

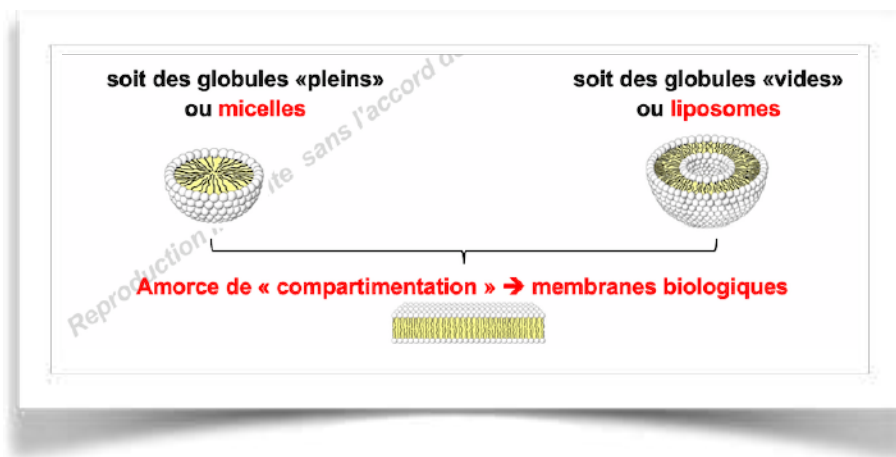
# LES LIPIDES

*Bon la on attaque la fiche sur les lipides qui est assez longue et la vie de ma mère j'appréhende de ouf la nuit blanche que je vais passer à l'écriture. En tout cas je vais me donner à fond pour qu'elle soit compréhensible, jolie (rien ne vaut un joli support pour mieux apprendre). En vrai c'est long mais je me rappelle que c'était un de mes cours préfés. SVP ce qui est importants ici c'est **DE BIEN COMPRENDRE** les schémas.*

## I.INTRO

**DEF:** lipides qui **représentent au moins 15% du poids corporel**, forment un groupe **très hétérogène** de molécules organiques ayant un **caractère hydrophobe (ou amphiphatique = amphiphile)** principalement constituées de **C, H et O**.

Ces molécules ont **tendance à s'associer entre elles et à former en milieu aqueux:**



### RQ:

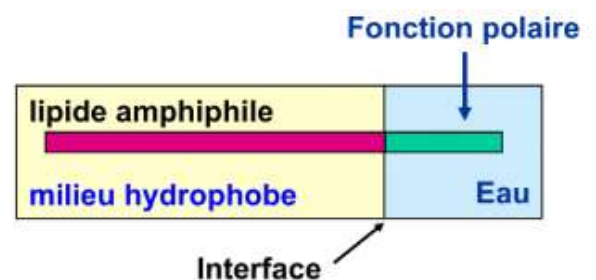
-des **micelles ou globules pleins** : avec la queue **hydrophobe** à l'intérieur et la tête **hydrophile** en dehors

-les **liposomes ou "globules vides"** : qui ont la même structure que la membrane cellulaire

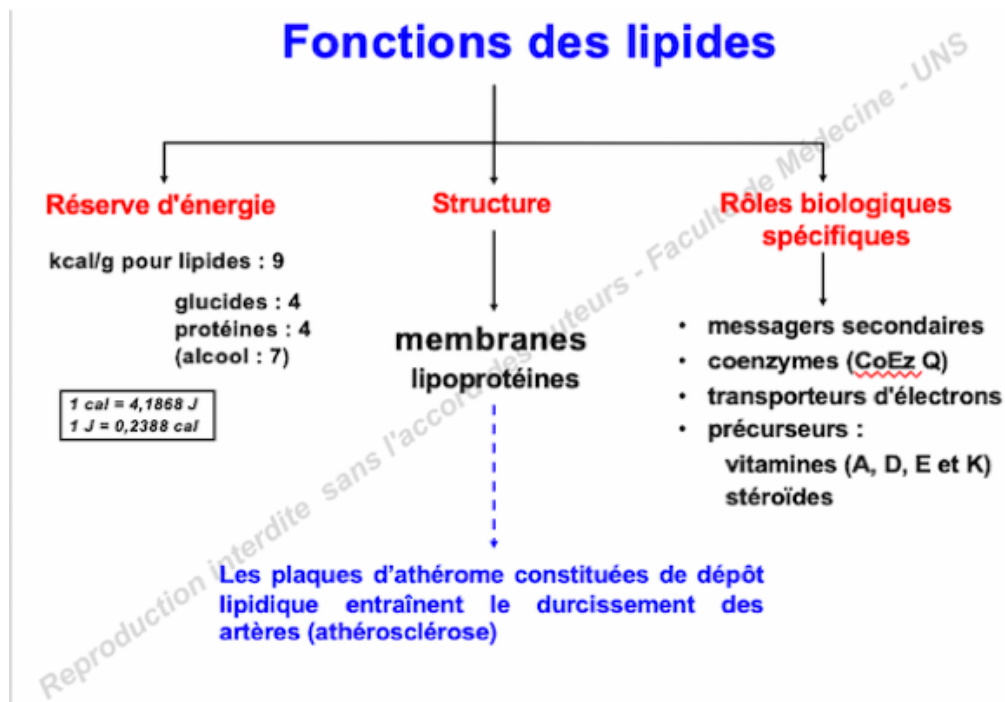
Dans la nature on retrouve 2 types de lipides:

1. **Complètement apolaires** = lipide **neutre**, complètement **hydrophobe**
2. **bipolaire** = molécule **amphiphile ou amphipatique** avec une **tête polaire**, en contact avec l'eau, liée à une **chaîne fortement apolaire (hydrophobe)**.

Les lipides sont **insolubles dans l'eau**, mais **solubles dans les solvants organiques** (acétone, éther, chloroforme).



## FONCTIONS DES LIPIDES A SAVOIR LES BLAIREAUX+++:



Les lipides constituent la **principale réserve d'énergie de l'organisme** ++

## CLASSIFICATION DES LIPIDES



On a deux types de lipides:

<b>LIPIDES SIMPLES</b> Constitué de C, H et O, peuvent être sous forme de:	<b>LIPIDES COMPLEXES</b> Constitué de C, H, O, N, P, S peuvent être sous forme de:
<b>Acides gras (AG)</b> chaînes aliphatiques <b>saturées</b> (sans doubles liaisons) <b>ou non saturées</b> (avec doubles liaisons)	<b>Glycerophospholipides:</b>
<b>Glycerides:</b> esters d'acides gras (saturés ou non) et d'alcool=glycérol	<b>Sphingophospholipides = Sphingolipides phosphaté</b>
<b>Cérides:</b> ester d'acides gras et alcools gras (à longue chaîne) ; non glycéridés	<b>Sphingolipides non phosphatés = Glycosphingolipides</b>
<b>Stéroïdes:</b> non glycérides polycycliques	

*Je sais on dirait que c'est grave barbare comme ça mais c'est ultra logique, revenez sur ce tableau + celui d'en dessous au fur et à mesure que vous avancez dans la leçon pour avoir une vue d'ensemble.*

## Classification des lipides

Catégories	Classe lipides	Exemples	Caractéristiques / structure
lipides simples	acides gras (AG)	palmitate oléate	chaîne aliphatique saturée ou non se terminant par $[-COOH]$ et $[-CH_3]$
	glycérides	diglycérides triglycérides	esters d'AG saturés ou non avec du glycérol
	non-glycérides	cérides stérides	esters d'AG longue chaîne et alcool autre que le glycérol esters de stérol / polycycliques
lipides complexes	eicosanoïdes	prostaglandines leucotriènes	dérivés d'oxydation d'AG poly-insaturés à 20 C (acide arachidonique)
	glycérophospholipides	phosphatidyl-inositol	2 AG + glycérol + phosphate + résidu estérifiant
	sphingolipides phosphatés	sphingomyéline	céramide + phosphate + résidu estérifiant
	sphingolipides non phosphatés	cérébrosides	céramide + glucose / galactose

CE TABLEAU EST A APPRENDRE



**Esterification des AG par l'alcool** (Les 3 alcools qui vont suivre estérifient les AG donnant ces différents résultats):

- **Glycérol** : alcool à 3 carbones, c'est l'estérifiant principal des AG, l'ensemble forme des : **acylglycérides** (acylglycérols)
- **Alcool gras** : chaîne très longue, qui donne les **cérides**
- **Stérol** : forme les **stérides**



### LES CERIDES

**DEF:** un **AG** est attaché à un **alcool gras (autre que le glycerol)** extrêmement **long** (structure linéaire entre **14 et 38C**). Ce sont donc de grosses molécules reliées par une **liaison ester**. Ils peuvent être saturés ou non saturés. (Rappel sur le tableau)

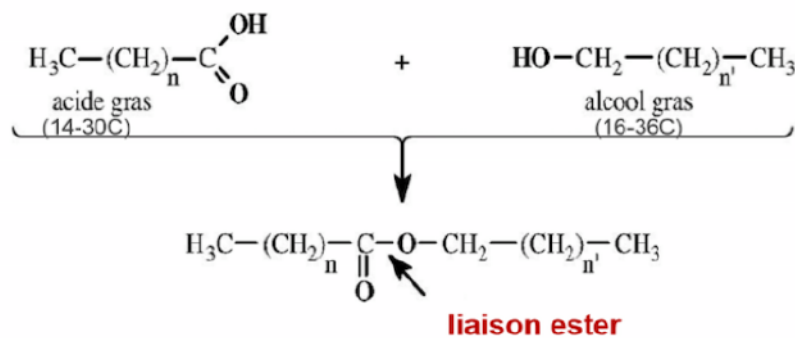


Il s'agit Principalement d'alcools primaires, saturés (= sans doubles liaisons), **non ramifiés**.

Pour retenir dit toi que les cerides sont des AG ultra simples avec un alcool primaire sans double liaison, sans ramification. C'est un AA épuré comme on dit dans le tiek's.







### Propriétés physiques des cérides :

- Très **apolaire et hydrophobe**++
- **Solide** à température ambiante
- Température de **fusion** très élevée

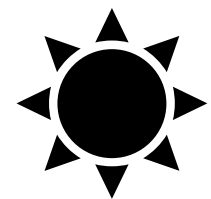


**Petite histoire des cérides :** Ils sont **importants** chez les **animaux**, mais concernent très **peu** la physiologie humaine. En effet cet AG est retrouvé chez les **cachalots** (un céride très important pour leur permettre de résister au froid) et les **abeilles**+++.

Ils **peuvent présenter un intérêt en médecine, en cosmétique** (pommade, lotion) et **ainsi qu'en industrie** mais peuvent être associés à des pathologies.



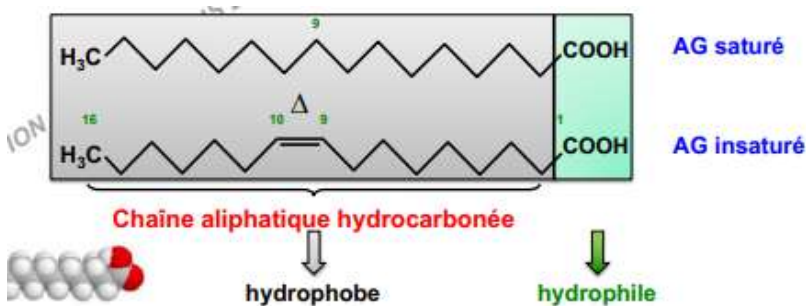
*J'espère que vous aimez ce thème manga, j'espère que ça vous donnera envie d'apprendre :)*



## II. LES ACIDES GRAS

### A. DEF:

- structures monocarboxyliques **R-COOH**.
- le radical R est une chaîne aliphatique de longueur variable d'au moins 4C, la plupart du temps entre 14 et 22C
- Le radical R est responsable du caractère hydrophobe et Le **COOH** donne l'aspect hydrophile à la molécule
- Possèdent une **chaîne aliphatique ayant un nombre pair de carbones** (=> l'élongation des AG se fait par l'ajout de structures qui contiennent 2 carbones)
- Ont une **chaîne aliphatique saturée** (pas de double liaison) **ou en partie insaturée** (présente des doubles liaisons) avec un nombre maximum de 6 doubles liaisons +++



### B. Nomenclature des AG



#### Denomination Usuelle:

La dénomination usuelle correspond au **nom donné à l'acide gras à la suite du contexte dans lequel il a été découvert**.

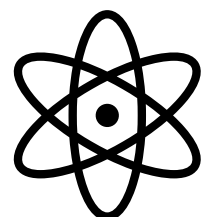
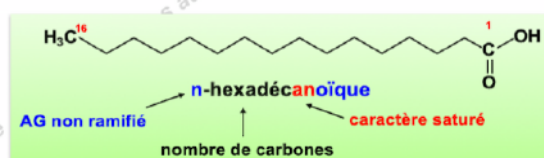
*Ex ++* : l'acide **hexadécanoïque** est nommé acide **palmitique** (retrouvé dans l'huile de palme)



#### Denomination Officielle:

Les AG linéaires saturés sont **nommés à partir de l'alcane correspondant** (qui a le même nombre de C) auquel on **ajoute le suffixe -oïque** : *hexadécanoïque pour l'acide palmitique ++*

Acide palmitique :  
 $C_{16}H_{32}O_2$



Le tutorat est gratuit. Toute vente ou reproduction est strictement interdite.

## MAIS FRR JE FAIS COMMENT POUR LUI DONNER UN NOM A TON AA?

Bah c'est simple mon loulou:

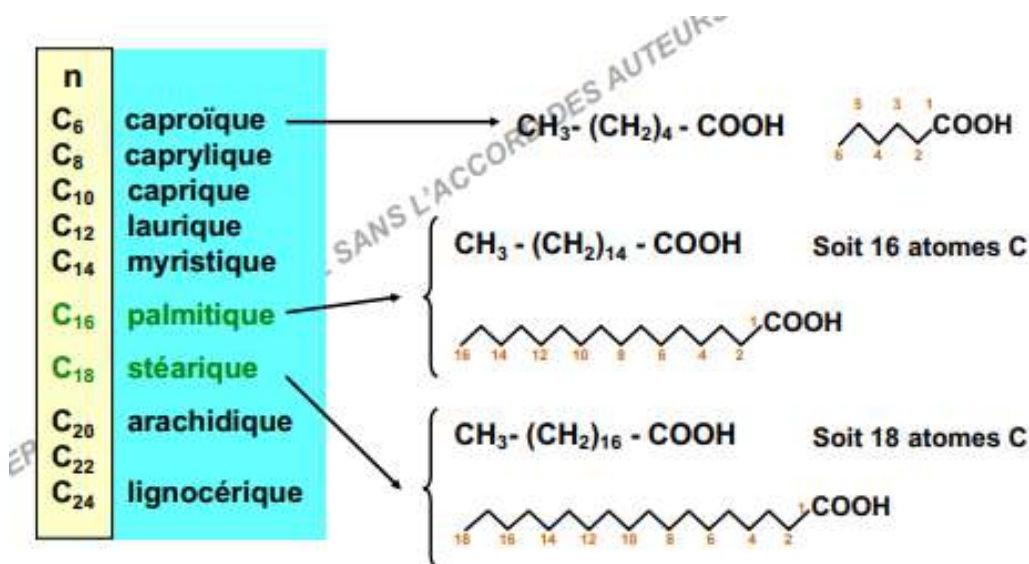
- 1) Tu comptes le **nombre de carbone** de l'AG **en partant du groupement carboxyle (-COOH)**
- 2) Tu regardes si il y a ou non des **DL** et leur nombre s'il y en a
- 3) Et Si DL : **leurs positions et leurs configurations CIS ou TRANS**



**EX: de l'acide palmitique:** Pour les **16C**, on donne le nom **hexadéc**, « **an** » car ici il est **saturé**. Le « **n** » correspond à un AG **non ramifié** et **-oïque** car c'est un **acide carboxylique** en position 1 → **n-hexadécanoïque**.

## C. LES AG SATURES.

Quelques noms que vous devez retenir: **acide caproïque C6, palmitique C16 et stéarique C18++**



AG à chaîne **courte** → jusqu'à **6** carbones  
 AG à chaîne **moyenne** → entre **8** et **12C**  
 AG à chaîne **longue** → entre **14** et **20C**  
 AG à chaîne **très longue** > + de **22C**

## D. LES AG INSATURES



Le terme insaturé signifie qu'on a une **double liaison** sur la chaîne aliphatique de notre AG. On a alors:

- des AG **monoinsaturés** (une seule double liaison)
- **polyinsaturés** (plusieurs).



Le tutorat est gratuit. Toute vente ou reproduction est strictement interdite.



La plupart des **AG naturels sont en CIS** +++ c'est-à-dire que les deux **H sont du même côté**, ils sont **inoffensifs** pour la santé tandis que les **TRANS** sont en général générés par **l'industrie alimentaire et ne sont pas bons pour la santé**.



**La nomenclature permet de préciser :**

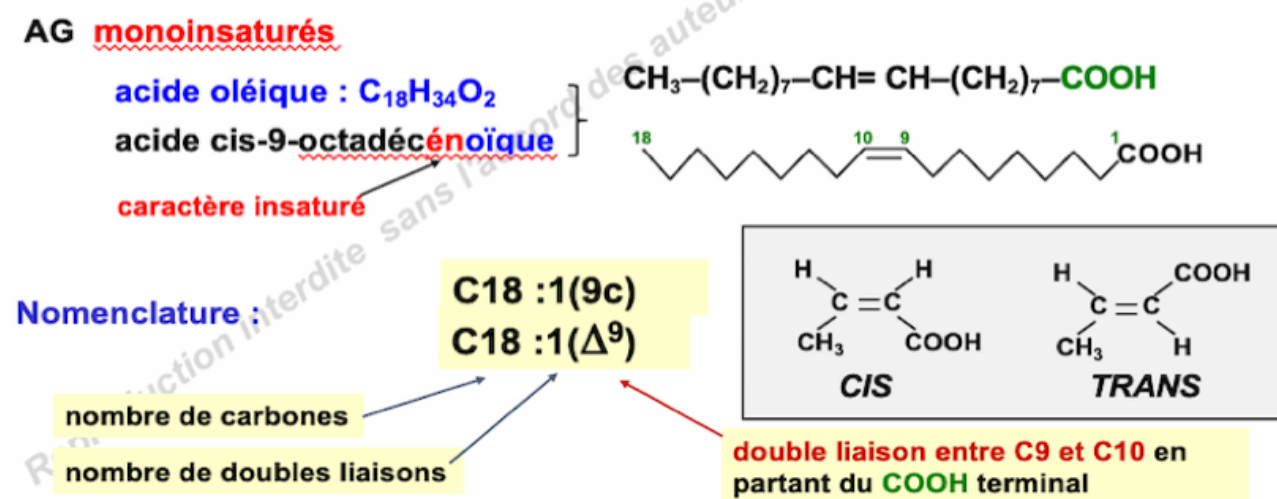
§ La **longueur de sa chaîne** : par **exemple l'acide oléique a une seule insaturation**.

§ La **fonction carboxylique -oïque**

§ Le **nombre et la position des doubles liaisons**

§ La **stéréochimie** : **CIS** (hydrogènes du même côté) en général ou **TRANS** (hydrogènes du côté opposé)

## 1) AG MONOINSATURES

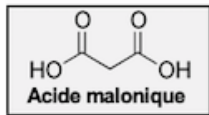


**Exemple :** L'acide oléique  $C_{18}H_{34}O_2$  est un AG monoinsaturé. On numérote ses carbones en partant du carboxyle. Il est nommé *acide cis-9-octadécénoïque* car il a 18 carbones, une double liaison/insaturation entre C9 et C10 de configuration CIS. Cet AG étant insaturé, on remplace dans son nom « an » par « én » suivi de -oïque.

**Façon abrégée de nommer l'acide oléique :  $C_{18}:1(9c)$**

## 2) AG POLYINSATURES

**DEF:** AG avec **plusieurs doubles liaisons**, elles sont **TOUJOURS en position malonique** +++ cad qu'il y a toujours 3 carbones entre deux doubles liaisons(= insaturations), en général en **stéréoisomérisation CIS**. Car elles sont fabriquées par des **enzymes qui ne peuvent fabriquer des AG qu'en ajoutant 3 carbones**.



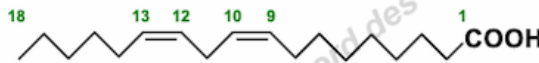
2 exemples qui sont des AG polyinsaturés extrêmement importants à connaître : ce sont des **AG indispensables**

→ **Définition** : on ne peut **pas les synthétiser** et pour être en bonne santé on doit les apporter à notre organisme par l'alimentation par ex.

- Acide linoléique : 2 doubles liaisons
- Acide alpha linoléique : 3 doubles liaisons

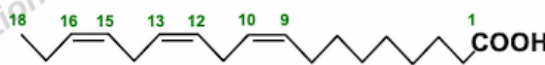


**Acide linoléique; C18:2( $\Delta^{9,12}$ ) ; C18:2(9c,12c)**



AG indispensable, non synthétisé par l'organisme humain

**Acide  $\alpha$ -linoléique; C18:3( $\Delta^{9,12,15}$ ) ; C18:3(9c,12c,15c)**



AG indispensable, non synthétisé par l'organisme humain

## E) AUTRES NOMENCLATURES

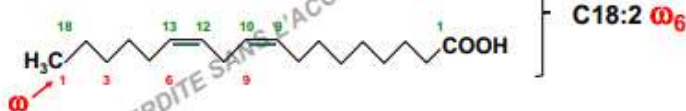
### 1. La nomenclature Omega

En nomenclature officielle, on numérote les C à partir du groupement carboxyle. Cependant, pour la nomenclature oméga on part du groupement **CH<sub>3</sub> terminal** pour aller vers le **COOH** !/ ++

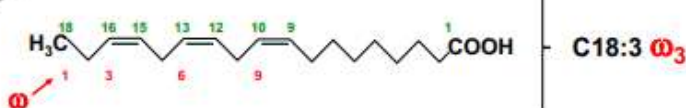
On l'exprime  $\omega x$  où  $x$  = le numéro du carbone positionnant la 1ère insaturation, à partir du **CH<sub>3</sub> final**.



**Acide linoléique; C18:2( $\Delta^{9,12}$ ) ; C18:2(9c,12c)**



**Acide  $\alpha$ -linoléique; C18:3( $\Delta^{9,12,15}$ ) ; C18:3(9c,12c,15c)**



*Exemple (à connaître):*

§ *l'acide linoléique* :

C18:2 (9c,12c) est un  $\omega_6$ , car la 1ère double liaison se trouve sur le C6 en partant du CH<sub>3</sub> final.

§ *L'acide  $\alpha$ -linoléique* : fait partie des  $\omega_3$  car la 1ère double liaison est sur le C3.



## 2. LA NOMENCLATURE N:

N = nb de C de l'acide gras - le numéro de la double liaison la plus éloignée du C1 en utilisant la numérotation à partir du COOH. (en vrai c'est la même que la nomenclature omega, on remplace juste  $\omega$  par N).

On retrouve  $N = \omega$



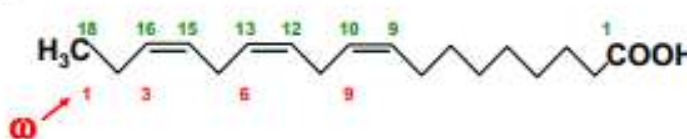
Acide linoléique; C18:2( $\Delta^{9,12}$ ) ; C18:2(9c,12c)



C18:2  $\omega_6$

$$n = 18 - 12 = 6$$

Acide  $\alpha$ -linolénique; C18:3( $\Delta^{9,12,15}$ ) ; C18:3(9c,12c,15c)



C18:3  $\omega_3$

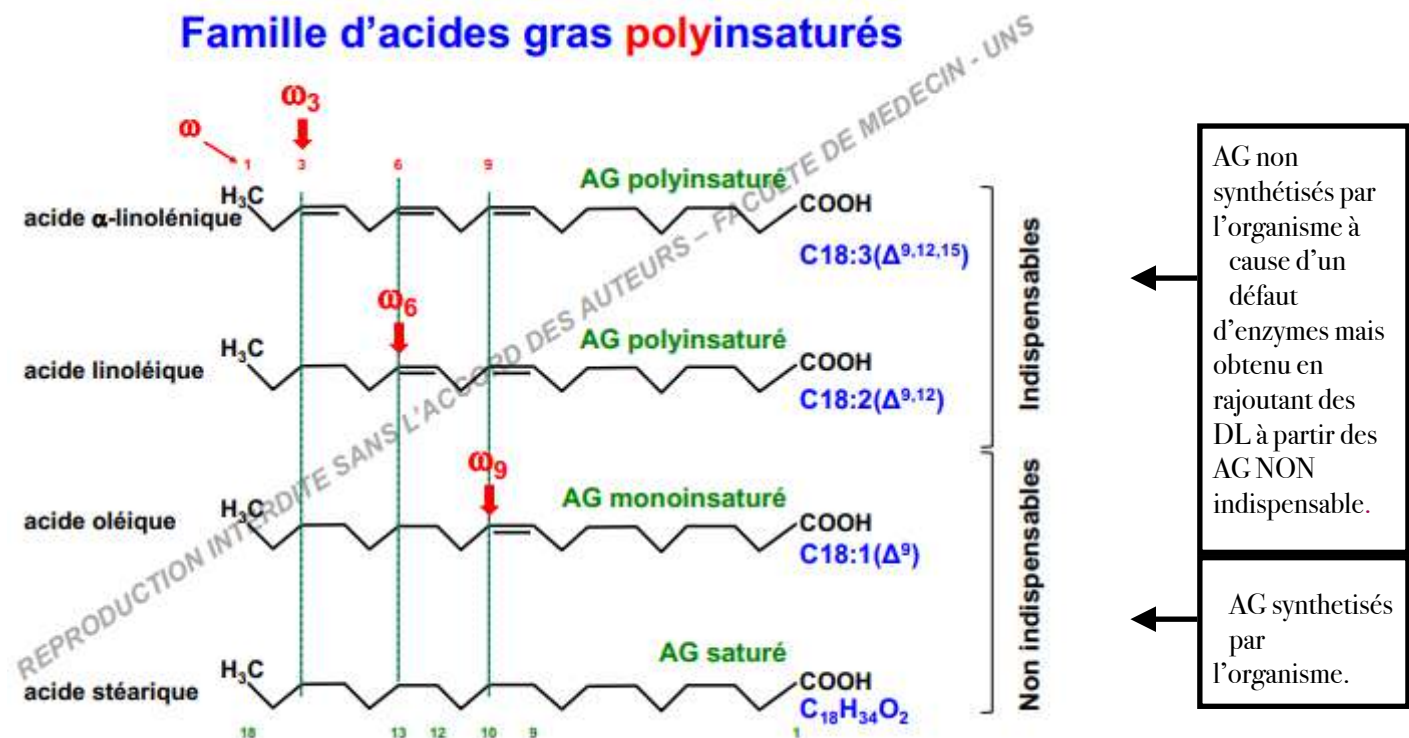
$$n = 18 - 15 = 3$$



## 3. familles d'AG polyinsaturés, chez l'homme, il y en a deux très importantes: les $\omega_3$ et les $\omega_6$ .

Famille des $\omega_6$ ++:	famille des $\omega_3$ ++ :
<b>Acide linoléique C18:2 (<math>\Delta^{9,12}</math>)</b> 12-9=6 donc c'est bien un $\omega_6$ <b>AG indispensable, vient seulement de l'alimentation.</b>	<b>Acide <math>\alpha</math>-linolénique C18:3 (<math>\Delta^{9,12,15}</math>)</b> <b>acide gras indispensable</b> 18-15= 3 donc c'est bien un $\omega_3$
<b>Acide arachidonique C20:4 (<math>\Delta^{5,8,11,14}</math>)</b> 20-14= 6 donc c'est bien un $\omega_6$ . <b>AG non indispensable, on peut le synthétiser à partir de l'acide linoléique avec une élongation de 2 carbones et l'ajout de 2 doubles liaisons.</b>	<b>Acide Eicosapentanoïque (EPA) C20:5 (<math>\Delta^{5,8,11,14,17}</math>)</b> 20-17=3 donc c'est bien un $\omega_3$ <b>acide gras non indispensable car on peut le synthétiser à partir de l'acide <math>\alpha</math>-linolénique par une élongation de 2 carbones et l'ajout de 2 doubles liaisons</b>

## Comment passer d'un AG saturé à un AG insaturé ?



**Explications:** On part de l'acide stéarique ( $\text{C}_{18}$ ), non indispensable, qui est saturé, on va obtenir l'acide oléique (AG monoinsaturé) grâce à l'ajout d'une double liaison en position 9 (entre  $\text{C}_9$  et  $\text{C}_{10}$ ) par une enzyme qui est la  **$\Delta^9$  désaturase** : on obtient alors un oméga 9 non indispensable = acide oléique. Cette enzyme est présente dans le règne animal et végétal.

À partir de l'acide oléique, pour avoir l'acide linoléique, il faut rajouter une autre double liaison pour avoir des oméga 6 puis encore une qui va créer des oméga 3 (Acide  $\alpha$ -linolénique) : il faut désaturer vers le  $\text{CH}_3$  terminal.

Cependant les mammifères ont perdu au cours de leur évolution les enzymes les  $\Delta^{12}$  et  $\Delta^{15}$  désaturases qui sont non synthétisées par l'Homme. C'est pour cela que l'acide linoléique et alpha linolénique sont des AGPI indispensables. Nous pouvons fabriquer des  $\omega_9$  mais pas des  $\omega_3$  et  $\omega_6$  qui ne peuvent être apportés QUE par l'alimentation.

### F) CAS PARTICULIERS:

#### 1. Remarque sur les AG:

##### - Les AG indispensables

- Apport alimentaire indispensable et sont non synthétisés chez l'homme
- Acide linoléique ( $\text{C}_{18}:2, \omega_6$ ) et alpha linolénique ( $\text{C}_{18}:3, \omega_3$ )

Le tutorat est gratuit. Toute vente ou reproduction est strictement interdite.



- **Acides gras fabriqués en faible quantité chez l'homme.**

- **L'acide docosahexaénoïque (DHA) ( $C_{22}:6 \omega_3$ ) et l'EPA ( $C_{20}:5, \omega_3$ ) (acide eicosapentaénoïque).**
- Ils sont synthétisés à partir de **l'acide alpha linoléique. ( $C_{18}:3, \omega_3$ )**

## 2. AG CAS ATYPIQUES:

Ce sont les **acides gras TRANS**.

En général, la quasi-totalité des AG que nous fabriquons sont des AG en CIS. Cependant, il existe des AG en TRANS, **où les deux H ne sont pas du même côté**. Cela va avoir des conséquences particulières :

- En **modifiant la structure de l'AG** (la plicature de la chaîne disparaît)
- En **modifiant la fluidité des membranes** du fait des contraintes de configuration et donc une **modification de leurs propriétés biologiques**.

**Les AG TRANS sont donc toxiques pour la santé.**

**Existent-ils dans la nature ? Oui**, mais ils sont très faiblement représentés:

- il y a des **sources naturelles** mais mineures. Cela est dû aux **ruminants** qui en fabriquent du fait de la présence de bactéries dans leur estomac. Ils seront ensuite **incorporés dans leur graisse et dans leur lait**. L'apport naturel d'AG TRANS n'est **pas assez important pour être mauvais pour la santé**.
- la **source majeure est une source industrielle**. L'industrie alimentaire va faire une **hydrogénation** des aliments afin de les conserver.

**Les conséquences :** désordres du métabolisme lipidique, dysfonctionnement des membranes biologiques (récepteurs...) entraînant un risque de mortalité cardiovasculaire.





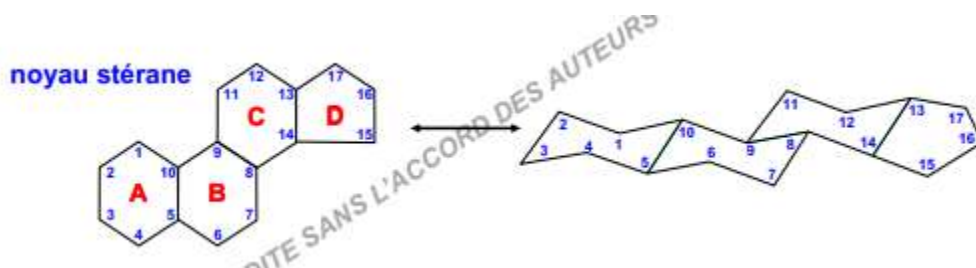
### III. STEROLS ET STEROÏDES

#### A) Les différentes classifications:

Classification classique ( privilégié en médecine) où les stérols comprennent:	Classification de l'union internationale de chimie :
<b>Sterols</b>	Inclus <b>tous les lipides ayant un noyau stérane ou dérivant de celui-ci sont des stéroïdes.</b>
<b>Stérides</b> (ester d'AG et stérol)	
<b>Hormones stéroïdiennes œstrogènes</b> (femme), <b>androgènes</b> (homme) , <b>minéralocorticoïdes</b> qui régulent le métabolisme des minéraux, des sels et les <b>glucocorticoïdes</b> régulant le métabolisme.	
<b>Les stéroïdes conjugués: glycine/taurine</b>	
<b>Acides biliaires</b>	
<b>Sécostéroïdes : vitamine D</b>	

#### B) Les sterols et stérides.

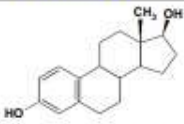
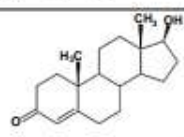
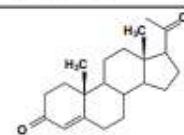
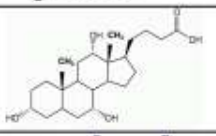

Les stérols sont des **composés hydrophobes polycycliques**.  
 Leur structure de base est le **noyau stérane**, résultant de la **condensation de 4 cycles: 3 cyclohexanes A,B et C et un cyclopentane D formant une structure rigide en forme de chaise**



(il faut savoir numéroter dans l'ordre les C)



**A partir de ce noyau et en fonction de la classe, on aura :**§ L'apparition d'un ou **plusieurs hydroxyles** (un sur C<sub>3</sub> pour le cholestérol)§ La présence ou non de **double(s) liaison(s) au niveaux des cycles A et/ou B**§ La présence d'une **ramification aliphatique positionnée sur le C<sub>17</sub> du cycle D**§ La présence ou non d'une **double liaison au niveau de la ramification aliphatique**Cette structure avec les 4 cycles peut être modifiée et donne lieu : **Stérides / stérols, acides et sels biliaires, et des stéroïdes hormonaux.**

noyaux	C	Formules	Exemples
Estrane	18		Estradiol
Androstane	19		Testostérone
Pregnane	21		Progestérone Cortisol Aldostérone
Cholane	24		Sels biliaires
Cholestane	27		Cholestérol Vitamine D

On remarque que des **molécules toutes aussi différentes les unes des autres** (hormones qui ont un rôle précis chez la femme (**Estradiol**) ou chez l'homme (**Testostérone**) et les **sels biliaires**) ne diffèrent que par des **changements minimes**.

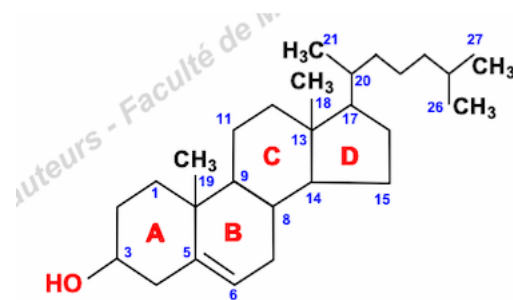
**C) Dérivés de Sterols****I.****Cholesterol**

C'est le stérol principal du monde animal : +++ importante dans **les structures des membranes** en association avec les lipides.

**Précurseurs de nombreux dérivés** dont les stéroïdes, hormones sexuelles et hormones corticosurréaliennes et vitamine D.

**Structure : Noyau de base cholestane :**

- Ajout en **C<sub>3</sub> d'un OH** sur le cycle A => rend la molécule **amphiphile** (un des très rares cas des stérides qui sont majoritairement hydrophobes)
- **Double liaison** de C<sub>5</sub> à C<sub>6</sub> dans le cycle B
- **Ramification aliphatique +++ en C<sub>17</sub>** de 8 carbones qui **donne les spécificités ++ particulières du cholestérol**.



## 2. Acides et sels biliaries.

Les sels biliaries sont **synthétisés par le foie et stockés dans la bile** +++

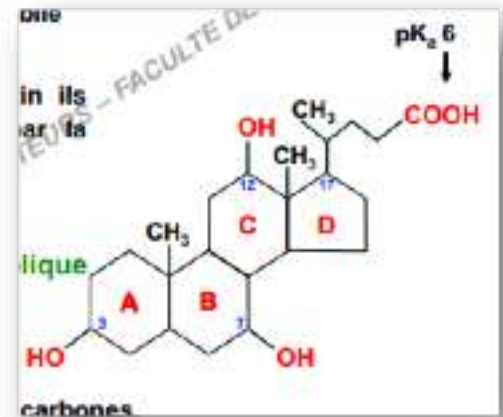
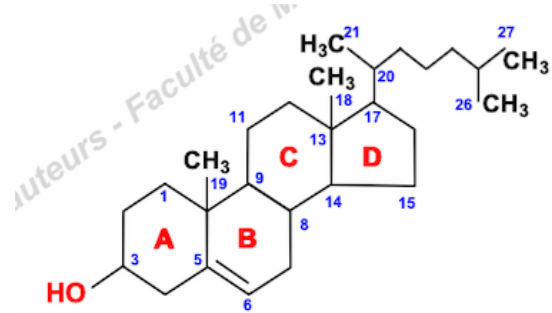
**Ils ont 2 rôles majeurs :**

**o participent à éliminer le cholestérol :** c'est une molécule dont nous avons besoin pour **construire les membranes mais trop** de cholestérol n'est **pas bon pour la santé**, surtout au niveau cardiovasculaire. Il existe ainsi des **mécanismes qui permettent de réguler physiologiquement la quantité de cholestérol**

**o Permettent l'émulsification des lipides :** les sels biliaries sont capables d'**aider à la digestion des graisses complexes** que nous mangeons en **jouant un rôle de détergent** +++

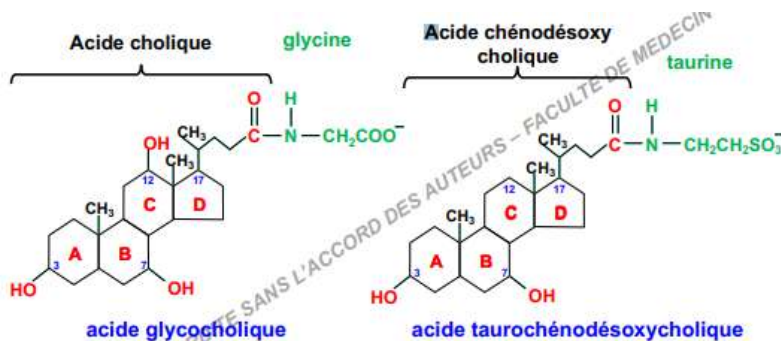
**On a deux acides biliaries qui sont importants :**

- Acide **cholique** (AC)
- Acide **chénodésoxycholique** (ACDC)



**Structure : Dérivés du cholestérol par :**

- **Raccourcissement de la chaîne latérale de 3 carbones** (il n'y a plus que 5 carbones)
- **Réduction de la double liaison du cycle B**
- **Oxydation de la chaîne latérale (présence de groupement carboxylique)**  
=> cela **change le Pka (à environ 6)** de cette molécule **par la présence des carboxyles donnant une ionisation partielle dans le duodénum (pH6)**
- **AC : 3 OH sur C<sub>3</sub>, 7 et 12 et ACDC : 2 OH sur C<sub>3</sub> et C7)**





Conjugaison des sels biliaries:

Avant de quitter le foie, une grande partie des acides biliaries sont **conjugués à la glycine** ou à la **taurine**. Cependant, la taurine est plus rare : 3 glycines pour 1 taurine.

Une fois que les acides sont conjugués, **on parle alors de sels et non plus d'acide** (voir schémas juste en haut).

- Acide glycocholique
- Acide taurochénodésoxycholique



La conjugaison augmente la nature amphipathique mais permet aussi un meilleur effet détergent des sels biliaries :

—> **Pka du carboxyle des sels biliaries conjugués < pKa du carboxyle des sels biliaries non conjugués**

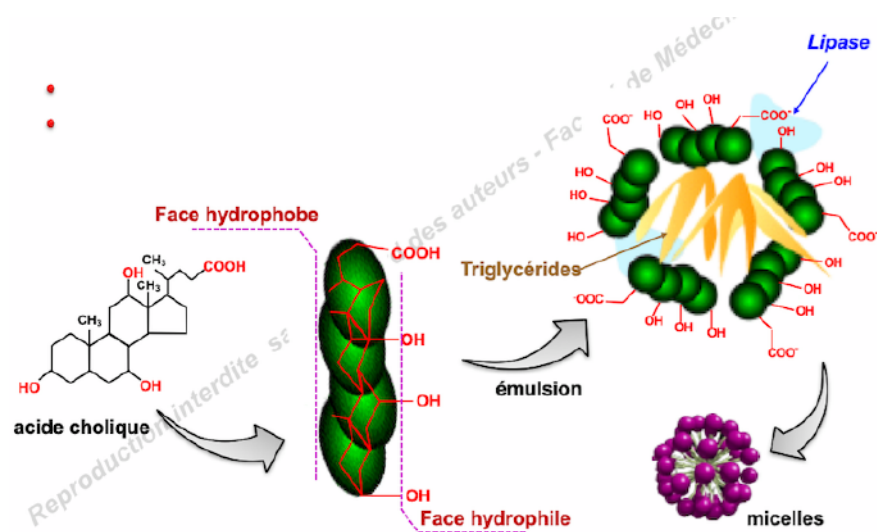
Cela permet donc une **ionisation complète dans le pH alcalin de la bile**

En résumé :

Ø Acide cholique : + glycine -> **acide glycocholique** / + taurine -> **acide taurocholique**

Ø Acide chénodésoxycholique : + glycine -> **acide glycochénodésoxycholique** / + taurine -> **acide taurochénodésoxycholique**

Les sels biliaries sont des **composés amphipathiques** qui ont un **pôle hydrophobe** et un **pôle hydrophile**, ils permettent la **solubilisation des lipides (hydrolyse)** et favorisent l'**absorption intestinale**. Ils se **mettent autour des acides gras**, pour les rendre accessibles à l'eau dans l'intestin (**effet détergent**) et cela va **permettre aux lipases** l'absorption d'AG.



### 3. Hormones stéroïdiennes:

Il y a 2 grandes familles :

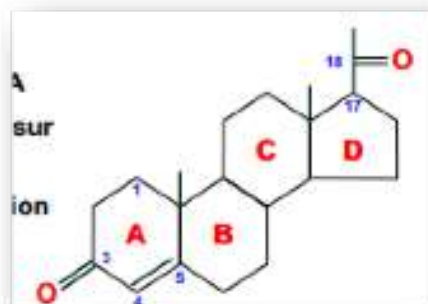
Hormones stéroïdiennes sécrétée par les glandes sexuelles + placenta	Hormones stéroïdiennes sécrétée par les glandes cortico surrénales :
<b>Androgènes</b>	<b>Mineralocorticoïdes</b> (contrôle de l'équilibre minéral )
<b>oestrogènes</b>	<b>Glucocorticoïdes</b> ( contrôle métabolisme des glucides/lipides/protéines + actions anti-inflammatoires+++)
<b>progestagènes</b>	

Ce sont des molécules qui **dérivent toutes du cholestérol** car la **chaîne latérale** a été **modifiée** par des **réactions de coupure et/ou par oxydation ou hydroxylation**.

Exemple: la progestérone:

Structure: à partir du noyau cholestane :

- **Carbonyle en C3** + 1 carbonyle sur la **ramification**
- **Double liaison C4-C5** sur le cycle A conjuguée avec le carbonyle.
- **Présence d'un carbonyle au niveau de la ramification aliphatique**



## IV. LES GLYCEROLIPIDES.

**DEF:** lipides attachés à l'alcool glycérol qui a 3-OH pouvant accueillir les AG.

Leur **formation** se fait de façon **séquentielle** :

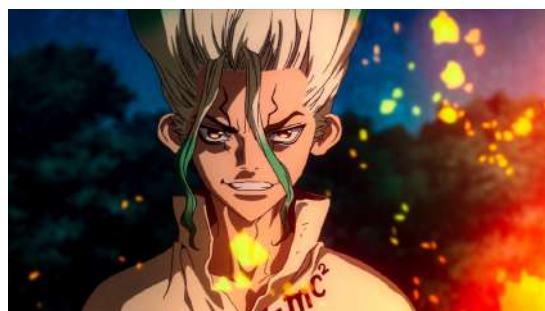
- \* **1er AG** peut se mettre en position 1 2 ou 3 (rare) => **1 ou 2 ou 3 monoacylglycérol**
- \* **Puis le 2e AG** se met => 1.2 ou 1.3 ou 2.3 **diacylglycerol**
- \* **Puis le 3e AG** => **triacylglycerol** (ou TG)

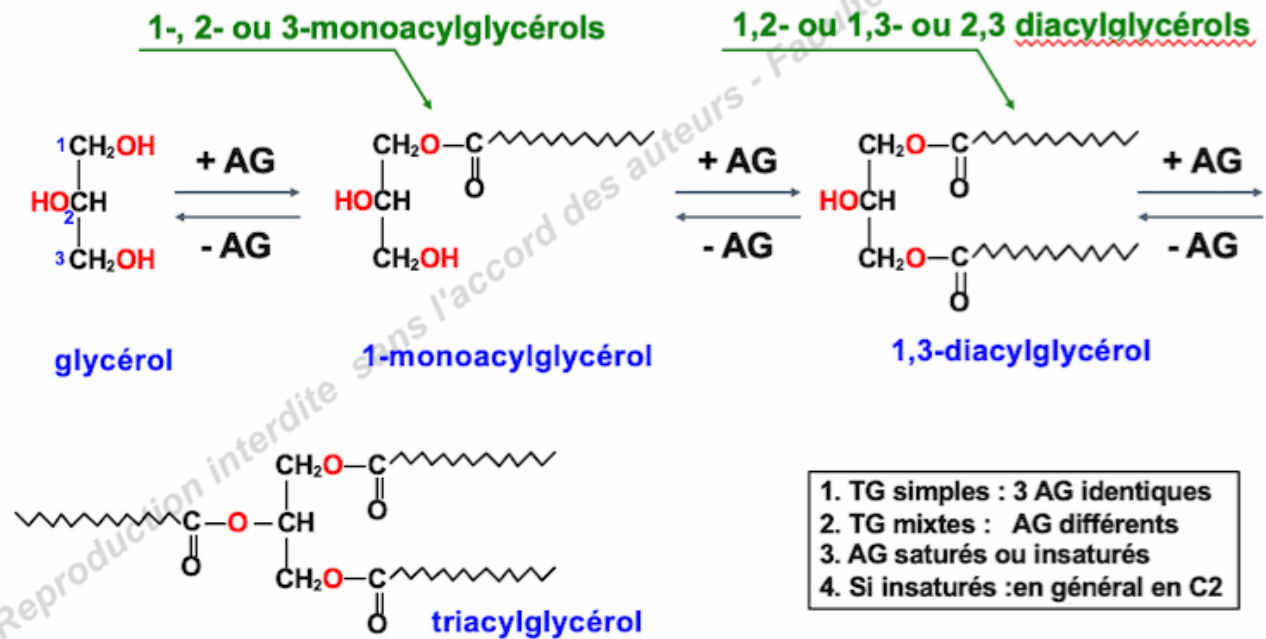
Il y a des TG :

- **simples** (les 3 AG sont **identiques**),
- **mixtes** ( les 3 AG sont **différents** mais pas nécessairement les 3)

- **saturés, ou insaturés**

Le tutorat est gratuit. Toute vente ou reproduction est strictement interdite.





**++ Pour des raisons enzymatiques, si il y a un AG insaturé, il se placera en général en C2 ++**



Il faut savoir que la **dégradation** se fait également de façon **séquentielle** ++

## V. LES LIPIDES COMPLEXES=HETEROLIPIDES

**DEF:** Ce sont des hétérolipides, qui possèdent en plus du C, H, O il **peuvent avoir du P, N, S ou des oses.**

Ily a 3 grands groupes :

- Glycérophospholipides :** glycerol (alcool à 3OH)) + 2AG + phosphate + Alcool Ex: phosphatidyl-choline ou phosphatidyl-inositol

-> Tout est relié par des liaisons esters

- Sphingolipides phosphatés(= sphingophospholipides) :** la base est un alcool qui est la sphingosine ++ 1 AG + Phosphate + choline (dérivé de la sérine) Ex: sphingomyéline

-> 2 liaisons ester et une liaison amide (entre sphingosine et l'AG)

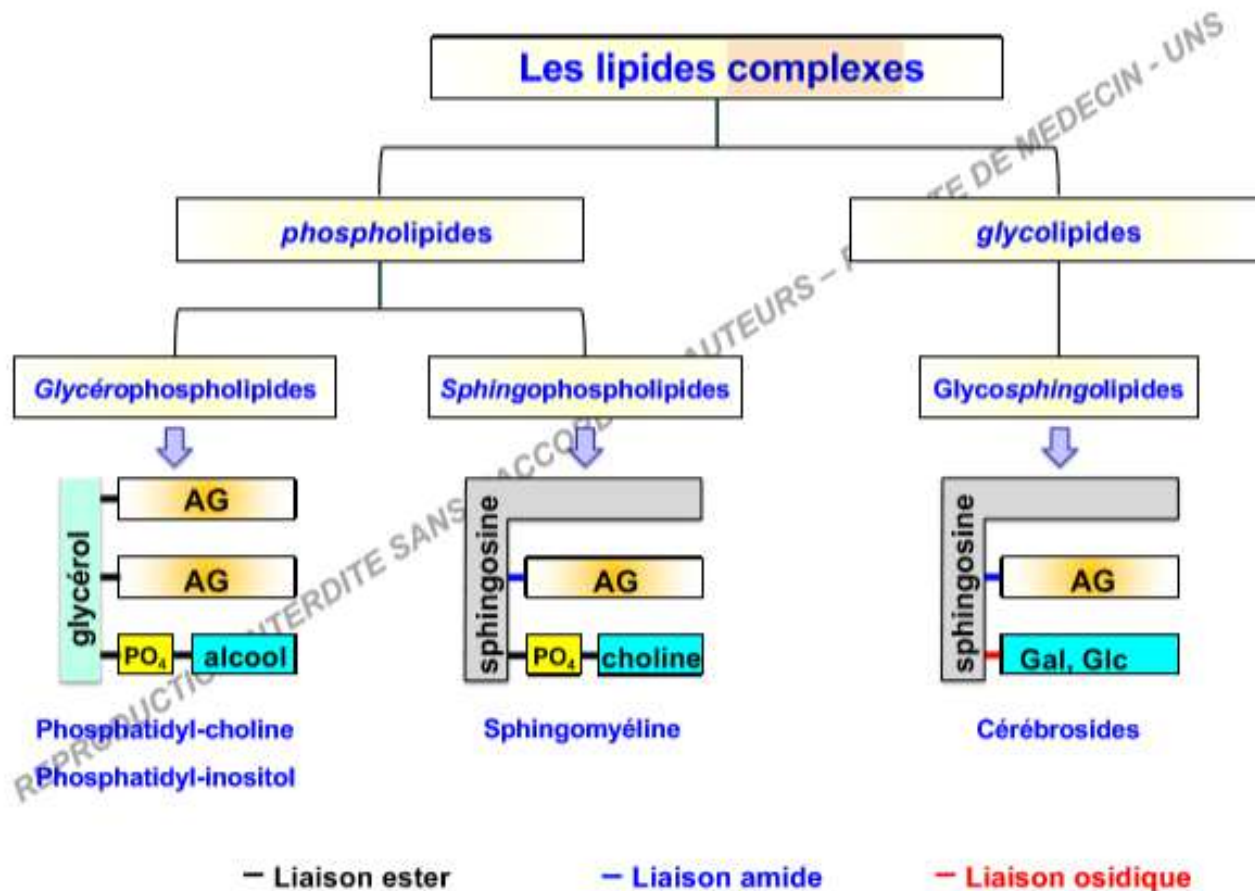
- Sphingolipides non phosphatés (=glycosphingolipides/cérébrosides):** sphingosine + 1AG + 1 glucose ou un galactose

Presence d'un Phosphate= ce sont des phospholipides

Pas de phosphate= ce sont des Glycolipides.



Je vous conseille en même temps de re regarder le tableau à la page 3 de la Fiche pour mieux comprendre :)



VRMT COMPRENDRE CE TABLEAU ++++

**Les glycérophospholipides sont les constituants majeurs des membranes biologiques avec le cholestérol++**

**PATHO:** La **sphingomyéline** est le constituant principal de la gaine de myéline des nerfs au niveau du système nerveux central. Une **perte de la sphingomyéline** donc une **perte de myéline** entraîne la **sclérose en plaque** : pathologie menant à la **paralysie du patient**.



## A) Les phospholipides

### 1. Glycérophospholipides:

Acide phosphatidique : précurseur de tous les glycérophospholipides +++ (pas confondre avec acide phosphorique (phosphate))

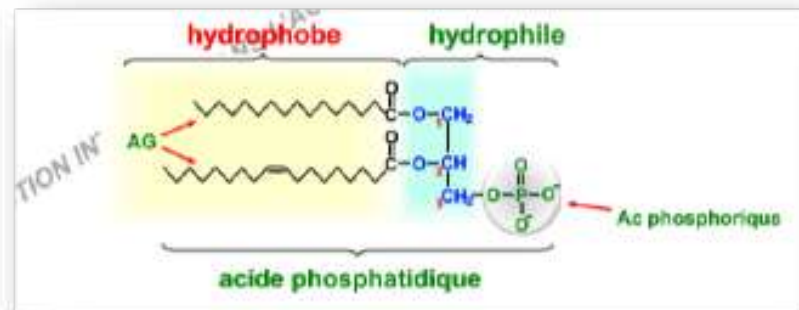
### Structure de l'acide phosphatidique:

-Un glycérol estérifié par 2 AG à chaîne longue (> ou = à 14C) en C1 et C2 et par un acide phosphorique (sur le C3 du glycérol).

Il faut savoir que l'AG en position C2 est souvent insaturé. L'acidité de cette molécule provient des 2 H libres de l'acide phosphorique.

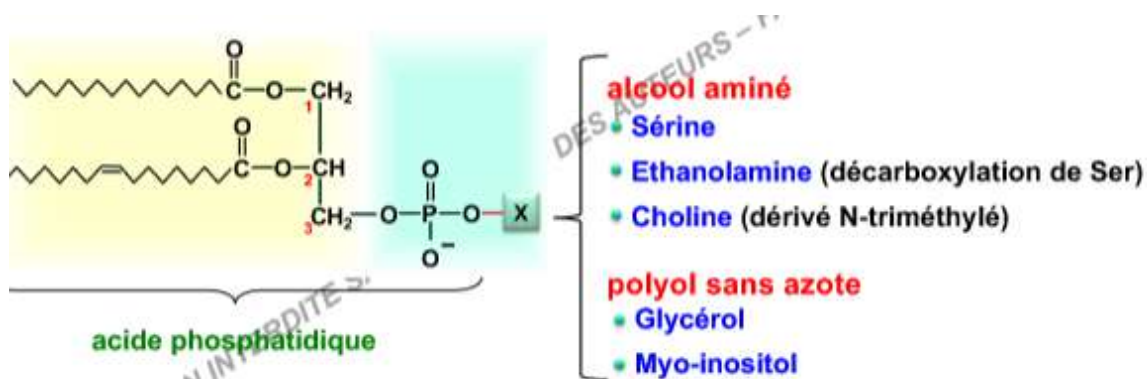
Cela forme la queue "hydrophobe" de la molécule

Le phosphate de l'acide phosphorique est ionisé et cela forme la partie hydrophile de la molécule.



**Définition Glycerophospholipides**: constituants majeurs des membranes biologiques. Ils sont très importants +++

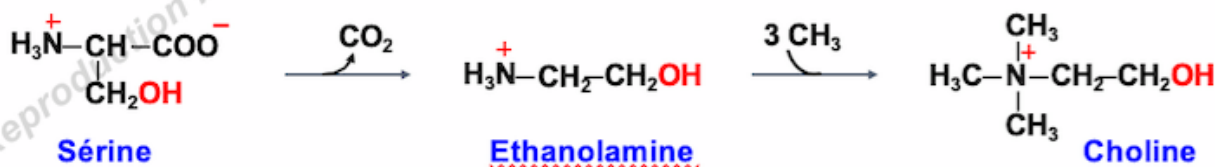
**Structure**: une des fonctions [OH] de l'acide phosphorique est estérifiée avec un groupement X qui peut être :



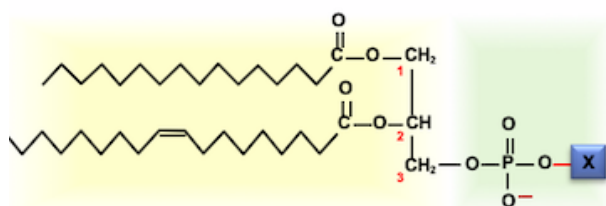
➤ **Alcool amine** : sérine, éthanolamine, choline (ionisés à pH physiologique soit 7.4)

➤ **Polyol sans azote** : glycérol ou myo-inositol

La **sérine** peut être **décarboxylée** (perte de son COOH relargué sous forme de CO<sub>2</sub>) pour former l'**éthanolamine** qui elle peut être **tri-méthylée** pour donner la **choline**:



## Les glycérophospholipides



La nature du groupement X est responsable de la classe des phospholipides (5 classes)

X = H : acide phosphatidique

X = alcools aminés (ionisés à pH 7,4)			X = polyols sans azote	
$-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{NH}_3^+)-\text{COO}^-$ <b>sérine</b> ↓ <b>Phosphatidyl-sérine</b>	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_3^+$ <b>éthanolamine</b> ↓ <b>Phosphatidyl-éthanolamine</b>	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{N}^+(\text{CH}_3)_2$ <b>choline</b> ↓ <b>Phosphatidyl-choline (lécithines)</b>	$-\text{CH}_2-\text{CHOH}-\text{CH}_2\text{OH}$ <b>glycérol</b> ↓ <b>Phosphatidyl-glycérol</b>	 <b>myo-inositol</b> ↓ <b>Phosphatidyl-inositol</b> précurseur 2 <sup>nd</sup> messageur

PAR COEUR CA++++++

**Rq:**

- **phosphatidyl-inositol** => c'est un **dérivé du glucose**, c'est une molécule majeure **dans la signalisation des membranes (2<sup>nd</sup> messageur)**, elle est **en intracellulaire**
- De plus la nature des AG est variée, on retrouve le plus fréquemment un **AG saturé en C1** et un **AG insaturé en C2**.





Caractéristiques des glycérophospholipides :**molécules amphiphiles:**

dans la membrane :

- sa partie **hydrophobe** (queue des AG) est **dans la bicouche lipidique de la membrane**
- sa partie **hydrophile** se retrouve en contact avec le **milieu extracellulaire** (de nature aqueuse) et dans la partie **intracellulaire** (cytoplasme).

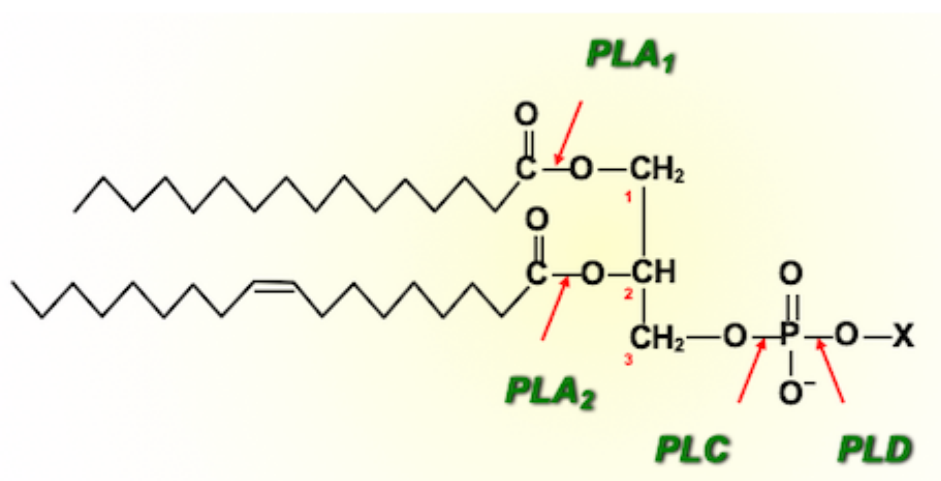
**molécules amphotères:**

- Fonction **Acide** : par l'**acide phosphorique ( $H_3PO_4$ )**
- Fonction **Basique** : **alcool aminé** (sérine, éthanolamine ou choline)

Les glycérophospholipides peuvent être **hydrolysés** par des enzymes spécifiques : les **phospholipases**.

Il en **existe 4 types : PLA<sub>1</sub>, PLA<sub>2</sub>, PLC et PLD**. Ces 4 enzymes coupent à des **endroits spécifiques** tous **différents les uns des autres et engendrent des molécules aux rôles différents**.

PLA <sub>1</sub>	PLA <sub>2</sub>	PLC	PLD
AG saturé + 1-lysophospholipide	AG insaturé + 2-lysophospholipide	Diacylglycérol + phosphate d'alcool	Acide phosphatidique + alcool



( Regardez bien où chaque enzyme coupe après ça devient tout de suite plus logique et vous retenez mieux).

+++La PLA<sub>2</sub> pancréatique va hydrolyser les phospholipides alimentaires lors de la digestion.+++

## L'hydrolyse des phospholipides membranaires permet la synthèse de médiateurs lipidiques

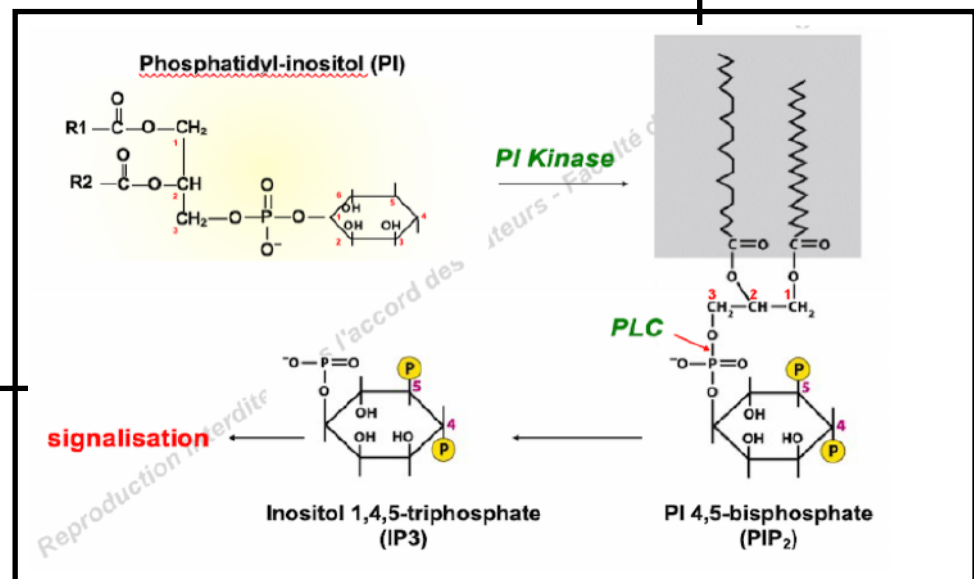
- **PLA<sub>2</sub>** → **prostaglandines, leucotriènes, lysophospholipides**
- **PLC** → **diacylglycérol et inositol 1, 4, 5 triphosphate (média-teurs)**
- **PLD** → **acide phosphatidique**

Les glycerophospholipides sont importants pour la signalisation et ont aussi un rôle structurel++

### EX: Le phosphatidyl-inositol

- **PI kinase** = **phosphatidyl-inositol kinase** phosphoryle le **phosphatidyl-inositol** en **position 4 et 5** sur le cycle inositol, ce qu'il fait qu'il possède **3 P** (*il en avait déjà un en position 1*) : il devient un **phosphatidyl-inositol 4,5-biphosphate (PIP<sub>2</sub>)**
- **PLC** coupe et génère l'**inositol 1,4,5- triphosphate ou IP<sub>3</sub>** => +++ majeur dans la signalisation

SVP en bioch il faut vrmt s'attarder sur les schémas c'est comme ça qu'on comprends, c'est pas toujours du par coeur surtout sur cette leçon. Agissez avec votre logique!



### B) Sphingolipides phosphorylés = sphingophospholipides

Les sphingolipides constituent **2 familles** celle **avec** le **phosphate** (**sphingophospholipides**) et celle **sans** (**glycolipides**).

**Définition** : Ce sont les composants **essentiels** des **membranes biologiques** au niveau des **cellules nerveuses du cerveau**. Ce sont des phospholipides dont l'**alcool n'est plus le glycérol** mais qui est la **sphingosine**.

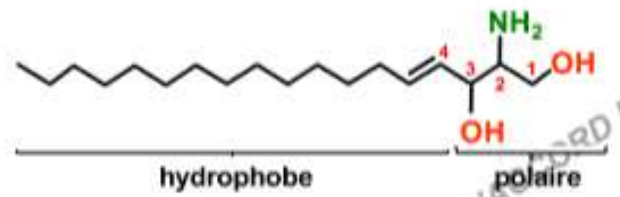


**A SAVOIR +++** Je sais que pour mieux retenir je dessinais les structures de chaque molécule.

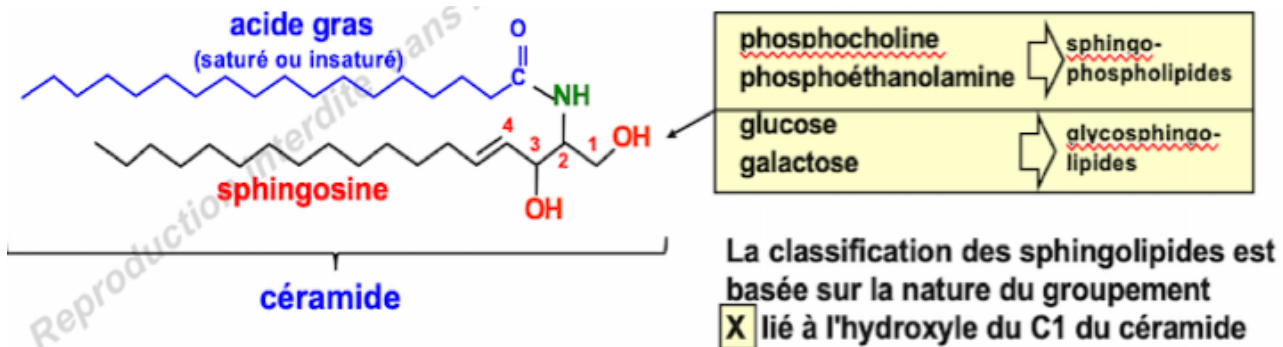
Le tutorat est gratuit. Toute vente ou reproduction est strictement interdite.

**Structure de la sphingosine:**

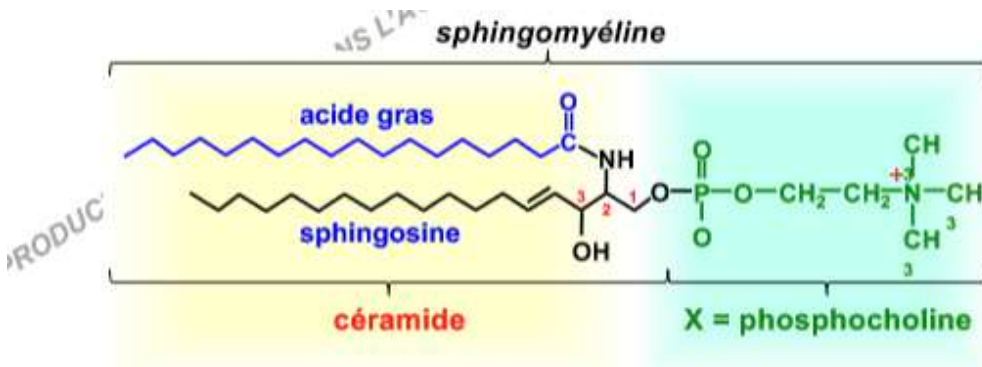
- chaîne aliphatique en général de **16 à 18 C** **insaturée**
- 1 seule double liaison en **TRANS** entre **C<sub>4</sub> et C<sub>5</sub>** (alors que la plupart des AG sont en CIS)
- **2 fonctions alcool en C<sub>1</sub> et C<sub>3</sub>**
- un groupe **amine en C<sub>2</sub>**
- **molécule amphiphile** (hydrophile par les 2 OH et la chaîne aliphatique la rend en partie hydrophobe).



Lorsqu'un **AG** se fixe sur le groupe amine de la sphingosine, on forme un **céramide** qui est le **précurseur** de tous les sphingolipides.

**Exemple: La sphingomyéline:**

**Structure :** **céramide** où le OH de la shingosine se lie à la **phosphocholine** en C<sub>1</sub> par une liaison **ester**.



**Structure :**

- **L'alcool primaire du céramide en C1** est lié par une **liaison O-glycosidique** à un ou plusieurs sucres (généralement le **glucose ou galactose**)
- **Nombre et type de résidus osidiques déterminent la nature du glycosphingolipide**
- Si X = galactose = membranes plasmiques du tissu neural  
Si X = glucose = mb plasmiques autres que le tissu neural

+++ **PAS DE PHOSPHATE** dans la structure +++

## **C) LES GLYCOLIPIDES:**

**Définition** : Très abondants dans le **tissu nerveux**, ce sont des molécules importantes pour les **feuillets externes des membranes plasmiques cellulaires**. Ils ont une **partie carbohydate**.

### **FONCTIONS:**

- Glycolipides sont fortement impliqués dans les **interactions cellulaires**, la **croissance et le développement**
- Ils sont **très antigéniques** (par exemple, les antigènes des groupes sanguins)
- Ils peuvent agir comme des **récepteurs de surface** pour des **toxines** et des **virus**

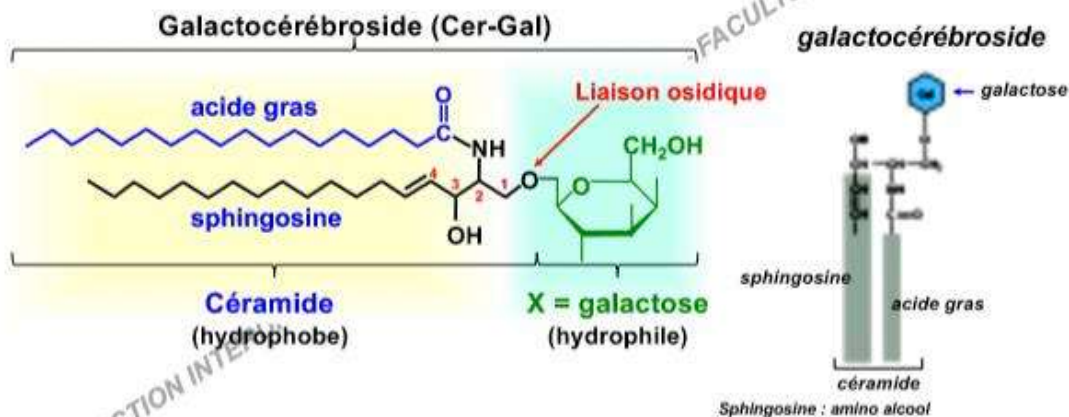
### **Exemple: Le galactocérébroside:**

**Structure:** Sphingosine + Ag (= forme un céramide) et le OH en C1 du céramide interagit avec le **galactose** par une **liaison O-glycosidique**

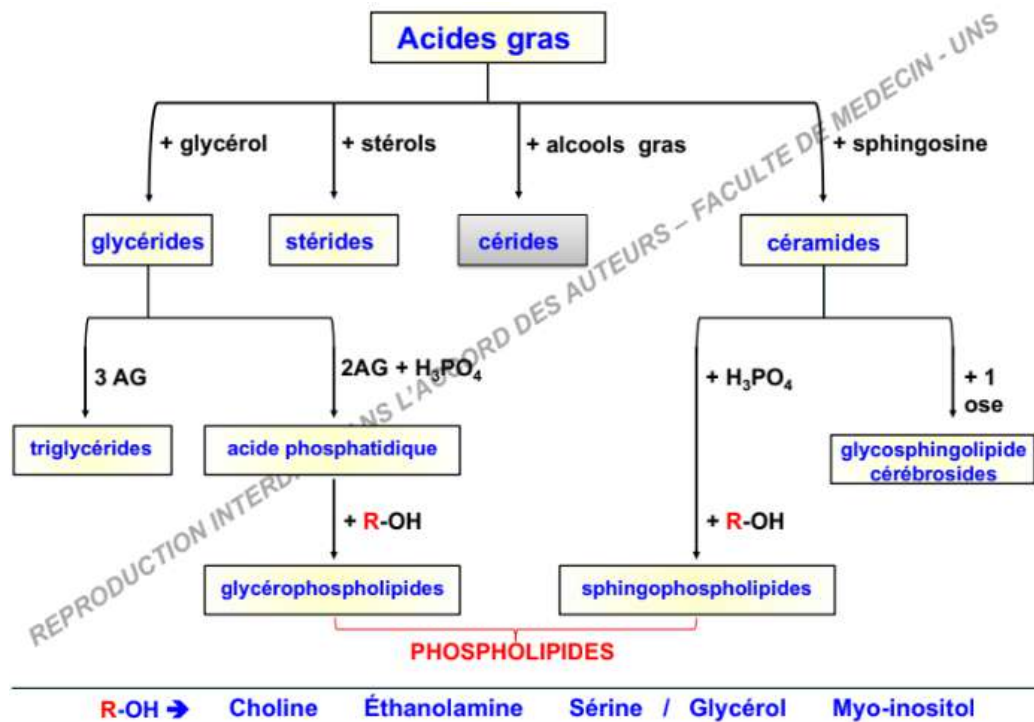
Molécule **amphiphile** avec queue **hydrophobe** (avec les AG) et une partie **hydrophile** avec le **galactose**



## Glycosphingolipides : exemple les cérébrosides



## RECAP:



Hydrophobes	Amphiphiles
TRIGLYCERIDES	ACIDES GRAS
STERIDES	CHOLESTEROL
	PHOSPHOLIPIDES
	SPHINGOLIPIDES

# FINNNNNNNNN



Croyez en vous, gardez la soif d'apprendre et je vous donne tout le courage du monde pour cette année. Vous en êtes capable  
« Il n'y a pas de victoire sans combat. » HxH