



Radioprotection | Home  
Security | Surveillance  
l'Environnement | Contrôle  
Radioactivité | Télématique  
Radioprotection | Home  
Security | Surveillance  
l'Environnement | Contrôle  
Radioactivité | Télématique  
Radioprotection | Home  
Security | Surveillance

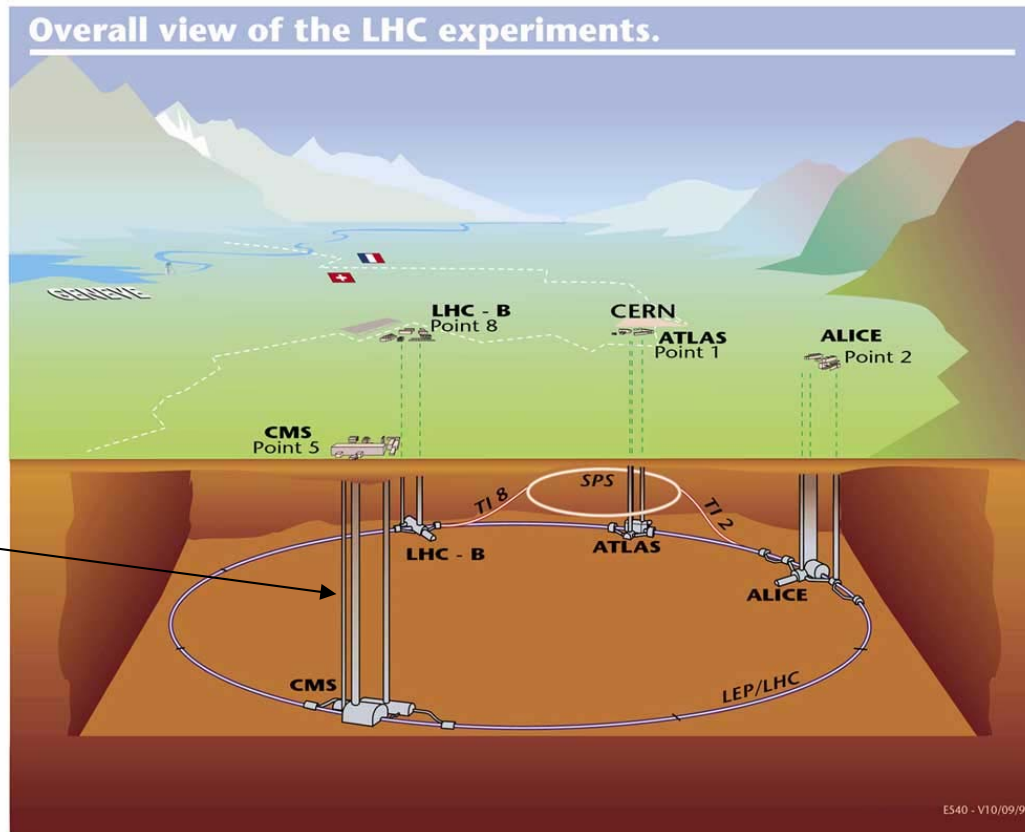
# **Simulation Monte Carlo d'une balise de mesures de gaz rares *Calcul et validation***

**Balise ASGA/VGM**

*Alain Ferragut*



# Le contexte

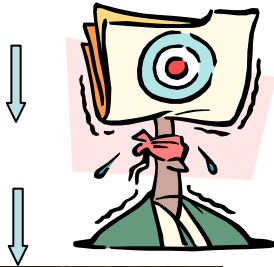


- Saphymo a équipé le système de surveillance de la radioactivité « RAMSES » du CERN

# La démarche

- Les contraintes :

- Mesure de l'activité volumique de la ventilation par une dérivation,
- $^{11}\text{C}$ ,  $^{13}\text{N}$ ,  $^{14}\text{O}$ ,  $^{15}\text{O}$ ,  $^{41}\text{Ar}$ ,
- Limite de détection de 5 kBq/m<sup>3</sup> en moins de 60 min,
- Test de performance par un laboratoire agréé avec  $^{85}\text{Kr}$  (coefficient d'étalonnage).



Choix du capteur et calcul des performances (rendement de détection) sans sources gazeuses disponibles...

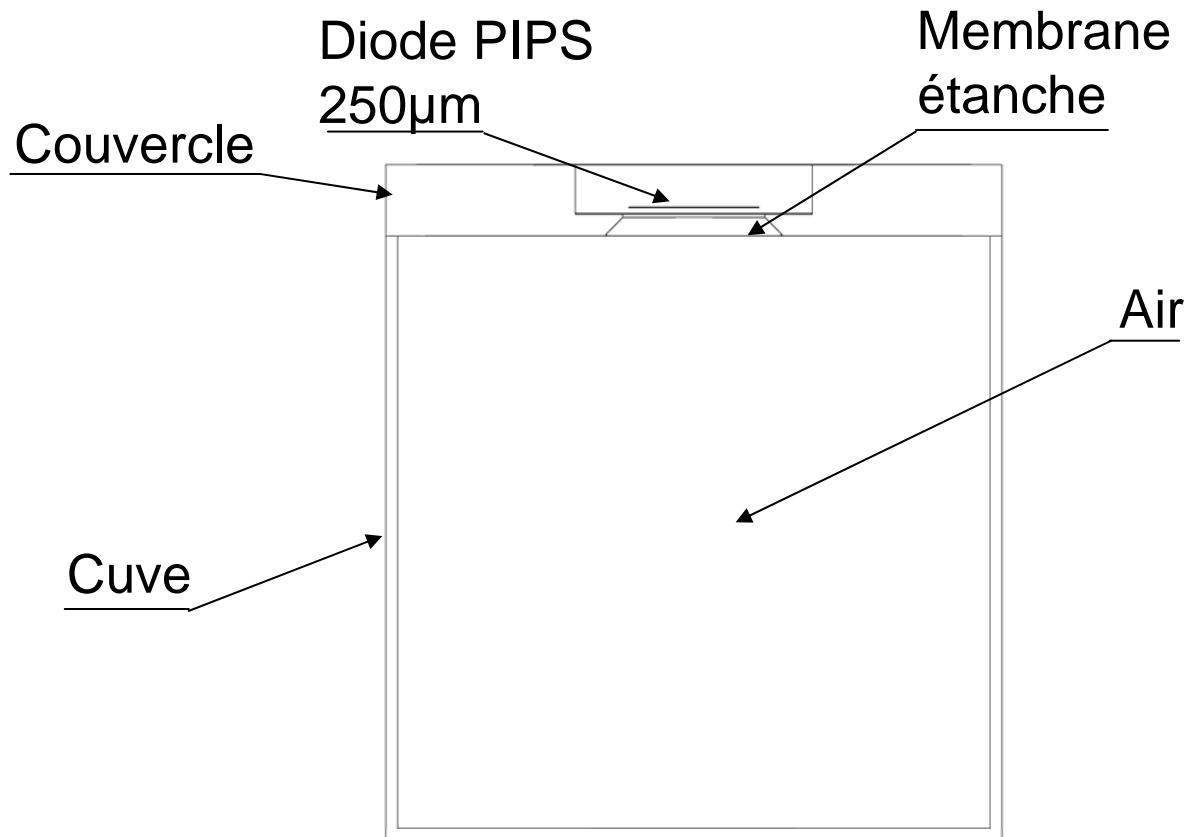


Le produit !

# La solution

- Simulation Monte-Carlo GEANT4 (4.7.0-p01 à l'époque)
- Package interactions électromagnétiques issu de Penelope:
  - Photoélectrique ( $> 250\text{eV}$ ) + Fluorescence + Auger,
  - Compton, Rayleigh ( $>250\text{eV}$ ),
  - Ionisation par  $e^-$ ,  $e^+$  ( $dE/dx$ ,  $>250\text{eV}$ ) avec Fluorescence + Auger
  - Création de paires et annihilation,
  - Bremsstrahlung  $e^-$ ,  $e^+$  ( $>250\text{eV}$ )
- Physique « standard » GEANT4
  - Diffusion multiple  $e^+$ ,  $e^-$  ( $> 100\text{eV}$ )
  - Diffusion multiple pour les ions proton, alpha...( $>100\text{eV}$ )
- Physique « basse énergie » GEANT4
  - ionisation ions proton, alpha...( $dE/dx$ ,  $>1\text{keV}$ )

# Modélisation de la géométrie – Le modèle

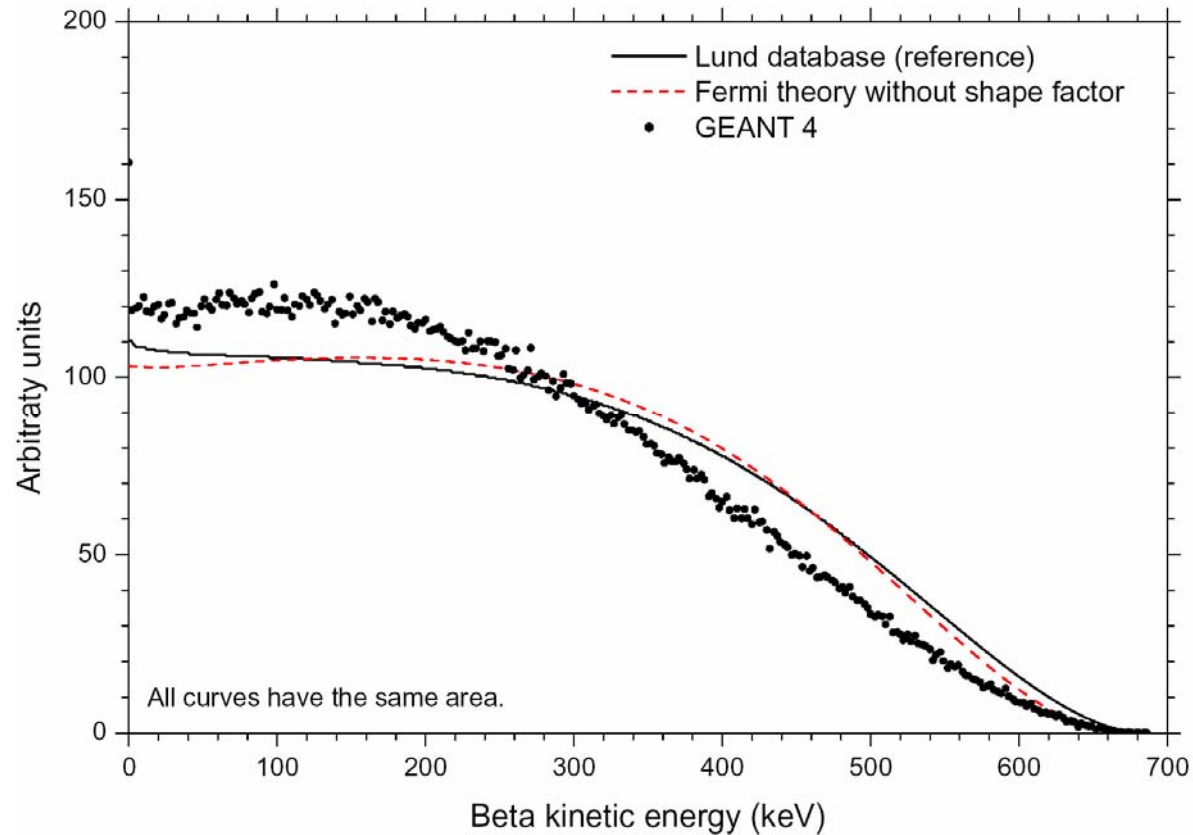


# Modélisation de la géométrie – « Le vrai »



# Générateur d'événements

## Attention au spectre $\beta$ initial !



# Le générateur d'événements,

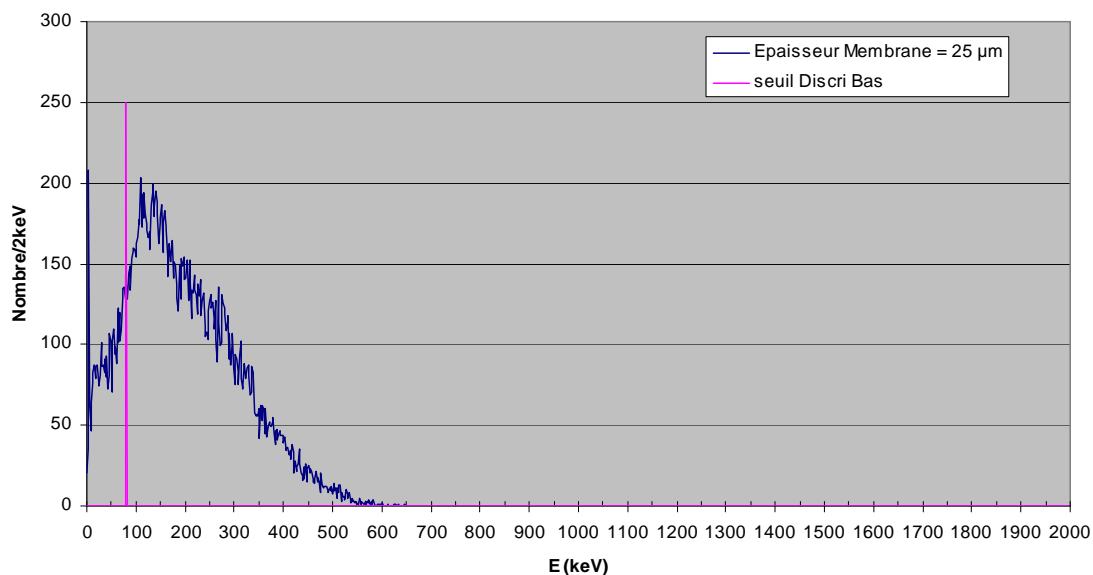
## « RadioactiveDecay » vs « Données utilisateurs »

- Radioéléments « exotiques »  $^{11}\text{C}$ ,  $^{13}\text{N}$ ,  $^{14}\text{O}$ ,  $^{15}\text{O}$ ,  $^{41}\text{Ar}$ :
  - Le module de décroissance radioactive inclus dans GEANT4 est utilisé : émission  $\beta^+$  et  $\beta^-$  par une modélisation à « 3 corps »  $e^+/e^-$ , neutrino et atome final.
  - La particule initiale est l'atome radioactif. Le spectre énergie  $\beta$  est généré automatiquement.
  - La position initiale de l'atome tirée au hasard dans la cuve.
  - L'atome se désintègre au repos.
- Radioélément de référence  $^{85}\text{Kr}$ :
  - La particule initiale est un électron.
  - Son énergie est définie par le spectre de l'université de Lund, considéré comme référence. (fichier d'entrée).
  - Position initiale tirée au hasard dans la cuve (commande GEANT4),
  - Direction d'émission initiale isotrope (commande GEANT4).

# Données de sortie

## Spectre en énergie déposée dans le silicium

VGM  
Détection  $^{85}\text{Kr}$  dans Air  
Spectre initial Lund



Névts = 5 e6

Seuil de discrimination imposé par le bruit de l'électronique et le bruit thermique de la diode.

# Rendement de détection (sensibilité)

$$A_{\text{simulé}}(\text{MBq.m}^{-3}) = \frac{N_{\text{évts}}}{V_{\text{cuve}}} \times 10^{-6}$$

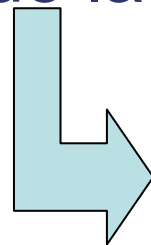
$$S_{G4}(\text{c.s}^{-1}/\text{MBq.m}^{-3}) = \frac{\sum_{E_n \geq 80 \text{keV}} \text{Comptage}(E_n)}{A_{\text{simulé}}}$$

En ramenant  $N_{\text{évts}}$   
et  $\text{Comptage}(E_n)$  à 1s

$$S_{G4} = 3.270 \text{c.s}^{-1}/\text{MBq.m}^{-3}$$

# Comparaison avec l'expérience

- Expérience menée au labo IRSN/SERAC (Saclay) avec  $^{85}\text{Kr}$  étalon + Air de dilution ( $1 \text{ MBq.m}^{-3}$  TPN),
- L'expérimentateur avait accès au taux de comptage de la diode,
- Résultat...

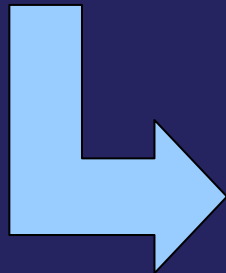


$$S_{\text{exp}} = 3.47 \pm 0.20 \text{ c.s}^{-1}/\text{MBq.m}^{-3}$$

$$Ecart = \frac{S_{G4} - S_{\text{exp}}}{S_{\text{exp}}} = -5.8\%$$

*Un très bon accord entre le calcul et la vérification expérimentale !*

- Saphymo utilise GEANT4 :
  - Pour la R&D
  - L'expertise de ses systèmes
- Investir plus de temps au début d'un projet



Gain de temps en R&D et  
baisse du coût au final

Radioprotection | Home  
Security | Surveillance  
l'Environnement | Contrôle  
Radioactivité | Télématique  
Radioprotection | Home  
Security | Surveillance  
l'Environnement | Contrôle  
Radioactivité | Télématique  
Radioprotection | Home  
Security | Surveillance