



# The Radon

José Busto

CPPM/IN2P3/ Université d' Aix-Marseille

*LSM 18/10/2023*



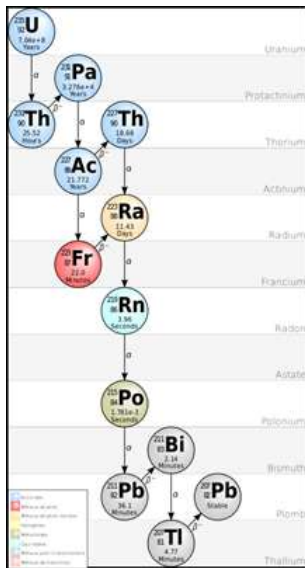
## Noble, Natural, Radioactive, Gaz



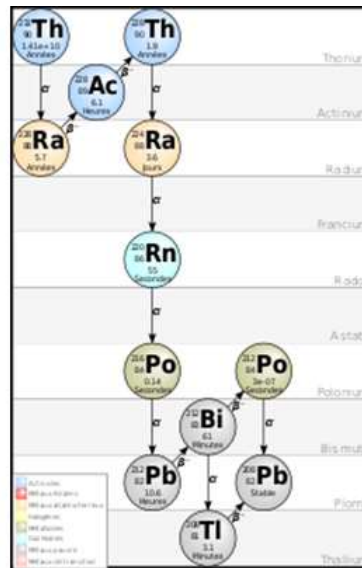
Noble Gas => No chemistry (not a lot) → strong diffusion

Natural => Uranium : 2.7 mg/kg → thousands of Bq/m<sup>3</sup> if poorly ventilated

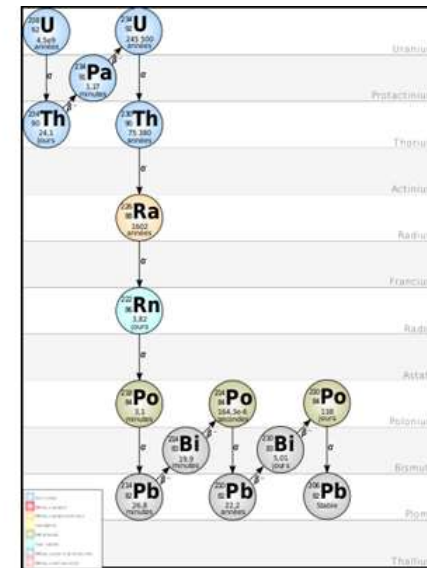
Radioactive => high intrinsic activity



$^{219}\text{Rn}$  (3.96 s)

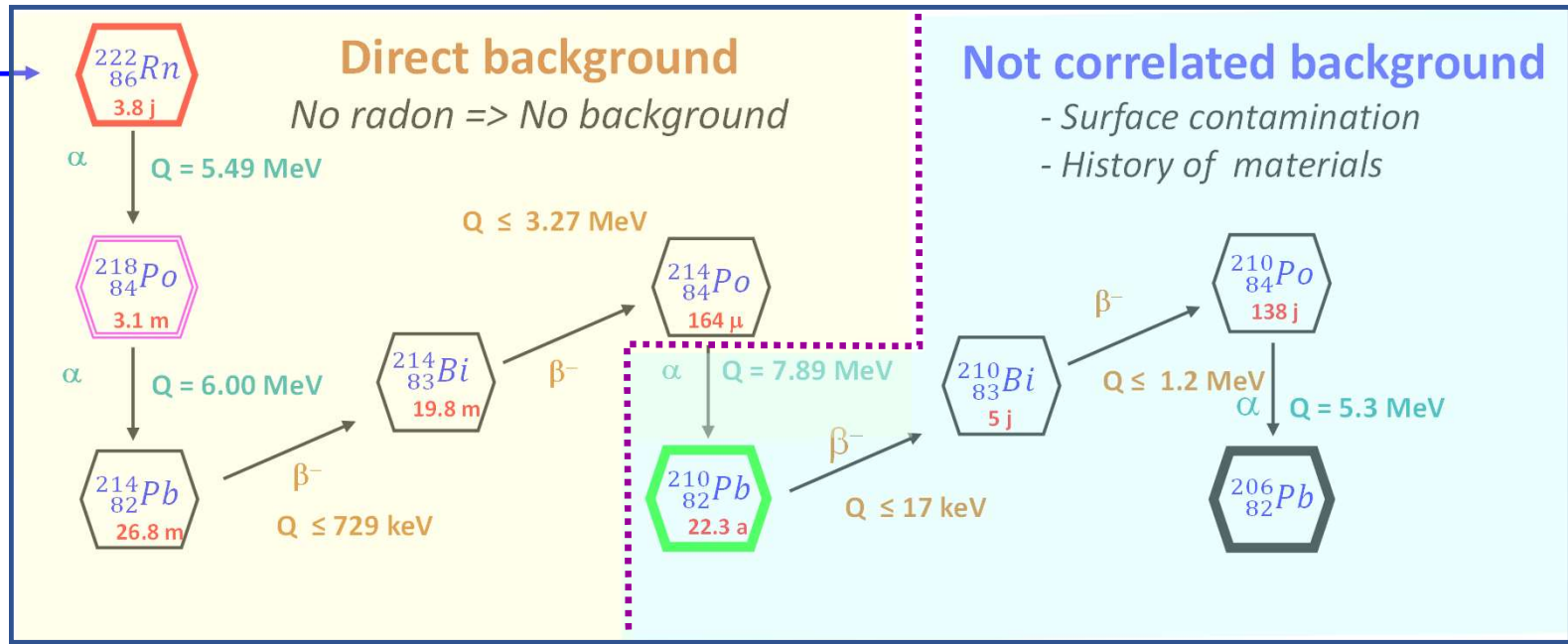
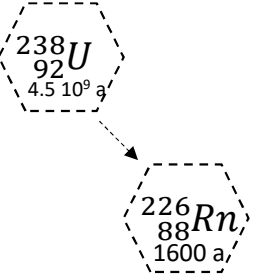


$^{220}\text{Rn}$  (55 s)



$^{222}\text{Rn}$  (3.82 d)

# Origin of radon background



$\alpha$	5 à 8 MeV
$\beta$	$\leq 3.27 \text{ MeV}$
$\gamma$	$\leq 2.20 \text{ MeV}$
Nucleus recoil	$\sim 100 \text{ keV}$
Neutron	$(\alpha, n)$ on light nucleus



Public Health

Information Vector  
(earth and environmental sciences)

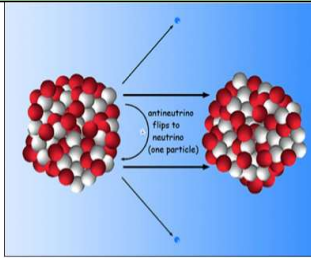


Radioactive Background  
(low energy, rarer events experiments)

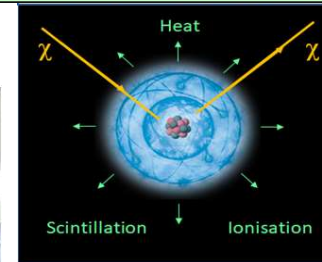


# Radon requirements in very rare events experiments

## Neutrinoless Double Beta Decay



## Dark Matter Direct Detection

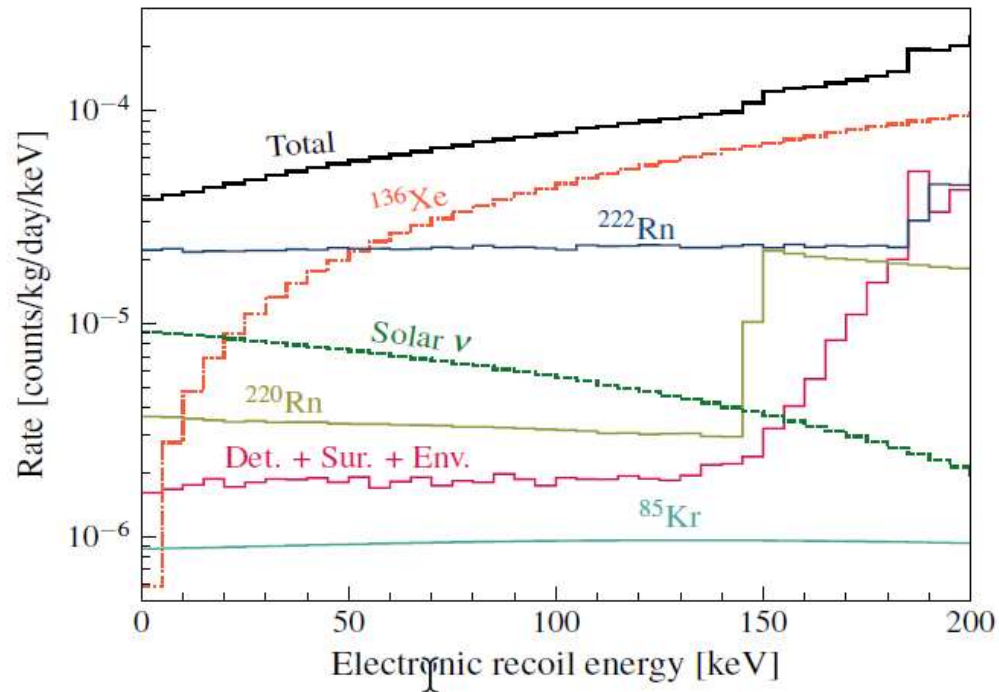
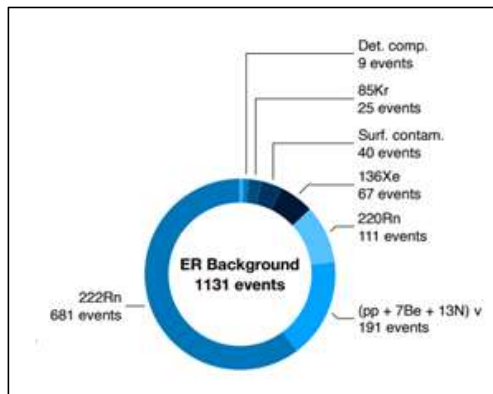


Few radon atoms per  $\text{kg}/\text{m}^3$

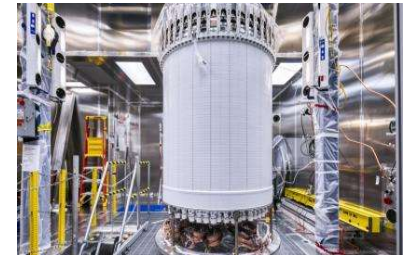




# Rn contribution to LZ background spectra



Projected WIMP sensitivity  
of the LZ Experiment  
[arXiv:1802.06039](https://arxiv.org/abs/1802.06039)

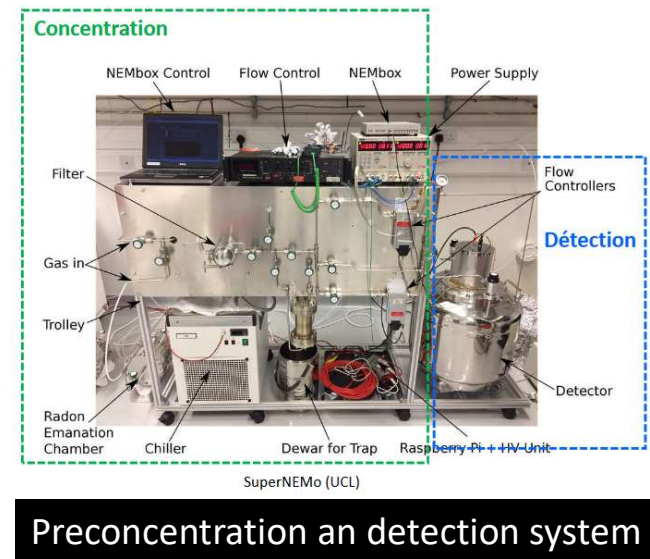
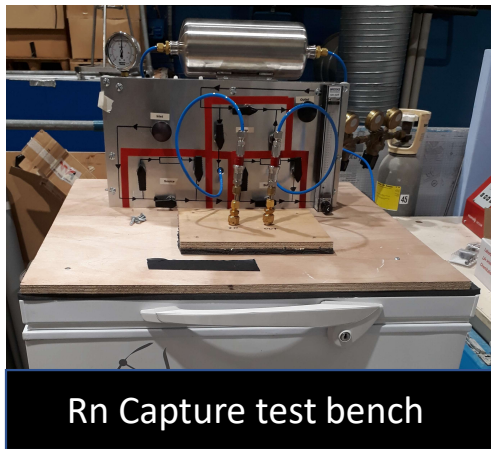
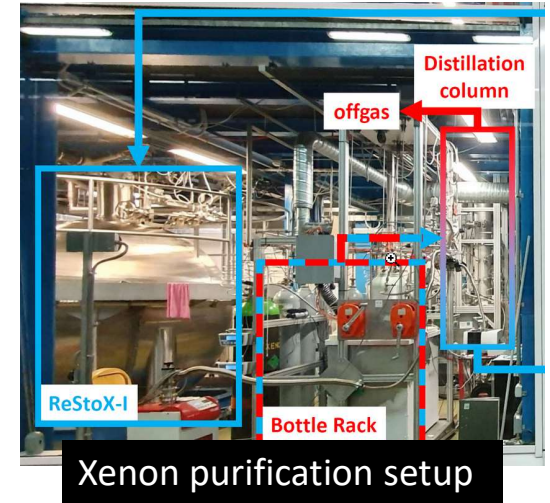


**LZ Dark Matter Experiment  
(Liquid Xe TPC)**

The background spectra in the 5.6 ton fiducial volume of the LZ TPC for single scatter events

$^{222}\text{Rn}$  is the dominant ER background in the WIMP dark matter search window (1.5 and 6.5 keV<sub>ee</sub>)

# The tools



## Important parameters

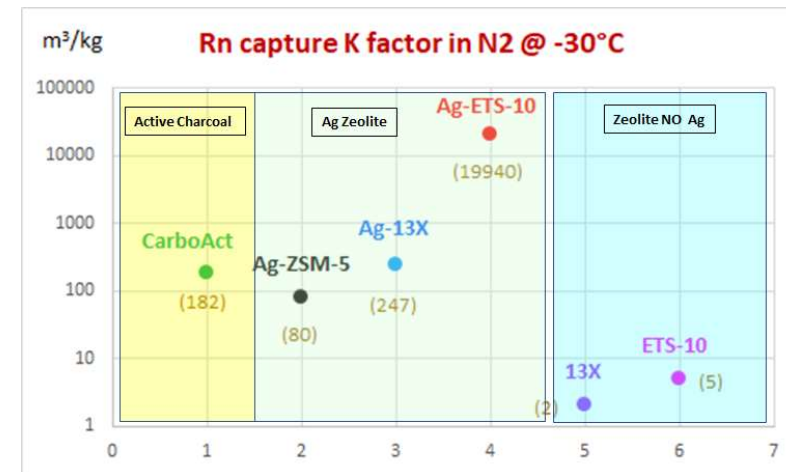
- Emanation/transport : In real detection gases (He+Ethanol, Xenon, Argon+Methane, ..)
  - : In real phase (liquid / gas)
  - : At the real pressure, temperature

=> **Significant lack of data**

- Capture : Adsorption on commercial materials (active charcoal)
  - => **Very significant improvement for specific adsorbent**

- Xenon / Radon purification : Cryogenic distillation
  - => **High selectivity new adsorbents**

- Radon daughter plate-out : Cleaning techniques
  - : High sensitivity surface detectors (XIA)
  - => **Coating with pure materials**



**Fundamental but not always necessary to carry out in underground labs**



# Le **radon** en sciences de la Terre et de l'environnement Quelles opportunités au Laboratoire Souterrain de Modane ?

A première vue, pas d'intérêt pour le radon ( $^{222}\text{Rn}$ ) lui-même...

- fortes activités fréquentes dans les échantillons de gaz et de liquides géologiques
- faibles activités possibles mais la mesure du radon est souvent une mesure de particules alpha
- difficulté de transporter les échantillons (demi-vie, pertes) : mesures in-situ privilégiées

**MAIS les laboratoires souterrains peuvent être très utiles dans certains cas !**  
*notamment si l'on s'intéresse à certains descendants du radon qui se mesurent surtout en gamma*

Exemple de la collaboration Clermont – Modane, depuis 2017 :

L. Terray & V. Breton (LPC/**IN2P3**), P.-J. Gauthier (LMV/**INSU**), G. Warot (LSM/**IN2P3**)

Thématique centrale : **volcanologie** → **dynamique des processus de dégazage**

Mesure en **spectrométrie gamma** de la signature en  $^{210}\text{Pb}$  de produits volcaniques (aérosols, laves)



Apport de la collaboration LSM :  
- **limite de détection améliorée**  
- **temps d'analyse réduit**

Qualification du **bruit de fond interne de détecteurs gamma** utilisés pour la mesure in-situ de  $^{214}\text{Pb-Bi}$  dans des environnements **faiblement radioactifs** (projet ANR 2023)



Apport de la collaboration LSM :  
- **suppression de la composante muonique, château de plomb**

# Le **radon** en sciences de la Terre et de l'environnement

## Quelles opportunités au Laboratoire Souterrain de Modane ?

Quelques pistes de recherche et de développement dans les années à venir :

### En laboratoire souterrain

**Volcanologie** : spectrométrie bêta à bas bruit pour la mesure d'émetteurs bêta dans les aérosols volcaniques ( $^{210}\text{Bi}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ )

- abaisser les limites de détection pour mesurer des échantillons moins actifs
- mesures plus rapides et/ou plus précises

Échantillonnage depuis le cratère = **échantillons riches**  
Mais **complexe, dangereux, peu d'échantillons**



Échantillonnage par drone = **échantillons moins concentrés**  
Mais **ciblage précis, plus sûr, plus efficace (plus d'échantillons)**

### Ou pas directement (mais en lien étroit)

**Instrumentation** : applications des nouvelles techniques de piégeage/mesure du radon développées pour les expériences à ultra-bas bruit aux **mesures environnementales** (e.g. concentrateurs pour des mesures de basses activités)

**Aérosols radioactifs de descendants du radon** : étude expérimentale des **processus de dépôt** sur des surfaces et de **filtration** → **fort intérêt** pour les **expériences de physique** « bas bruit » et pour les études en **sciences de la Terre/Environnement** (métrologie, dosimétrie radon)