

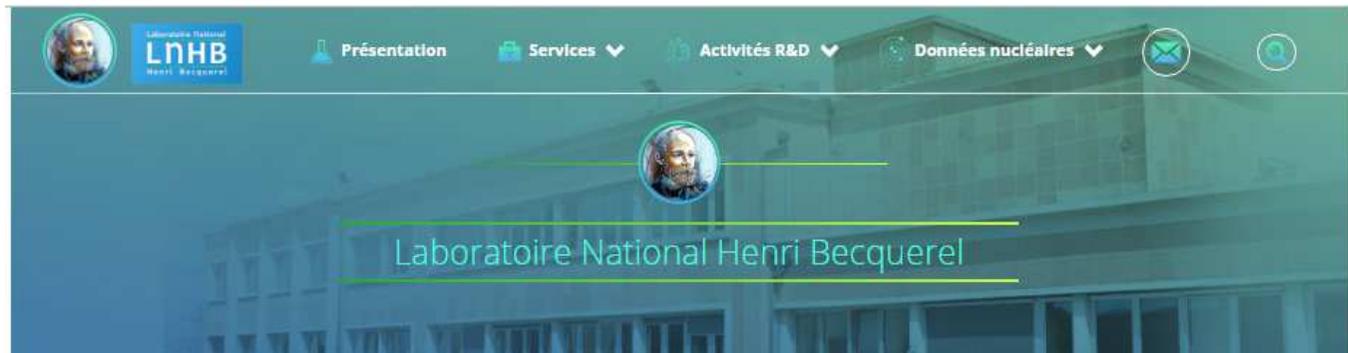


Organisation de la métrologie

Présentation du LNHB

Journées Utilisateurs LNHB

16 mars 2017



Thierry Branger thierry.branger@cea.fr



UNITÉS

2 équipes de développement utilisant des systèmes d'unités différents

- Unité impériale : livre-force
- Unité SI : newton

Erreur d'échelle:

Une livre-force équivaut à 4,48 newtons

→ Destruction de la sonde de la NASA

Coût : US\$ 125 M



UNITÉS

En 1775 : plus de 700 unités différentes

Masse	
Livre poids-de marc Aix	408,51 g
Livre poids-de marc Calais	509,53 g
Livre de Charlemagne	367,128 g
Livre de Paris	489,505 85 g

Longueur	
Pied-de-roi Rouen	270,7 mm
Pied-de-roi Calais	341,8 mm
Pied de Paris	324,839 416 7 mm
Canne Provence	2005,2 mm
Canne Troyes	792 mm

**Nécessité d'uniformisation
essentiellement pour
les échanges commerciaux**



LA MÉTROLOGIE : SCIENCE DE LA MESURE ASSOCIÉE À L'ÉVALUATION DE SON INCERTITUDE

- Au XVIIIème siècle, il existe plus de 700 unités de mesure, source de difficultés pour les échanges commerciaux
- 26 Mars 1791 : naissance du mètre (10 millionième du quart du méridien)
- 1799 : réalisation du mètre de platine
- 20 Mai 1875 : création du BIPM à Sèvres (Bureau International des Poids et Mesures)
- 1895 : découverte des Rayons X par Roentgen
- 1896 : découverte de la radioactivité par Henri Becquerel
- 1960 : naissance du SI : Système International d'unités qui comprend 7 grandeurs : longueur (m), masse (kg), temps (s), courant électrique (A), température thermodynamique (K), quantité de matière (mol), intensité lumineuse (cd).

Bureau
International des
Poids et
Mesures





ORGANISATION DE LA MÉTROLOGIE FRANÇAISE



4 Laboratoires Nationaux de Métrologie

- **LNE-LNHB/CEA**
- LNE-LCM/CNAM
- LNE-SYRTE/OP
- LNE



Temps
Fréquence

LNE-SYRTE/OP



Rayonnements
Ionisants

LNE-LNHB/CEA



6 Laboratoires Associés

- LADG (débitmétrie gazeuse)
- IRSN (dosimétrie neutrons)
- CETIAT (hygrométrie, débitmétrie liquide, anémométrie)
- ENSAM (pression dynamique)
- Observatoire Besançon (Temps-fréquence)
- TRAPIL (débitmétrie des hydrocarbures liquides)

Chimie/Biologie

Température
Grandeurs
thermiques



Electricité
Magnétisme





La métrologie regroupe l'ensemble des techniques permettant d'effectuer des mesures, de garantir leur exactitude et de les interpréter.

Pour les industriels, assurer la traçabilité et la fiabilité de leurs mesures est essentiel pour maîtriser leurs procédés de fabrication et veiller à la qualité de leurs produits.

La métrologie peut donc apporter une contribution majeure à la compétitivité des entreprises.

Bienvenue sur le site de la métrologie

La métrologie est l'e

La métrologie légale

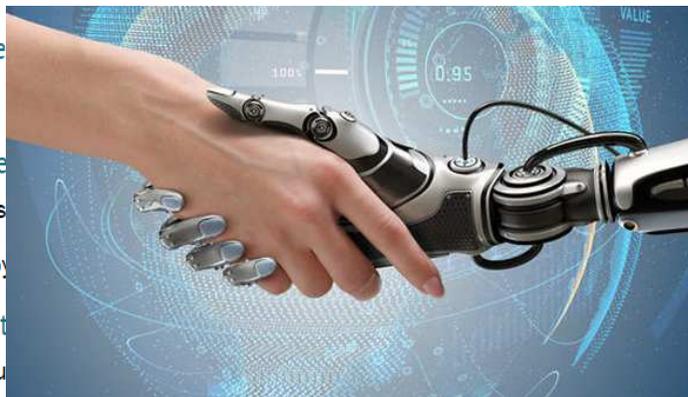
Elle regroupe un ens
certains instruments
consommateur, la lo

La métrologie indust

La métrologie regrou
de les interpréter.

Pour les industriels, assurer la traçabilité et la fiabilité de leurs mesures est essentiel pour maîtriser leurs procédés de fabrication et veiller à la qualité de leurs produits.

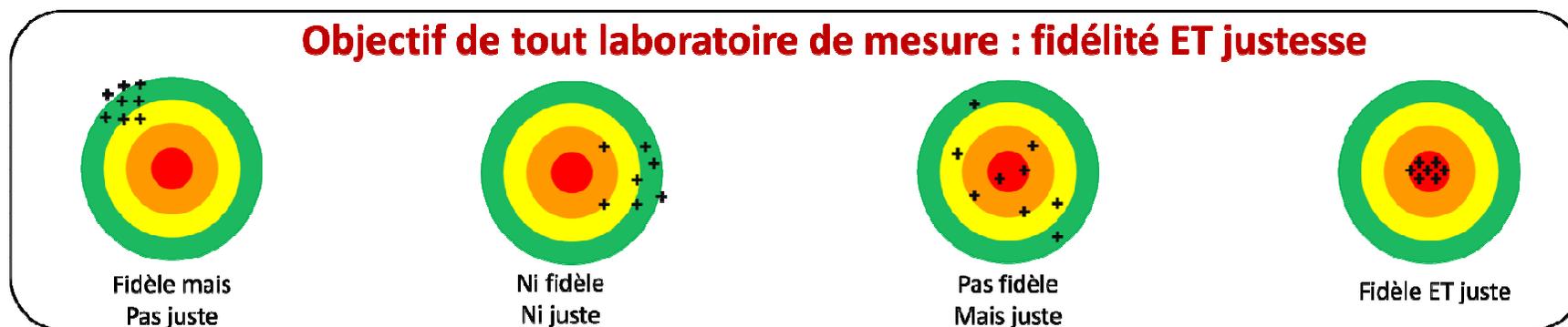
La métrologie peut donc apporter une contribution majeure à la compétitivité des entreprises.



Mesurer c'est comparer 1 grandeur inconnue à une grandeur de même nature prise comme référence

Il faut disposer d'une référence commune ou de références comparables (c'est-à-dire de référence liées à une référence commune) : un étalon maintenu par le laboratoire national de métrologie d'un pays.

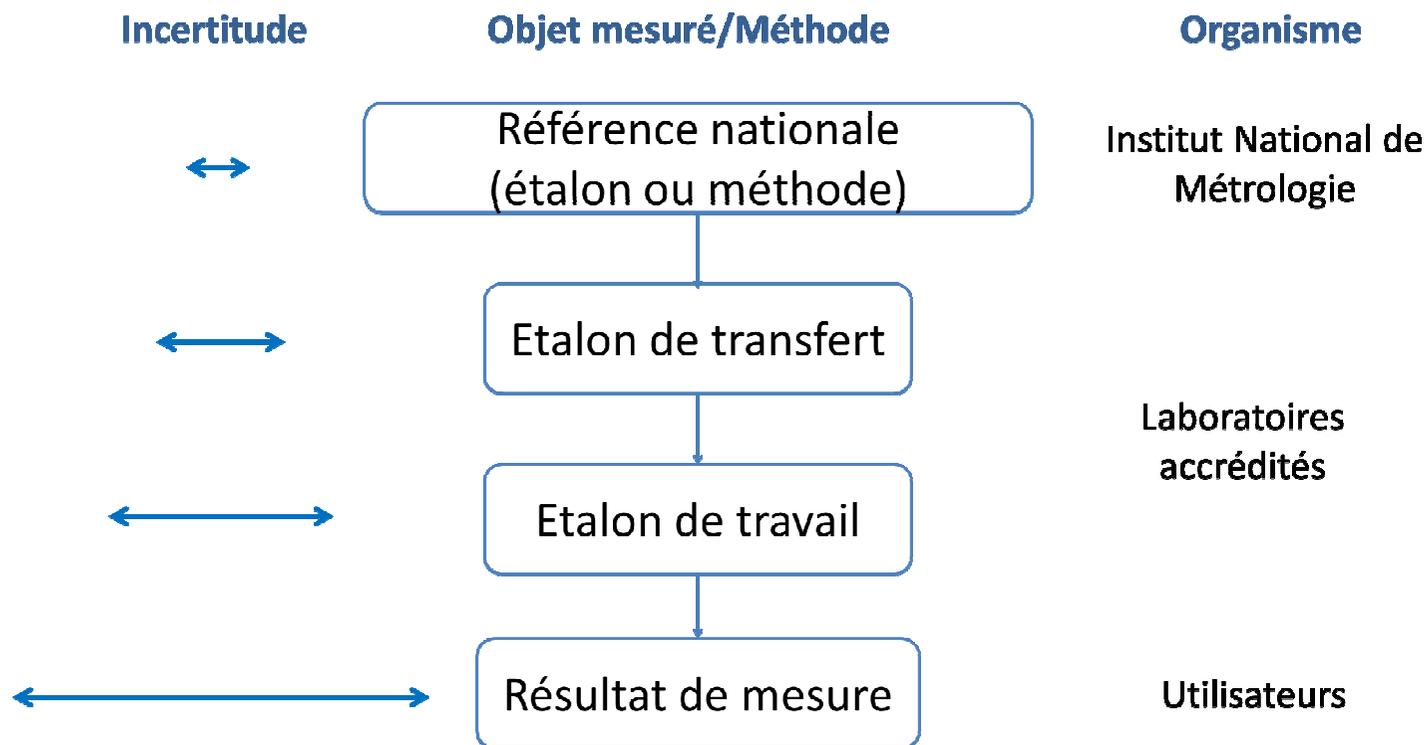
Une référence métrologique doit être : commune, stable et facilement accessible





La **traçabilité** d'un résultat de mesure assure qu'il peut-être relié à une référence par l'intermédiaire d'une chaîne ininterrompue et documentée d'étalonnages dont chacun contribue à l'incertitude de mesure.

Chaîne de raccordement nationale



Référentiel Qualité : ISO 17025
Accréditation COFRAC Etalonnage



EXEMPLE DE TRAÇABILITÉ

R & D

Méthode primaire LNHB :
scintillation liquide



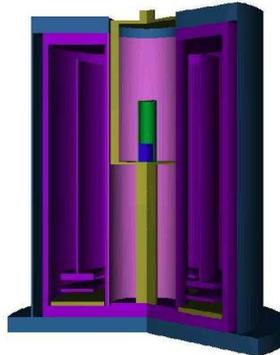
(kBq)

1 %



Transfert aux utilisateurs

Méthode de transfert LNHB :
chambre d'ionisation à puits



(MBq)

1,5 %

Instrument de mesure utilisé dans
les SMN : activimètre

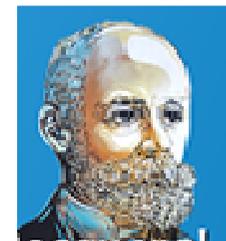


(10 MBq-GBq)

3 à 4 %



Le Laboratoire National Henri Becquerel (LNHB)

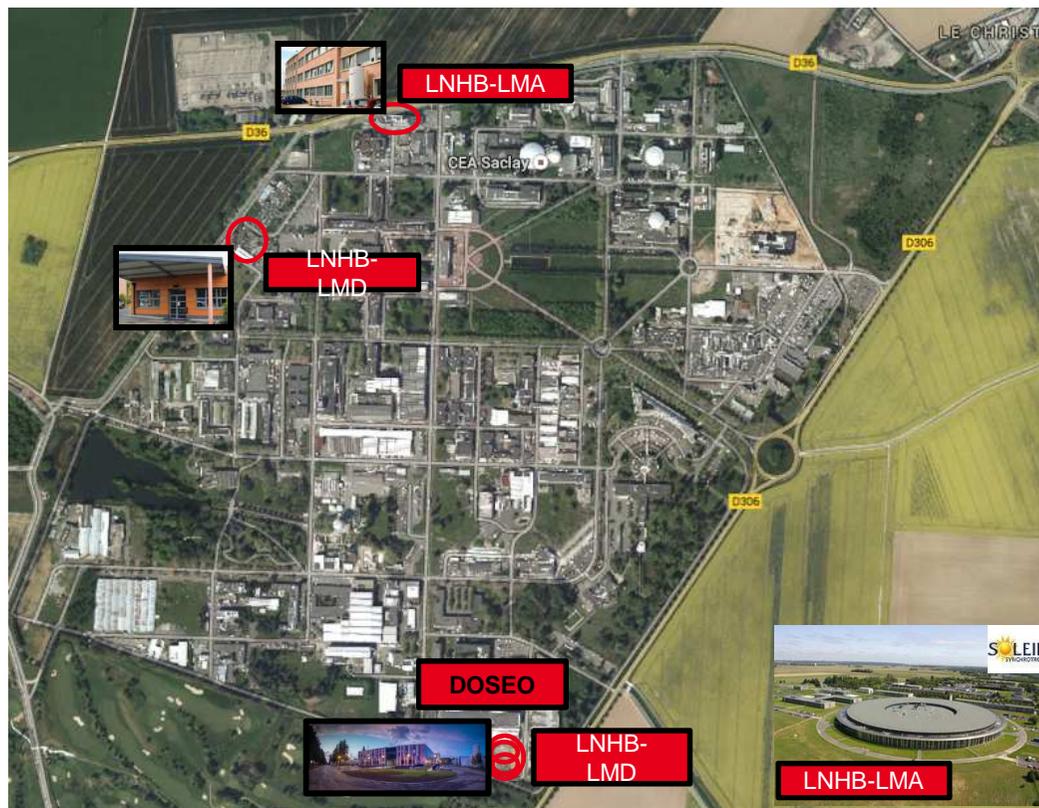


- 1945 : Création du Commissariat à l'Energie Atomique
 - ✓ Création de la « section de Mesures » du CEA au fort de Châtillon dans l'environnement de la pile Zoé, embryon du LNHB actuel
- 1969 : Création du BNM : LMR en charge des références nationales d'activité et dosimétrie
- 1999 : Nouveau nom donné au laboratoire national de métrologie des rayonnements ionisants du CEA : « Laboratoire National Henri Becquerel » (LNHB)
- 2005 : Réorganisation de la métrologie:
 - ✓ Les laboratoires nationaux de métrologie sont fédérés par le Laboratoire National de métrologie et d'Essais (LNE)
 - ✓ Le LNHB est confirmé comme Laboratoire National de Métrologie pour les Rayonnements Ionisants



Une double appartenance:

- **CEA**
CEA/LIST/DM2I/LNHB
- **LNE** (Laboratoire National de métrologie et d'Essais)



47 permanents - 3 doctorants - 2 post-doctorants

3 laboratoires:

Dosimétrie
dose absorbée, kerma (Gy)
équivalents de dose (Sv)

19 permanents

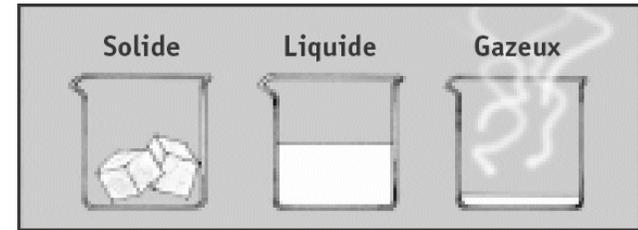
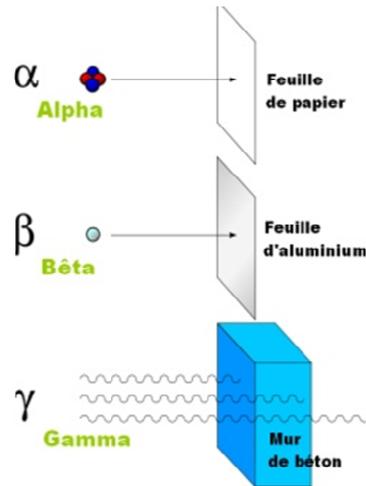
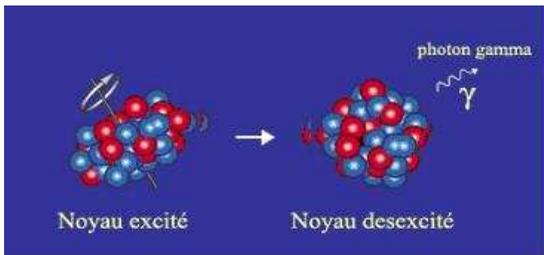
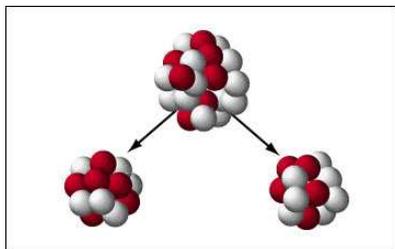
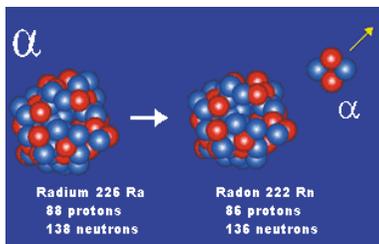
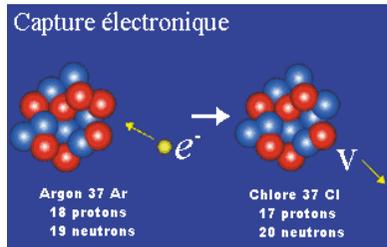
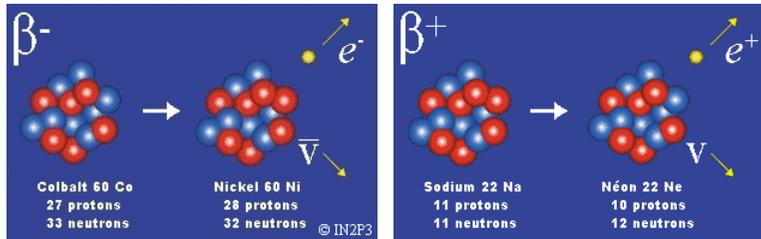
Données de désintégration
périodes,
énergies...

3 permanents

Radioactivité
activité (Bq)
débit d'émission (s^{-1})

21 permanents

MÉTROLOGIE DE LA RADIOACTIVITÉ



Radionucléide	Période radioactive
Fluor 18	1,83 heure
Radon 222	3,82 jours
Iode 131	8,05 jours
Carbone 14	5 730 années
Plutonium 239	24 100 années
Uranium 238	4,47 milliards d'années

MÉTHODES DE MESURES EN RADIOACTIVITÉ

Des techniques de mesures **différentes** pour un objectif **unique**

Scintillation liquide TDCR

Coïncidence α - β - γ

4 π cristal puits

ASD (alpha)

Triple

Chambre d'ionisation à puits

Spectrométrie X et γ

Neutron : bain de manganèse

prélevement
Pompe
Déteur Cerenkov (PM)
Déteur NaI(Tl)

méthodes primaires

Multiplicité des méthodes de mesure

Redondance métrologique

PRÉPARATION DE SOURCES ÉTALONS



Pesées de solutions radioactives



Manipulations en cellules blindées et en boîtes à gants

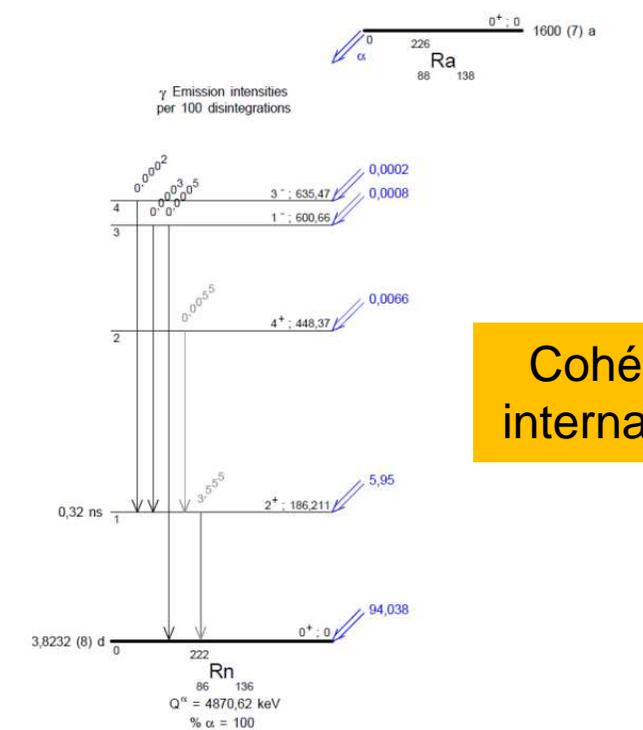


Géométries de mesure



DONNÉES NUCLÉAIRES

1995 : création du *Decay Data Evaluation Project (DDEP)* initié et coordonné par le LNHB



Cohérence internationale

À partir des données publiées et de leur analyse, établissement de valeurs recommandées pour les schémas de désintégration des radionucléides.

Édition et publication sous forme de *Monographie BIPM*, document de référence pour les comparaisons internationales (décision du CCRI-(II)).



Nucléide - Lara

Library for gamma and alpha emissions

60Co - Emissions and decay scheme

Element: Cobalt (Z=27)
 Daughters: Ni-60 (B-, 100%)
 Q: 2832.07 keV
 Possible parents: Co-60 (T, 99.75%)
 Half-life (T_{1/2}): 5.2711 (8) a = 1.66340 (20) 10⁸ s
 Decay constant (λ): 4.1671 (6) 10⁻⁸ s⁻¹
 Specific activity (A_{sp}): 41.824 (6) 10¹⁰ Bq g⁻¹
 Reference: IAEA, 2006
 Associated data files: Table - Comments - ENSDF - BIPM

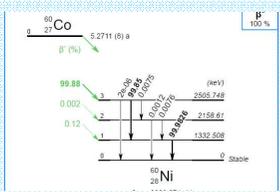
Results file (ASCII text formats): Co-60.txt

Mass 2t Activity conversion: 1 Bq = [2.391E-11] g

Decay calculation:
 A(t)=1000 Bq t=5.2711 a A(t)=4E2 Bq

Confidence threshold: 10 %
 Emissions: 180 lines sorted by decreasing intensity

Energy (keV)	Intensity (%)	Type	Origin*	Levels	Possible coincidence with (keV) / Possible sum of (levels)
1.332 382 (4)	99.8618 (6)	γ	NaK†	T	1.173 228 (2) 4.1 105.725



Base de données Nucléide

PENELOPE: Simulation of Electron and Photon Transport

Publications and reports derived from the Nucléide database, including the *Nucléide* monograph, the *Table of Radionuclides*, and the *MINI TABLE DE RADIONUCLÉIDES 2015*.

Transfert aux utilisateurs





RAYONNEMENT ET ATTRACTIVITÉ

Forte implication nationale et internationale en R&D et normalisation

National

- R&D : CETAMA, LARD, SFPM, SFRP (+ revue radiopr.), ANR, OSEO
- Normalisation: **BNEN/AFNOR**, **COFRAC**, CETAMA

International

- **DDEP**, JEFF, **ICRM**, LSC, AIEA, EURADOS, ICRU
- Métrologie et normalisation : BIPM, EURAMET, ASTM, **ISO**
- Nombre de comparaisons internationales soumises :
 - 1^{er} rang en radioactivité



Conférences et reviewing

- Relecture d'articles et comité de lecture : Radiopr., RPD, ARI, NIM, Metrologia, jury de thèses...

Distinctions

- Palmes académiques (chevalier) en 2012
- Prix LNE de la recherche (2011, 2013 et 2016)



GROUPES DE TRAVAIL

- Decay Data Evaluation Project
- ICRM Beta Particle Spectrometry Working Group
- ICRM Gamma-Ray Spectrometry Working Group
- ICRM Liquid Scintillation Working Group
- ICRM Nuclear Decay Data Working Group
- International Initiative on Fundamental Parameters
- ESARDA Library of U and Pu Reference Spectra

OFFRES DE SERVICE DU LNHB/LMA



La délivrance d'un certificat d'étalonnage Cofrac garantit la traçabilité des résultats au système international d'unités (SI) ainsi que la traçabilité documentaire décrivant les méthodes et l'évaluation des incertitudes de mesure associées.

L'accréditation Cofrac Étalonnage du LNHB couvre les mesures :

- d'activité, activité massique et flux d'émission ([portée 2-01](#)),
- de dose absorbée, équivalent de dose et kerma ([portée 2-52](#)).

Les portées, domaines couverts, incertitudes et dates de validité d'accréditations du LNHB sont disponibles sur le [site du Cofrac](#).





OFFRES DE SERVICE DU LNHB/LMA

- Etalonnage d'activimètres neufs



- Etalonnage de sources en terme d'activité, et activité massique (émetteurs alpha, gamma, bêta)



- Etalonnage de gaz radioactifs (Rn-222, H-3, Kr-85, Xe-133, Xe-127, ...)



- Etalonnage de sources neutroniques



- Réalisation de tests interlaboratoires



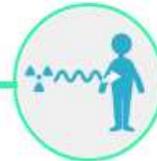
LA R&D AU LNHB



RADIOPROTECTION



RÉFÉRENCES DOSIMÉTRIQUES
EN RADIOTHÉRAPIE



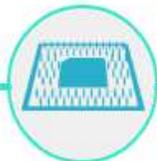
CONTRÔLE QUALITÉ EN
RADIOTHÉRAPIE



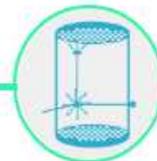
SPECTROMÉTRIE DES PHOTONS



PRÉPARATION DE SOURCES
RADIOACTIVES / RADIOCHIMIE



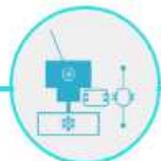
INSTRUMENTATION /
ÉLECTRONIQUE NUCLÉAIRE /
TRAITEMENT DU SIGNAL



SIMULATION INTERACTIONS
RAYONNEMENT-MATIÈRE



LOGICIELS DE TRAITEMENT DE
SPECTRES



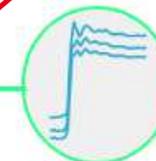
DÉTECTEURS CRYOGÉNIQUES



PHYSIQUE NUCLÉAIRE POUR
LES DONNÉES
FONDAMENTALES



MÉDECINE NUCLÉAIRE

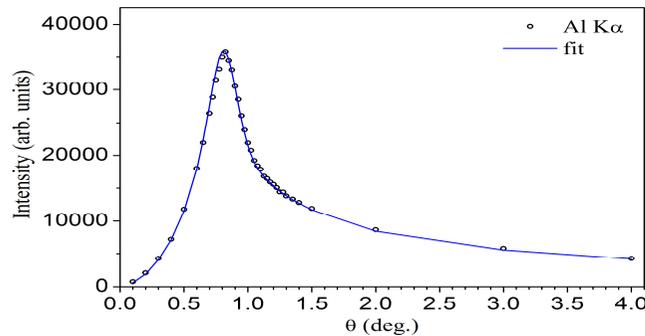
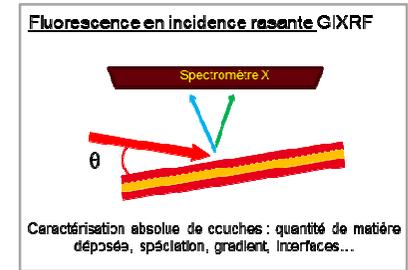
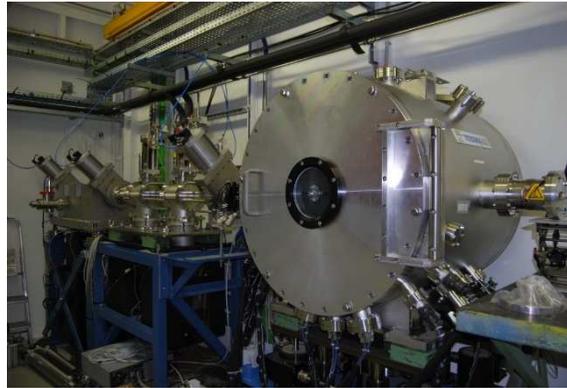
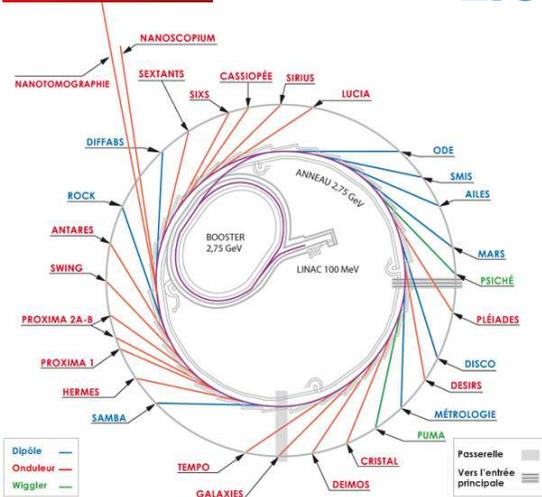


CARACTÉRISATION DE
DONNÉES PHYSIQUES
FONDAMENTALES

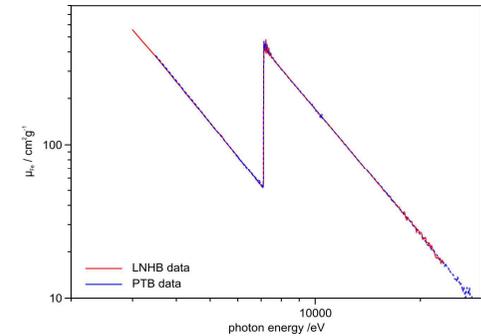


LA R&D AU LNHB

LIGNE DE MÉTROLOGIE A SOLEIL



Résultats de fluorescence de l'aluminium



Comparaison des coef. d'atténuation massique du Fe entre LIST/LNHB et PTB (All.)

Applications:

Paramètres atomiques fondamentaux

Caractérisation de détecteurs

Développement de méthodes par incidence rasante (fluorescence X)

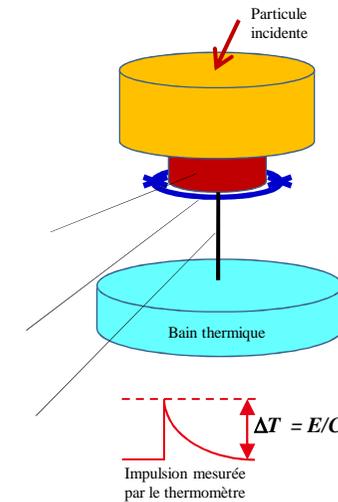
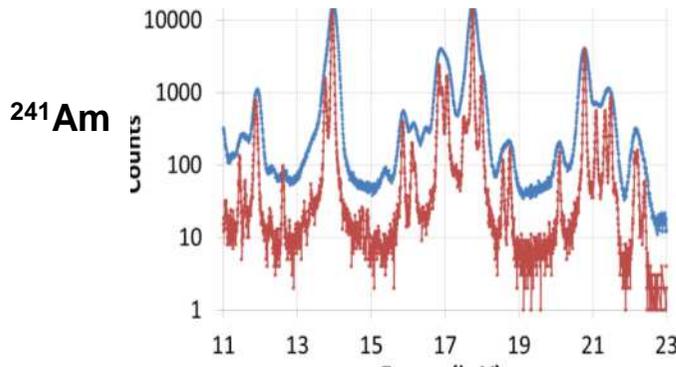
Forte collaboration avec le PTB



LA R&D AU LNHB

DÉTECTEURS CRYOGÉNIQUES – OU BOLOMÈTRES : CALORIMÈTRES MÉTALLIQUES MAGNÉTIQUES

Mesure des spectres en énergie des rayonnements X et gamma



Projet ANR : LUMINEU

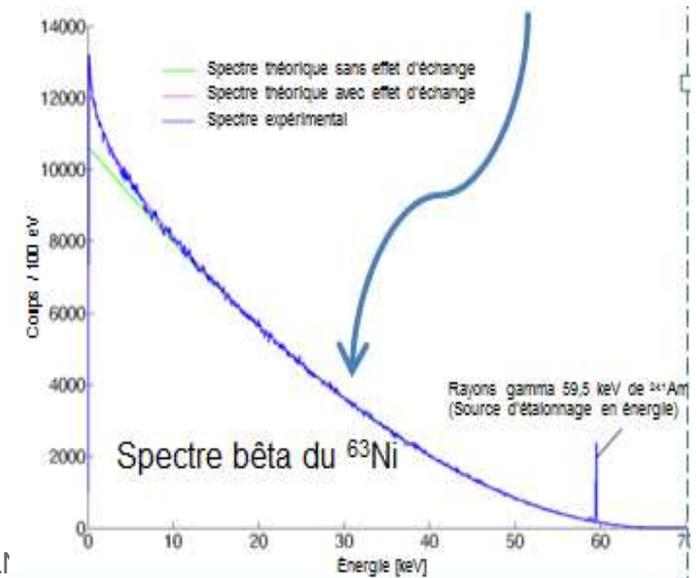
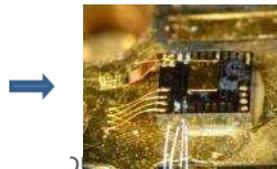
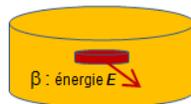
Mesure de la forme des spectres en énergie des rayonnements bêta

Thèse 2012, C. Le Bret

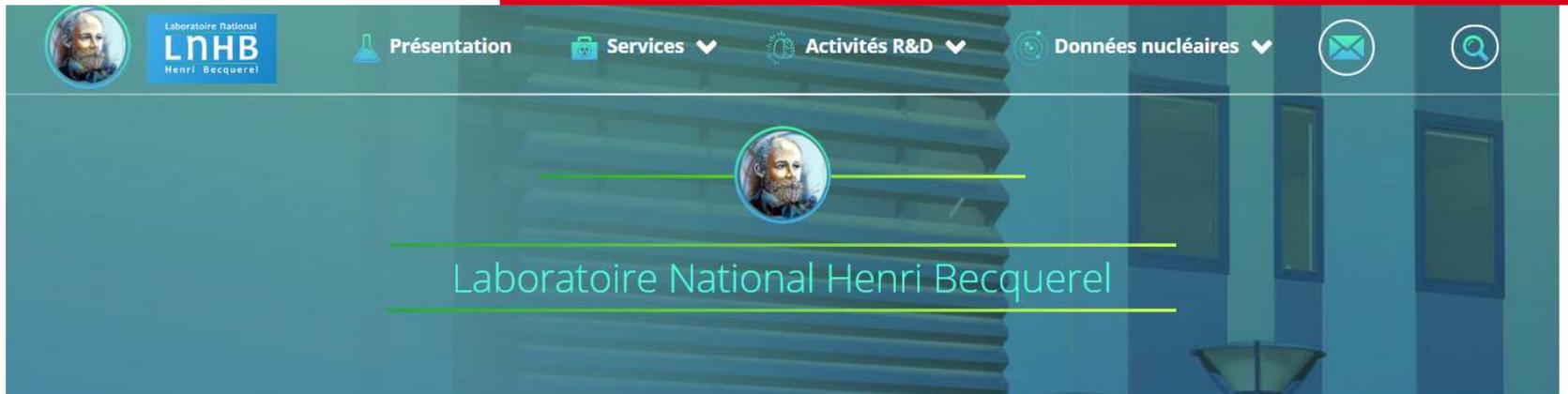
Energie des rayonnements bêta répartie de façon continue dans un spectre dont l'énergie maximale et la forme varient d'un émetteur bêta à l'autre.

Forme des spectres bêta souvent mal connue.

Mesure de l'énergie de chaque particule bêta émise : à l'intérieur de l'absorbeur en or d'un calorimètre métallique magnétique



MERCI DE VOTRE ATTENTION



POSTERS

- **Mesure sn spectrométrie gamma**
- **SOLEX**
- **Caractérisation de films par analyse combinée XRR-GIXRF**
- **QUENCH : A software Package for the Determination of quanching curves in Liquid Scintillation Counting**
- **H-3 activity comparison between CPST, VNIIM and LNE-LNHB**
- **Ensemble de mesure par spectrométrie gamma-X à très bas bruit de fond au LNE-LNHB**
- **Photon emission intensities in the decay of U-235**

POSTERS

- **Improvement of Nb-93m and Rh-103m activity measurement methodology for reactor dosimetry**
- **Production de radionucléides « exotiques » par un cyclotron (CEMHTI)**
- **Les tests interlaboratoires**
- **Détecteurs cryogéniques – ou bolomètres : calorimètres métalliques magnétiques**
- **Use of Xe-127 in Quality Assurance of IMS Noble Gas Systems**



POSTERS

- **Radionuclide Beta Metrology**
- **DDEP : Dissemination and Visualisation of reference decay data**
- **Contribution of ionizing radiation metrology to the measurement of radionuclides in the environment**

Journées Utilisateurs LNHB 2017

MERCI à TOUS !!

