



# L'optimisation de la radioprotection en secteur recherche

SFRP – Saint Malo – 11 juin 2014

**Pierre Barbey - Gilbert Pigrée - Maxime Lemarchand**  
Pôle de Prévention des Risques Radiologiques - UCBN



# Particularités du secteur universitaire

Critères	Caractéristiques en recherche
Aspects sociologiques	Rotation forte des personnels. Temps de séjour souvent limité
Aspects institutionnels	Souvent plusieurs organismes imbriqués
Sûreté vs radioprotection	Composante RP dominante
Organisation prévention	En construction plus récente
Exercice des pratiques	Pratiques diverses, éclatées, changeantes et irrégulières
Réactivité / moyens	Réactivité faible / moyens limités
Professionnel / Public	Milieu fortement ouvert au public
Cloisonnement des risques	Risques biologiques / chimiques fortement associés



# I – La problématique des bêtas durs

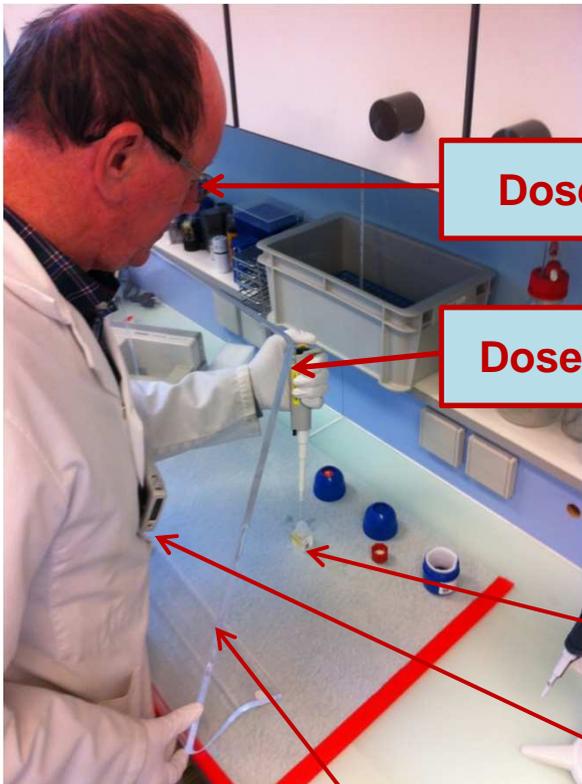
# Manip P-32 : évaluation exposition externe

**P-32 :**  
 $\beta^-$  (100%) ; 1710 keV

Question  
d'actualité

Fli 700H sur PMMA 3 mm  
à distance de 50 cm

- Devant  $\approx 430 \mu\text{Sv/h}$
- Derrière  $\approx 2 \mu\text{Sv/h}$



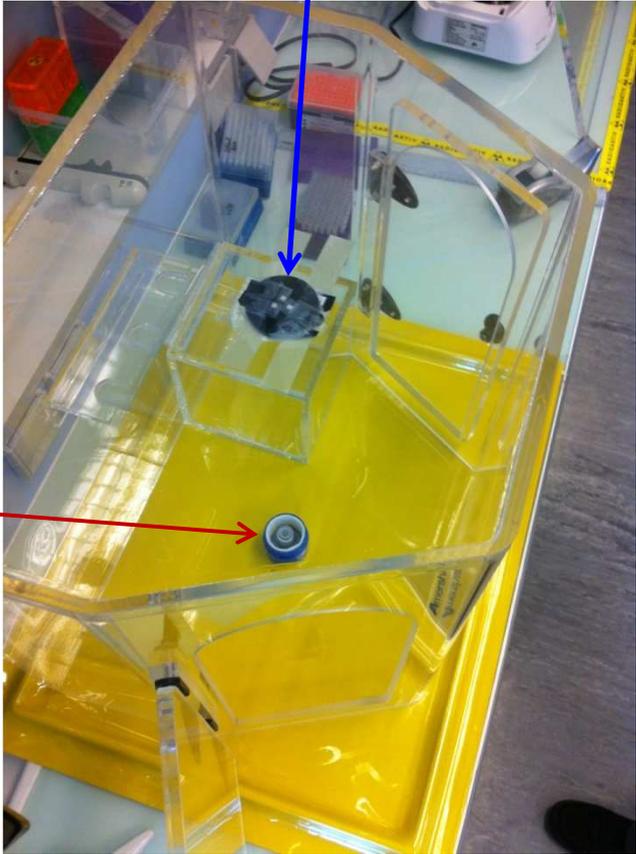
Dose cristallin ??

Dose extrémités ??

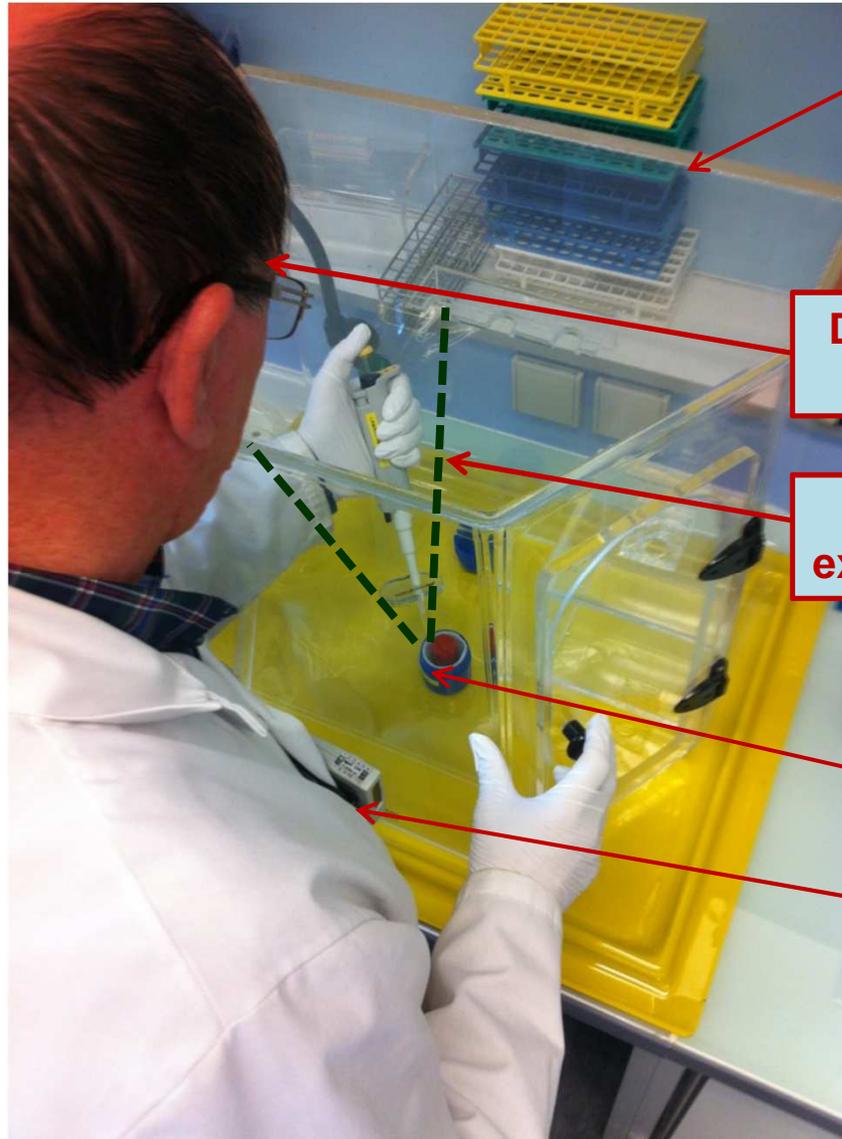
45 MBq P-32

DO et DP  $\approx 0$

Ecran plexi  
10 mm



# Manip P-32 : évaluation exposition externe



Bêta Box (10 mm plexi)

Dose cristallin  
 $\approx 0$

Dose  
extrémités ??

45 MBq P-32

DO et DP  $\approx 0$

Emploi écran-pipette

SANS : 4.000  $\mu\text{Sv/h}$

AVEC : 2,5  $\mu\text{Sv/h}$

[Mesures TOL/F sans capot]





## II – LES RISQUES LIES AUX CONTAMINATIONS RADIOLOGIQUES

**Dominance de l'emploi  
d'émetteurs bêta  
en sources non scellées**



**Choix de focaliser sur  
le volet contaminations  
radiologiques**



# Le cas de l'iode

---

✚ Situations de contaminations radiologiques fréquentes et identifiées  
**en médecine nucléaire**

✚ **En secteur recherche :**

■ Emploi de molécules marquées (i.e. kits RIA)  $\Rightarrow$  l'iode organifié est relativement stable

■ Marquage moléculaire (iodinations)  $\Rightarrow$  risque de contaminations atmosphériques

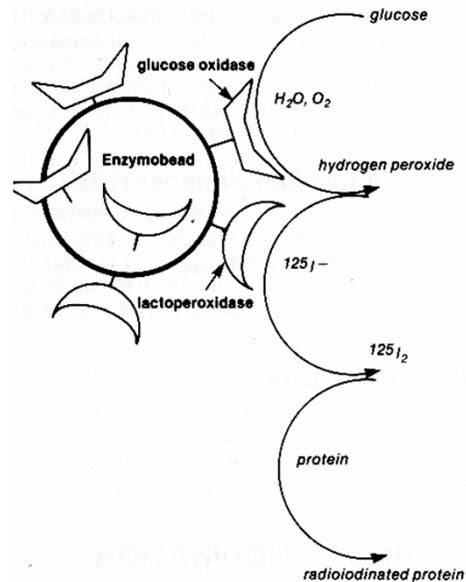
✚ **deux phénomènes à distinguer :**

■ Iodure de Na en stockage  $\Rightarrow$  processus de radiolyse  $\Rightarrow$  production d'iode gazeux

■ Marquage moléculaire (iodinations)  $\Rightarrow$  processus expérimental d'oxydo réduction  $\Rightarrow$  production d'iode gazeux

# Le cas de l'iode

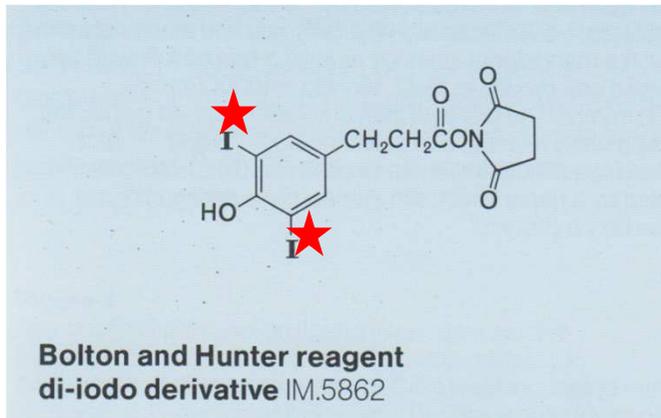
## with Enzymobeads



iodination  
↓  
Processus actif d'oxydo-réduction

Iodure [ $\text{I}^-$ ] (non volatil)  $\Rightarrow$  Iode moléculaire [ $\text{I}_0$ ] (volatil)

↓  
E.P.C. indispensables



# Le cas du Tritium

Contrôles RP  $\Rightarrow$   
observation de 3H dans un  
prélèvement de givre (frigo)



Contrôles approfondi de  
l'ensemble du frigo



Total activité 3H dans eau  
de dégivrage



0,54 MBq dans 5,7 L



Évacuation vers ANDRA

tiroir	Localisation	Activité 3H glace (en Bq/ml)
n°8	Intérieur	51
	Serpentin	46
n°7	Façade	41
	Intérieur	100
	Serpentin	68
n°6	Façade	39
	Intérieur	38
	Serpentin	160
n°5	Façade	40
	Intérieur	160
	Serpentin	203
n°4	Façade	39
	Serpentin	137
n°3	Façade	35
	Serpentin	103
n°2	Serpentin	95
n°1	Serpentin	66

# Le cas du Tritium

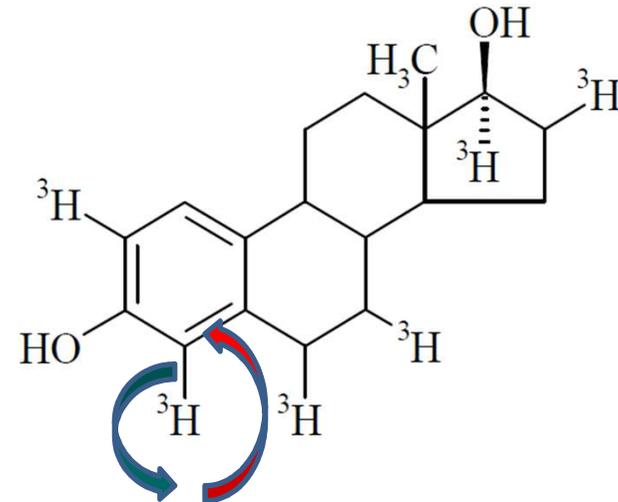
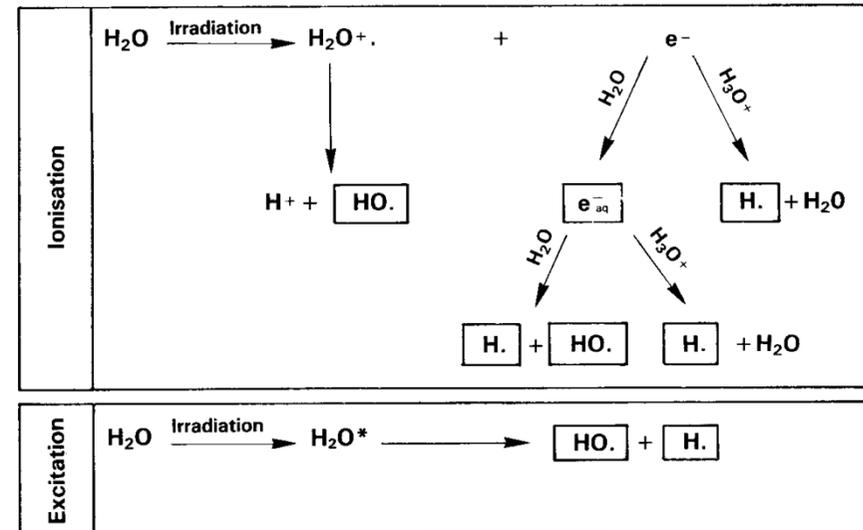
Contrôles par frottis de  
l'ensemble des fioles-mères et de  
leur conteneur



A l'exception de la source de [<sup>14</sup>C],  
toutes les sources [<sup>3</sup>H] présentent des  
contaminations en Tritium (jusqu'à  
31.000 Bq/frottis), sur les fioles-sources  
mais aussi sur tous les conteneurs  
(surface externe) à des niveaux plus  
modestes (max à 82 Bq/frottis)

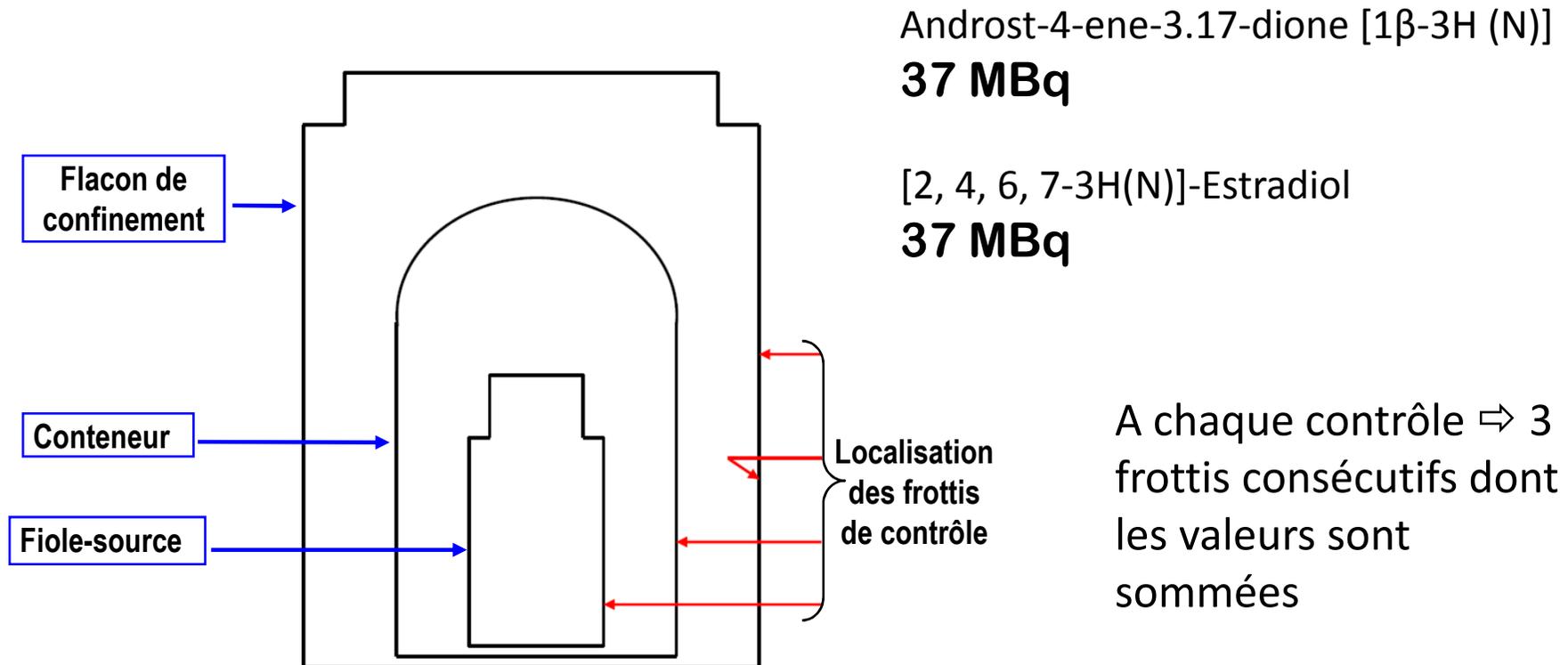


Question : contaminations par  
transfert (manipulations) et/ou par  
diffusion 3H due à la radiolyse ??..



# Le cas du Tritium

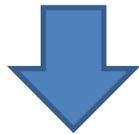
Investigations sur deux sources  $^3\text{H}$  acquises spécifiquement pour cette expérimentation  $\Rightarrow$  les fioles ne seront donc jamais ouvertes



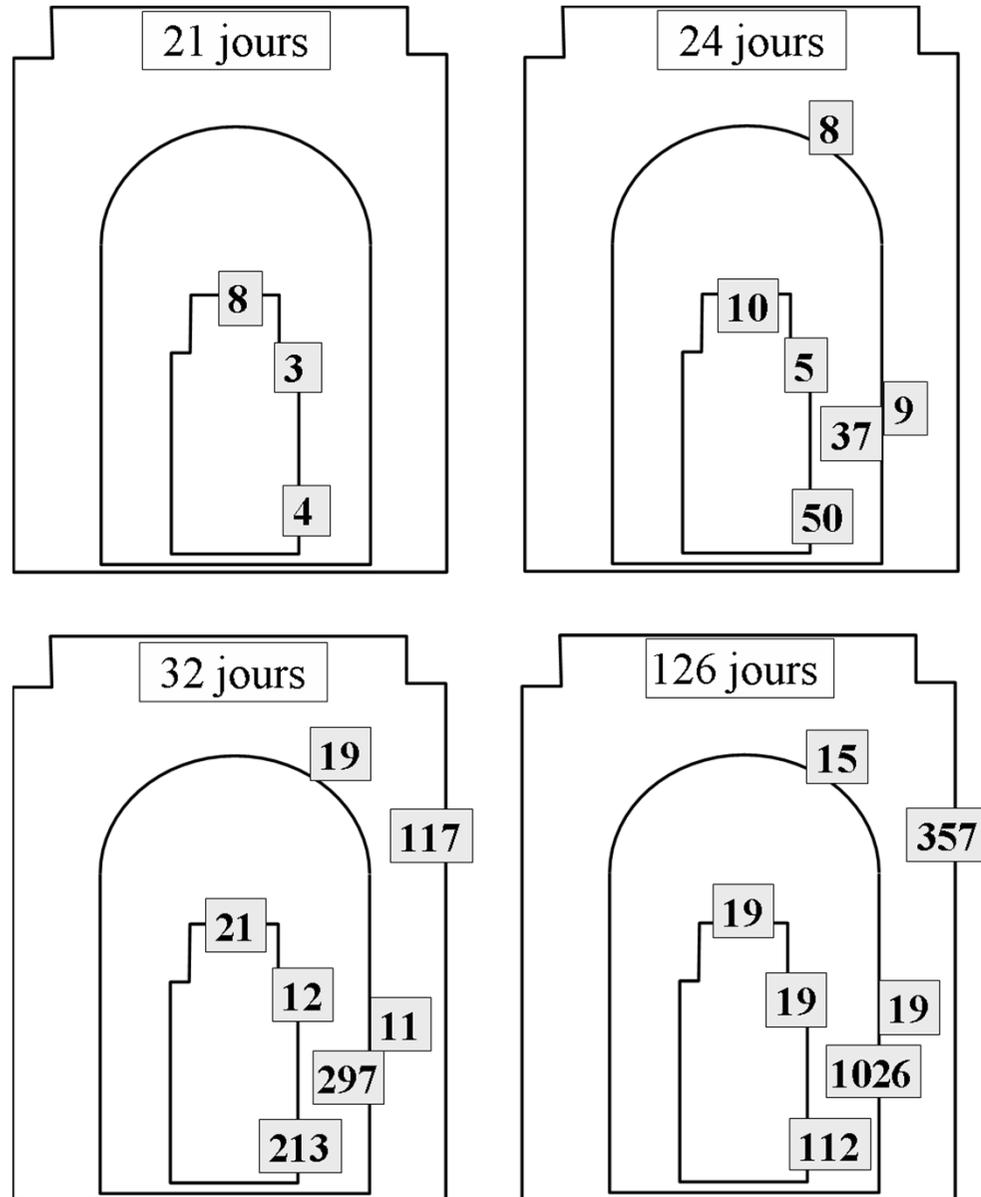
# Le cas du Tritium

La fiole-source n'est jamais ouverte

Diffusion du  $3\text{H}$  libre à travers les parois en fonction du temps



**Même à partir de molécules marquées - où  $3\text{H}$  est organifié - Le Tritium est difficile à confiner**



# Le cas du Carbone-14

Marquage cellulaire à l'aide  
[14C]-bicarbonate de Na



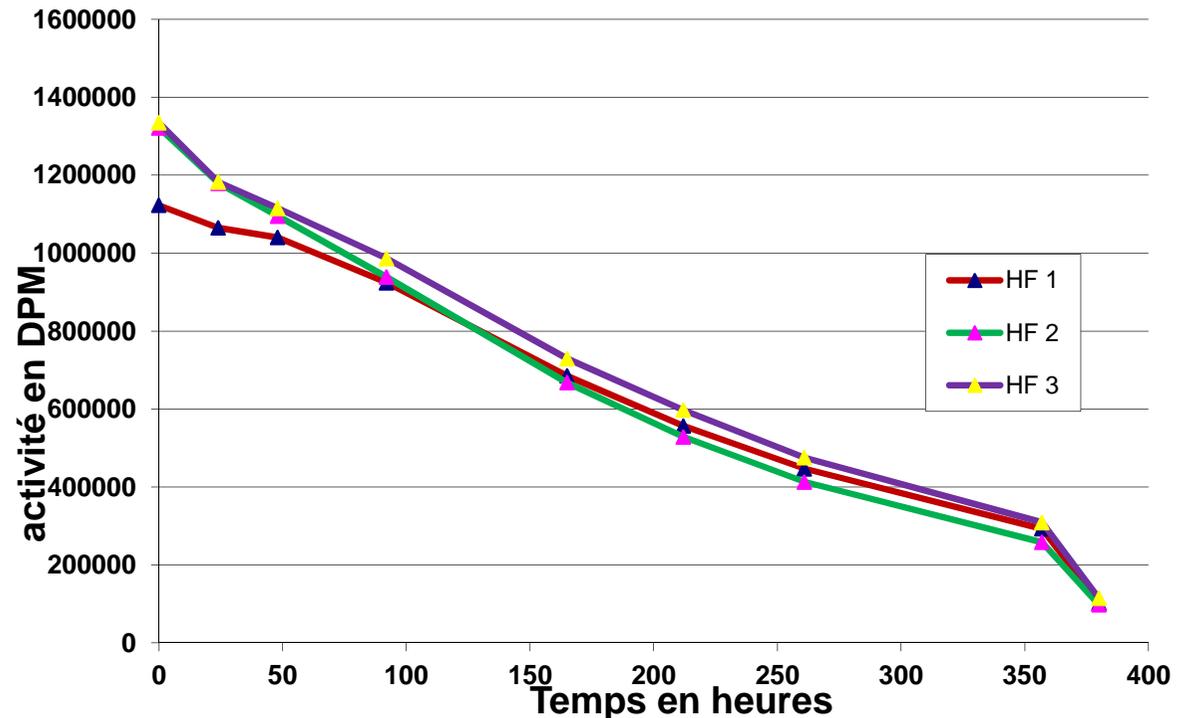
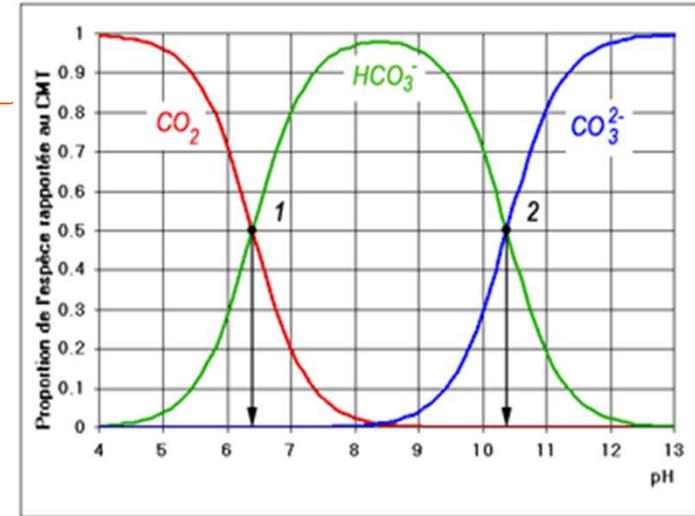
Mesure d'échantillons de  
14C en scintillation  
liquide



Contrôle de résultats de  
comptage de chercheurs



Suspicion de dégazage  
(malgré les données du  
fabricant...)

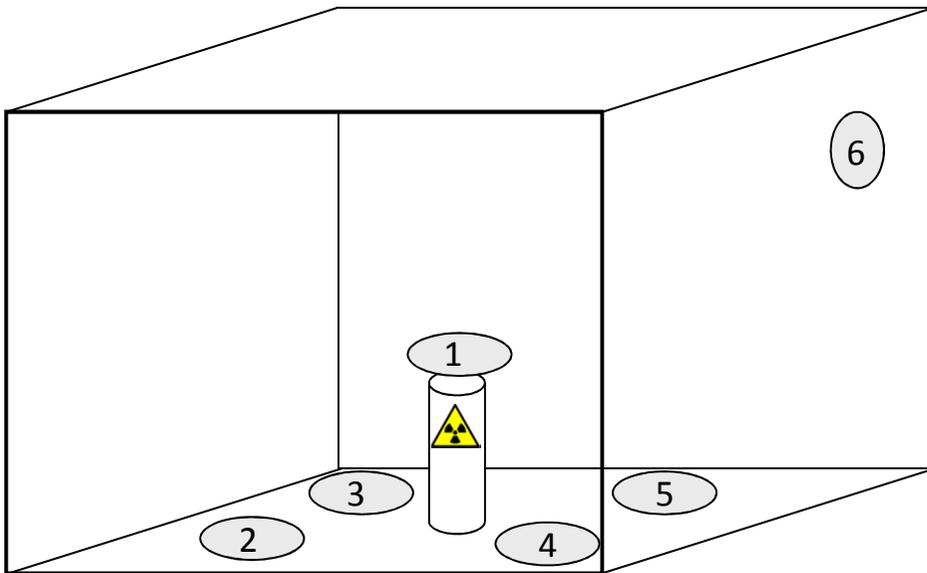


# Le cas du Carbone-14

## Expérimentation 1 :

Source [14C]-bicarbonate de Na (pH 11)  
placée dans une boîte hermétique

Tampons de soude 0,1N laissés 72h



Résultats :

1 : 1800 Bq

2 : 2100 Bq

3 : 2100 Bq

4 : 2300 Bq

5 : 2200 Bq

6 : 4Bq (eau de condensation)

## Expérimentation 2 :

Tampons imprégnés de soude  
(posés sur la source) au sein du  
frigo en fonction du temps de  
présence de la source de [14C]-  
bicarbonate de Na

277 jours  $\Rightarrow$  700.000 Bq

47 jours  $\Rightarrow$  77.000 Bq

106 jours  $\Rightarrow$  280.000 Bq

# Le cas du Souffre-35

- ✚ Sous l'action de la radiolyse des produits de décomposition volatils (i.e.  $\beta$ -mercaptans) sont formés au sein de la fiole-mère
- ✚ Cela concerne tout particulièrement les acides aminés de type [ $^{35}\text{S}$ ]-méthionine (Labelling Mix)
- ✚ Les molécules [ $^{35}\text{S}$ ]-Thio-ATP semble également concernées
- ✚ Selon notre REX, le [ $^{35}\text{S}$ ] sous forme de sulfate ne présente pas ce phénomène

Nature (1989)

## Hazards of sulphur

SIR—Meisenhelder and Hunter (*Nature* 335, 120; 1988) have drawn attention in Scientific Correspondence to the fact that volatile radioactive gas is released from the vial when containers of  $^{35}\text{S}$ -methionine or cysteine are first opened. Unfortunately, the situation seems to be even worse.

We have found that  $^{35}\text{S}$ - $\gamma$ -thioATP, which we use for post-translational modification of proteins, also liberates radioactive material and that this material rapidly contaminates any container in which the compound is enclosed. We also have the impression that radioactive volatiles escape from unopened containers as they warm up.

We suggest that the same problem would arise with  $\alpha$ -thioATP and perhaps should be considered whenever any radioactive sulphur compound is used. We note that methionine containing a specific pyridine inhibitor is now available and believe that such inhibitors should be widely used by manufacturers. We also suggest that a hazard warning should be printed in all catalogues as well as on data sheets supplied with  $^{35}\text{S}$ -compounds.

IVOR SMITH  
VANESSA FURST  
JOHN HOLTON

*Medical Microbiology Department,  
University College and Middlesex  
Hospital School of Medicine,  
London W1P 7PN, UK*

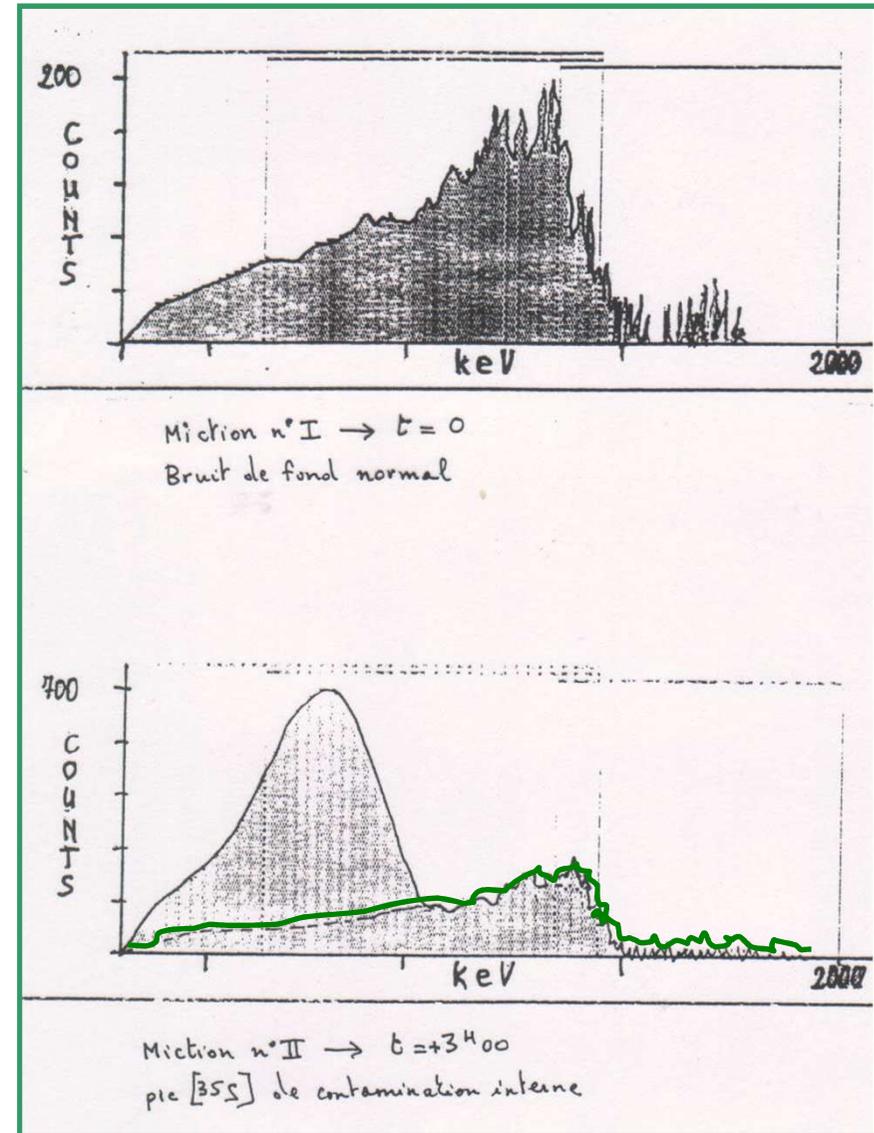
# Le cas du Souffre-35

## 1<sup>er</sup> cas de contamination interne



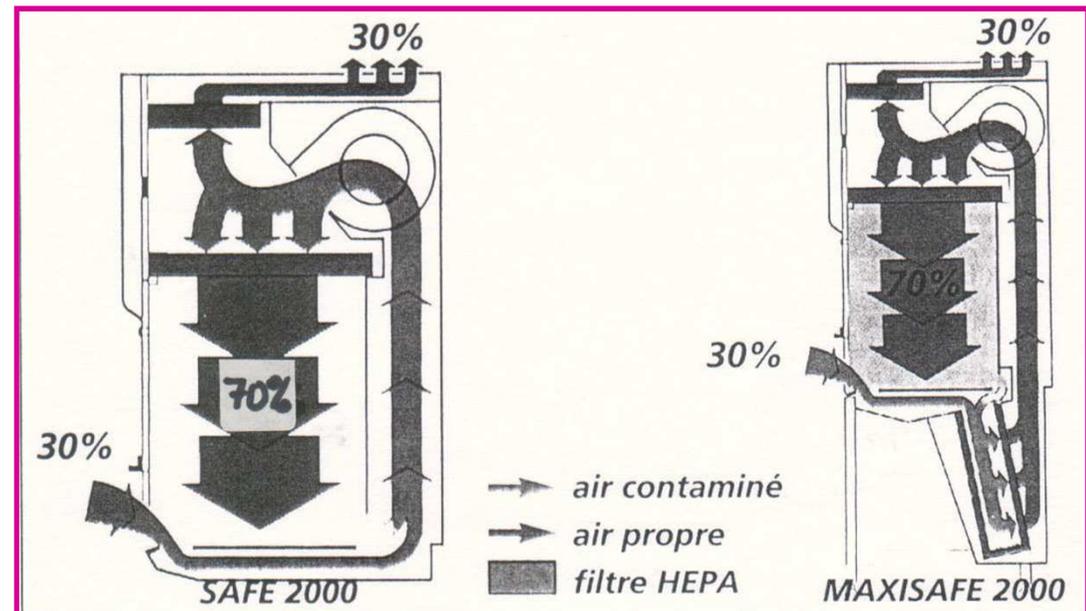
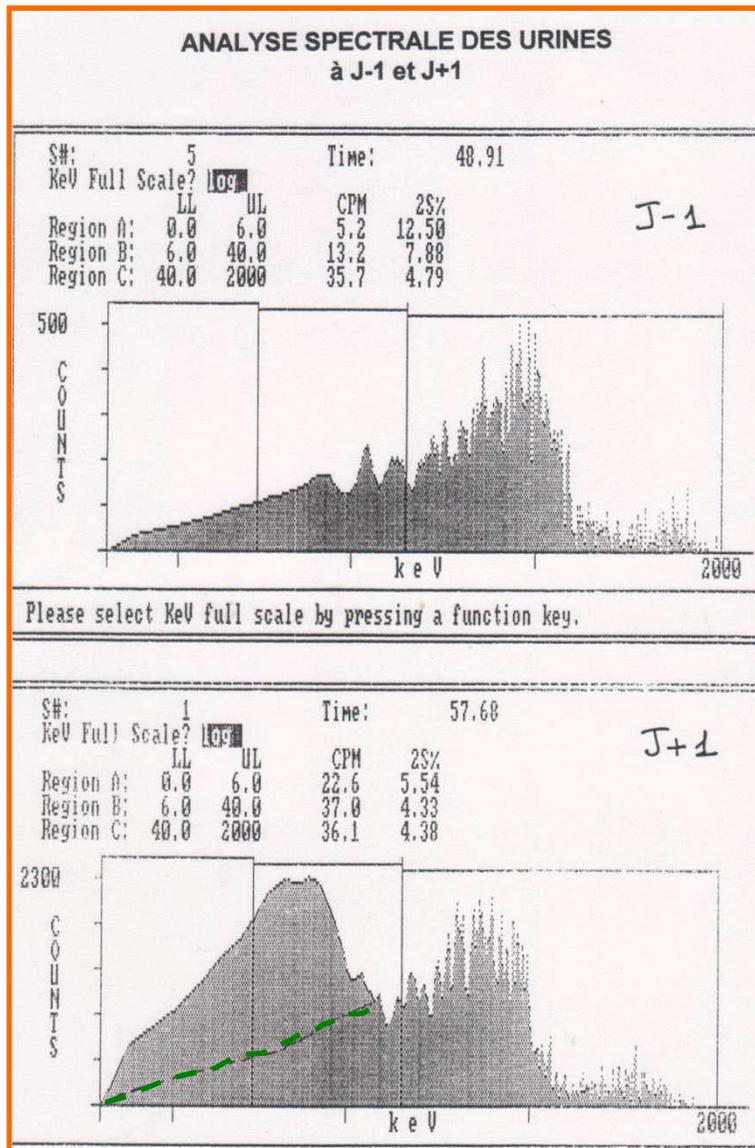
**Attention :**

Une hotte à flux laminaire  
horizontale protège la  
MANIPULATION,  
pas le MANIPULATEUR !!!!...



# Le cas du Souffre-35

## 2<sup>ème</sup> cas de contamination interne



**Procéder à des études de poste pour limiter les risques de contamination interne...**

# Commentaires

- Tous ces exemples soulignent des contaminations faibles
- Sans doute pas un problème sanitaire mais un vrai problème en radioprotection (propreté radiologique)
- Contrairement à l'exposition externe qui est en général bien appréhendée, les risques de contaminations radiologiques sont moins bien cernés et parfois même ignorés.
- Nécessité de faire remonter le REX
- Ils peuvent en outre conduire à des expositions internes



***Un objectif général de la réglementation est d'éviter tout risque de dispersion des substances radioactives à l'intérieur et à l'extérieur des espaces de travail, et donc de ne pas accepter comme une situation normale de travail des conditions de contamination pouvant conduire à une exposition interne.***

# Consignes particulières

- Renforcer les contrôles internes pour l'emploi des sources non scellées
- Renforcer les formations (notamment des jeunes entrants...)
- Ouvrir les fioles-mères sous une sorbonne ou dans une BÀG et attendre quelques instants avant emploi
- Changer fréquemment de gants
- Conserver les sources (si cela est possible) à  $-20^{\circ}$  (voir  $-80^{\circ}$ )
- Si possible, fractionner la solution-mère en solutions-filles (plus l'activité volumique est élevée, plus la radiolyse est importante)
- Le givre contribue à piéger le  $3H$  volatil  $\Rightarrow$  effluents ANDRA
- Disposer de produits absorbants (parfois simple, tel tampon de soude...)
- Contrôler la bonne adéquation des équipements de labos
- Disposer d'EPC adaptés
- Multiplier le suivi radiotoxicologique au plus près des pratiques

**Merci**

**de votre attention**