

# Physico chimie dans les casseroles

Martine STOFFELS



# Objectifs de la présentation

➔ Révéler certains aspects techniques de la préparation culinaire

- ✓ *Nous aurons besoin de quelques définitions générales des grandes classes d'aliments*
- ✓ *Nous prendrons quelques exemples où ces aliments interagissent pour nous mettre l'eau à la bouche*



# Il y a 4 classes d'aliments

➔ Protides ou protéines

➔ Lipides ou graisses

✓ *(poly)(in)saturés*

➔ Glucides ou sucres

✓ *(in)assimilables, lents ou rapides*

➔ Oligo-éléments ou minéraux

✓ *Sels organiques ou minéraux*



# Les protéines ou protides

## ➔ Où se trouvent les protéines ?

- ✓ *Dans tous les êtres vivants*
- ✓ *Variées dans la viande, le poisson, les graines (fruits secs, blé, maïs), légumes...*
- ✓ *Caséine dans le lait et fromage*
- ✓ *Albumine dans le blanc d'œuf*

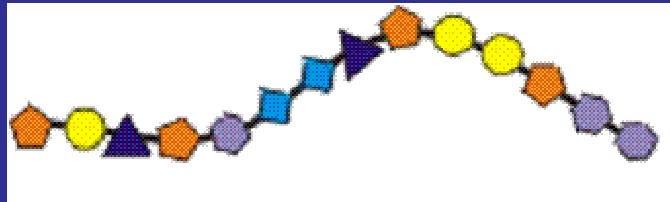


# Pourquoi avons-nous besoin de protéines ?

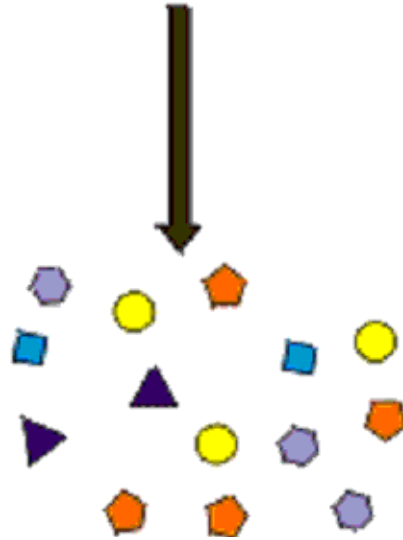
- ➔ Notre source d'acides aminés pour fabriquer nos propres protéines.
- ➔ Il existe 22 acides aminés différents utilisés par le monde vivant.
  - ✓ *Certains acides aminés nous sont indispensables car nous sommes incapables de les synthétiser.*
  - ✓ *Une protéine est plus nourrissante et digeste si sa composition en acides aminés est proche de la nôtre.*



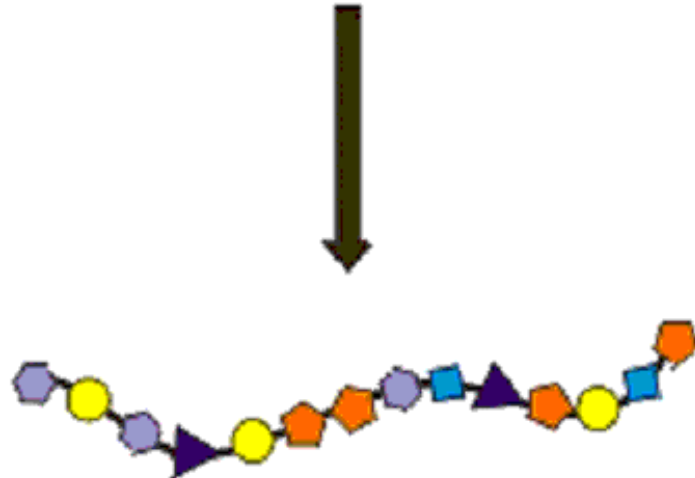
# Digestion des protéines



Sous l'action des sucs digestifs, les protéines des aliments sont brisées en acides aminés



Ces acides aminés libres sont apportés aux cellules par la circulation sanguine...



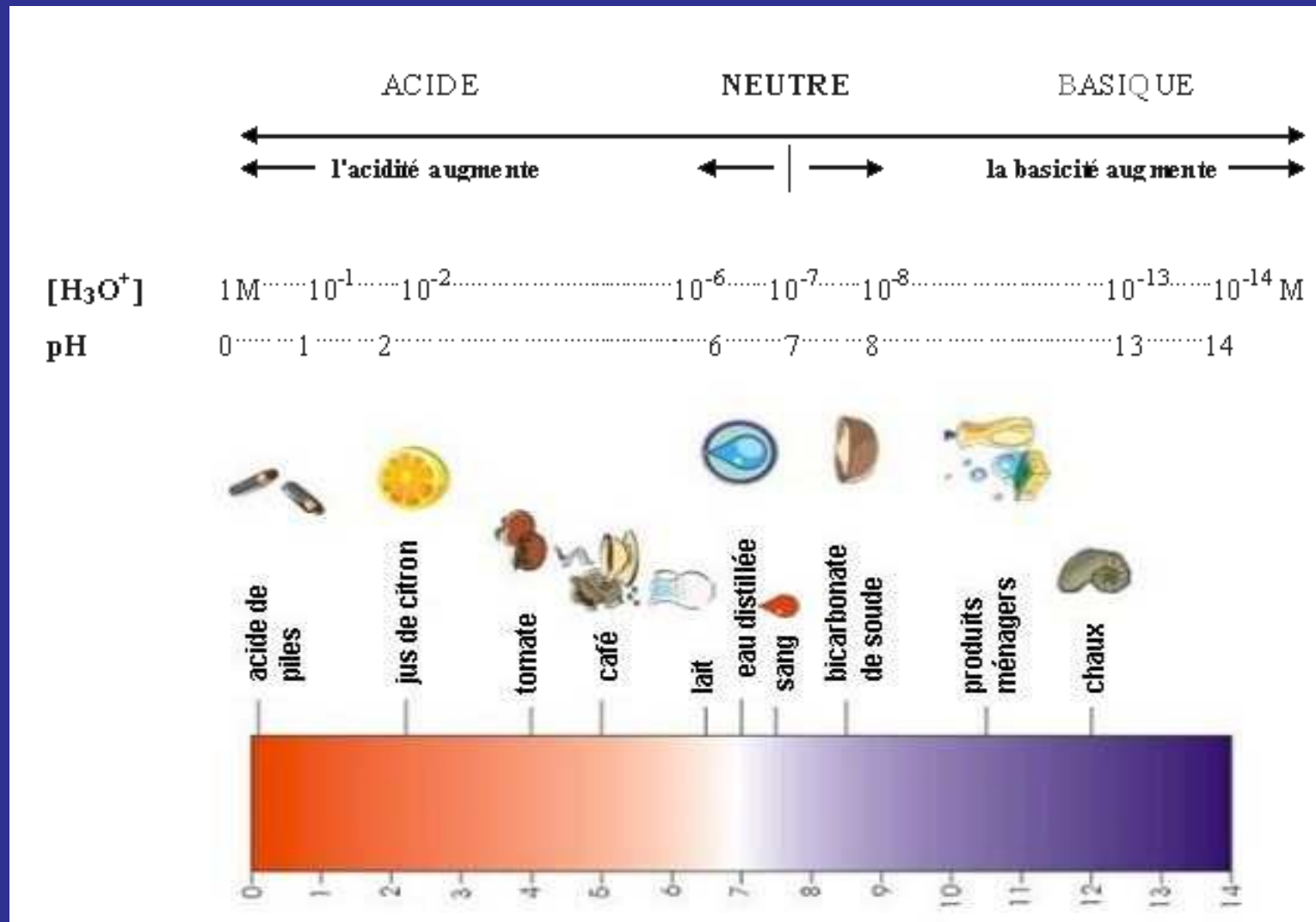
...où ils sont assemblés pour former les protéines endogènes

# Dénaturation des protéines

➔ Les protéines peuvent être dénaturées par:

- ✓ *la chaleur*
- ✓ *les variations de pH*
- ✓ *les fortes concentrations d'électrolytes (ions)*
- ✓ *les solvants organiques*

# Le pH : une échelle de mesure de l'acidité

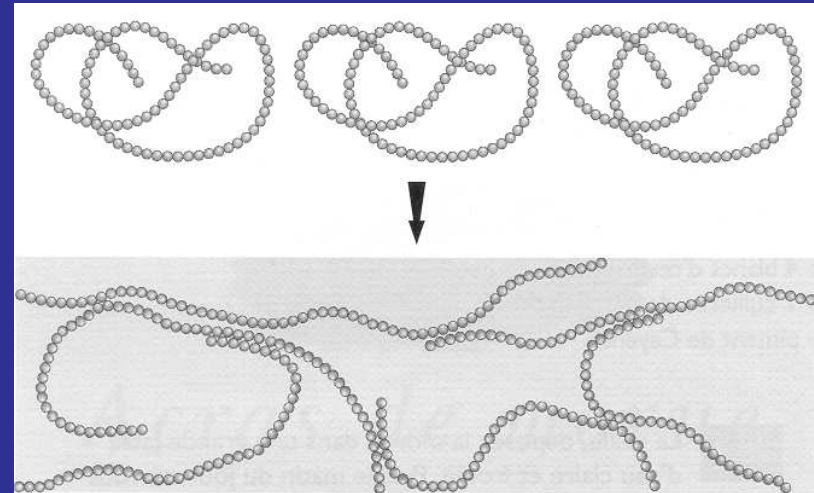




# Exemples de dénaturation sans destruction

## ➡ L'œuf sur le plat

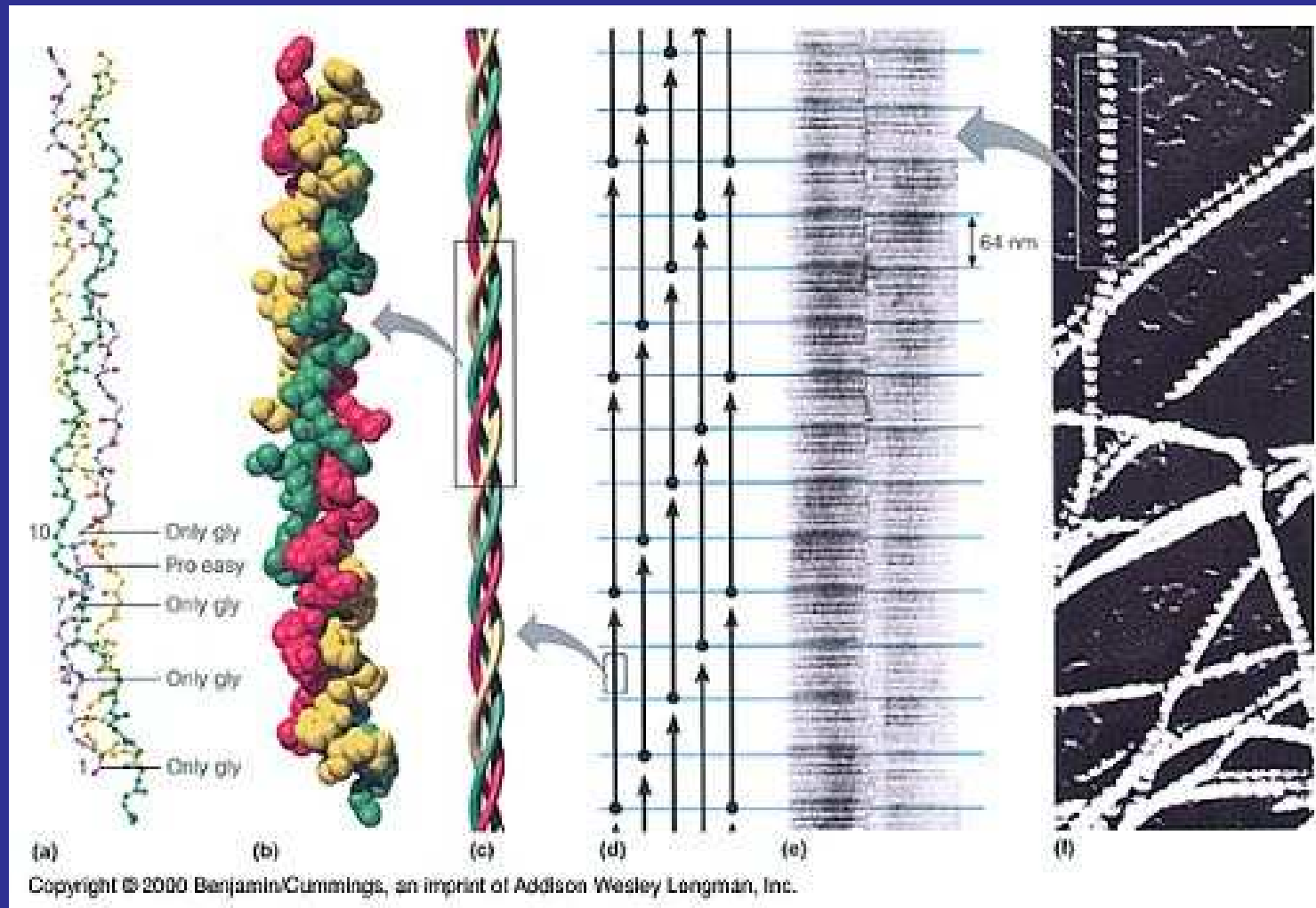
- ✓ *Le blanc contient comme protéine surtout des ovalbumines et globulines*
  - ❑ Structures globulaires difficilement attaquables (hydrolysable) par les sucs gastriques.
  - ❑ La chaleur déroule les pelotes et expose toutes les liaisons à l'hydrolyse (digestion)
  - ❑ Les chaînes protéiques une fois déroulées sont moins mobiles et donc le blanc d'œuf se fige (coagulation)



# Comment se comportent les protides en cuisine ?

- ➔ **Liants** : collagènes (des os, arêtes et cartilages) pour
  - ✓ *Les fonds de sauces*
- ➔ **Stabilisants d'émulsions** comme dans
  - ✓ *Le lait, la mayonnaise, sauce hollandaise*
- ➔ **Réagissent et se dégradent « harmonieusement »** avec d'autres constituants pour donner du goût et de la couleur (réaction de Maillard)
  - ✓ *Friture de viande ou poisson*
  - ✓ *Gratin*

# Le collagène



# Les glucides, hydrates de carbone ou sucres

## ➔ Importantes sous-catégories

### ✓ *Non-assimilables :*

- ❑ Fibres (insolubles dans l'eau)

### ✓ *Assimilables :*

- ❑ Sucres (solubles dans l'eau)
- ❑ Ils favorisent l'assimilation des graisses par le déclenchement de sécrétion d'insuline

## ➔ Le monde végétal est la source majoritaire de glucides

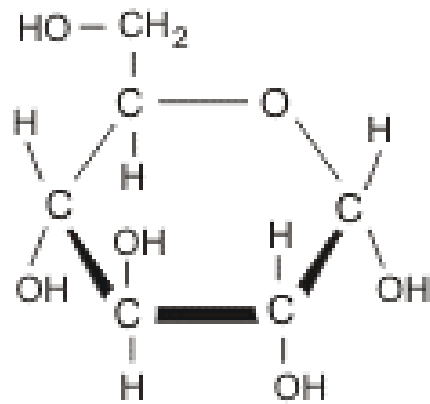
## ➔ Source d'énergie immédiate (lors de l'ingestion de sucres rapides)



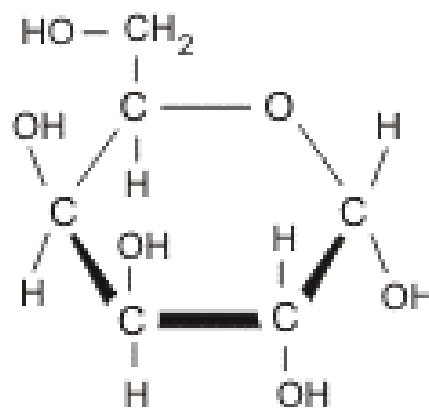
# Les glucides

- ➔ Il existe plusieurs types de glucides mais ils ne sont en fait que des agencements différents d'unités de base comprenant
- ➔ le plus souvent 6 C, 12 H, 6 O

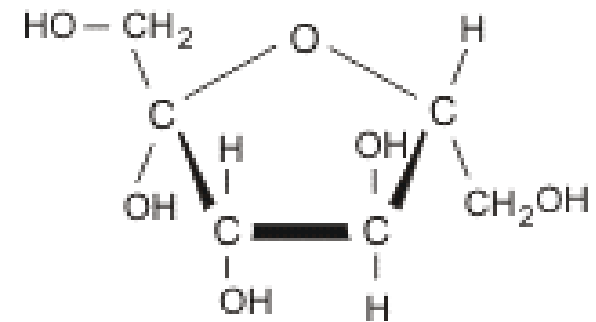
# Les monosaccharides



**Glucose**



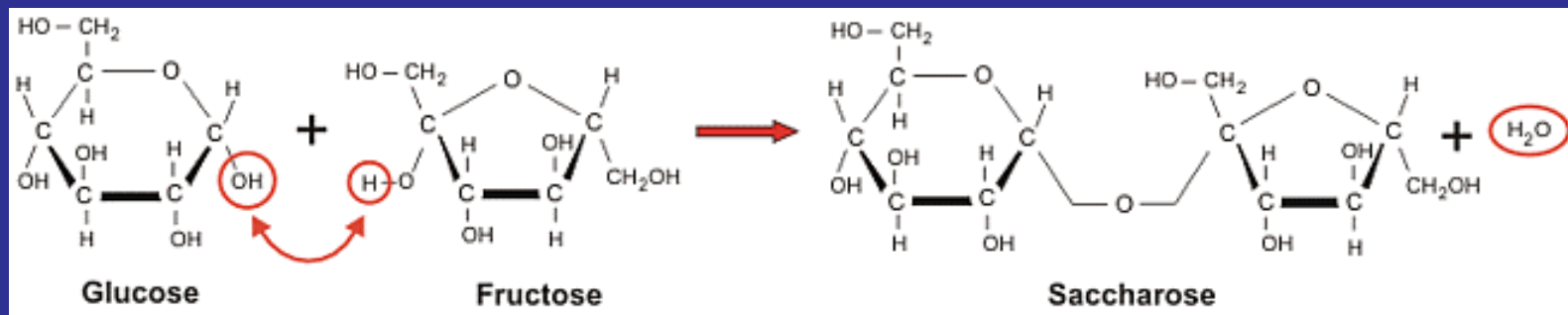
**Galactose**



**Fructose**

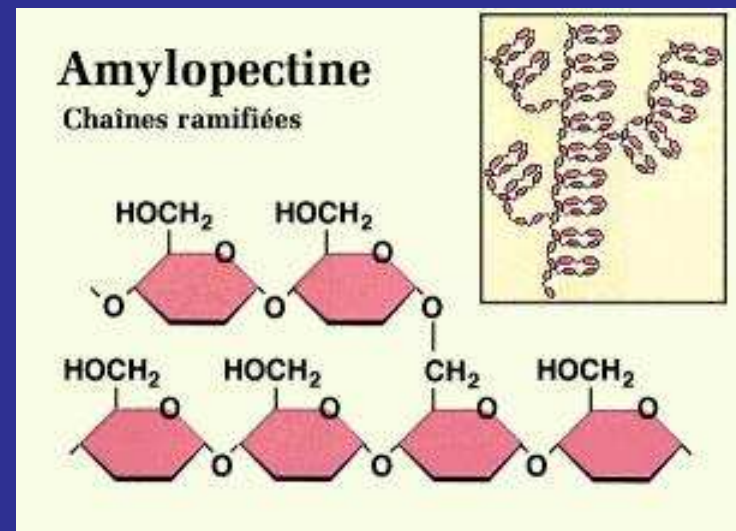
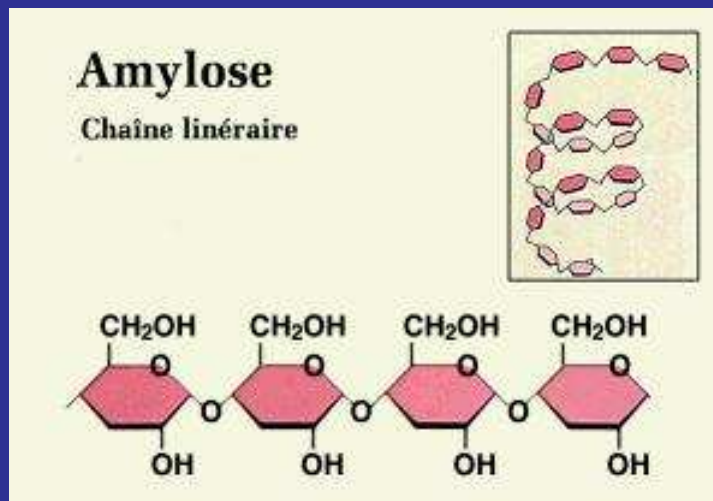
# Les disaccharides

- Le saccharose = glucose-fructose
- Le lactose = glucose-galactose
- Le maltose = glucose-glucose



# Polysaccharides : polymères de glucose

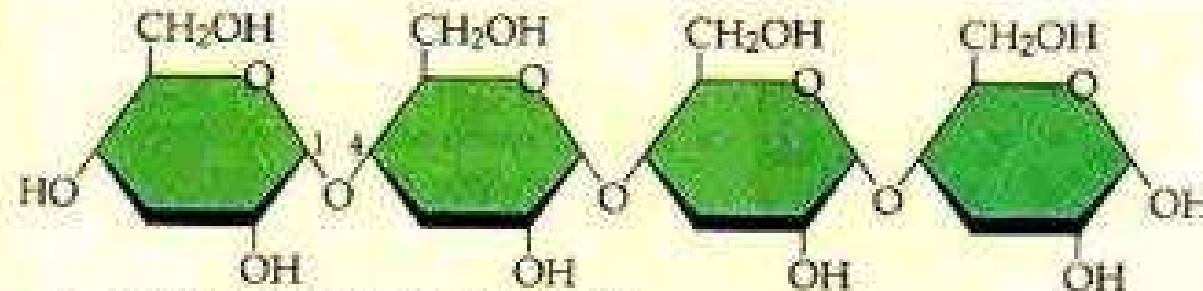
## → 1. L'amidon



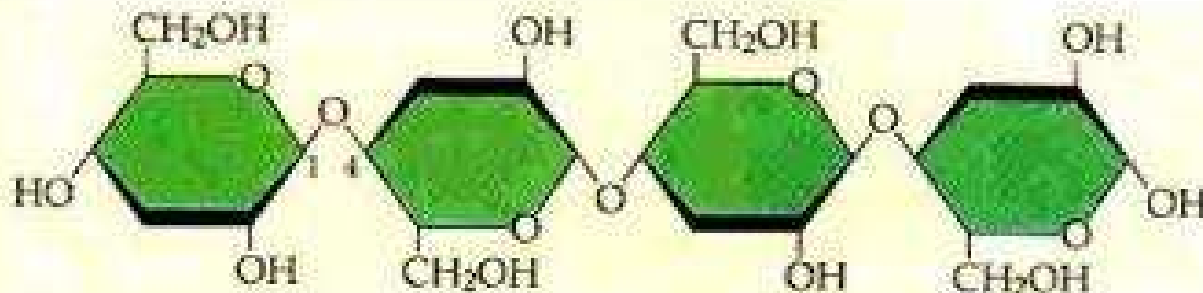


# Polysaccharides : polymères de glucose

## ➔ 2. La cellulose



Amidon (liaisons alpha 1-4)



Cellulose (liaisons bêta 1-4)

# Intérêt et comportement culinaire des glucides

- ➔ Le goût sucré
- ➔ Les fibres et les amidons contribuent à la texture de nombreux plats
- ➔ Les sucres réagissent avec les protéines lors de la friture pour dorer les mets (Réaction de Maillard)



# Les graisses ou lipides

➔ Une très grande variété

✓ *(Poly)(in)saturés, phospholipides*

➔ Ils sont surtout une source d'énergie

✓ *Certains doivent se trouver dans notre alimentation car nous ne pouvons les synthétiser*

➔ On les trouve dans tous les êtres vivants. Nos sources principales sont :

✓ *Les viandes, les poissons,*

□ Quantités et types variables mais principalement des glycérolipides fortement saturés

✓ *Les produits laitiers*

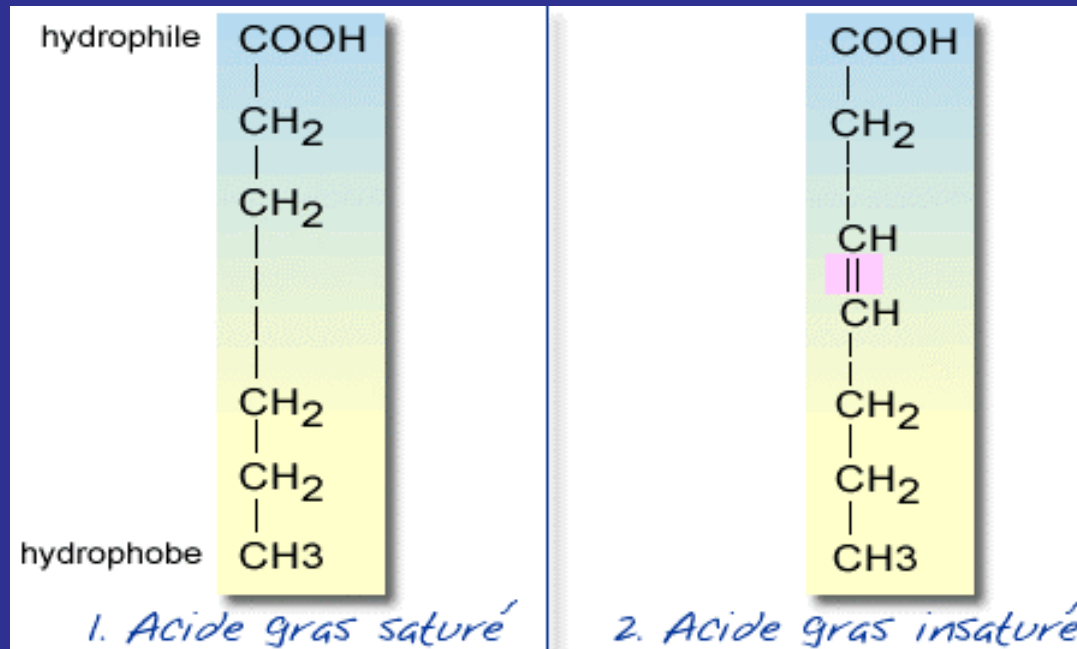
□ Essentiellement source de lipides saturés

✓ *Les oléagineux (noyaux de fruits)*

□ Source très importante de (poly)insaturés



# Exemples de lipides



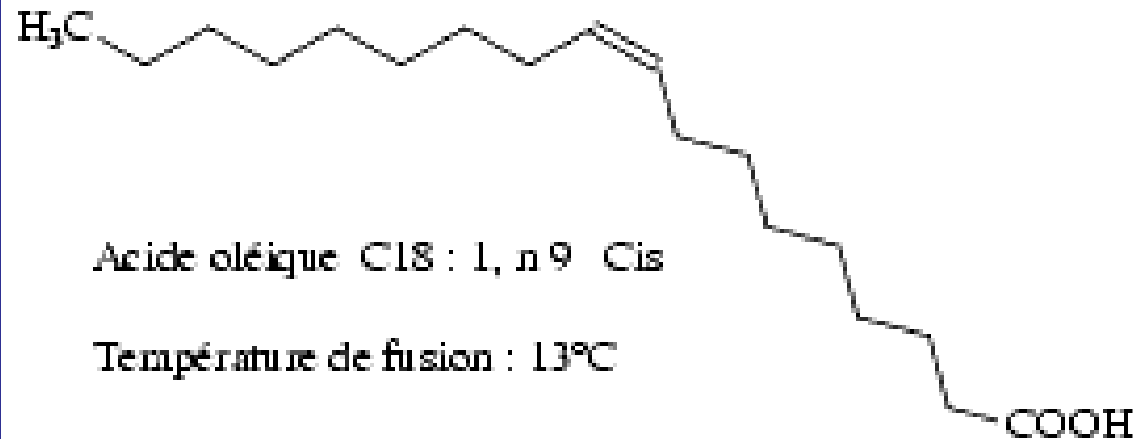
# Exemples de lipides



Acide stéarique C18 : 0 Température de fusion 70°C



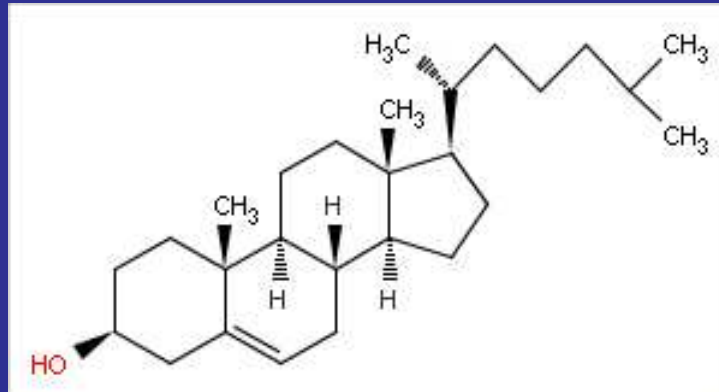
Acide oléique C18 : 1, n 9 Trans Température de fusion : 4°C



Acide oléique C18 : 1, n 9 Cis

Température de fusion : 13°C

# Un lipide traqué : le cholestérol



# Quel est le comportement culinaire des lipides ?

- ➔ Ils participent à de nombreuses émulsions
- ➔ Ils solubilisent de nombreux composés sapides
- ➔ Ils contribuent à l'aspect des aliments préparés (brillant)
- ➔ Ils permettent une cuisson à haute température



# La crème anglaise

- ➔ Pour faire une crème anglaise pour 4 personnes, il vous faut :
- ➔ 6 jaunes d'œufs
- ➔ 4 cuillères à soupe de sucre
- ➔ 500 ml de lait



# La crème anglaise

➔ Une crème anglaise est réussie si les agrégats de protéines, déroulées par la chaleur, se sont regroupés grâce aux liens faibles.

# Rattrapage d'un aspect grumeleux

➔ Filtrer

➔ Mixer

➔ Préventivement :

✓ *pincée de farine*

□ Grains d'amidon gonflés :

- Amylose libéré
- Grosse molécule qui limite le mouvement des protéines => moins d'agrégats

✓ *Eviter de chauffer trop longtemps*

# Crème anglaise : mode opératoire

- ➔ Battre les jaunes et le sucre jusqu'à obtention d'un mélange blanc
- ➔ Amener le lait à frémissement
- ➔ Rajouter, hors du feu, celui-ci sur le mélange jaunes d'œuf-sucre et mélanger
- ➔ Remettre sur le feu jusqu'à nappage à la cuillère
- ➔ Filtrer au travers d'un chinois (filtration grumeaux + diminution rapide de la température)

# Comment obtenir des blancs d'œufs battus en neige qui tiennent ?

➡ Pas de traces de jaune d'œuf

- ✓ *Celui-ci se lie aux parties hydrophobes des tensio-actifs et diminue l'expansion de la mousse*

➡ Ajout de citron ou de sel

- ✓ *Les H<sup>+</sup> brisent les liens ou interactions intermoléculaires faibles*

# Comment obtenir des blancs d'œufs battus en neige qui tiennent ?

➔ Battre suffisamment en incorporant assez d'air

✓ *Incliner le fouet en brassant*

➔ Si nécessaire ajouter le sucre en 2 fois

✓ *Au début : le sucre capte H<sub>2</sub>O => la viscosité augmente, la hauteur diminue mais la stabilité augmente*

✓ *A la fin : augmentation de la fermeté et donne un effet luisant*

# Comment obtenir des blancs d'œufs battus en neige qui tiennent ?

➔ En ajoutant de la crème de tartre

✓ *Soit du tartrate de K à raison d'une pointe de couteau pour 6 œufs*

□ L'acide tartrique est un acide relativement fort

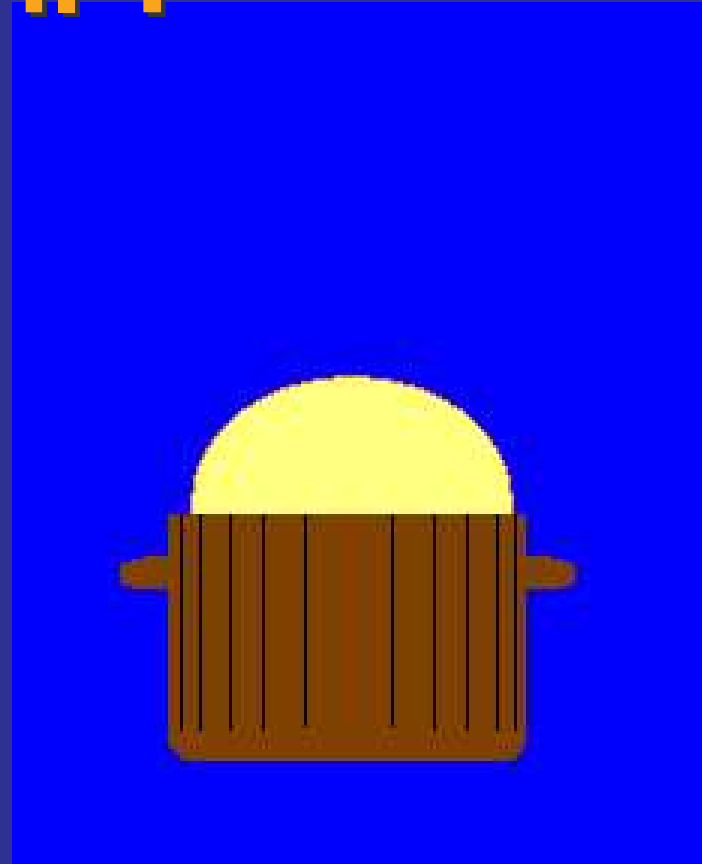
▪  $PK_{a1}$  3,04

▪  $PK_{a2}$  4,38

□  $NaHCO_3$  + tartrate de K  $\Rightarrow$  dégagement  $CO_2$

# Pourquoi un soufflé gonfle-t-il ?

- ➔ Grâce aux blancs d'œufs battus en neige qui contiennent des bulles d'air
- ➔ Oui mais selon la loi des gaz parfaits en passant de 20 à 70°C , on devrait observer une augmentation de volume de 20%
- ➔ Or le soufflé double de volume...



# Pourquoi un soufflé gonfle-t-il ?

➔ A cause de l'évaporation de l'eau

✓ *Oui mais*

- ❑ La pesée avant et après cuisson montre une variation de 3% de la masse seulement
- ❑ A 60°C la vapeur d'eau augmente la pression dans la bulle d'un cinquième

➔ Pour par ex 10 g d'eau, la loi des gaz parfaits donne un volume de...10 l



# Pourquoi un soufflé gonfle-t-il ?

➔ Donc ... il y a contribution des trois phénomènes

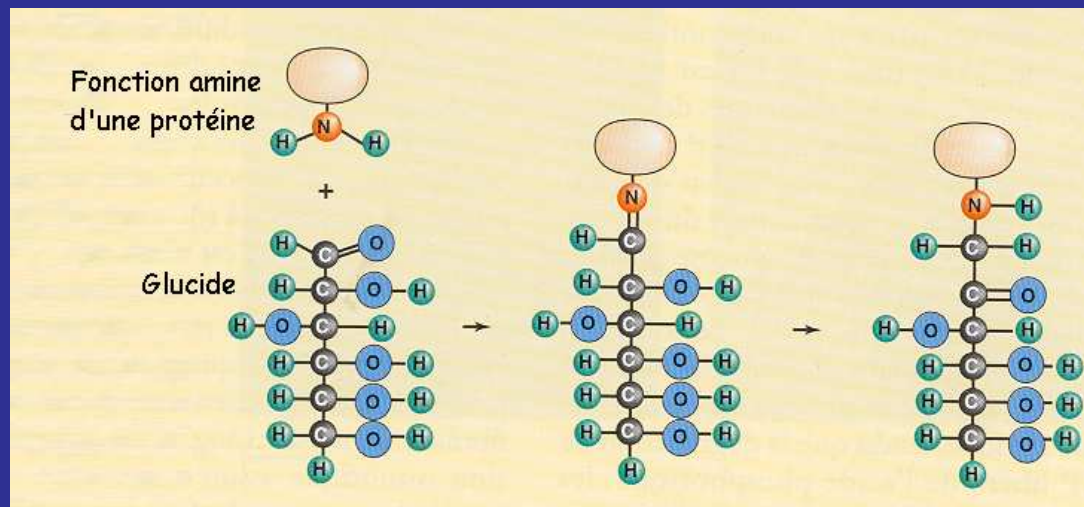
- ✓ *Dilatation de l'air*
- ✓ *Transformation de l'eau en vapeur*
- ✓ *Evaporation de l'eau*

# L'odeur, le goût et la couleur des grillades : Réaction de Maillard

➔ Sous l'action de la chaleur d'autres réactions des protéines sont possibles.

✓ Avec les glucides

✓ Prise de couleur et saveur (rôtis, pains, ...)



# Une friture impeccable

- ➔ Piquer l'objet à frire si possible (meilleure adhésion)
- ➔ Passer successivement l'objet à frire dans
  - ✓ *Dans la farine (glucides)*
  - ✓ *Dans l'œuf battu (protéines)*
    - => Maillard
  - ✓ *Dans la chapelure : pour l'aspect de croquettes*
- ➔ Renouveler l'opération si vous voulez une grosse croûte étanche

# Combien faut-il d'huile pour bien « saisir » un steak ?

- ➔ Il faut s'assurer que le milieu de cuisson restera à haute température (160-180°C)
- ➔ La dépose d'une pièce de viande froide abaissera cette température
  - ✓ *Température insuffisante pour Maillard*
  - ✓ *Une cuisson à l'eau commence (non souhaitée)*
- ➔ Donc nécessité d'un volant (inertie) thermique



## Question :

→ Faut-il saler le steak avant  
ou après cuisson ?

# La croûte du steack n'empêche pas l'expansion du jus

➡ Un steack grillé siffle quand il cuit

✓ *Du jus sort donc et l'eau s'évapore*

➡ Un steack grillé mis dans une assiette laisse apparaître un liquide rougeâtre

✓ *Du jus sort donc*

➡ Déglacage de la poêle de cuisson

✓ *Du jus était donc sorti*

# Pourquoi ne peut-on pas griller des carbonades ?

➔ Les carbonades contiennent beaucoup de collagène

- ✓ *Glycine-aa-proline-glycine-aa-hydroxyproline*
- ✓ *Formation de triples hélices par liens H*



# Pourquoi ne peut-on pas griller des carbonnades ?

- La grillade se passe à haute température donc contracte (dénature) les fibres de collagène et éjecte l'eau.
- La viande durcit !!
- La cuisson à l'eau est plus indiquée car elle se passe à moins de 100°C et est prolongée pour hydrolyser le collagène (70°C sont suffisants).



# Structures physiques en cuisine

## → Des solutions

- ✓ *Les composants sont mélangés au hasard au niveau moléculaire (p. ex. café, vin)*

## → Des émulsions

- ✓ *Les composants sont organisés au niveau moléculaire (p. ex. lait, mayonnaise)*

## → Des dispersions

- ✓ *Les composants sont mélangés au niveau macroscopique*



# Autres types d'émulsions

- L'eau de vaisselle. (saleté-eau)
- Le lait (graisse-eau)
- La mousse du bain (air-eau)
- La béarnaise ou la sauce hollandaise.
  - ✓ *mayonnaise chaude où l'huile a été remplacée par du beurre frais...*



# Une émulsion bien connue : la mayonnaise.

## → Questions

- ✓ *Ordre optimum de mélange des ingrédients ?*
- ✓ *Pourquoi la mayonnaise tourne-t-elle ?*
- ✓ *A quelle vitesse ajouter l'huile ?*
- ✓ *Pourquoi faut-il battre vigoureusement ?*
- ✓ *Combien de mayonnaise peut-on préparer avec un œuf ?*

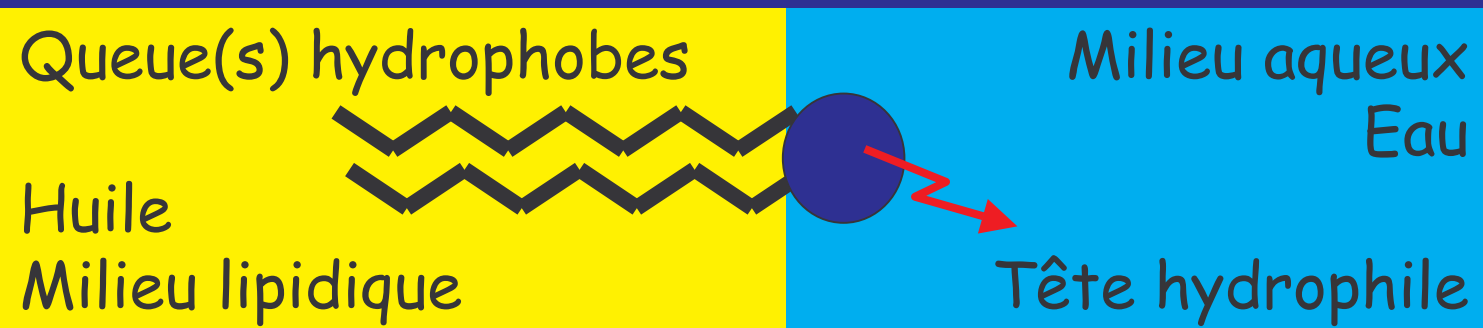
## Ingrédients

- *1 œuf*
- *De l'huile*
- *1 C. à café de moutarde*
- *1 C. à café de vinaigre*
- *1 pincée de sel*
- *poivre*



# On mélange de l'huile et de l'eau ! Comment ce mélange reste-t-il stable ?

- ➔ Car on utilise un tensioactif (émulsifiant, détergent) : la lécithine, protéines
- ✓ *Molécule dont les « jambes » ne sont solubles que dans les lipides (huiles)*
  - ✓ *Et la « tête » n'est soluble que dans l'eau*



# Où se trouvent ces tensioactifs ?

	Oeuf	Huile	Moutarde	Vinaigre	sel
Eau	+		+	+	
Lipides	+	+	+		
Tensioactif	+		+		

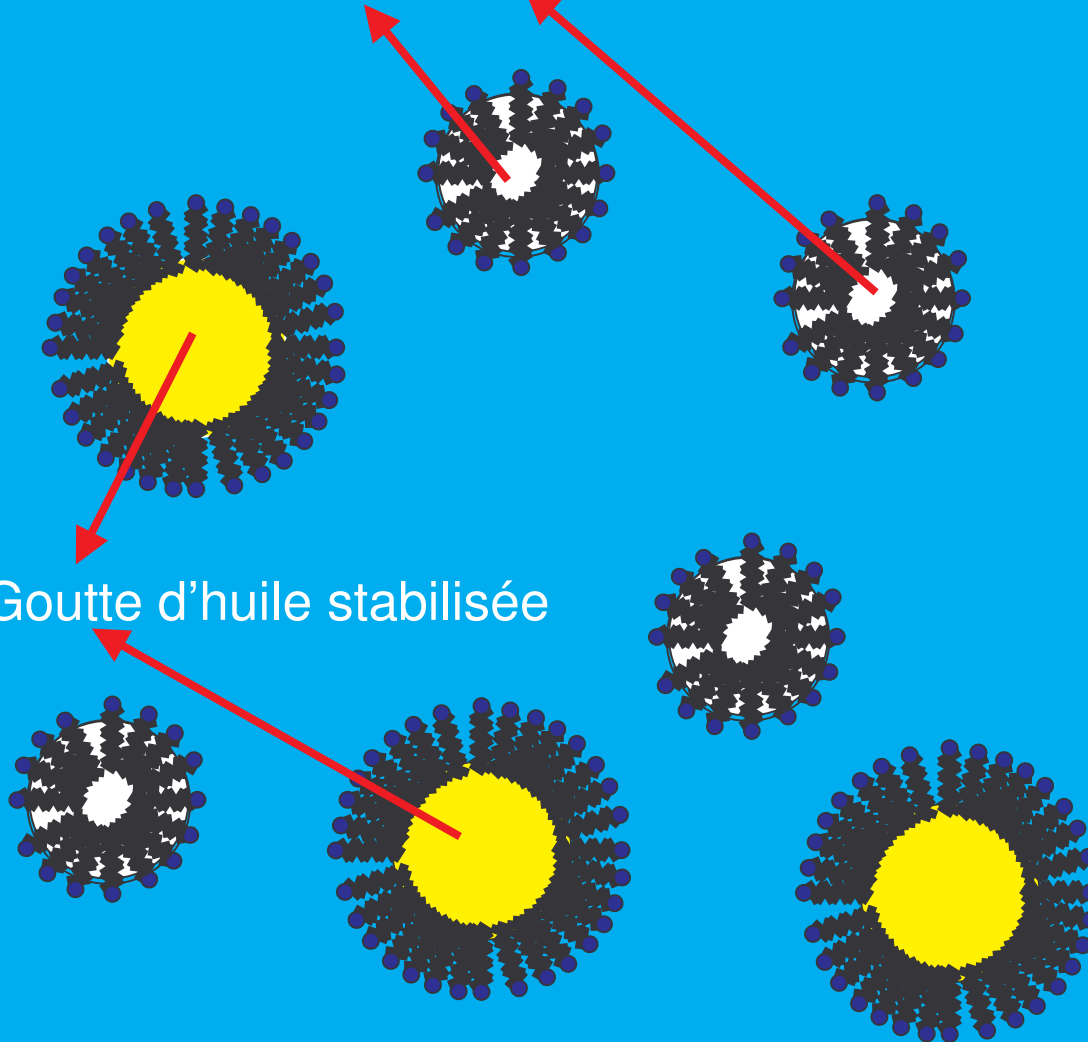
➔ On va disperser progressivement de l'huile dans le mélange œuf, moutarde, vinaigre, sel

✓ *Battre vigoureusement pour diviser l'huile en goutellettes microscopiques*



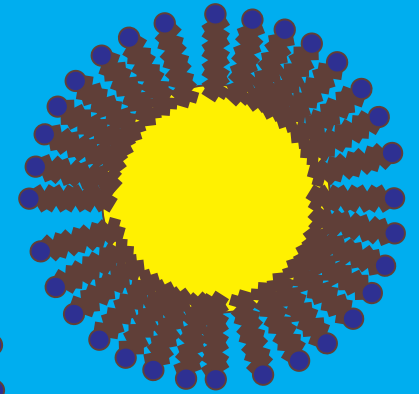
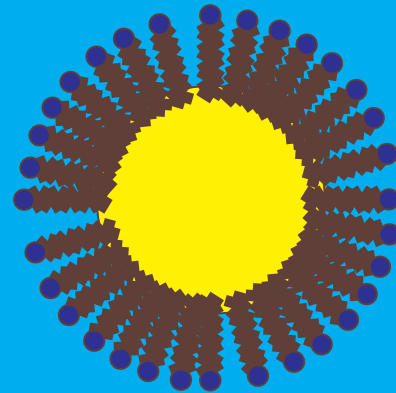
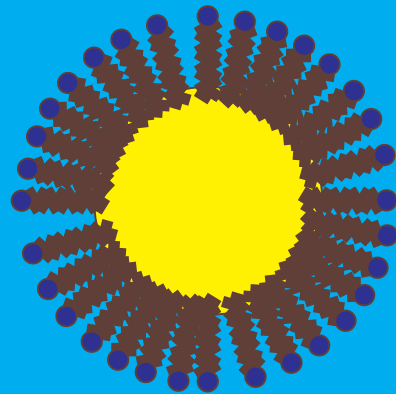
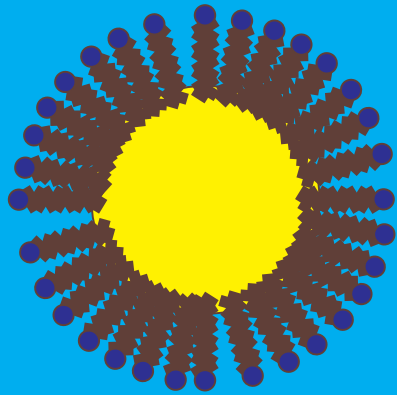
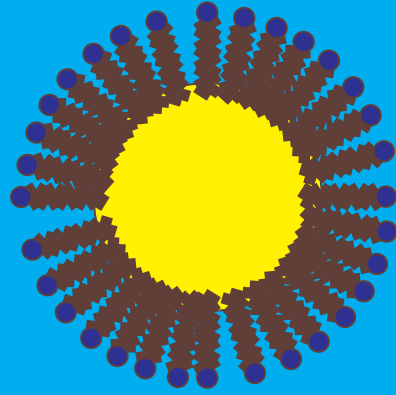
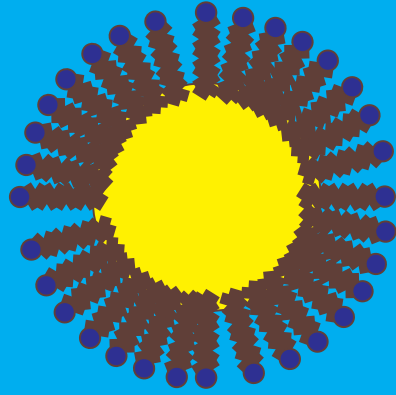
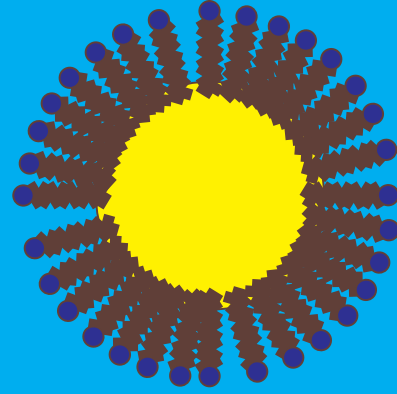
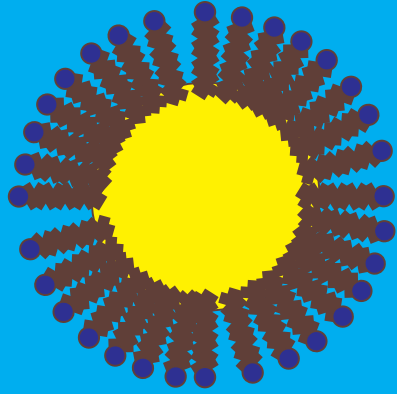
Tensioactif aggloméré en micelle

Goutte d'huile stabilisée



➔ 1ère étape.

- ✓ L'huile se disperse dans l'eau
- ✓ le tensioactif s'installe autour des gouttes d'huile
- ✓ Il y a un excès de tensioactif qui s'organise sous forme de gouttelettes appelées micelles

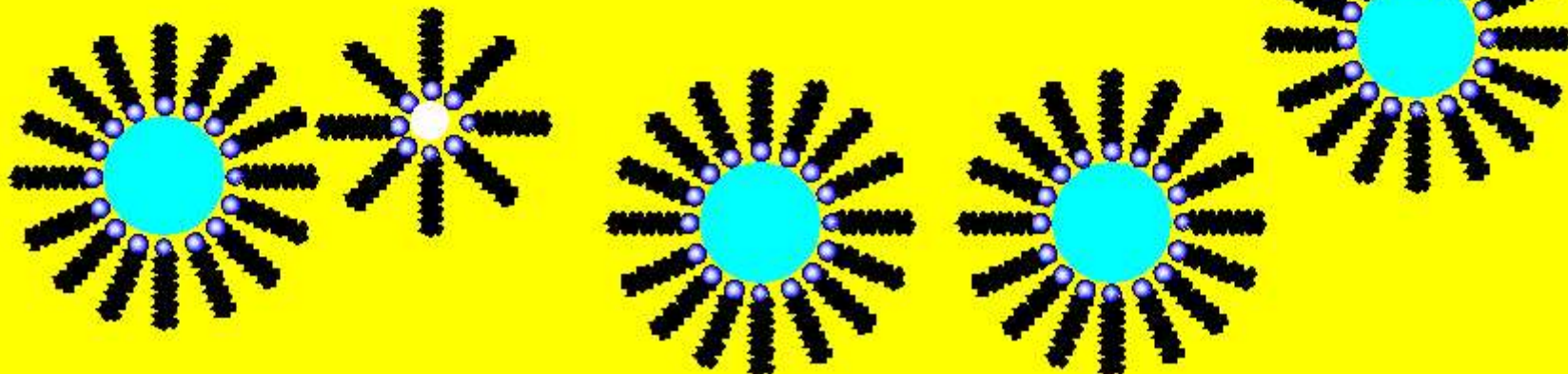


➡ 2ème étape.

✓ Toutes les molécules de tensioactif sont occupées à la stabilisation des gouttes d'huile

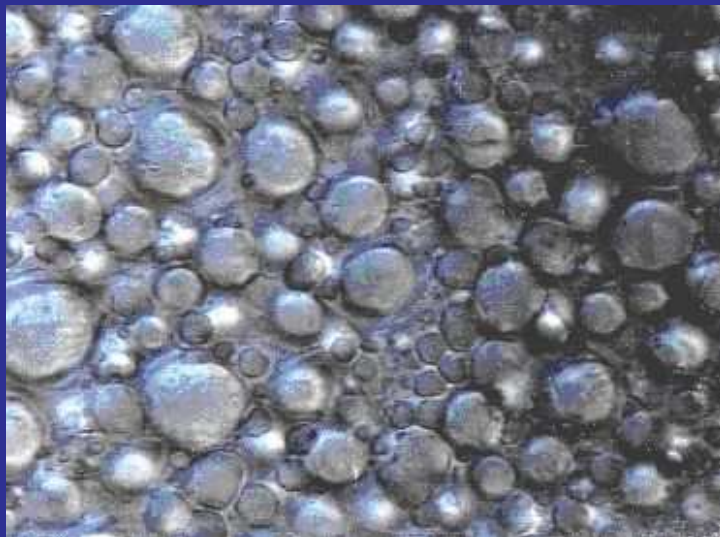
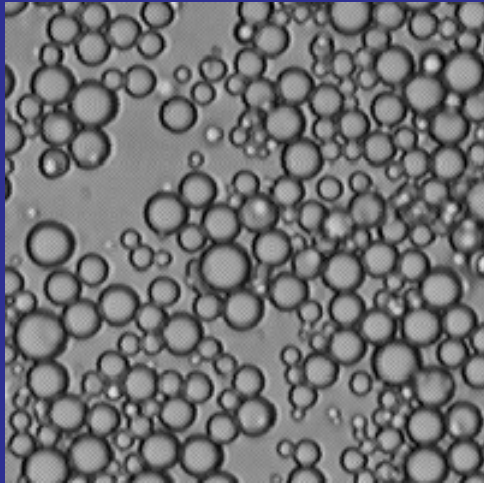
### ➔ 3ème étape.

- ✓ On a dépassé le rapport optimum huile/eau
- ✓ Les gouttes d'huile ont fusionné
- ✓ L'eau se réfugie dans les micelles de tensioactif
- ✓ On a maintenant une émulsion d'eau dans l'huile
- ✓ Il y a à nouveau un excès de tensioactif





# En résumé, une mayonnaise c'est



- ➔ Une émulsion d'huile dans l'eau (65% d'huile)
- ➔ Les gouttelettes d'huile sont stabilisées par un film moléculaire de tensioactif
- ➔ Le tensioactif peut être de nature variable
  - ✓ *Dans la mayonnaise c'est essentiellement les protéines du jaune d'œuf et non les lécithines*
- ➔ Il y a un rapport huile/eau au delà duquel l'émulsion s'inverse : la mayonnaise tourne



# Question : pourquoi verse-t-on l'huile dans l'œuf et vinaigre et non l'inverse ?

- ➔ Car c'est l'huile qu'il faut diviser en gouttelles microscopiques dans l'eau
- ➔ C'est plus facile si on part d'une petite quantité d'huile dans beaucoup d'eau
  - ✓ *Donc ne pas verser l'huile d'un coup*
- ➔ Le tensioactif en excès pourra plus rapidement recouvrir ces gouttelles pour les stabiliser



# Combien de mayonnaise peut-on préparer avec un jaune d'œuf ?

➔ Quel est le facteur limitant ?

✓ *La quantité d'eau disponible (dans ce jaune).*

□ Donc on peut utiliser le blanc aussi

✓ *Il y a excès de tensioactif*

➔ Donc si on ajoute suffisamment d'eau on peut préparer **24 litres** de mayonnaise



# Pourquoi mettre dans la mayonnaise

## ➔ Du sel ?

- ✓ *Pour stabiliser par les charges les micelles et donner du goût.*

## ➔ Du citron ?

- ✓ *Idem. De plus, la vitamine C (acide ascorbique) déroule les protéines (=> blanchissement et fluidification)*

# Autres petites questions...simples



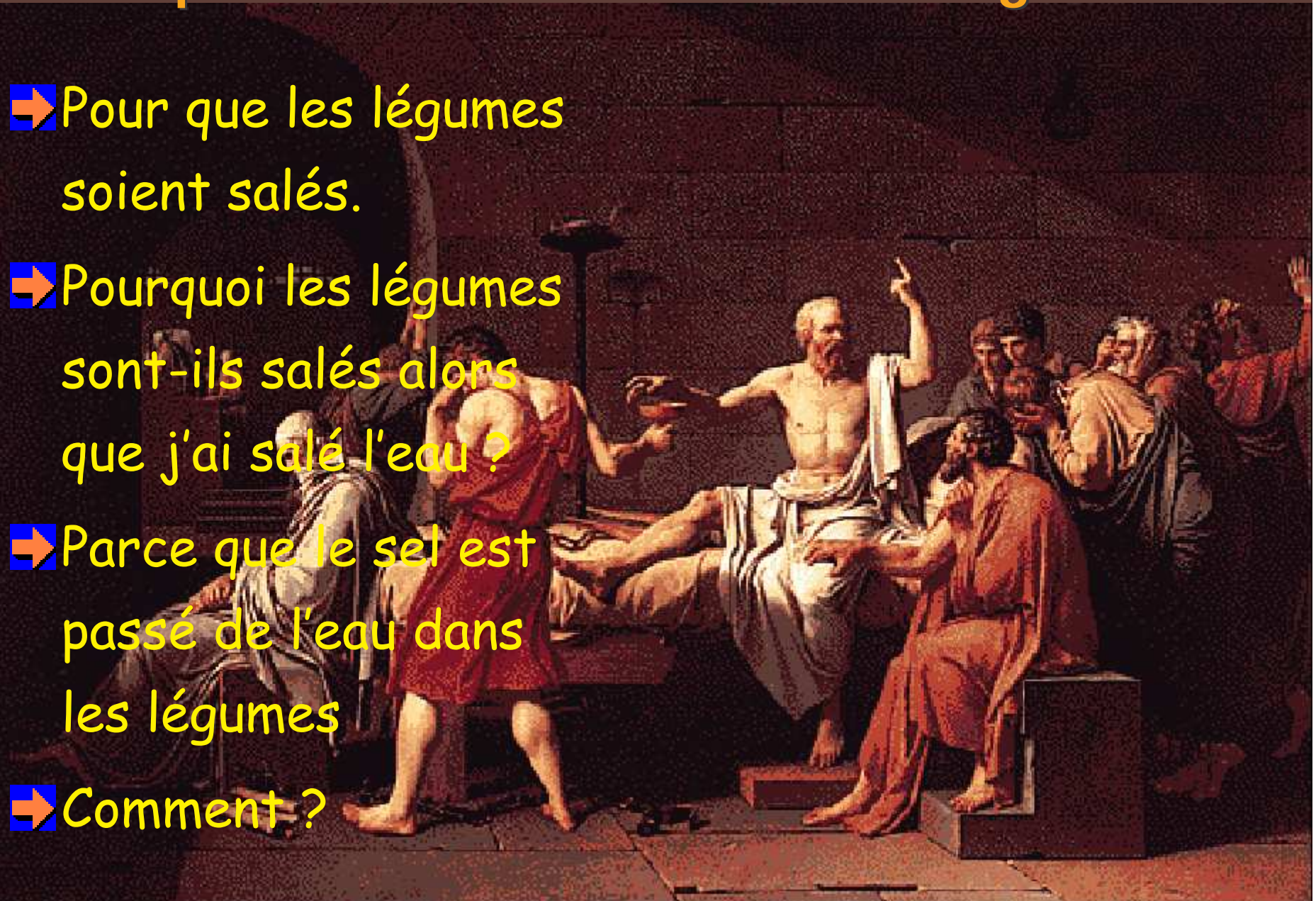
## Pourquoi saler l'eau de cuisson des légumes ?

➡ Pour que les légumes soient salés.

➡ Pourquoi les légumes sont-ils salés alors que j'ai salé l'eau ?

➡ Parce que le sel est passé de l'eau dans les légumes

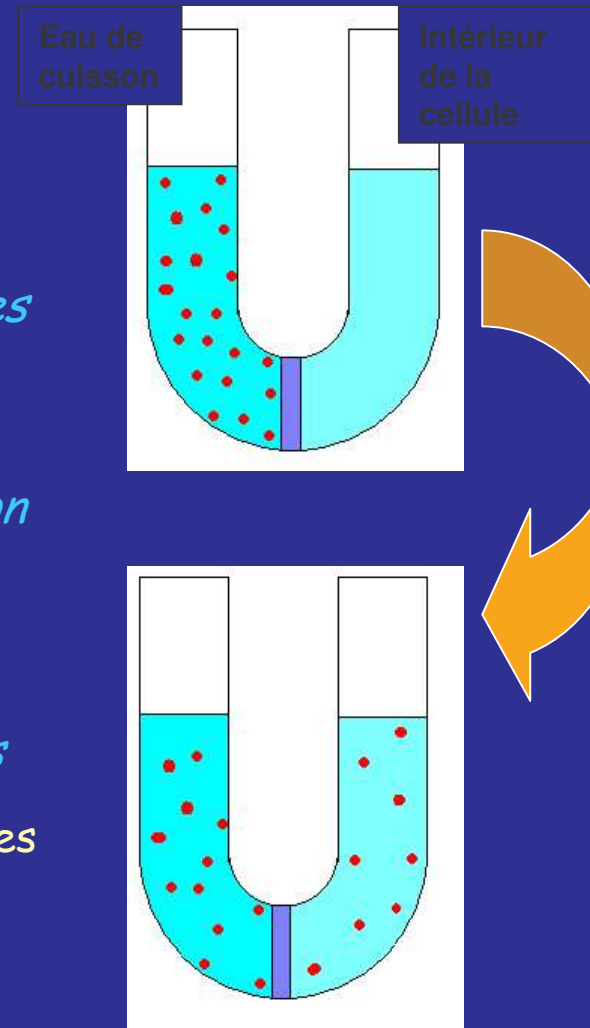
➡ Comment ?



# Par osmose ! ?

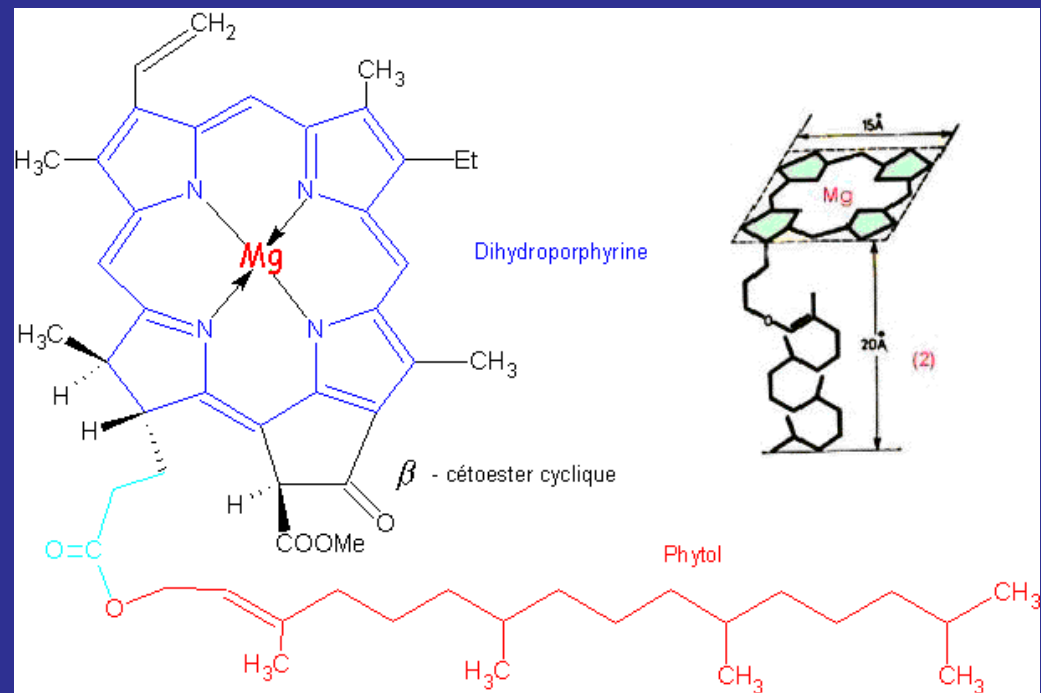
➔ Les membranes cellulaires sont perméables

- ✓ Elles laissent diffuser les solutés simples et l'eau
- ✓ Le sel (NaCl) présent dans l'eau de cuisson est plus concentré que dans les cellules
- ✓ Il va diffuser vers l'intérieur des cellules
  - Quand je jette l'eau de cuisson, les légumes restent salés



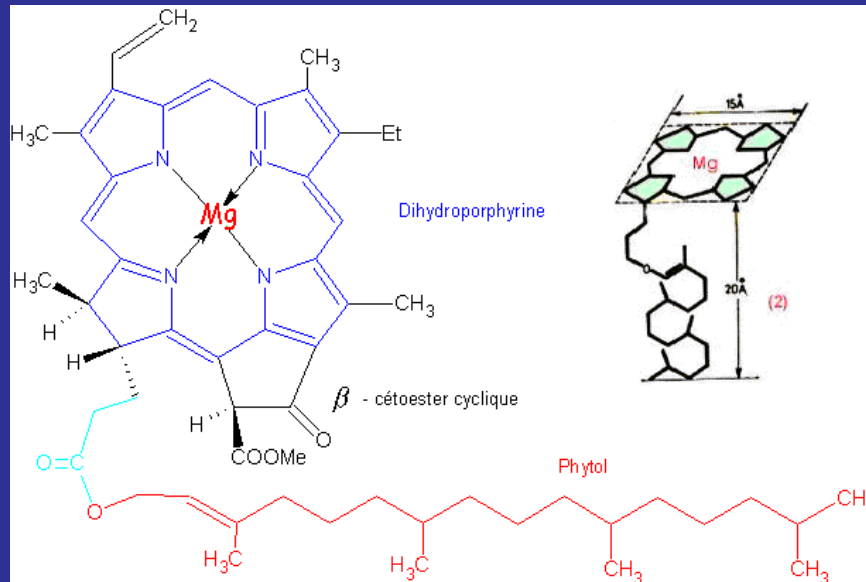
# Comment éviter la décoloration des légumes verts lors de la cuisson ?

- ➔ Les légumes sont verts parce qu'ils contiennent de la chlorophylle.
- ➔ A la cuisson, des acides sont libérés, ils vont expulser l'ion magnésium de sa cage porphyrine (noyau tétrapyrrolique), phénomène appelé phéophytinisation.

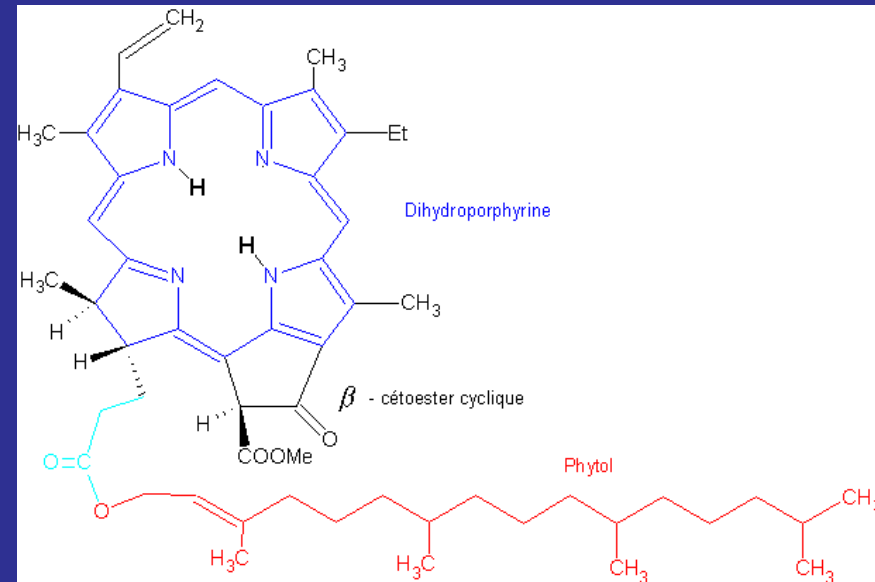




La porphyrine contenant un atome de Mg ne réfléchit que la lumière verte



La porphyrine où l'atome de Mg est remplacé par deux atomes d'H, elle, réfléchit la lumière verte mais aussi d'autres couleurs (couleur bûnâtre)



# Deux solutions sont possibles pour éviter cette réaction.

## ➡ Cuire les légumes sans couvercle

- ✓ *Les acides les plus volatiles s'évaporeront et n'attaqueront pas la chlorophylle*

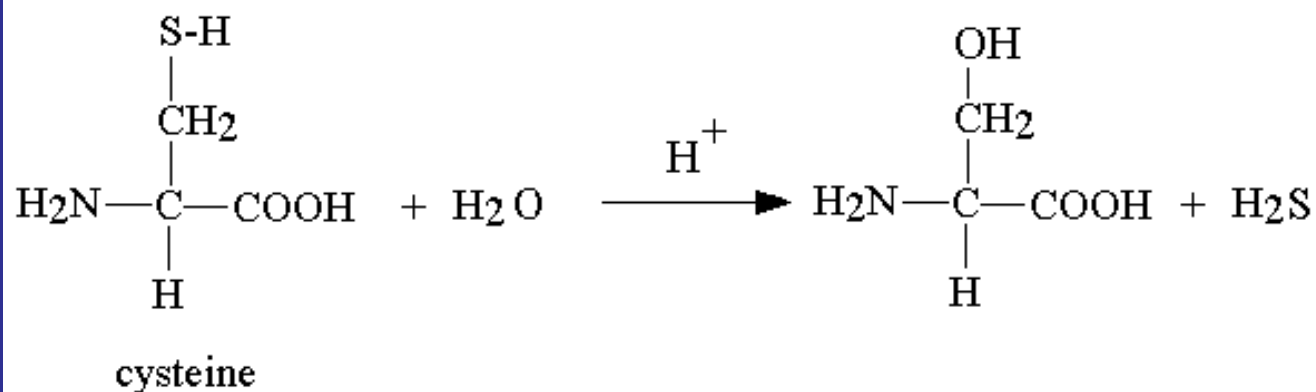
## ➡ Ajouter des substances qui neutralisent ces acides (donc une base)

- ✓ *Bicarbonate de soude*
- ✓ *Apicus « Omne hortus smarugdinum fit, si cum nitro coquantur »*
- ✓ *C'est-à-dire :*
- ✓ *Tous les légumes verts seront colorés en émeraude s'ils sont cuits avec du nitre (salpêtre -  $KNO_3$ )*



# Pourquoi les choux sentent-ils aussi mauvais à la cuisson ?

- ➔ Les choux sont riches en un acide aminé contenant du soufre (cystéine)
- ➔ Les acides libérés par la cuisson attaquent cette molécule qui libère du sulfure d'hydrogène ( $H_2S$  - oeuf pourri)



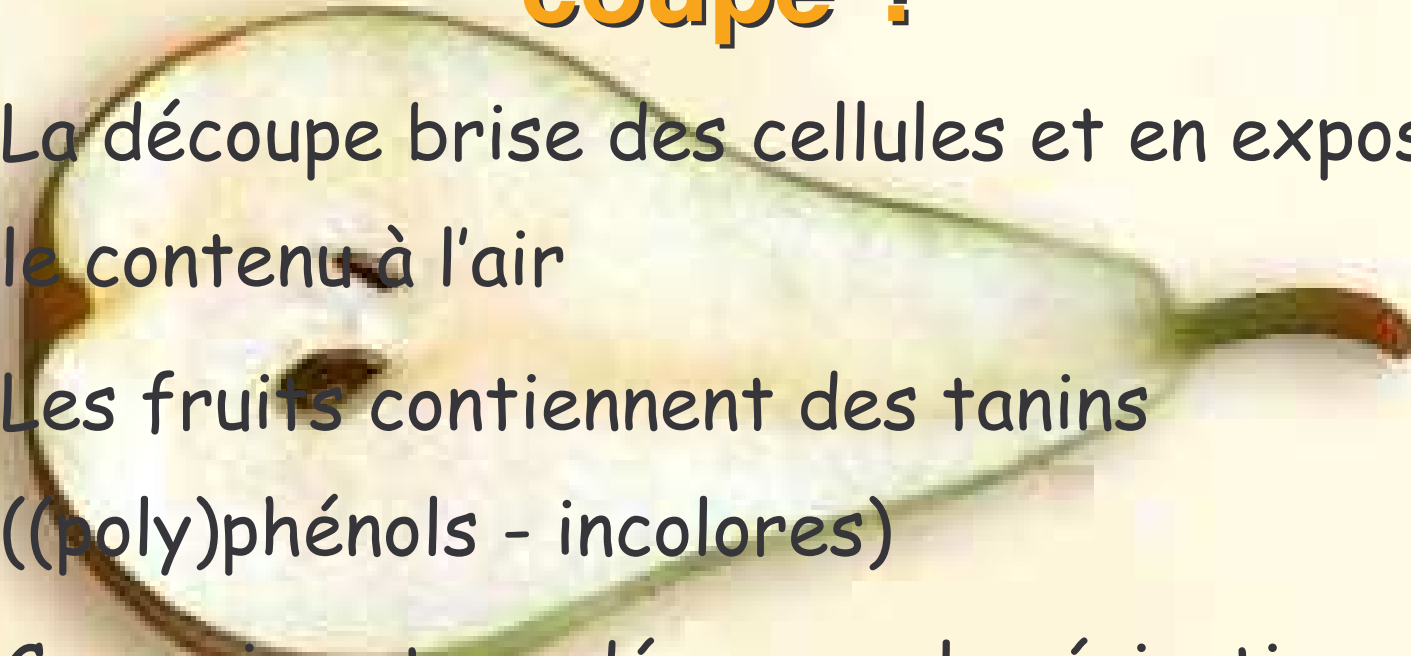
# Pourquoi les fèves sont-elles flatulentes ?

- ➔ Les pois et les fèves contiennent un sucre complexe le raffinose (fructose-glucose-fructose)
- ➔ Ce sucre n'est pas décomposé par la digestion
- ➔ Il se retrouve dans le gros intestin
- ➔ Escherichia Coli le décompose et métabolise en libérant du méthane et du  $CO_2$
- ➔ ...



# Pourquoi la plupart des fruits brunissent-ils quand on les coupe ?

- ➔ La découpe brise des cellules et en expose le contenu à l'air
- ➔ Les fruits contiennent des tanins ((poly)phénols - incolores)
- ➔ Ceux-ci sont oxydés par polymérisation et engendrent de la mélanine (colorée)



# Comment éviter le brunissement des fruits coupés ?

➡ Les enzymes qui favorisent cette réaction sont sensibles

- ✓ *À la température : mise au frigo*
- ✓ *A la présence d'acide : citron, orange*
- ✓ *A la présence de l'autre réactif (l'oxygène) : on peut donc couvrir le fruit*



# Comment réaliser des fruits au sirop ?

➔ En jouant sur le phénomène d'osmose !

- ✓ *Si pas assez de sucre : fruits éclatés*
- ✓ *Si trop de sucre : fruits ratatinés*

➔ Concrètement :

- ✓ *Faire un sirop concentré*
- ✓ *Mettre les fruits dedans*
- ✓ *Rajouter de l'eau jusqu'à ce que les fruits se mettent à flotter :*
  - ❑ L'équilibre de densité entre les fruits et le sirop est atteint
  - ❑ Cependant il y a légèrement moins de sucres dans le fruit
  - ❑ Donc le sucre du sirop va pénétrer légèrement dans la cellule du fruit

# Objet de nos désirs : le moelleux au chocolat

→ Pout faire de bons moelleux pour X personnes, il vous faut comme ingrédients :

→ 230 G de chocolat

→ 300 G de sucre

→ 130 G de farine

→ 230 G de beurre

→ 8 Œufs



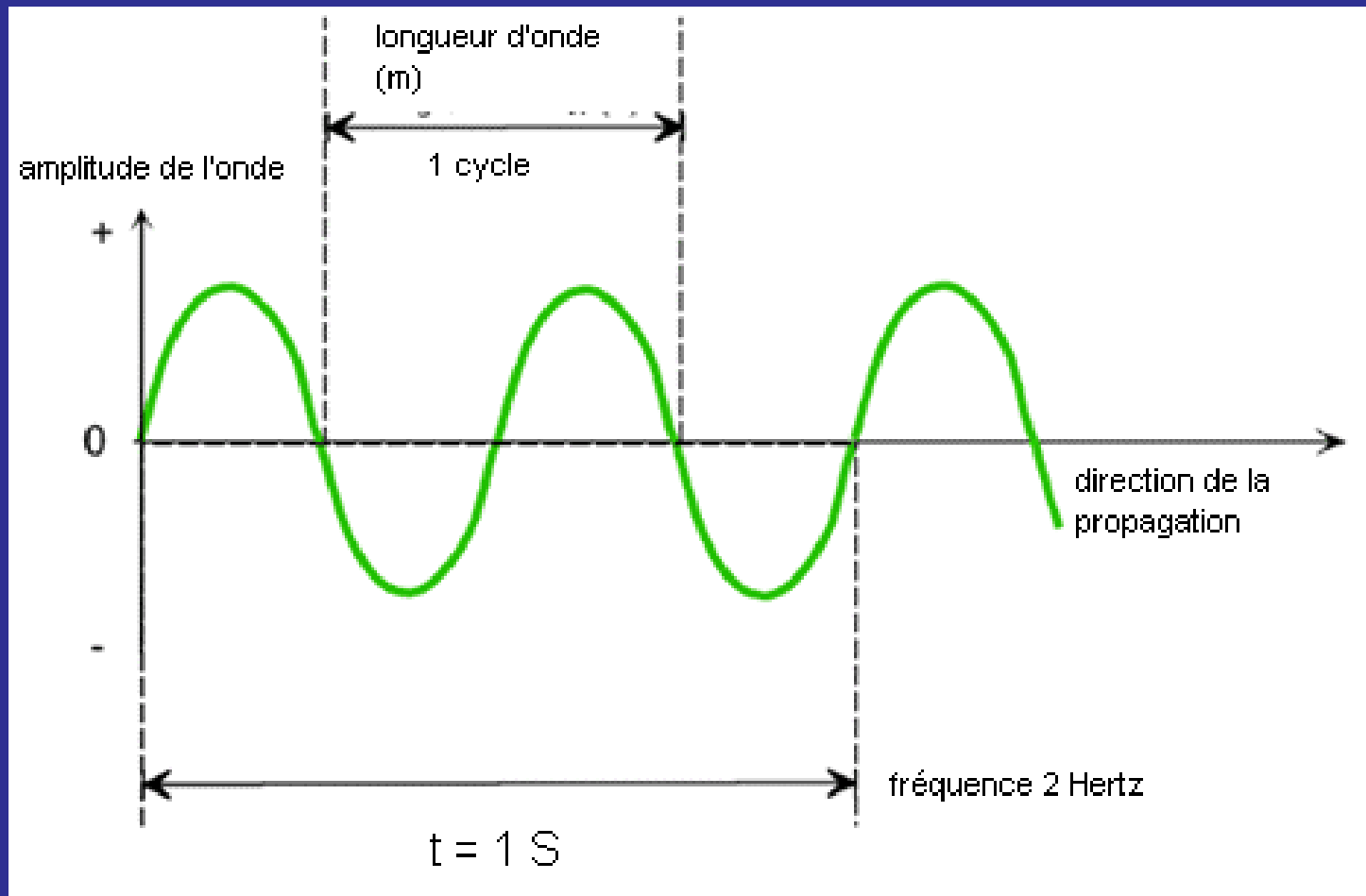
# Objet de nos désirs : le moelleux au chocolat

- ➔ Pour faire de bons moelleux pour X personnes, il vous faut comme matériel :
- ➔ Un batteur électrique
- ➔ Un récipient de l
- ➔ Des petits moules à pâtisserie
- ➔ Un four
- ➔ ...de la patience

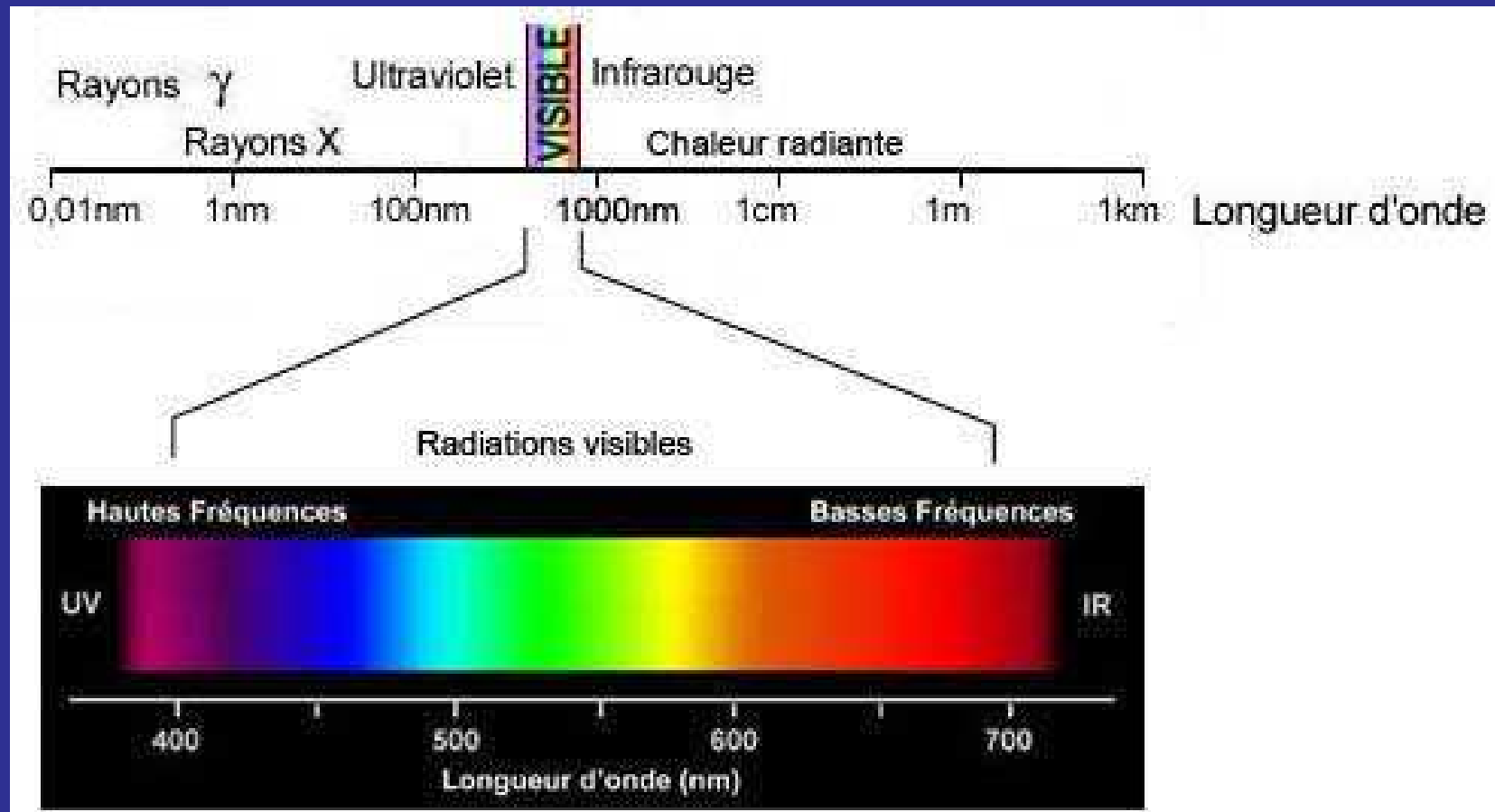
# Recette du moelleux au chocolat

- ➔ 1) 300 g sucre + 8 œufs entiers.  
Battre jusqu'à blanchiment.
- ➔ 2) 230 g chocolat amer + 230 g  
beurre → faire fondre doucement
- ➔ 3) 130 g farine
- ➔ Mélanger au fouet 1 + 2 + 3
- ➔ 4) beurrer et sucrer le moule, cuire  
au four à 200 °C pendant 8 minutes

# Caractéristiques d'une onde



# Longueurs d'ondes et couleurs



# Les disaccharides

- Le saccharose = glucose-fructose
- Le lactose = glucose-galactose
- Le maltose = glucose-glucose

