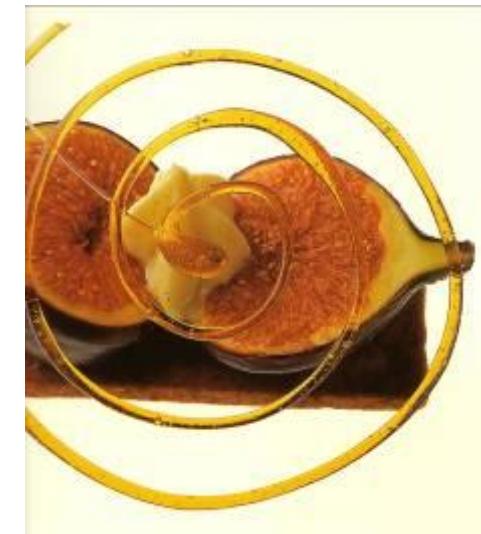
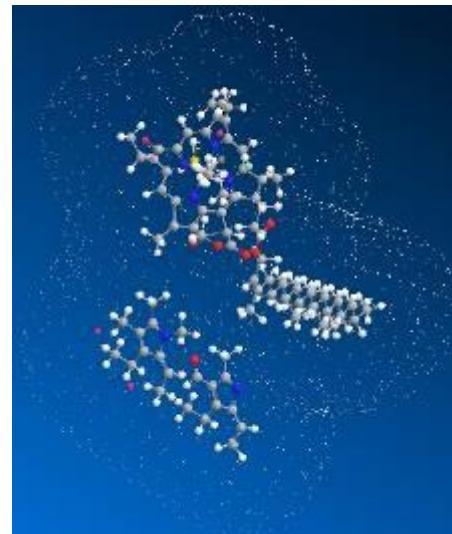


Molecular Cooking

and

after



1.

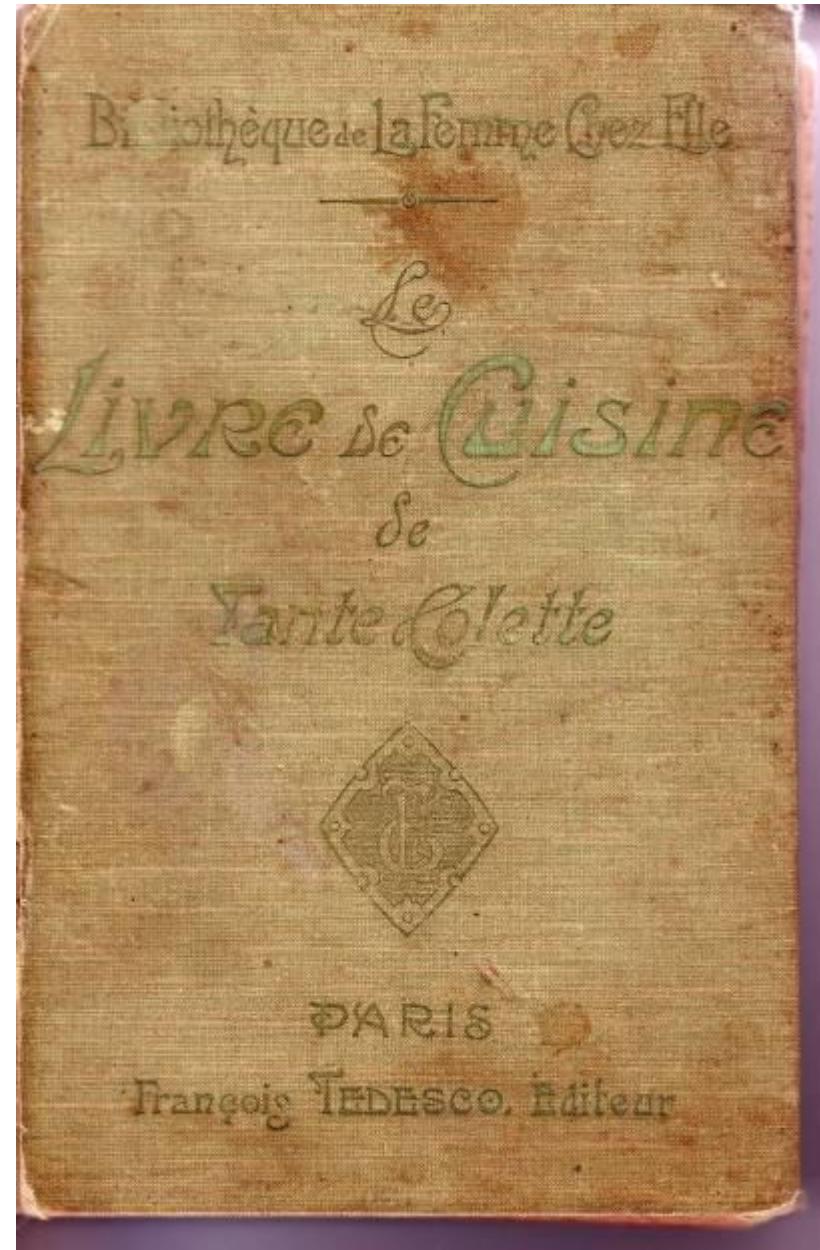
In the beginning,
a confusion
between science
and technology





INRA

A « mountain »
of phenomena



blanc en poudre. Quand les poires sont cuites, ajoutez-y une cuillerée à bouche de gelée de groseilles. Laissez réduire la sauce, versez-la sur les poires et laissez refroidir.

Poires à la neige.

Pelez une douzaine de poires d'égale grosseur, faites-les cuire dans un peu d'eau et un bon verre de cognac. Quand elles sont tendres, retirez-les de la sauce et dressez-les dans un plat. Battez trois blancs d'œufs en neige et ajoutez-les à la sauce, que vous avez fait refroidir au préalable. Remettez ce mélange au feu ; faites donner deux bouillons, passez au tamis de soie et jetez sur les poires. Décorez avec des cerises confites.

Poires suisses.

Beurrez un moule à timbale uni avec du beurre très frais, saupoudrez fortement le fond et les parois de sucre blanc en poudre, rangez au fond des quartiers de poires bien épluchés, recouvez d'une couche de beurre très mince, d'une cuillerée de sucre en poudre et ainsi de suite, jusqu'à ce que le moule soit rempli. Faites cuire au bain-marie, démoulez et servez en versant sur la timbale de poires un peu de gelée de groseilles fondu ou en l'arroquant avec du kirsch.

Compote de poires.

Prenez une dizaine de poires de moyenne grosseur, pelez-les et mettez-les au fur et à mesure dans l'eau froide. Faites fondre ensuite à feu doux dans un poêlon 125 grammes de sucre en morceaux avec un peu d'eau : dès que le sucre est fondu, placez-y les poires, arrosez-les de jus de citron si vous désirez que les poires restent blanches ; si vous les préférez rouges, il ne faut pas ajouter de jus de citron, et il est indispensable de les cuire dans une casse-role de cuivre étamé.

Faites cuire doucement, et, la cuisson terminée, placez les poires dans un compotier en coupant un peu du côté du nœud pour les faire tenir droites. Activez le feu, faites

réduire le sirop et versez-le sur les poires. On peut ajouter un grand verre de vin rouge pour y faire cuire les poires.

Omelette aux pommes.

Délayez 50 grammes de farine avec deux œufs entiers et deux jaunes ; ajoutez 100 grammes de beurre fondu et un verre et demi de lait, une prise de sel et deux prises de sucre fin. D'autre part, pelez quatre pommes de reinettes, coupez-les en deux, enlevez-en le cœur, coupez encore en deux. Faites chauffer dans la poêle deux cuillerées de beurre fin, adjoignez les pommes, que vous laissez cuire doucement dans le beurre ; quand elles seront cuites à point, vous y verserez l'omelette en remuant avec la fourchette pour bien mêler les pommes et la pâte ; faites cuire sur un feu doux et, de temps en temps, ménagez quelques petites crevasses pour activer la cuisson.

Quand l'omelette est suffisamment colorée d'un côté, saupoudrez-la d'un peu de sucre en poudre ; placez un plat rond sur l'omelette, renversez-la et glissez-la de nouveau dans la poêle du côté qui est saupoudré, et achievez la cuisson.

On peut également couper les pommes en tranches, cœur enlevé.

Pommes aux macarons.

Coupez quelques pommes en fines tranches que vous arrangez en couronne autour d'un plat creux, mais non profond. Saupoudrez de sucre blanc. Mettez dans le creux du plat quelques cuillerées de confitures d'abricots. Prenez une dizaine de macarons un peu vieux, très secs ; pilez-les finement, saupoudrez-en tout le plat. Mettez dessus quelques petits morceaux de beurre, et laissez cuire au four modéré pendant quinze ou vingt minutes. Tournez de temps en temps afin de bien faire cuire de tous les côtés et surveillez avec soin.

Pommes farcies aux marrons.

Pelez et pariez les pommes. Enlevez le cœur et faites-les cuire au four en mettant sur chacune d'elles un petit mor-

1969 : The physicist in the kitchen



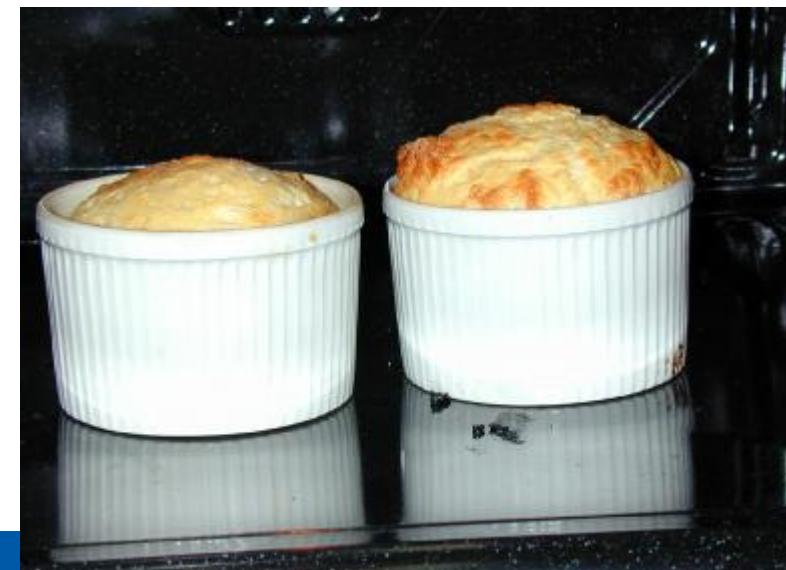
THE PHYSICIST IN THE KITCHEN

By N. KURTI, F.R.S.

Weekly Evening Meeting, Friday 14th March, 1969
Admiral Sir William W. Davis, G.C.B., D.S.O., I.D.,
Treasurer, in the Chair

Is it prudent, is it proper, to take as one's text for a lecture before an audience which comprises many scientists, a provocative quotation from "La Physiologie du Goût", by Brillat-Savarin, the French gourmet, gastronome—also Conseiller à la Cour de Cassation? The preface of his book consists of 20 aphorisms and the ninth, which I shall take for my motto, reads: "La découverte d'un mets nouveau fait plus pour le bonheur du genre humain que la découverte d'une étoile". The author seems to place the pleasures of the palate above the delights of scientific discovery.

1980 : Chemistry and old wives tales



INRA

Some others...





INVA



1988 :
the first
programme
of



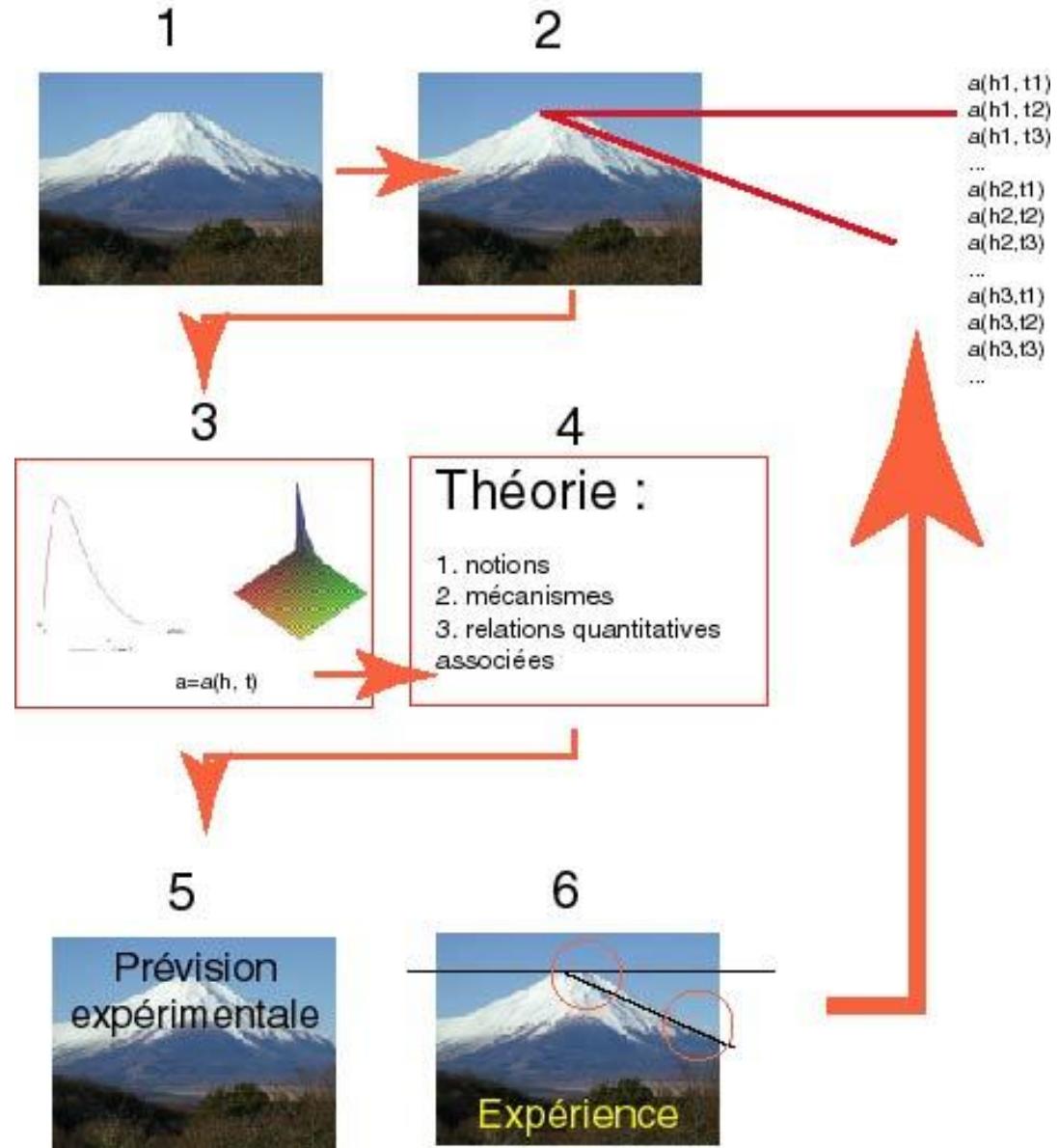
Molecular Gastronomy (it was a mistake!)

- 1. Explore recipes
- 2. Explore old wives tales...
- 3. Invent new dishes
- 4. Introduce new ingredients, methods, tools
- 5. Use all this to show that sciences are wonderful

Hervé This, 1995, *La gastronomie moléculaire et physique*, Thèse de l'Université Paris VI

The so called Experimental method

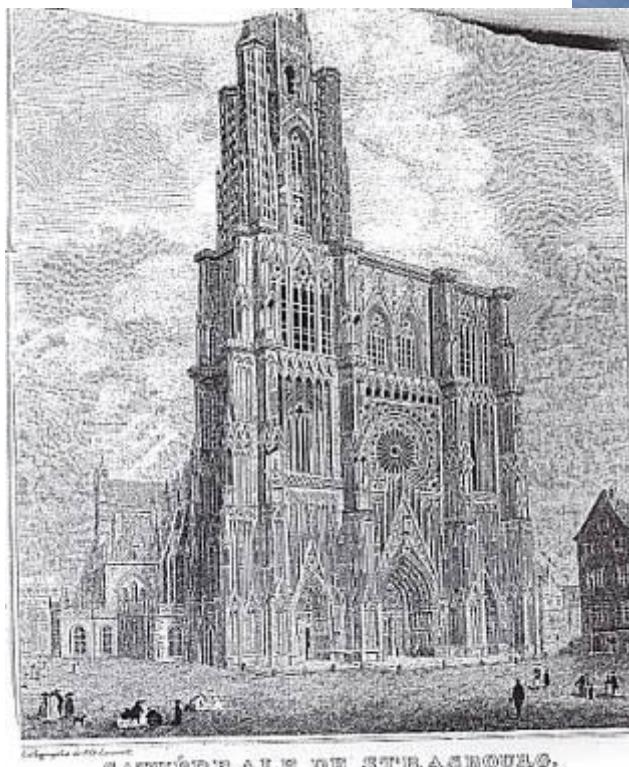
(it does not
mean simply
making
experiments)



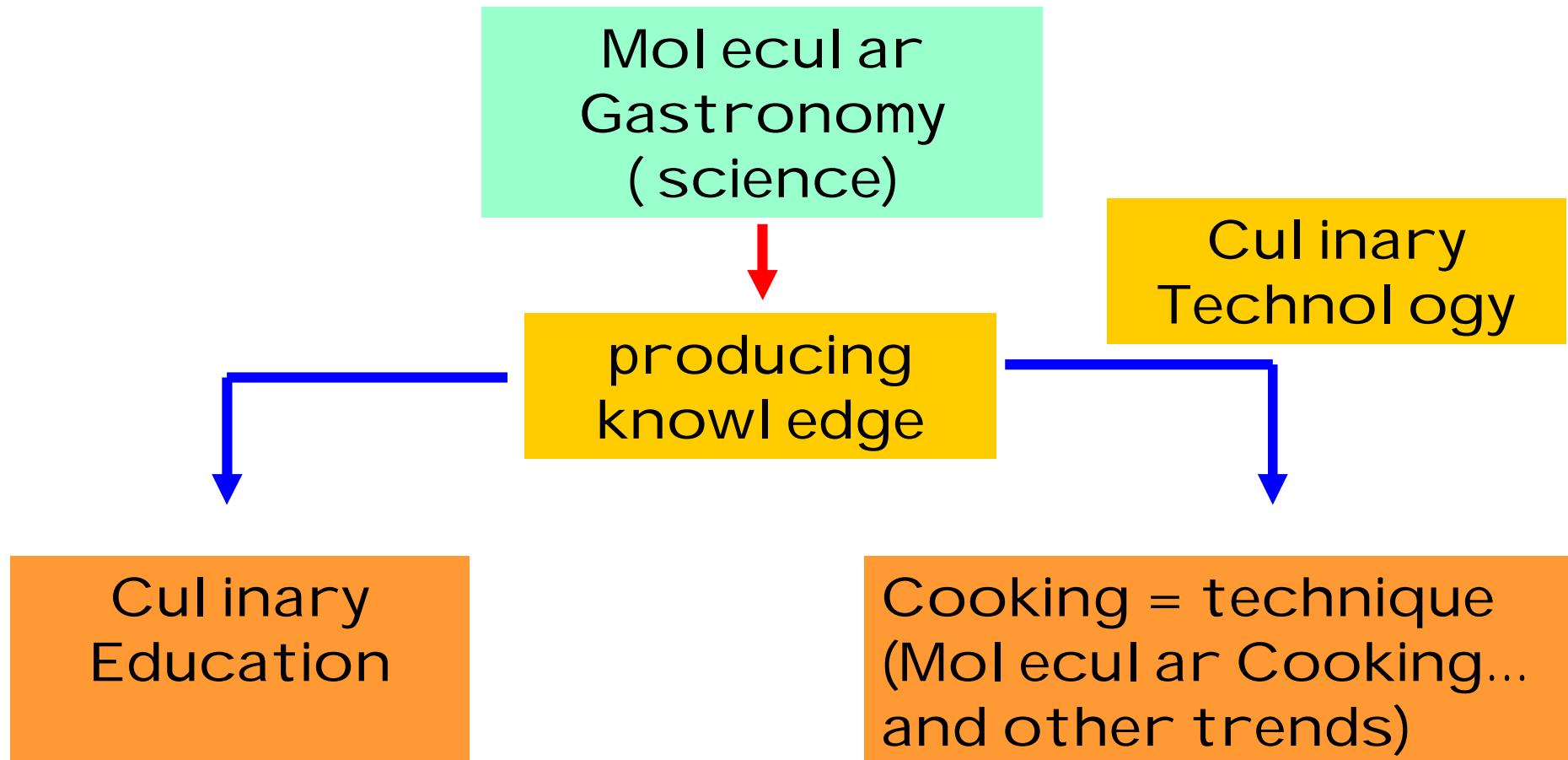
2005 : the three objectives of Molecular Gastronomy

- 1. Explore “definitions” and “precisions”
- 2. Explore the **art** component of cooking
- 3 . Explore the **social** component of cooking

But it is true that science has applications



Science, technology, technique





2000 : Monthly seminars



One has to look for
Applications

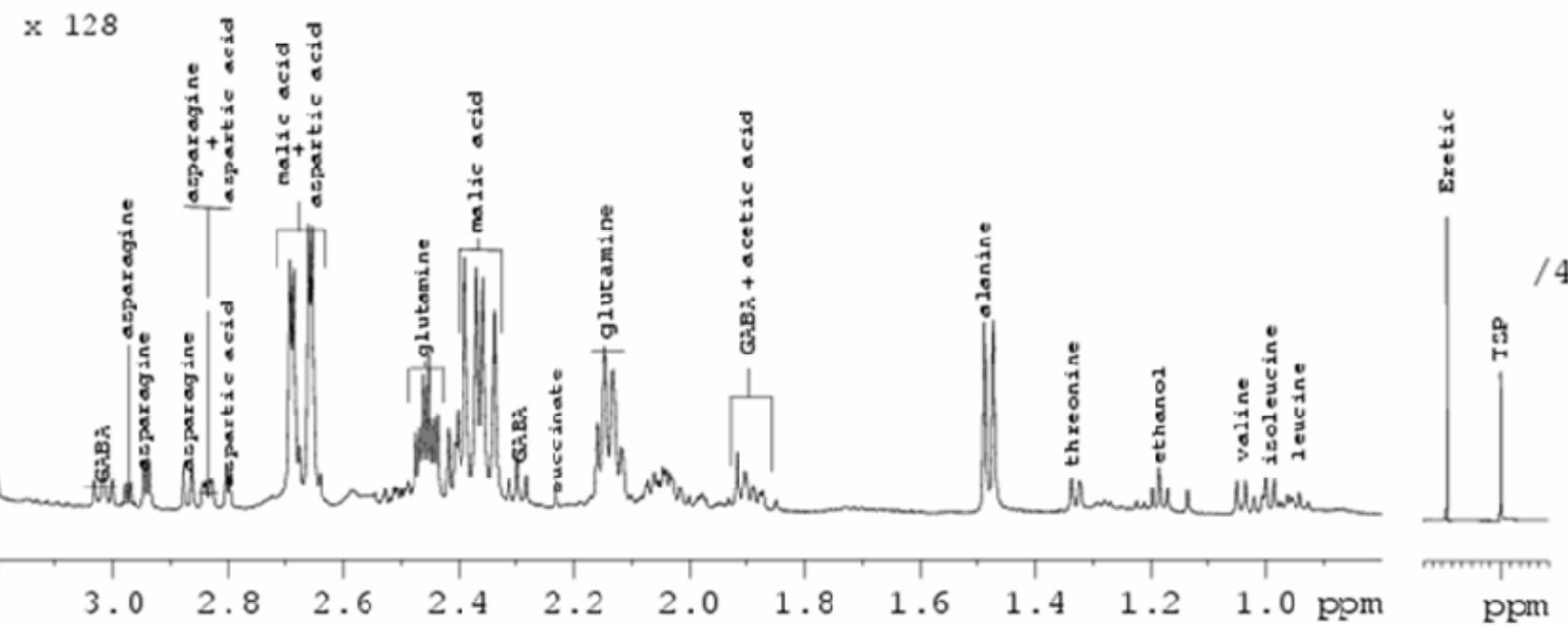




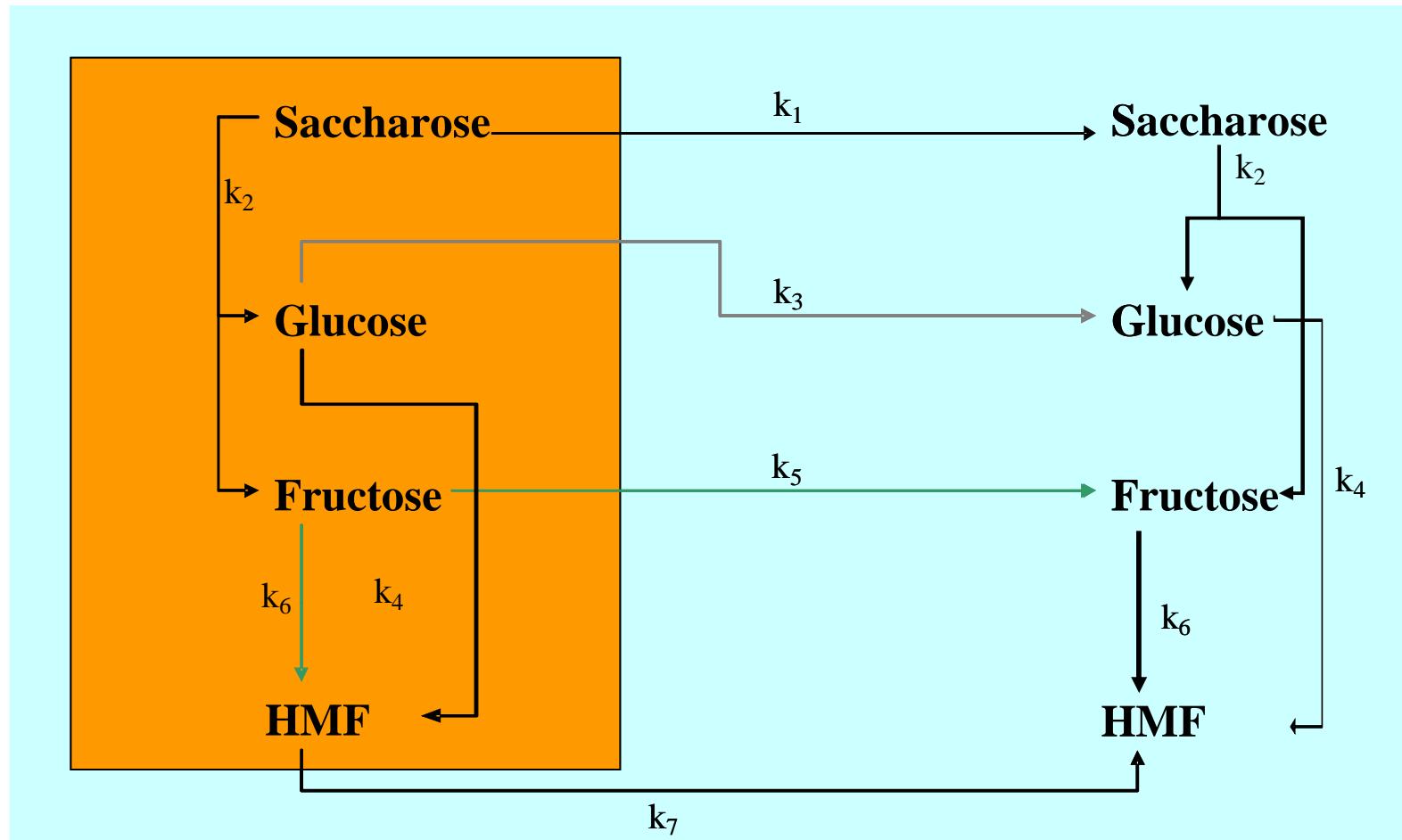
INRA



Anne Cazor, Hervé This, *Sucrose, Glucose and Fructose Extraction in Aqueous Carrot Root Extracts Prepared at Different Temperatures by Means of Direct NMR Measurements*, Journal of agricultural and food chemistry, 2006, 54, 4681-4686 (10.1021/jf060144i).



Modelling

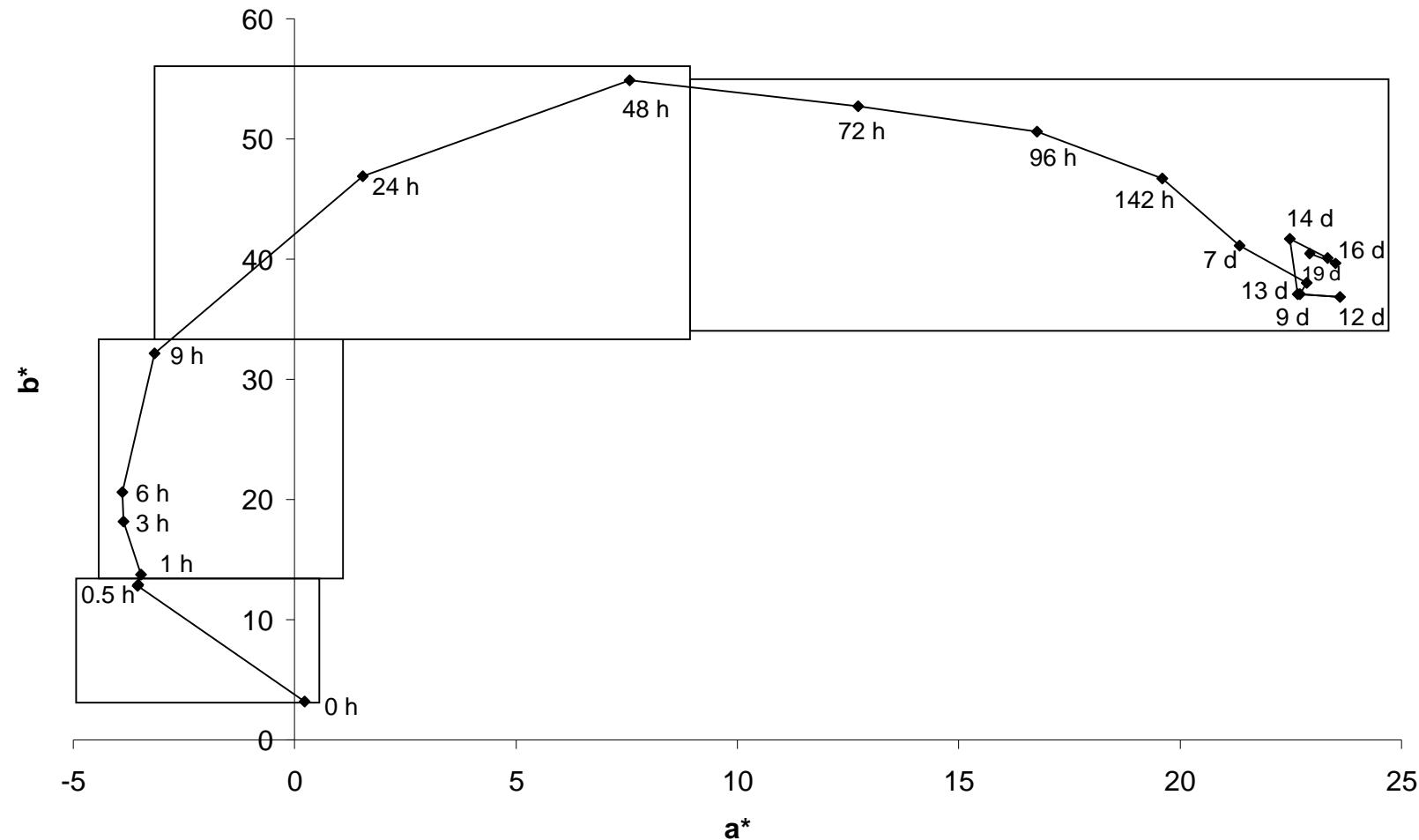


Serendipity!

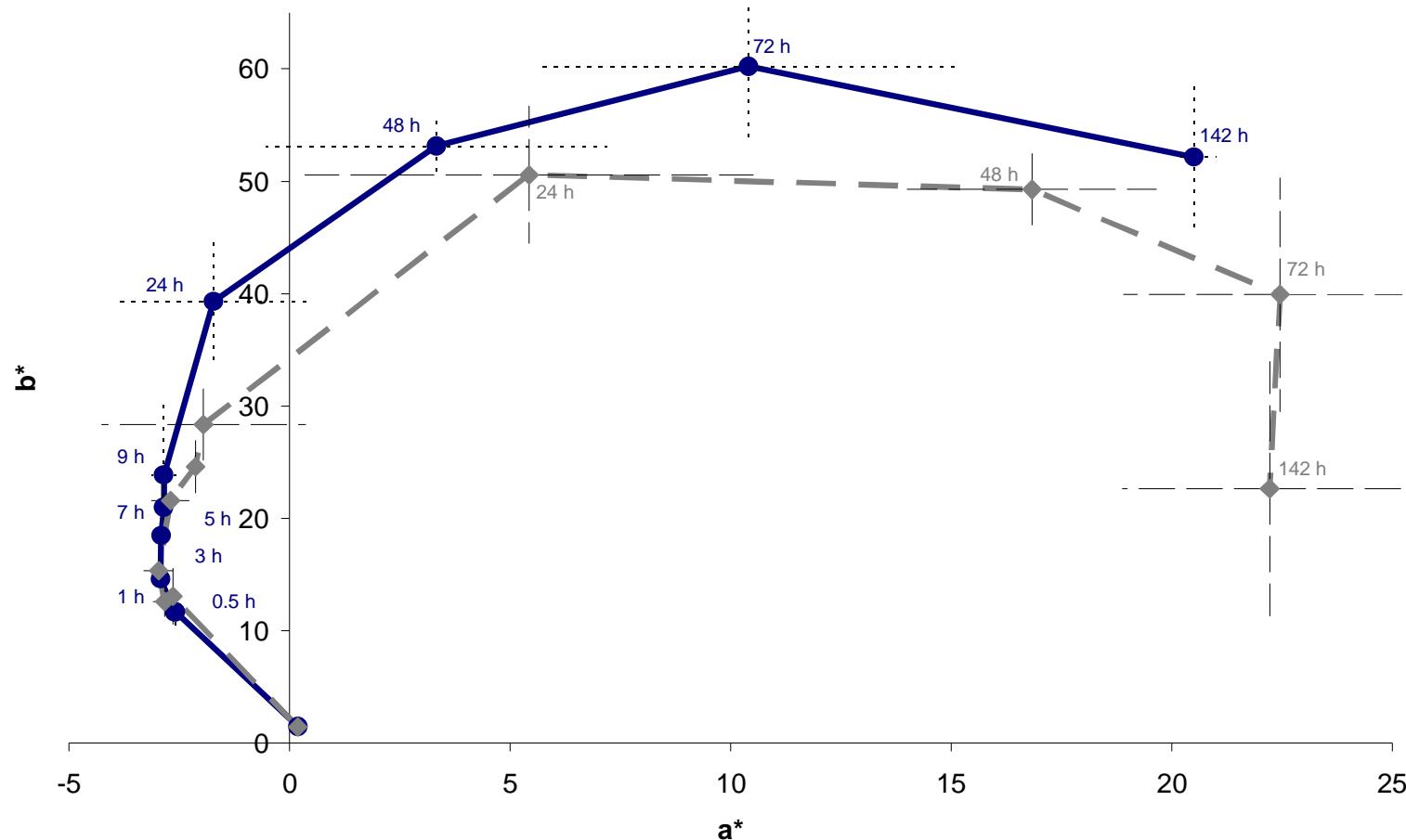


INRA

A frequent curve



Light on Stock

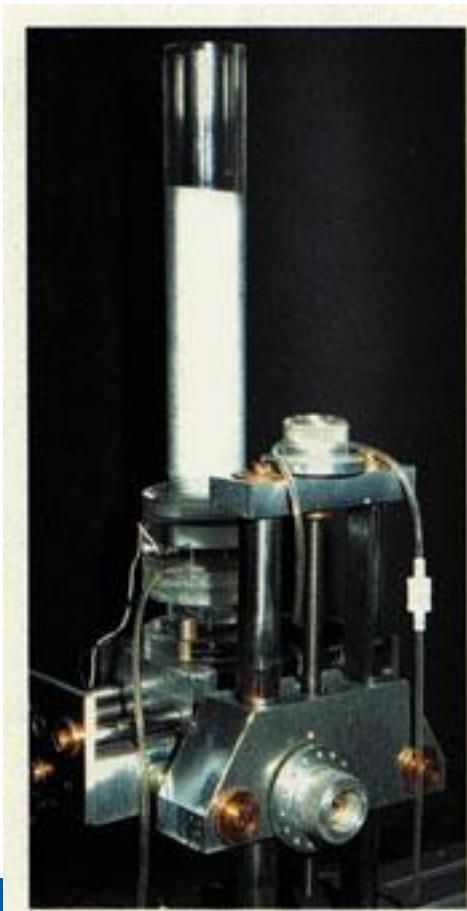


2.

Molecular
Cooking is
now
everywhere



New tools



INRA



INRA

New methods

1984!



PA

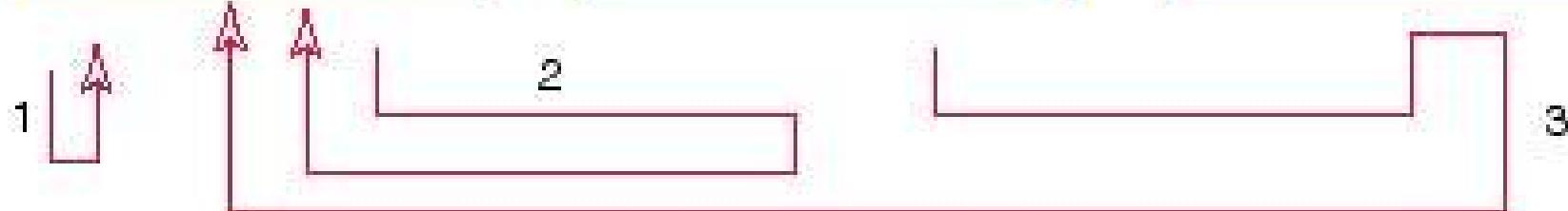
« New » ingredients



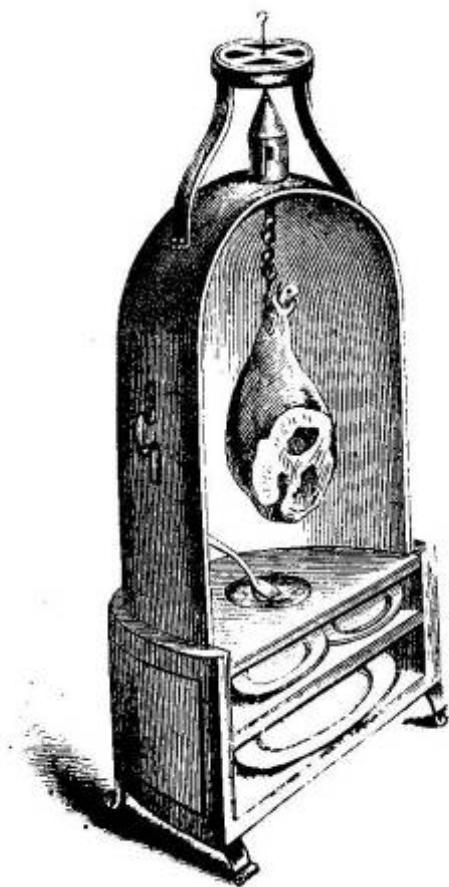
Technique

Technologie

Science



« Local » Technology



And for Global ?

Proposal:

In view of an efficient technology transfer, we propose to use the following table:

New knowledge obtained by the team (during the laboratory studies)	Ideas of technology transfer (generally discussed during meetings of the Scientific Committee)	Technology studies decided, based on column 2 (they have to be done in the industry)	Result of the technology studies (in order to go on in the determined directions)

The scientists have clearly to fulfill column 1.

The Scientific Committee (scientists and technologists) can fulfill column 2.

Teams from the industry have to fulfill column 3 and 4 (this last column is useful so that we can improve the filling in of column 2).

« Global » Technology

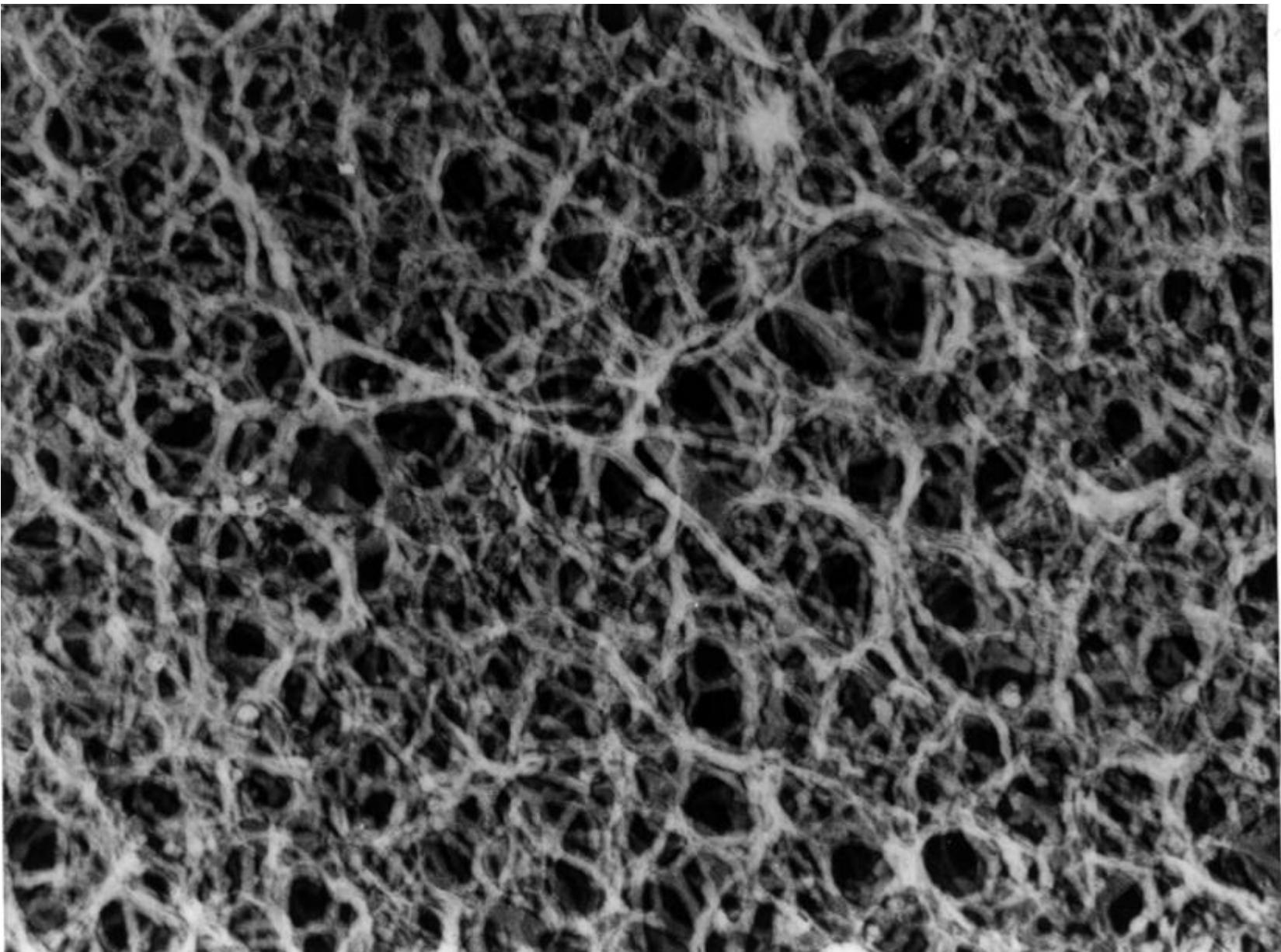


The Pianocktail

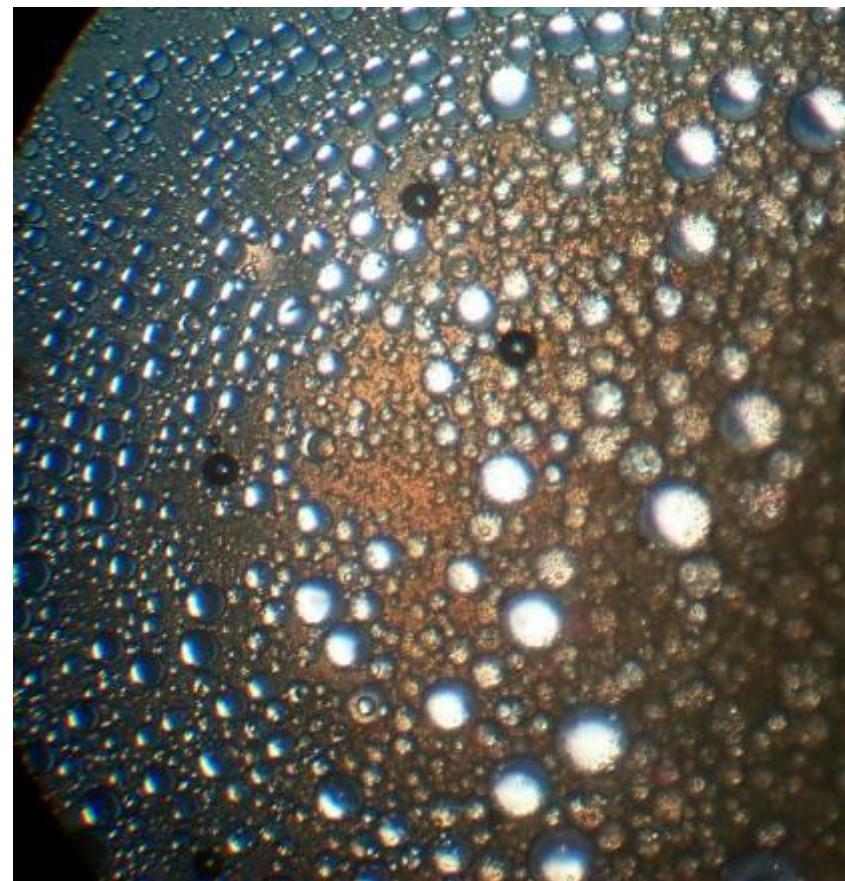


INRA

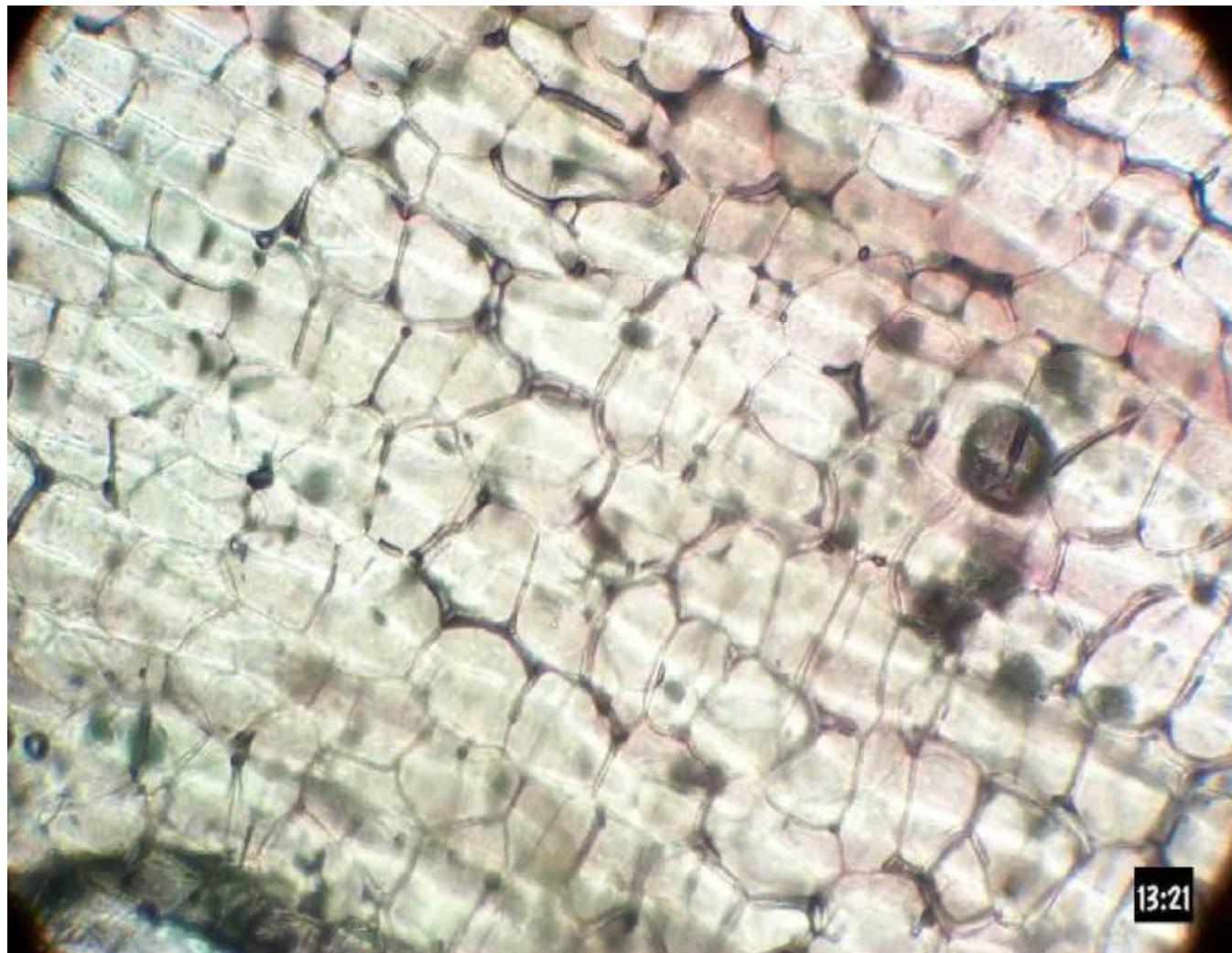
Based on the formalism
for the description of
complex disperse
systems



INRA



INRA

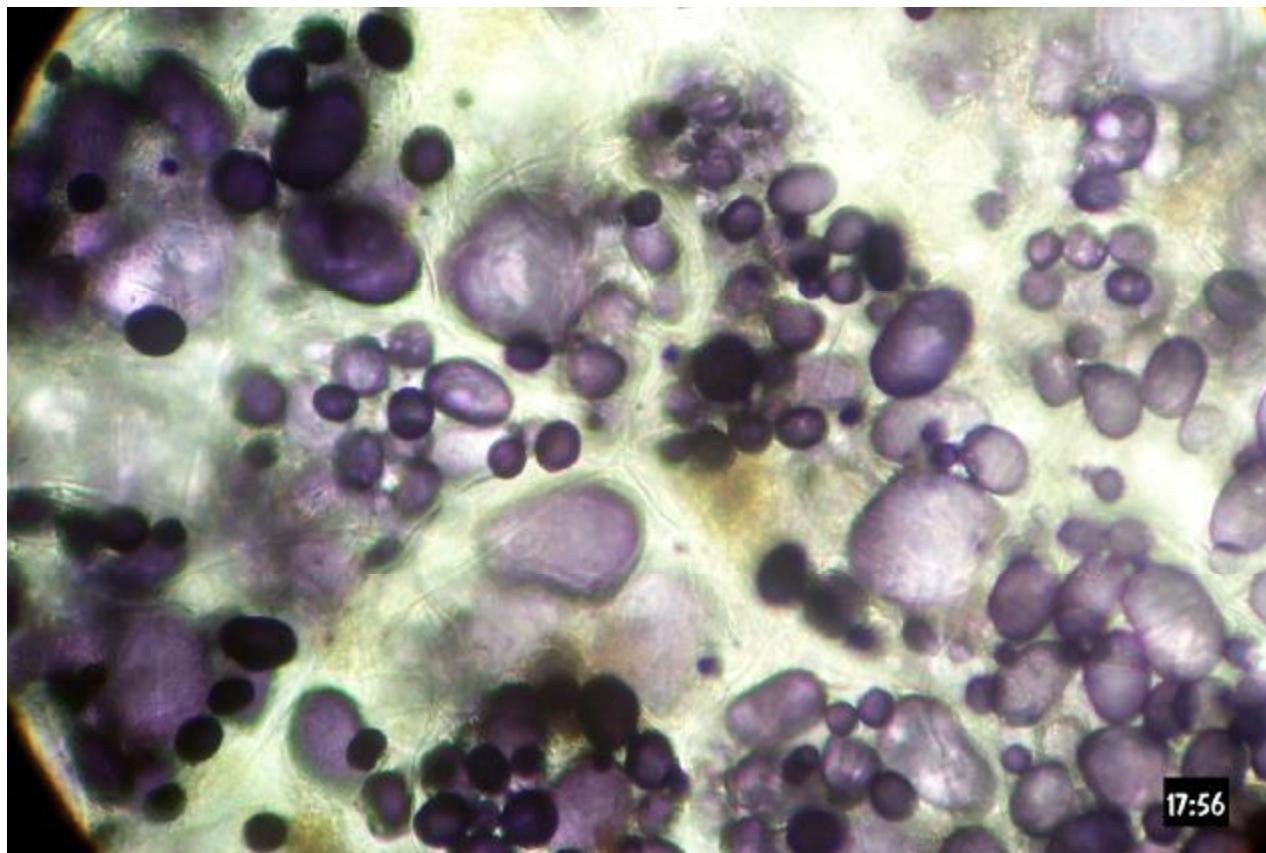


13:21

Simple disperse systems

Line dispersed in column	Gas	Liquid	Solid
Gas	Gas (not a disperse system)	Liquid aerosol	Solid aerosol
Liquid	Foam	Emulsion	Suspension
Solid	Solid foam	Gel	Solid suspension

How can we describe complex disperse systems



CDS formalism

Four symbols :

- / : dispersed into
- + : coexistence of phases, mixture
- @ : inclusion
- σ : superposition (according to x,y,z)

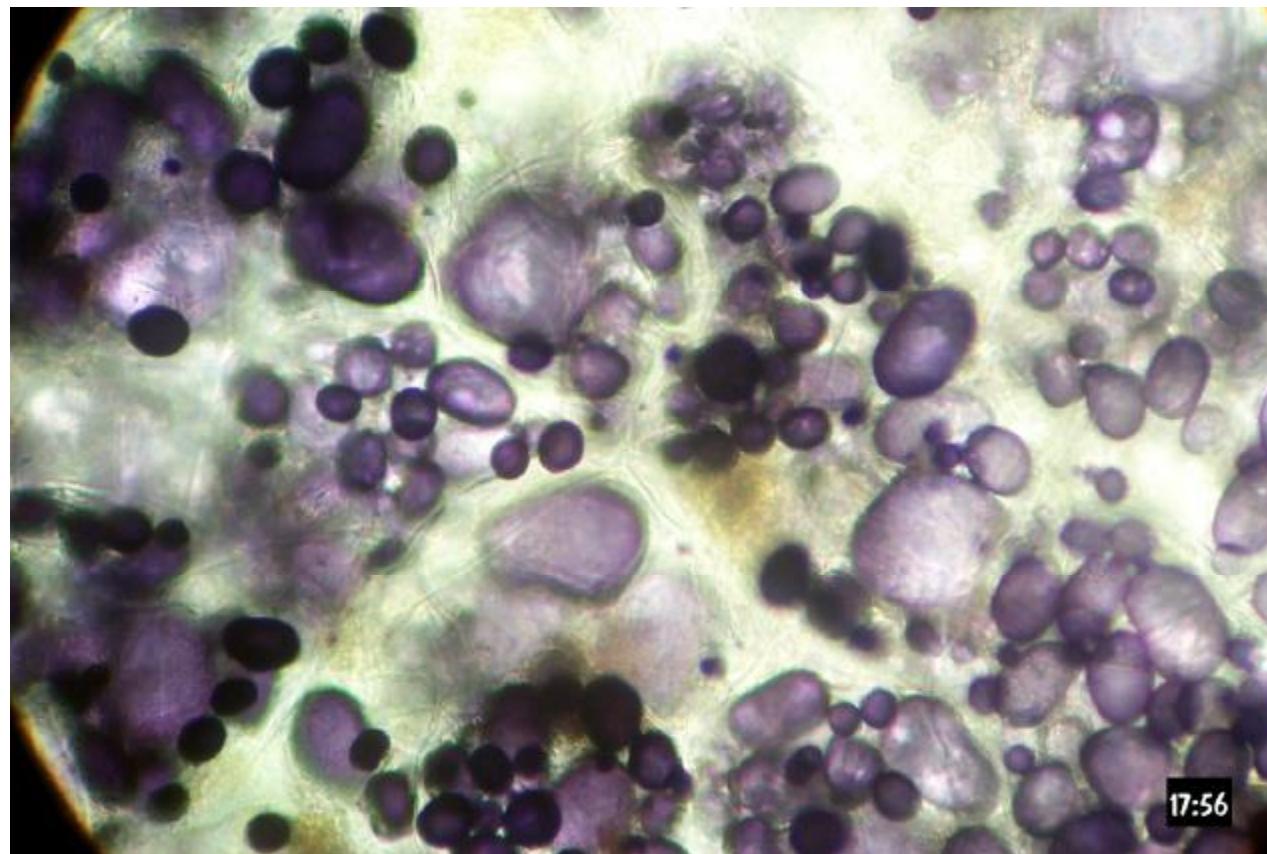
Four kind of phases :

- G : gas
- W : solution
- O : oil
- S₁, S₂, ... : solids

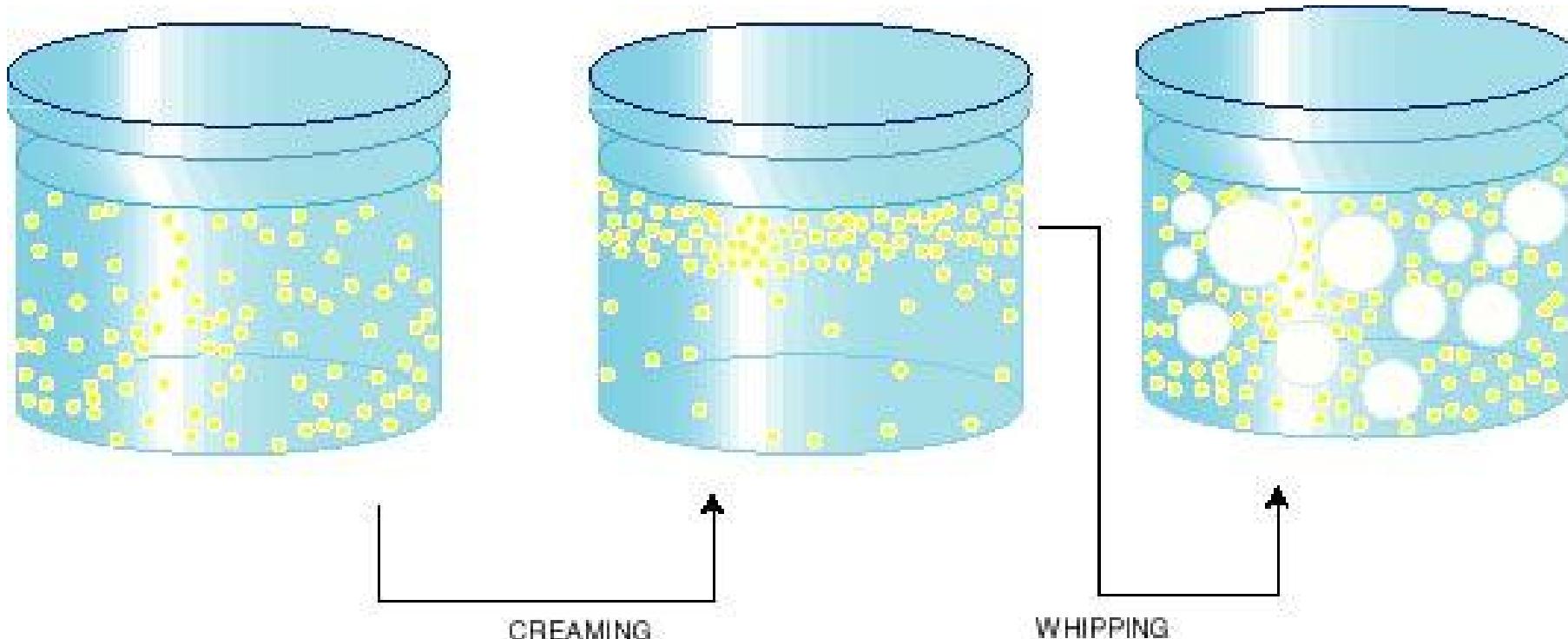
Hervé This, 2003, *La gastronomie moléculaire, Science des aliments*, Vol. 23, N°2, 187-198.



(S1/W)/S2



Formalism leads to generalizations



From chocolate bearnaise...



... to Chocolate Chantilly



INRA

O/w + G → (G +O)/W



With the same process :
O/W + G → (G +O)/W

And also :

Fromage Chantilly

Foie gras Chantilly

Beurre Chantilly

...

Pierre Gagnaire - Microsoft Internet Explorer

Fichier Edition Affichage Favoris Outils ?

Précédente ▶ Rechercher Favoris Média □ □ □ □ □ □

Adresse <http://www.pierre-gagnaire.com/francais/cdmodernite.htm> OK Liens ▶

Pour le chimiste, l'eau, c'est l'eau, et même si du bouillon n'a pas le même goût que du jus d'orange, les deux liquides sont majoritairement composés d'eau.
Dans cette eau, le procédé précédemment décrit disperse de la matière grasse : en 1000, j'ai montré d'utiliser du chocolat en concassant le même morceau.

l'objet

LES TOMATES...

Beurre de tomate chantilly.

Le marché pour 4 personnes.

- 2 tomates de taille moyenne (280gr environ)
- 50 gr de beurre
- 2 étoiles de badiane
- Sel et poivre

Méthode :

*Couper les tomates et les mixer à cru avec une pincée de sel.
Passer le tout au tamis pour obtenir un jus un peu épais.
Fondre les 50gr de beurre (sans les cuire)
et faire infuser les deux étoiles d'anis (concassées) pendant 5 minutes environ.*

idees recettes de Pierre Gagnaire :

SOLE MEUNIERE beurre de cuisson chantilly.
BEURRE DE TOMATE CHANTILLY.

A dish in honor of Michael Faraday



INRA

One dish in the infinity

- Let us choose a formula such as :
- $((G+S1+O) / W) / S2.$
- And make a dish including lobster

How to make it :

- 1. prepare a lobster oil O
- 2. add the meat S1
- 3. prepare a bisque W
- 4. disperse the meat S1 and the oil O in the bisque W using gelatine as a surfactant
- 5. foam G
- 6. wait for jellification S2

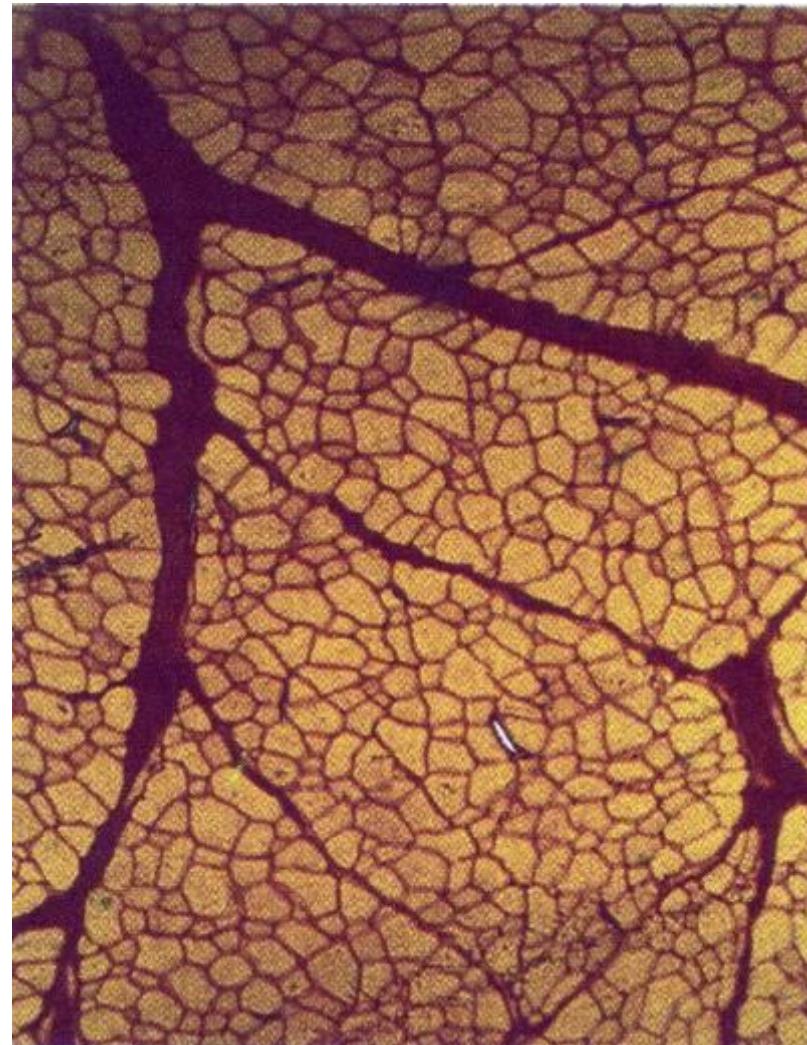
((G+S1+O) / W) / S2



Faraday of lobster



NPOS formalism
(Non periodical
organization of
space)

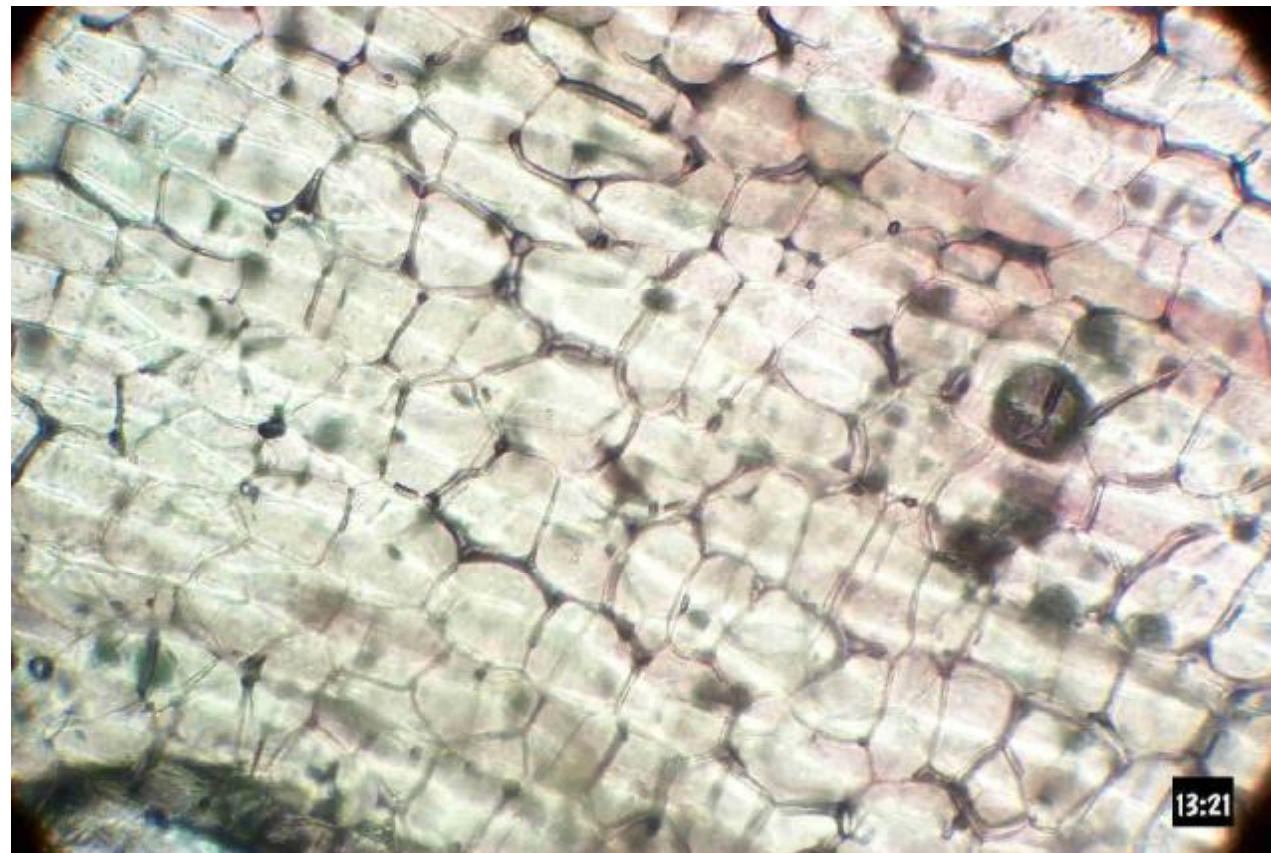


Cliché J. Lacour, INRA Theix

INRA

Fibers, artificial meats

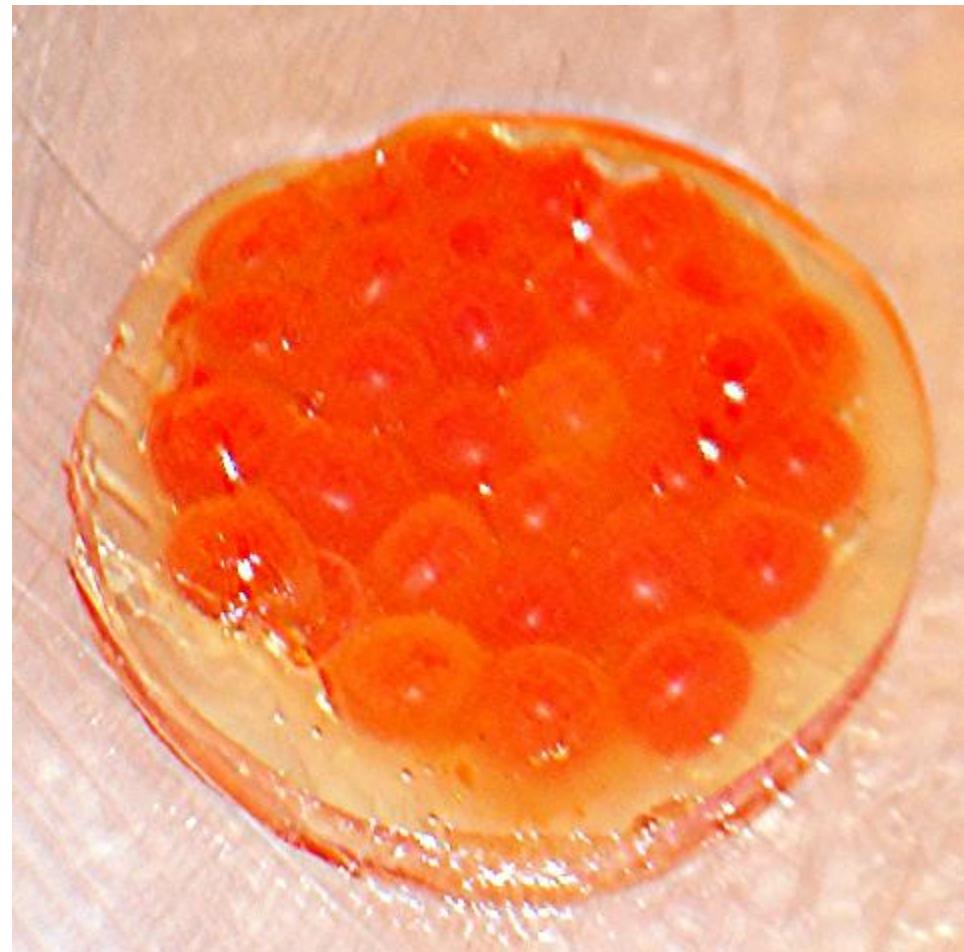




13:21

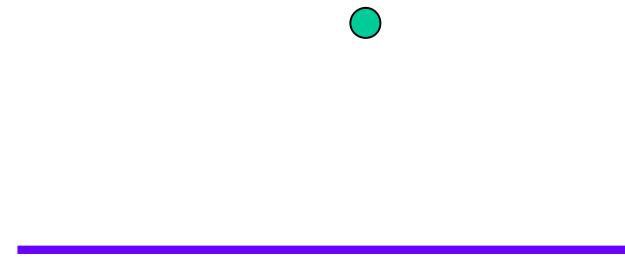
INRA

Conglomel es: artificial fruits and vegetables



Fundamentals

- D_0 :
 - object of dimension 0,
 - Dots:
-
- D_1 :
 - Objects of dimension 1,
 - lines :
-
- D_2 :
 - Objects of dimension 2,
 - Plane, sheets :
-
- D_3 :
 - Objects of dimension 3,
 - cubes :

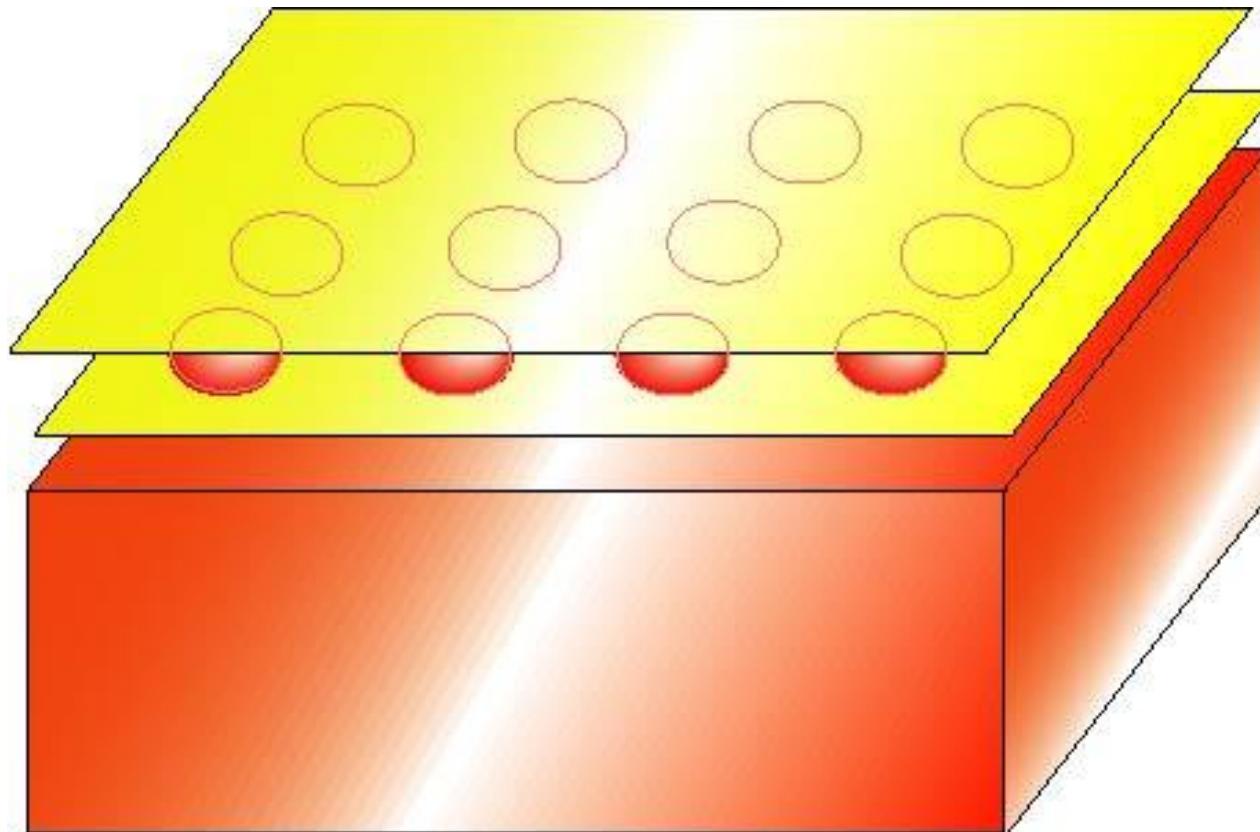


Operators to be used in the NPOS formalism

- Processes :
- / : random dispersion
- + : double distribution
- $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$: superposition in the various directions of space
- @ : for inclusions
- And all necessary operators.

Hence formulas such as $(D_{3A}\sigma_z D_{3B})^{k\sigma_x, l\sigma_y, m\sigma_z}$

Another infinite number of possibilities



$$D_2 \sigma_z [(D_1 \sigma_x D_1)^{4\sigma_x}] \sigma_y [(D_1 \sigma_x D_1)^{4\sigma_x}]^{4\sigma_y} \sigma_z D_2 \sigma_z D_3$$

Both formalisms can be linked



$$(D_{1,1}(W_1/S_1) @ D_{1,2}(W_2/S_2)) / D_3$$

$$\frac{D_0(W_1) @ D_0(W_2/S_1)}{D_2(W_3/S_2)}$$

$$D_1(S) / D_3$$

Hervé This, *Formal description for formulation*, in *International Journal for Pharmaceutics* (accepted for publication).

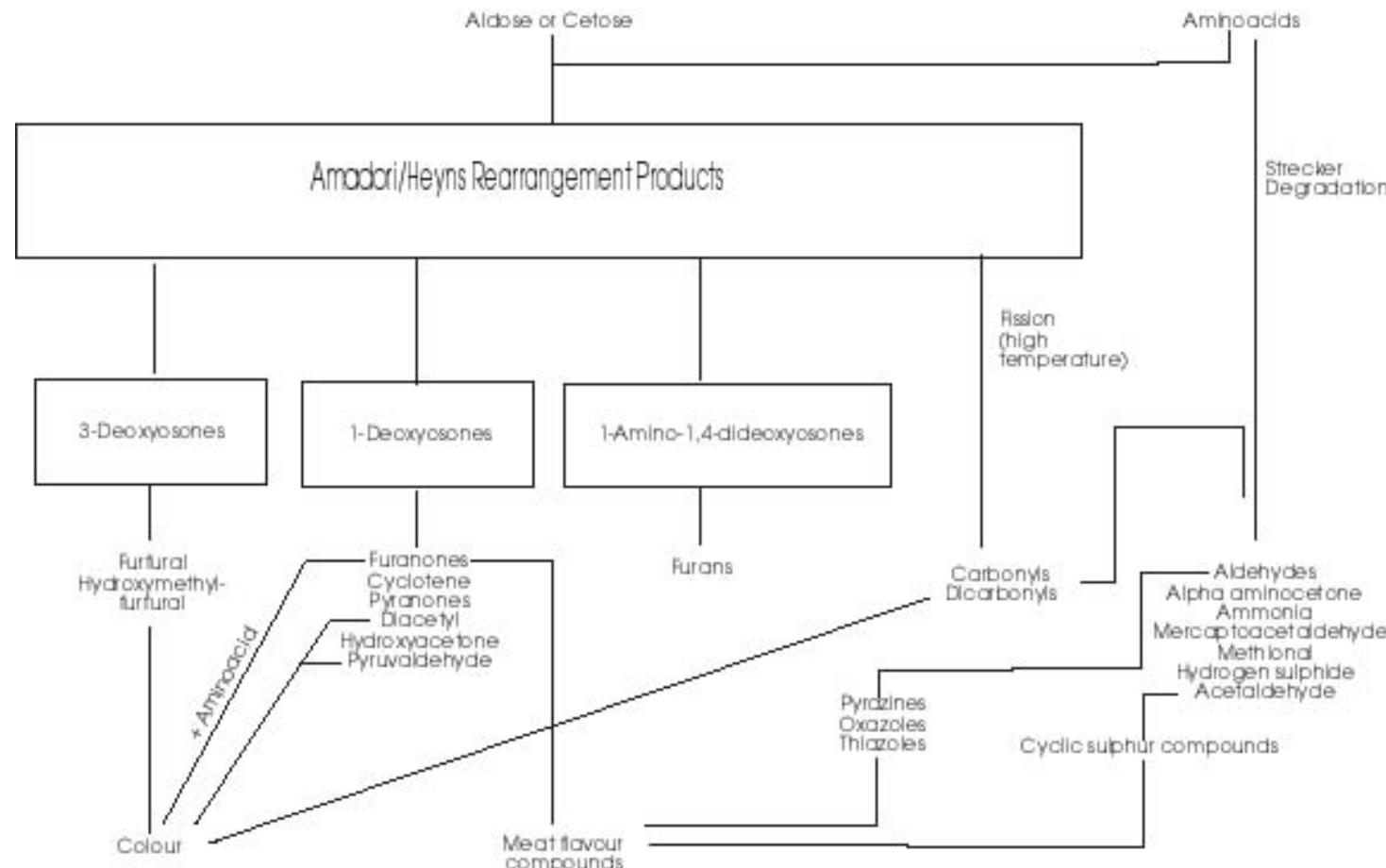
There are so many
applications!



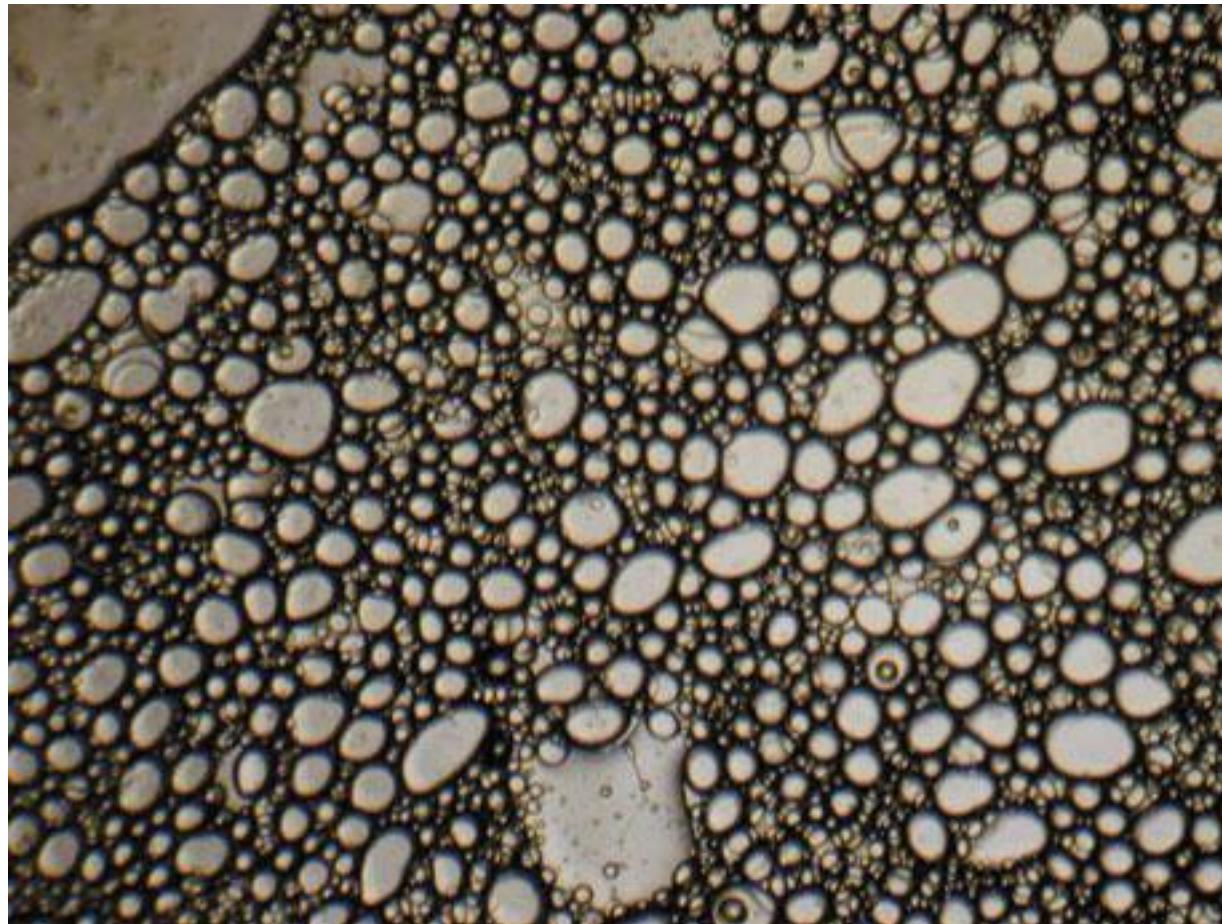
H. This, Molecular Gastronomy, in Angewandte Chemie, 2000.

Sugars from a carrot stock

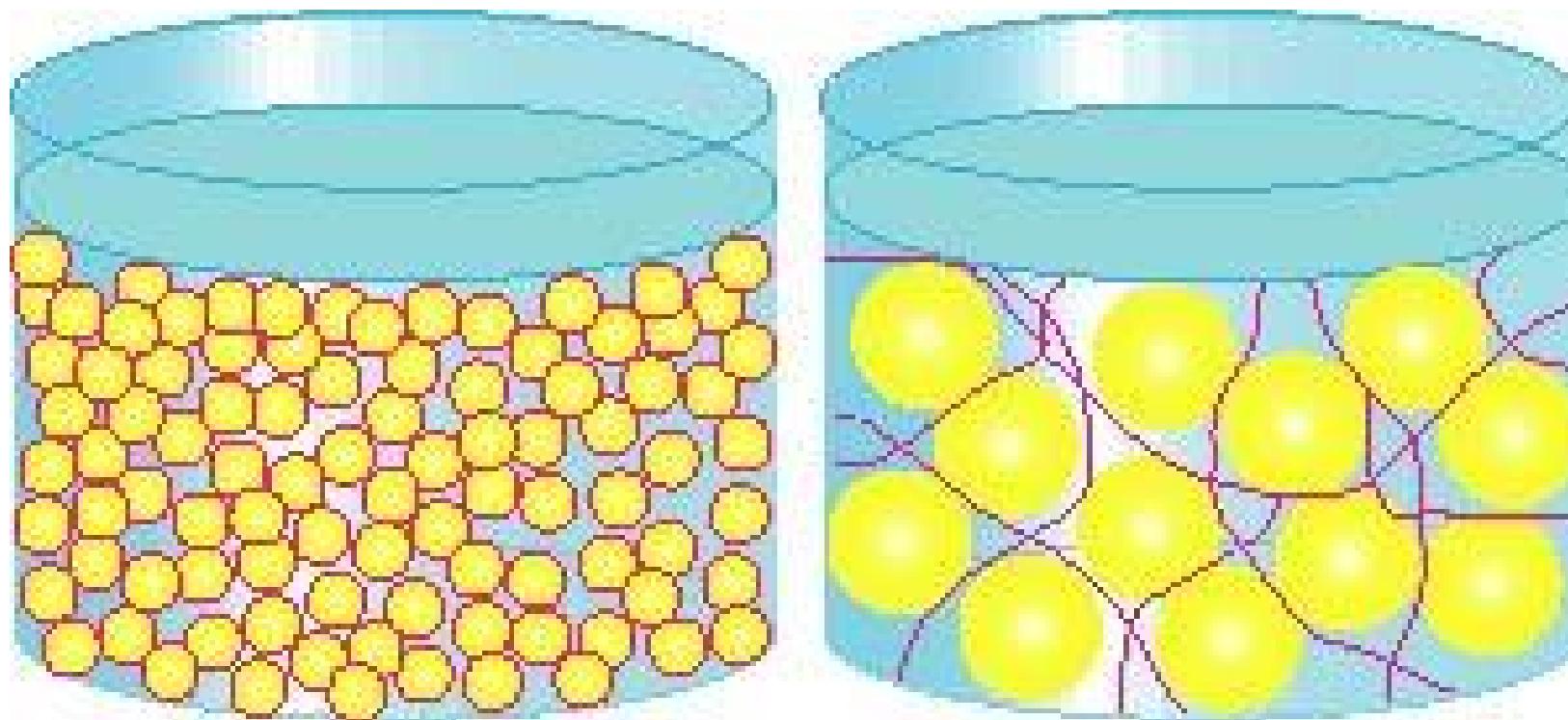
You're missing the amino acids to make Maillard Reactions



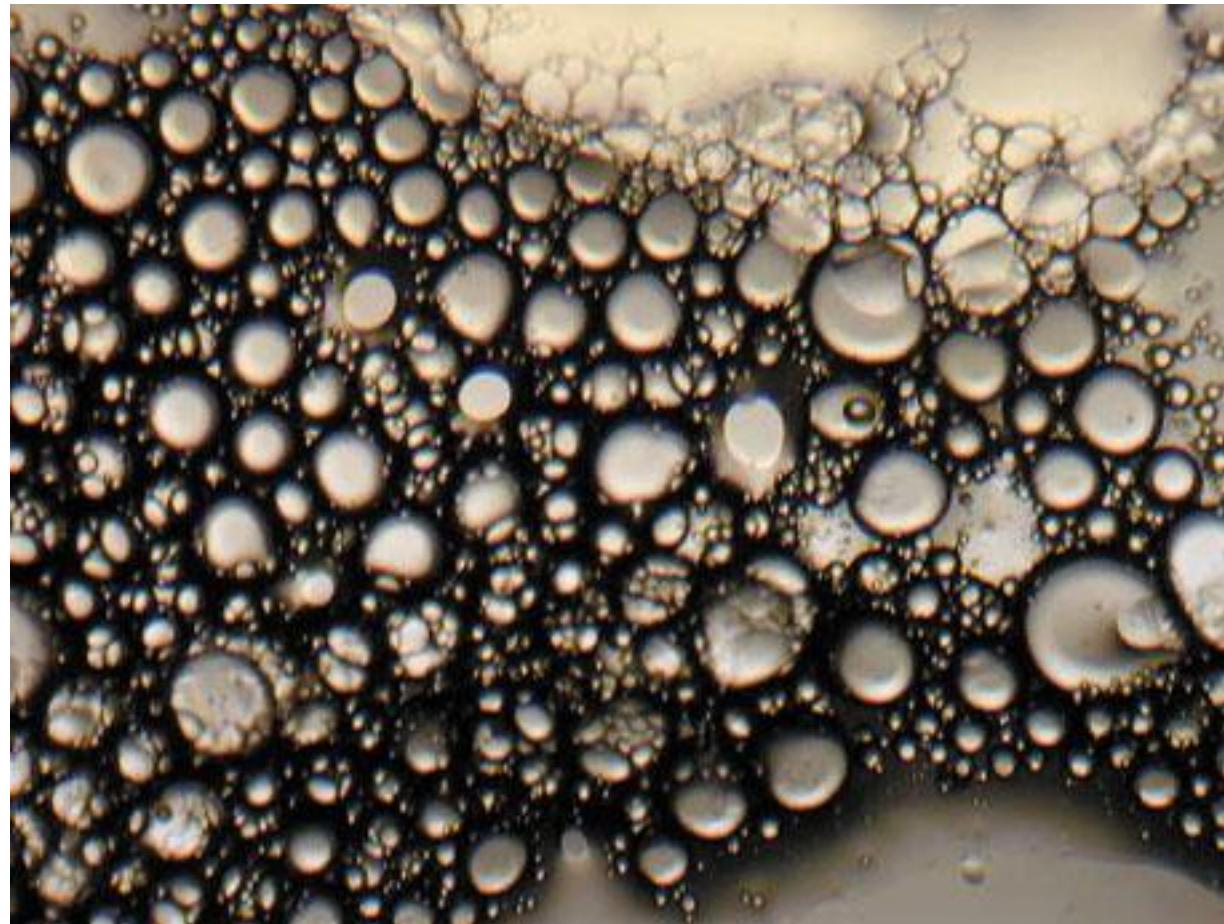
« Olis » and their cousins



Emulsions trapped in gels



Jellified emulsions



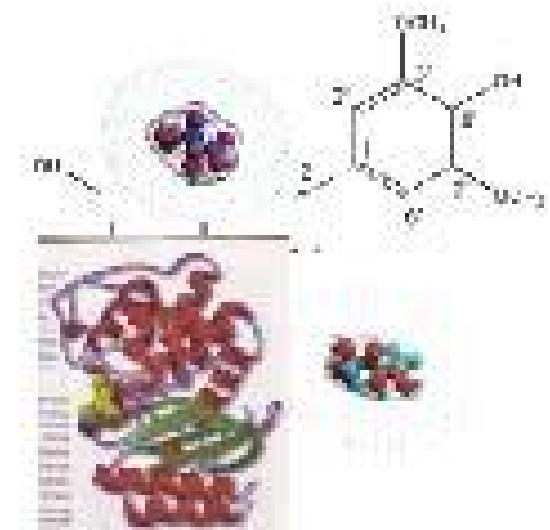
In a chemical gel



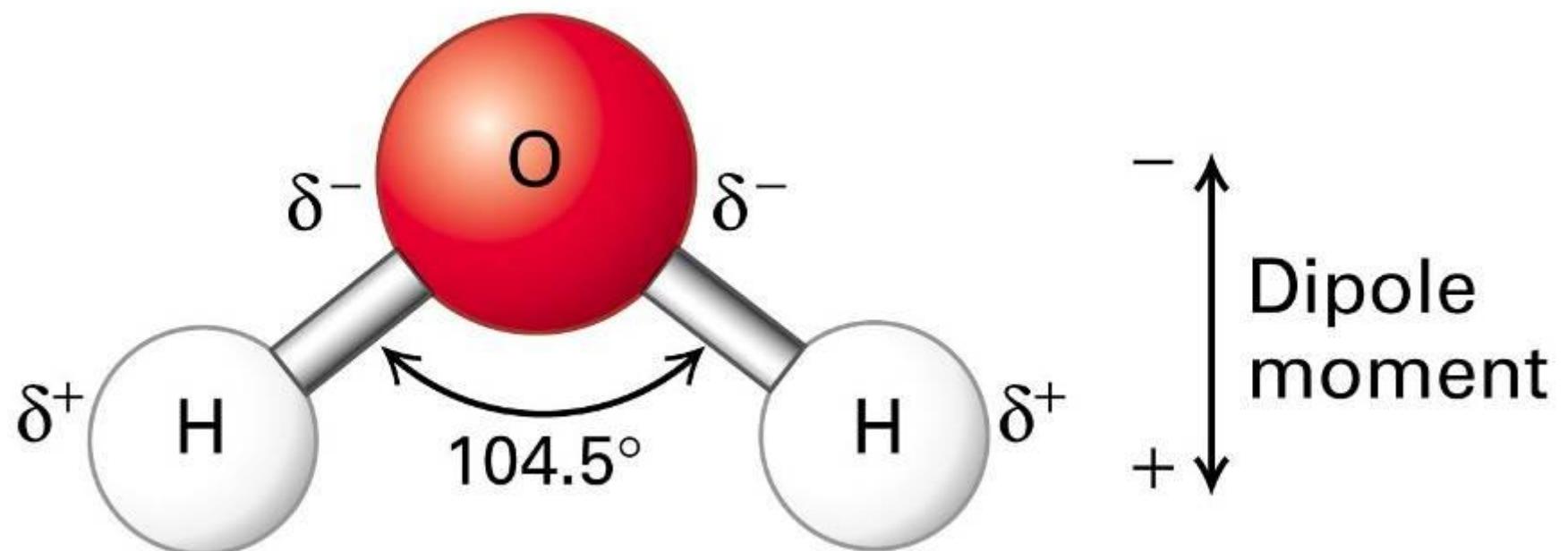
3.

What after molecular Cooking?

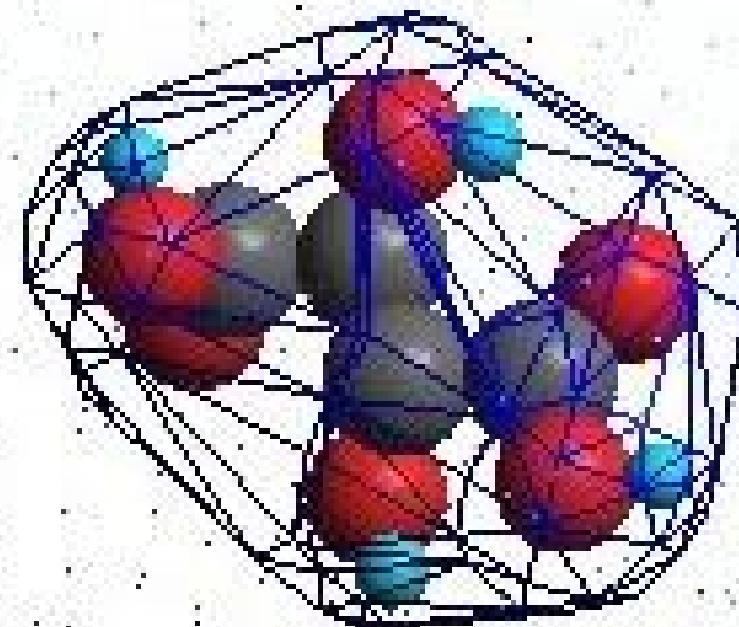
Note by note cooking?



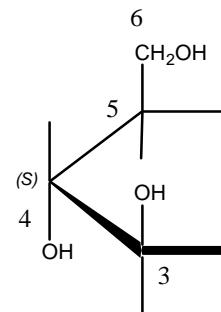
Notes for cooks



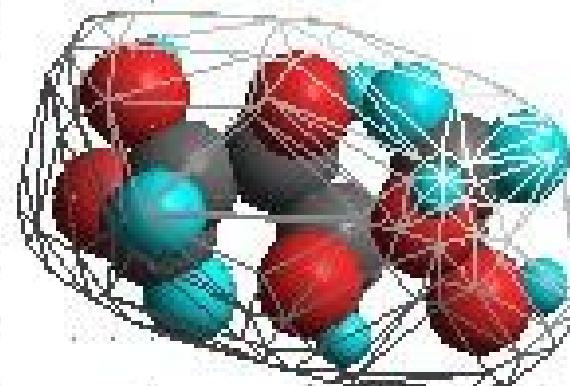
Tartaric acid :



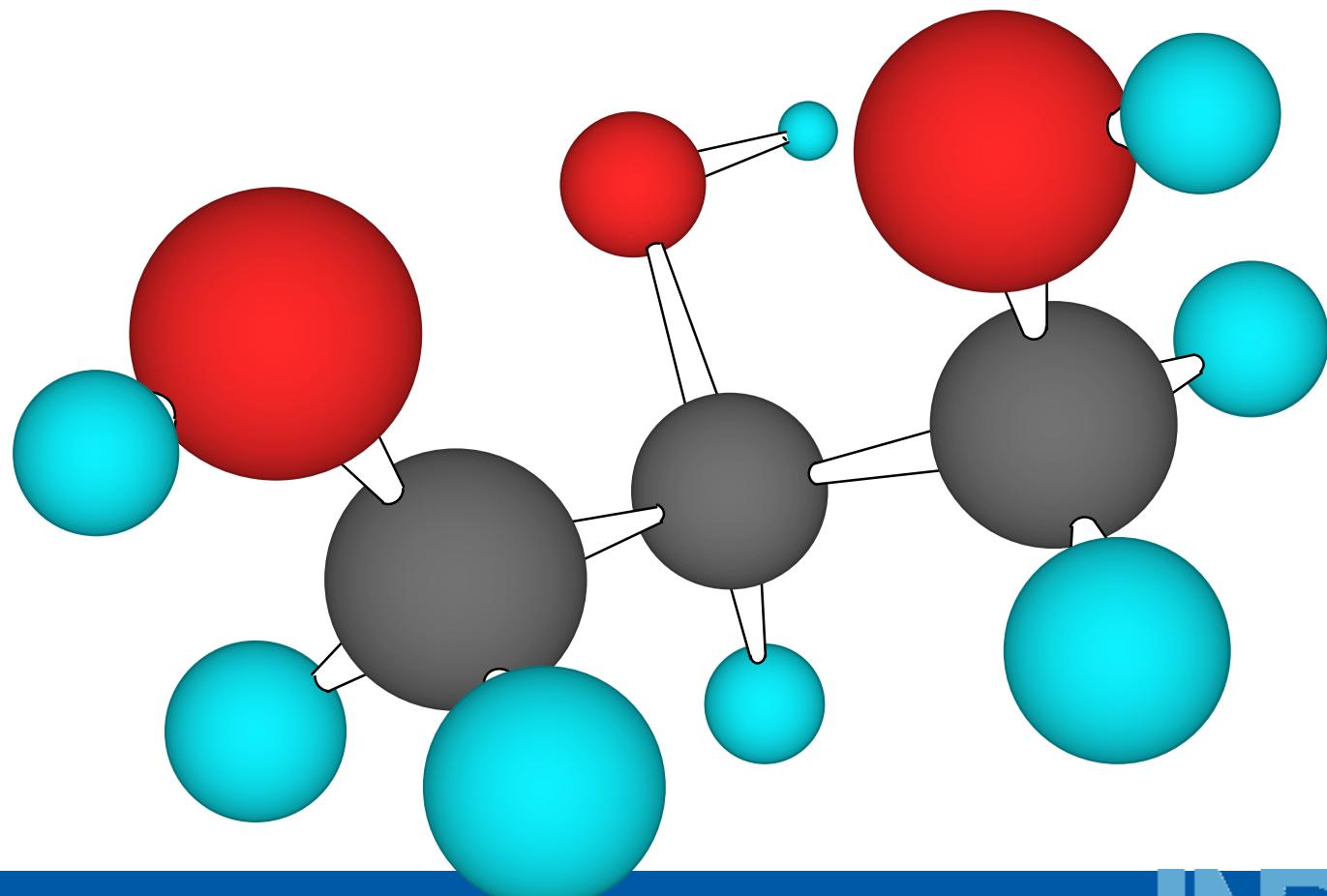
Glucose :



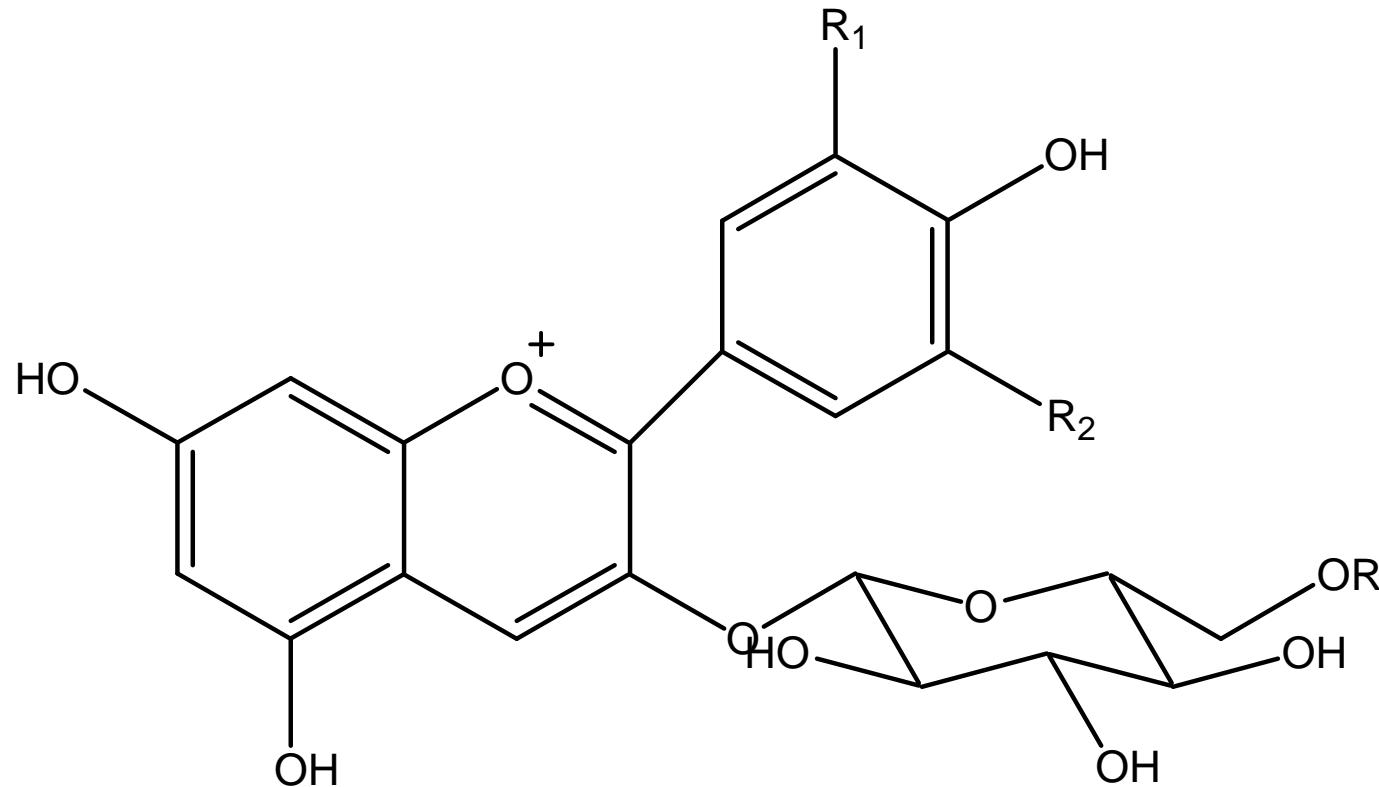
forme alp



Glycerol (6-20 g/L) :
 $\text{CH}_2\text{OH} - \text{CHOH} - \text{CH}_2\text{OH}$



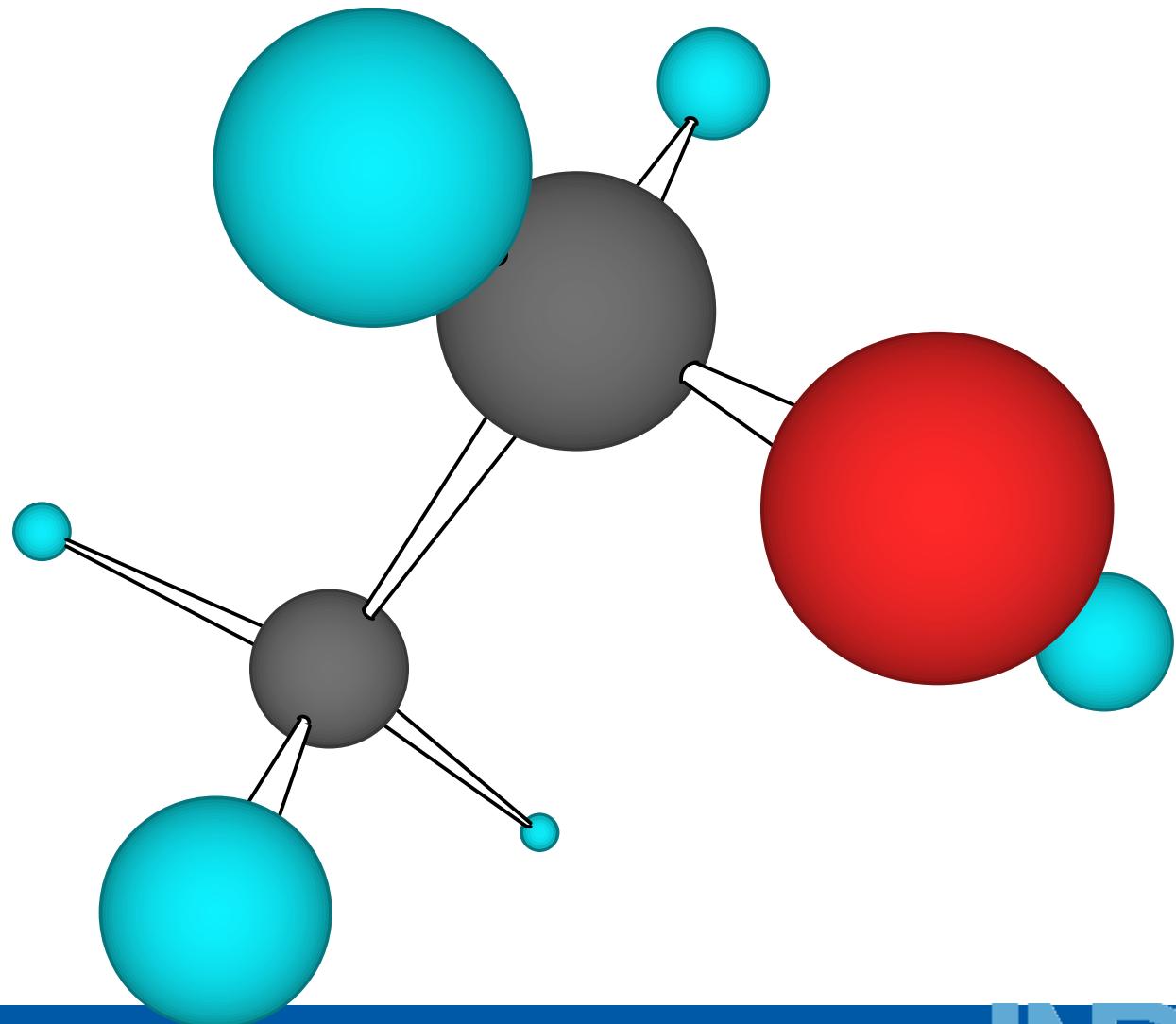
Wonderful phenolics (3g/L)!



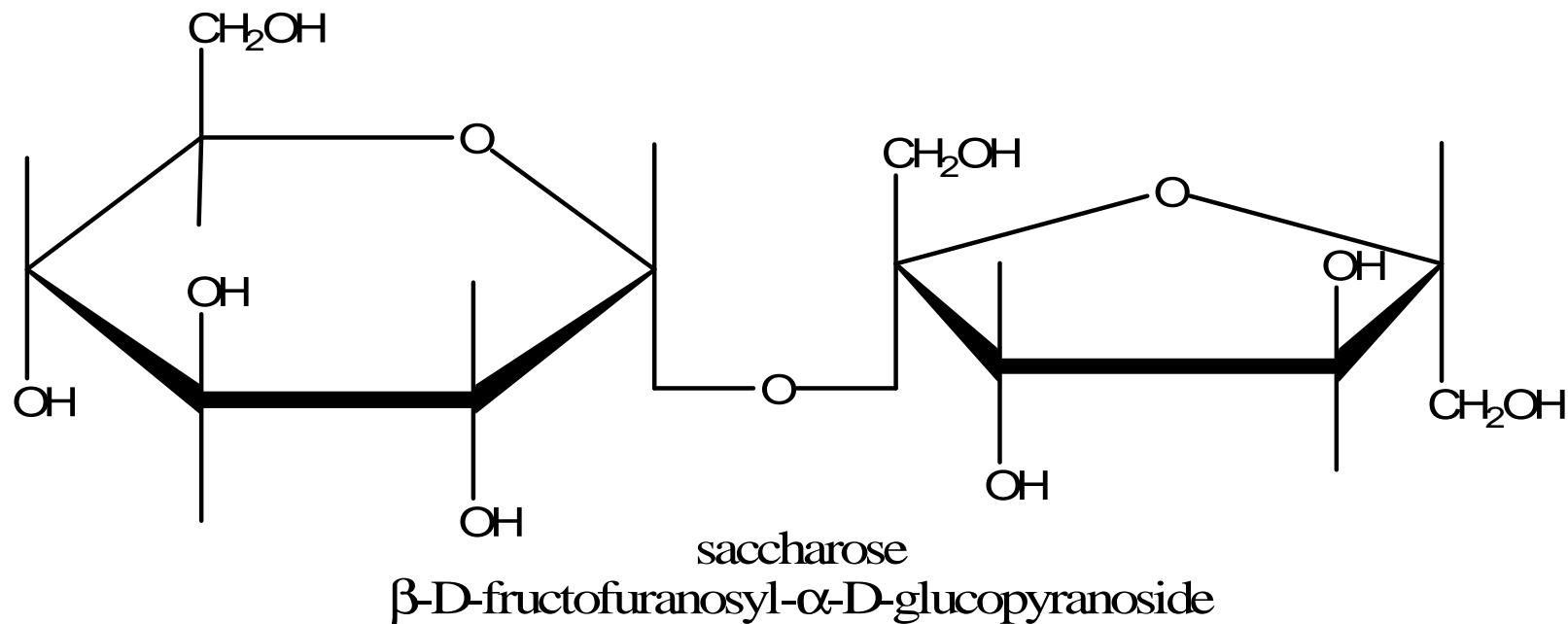
anthocyanines (forme flavylium)

R₁,R₂ =H, OH, OCH₃
R=H, acétyl, p-coumaryl,
caffeoaryl

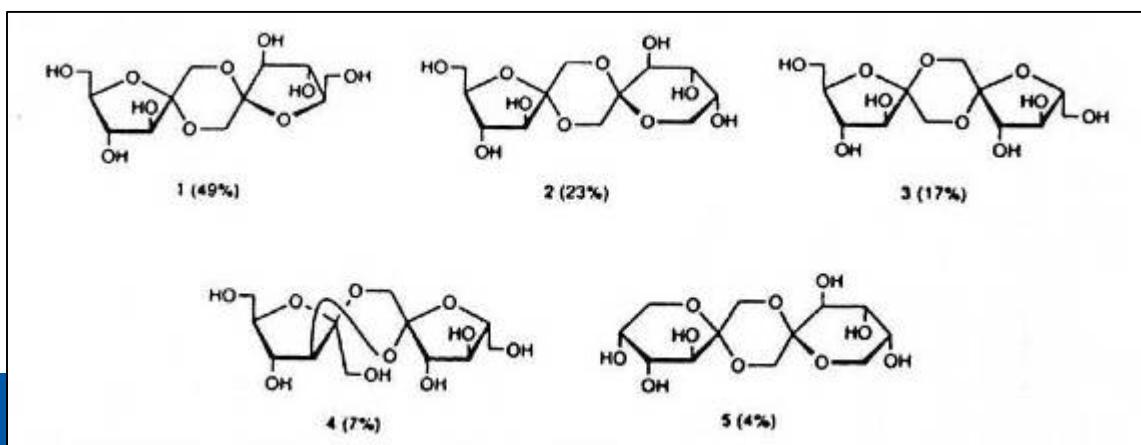
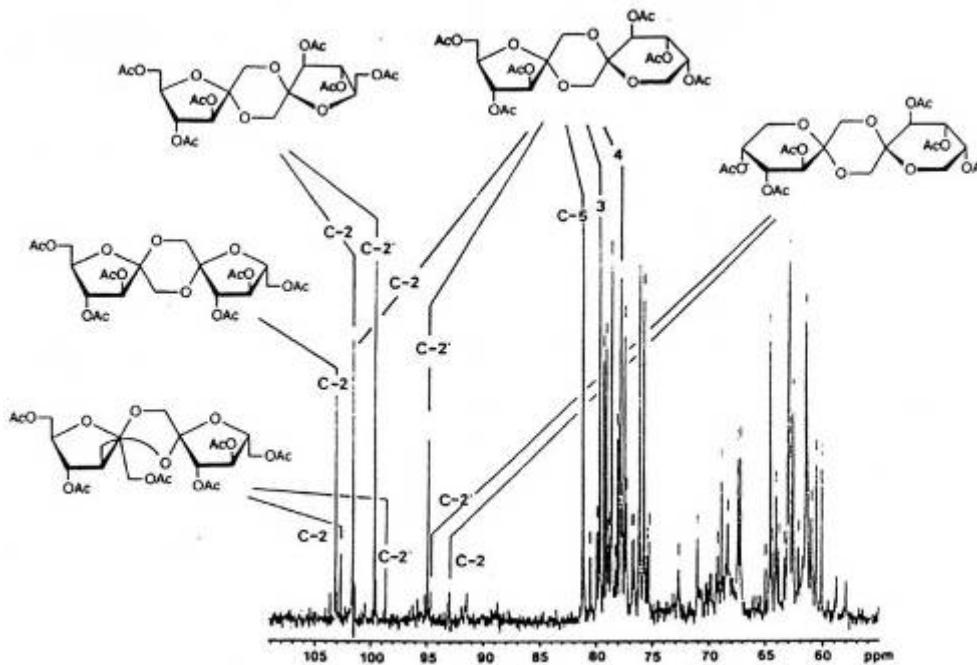
Ethanol !



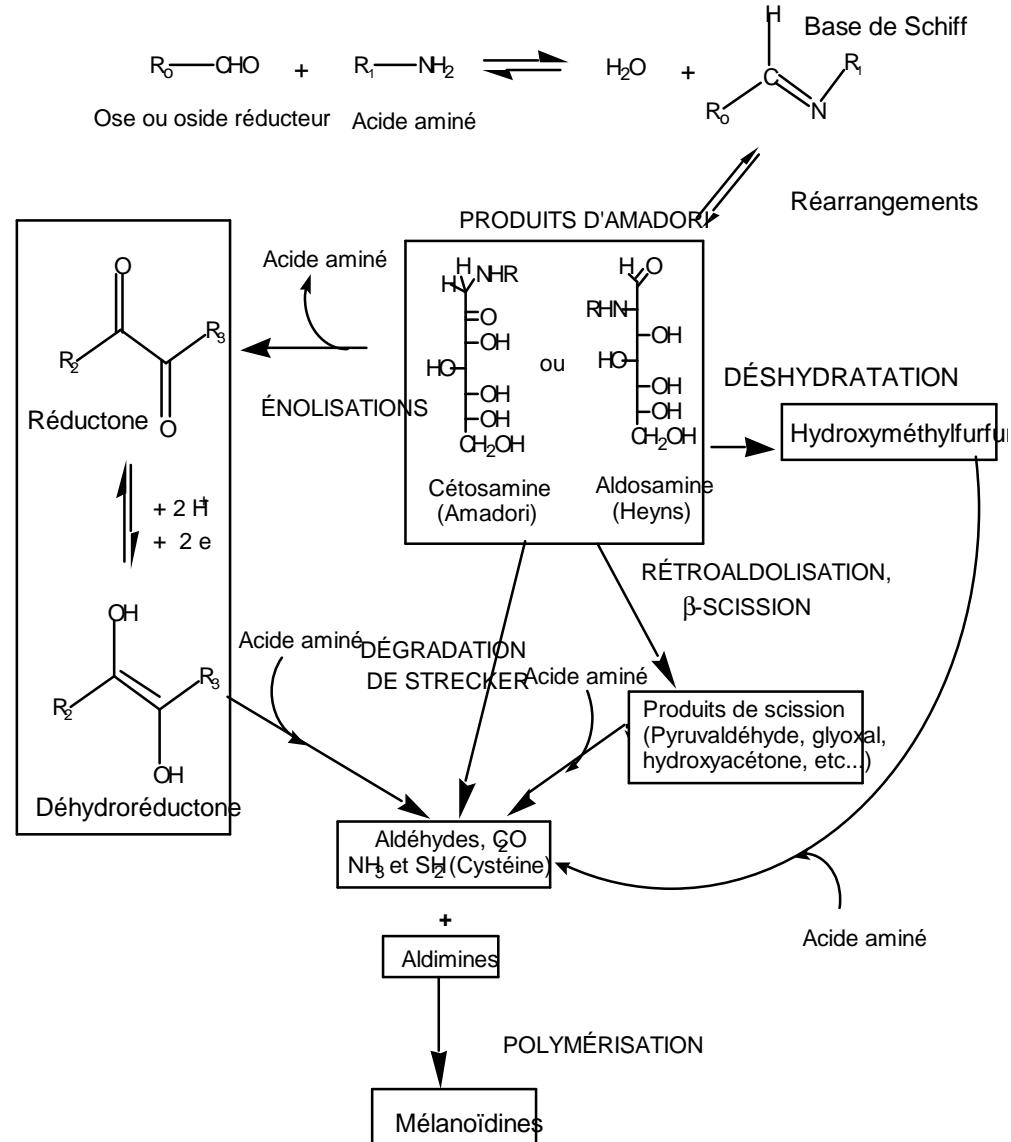
Sucrose



Fructose Dianhydrides

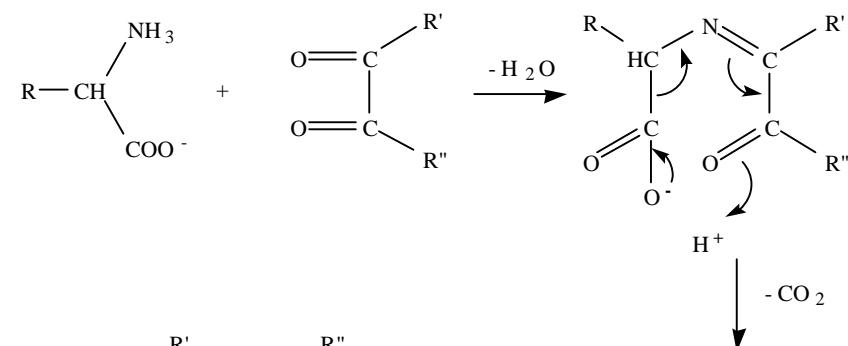
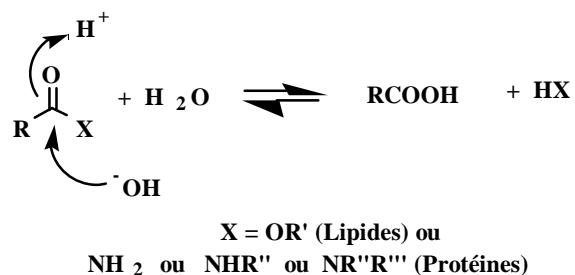


Let's play with Maillard

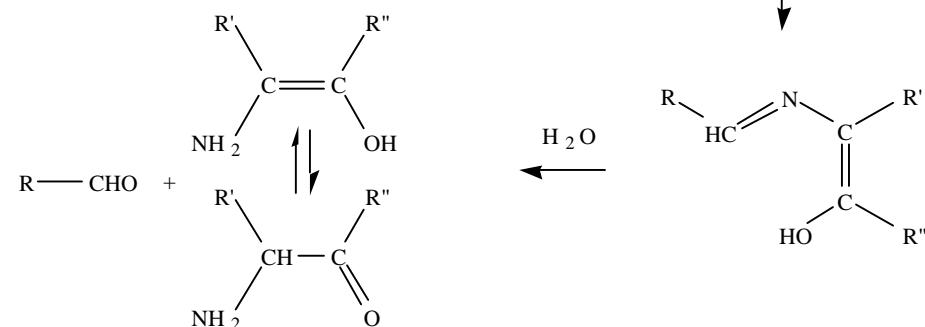
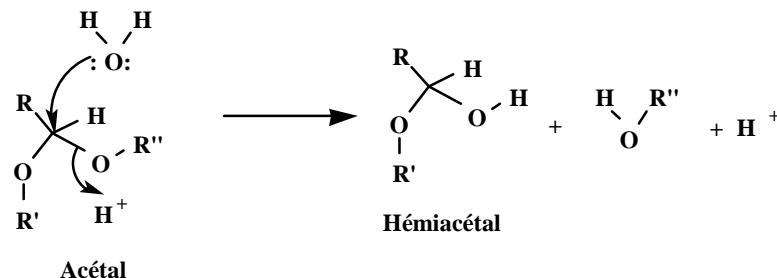


Other processes

PROTÉINES ET LIPIDES



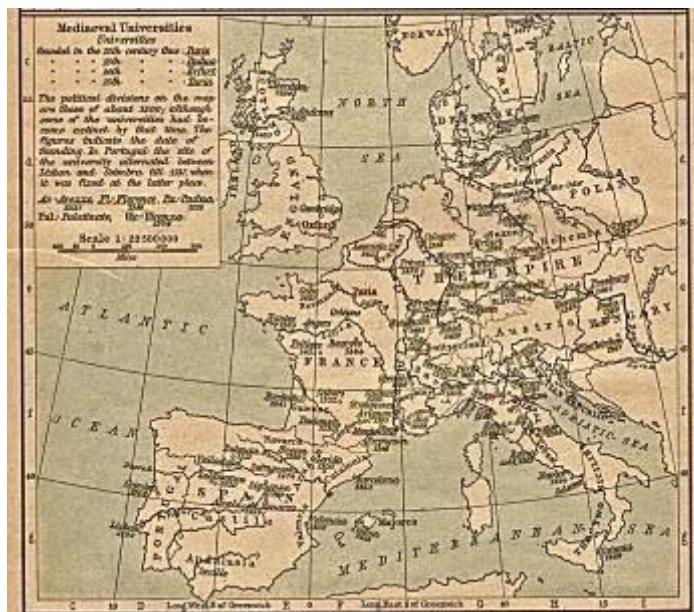
GLUCIDES



A list to build

- **Agents de saveur**
- Acide tartrique, Acide citrique, Glucose, Glycérol, Fructose, Lactose, Composés phénoliques, extraits de raisin, extraits de pommes, extraits de vin, Chlorure de sodium, Chlorure de calcium, Phosphate de sodium, Phosphate de calcium, Sulfate de calcium, Sulfate de sodium, Tyrosine, Glycine, Alanine, Valine, Leucine, Isoleucine, Sérine, Tyrosine, Threonine, Méthionine, Acide aspartique, Acide glutamique, Lysine, Arginine, Histidine, Phénylalanine, Tryptophane, Asparagine, Glutamine, Hydroxyproline, MSG
- **Gélifiants**
- Gélatines, Alginates, Pectines, Agar agar, Carraghénanes kappa, iota
- **Antioxygène**
- Acide ascorbique
- **Colorants**
- Caroténoides, Chlorophylle, Bétanine, bétalaine, Anthocyanes, Acide malique, Lycopène
- **Agents odoriférants**
- Aldéhyde cinnamique, Acide férulique, Alpha ionone, (-) carvone, Menthol, p-cymène, Acide galacturonique, Vanilline, Ethylvanilline, Aldéhyde sinapique, Aldéhyde cinnamique, Linalol, Octénol, Acétaldéhyde

Hic sunt leones



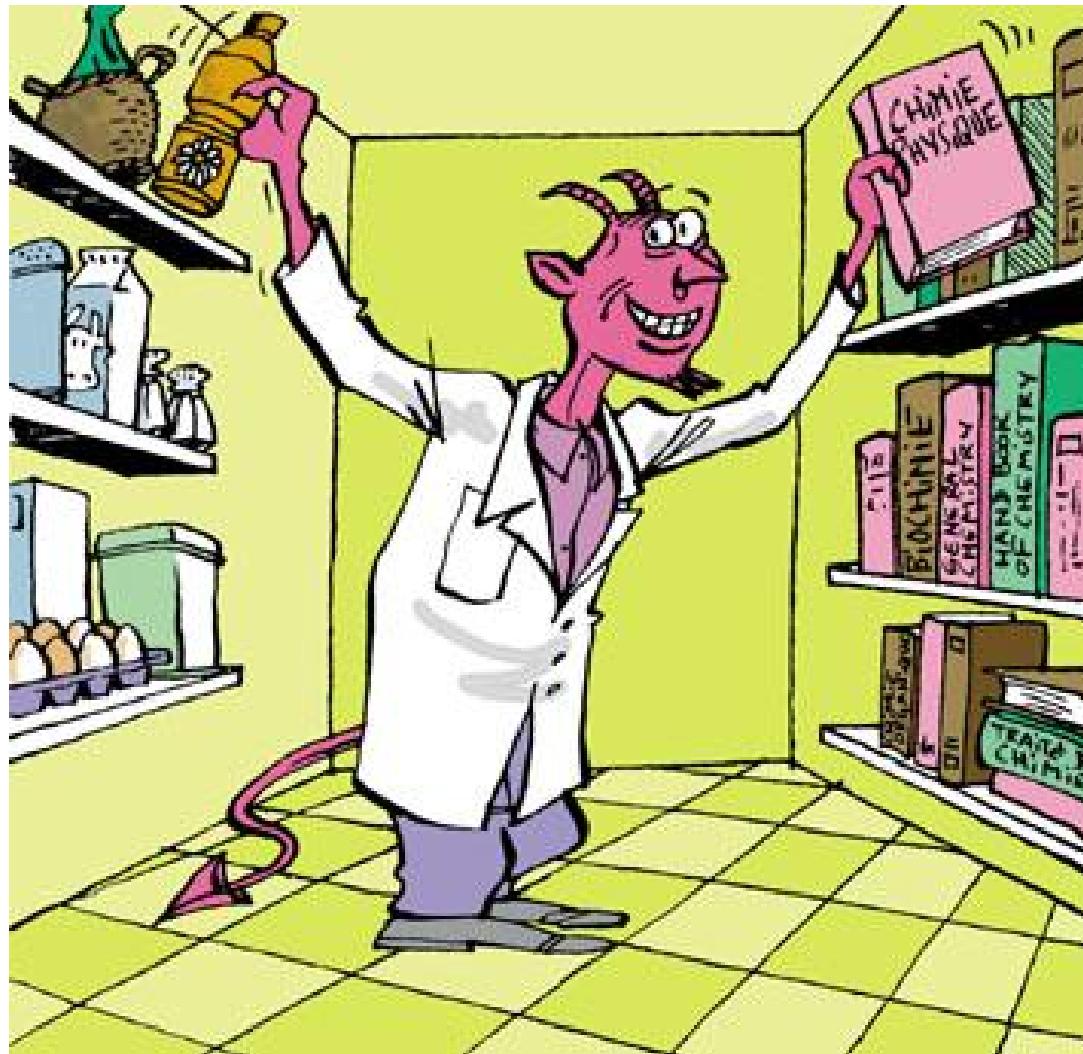
Carrot with tartaric acid, « Loving sauce » with leaves



Wöhler Sauce

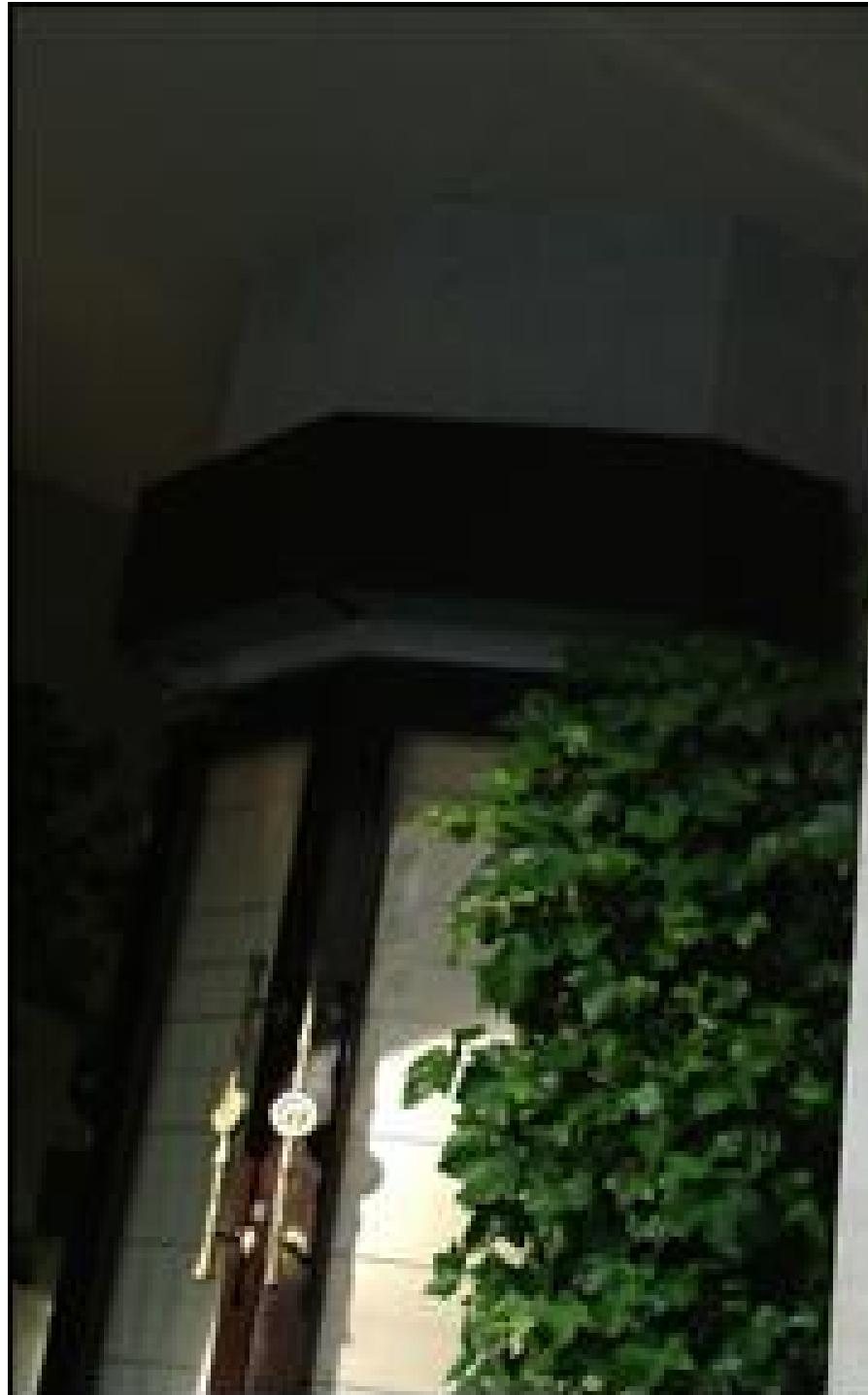


Should we fear this?



Culinary constructivism (prefer artificial rather than natural)



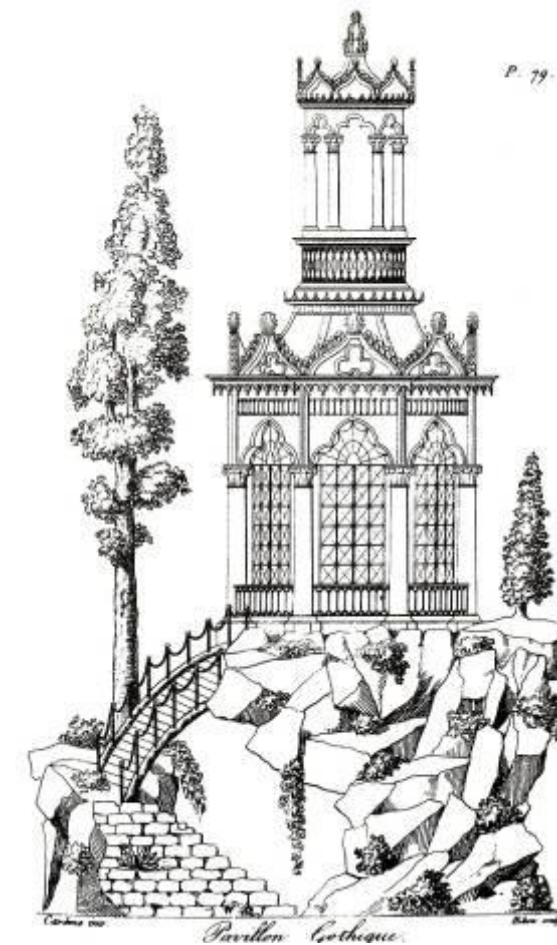
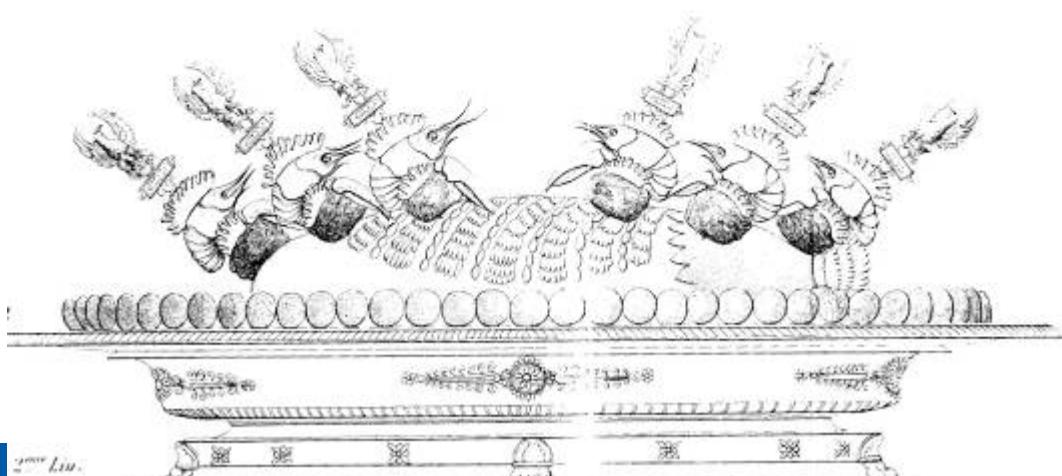
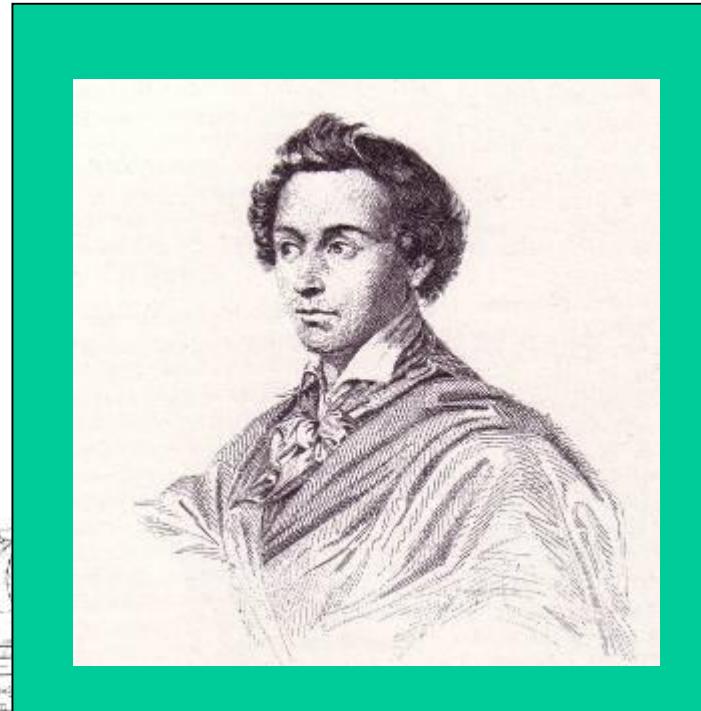
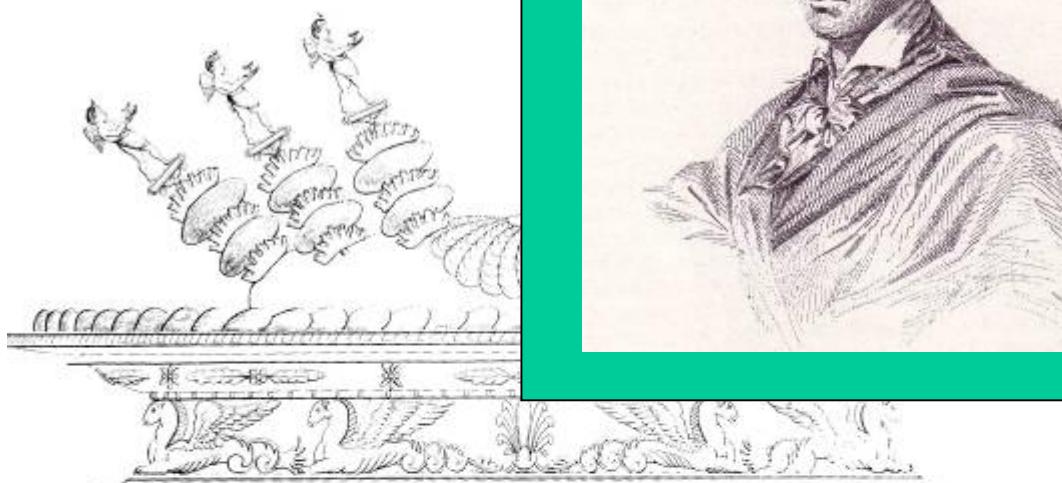




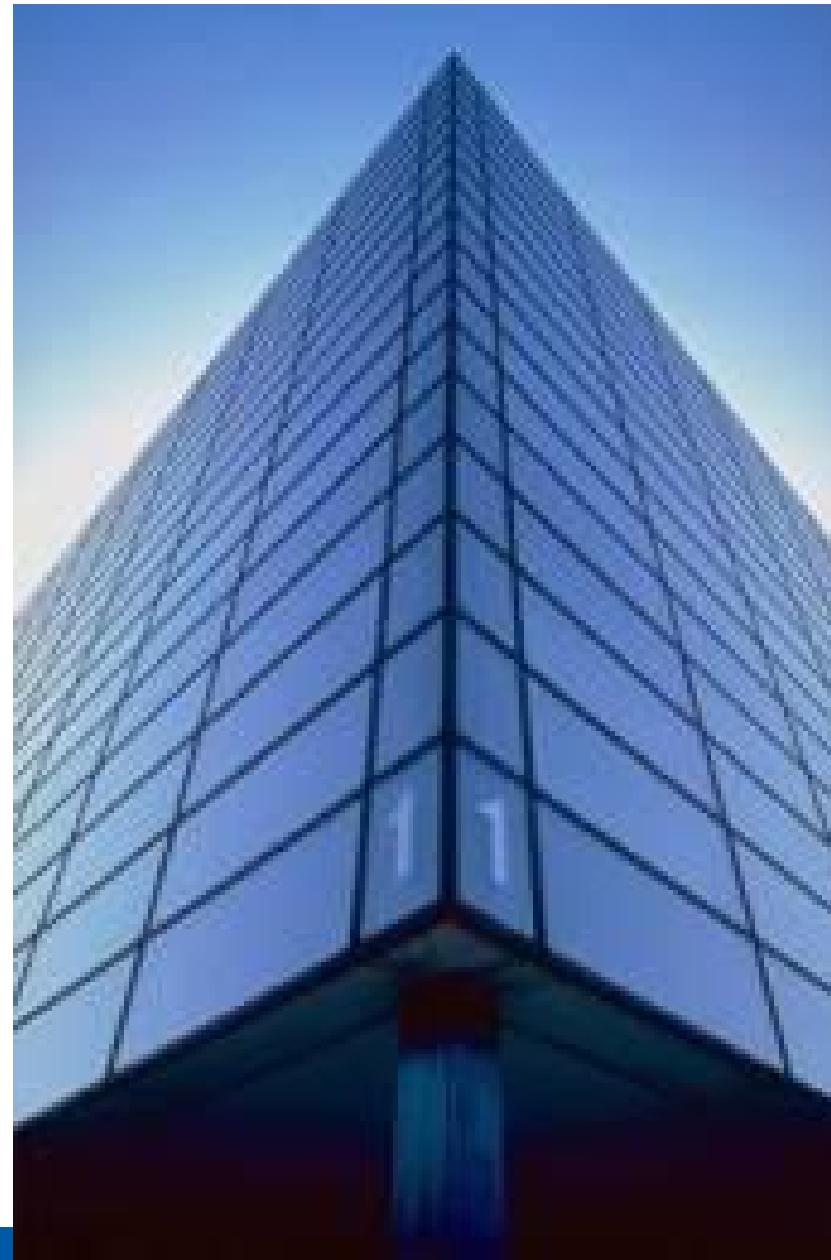
INRA



INRA



INRA



INRA



INRA



INRA



INRA



INRA



INRA

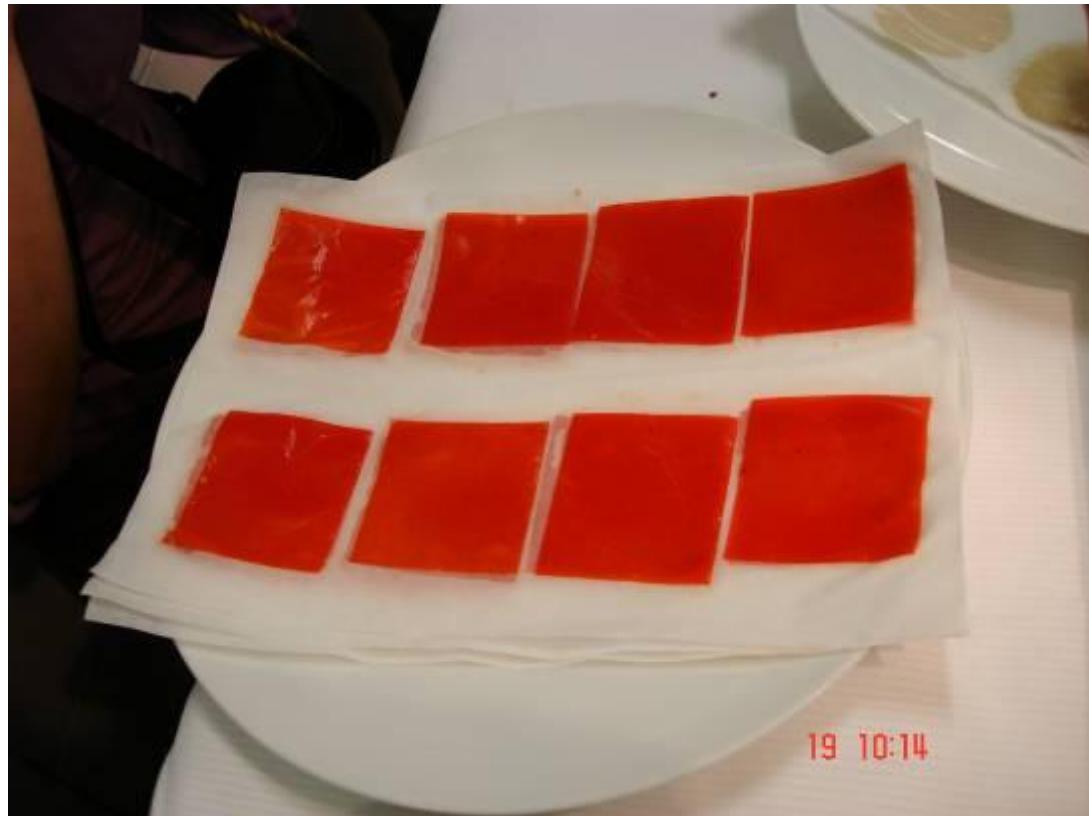


INRA



INRA

Les salades de l'abbé Nollet



En voici une :



INRA

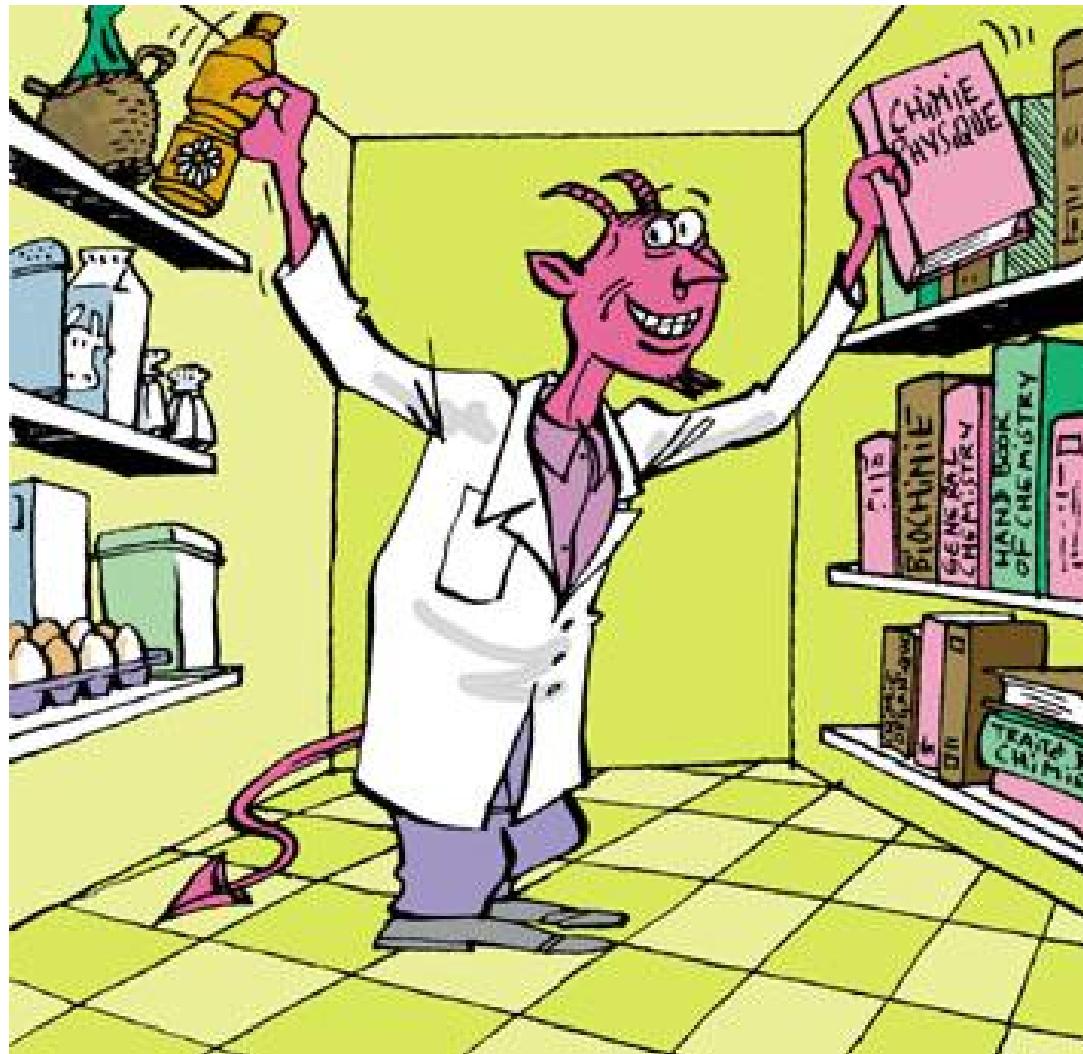
A la Fourier



19 10:38

INRA

Should we fear this?



Not if

art

and

AMOUR

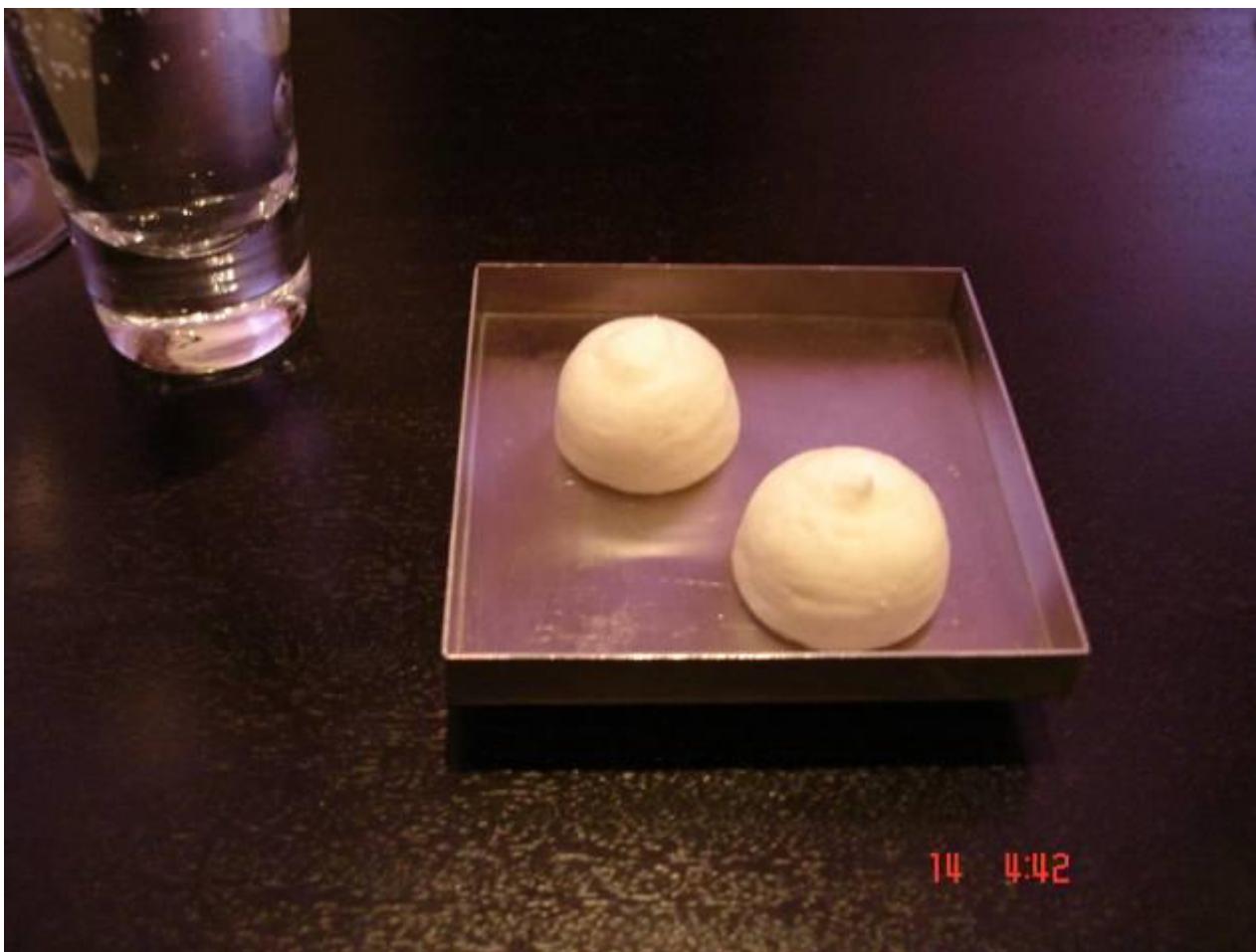




INRA



INRA



INRA



INRA



INRA



27 2052

INRA



INVA



INRA



INRA



INRA



INRA



INRA



INRA



21 14:36

INRA



INRA



INRA



Denis Martin, Vevey (Swiss)

INRA



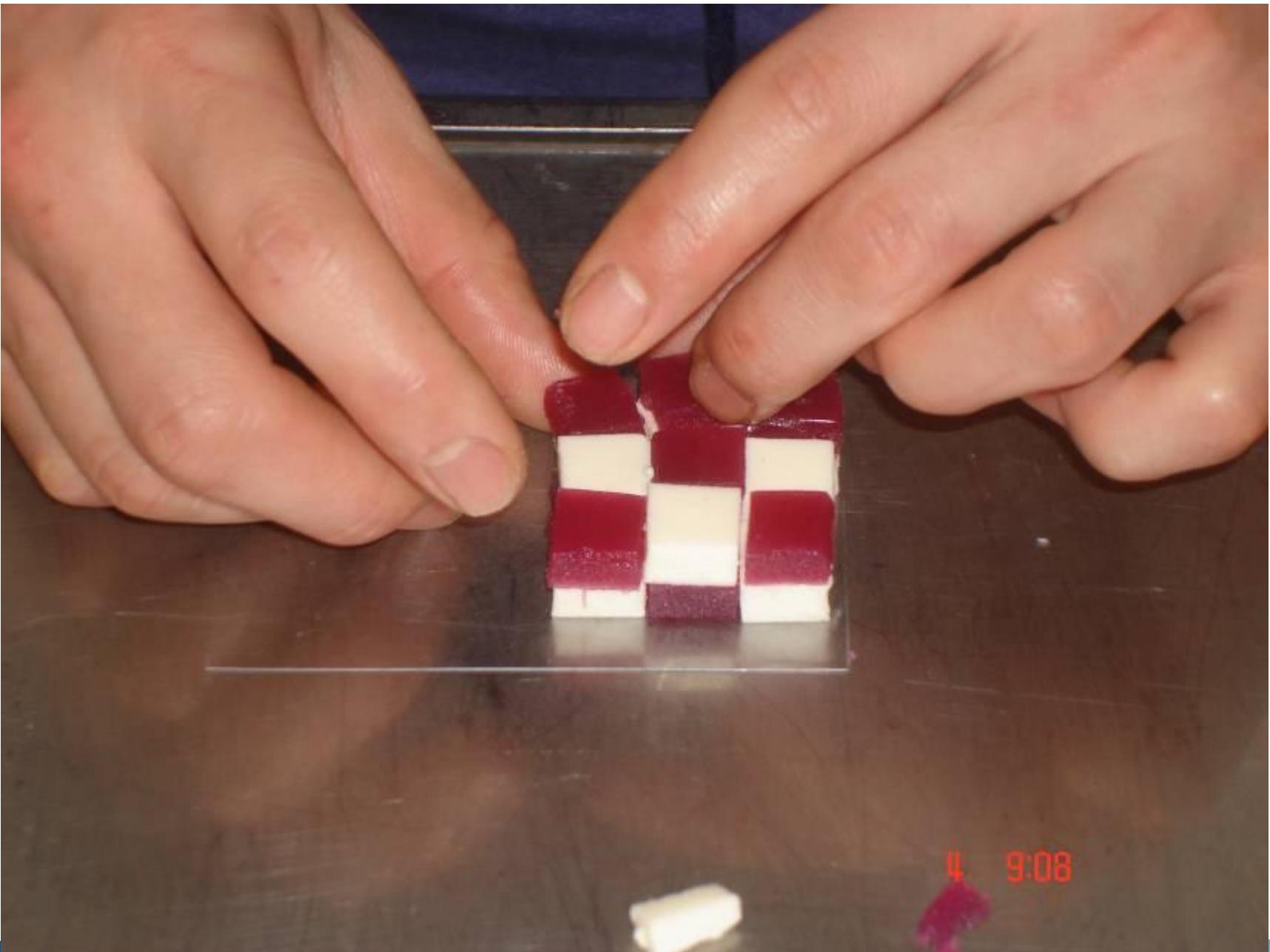




INRA

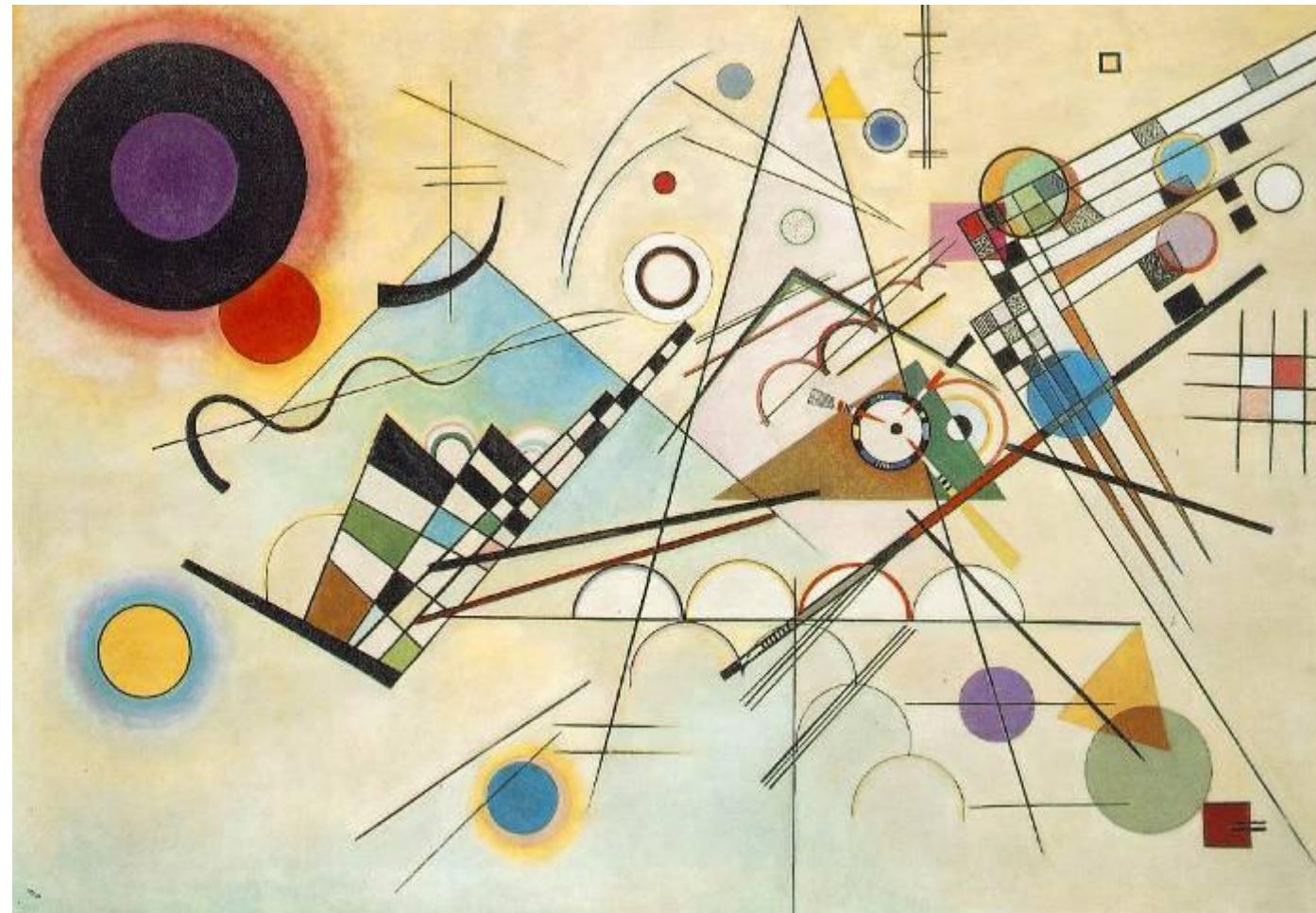


INRA



INRA

Un plat abstrait





INRA

The model developed for the colour change during blanching is based in the following idea:

1. The increase of colour intensity at the early stage of blanching can indeed attributed to a chemical conversion, or physical process connected.
2. The decrease can be considered as the degradation balance of this chemical conversion that took place in the first stage.

Thus, the mechanism of the colour conversion can be reduced to the following system of chemical equilibria.

> Gp->G;



> G->Decay_Products;



In this mechanism, Gp can be considered as the coloured compound in a different physical (opaque) precursor configuration from which the colouring compound G is formed. kc and kd are the reaction rate constants for the conversion and the degradation reaction, respectively. Based on the fundamental rules of chemical kinetics, this reaction mechanism can be converted into a set of differential equations:

> restart;

> eq1 := diff(Gp(t),t) = -kc*Gp(t);

$$EQ1 := \frac{d}{dt} Gp(t) = -kc Gp(t)$$

> eq2 := diff(G(t),t) = kd*Gp(t) - kd*G(t);

$$EQ2 := \frac{d}{dt} G(t) = kd Gp(t) - kd G(t)$$

> eq3 := diff(DP(t),t) = kd*G(t);

$$EQ3 := \frac{d}{dt} DP(t) = kd G(t)$$

> pdsolve ((eq1,eq2,eq3), {Gp(t),G(t),DP(t)});

$$\left\{ DP(t) = - \frac{kd \left(-_C1 e^{(-kc)t} + \frac{C2 \, kc \, e^{(-kd)t}}{kd} - e^{(-kd)t} \, _C2 \right)}{kc - kd} + _C3, Gp(t) = _C1 e^{(-kc)t}, \right.$$

$$\left. G(t) = \left(- \frac{kc \, _C1 \, e^{(-t(kc - kd))}}{kc - kd} + _C2 \right) e^{(-kd)t} \right\}$$

>

Herve.this@paris.inra.fr

