

cea

PRINCIPE ET HISTORIQUE

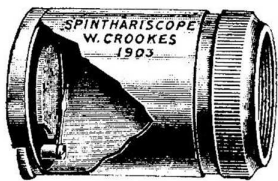
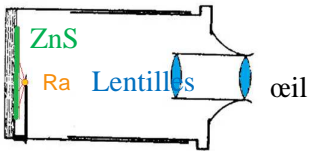
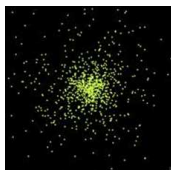
instn

cea 1ER DÉTECTEUR : L'OÛIL !

**1903-Angleterre**

- Expérience de fluorescence avec ZnS
- Crookes renverse une source de Ra
- Vérification au microscope des restes sur le ZnS
- Observation d'étincelles (spintharis en grec)

*Scintillation solide inorganique*

Wilson Cloud Chamber	50	56
Organic Scintillation Material	50	58
Sodium Iodide Scintillator	52	58
End-window Phototubes Practical Cerenkov and Scintillation Counters	52	58
Emulsion Stacks	54	56
Diffusion Cloud Chamber	54	56
Bubble Chamber	54	58
Transistors	58	58

instn

**cea** 1940 : APPARITION DES PHOTOMULTIPLICATEURS

The diagram illustrates the internal structure and operation of a photomultiplier tube. At the top, a red wavy line labeled 'Photon' enters through a blue 'entrance window' and strikes a yellow 'photo cathode'. This process is labeled 'Effet photoélectrique' (photoelectric effect), resulting in the emission of an 'Electron'. The tube is enclosed in a 'protection étanche à la lumière' (light-tight protection). The electron then travels through a series of four 'Dynodes' (curved electrodes) where secondary electron emission occurs, multiplying the signal. The final stage is the 'Anode'. The entire tube is connected to a 'Voltage divider' circuit consisting of several resistors 'R' connected in series between a supply voltage 'U<sub>b</sub>' and ground. A large blue arrow labeled 'Impulsion' (pulse) points away from the anode, indicating the output signal.

**instn** | PAGE 3

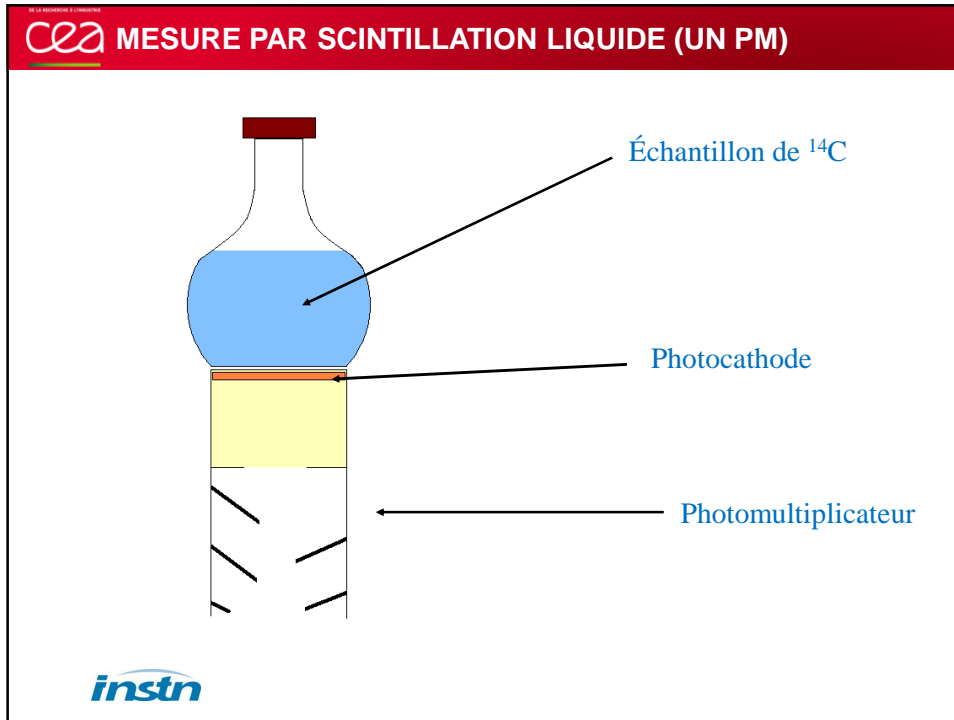
**cea** 1947 : 1<sup>ER</sup> SCINTILLATEUR ORGANIQUE SOLIDE + 1 PM

Ruines de la technische universität

1947-Berlin  
Kallmann et Broser  
Etude des neutrons rapides

Dans les caves ...

**instn** | PAGE 4



**cea**

**COINCIDENCE / ANTICOINCIDENCE**

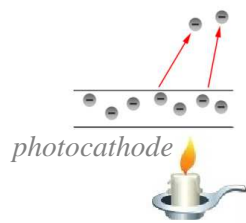
**instn**

## cea BRUIT DE FOND ÉLECTRONIQUE TROP IMPORTANT

Principe :

Un électron de conduction gagne suffisamment d'énergie cinétique avec la chaleur pour s'extraire de son métal

Le phénomène est décrit par l'équation de Richardson :

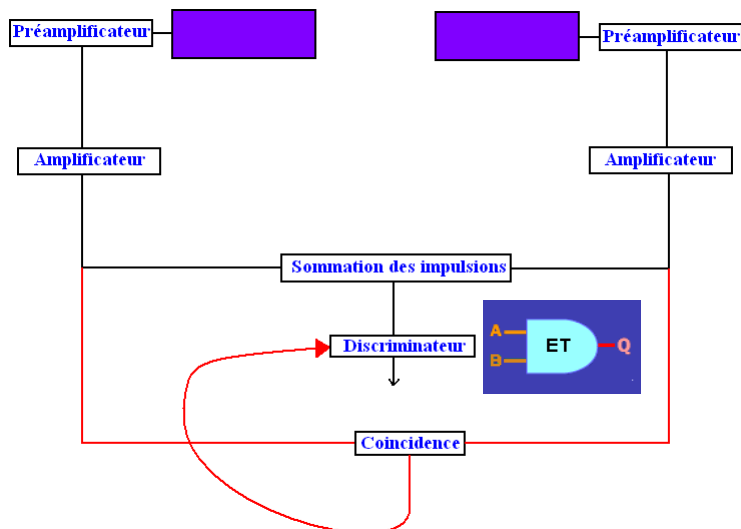


$$i \text{ (A)} = 8000 \cdot T^2 \cdot e^{-\frac{2.32 \cdot 10^{-42}}{T}} \sim 8000 T^2$$

Une technique facile de réduction : refroidir

instn

## cea MONTAGE EN COÏNCIDENCE



instn

| PAGE 8

**cea** **REPRÉSENTATION PHYSIQUE**

Répartition du bruit de fond dans le cas d'un montage en coïncidence

Appareil	10%
CrossTalking	22%
Verre (flacon ou Photomultiplicateur)	37%
Le liquide scintillant	31%

**Beckman Instruments, Inc.**

**cea** **EFFETS INDIRECTS DU PLOMB SUR UN COMPTEUR**

Événements peu probables mais systématiquement **COINCIDENCANT**

**instn** | PAGE 10

## cea LE RENDEMENT DE DÉTECTION

$$\text{Rendement} = \frac{\text{Ce qui est vu (mesuré) par l'appareil}}{\text{Ce qui existe réellement}} = \text{fraction de l'événement qui est mesuré}$$

Lorsque le détecteur est performant :

Le rendement = constante (proportionnalité entre ce qui est vu et ce qui existe)

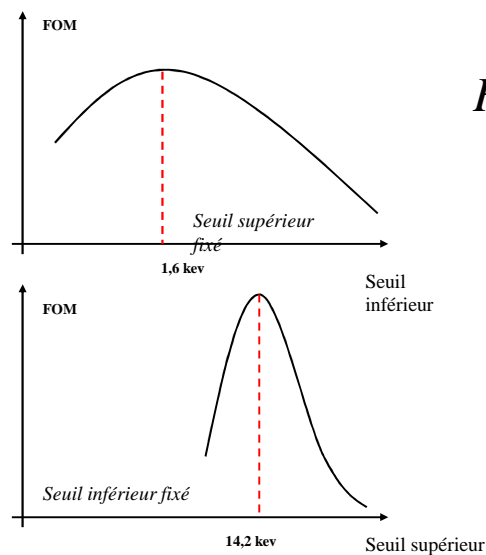
Classiquement, on pourra écrire :

$$\varepsilon (\text{rendement}) = \frac{\text{Ce qui est mesuré (cpm)}}{\text{Ce qui existe réellement (dpm)}}$$

→ Attention au choix des fenêtres

instn

## cea OPTIMISATION DU FACTEUR DE MÉRITE : CAS DU TRITIUM



$$FOM = \frac{Eff^2}{Bdf}$$

instn

cea

# LES LIQUIDES SCINTILLANTS

instn

cea TRANSFERT D'ÉNERGIES

Interaction de l'électron

$e^-$

$E$

Transfert des excitations vers le 1<sup>er</sup> soluté

$\frac{dE}{dX}$

$S1$

$\frac{dE}{dX}$

Transfert de l'énergie entre soluté

$S1$   $S2$   $S1$   $S2$

$S2$

Émission par le soluté

$S2$   $S2$

instn

| PAGE 14

**cea**

Transfert de l'énergie (FRET)

Niveau excités

Soluté

Fluorescence

Niveaux fondamentaux

Molécules du solvant

Energie

*hv*

*hv*

**instn**

| PAGE 15

**cea** FILIATION DES SOLVANTS

CH<sub>3</sub>

Toluène

R

R : - C<sub>12</sub>H<sub>25</sub>  
LAB (Linear-Alkyl-Benzene)

2

CH<sub>3</sub> Xylène

3

CH<sub>3</sub> Pseudocumène

R

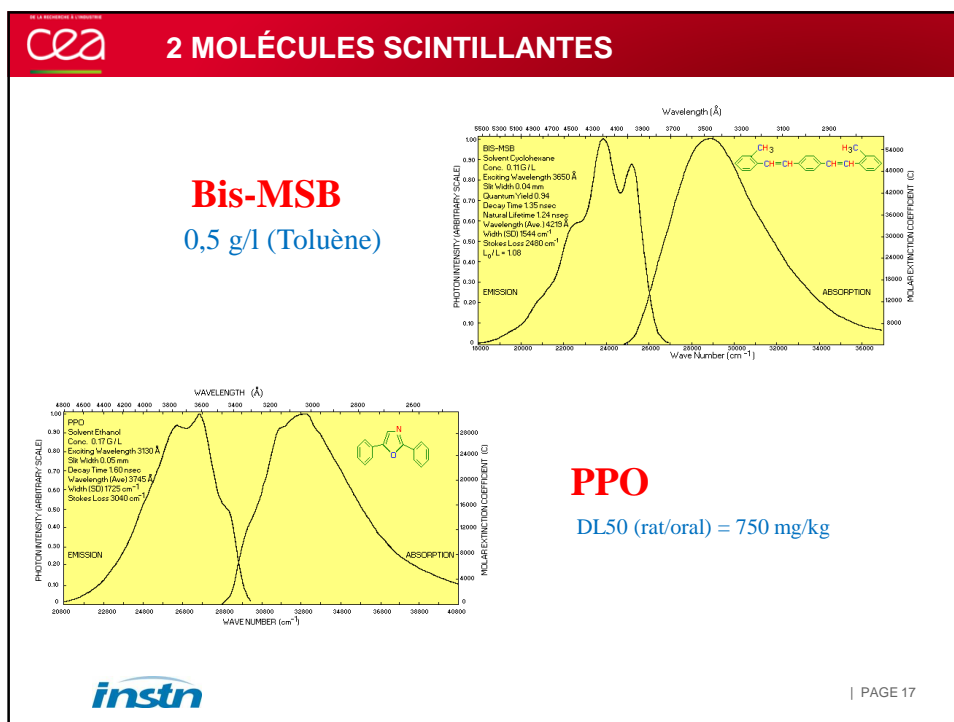
R : - φ-CH(CH<sub>3</sub>)-  
PXE (1-Phenyl-1-XylylEthane)

Naphtalène

R

R : - C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>  
DIPN (DiIsoPropylNaphthalene)

**instn**



**cea** PORTRAIT ROBOT

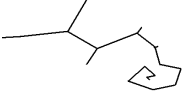
1. Soluté I : Bis-MSB
2. Soluté II : PPO
3. Solvant : DIPN, Pseudocumène, PXE, LAB

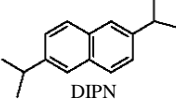
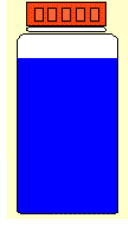
Une dilution du liquide scintillant peut se faire avec les alcanes qui sont transparents aux UV

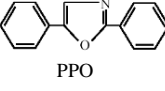
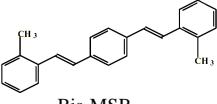
Les SOLUTES I & II	
PPO (2,5-Diphenyl oxazole)	92-71-7
POPOP (1,4-bis-2-(5-phényl oxazolyl benzène)	1806-34-4
bis-MSB (1,4-Bis (2-méthyl styryl) benzène) ou p-bis(o-méthyl styry)benzène	13280-61-0
butyl PBD (2-(4-biphenyl)-5-(tert, -butyl phenyl)-1,3,4-oxadiazole	15082-28-7

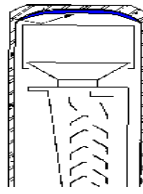
**instn** | PAGE 18


**cea** **BILAN**

1 Ralentissement 

2 Transfert de l'énergie (solvant)  

3 Émission de lumière (solutés 1 & 2)  

4 Effet photoélectrique (photocathode  $K_2CsSb$ ) 

5 Amplification (dynodes) 

**instn** | PAGE 19

**cea** **ANALOGIE**

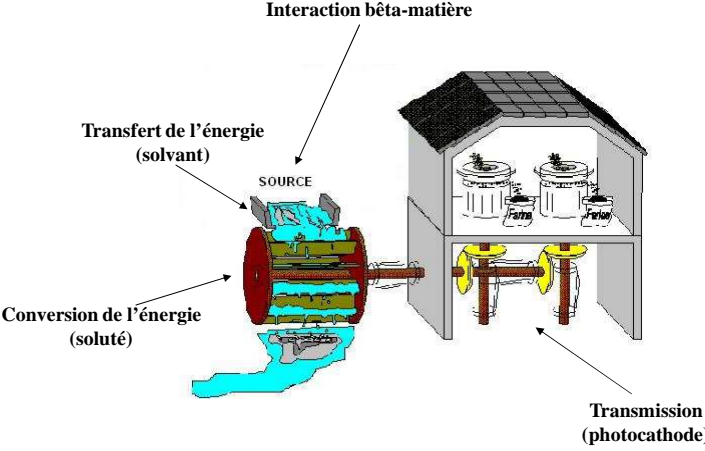
Interaction bêta-matière

Transfert de l'énergie (solvant)

Conversion de l'énergie (soluté)

SOURCE

Transmission (photocathode)



**instn** | PAGE 20

cea

COCKTAIL SCINTILLANT

instn

A slide with a red background. The top left corner features the CEA logo. The center contains the text 'COCKTAIL SCINTILLANT' in white. The bottom left corner features the instn logo.

cea

MELANGE DES PHASES AQUEUSES (ECHANTILLON) ET ORGANIQUES (LIQUIDE SCINTILLANT)

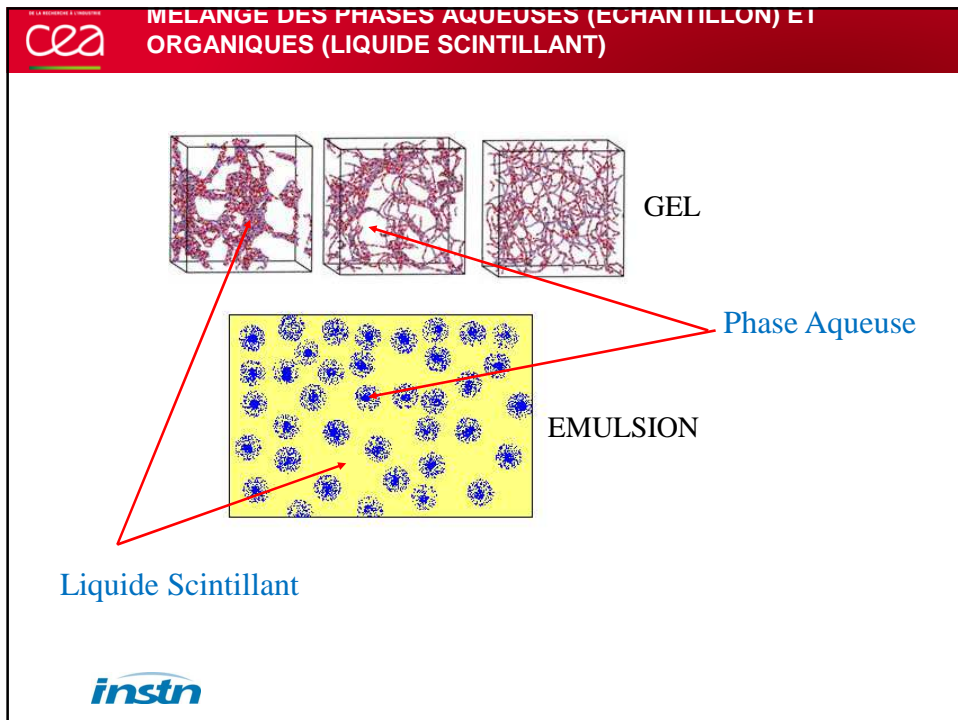
GEL

Phase Aqueuse

EMULSION

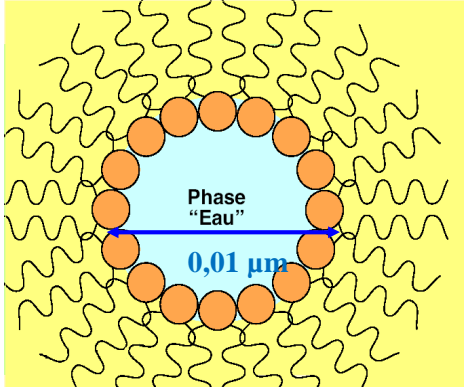

Liquide Scintillant

instn

A diagram illustrating the transition from an emulsion to a gel state. At the bottom, a yellow box labeled 'EMULSION' contains blue circular particles representing the 'Phase Aqueuse' (aqueous phase) dispersed in a 'Liquide Scintillant' (scintillant liquid). Three red arrows point from this emulsion to three sequential 3D wireframe cubes above, labeled 'GEL'. These cubes show the particles forming a network that solidifies the structure.

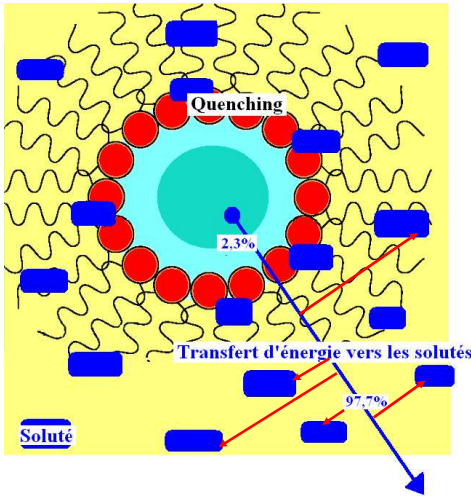
cea **FORMATION D'UNE MICRO-ÉMULSION INVERSE**

1. Solvant organique
2. Surfactant
3. Eau

instn

cea **PARCOURS DU TRITIUM DANS UNE ÉMULSION**



*Molécules de soluté S1 éloignés d'environ 800 µm les unes des autres*

instn

**cea** STABILISATION : UN SURFACTANT ANIONIQUE

$\Sigma = -$   $\Sigma = -$   $\Sigma = -$

REPULSION

**instn** | PAGE 25

**cea** DIAGRAMME TERNAIRE

(Surfactant) S

(Water) W

(Organic solvent) O

Pour une température donnée

Quicksafe 400

UltimaGold LLT

1 2 3 4 5 6 7 8 9

10 20 30 40 50 60 70 80 90

90 80 70 60 50 40 30 20 10

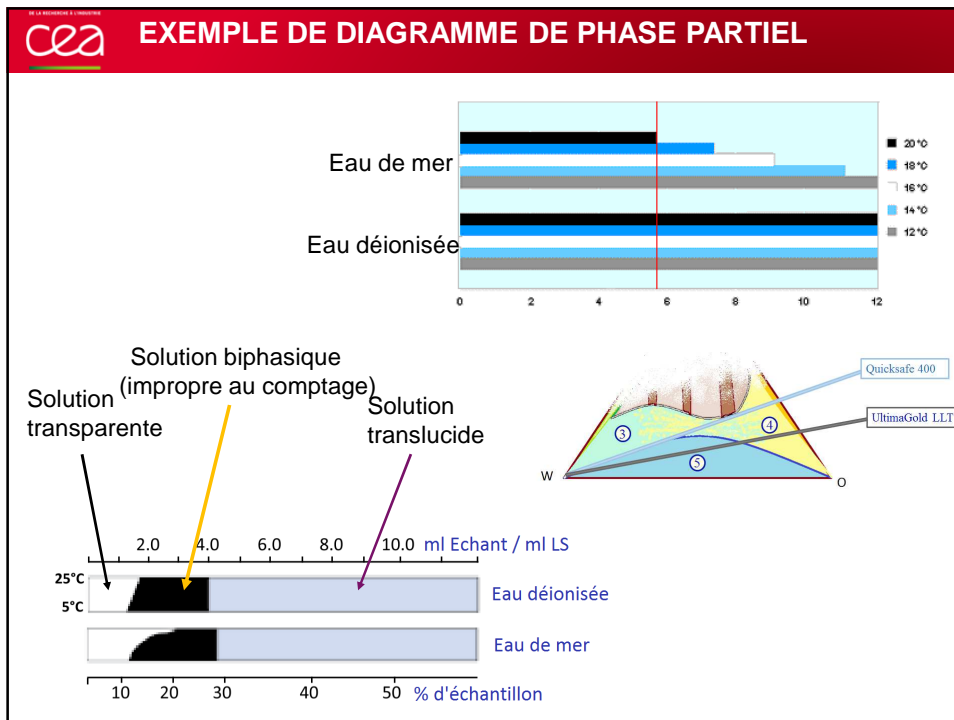
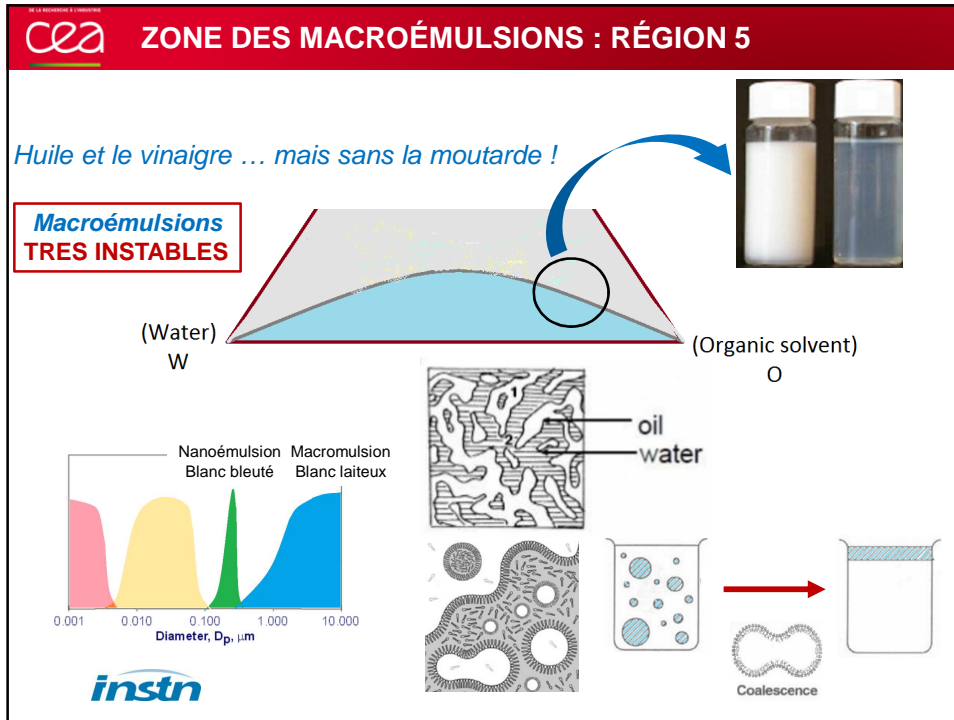
10 20 30 40 50 60 70 80 90

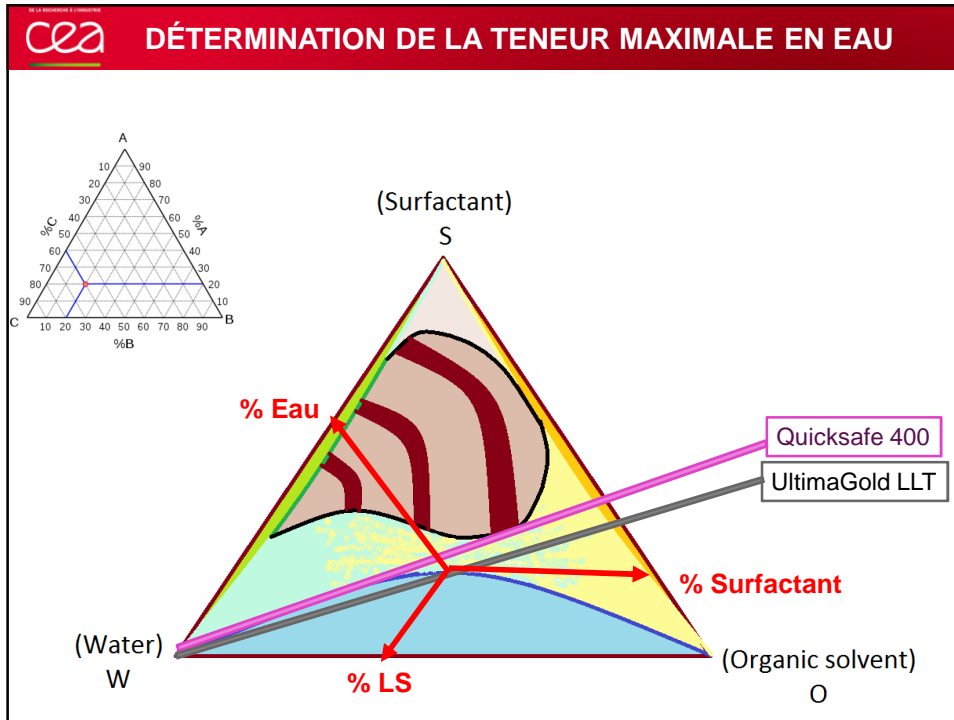
10 20 30 40 50 60 70 80 90

A B C

%B

| PAGE 26





**cea**

**RAYONNEMENT IONISANT**

**instn**

**cea** **INTERACTION AVEC LA MATIERE**

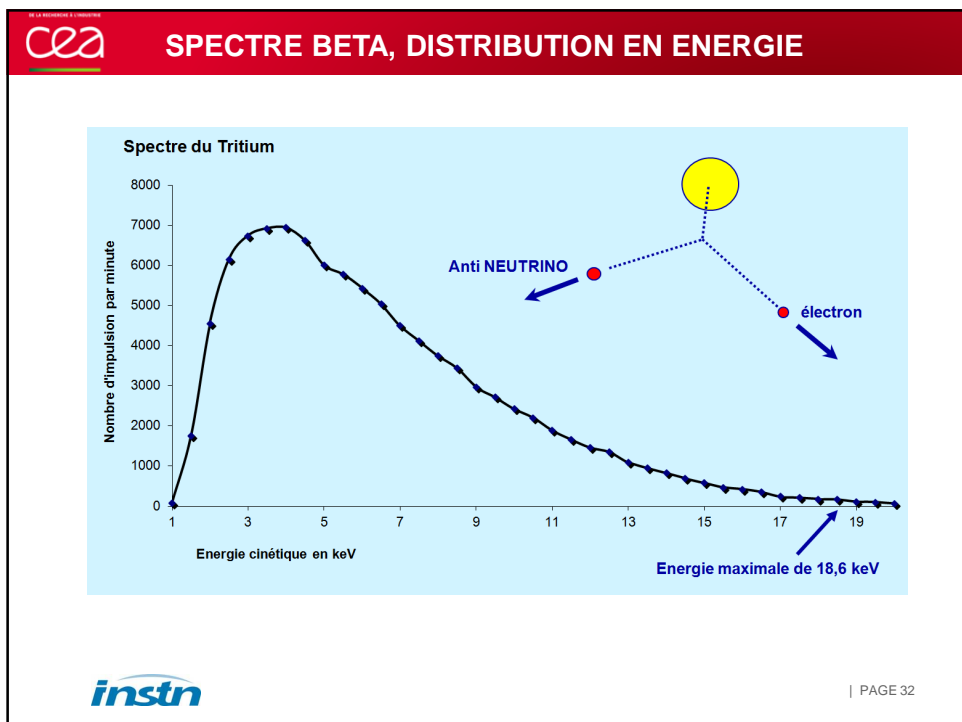
recombinaisons

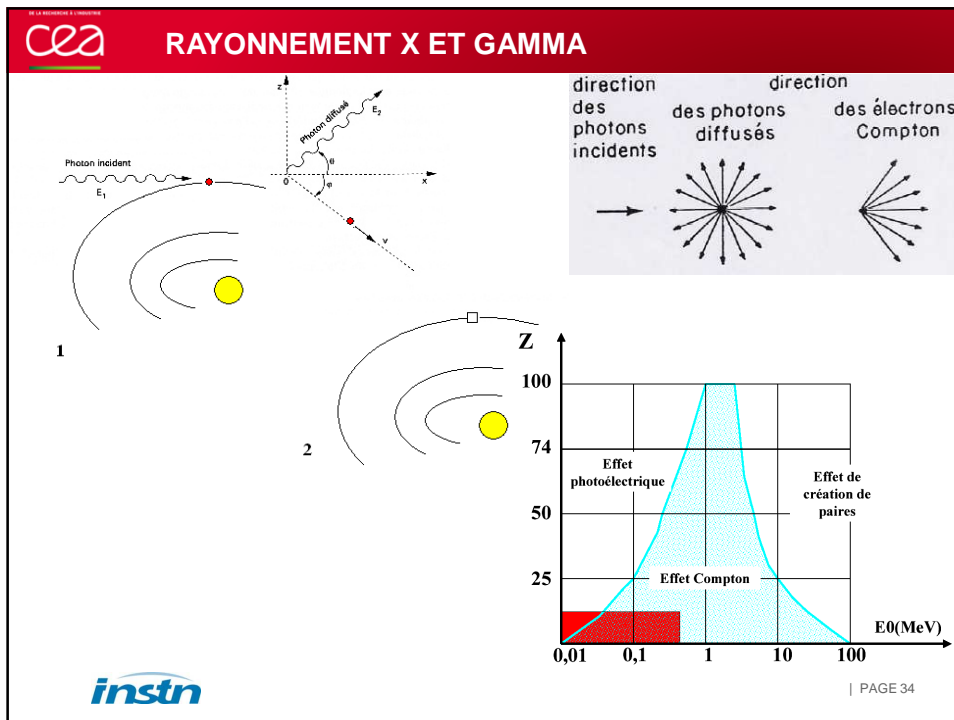
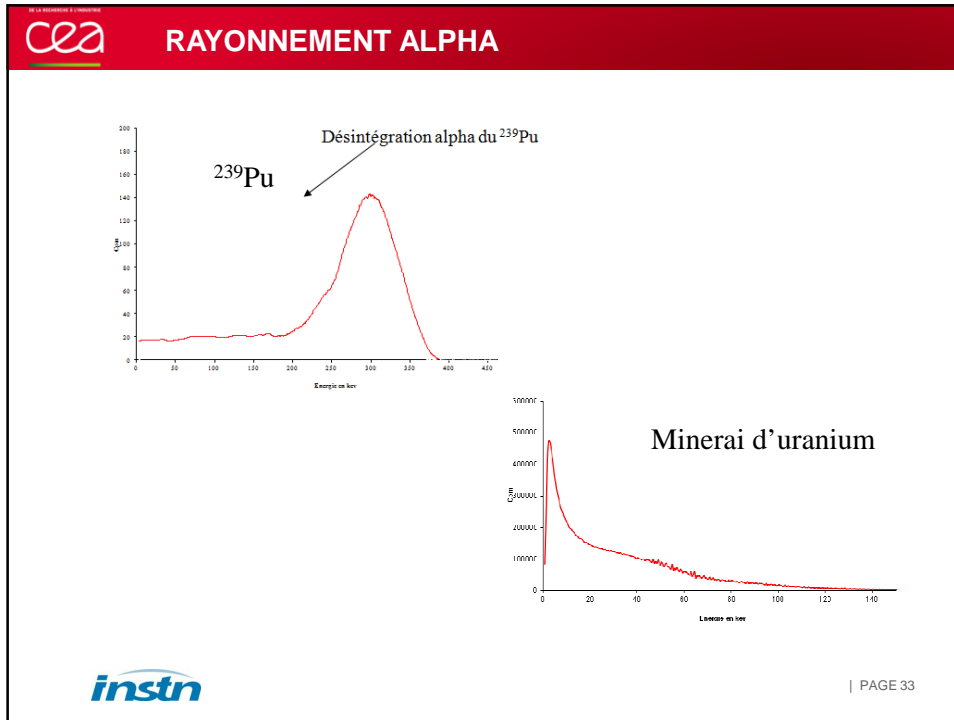
Excitation (67%) Ionisation (33%)

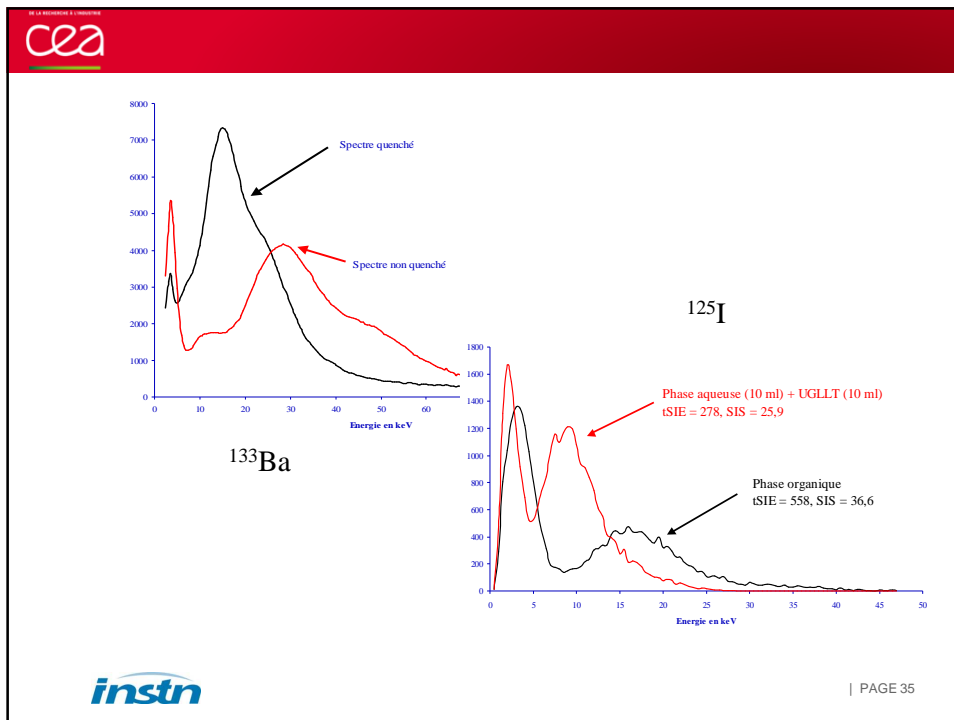
Echauffement du milieu Interaction Refroidissement des particules

Particule chargée

**instn** | PAGE 31







### EFFET CERENKOV

onde

particule chargée

onde

particule chargée

onde

cône

particule chargée

$n > 0$

$e^-$

$\theta$

$v$

L'angle  $\theta$  formé par le cône est donné par la relation :

$$\cos \theta = \frac{1}{\beta n}$$

ceea

instn

| PAGE 36

cea

## OBSERVATION DU QUENCHING

instn

cea DÉFINITIONS OFFICIEUSES

Rigoureusement, le quenching correspond au quenching chimique (désactivation avant émission de lumière)  
⇒ domaine des spectroscopistes

Par abus de langage, on appelle aussi quenching des phénomènes d'absorption :

- absorption physique (quenching physique)
- absorption chimique (quenching couleur, Cf à la loi de Beert-Lambert)

Dans ce cas la définition officielle sera  
« Tout phénomène d'affaiblissement du signal lumineux »

instn

**cea**

Absorption de lumière : quenching physique

Désintégration beta    Solvant    Soluté    Lumière

Quenching chimique : dissipation de l'énergie avant l'émission de lumière

Absorption de lumière : quenching couleur

**instn** | PAGE 39

**cea** CONSÉQUENCE DU QUENCHING SUR L'IMPULSION

CL-DOL

Une particule non quenchée

mV

t

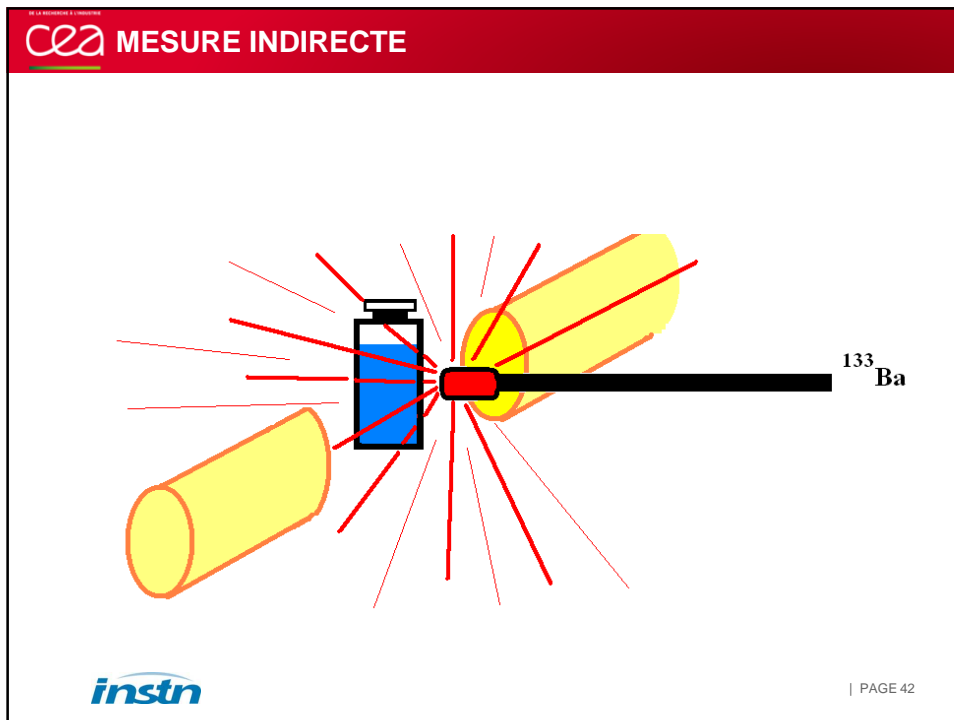
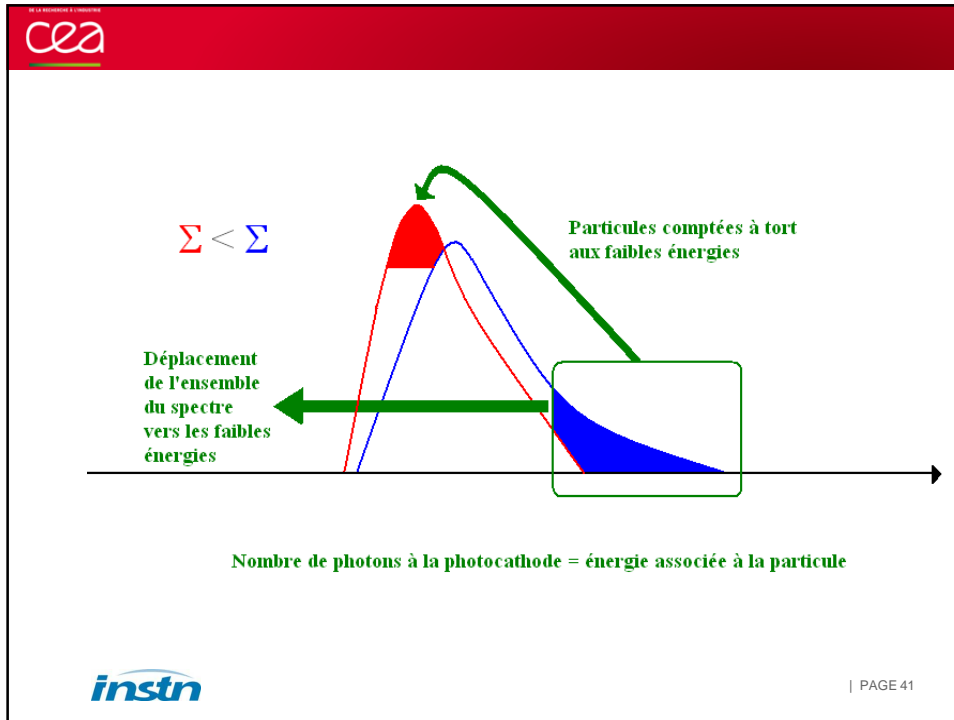
CL-DOL

Une particule quenchée

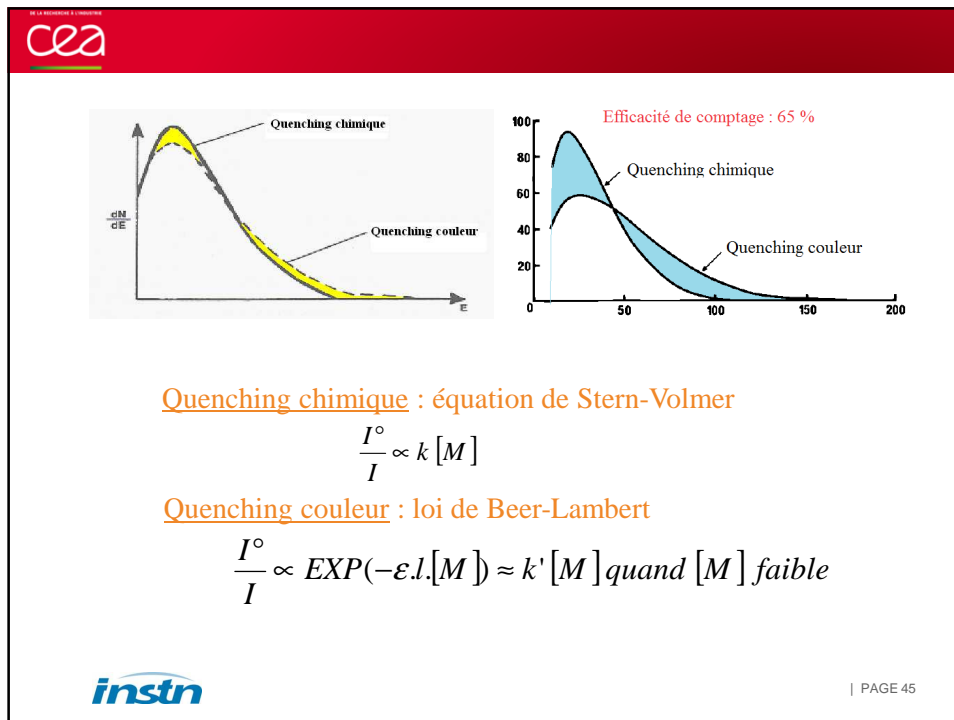
mV

t

**instn**





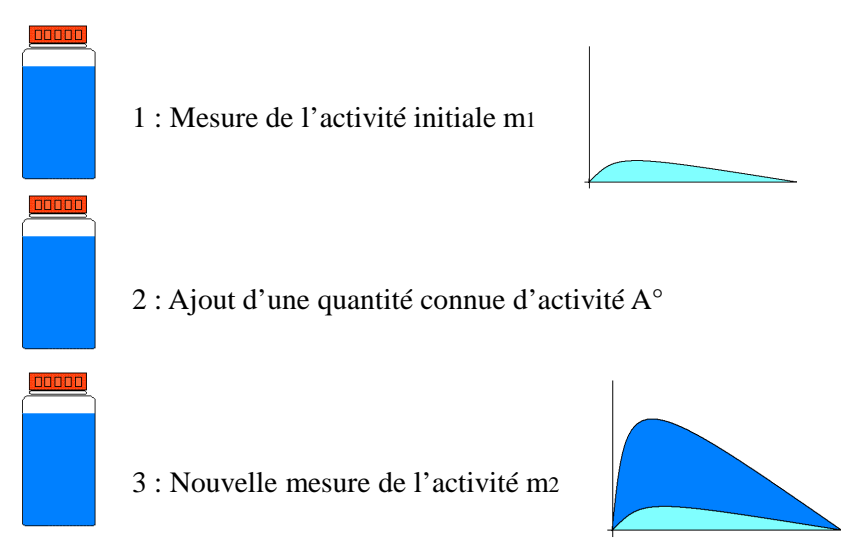


cea

DÉTERMINATION DE L'ACTIVITÉ D'UN ÉCHANTILLON INCONNU

instn

cea FLUCTUATION DU BRUIT DE FOND



1 : Mesure de l'activité initiale  $m_1$

2 : Ajout d'une quantité connue d'activité  $A^o$

3 : Nouvelle mesure de l'activité  $m_2$

instn | PAGE 47

cea

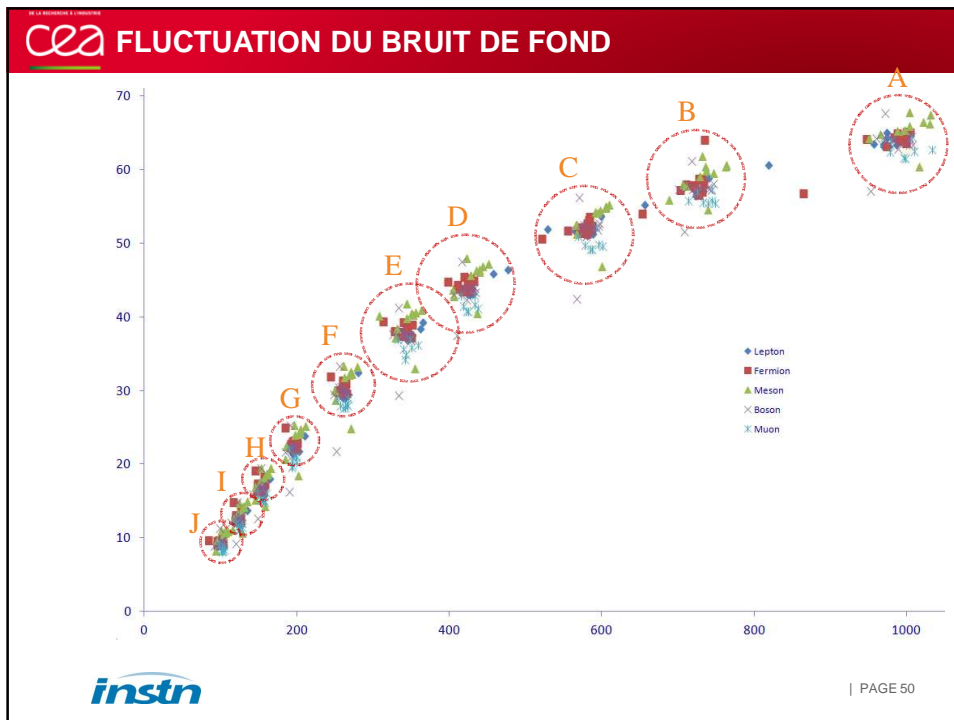
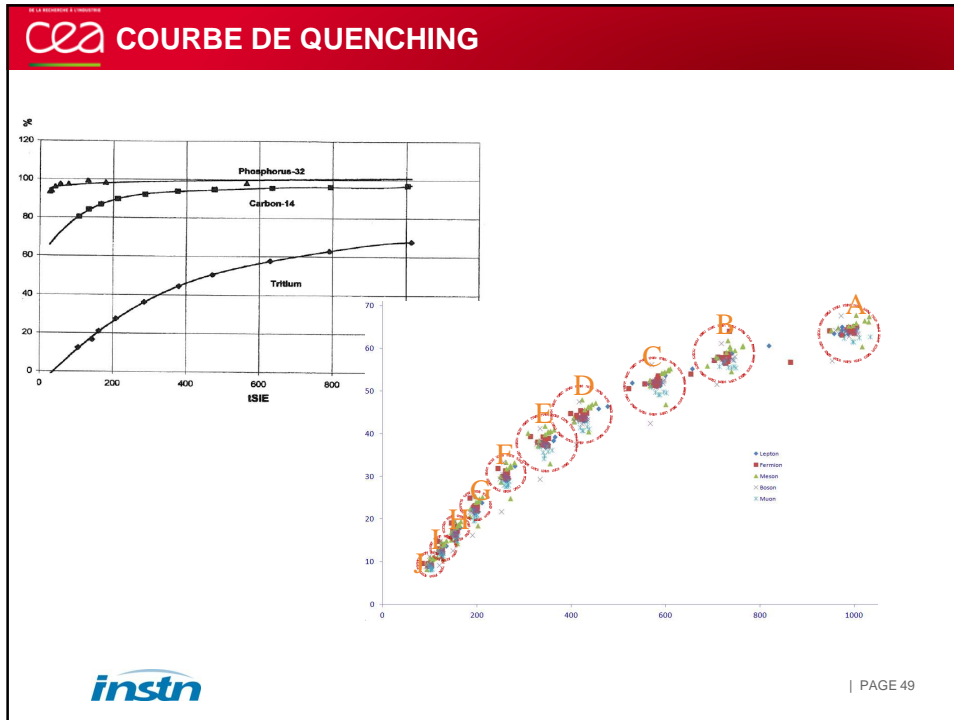
- L'efficacité est donnée par la relation :

$$\varepsilon = \frac{m_2 - m_1}{A^o}$$

- Et l'activité initialement contenue, par la relation :

$$A_1 = \frac{m_1}{\varepsilon} = \frac{m_1}{m_2 - m_1} A^o$$

instn | PAGE 48

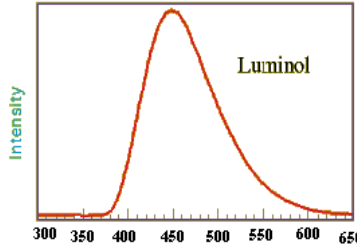



cea

# CHIMILUMINESCENCE

instn

cea EXEMPLE DE CHIMILUMINESCENCE



Opposé du quenching : il y a production de lumière.  
En général un **milieu basique** et en **présence d'une molécule polaire avec un atome d'oxygène**.

- Cas des détergents
- Cas des liants hydrauliques (béton)
- Cas de minéralisation alcalines ou saponifications

instn

**cea LES ACTEURS**

Tous le constituants principaux d'un cocktail scintillant :

1. Le solvant
2. Les solutés
3. Le tensioactif

*En général fixés*

Auxquels il faut ajouter :

1. **Un milieu basique**
2. **La présence d'oxygène**
3. **L'exposition à la lumière solaire**

La réaction fait appel à un intermédiaire réactionnel : **un peroxyde**

endoperoxide

**instn**

