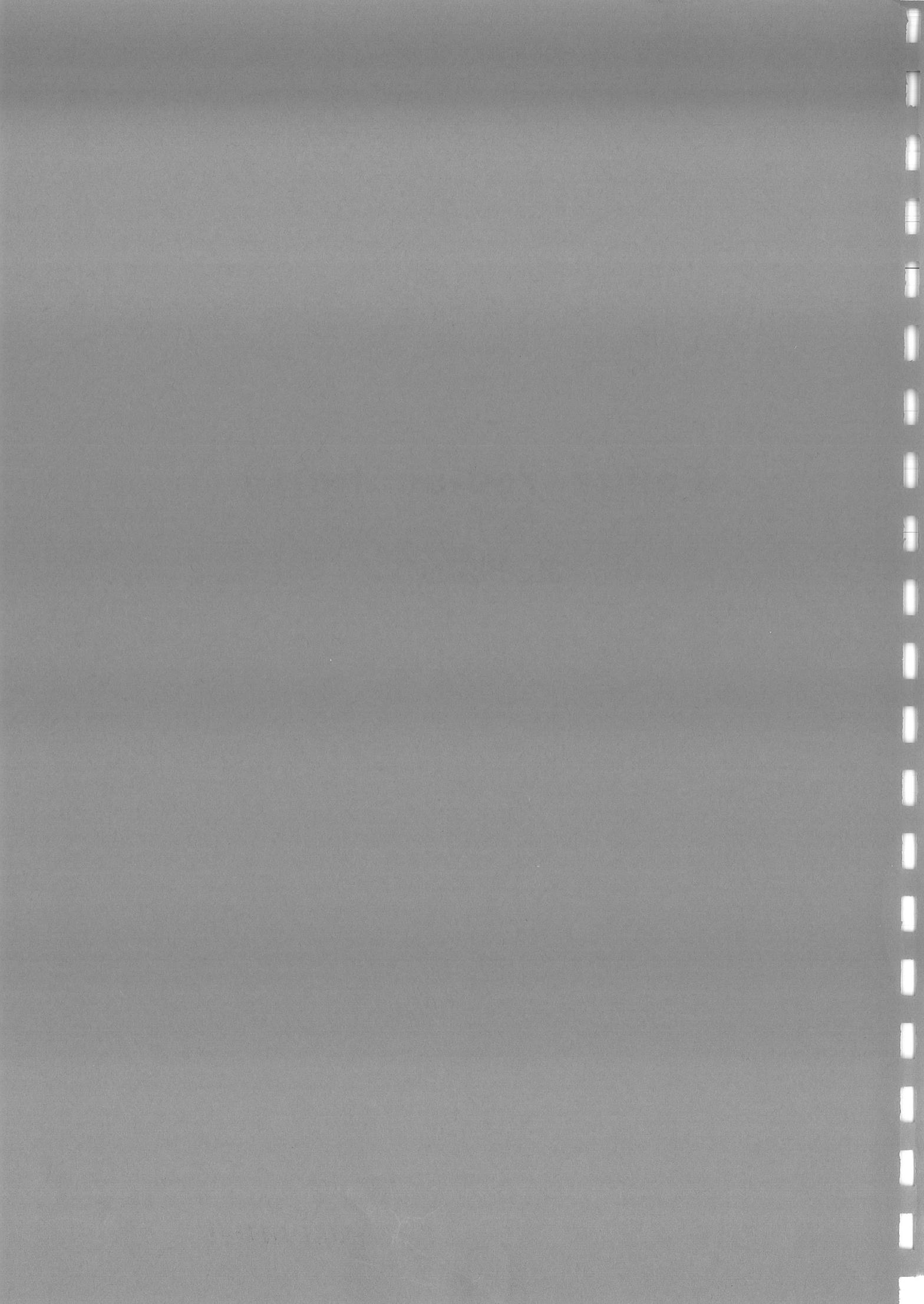


# **Faible radioactivité**

**P. HUBERT**

DRTBT 1991-16



Détection de Rayonnements  
à très basses températures

---

Ecole d'Aussois 1991

FAIBLES RADIOACTIVITES

---

PH. HUBERT

Centre d'Etudes Nucléaires de Bordeaux-Gradignan  
et  
Laboratoire Souterrain de Modane

---



# LES FAIBLES RADIOACTIVITES

## I - DIFFÉRENTES COMPOSANTES DU BRUIT DE FOND

- A) RAYONNEMENT COSMIQUE
- B) RADIOACTIVITÉ COSMOGÉNIQUE
- C) RADIOACTIVITÉ NATURELLE

## II - LES TRÈS FAIBLES RADIOACTIVITÉS

- A) PRINCIPE DES DISPOSITIFS EXPÉRIMENTAUX
- B) CHOIX DU BLINDAGE
- C) TECHNIQUE DE MESURE DES MATÉRIAUX
- D) PROBLÈMES DU RADON

## III - IDÉES GÉNÉRALES SUR LES MATÉRIAUX

## IV - APPLICATIONS DES TECHNIQUES DE BAS BRUIT DE FOND

## I - DIFFÉRENTES COMPOSANTES DU BRUIT DE FOND

### I-A) RAYONNEMENT COSMIQUE

AU NIVEAU DE LA MER, TOUT DÉTECTEUR ET TOUT MATÉRIAU ENVIRONNANT SONT SOUMIS AU BOMBARDEMENT PAR LE RAYON COSMIQUE.

FLUX GLOBAL DE COSMIQUE  $\approx 200$  PARTICULES /  $m^2 \times s$

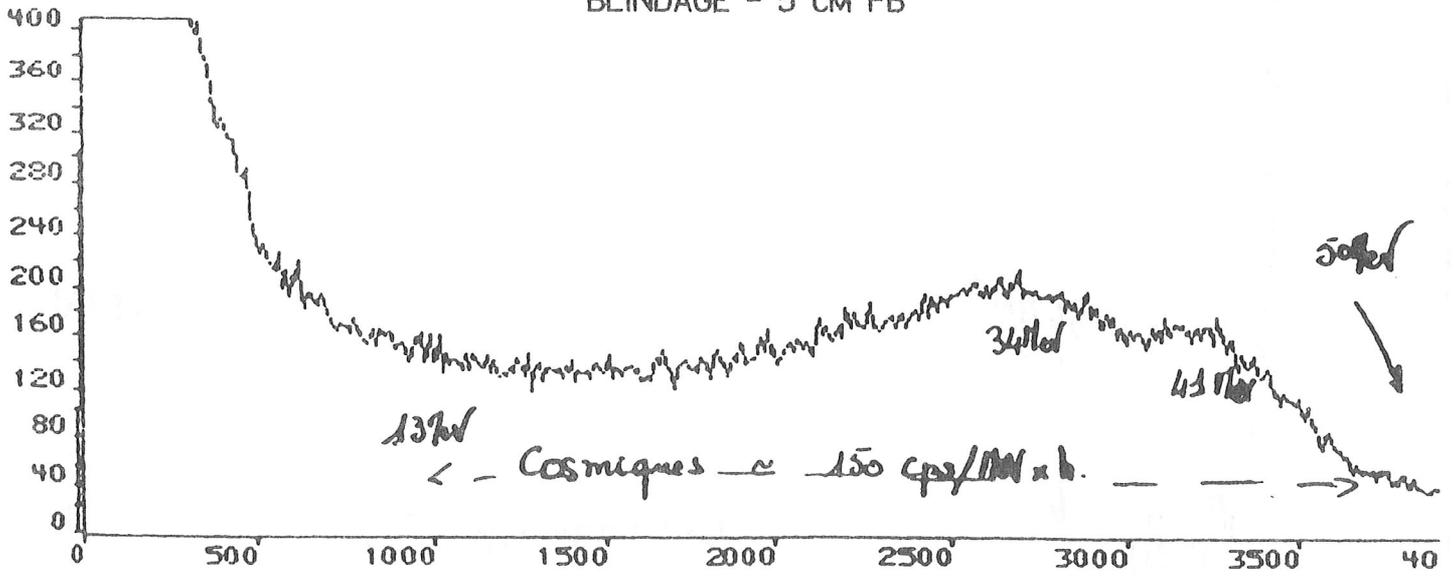
- COMPOSANTE DURE ( $\approx 75$  %)  $\rightarrow$  MUONS
- COMPOSANTE MOLLE ( $\approx 25$  %)  $\rightarrow e^- , \gamma$  DES DÉSINTÉGRATIONS HADRONIQUES ET CASCADES ÉLECTROMAGNÉTIQUES
- COMPOSANTE HADRONIQUE  $\rightarrow$  PROTONS  $\approx 10^{-2}$  %  
NEUTRONS  $\approx 10^{-1}$  %

TOUTES CES PARTICULES INTÉRAGISSENT AVEC LES DÉTECTEURS ET LES MATÉRIAUX ENVIRONNANTS.

$\Rightarrow$  BRUIT DE FOND CONTINU.

SPECTRE NAI - BORDEAUX - 69 H

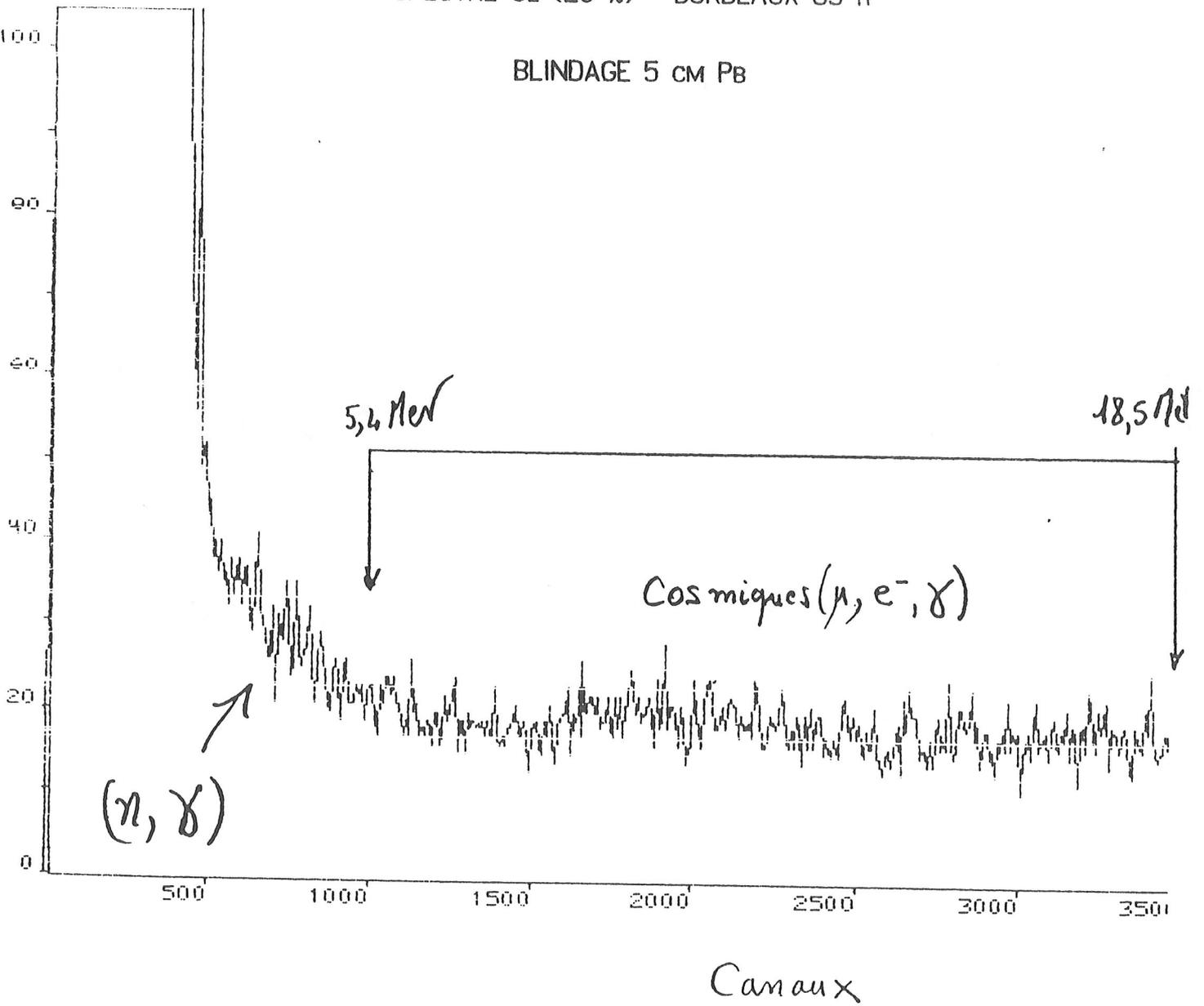
BLINDAGE  $\approx$  5 CM PB



Canaux

SPECTRE Ge (20 %) - BORDEAUX 65 H

BLINDAGE 5 cm Pb



QUELLES SOLUTIONS ?

UTILISATION D'UN VÉTO : SUPPRIME LE RAYONNEMENT DIRECT

MAIS NE SUPPRIME PAS LE FLUX DE NEUTRONS CRÉÉS PAR LE RAYONNEMENT COSMIQUE

→ AU NIVEAU DE LA MER  $\approx 10^{-2}$  n / s x cm<sup>2</sup>

MESURÉ À BORDEAUX DANS UN BLINDAGE DE 10 CM Pb

→ TEMPS DE THERMALISATION DES NEUTRONS : JUSQU'À 800  $\mu$ s

DONC BEAUCOUP DE NEUTRONS SONT DÉCORRÉLÉS DES COSMIQUES QUI ONT DÉCLANCHÉ LE VÉTO.

APRÈS THERMALISATION, CAPTURE DES n PAR LES MATÉRIAUX ==> (n,  $\gamma$ )

→ FLUX DE  $\gamma$  DE 5 À 8 MeV

DIFFICILE À ARRÊTER

- SEULE SOLUTION → LABORATOIRE SOUTERRAIN

QUELQUES MÈTRES DE PROFONDEUR SUPPRIMENT p, e<sup>-</sup>,  $\gamma$

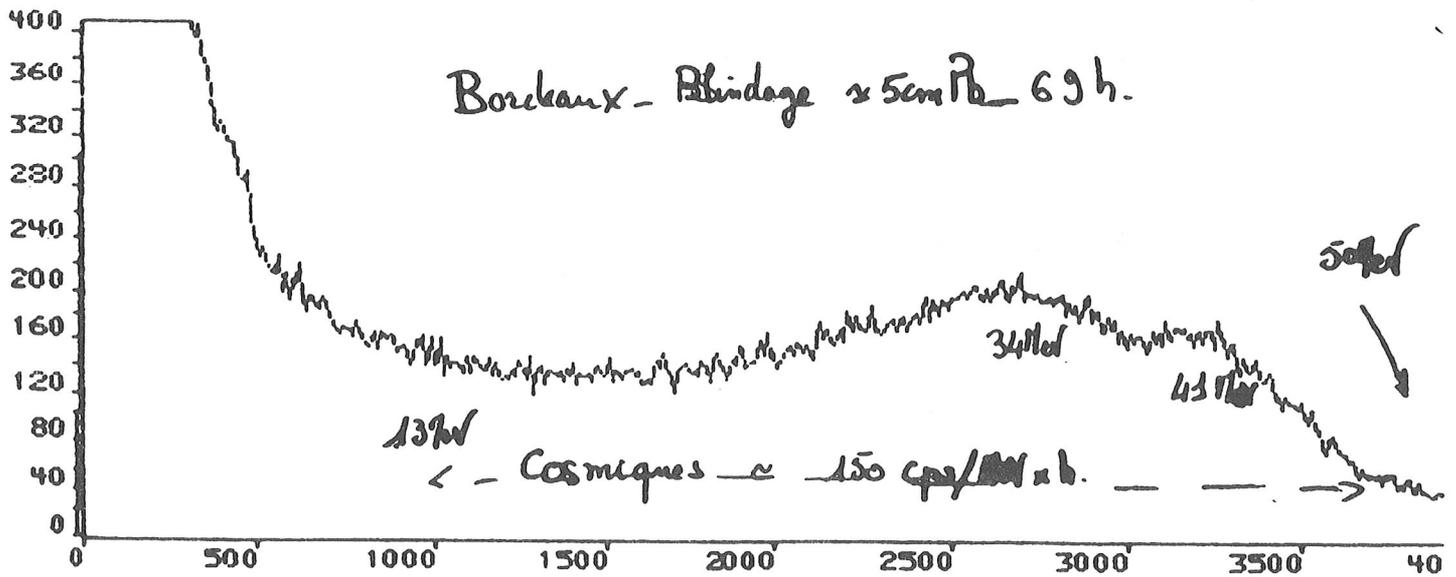
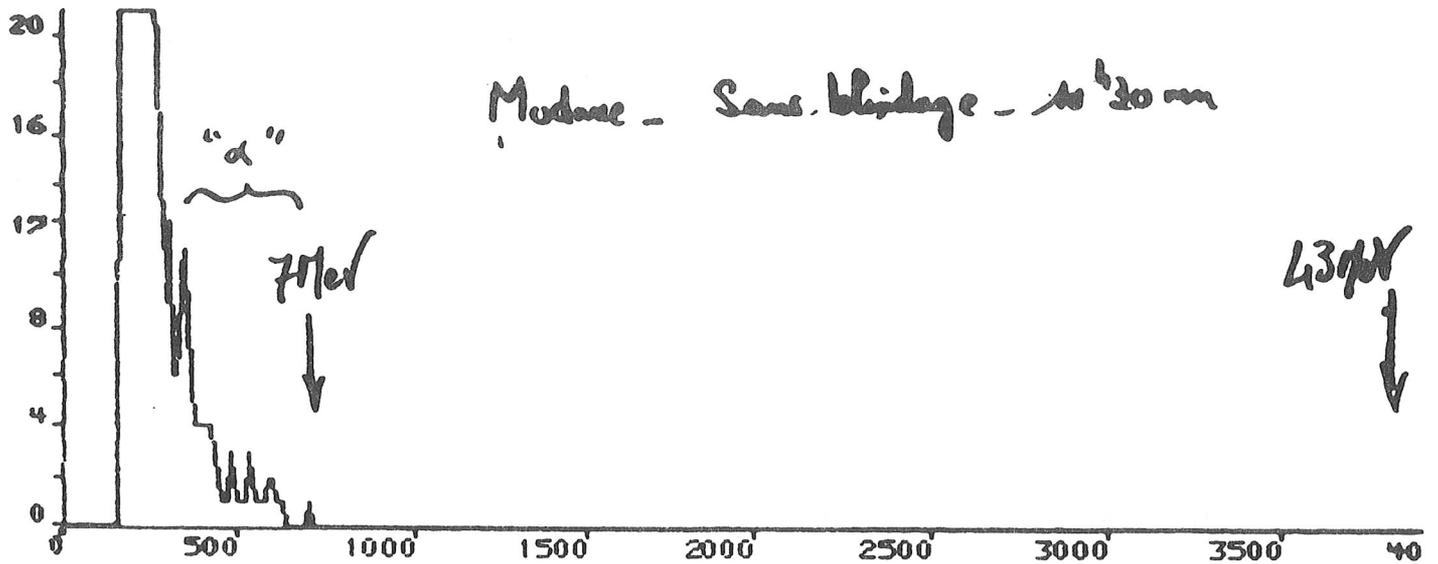
POUR LES  $\mu$  : ABSORPTION EXPONENTIELLE ==> LABO TRÈS PROFOND

- À MODANE (4400 EQ. EAU) ==> RÉDUCTION FLUX DE  $\mu$  DE 5 ORDRES DE GRANDEUR,  
 $\approx 4 / m^2 \times \text{jour}$

ET DU FLUX DE NEUTRONS D'AU MOINS 3 ORDRES DE GRANDEUR.  
 $\leq 10^{-6} / cm^2 \times s$

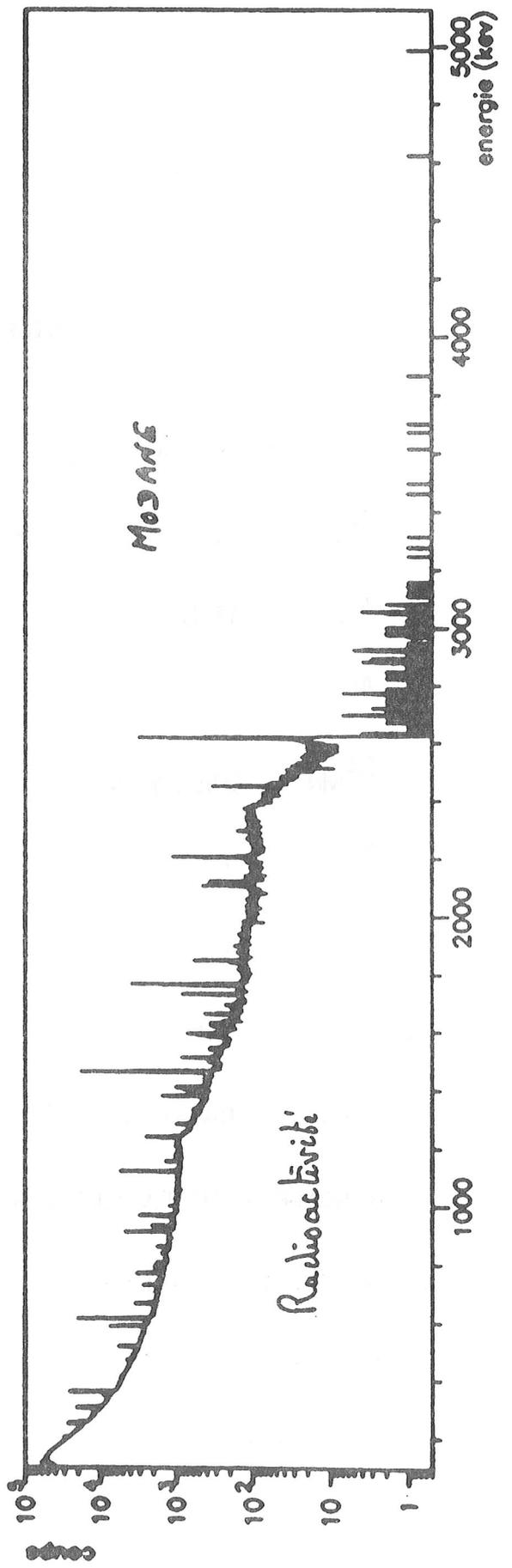
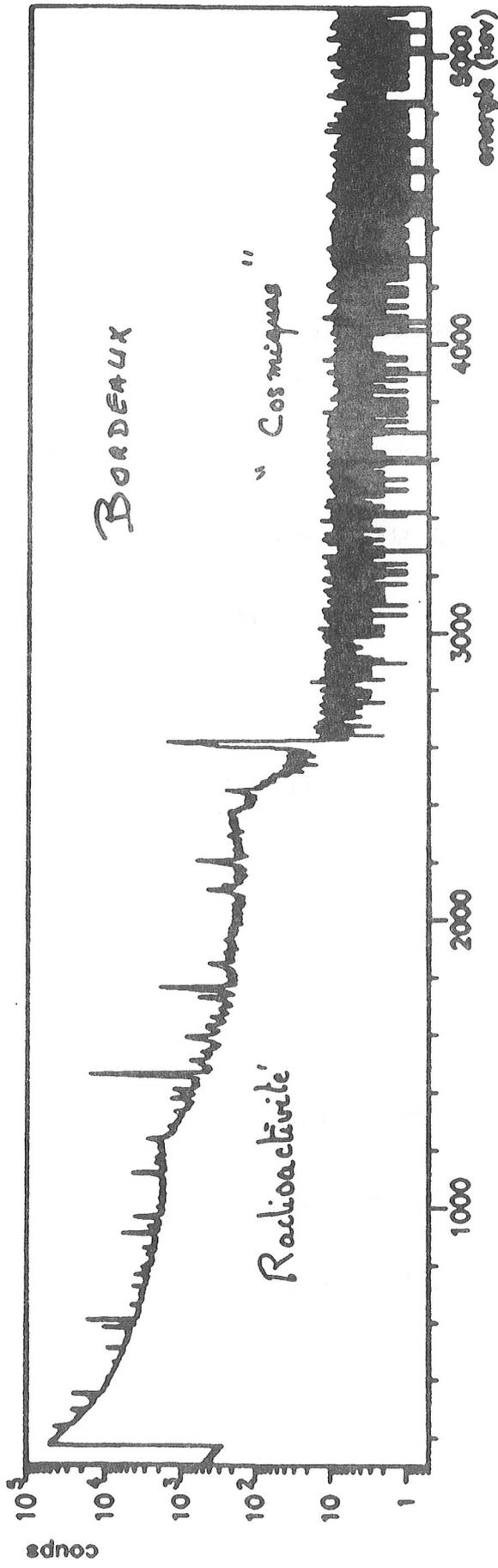
PAS D'ACTIVITÉ COSMOGÉNIQUE

6  
 Spectro NaI  $\phi 13\text{cm}$   $L=20\text{cm}$



Canaux

species Ge 100 cm Sans blindage  $t = 60 h.$



## I-B) RADIOACTIVITÉ COSMOGÉNIQUE

AU NIVEAU DE LA MER, LE BOMBARDEMENT DE L'AIR ET DES MATÉRIAUX PAR LES COSMIQUES CRÉE DES ISOTOPES RADIOACTIFS, APPELÉS :

### ISOTOPES COSMOGÉNIQUES

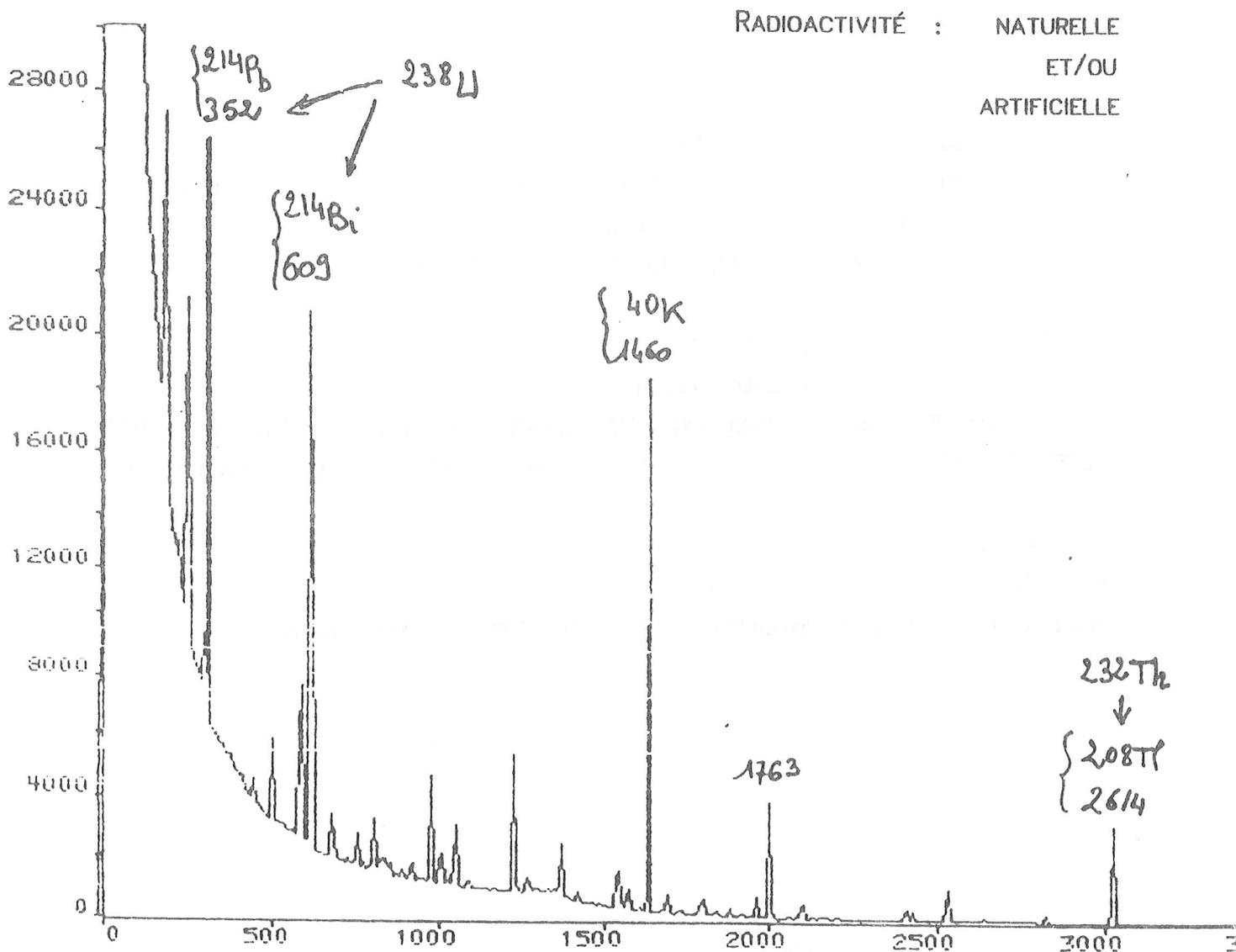
LEURS DÉCROISSANCES  $\alpha$ ,  $\beta$ , ET  $\gamma$  CONTRIBUENT AU BRUIT DE FOND

|       |                  |                    |                          |
|-------|------------------|--------------------|--------------------------|
| EX. : | $^3\text{H}$     | 12,3 Y             | PRODUCTION SUR O, Mg, Si |
|       | $^{14}\text{C}$  | 5730 Y             | " N, O, Mg, Si           |
|       | $^{40}\text{K}$  | $1,3 \cdot 10^9$ Y | " FE                     |
|       | $^{54}\text{Mn}$ | 312 JOURS          | " FE, CU                 |
|       | $^{60}\text{Co}$ | 3,3 Y              | " CU, Co, Ni             |
|       | $^{129}\text{I}$ | $1,6 \cdot 10^7$ Y | " TE, BA, LA, CE         |

- LISTE NON LIMITATIVE
- UTILISATION EN DATATION ( $^{14}\text{C}$ ), GÉOPHYSIQUE, ASTROPHYSIQUE
- UN BLINDAGE ACTIF N'A AUCUNE INFLUENCE SUR CE FOND
- SEULE SOLUTION  $\Rightarrow$  LABO SOUTERRAIN TRÈS PROFOND
- CETTE COMPOSANTE NE PEUT ÊTRE OBSERVÉE QU'APRÈS SUPPRESSION OU DIMINUTION DE LA RADIOACTIVITÉ NATURELLE

I - c) RADIOACTIVITÉ NATURELLE

APRÈS AVOIR ENLEVÉ LE BRUIT DE FOND D'ORIGINE COSMIQUE, IL RESTE, À BASSE ÉNERGIE < 3 MEV, LA COMPOSANTE :



ORIGINES : CHAÎNES NATURELLES

|                  |                                      |                   |   |
|------------------|--------------------------------------|-------------------|---|
| $^{238}\text{U}$ | $T_{1/2} = 4.5 \cdot 10^9 \text{ Y}$ | $^{232}\text{Th}$ | $T_{1/2} = 1.4 \cdot 10^{10} \text{ Y}$ |
| $^{235}\text{U}$ | " = $7 \cdot 10^8 \text{ Y}$         | $^{40}\text{K}$   | " = $1.3 \cdot 10^9 \text{ Y}$          |

ARTIFICIELLE :  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{22}\text{Na}$  UTILISÉS DANS L'INDUSTRIE

TCHERNOBYL, RETOMBÉES NUCLÉAIRES

MODES DE DÉCROISSANCES :

- RADIOACTIVITÉ  $\alpha$   $\Rightarrow E \approx 4 \text{ à } 8 \text{ MeV}$

PARCOURS DES  $\alpha$  DANS LA MATIÈRE : QUELQUES  $\mu\text{m}$ .

DONC BRUIT DE FOND GÊNANT UNIQUEMENT SI CETTE RADIOACTIVITÉ EST PRÉSENTE DANS LE DÉTECTEUR LUI-MÊME (CRISTAUX, GE, NA1,...)

- RADIOACTIVITÉ  $\beta^\pm \rightarrow E \leq 5 \text{ MeV}$ , SPECTRE CONTINU, NEUTRINO

PARCOURS DES  $\beta$  : QUELQUES  $\text{mm}$

BRUIT DE FOND GÊNANT SI RADIOACTIVITÉ PRÉSENTE DANS LE DÉTECTEUR, SAUF POUR L'EFFET BREMSSTHALUNG

$\Rightarrow$  PHOTONS  $\gamma \Rightarrow$  FOND CONTINU, DE BASSE ÉNERGIE

- RADIOACTIVITÉ  $\gamma \Rightarrow E_\gamma \leq 3 \text{ MeV}$

PARCOURS ÉLEVÉ

TOUTE SOURCE  $\gamma$  CRÉE UN FOND COMPOSÉ DE RAIES DISCRÈTES ET D'UN SPECTRE CONTINU PAR EFFETS PHOTOÉLECTRIQUES, COMPTON ET DE CRÉATION DE PAIRES  $e^+ e^-$

CONSÉQUENCES :

CONTRE TOUTE SOURCE  $\gamma$  EXTÉRIÈURE  $\Rightarrow$  BLINDAGE

CONTRE TOUTE SOURCE  $\gamma$  INTÉRIÈURE  $\Rightarrow$  SÉLECTION DES MATÉRIAUX

- RAPPEL : ACTIVITÉ D'UNE SOURCE RADIOACTIVE :

NOMBRE DE DÉSINTÉGRATIONS PAR UNITÉ DE TEMPS

$$A(t) = \lambda N(t) = \text{LOG}2 / T_{1/2} N(t)$$

UNITÉS Bq  $\Rightarrow$  1 DES./s

CURIE  $\Rightarrow$   $3,7 \cdot 10^{10}$  DÉS./s

{ DPM/G OU DPM/KG  
EN TECHNIQUE DES FAIBLES ACTIVITÉS

LA MESURE DE L'ACTIVITÉ PERMET DE REMONTER À LA CONCENTRATION D'IMPURETÉ

$$\text{PPM} = 1.26 \cdot 10^{-12} \times A(t) \times A \times T_{1/2}$$

$(10^{-6} \text{ g/g})$        $\text{dpm/g}$        $\text{masse (g) atomique de l'impureté}$        $\text{Période de l'impureté}$

FAMILLES RADIOACTIVES NATURELLES

|    | SERIE U 238                     |                  |                                 |                                  |                        | SERIE Th 232                      |                  |                   |                                  |  | SERIE U 235      |                                  |                                   |                        |  |
|----|---------------------------------|------------------|---------------------------------|----------------------------------|------------------------|-----------------------------------|------------------|-------------------|----------------------------------|--|------------------|----------------------------------|-----------------------------------|------------------------|--|
| Np |                                 |                  |                                 |                                  |                        |                                   |                  |                   |                                  |  |                  |                                  |                                   |                        |  |
| U  | U-238<br>4,49x10 <sup>9</sup> a |                  | U-234<br>2,48x10 <sup>5</sup> a |                                  |                        |                                   |                  |                   |                                  |  |                  | U-235<br>7,13x10 <sup>8</sup> a  |                                   |                        |  |
| Pa |                                 | Pa-234<br>1,18 m |                                 |                                  |                        |                                   |                  |                   |                                  |  |                  | Pa-231<br>3,25x10 <sup>4</sup> a |                                   |                        |  |
| Th | Th-234<br>24,1 j                |                  | Th-230<br>7,5x10 <sup>4</sup> a |                                  |                        | Th-232<br>1,39x10 <sup>10</sup> a |                  | Th-228<br>1,90 a  |                                  |  | Th-231<br>25,6 h |                                  | Th-227<br>18,6 j                  |                        |  |
| Ac |                                 |                  |                                 |                                  |                        |                                   | Ac-228<br>6,13 h |                   |                                  |  |                  | Ac-227<br>22,0 a                 |                                   |                        |  |
| Ra |                                 |                  | Ra-226<br>1622 a                |                                  |                        | Ra-228<br>6,7 a                   |                  | Ra-224<br>3,64 j  |                                  |  |                  |                                  | Ra-223<br>11,1 j                  |                        |  |
| Fr |                                 |                  |                                 |                                  |                        |                                   |                  |                   |                                  |  |                  |                                  |                                   |                        |  |
| Rn |                                 |                  | Rn-222<br>3,825 j               |                                  |                        |                                   |                  | Rn-220<br>54,5 s  |                                  |  |                  |                                  | Rn-219<br>3,92 s                  |                        |  |
| At |                                 |                  |                                 |                                  |                        |                                   |                  |                   |                                  |  |                  |                                  |                                   |                        |  |
| Po |                                 |                  | Po-218<br>3,05 m                | Po-214<br>1,6x10 <sup>-6</sup> s | Po-210<br>138,4 j      |                                   |                  | Po-216<br>0,158 s | Po-212<br>3,6x10 <sup>-7</sup> s |  |                  |                                  | Po-215<br>1,83x10 <sup>-3</sup> s |                        |  |
| Bi |                                 |                  | Bi-214<br>19,7 m                |                                  | Bi-210<br>5 j          |                                   |                  | Bi-212<br>60,5 m  |                                  |  |                  |                                  | Bi-211<br>2,16 m                  |                        |  |
| Pb |                                 |                  | Pb-214<br>26,8 m                | Pb-210<br>21,4 a                 | Pb-206<br>PLOMB STABLE |                                   |                  | Pb-212<br>10,6 h  | Pb-208<br>PLOMB STABLE           |  |                  |                                  | Pb-211<br>36,1 m                  | Pb-207<br>PLOMB STABLE |  |
| Tl |                                 |                  | Tl-210<br>1,3 m                 |                                  | Tl-206<br>4,19 m       |                                   |                  | Tl-208<br>3,1 m   |                                  |  |                  |                                  | Tl-207<br>4,79 m                  |                        |  |

- LA PLUPART DES ISOTOPES PEUVENT ÊTRE DOSÉS PAR SPECTROMÉTRIE GAMMA
- ÉQUILIBRE SÉCULAIRE (α IDENTIQUES POUR TOUS LES ISOTOPES D'UNE CHAÎNE) RAREMENT ÉTABLI
- RUPTURE DE CHAÎNES : CHIMIE/SOLUBILITÉ DIFFÉRENTES ENTRE U - Th - RA - Pb
- PASSAGE PAR LE Rn == > SE RETROUVE DANS L'AIR ET LES GAZ (AÉROSOLS)

LES DESCENDANTS DU Rn PEUVENT S'ADSORBER SUR LES SURFACES DES MATÉRIAUX

==>  $T_{1/2} \approx 30 \text{ mn}$  ( $^{222}\text{Rn}$ ) ET  $T_{1/2} \approx 10 \text{ h}$  ( $^{220}\text{Rn}$ )

12

II - LES TRÈS FAIBLES RADIOACTIVITÉS

---

II-A) PRINCIPE DES DISPOSITIFS EXPÉRIMENTAUX

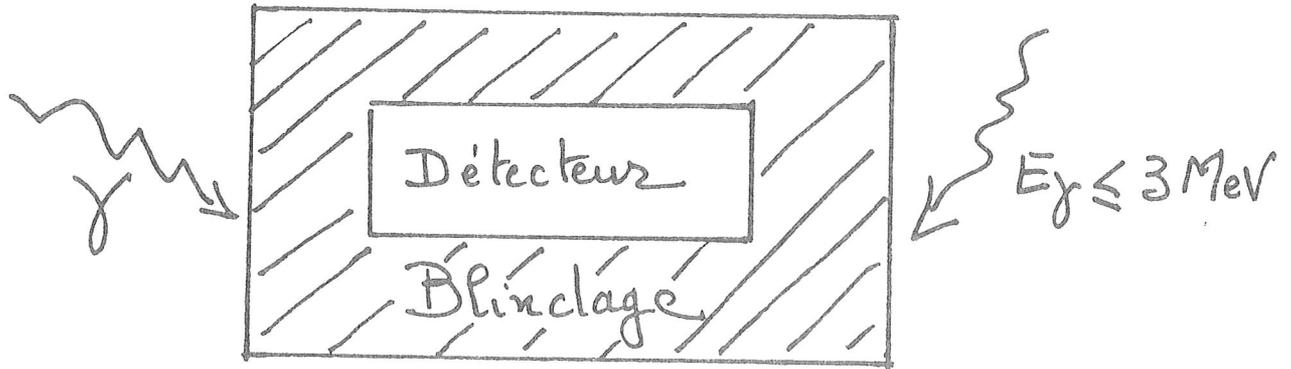
QUEL QUE SOIT LE DÉTECTEUR ==> RECHERCHE D'UN SIGNAL RARE ET/OU  
FAIBLE

Si  $E_{\text{SIGNAL}} > 3 \text{ MEV}$  ==> LABORATOIRE SOUTERRAIN  
+  
EVENTUELLEMENT SÉLECTION DES  
MATÉRIAUX DU DÉTECTEUR  
(GRANULOMÉTRIE DU DÉTECTEUR ?)

Si  $E_{\text{SIGNAL}} < 3 \text{ MEV}$  ==> LABORATOIRE SOUTERRAIN  
+  
BLINDAGE CONTRE LA RAD. NATURELLE  
(ATTENTION AU PROBLÈME DU Rn !)  
+  
SÉLECTION DES MATÉRIAUX DU DÉTECTEUR  
ABSENCE OU FAIBLE RADIOACTIVITÉ

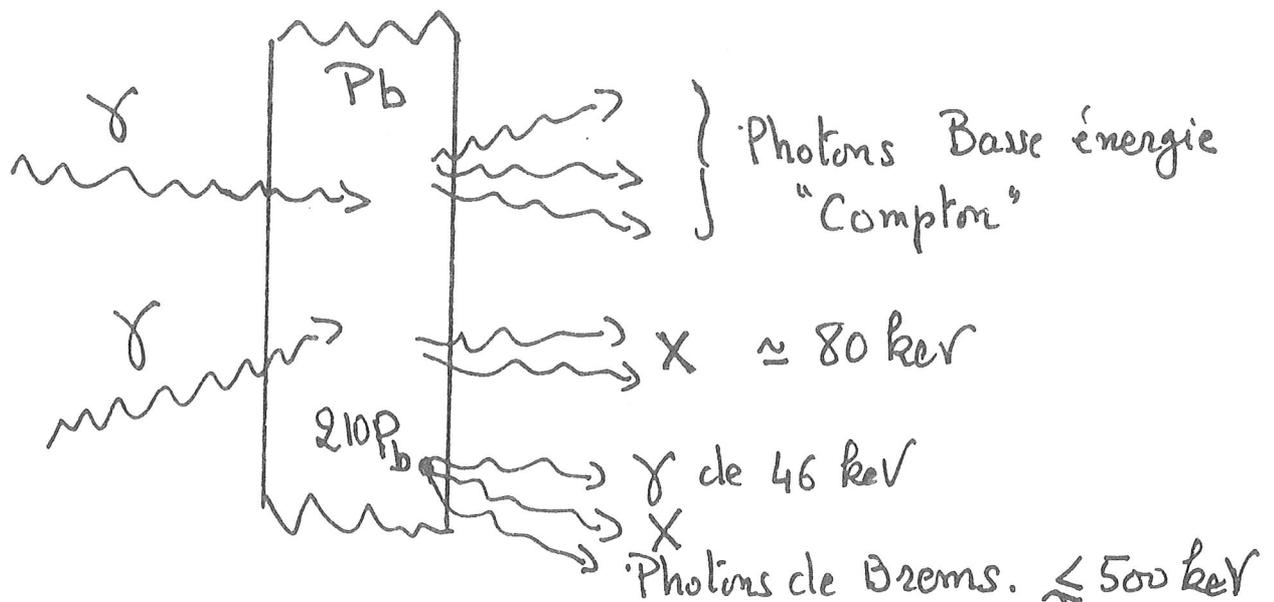
## II-B) CHOIX DU BLINDAGE

LE BLINDAGE A POUR BUT ESSENTIEL D'ABSORBER TOUT RAYONNEMENT  $\gamma$  PROVENANT DE LA RADIOACTIVITÉ EXTERNE AU DÉTECTEUR :



- POUR ARRÊTER DES  $\gamma$  IL EST PRÉFÉRABLE D'UTILISER UN MATÉRIAU DE Z ÉLEVÉ, GÉNÉRALEMENT LE Pb
  - IL EST PEU CHER  $\approx 10 \text{ F} / \text{KG}$  EN BRIQUES
  - IL PEUT ÊTRE PURIFIÉ AISÉMENT PAR TECHNIQUE DE FUSION + ÉCRÉMAGE
  - IL EST DISPONIBLE COMMERCIALEMENT SOUS FORME DE BRIQUES
- L'ÉNERGIE  $E_\gamma$  LA PLUS ÉLEVÉE, D'INTENSITÉ NON NÉGLIGEABLE, DANS LA RADIOACTIVITÉ NATURELLE, EST LA RAIE DE 2614 KEV DE LA TRANSITION  $^{208}\text{Tl} \rightarrow ^{208}\text{Pb}$  (CHAÎNE DU  $^{232}\text{Th}$ )
- L'ÉPAISSEUR DU BLINDAGE DOIT DONC ÊTRE SUFFISANTE POUR ABSORBER CES PHOTONS : EN GÉNÉRAL 15 CM DE Pb SONT NÉCESSAIRES ET SUFFISANTS.

LA DÉGRADATION DES PHOTONS  $\gamma$  PRODUIT UN FLUX DE PHOTONS DE PLUS FAIBLES ÉNERGIES (PAR EFFET COMPTON) ET DE RAYONS X  $\approx 80 \text{ KEV}$  PAR RÉARRANGEMENT DES COUCHES ÉLECTRONIQUES.



- LE PB NATUREL CONTIENT UN ISOTOPE RADIOACTIF LE  $^{210}\text{Pb}$  ( $T_{1/2} = 22 \text{ y}$ ) QUI CONTRIBUE AU BRUIT DE FOND À BASSE ÉNERGIE :

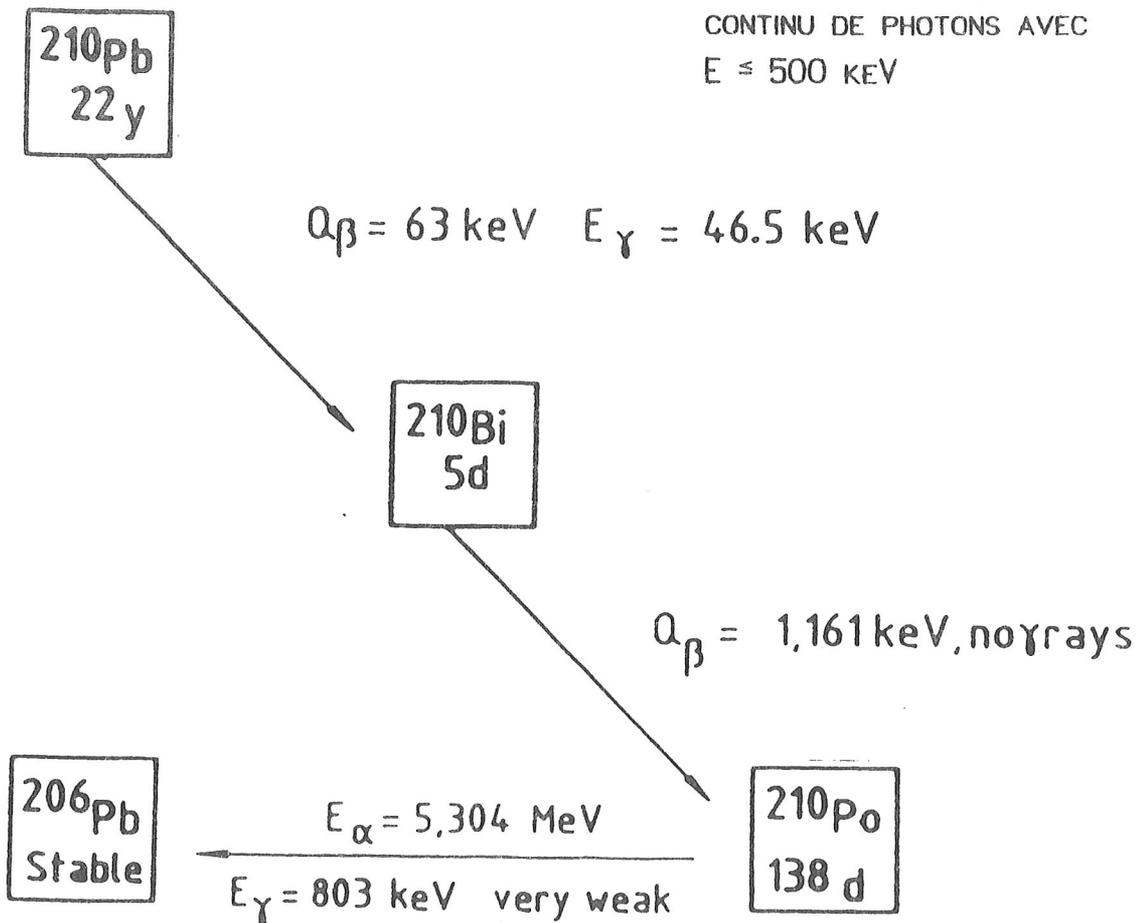
$\gamma$  DE 46 KEV

EMISSION DE X

BREMSSTHALUNG ==> SPECTRE

CONTINU DE PHOTONS AVEC

$E \leq 500 \text{ KEV}$



- POUR ÉLIMINER CETTE COMPOSANTE DU FOND ON PEUT UTILISER UN PLOMB DIT "VIEUX", PAR EX. LE PLOMB EXTRAIT DES CANALISATIONS D'EAU DU CHÂTEAU DE VERSAILLES

- AUTRES SOLUTIONS, SI DÉTECTEUR SOUS TERRE, BLINDAGE INTERNE DE CUIVRE ULTRA PUR. PAR EX. 5 CM DE CU ARRÊTENT TOUTES LES COMPOSANTES ISSUES DU Pb, MAIS ÉGALEMENT LES X ET  $\gamma$  "MOUS" DE DÉGRADATION DE L'ÉNERGIE

REMARQUE : AU NIVEAU DU SOL, À CAUSE DES NEUTRONS, LE BLINDAGE EST DIFFÉRENT MOINS DE CU ET BLINDAGE ANTI-NEUTRONS

## II - c) TECHNIQUE DE MESURE DE SÉLECTION DES MATÉRIAUX

LA RADIOACTIVITÉ NATURELLE CONSTITUE UN BRUIT DE FOND INTERNE (AU BLINDAGE) IMPORTANT. IL FAUT DONC CONSTRUIRE LES DÉTECTEURS AVEC DES MATÉRIAUX NON RADIOACTIFS OU FAIBLEMENT RADIOACTIFS.

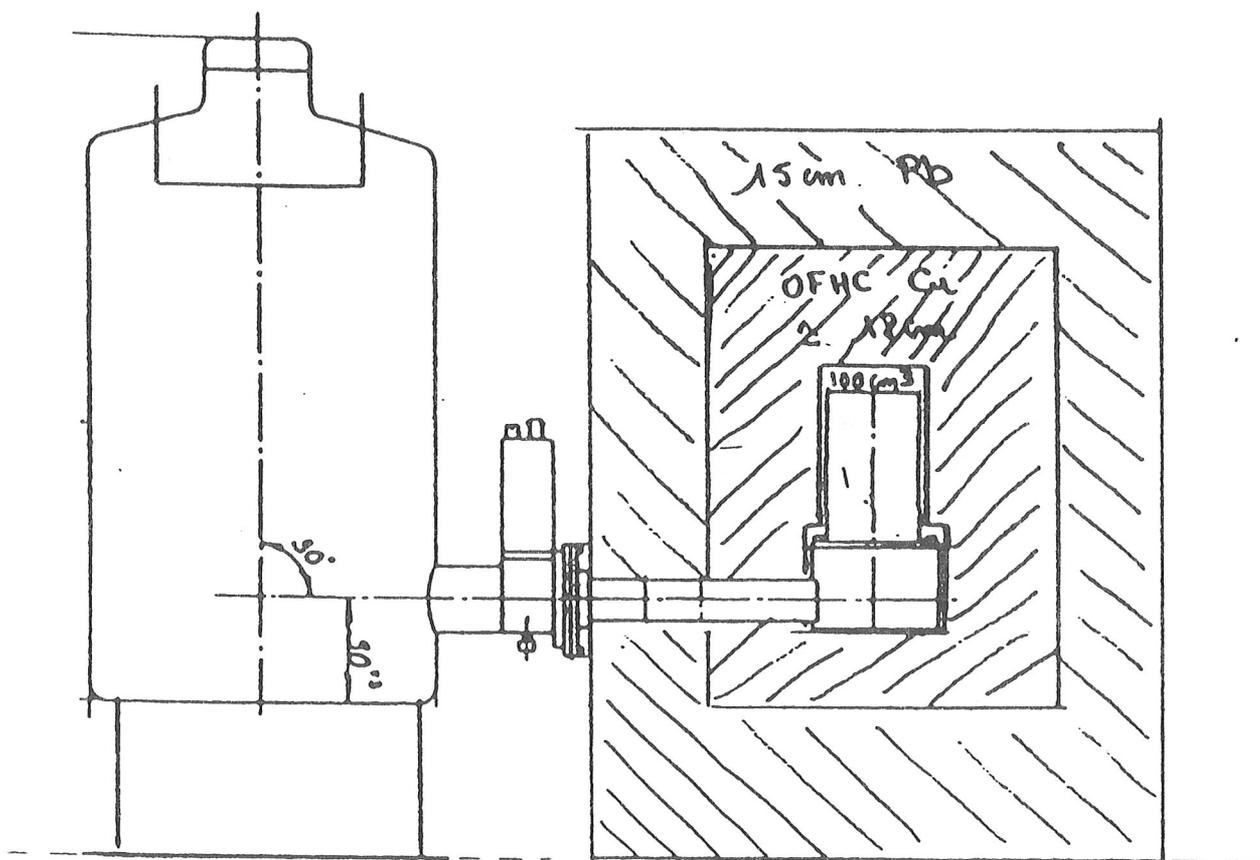
QUELLE TECHNIQUE UTILISER ?

- COMPTAGE  $\alpha$  : TEST UNIQUEMENT DE TRÈS FAIBLES QUANTITÉS  
TECHNIQUES POSSIBLE SI ASSOCIÉE À LA RADIOCHIMIE POUR  
CONCENTRER LE U/Th/RA  
IDENTIFICATION POSSIBLE DES ISOTOPES RADIOACTIFS SI  
COMPTAGE AVEC DES DÉTECTEURS SI  $\Rightarrow \Delta E/E \approx 4/1000$
- COMPTAGE  $\beta$  : SPECTRE CONTINU - PAS D'IDENTIFICATION POSSIBLE
- COMPTAGE  $\gamma$  : UTILISATION DES SPECTROMÈTRES GE  
IDENTIFICATION FACILE DES ISOTOPES  $\Delta E/E \approx 2/1000$   
MÉTHODE NON DESTRUCTIVE  
TEST POSSIBLE DE GRANDES QUANTITÉS  $\approx 1$  KG  
NÉCESSITE DES CRISTAUX DE GE DE GROS VOLUME ET BAS BRUIT  
DE FOND ( $\epsilon \approx 1\%$  POUR  $100 \text{ cm}^3$ )  
UN SCINTILLATEUR, NaI CsI OU BGO EST POSSIBLE, AVEC UNE  
GRANDE EFFICACITÉ MAIS UNE FAIBLE RÉOLUTION
- UN DÉTECTEUR GE PERMET DE MESURER LE DÉSÉQUILIBRE DES CHAÎNES ET PAR SUITE  
DE DÉTERMINER LA MÉTHODE CHIMIQUE DE PURIFICATION.
- D'AUTRES TECHNIQUES SONT POSSIBLES (SPECTROMÉTRIE DE MASSE, ACTIVATION  
NEUTRONIQUE, LASER, ETC...), EN GÉNÉRAL DESTRUCTIVES ET DEMANDENT UNE  
HAUTE TECHNOLOGIE.

## SPECTROMETRES GE DU L.S.M.

DÉVELOPPÉS EN COLLABORATION AVEC ENERTEC-INTERTECHNIQUE.

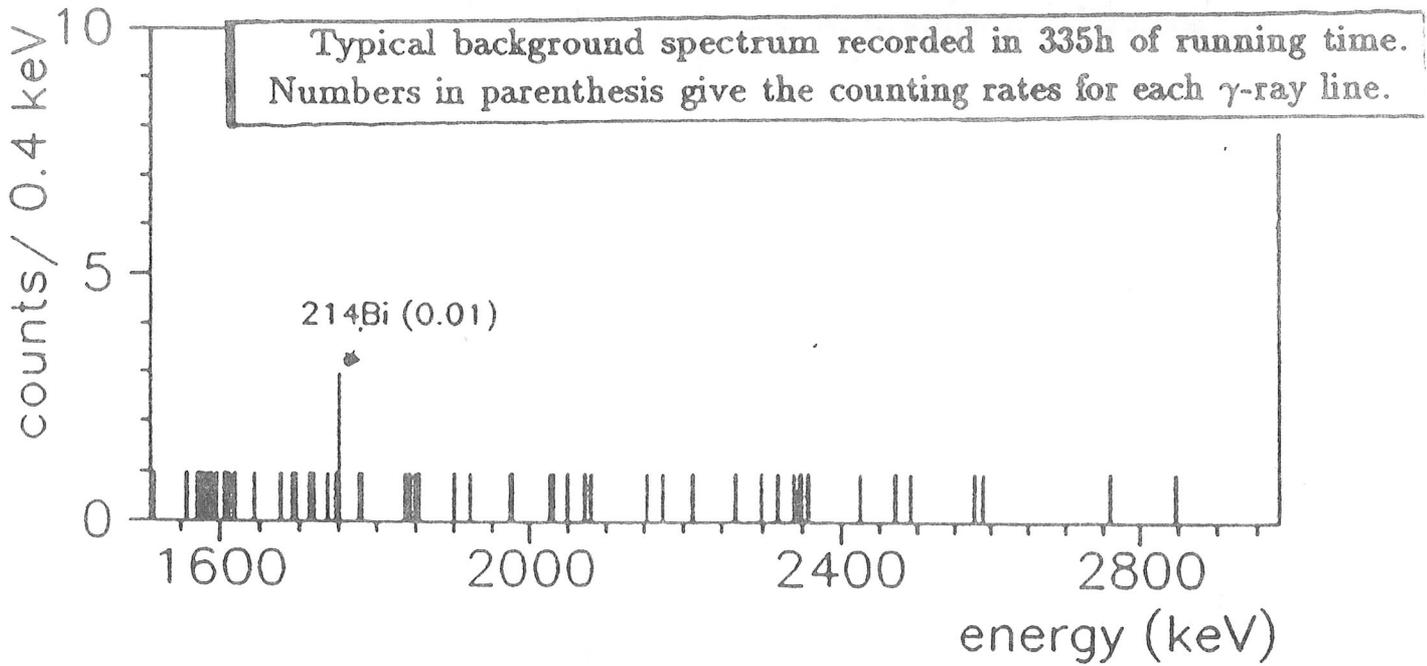
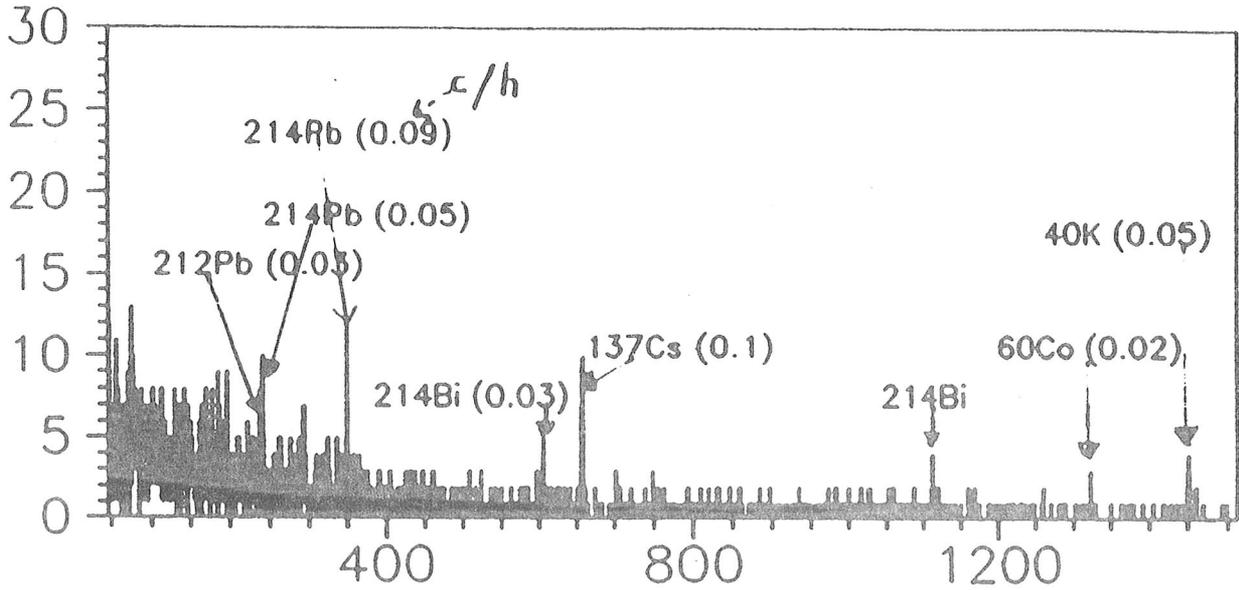
- CARACTÉRISTIQUES :
- CRISTAUX DE 100 ET 120  $\text{cm}^3$  ( $\approx 1/2$  KG)
  - CRYOSTATS COUDÉS DE TYPE "J"
  - ALLIAGE AL - 4 % SI DE PÉCHINEY (< 100 PPT EN U/Th)
  - TOUTES PIÈCES RÉALISÉES EN AL-SI, CU, TÉFLON OU LAITON (VIS)
  - AMÉLIORATION CONTINUE DU BRUIT DE FOND



- RÉSOLUTION :  $\Delta E/E = 1,8 \text{ KEV à } 1,3 \text{ MEV } (^{60}\text{Co})$

- { TAUX DE COMPTAGE POUR  $E_\gamma > \Rightarrow 30 \text{ KEV} \Rightarrow 10 \text{ CPS/H}$   
AU NIVEAU DE LA MER, SANS BLINDAGE  $\Rightarrow 100 \text{ CPS/S}$   
GAIN DE 4 ORDRES DE GRANDEUR !

SPECTRE DE BRUIT DE FOND

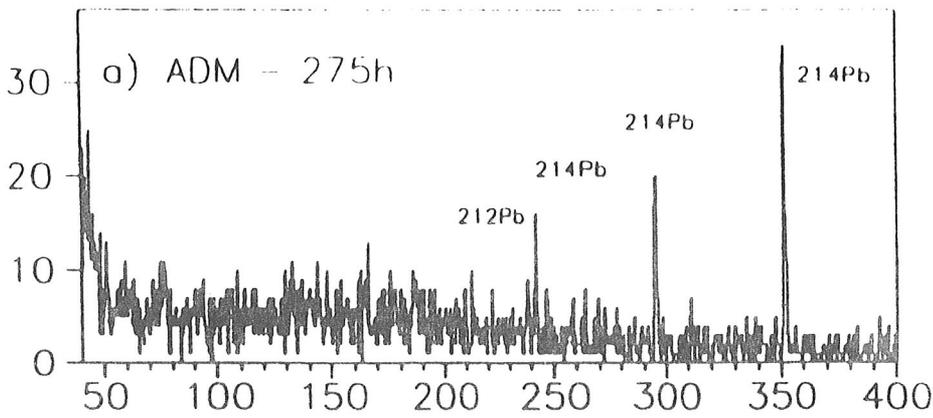


SENSIBILITÉS EN U/Th

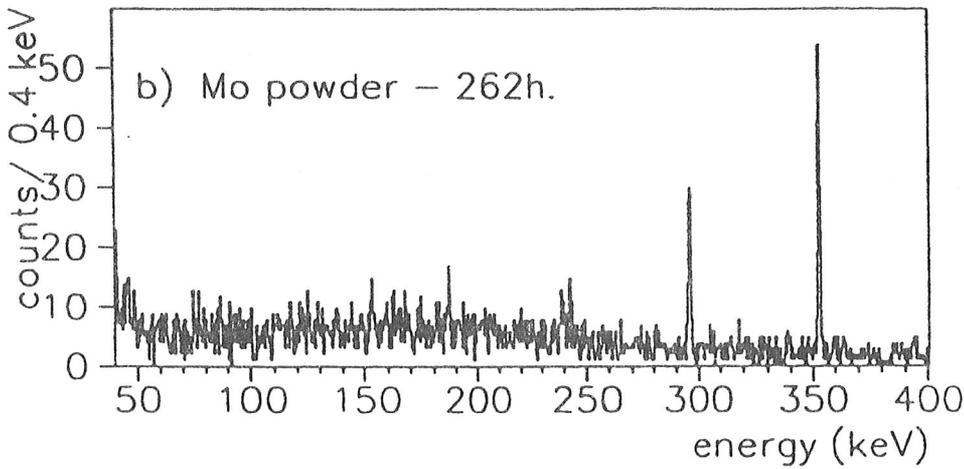
GÉOMÉTRIE "STANDARD" ==> 1 DPM/KG ==>  $\approx$  1 PPB  
 GÉOMÉTRIE "MARINELLI" ==> 0.1 DPM/KG ==>  $\approx$  0.1 PPB

==> EN  $^{226}\text{Ra}$   $\approx$   $10^{-15}$  G/G

$^{228}\text{Ra}$   $\approx$   $10^{-18}$  G/G



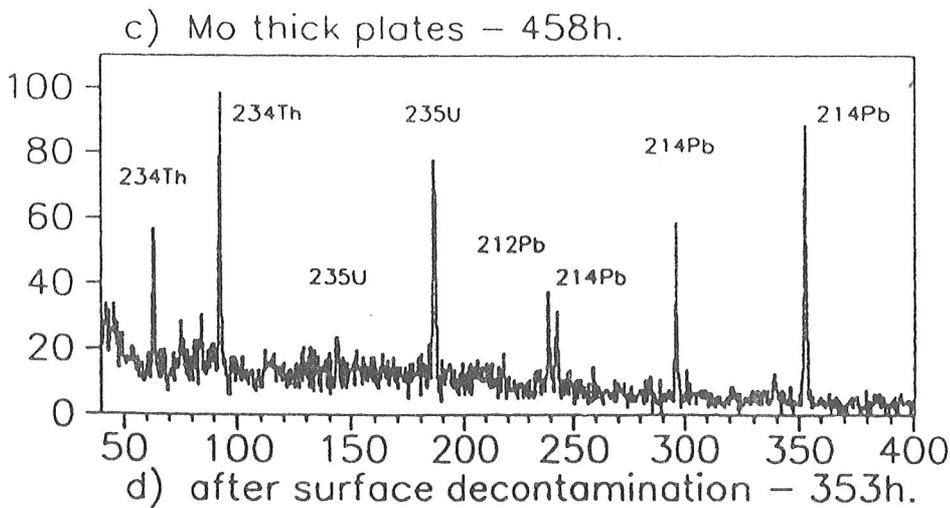
Dimolybdate  
d'Ammonium  
(sel)



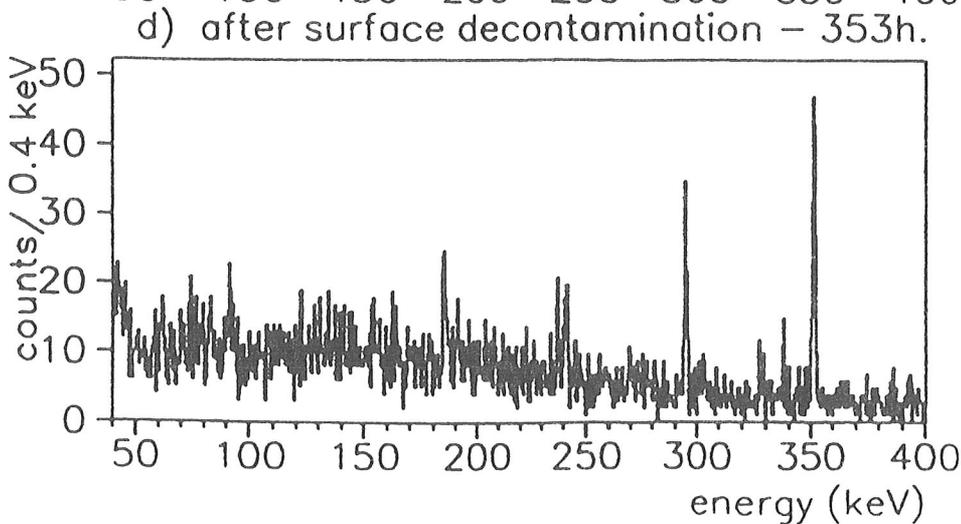
Mo métallique  
(pouche)



frittage



Mo métallique  
(basse)

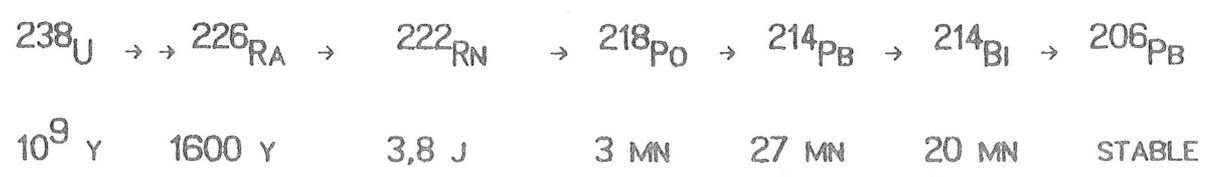


Même échantillon  
après  
décontamination

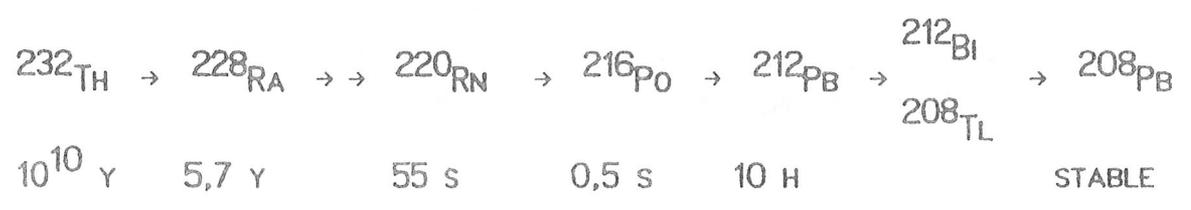
## II - D) PROBLÈMES DU RADON

LE RADON EST UN DES ÉLÉMENTS LES PLUS PERTURBATEURS DES EXPÉRIENCES À FAIBLE TAUX DE COMPTAGE.

→ FAMILLE  $^{238}\text{U}$



→ FAMILLE  $^{232}\text{TH}$



LE RADON SE RETROUVE DONC NATURELLEMENT DANS L'AIR (AÉROSOLS)

REMARQUE : DANS UN LABORATOIRE SOUTERRAIN, LE TAUX DE RN DE L'AIR PEUT ÊTRE TRÈS IMPORTANT ==> IL FAUT UN RENOUVELLEMENT FRÉQUENT DU VOLUME D'AIR.

A MODANE ACTIVITÉ ≈ 50 Bq/m<sup>3</sup>

CONSÉQUENCES : - EVITER TOUT ESPACE LIBRE ENTRE LE DÉTECTEUR ET SON BLINDAGE

- RENDRE LE BLINDAGE ÉTANCHE (FEUILLES PLASTIQUES)

- CONTRÔLER LES TAUX DE COMPTAGE EN COURS D'ACQUISITION

AUTRES PHÉNOMÈNES : LE DÉPÔT ACTIF

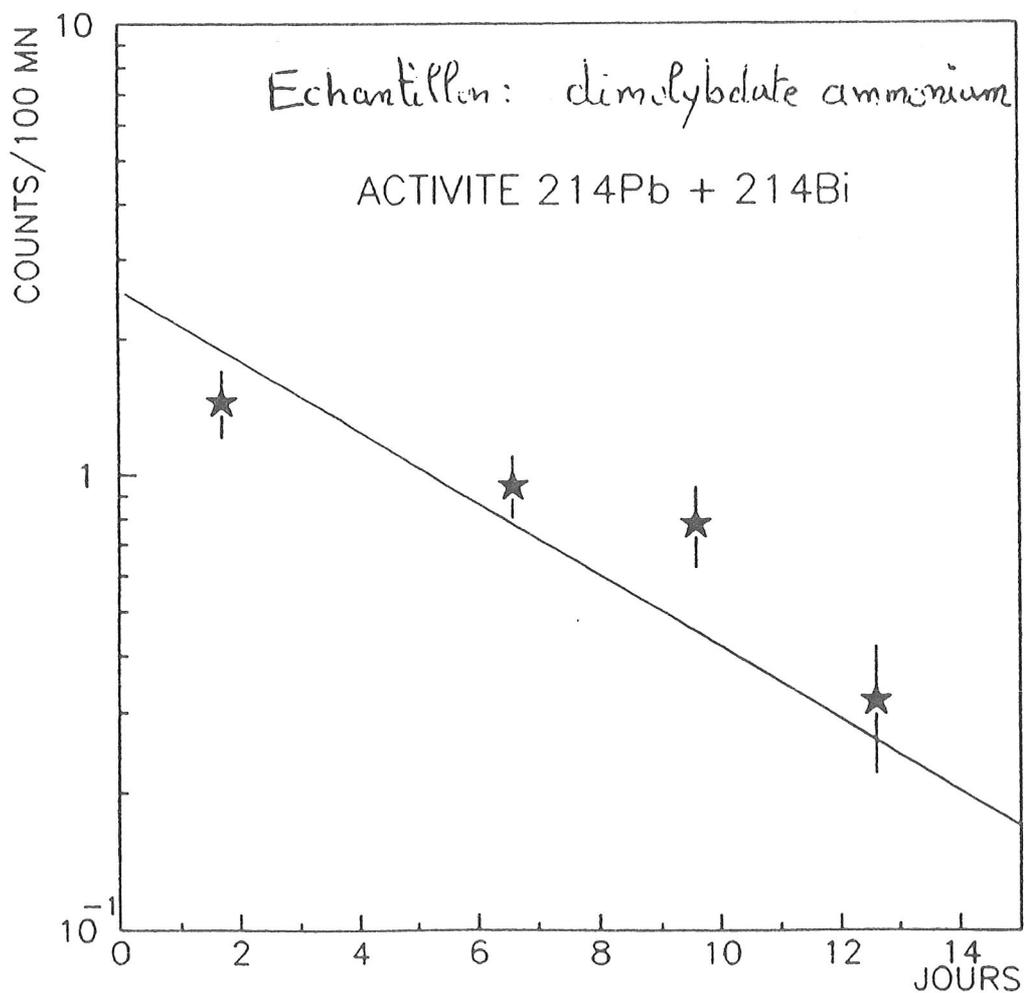
APRÈS ÉMISSION  $\alpha$ , LES NOYAUX PO FORMÉS SONT CHARGÉS POSITIVEMENT, ET VIENNENT SE FIXER SUR LES SURFACES DES MATÉRIAUX

$\Rightarrow$  ADSORPTION DU  $^{218}\text{Po}$   $\Rightarrow T_{1/2} \approx 1/2 \text{ H}$

$\Rightarrow$  ADSORPTION DU  $^{216}\text{Po}$   $\Rightarrow T_{1/2} \approx 10 \text{ H}$

IL FAUT ATTENDRE LA DÉCROISSANCE DE CES ISOTOPES POUR CONNAÎTRE LES ACTIVITÉS EN  $^{226}\text{Ra}$  ET  $^{228}\text{Ra}$  DES ÉCHANTILLONS

- LE RADON LUI-MÊME ( $^{222}\text{Rn}$ ) PEUT ÊTRE ADSORBÉ SUR LA SURFACE DES MATÉRIAUX  $\Rightarrow$  PÉRIODE DE 3,8 J. IL FAUT ALORS ATTENDRE AU MOINS 15 J AVANT DE COMMENCER UNE MESURE D'ACTIVITÉ EN  $^{226}\text{Ra}$ .







#### IV - APPLICATIONS DES TECHNIQUES DE BAS BRUIT DE FOND

- DÉVELOPPEMENTS IMPOSÉS PAR LES EXPÉRIENCES DE DOUBLE DÉCROISSANCE BETA  
==> PHYSIQUE DU NEUTRINO
- APPLICATIONS AUX OSCILLATIONS DE NEUTRINO (BUGEY)  
" NEUTRINO SOLAIRES (GALLEX, SAGE, IN,...)
- OCÉANOGRAPHIE ET SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT (GIF/YVETTE)  
EVOLUTION DES COURANTS MARINS  
RADIOPURETÉ DES EAUX FLUVIALES ET MARINES  
DATATION DE CRUSTACÉS  
ETUDE DE POLLUTION
- MATIÈRE NOIRE ==> BOLOMÈTRES ET SCINTILLATEURS NAI
- DATATION PAR  $^{14}\text{C}$  (GIF/YVETTE)
- DÉVELOPPEMENT MÉDICAL ==> PROTHÈSES
- DÉVELOPPEMENTS INDUSTRIELS : DÉTECTEURS (Ge, NAI, BGO)  
ELECTRONIQUE, PM  
COMPUTER

