au sein d'une autre substance, généralement liquide, appelée **solvant**. En biologie, on s'intéresse essentiellement aux solutions aqueuses (où le solvant est l'eau). L'unité de volume usuelle est le litre (L ou l), équivalant à un dm^3 et ses sous-unités le millilitre (mL ou 10^{-3} L) et le microlitre (μL ou 10^{-6} L).

La quantité de matière s'exprime le plus souvent en **moles** (symbole **mol**) ou en **grammes** (symbole **g**). Une **mole** d'un atome ou d'une molécule correspond à $\sim 6 \times 10^{23}$ entités. Cette quantité de matière a été créée, car les atomes et molécules sont tellement petits que si on devait les peser sur une balance, on obtiendrait des quantités en gramme extrêmement petites. Une mole d'hydrogène pesant 1g, un seul atome d'hydrogène pèse $1/6 \times 10^{23}$ g.

La masse molaire d'un atome ou d'une molécule correspond donc au nombre de grammes que pèse une mole de cet atome ou molécule, elle s'exprime en **g/mol**.

La **concentration** caractérise la teneur d'un mélange en un de ses constituants. La **concentration d'un soluté** est la quantité **n** (en moles, grammes...) de soluté par unité de volume (L) de la solution. Elle est obtenue en divisant la quantité de soluté contenue dans la solution par le volume de la solution.

$$C = n/V$$

La concentration peut s'exprimer de plusieurs manières :

M : moles par litre mol / L ou mol.L^{-1} : de solution (on dit aussi **molaire**). C'est ce qu'on appelle la concentration molaire ou **molarité**. Exemple : 0,3 M ou $0,3 \text{ mol.L}^{-1}$.

g/L : ou g.L^{-1} , grammes par litre de solution.

% : au sens strict : grammes pour 100 grammes de solution.

En pratique : grammes pour 100 mL de solution ; d'usage courant pour les solutions aqueuses diluées dont la densité est voisine de 1, la différence étant alors négligeable.

Pour passer de la concentration massique à la concentration molaire, il suffit de diviser la concentration massique par la masse molaire de l'espèce considérée.

$$\frac{\text{Concentration massique}}{\text{Masse molaire}} : \frac{\frac{\text{g}}{\text{l}}}{\frac{\text{g}}{\text{mole}}} = \frac{\text{g}}{\text{l}} \times \frac{\text{mole}}{\text{g}} \longrightarrow \frac{\cancel{\text{g}}}{\text{l}} \times \frac{\text{mole}}{\cancel{\text{g}}} = \frac{\text{mole}}{\text{l}} = \text{Concentration molaire}$$

La molarité d'une solution mixte correspond à la somme des molarités des espèces en présence.

L'**osmolarité**, représentant le nombre de particules libres (molécules ou ions) par unité de volume, tient compte de la dissociation de certaines espèces chimiques lorsqu'elles sont en solution. Elle s'exprime toujours en Osmolaire (OsM)

Les sels, par exemple, sont toujours dissociés en solution, si bien qu'une solution 1 M en NaCl contiendra 1 M de Na^+ et 1 M de Cl^- , au total, 2 OsM (Osmolaire ou osmole/L). L'**osmolarité est une valeur intrinsèque** d'une solution (par exemple, sa couleur ou sa température), sa valeur ne dépend que de sa composition chimique.

L'osmolarité d'une solution mixte correspond à la somme des molarités des espèces en présence.

Lorsqu'on joue avec des récipients divisés en deux compartiments par une membrane semi-perméable, il n'est pas rare de devoir calculer la concentration à l'équilibre d'un soluté donné. Pour les solutés diffusibles, il s'agit en réalité d'une simple dilution. Effectivement, la quantité absolue de soluté ne changera pas au cours de l'expérience. On obtiendra simplement, à l'équilibre, un plus grand volume d'une solution plus diluée en ce soluté. Une formule simple relie la concentration initiale et finale en fonction du volume initial et final :

$$C1 \times V1 = C2 \times V2$$

L'osmose se produira lorsque l'osmolarité en solutés osmotiquement actifs est différente dans les deux compartiments. Il convient donc de distinguer l'**osmolarité totale** d'une solution (la somme des osmolarités de toutes les espèces en présence) de l'**osmolarité effective** qui ne tient en compte que les solutés non diffusibles. Le compartiment possédant la plus forte osmolarité effective est appelé le compartiment **hypertonique**, celui qui contient la plus faible osmolarité effective est le compartiment **hypotonique**. L'eau se déplacera toujours du compartiment hypotonique vers le compartiment hypertonique. **Si aucune autre force ou pression n'entre en jeu, le mouvement net d'eau s'arrêtera lorsque les deux compartiments deviennent isotoniques.**

La **tonicité** (= caractère hypo-, iso- ou hypertonique) d'une solution est TOUJOURS une valeur relative, elle compare deux solutions l'une par rapport à l'autre et surtout, elle dépend des propriétés de perméabilité de la membrane qui sépare ces deux solutions.

La **pression osmotique** d'une solution correspond à la pression qu'il faudrait exercer pour empêcher le passage du solvant vers la solution hypertonique.

Le gradient de tonicité –ou d'osmolarité effective- détermine le flux osmotique d'eau à travers une membrane et donc, dans le cas particulier des cellules, va influencer sur le VOLUME cellulaire.

Le passage de l'eau à travers les membranes biologiques est toujours passif. Aucune pompe à eau n'a jamais été décrite. Dans une certaine mesure, les molécules d'eau peuvent se dissoudre dans les bicouches lipidiques et donc traverser les membranes plasmiques à vitesse lente par simple diffusion. Les biomembranes ne sont pas toutes perméables à l'eau. La perméabilité peut d'ailleurs varier selon les conditions physiologiques dans lesquelles se trouve une membrane. La perméabilité à l'eau des cellules épithéliales de la vessie est, par exemple, différente en présence ou en absence d'hormone antidiurétique. Sous l'effet de cette hormone, des protéines intrinsèques de la membrane se regroupent et forment les aquaporines qui permettent la sortie des molécules d'eau.

La totalité de l'eau présente dans le corps est répartie entre le plasma sanguin, le liquide interstitiel, le liquide intracellulaire et les fluides transcellulaires (liquide synovial, céphalo-rachidien...). Les mécanismes par lesquels l'eau s'échange entre ces différents fluides reposent sur les principes que nous venons d'évoquer. Dans le corps humain, les deux solutés majeurs qui contribuent à la tonicité du liquide extracellulaire sont le Na^+ et le glucose. Dans certaines situations cliniques, l'injection de solutés non diffusibles, tels que les agents de contrastes pour les radiographies ou du mannitol, peut aussi contribuer à la tonicité du fluide extracellulaire.

L'osmolarité effective normale du plasma sanguin est de 290mM (dans les exercices, par souci de simplification, on arrondit à 0,3 OsM). Cette situation correspond à l'isotonie pour les cellules animales. Les solutions d'osmolarité effective supérieure à 0,3 OsM représentent un milieu hypertonique, celles avec une osmolarité effective inférieure à 0,3 OsM sont hypotoniques. Si on augmente subitement l'osmolarité en solutés non diffusibles dans le liquide interstitiel, en ajoutant par exemple du mannitol, ce compartiment deviendra hypertonique par rapport au milieu intracellulaire, ce qui va causer un déplacement d'eau de l'intérieur de la cellule vers l'extérieur. Les cellules se racrapotent jusqu'à équilibre des pressions osmotiques. On appelle ce phénomène **la plasmolyse**.

Que se passe-t-il si on augmente subitement l'osmolarité en urée du liquide extracellulaire, sachant que l'urée est un soluté diffusible ? L'urée traverse rapidement les membranes plasmiques par diffusion facilitée à travers un pore membranaire. Parce que l'urée diffuse plus lentement que l'eau, l'effet initial sur les cellules sera identique à ce qui est observé suite à l'ajout de mannitol, c'est-à-dire une plasmolyse, l'eau sort des cellules. Cependant, au fur et à mesure que l'urée équilibre progressivement sa concentration de part et d'autre de la membrane, l'eau ré-entre dans les cellules qui reprennent alors leur forme initiale. Donc des changements de volumes cellulaires stables dans le temps ne s'observent qu'avec un changement de concentration d'un soluté non diffusible. **Seuls les solutés non diffusibles sont osmotiquement actifs.**

Les déplacements d'eau entre les compartiments intra- et extracellulaires stables dans le temps résultent donc de changements de tonicité du liquide extracellulaire. Du point de vue clinique, de tels changements de tonicité sont habituellement causés par une diminution de la concentration en Na^+ (hyponatrémie), une augmentation de la concentration en Na^+ (hypernatrémie) ou une augmentation de la concentration en glucose (hyperglycémie). Des changements de concentration d'un soluté diffusible tel l'urée, qui s'accumule chez les patients en cas de défaillance du rein, n'ont pas d'effet sur le volume cellulaire et ne modifient pas la tonicité du plasma ou du liquide interstitiel.

Comme mentionné ci-dessus, lorsque les cellules sont plongées dans un milieu **hypertonique**, elles vont perdre de l'eau, on dit qu'elles sont **plasmolysées**. Lorsqu'elles sont plongées dans un milieu **hypotonique**, l'eau va rentrer dans les cellules qui vont gonfler. Ce phénomène s'appelle la **turgescence**.

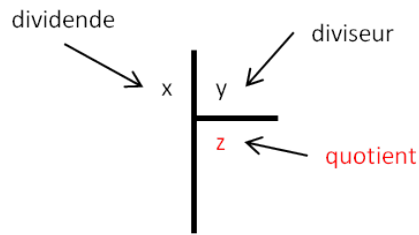
Dans le cas des **cellules animales**, aucune autre pression n'entre en jeu, l'entrée d'eau s'arrêtera lorsque les milieux intra et extracellulaires deviennent isotoniques. Cela entraîne qu'elle peut mener à la lyse cellulaire.

Chez les **cellules végétales et les bactéries**, la membrane plasmique est entourée d'une paroi rigide qui limite l'entrée d'eau. Dans ce cas particulier, l'entrée d'eau s'arrête non pas lorsque les pressions osmotiques intra- et extracellulaire sont égales, mais lorsque la pression de la paroi sur la membrane plasmique contrebalance la différence de pression osmotique entre les milieux intra- et extracellulaires. Une cellule végétale n'explose pas lorsqu'elle est plongée dans de l'eau distillée. Ce n'est pas le cas des cellules animales qui vont exploser si elles sont plongées dans de l'eau distillée ou un milieu très hypotonique.

Dans les **systèmes artificiels** avec des récipients divisés en compartiments par une membrane semi-perméable, le transport de l'eau est également régulé par les différences de pressions osmotiques et hydrostatiques de part et d'autre des membranes. La quantité d'eau qui passe d'un compartiment à l'autre est donc impossible à calculer, ce qui explique pourquoi on ne peut connaître avec précision la concentration, à l'équilibre, des solutés non diffusibles.

Rappel de secondaire sur le calcul écrit

Comment faire pour diviser un nombre x par un nombre y ? $x \div y = z$



Prenons un exemple simple où $x=138$ et $y=3$

D'abord, disposer correctement l'opération:

$$\begin{array}{r|l} 138 & 3 \\ - 12 & \\ \hline 18 & 046 \\ - 18 & \\ \hline 0 & \end{array}$$

Première étape: pour obtenir le premier chiffre du quotient, je dois savoir « combien de fois puis-je mettre 3 dans le 1 de 138? »

La réponse est « 0 », que je ne suis pas obligé d'écrire

Donc, directement on se pose la question: « combien de fois puis-je mettre 3 dans le 13 de 138? »

La réponse est 4, j'écris 4.

Deuxième étape: Le produit de 4×3 vaut 12

J'écris « 12 » en dessous du 13 de 138 et je fais une **SOUSTRACTION**. Le résultat de cette soustraction est 1, j'écris 1

Troisième étape: on fait « descendre » le chiffre suivant du dividende, ici « 8 »

retour à la première étape: « combien de fois puis-je mettre 3 dans 18? »

La réponse est 6, j'écris 6. Le produit de 6×3 équivaut à 18, je soustrais 18 à 18, ce qui fait « 0 », le quotient est donc 46, un chiffre entier dans ce cas précis.

3. Réplication/Transcription/Traduction

Responsable : Marielle Lebrun (mlebrun@ulg.ac.be)

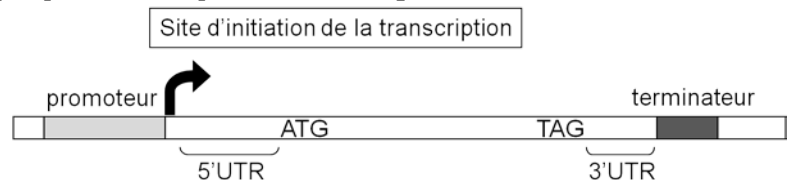
Matière à préparer avant la séance :

- Livre : chapitres 4 et 5, pages 94-148.
- Syllabus d'illustrations : chapitres 4 et 5, pages 39-61.

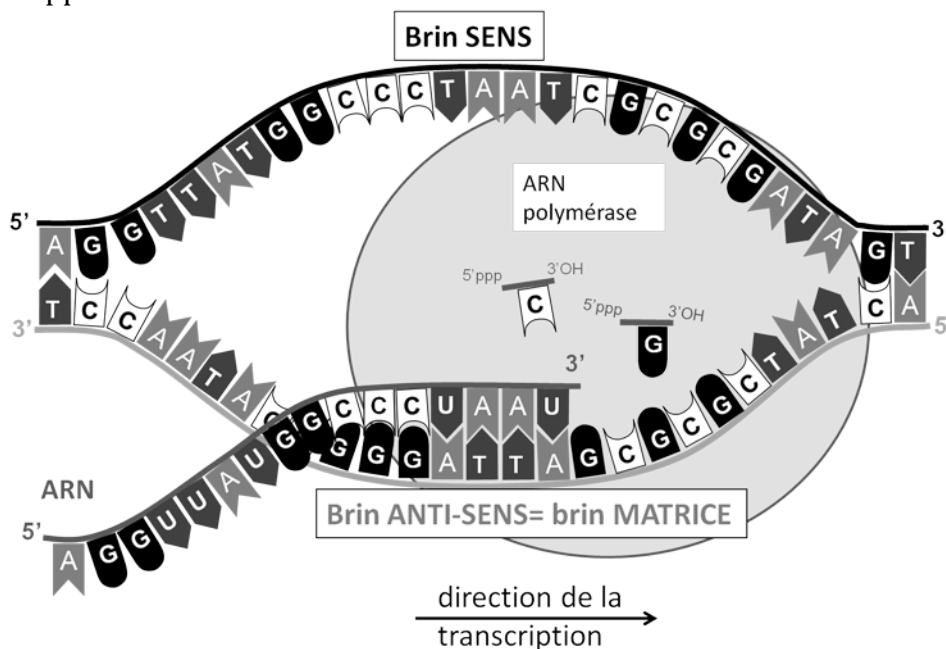
Rappel théorique pour cette séance :

Avant chaque division cellulaire, afin de conserver le patrimoine génétique de génération en génération, l'ADN est répliqué par une ADN polymérase. Cette **réplication** donnera naissance, à partir d'une molécule d'ADN bicaténaire parentale, à 2 molécules d'ADN double brin, chacune contenant un brin d'origine (le brin parental qui sert de matrice à l'ADN polymérase) et un brin nouvellement synthétisé.

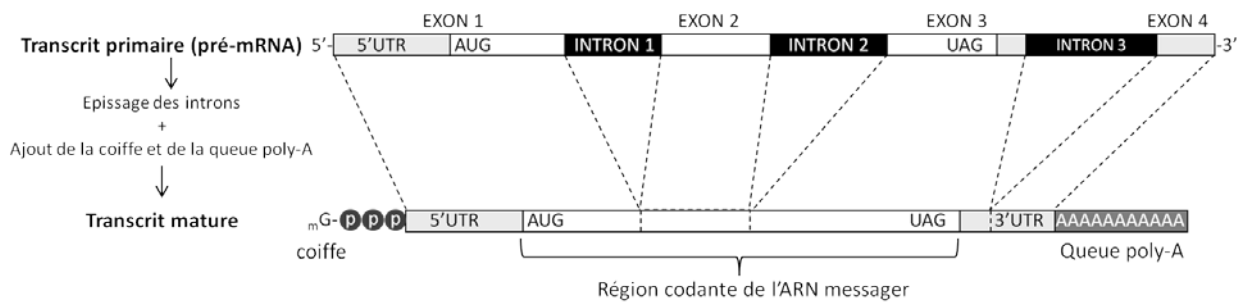
Un gène est une séquence d'ADN qui, par une étape de **transcription**, donnera naissance à une séquence d'ARN. Il y a plusieurs classes de transcrits parmi lesquels, ARN ribosomiques, ARN de transfert et ARN messagers.



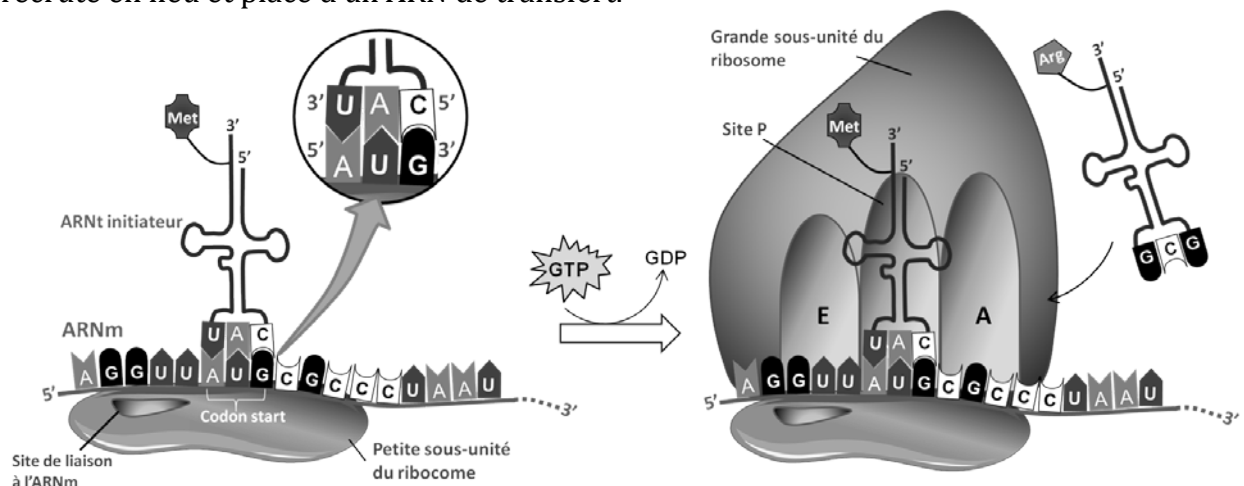
La transcription est réalisée par une **ARN polymérase** qui se fixe sur le promoteur et débute la transcription au niveau du **site d'initiation de la transcription**. L'ARN polymérase se fixe sur un des deux brins d'ADN qui est appelé le **brin matrice** et se déplace sur ce brin de 3' vers 5'. Elle synthétise un brin d'ARN qui est anticomplémentaire au brin matrice. L'ARN est ainsi toujours **synthétisé de 5' vers 3'** et sera, dans le même sens de lecture, similaire au brin d'ADN qui est apparié au brin matrice dans le double brin d'ADN. La seule différence est que les T sont devenus des U. Ce brin est appelé le **brin sens**.



Chez les **Eucaryotes**, la terminaison de la transcription est couplée au processus de maturation du transcrit primaire. En effet, les extrémités de l'ARN seront modifiées juste après la transcription. À l'extrémité 5' de l'ARN, une guanosine méthylée, appelée la **coiffe** est ajoutée assez rapidement après le début de la transcription. Du côté 3', une longue série de résidus adénine, appelée la **queue poly-A**, sera ajoutée par une enzyme spécifique. Cette longue série de A n'a donc pas de série correspondante de T sur le brin matrice. Chez les eucaryotes il est à noter aussi que la plupart des transcrits primaires contiennent des séquences non codantes, appelées **introns**, qui seront retirées lors du phénomène d'**épissage** assemblant bout à bout les **exons** formant ainsi un transcrit mature.



Pour le cas particulier des gènes qui codent pour des protéines, le produit fini n'est pas un ARN, mais un polypeptide. C'est par l'étape de **traduction**, réalisée par une structure appelée le **ribosome**, que sera produit ce polypeptide. L'initiation de la traduction d'un ARN messager dépend de la présence dans la région 5' d'une séquence de liaison pour la petite sous-unité du ribosome qui va « scanner » le brin d'ARN messager par son extrémité 5' jusqu'à arriver à une séquence **5'-AUG-3'**. Cette séquence particulière est appelée le **codon initiateur** et, dans le code génétique, correspond à un résidu **méthionine**. La région qui est en amont du codon initiateur est appelée la région 5' non traduite (en anglais 5'-UTR). C'est par l'intermédiaire des ARN de transferts que sont « décryptés » les codons successifs. Ces petits ARN possèdent une séquence de 3 nucléotides appelée l'**anticodon** qui vient se fixer sur le codon correspondant de l'ARN messager, par complémentarité de base et de façon antiparallèle (le côté 3' de l'anticodon en face du côté 5' du codon) et sont chacun associé à un acide aminé particulier. À partir du codon initiateur, les nucléotides, groupés 3 par 3, forment des mots de 3 lettres auxquels correspondent des acides aminés particuliers qui seront liés bout à bout. Le processus s'arrête lorsque le ribosome arrive à une séquence STOP (5'-UAG-3', 5'-UAA-3' ou 5'-UGA-3'), au niveau de laquelle un facteur de terminaison sera recruté en lieu et place d'un ARN de transfert.



En aval du codon STOP se trouve la région 3' non traduite.

Devoir à préparer pour pouvoir accéder à la séance :

Soit le fragment d'ADN double brin suivant qui code pour un ou plusieurs petit(s) peptide(s):

5' - AACTAATGGGTCCACCCCATATGACTCCTTAGCGCC - 3'
3' - TTGATTACCCAGGTGGGGTATACTGAGGAATCGCGG - 5'

1. Identifiez le brin matrice (= brin antisens). Justifiez votre réponse.
2. Ecrivez ensuite la séquence de l'ARNm.
3. En vous aidant du code génétique, recopiez la séquence en acides aminés du polypeptide obtenu.

Horaire pour les différentes sections : Semaine 5

Lundi 16/10	15h45-17h45	Bio A	R.26 (B6d) R.22 (B6d)	Groupe 1 Groupe 2
Mardi 17/10	15h45-17h45	Chim	S.01 (B7a) S.04 (B7a)	Groupe 5 Groupe 6
Jeudi 19/10	15h45-17h45	Phys	S.01 (B7a) S.02 (B7a) S.04 (B7a)	Groupe 8 Groupe 9 Groupe 10
Vendredi 20/10	15h45-17h45	Bio B	R.24 (B6d) R.22 (B6d)	Groupe 3 Groupe 4

4. Énergétique cellulaire 1 : la respiration cellulaire

Responsable : *Philippe Compère* (pcompere@ulg.ac.be)

Matière à préparer avant la séance :

- Livre : chapitre 9, pages 193-218.
- Syllabus d'illustrations : chapitre 9, pages 75-78.

Devoir à préparer pour pouvoir accéder à la séance :

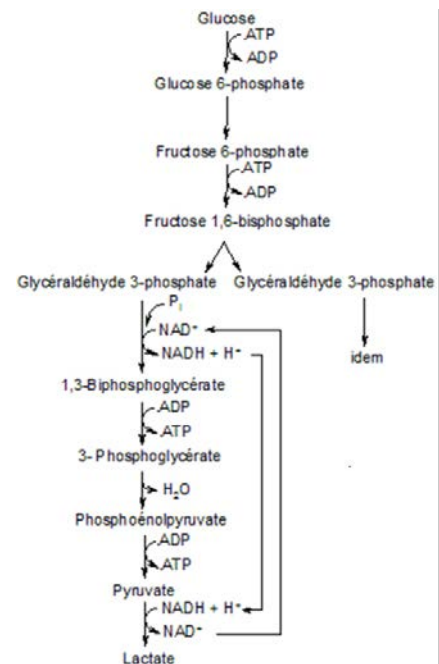
1. Schématisez une mitochondrie.
2. Parmi les éléments proposés placez ceux qui conviennent sur votre schéma : *membrane externe, membrane interne, paroi, matrice, stroma, crêtes, grana, espace intramembranaire, espace intermembranaire, replis membranaires, ARN, ADN, ribosomes, cytoplasme, cytosol, ATP-synthétases, Rubisco (Ribulose Biphosphate Carboxylase), complexe succinate déshydrogénase.*
3. Quels sont les compartiments de la mitochondrie ?

4 a. Identifiez la suite de réactions ci-contre et situez- la précisément dans la cellule (et sur votre schéma ci-dessus)

b. Nommez-en les étapes en remplaçant les noms de réactions suivants là où elles ont lieu (en se référant à chaque fois au substrat (sucre) qui subit la transformation:

Clivage – condensation – déphosphorylation – isomérisation – oxydoréduction – phosphorylation

c. Identifiez les produits finaux et donnez leur lieu d'utilisation dans la cellule



Horaire pour les différentes sections : Semaine 6

Mardi 24/10	13h30-15h30	Bio B	R.26 (B6d)	Groupe 3
			R.22 (B6d)	Groupe 4
	15h45-17h45	Phys	S.01 (B7a)	Groupe 8
Jeudi 26/10			S.02 (B7a)	Groupe 9
			S.04 (B7a)	Groupe 10
	10h30-12h30	Bio A	R.43 (B6a)	Groupe 1
Vendredi 27/10			2.71 (B6c)	Groupe 2
	15h45-17h45	Chim	S.01 (B7a)	Groupe 5
			S.02 (B7a)	Groupe 6

5. Énergétique cellulaire 2 : la photosynthèse

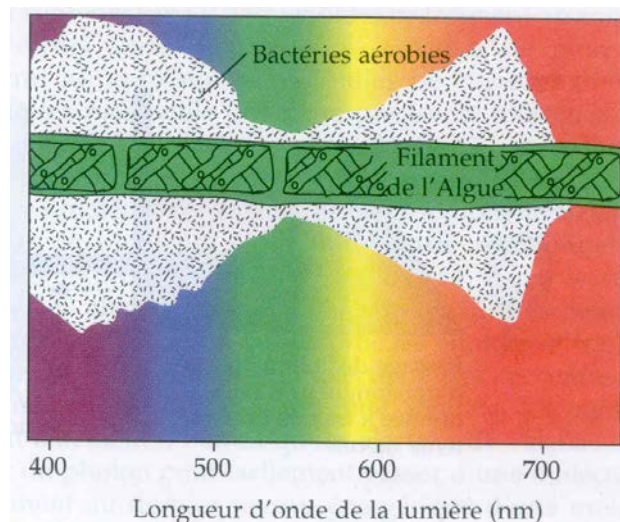
Responsable : Alain Hambuckers (Alain.Hambuckers@ulg.ac.be)

Matière à préparer avant la séance :

- Livre : chapitre 10, pages 219-242.
- Syllabus d'illustrations : chapitre 10, pages 79-83.
- Guide de travaux pratiques : séance 3, pages 51-64.

Devoir à préparer pour pouvoir accéder à la séance :

En 1883, le biologiste Thomas Engelmann éclaira une algue filamenteuse par un faisceau de lumière dispersée au passage dans un prisme de verre. Il exposa chaque segment de l'algue à une longueur d'onde spécifique de la lumière. Il ajouta des bactéries aérobies à la solution dans laquelle se trouvait l'algue et constata que les bactéries se regroupaient dans les segments de l'algue illuminés par les lumières bleues et rouges.



1. Que pouvons-nous en conclure ?

2. Quel était le but de cette expérience ?

3. Si la même expérience avait été faite sous une lumière blanche, quel aurait été le résultat ?

Horaires pour les différentes sections : Semaines 7-8

Mardi 31/10	13h30-15h30	Bio A	R.26 (B6d)	Groupe 1
			R.22 (B6d)	Groupe 2
Lundi 06/11	15h45-17h45	Chim	S.01 (B7a)	Groupe 5
			S.02 (B7a)	Groupe 6
	13h30-15h30	Phys	R.22 (B6d)	Groupe 8
			S.03 (B7a)	Groupe 9
			R.43 (B6a)	Groupe 10
			R.26 (B6d)	Groupe 3
	15h45-17h45	Bio B	R.46 (B6a)	Groupe 4

6. Division cellulaire et Reproduction

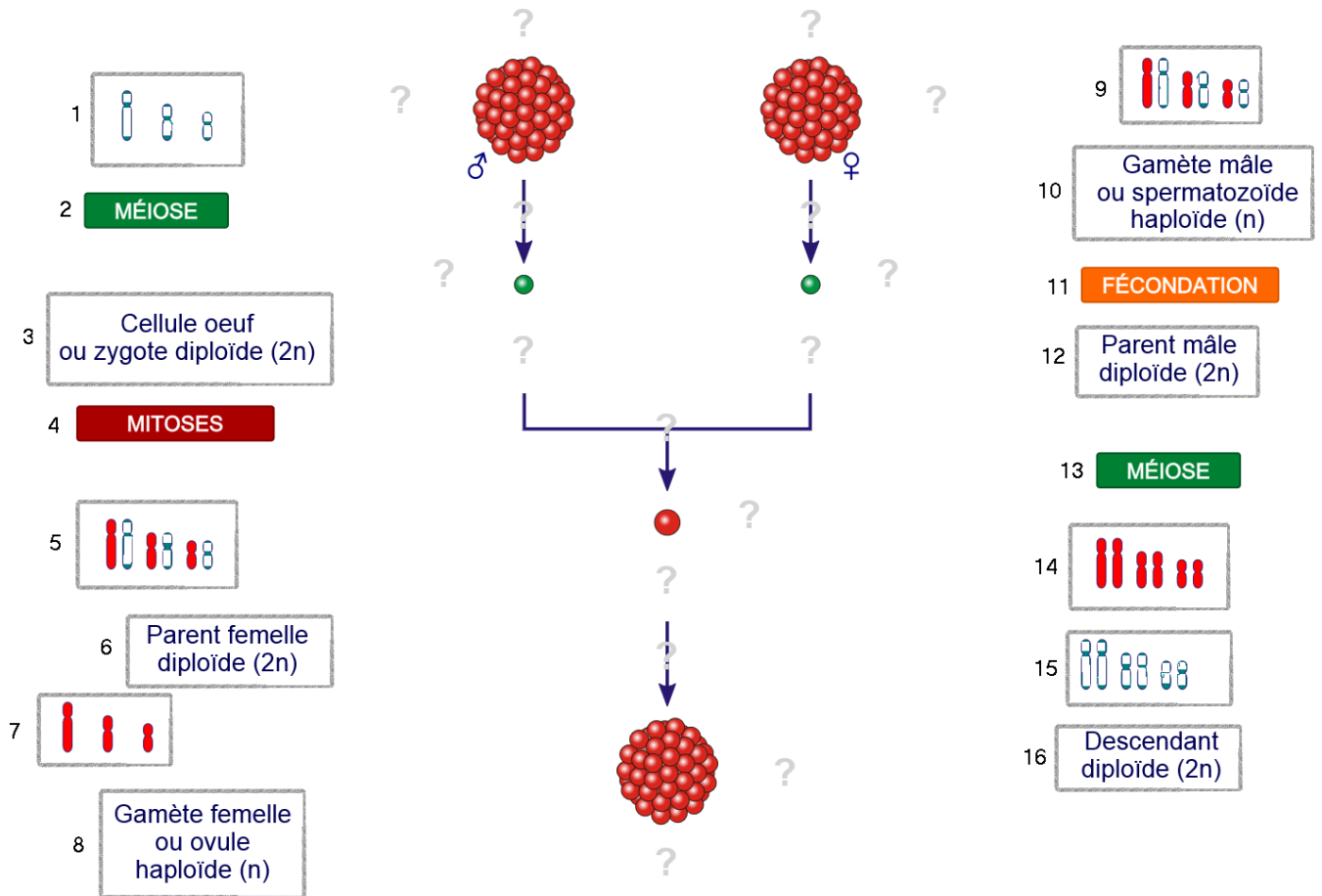
Responsable : Véronique Goosse (V.Goosse@ulg.ac.be)

Matière à préparer avant la séance :

- Livre : chapitres 11, 13 et 14, pages 243-264 et 287-344.
- Syllabus d'illustrations : chapitres 11, 13 et 14, pages 84-90 et 96-117.

Devoir à préparer pour pouvoir accéder à la séance :

Complétez le schéma en plaçant les bons numéros sur les points d'interrogation.



Horaire pour les différentes sections : Semaine 10

Lundi 20/11	15h15-17h15	Chim	S.05 (B7a) R.22 (B6d)	Groupe 5
	15h45-17h45	Bio A	R.26 (B6d) R.46 (B6a)	Groupe 6
Mardi 21/11	10h30-12h30	Phys	R.46 (B6a) R.43 (B6a) S.04 (B7a)	Groupe 1 Groupe 2 Groupe 8
Mercredi 22/11	13h30-15h30	Bio B	R.24 (B6d) R.22 (B6d)	Groupe 9 Groupe 10 Groupe 3 Groupe 4

7. Vue intégrative de la cellule

Responsable : *Pierre Rigo* (pierre.rigo@ulg.ac.be)

Matière à préparer avant la séance :

- Livre : tous les chapitres.
- Syllabus d'illustrations : tous les chapitres.
- Guide de travaux pratiques : toutes les séances.

Devoir à préparer pour pouvoir accéder à la séance :

La colchicine est une substance utilisée à petites doses en médecine dans le traitement de cancers, pour ses propriétés antimitotiques. Cependant à plus fortes doses (au-delà de 10 mg), cette substance se révèle extrêmement toxique. Elle provoque par exemple une azoospermie et des troubles respiratoires. Au-delà de 40 mg, la colchicine est mortelle.

a) Sur quelle structure cellulaire la colchicine agit-elle ? Où trouve-t-on ces structures ?

b) Expliquez en quoi la colchicine altère à la fois la mitose, la formation des spermatozoïdes et la respiration.

c) Outre le blocage de la mitose, citez trois autres conséquences que pourrait avoir la colchicine au niveau cellulaire.

1)

2)

3)

Horaire pour les différentes sections : Semaine 11

Mardi 28/11	13h30-15h30	Bio B	R.26 (B6d)	Groupe 3
			R.24 (B6d)	Groupe 4
	15h45-17h45	Phys	S.01 (B7a)	Groupe 8
			S.02 (B7a)	Groupe 9
Mercredi 29/11	10h30-12h30	Bio A	S.04 (B7a)	Groupe 10
			R.43 (B6a)	Groupe 1
			R.46 (B6a)	Groupe 2
Jeudi 30/11	15h45-17h45	Chim	S.01 (B7a)	Groupe 5
			S.02 (B7a)	Groupe 6

8. Thème au choix

Responsable : *Pierre Rigo* (pierre.rigo@ulg.ac.be)

Matière à préparer avant la séance :

- Livre : tous les chapitres.
- Syllabus d'illustrations : tous les chapitres.
- Guide de travaux pratiques : toutes les séances.

Remarque concernant la 8^{ème} séance :

Cette séance est **facultative**, mais elle sera très utile aux étudiants qui souhaitent approfondir un thème avec lequel ils sont moins à l'aise, parmi les thèmes qui posent le plus souvent problème. Les étudiants qui désirent participer à cette séance devront **choisir un thème** particulier (un seul) parmi les trois suivants :

- Thème 1 : Perméabilité membranaire et osmose
- Thème 2 : Réplication/Transcription/Traduction
- Thème 3 : Énergétique cellulaire (Mitochondries et Chloroplastes)

Ce choix doit nous parvenir au plus tard pour le **lundi 27 novembre** (deux semaines avant la séance 8). La bonne réception du choix du thème fera office d'**inscription** à la séance.

En fonction du thème choisi, les groupes seront **remaniés** afin que les étudiants ayant choisi un même thème soient dans la même salle. La répartition des nouveaux groupes (de A à I) vous sera communiquée la semaine avant la séance 8.

Aucun devoir ne sera demandé pour cette séance.

Durant la séance, nous vous proposerons des **exercices** d'application qui ont été demandés aux **examens** des années précédentes. Nous insisterons sur la méthode de réflexion et la façon de répondre à ce genre de question, en fonction du thème choisi.

Horaires pour les différentes sections : Semaine 13

Mardi 12/12	13h30-15h30	Phys	S.01 (B7a)	Thème 1 Groupe A
			R.22 (B6d)	Thème 2 Groupe B
			S.04 (B7a)	Thème 3 Groupe C
	15h45-17h45	Bio	S.01 (B7a)	Thème 1 Groupe D
			S.02 (B7a)	Thème 2 Groupe E
			S.04 (B7a)	Thème 3 Groupe F
Mercredi 13/12	10h30-12h30	Chim	S.04 (B7a)	Thème 1 Groupe G
			S.05 (B7a)	Thème 2 Groupe H
			R.24 (B6d)	Thème 3 Groupe I

Plan bâtiments

Voici un plan simplifié des bâtiments dans la zone « B5-B6-B7 », où se déroulent les activités des aides à l'étude. Pour plus de détails, vous pouvez consulter le site de l'université de Liège sur :

http://www.ulg.ac.be/cms/c_5876474/fr/campus-de-liege-sart-tilman-agora

