

detect and identify

Mesure des neutrons de haute énergie, pulsés

Bruno Masson - Berthold Technologies
Congrès SFRP la Hague
Novembre 2009

Mesures des neutrons pulsés de haute énergie

- ▶ 1 - Qui sommes nous
- ▶ 2 - Radiamètre neutrons LB 6411
- ▶ 3 - Radiamètre neutrons de haute énergie LB 6411 Pb
- ▶ 4 - Problématique de radioprotection des synchrotrons, la mesure des neutrons pulsés
- ▶ 5 - Etudes et développement d'une balise neutron gamma pour les accélérateurs de particules



**Berthold 60 ans
d'existence**

**Créé en 1949 par
Prof. Rudolf
Berthold**

310 personnes





Mesures des neutrons pulsés de haute énergie

- ▶ Etudes
- ▶ Fabrication
- ▶ Commercialisations

Radioprotection

Mesure industrielle

Bio analytique





Mesures des neutrons pulsés de haute énergie

Certificat FRO115802U
Le système de management de
BERTHOLD FRANCE
8 Route de Brignères
78775 THOIRY
France
a été certifié conforme aux exigences de
ISO 9001 : 2000



Commercialisation d'instruments de mesure et d'analyse et les services associés pour la science, l'industrie et la médecine.
Sales of instrumentation and service for industry, science and medicine."

Ce certificat est valide du 07 Mai 2007 au 06 Mai 2010
Version 1. Contrôle depuis Mai 2007
Année 2007
Le Président du Centre de Direction / Certification France CMC/COVAL
Le Directeur à la Certification Luis DA SILVA SERRA



908 470 France
171 Avenue André Grand
F - 92020 Courcouronnes
Téléphone +33 (0)1 39 87 75
Fax +33 (0)1 39 87 63
Page 1 de 1



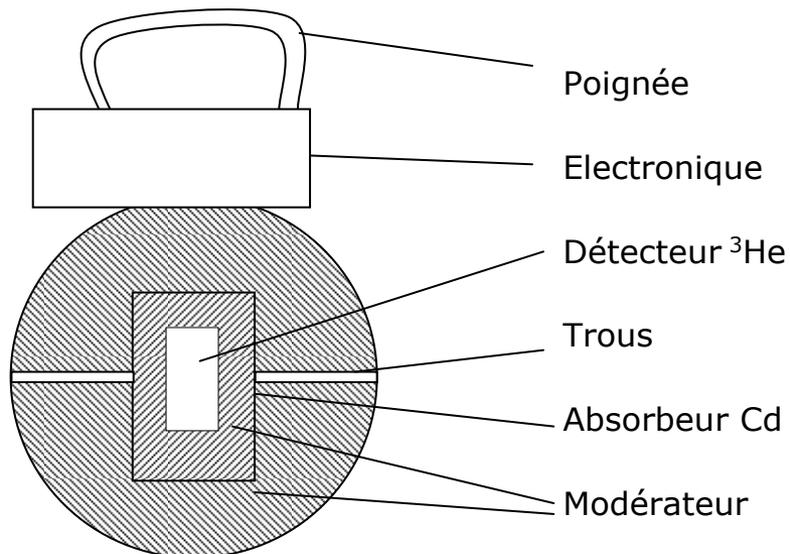
Berthold France
44 ans
d'existence
Basé à Thoiry 78
28 personnes
Vente et SAV

detect and identify

Mesure des neutrons

Mesures des neutrons pulsés de haute énergie

Pour répondre à la directive ICRP60, Berthold a développé et commercialisé, il y a 15 ans le détecteur LB 6411 pour contrôler les neutrons en flux continu



Radiamètre neutron LB 123N
LB 6411 + LB 1230

Principales caractéristiques du détecteur neutron LB6411

- ▶ Quantité mesurée : Equivalent de dose ambiante $H^*(10)$ (ICRP74)
- ▶ Dynamique de mesure : 30 nSv/h à 100 mSv/h
- ▶ Gamme d'énergies : des thermiques jusqu'à 20 MeV
- ▶ Réponse énergétique : $\pm 30\%$ entre 50 keV et 10 MeV

Mesures des neutrons pulsés de haute énergie

En 2005, Berthold Technologies étudie une version haute énergie

Les radiamètres neutrons standards

- ▣ sont limités à 20 MeV

Pour les neutrons d'énergies > 20 MeV

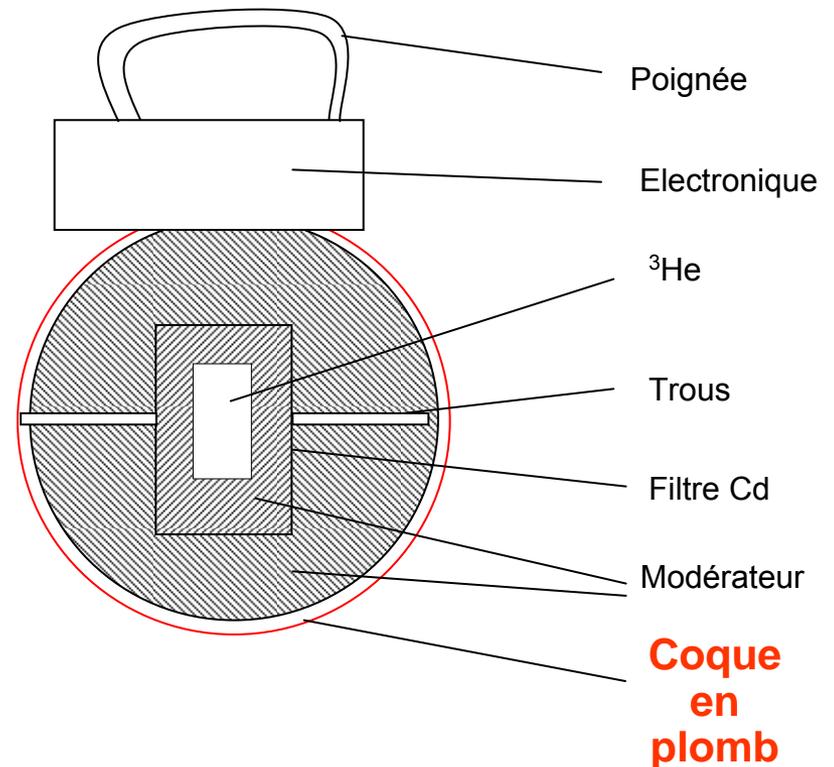
- ▣ Les radiamètres standards ne sont pas adaptés.



Mesures des neutrons pulsés de haute énergie

Mesure des neutrons de haute énergie

- ▶ Utilisation de la réaction nucléaire de spallation
- ▶ Spallation: Les neutrons de haute énergie génèrent des neutrons lorsqu'ils rencontrent un matériau lourd tel que le plomb ou le tungstène.
- ▶ Ces neutrons additionnels (d'une énergie relativement basse 10MeV) sont thermalisés et détectés, conventionnellement.





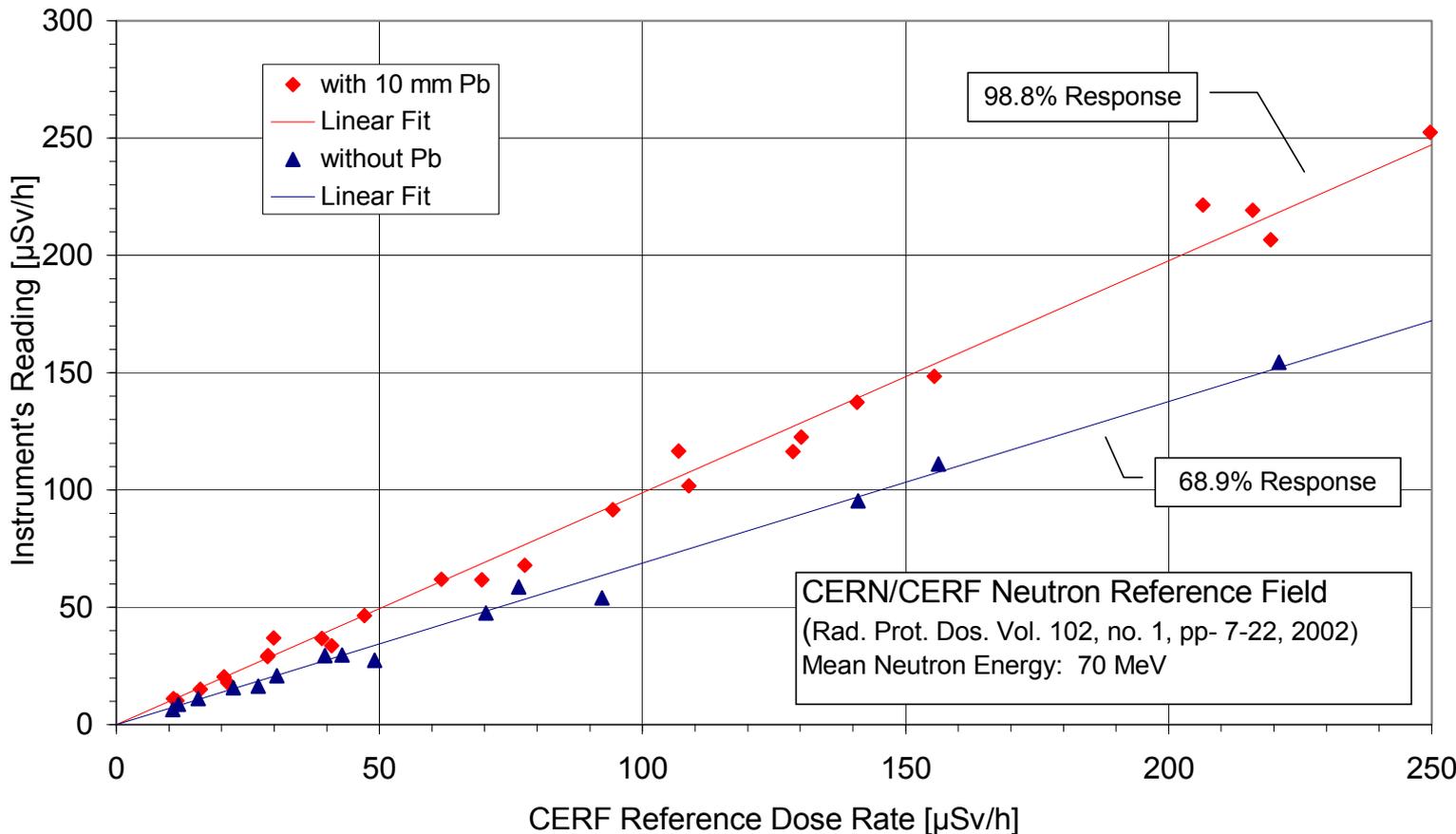
Mesures des neutrons pulsés de haute énergie

CERN/CERF Calibration of Neutron Dose Rate Monitor LB 6411

Measurements Geneva 14-15 August 2004

Dr. Alfred Klett/Berthold Technologies

Linéarité des
réponses et
contrôle de
l'étalonnage
LB 6411
LB 6411-Pb
à 70 MeV

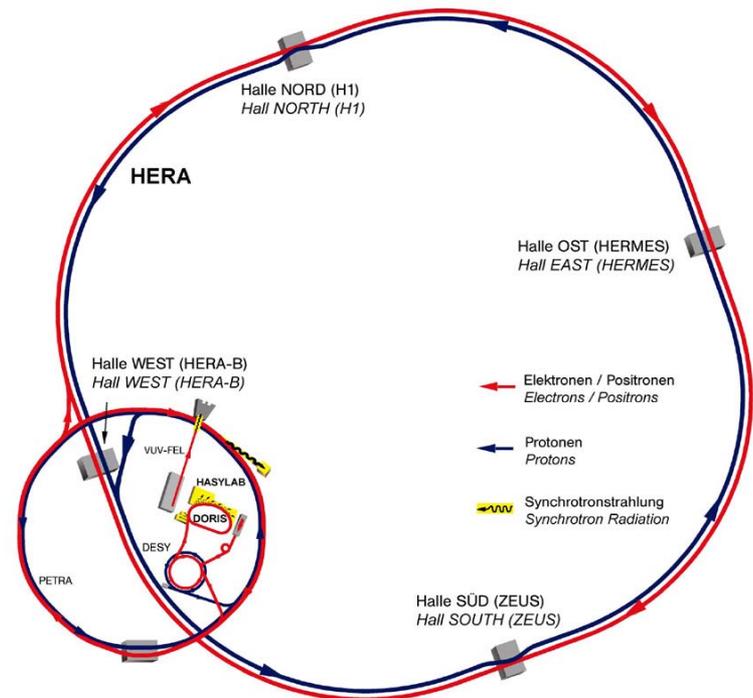


En 2005, le centre de recherche DESY,
sollicite Berthold technologies
pour la mesure des neutrons pulsés générés
par leur synchrotron PETRA



Centre de recherche DESY à Hambourg

- ▶ HERA faisceau d'électrons
 - ▶ énergie max. 30 GeV
 - ▶ courant max. 40 mA
- ▶ HERA faisceau de protons
 - ▶ énergie max. 1000 GeV
 - ▶ courant max. 120 mA
- ▶ Longueur de HERA 6.3 km
- ▶ Longueur de PETRA 2.3 km



Quelle: <http://www.desy.de>



Cycle du faisceau de proton de 7.5 GeV

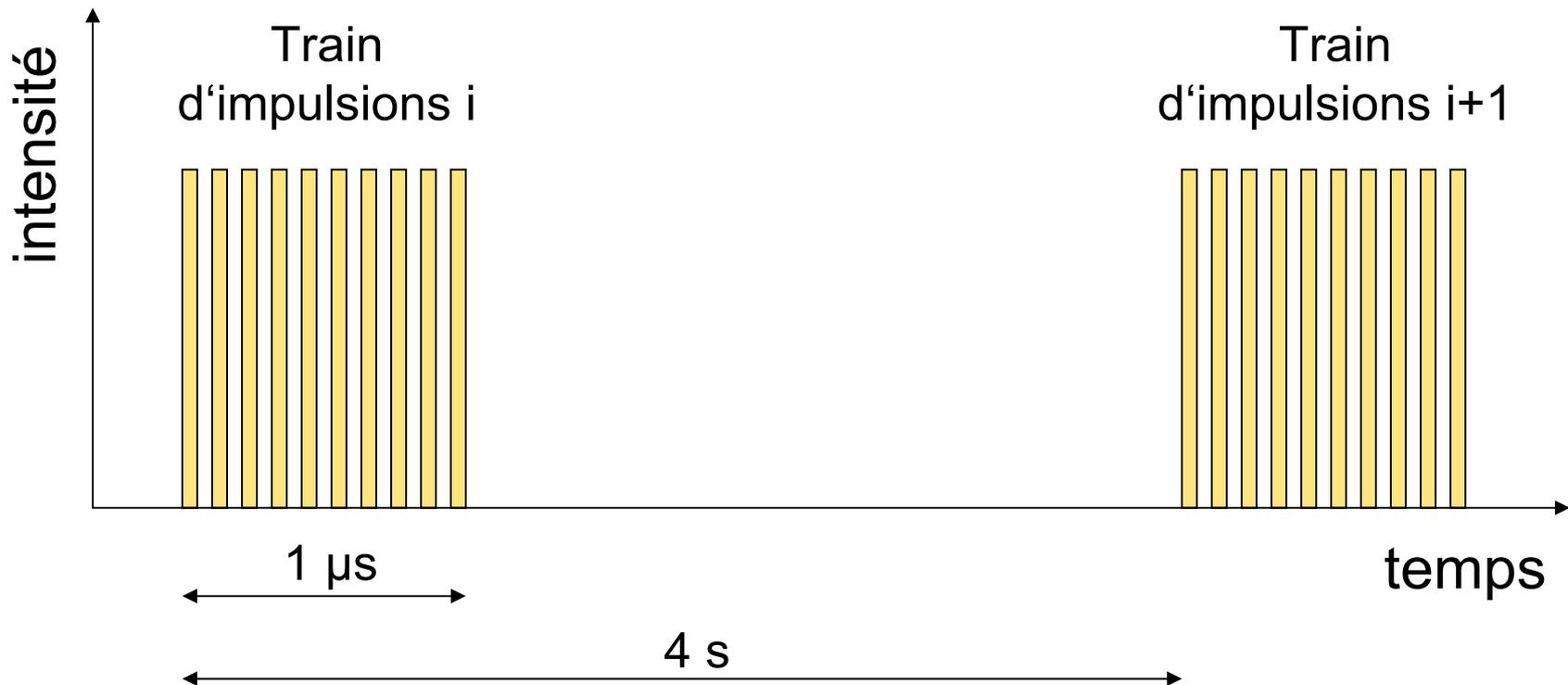
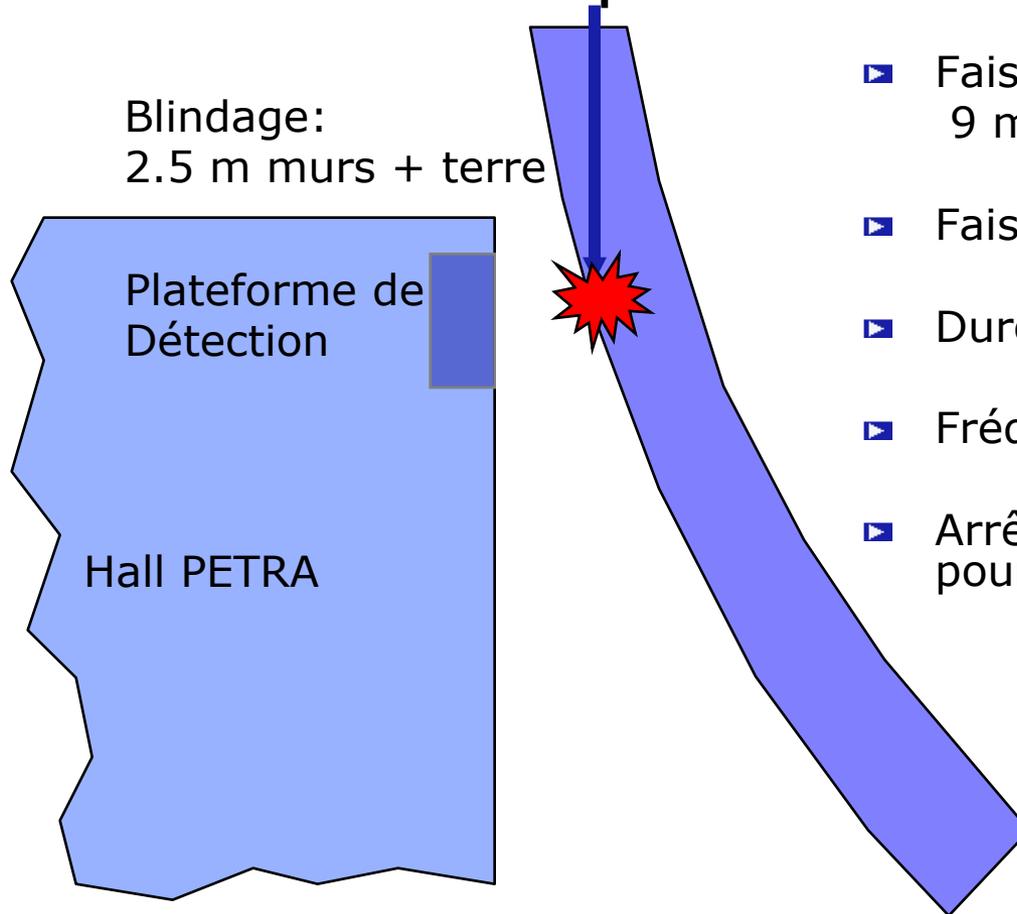


Schéma de l'expérience : Hall PETRA

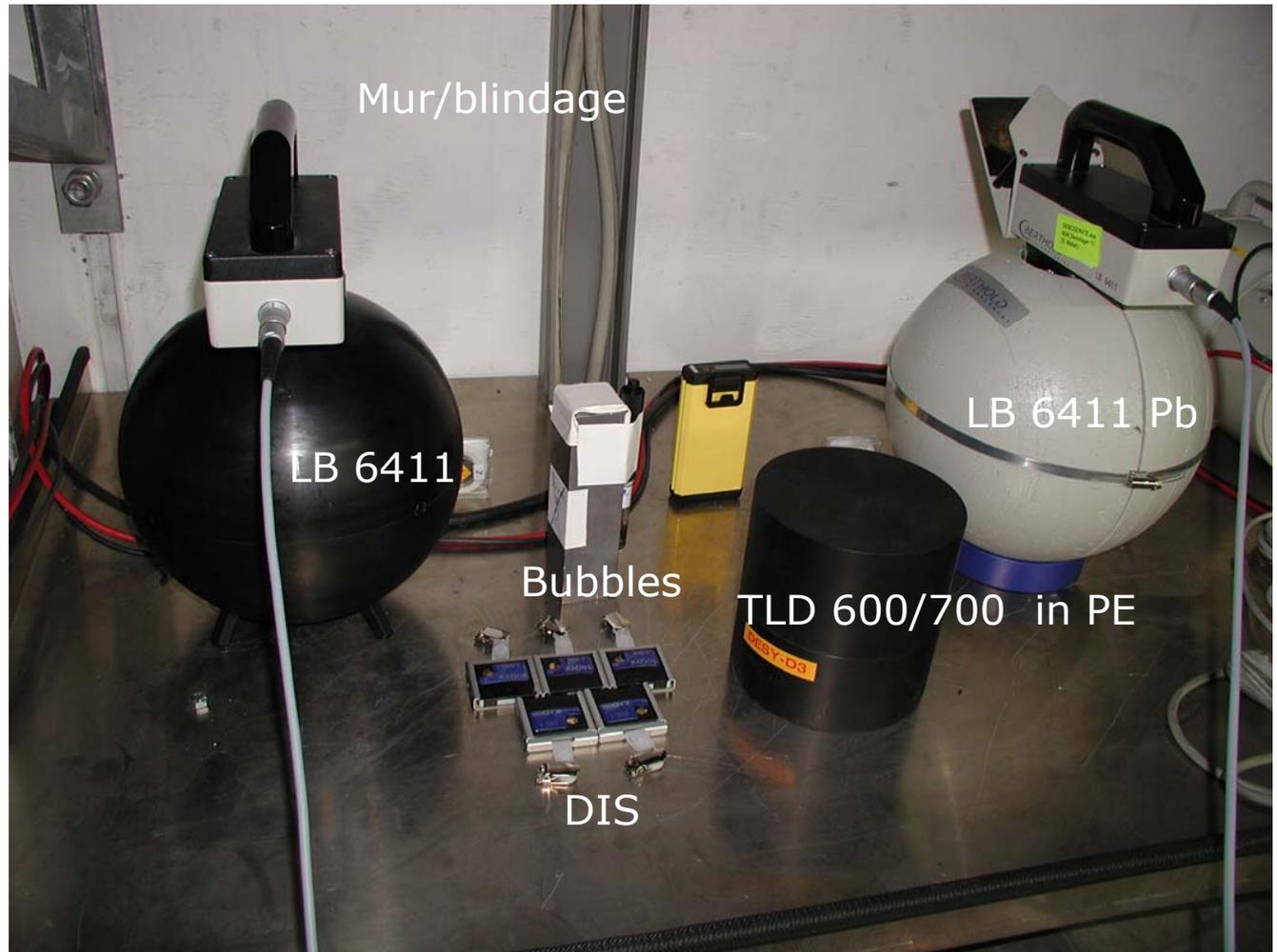


- ▶ Faisceau test, PETRA, DESY
9 mars 2006
- ▶ Faisceau de proton de 7.5 GeV
- ▶ Durée du train d'impulsions: 1 μ s
- ▶ Fréquence de répétition: 0.25 Hz
- ▶ Arrêt de l'électroaimant de guidage
pour créer la perte du faisceau



Mesures des neutrons pulsés de haute énergie

Plateforme
de
mesure



Résultats des mesures

LB6411 version : Normale Avec plomb

▣ Dose neutron (toutes énergies)	50	50 μSv
▣ Dose mesurée	0.09	0.05 μSv
▣ Réponse relative	0.18	0.11 %
▣ Facteur de sous-réponse	568	909



Concept de mesure de DESY

- ▶ La dose neutron doit être stockée sous la forme d'activation. Production de radio-isotopes à période courte. Production de ${}^9\text{Li}$ par activation du ${}^{12}\text{C}$ soumis au flux neutronique incident.



- ▶ Le noyau intermédiaire ${}^9\text{Li}$ à une demi-vie de 174 ms et se désintègre comme suit

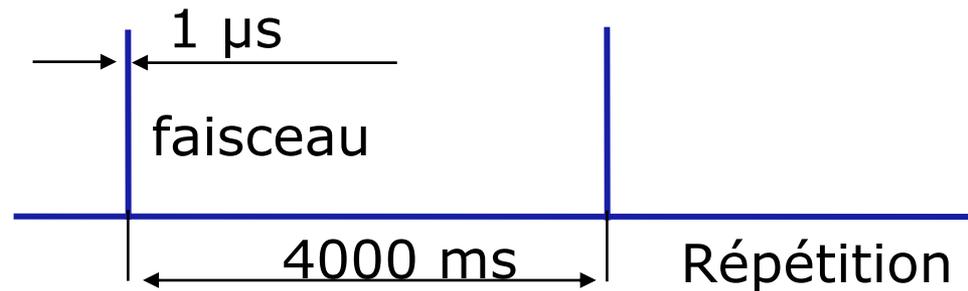


- ▶ Ces neutrons sont eux mesurables sans perte de comptage



Principe de détection

La dose neutron est stockée à chaque passage du faisceau



Cette information est en suite libérée sous forme de décroissance

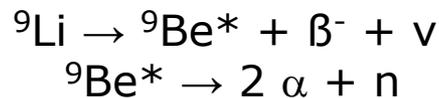
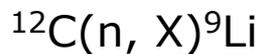
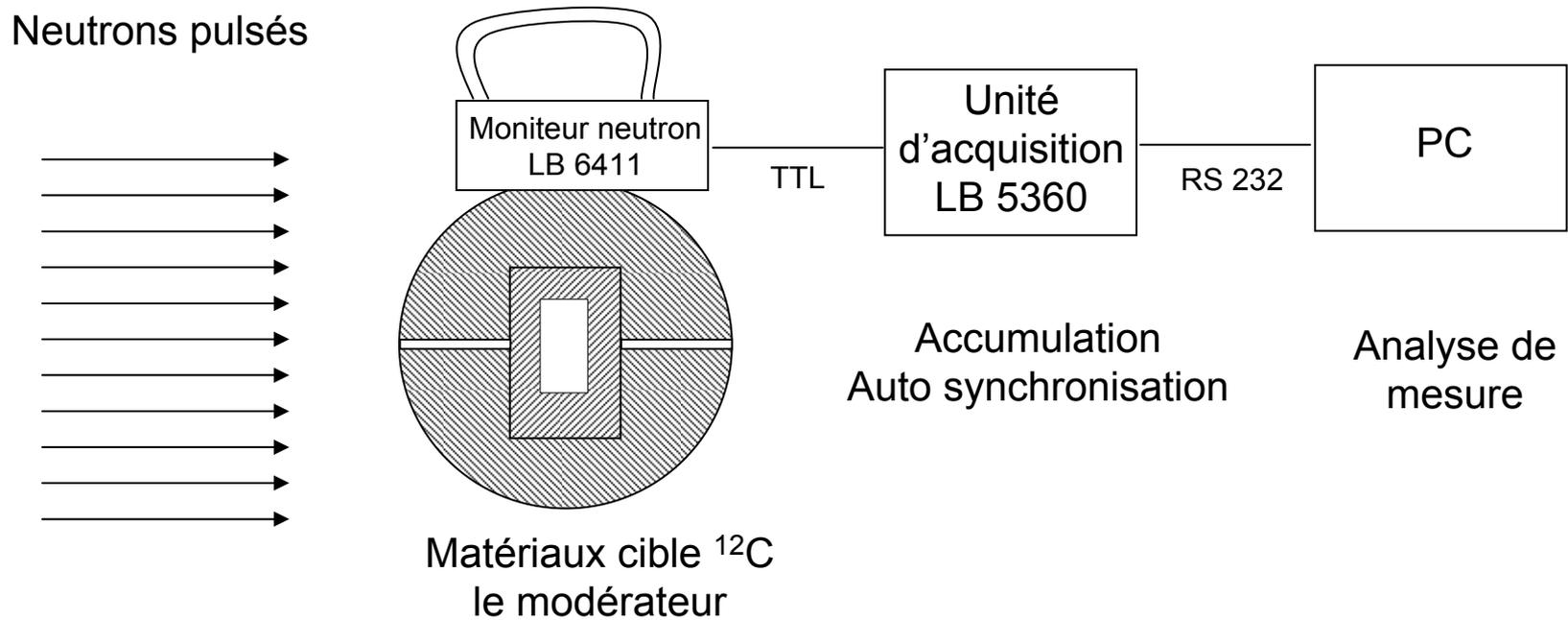


Echelle de temps



Mesures des neutrons pulsés de haute énergie

Le système de détection



Résultats des mesures

LB6411 version : normale Pb

▶ Nouvelle méthode de mesure

▶ Dose neutron (haute énergies)	23	23	μSv
▶ ⁹ Li neutrons détectés	6.0	4.8	cps
▶ Dose réponse	0.26	0.21	cps/μSv

Bilan des tests

- ▶ Le concept proposé par DESY fonctionne bien avec une sensibilité de :0.26 coups/ μ Sv
- ▶ Mais pourquoi s'arrêter là ?
- ▶ Pourquoi ne pas exploiter davantage ce principe pour améliorer l'efficacité de la mesure

Coopération entre le centre de recherche DESY et Berthold Technologies

Développement d'une balise d'irradiation neutron gamma, adaptée aux accélérateurs de particules, en particulier les synchrotrons :

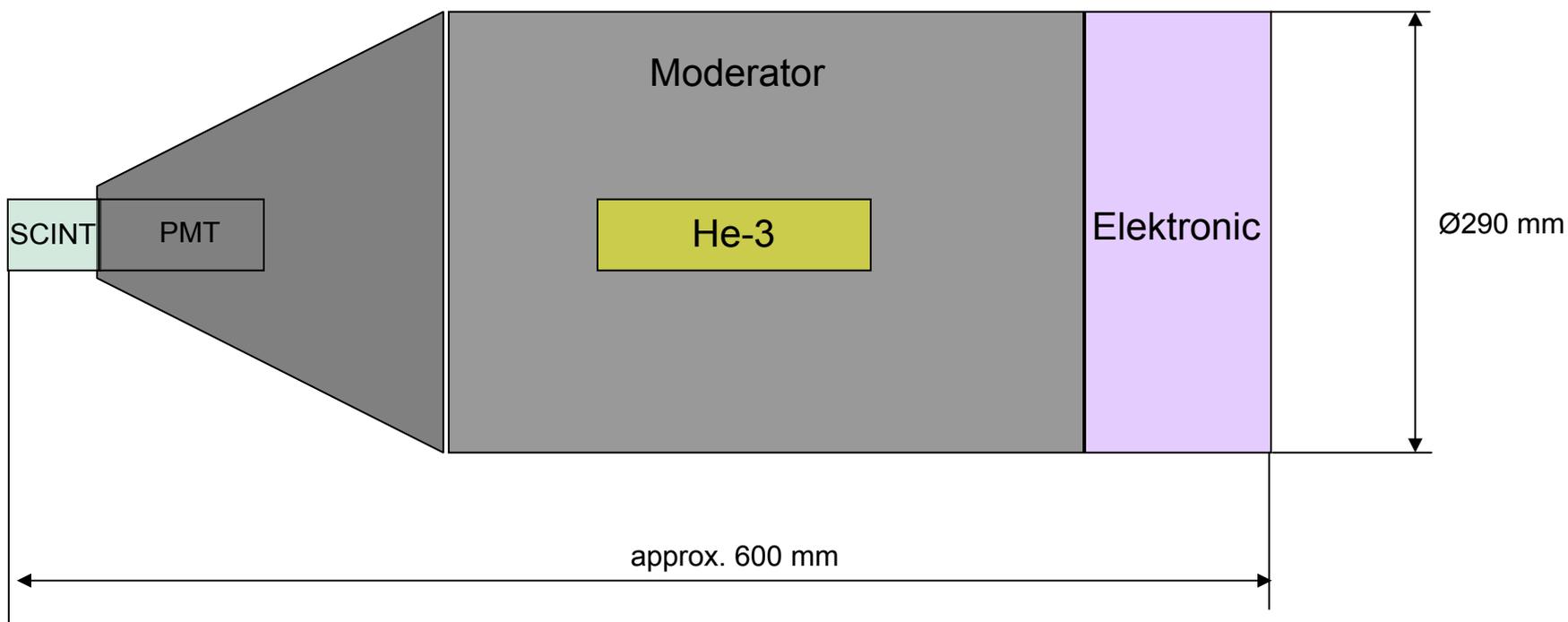
- ▀ à savoir un régime continu ou pulsé et adapté aux hautes énergies.

Concept de mesure des Neutrons pulsés

Réaction	Schéma de désintégration	Période
$^{12}\text{C}(n,X) \ ^9\text{Li}$	$^9\text{Li} \rightarrow ^9\text{Be}^* + \beta^- + \nu$ $^9\text{Be}^* \rightarrow 2 \alpha + n$	178 ms
$^{12}\text{C}(n,p) \ ^{12}\text{B}$	$^{12}\text{B} \rightarrow ^{12}\text{C} + \beta^- + \nu$	20 ms
$^{12}\text{C}(n,p\alpha) \ ^8\text{Li}$	$^8\text{Li} \rightarrow 2 \alpha + \beta^- + \nu$	840 ms



Principe du nouveau détecteur LB 6419



Prototype du nouveau détecteur LB 6419



Calibrage neutron et photon du LB 6419

En aout/sept 2008, le calibrage neutron a été réalisé au
Laboratoire National de Physique à Teddington (Royaume Uni).

- ▶ Neutrons : $^{241}\text{Am-Be}$, ^{252}Cf , ^{252}Cf modéré, 2,5 MeV et 17 MeV

En mars 2009, le calibrage gamma a été réalisé à Eichamt
München-Traunstein / Office de vérification à Munich Allemagne

- ▶ Photon : 20,40,60,80,100,120,150,200,300, ^{137}Cs , ^{60}Co



Calibrage neutron du LB 6419

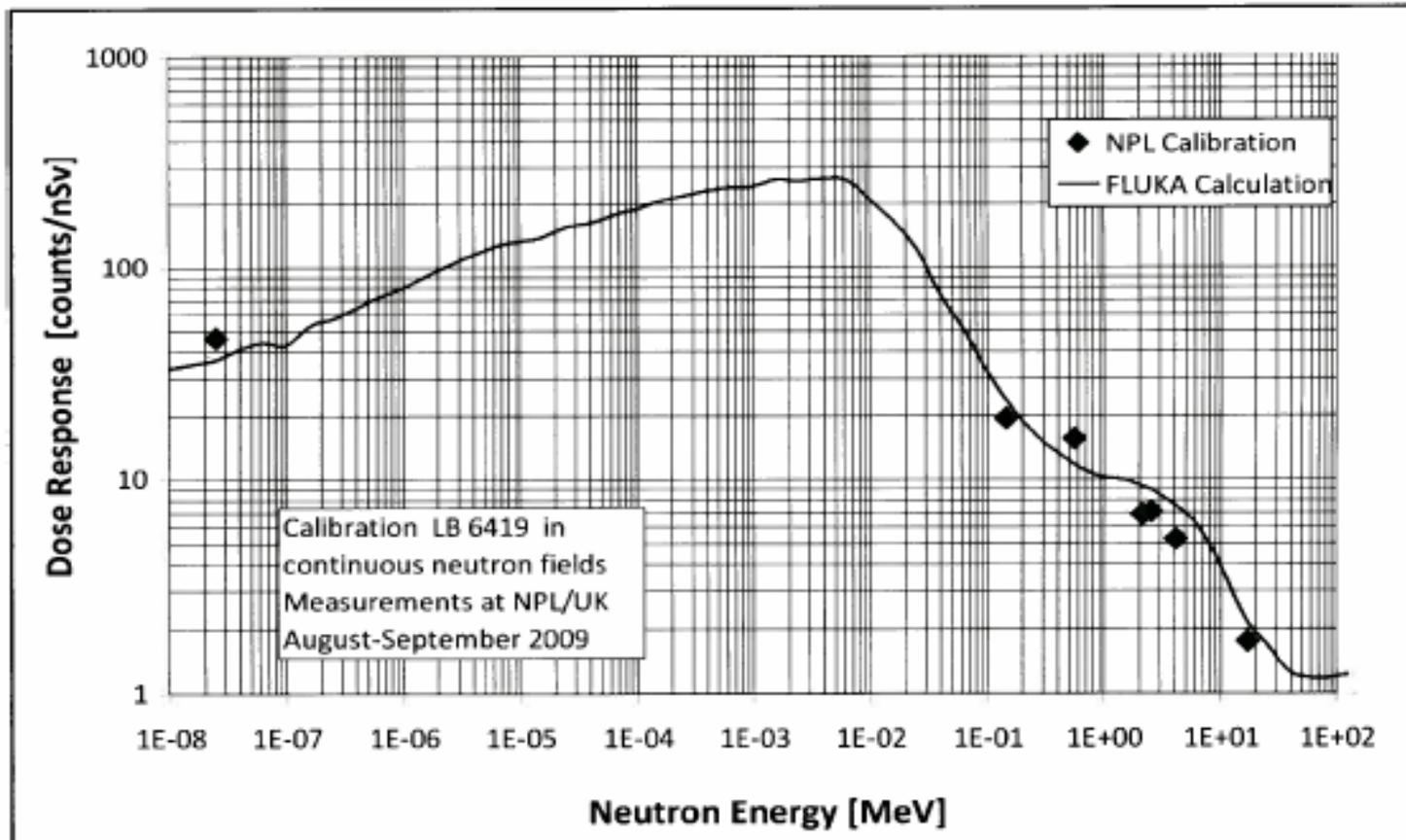
En aout/sept 2008, le calibrage a été réalisé au Laboratoire National de Physique à Teddington (Royaume Uni).

- ▶ Neutrons :
- $^{241}\text{Am-Be}$
- ^{252}Cf
- ^{252}Cf modéré
- 2,5 MeV
- 17 MeV





Calibrage neutron du LB 6419



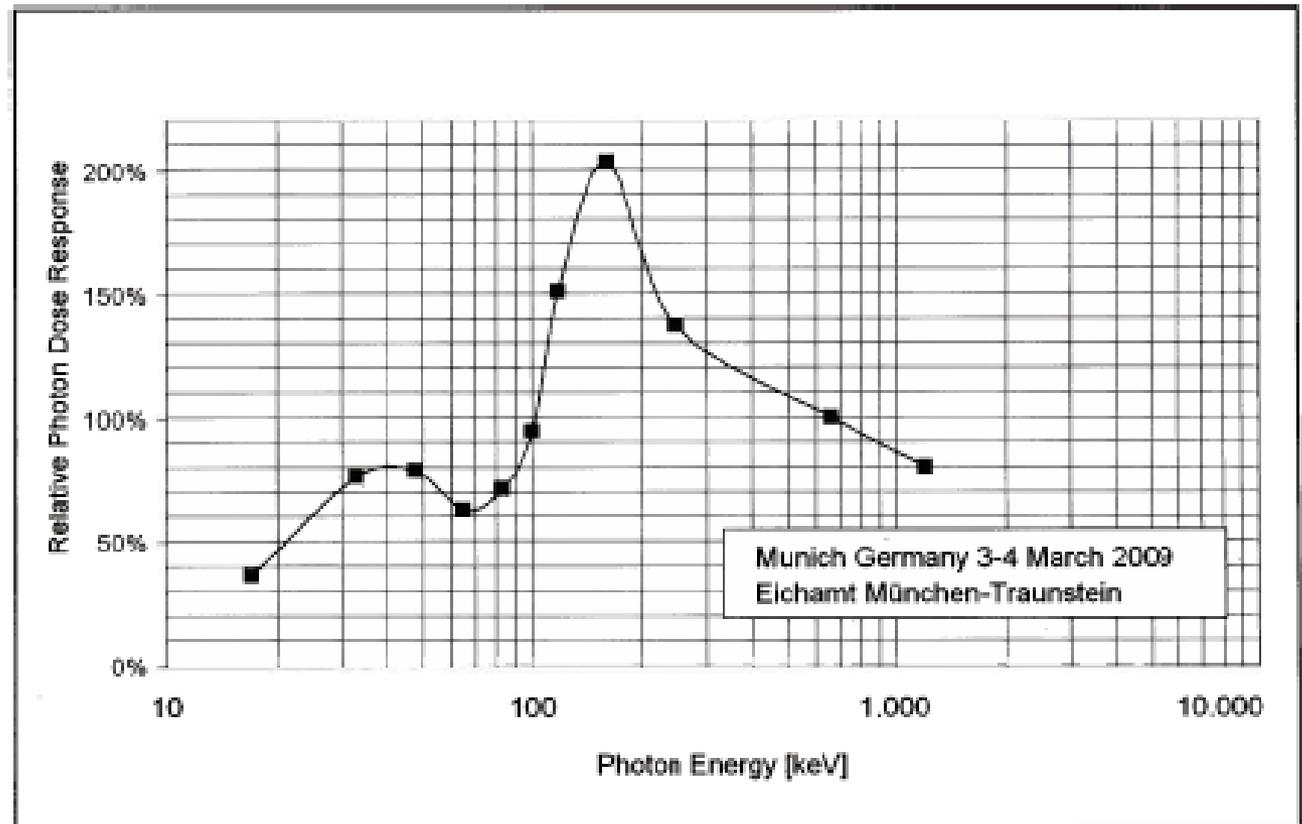


Calibrage photon du LB 6419

En mars 2009
calibrage gamma
réalisé à Eichamt
München-
Traunstein /
Office de
vérification à
Munich Allemagne

▣ Energies (keV) :
20,40,60,80,100,
120,150,200,300

▣ ^{137}Cs , ^{60}Co





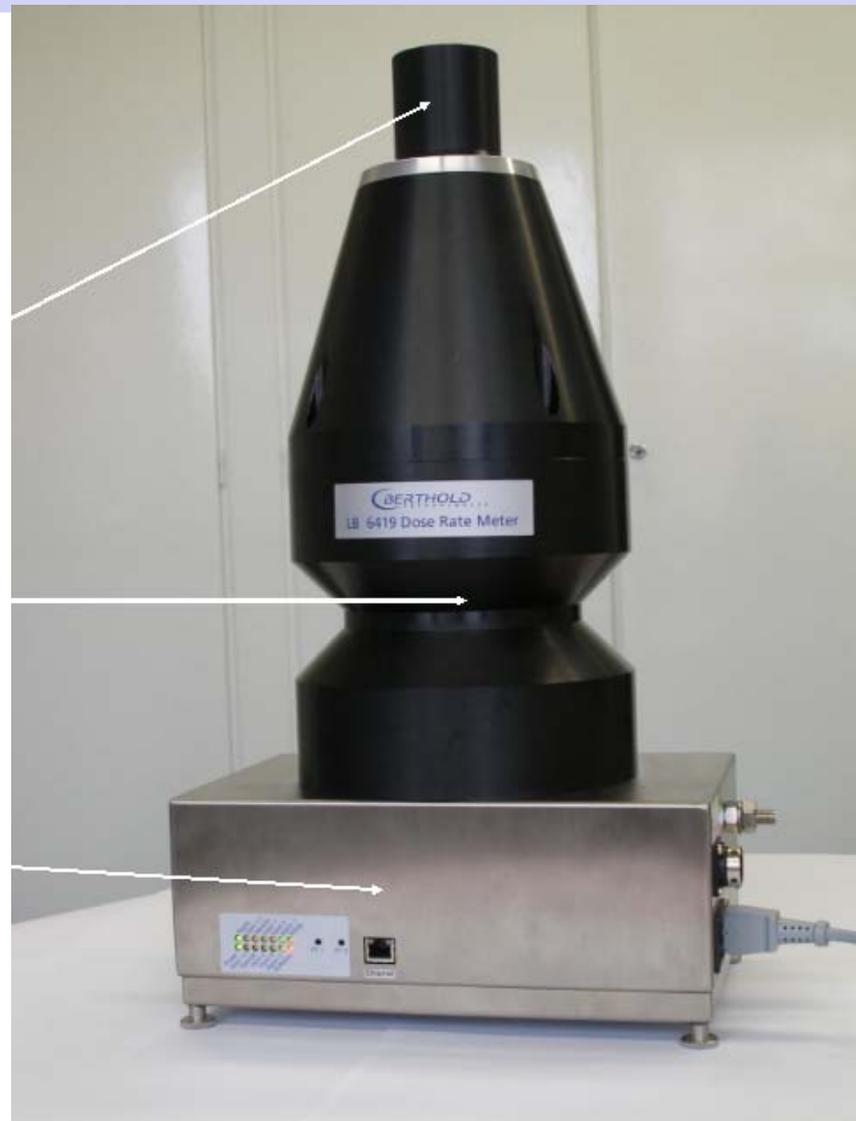
La nouvelle balise

γ / n
LB 6419

Détecteur
bêta gamma
à scintillateur
plastique

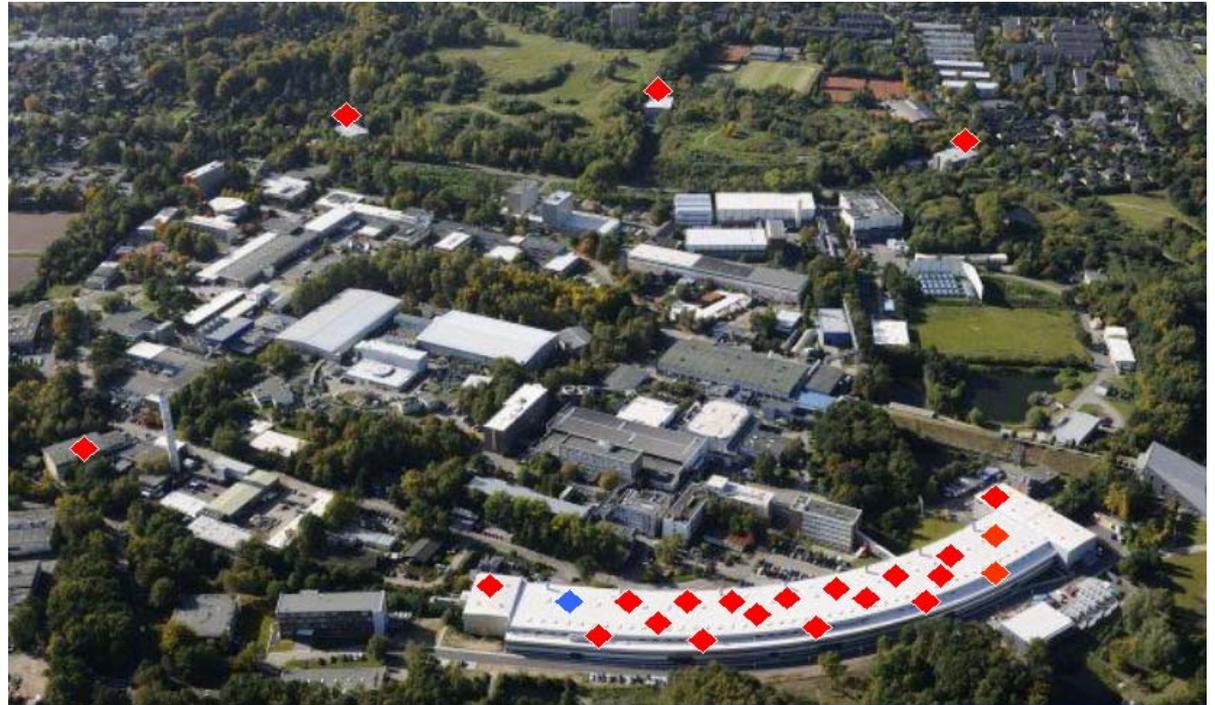
Détecteur ^3He

Electronique
de mesure à
port Ethernet
Contacts relais



Centre de recherche DESY

Depuis fin 2008,
30 balises
LB 6419 sont
en service sur
l'installation
PETRA III





Vue aérienne du Centre de recherche DESY



Cette présentation
s'appuie largement sur les travaux de :

Alfred Klett
Berthold Technologies GmbH

Albrecht Leuschner et Norbert Tesch
Deutsches Electronen Synchrotron DESY



Merci pour votre attention

Les matériels qui vous ont été présentés,
le LB 6411 et LB 6419

sont visibles sur notre stand

www.bertholdtechnologies.com

www.berthold.fr