

POSITHÔT

La Manufacture d'Antimatière

Générateur de solutions de contrôle non destructif et analyse de surface ayant
une résolution à l'échelle de l'atome

Présentation PRECEND Nantes

Jean-Michel REY





POSITHÔT en quelques mots

- Startup issue du CEA-Irfu, créée en Novembre 2015
 - Dispose d'une technologie brevetée de générateurs de positons (l'antiparticule de l'électron), non radioactifs et transportables,
 - A pour vocation d'industrialiser la spectrométrie par positons, la plus sensible des méthodes d'analyse des défauts dans la matière.
- ✓ *La spectrométrie d'annihilation de positons permet de mettre en évidence l'absence d' **un seul atome** parmi **un million d'atomes**, sans endommager la matière.*

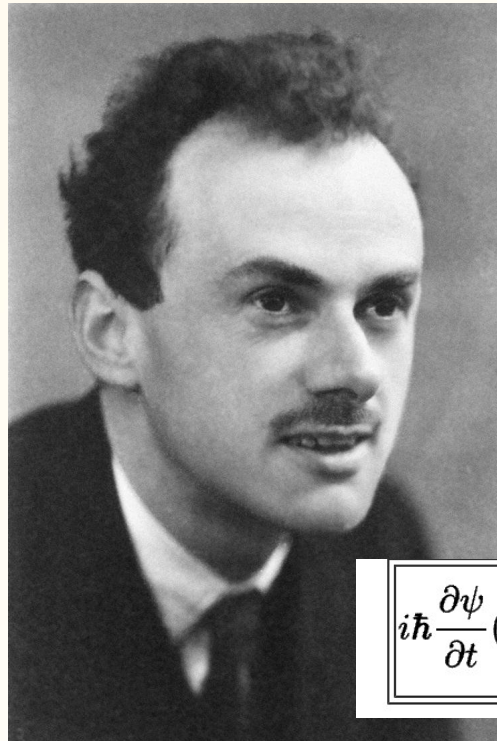


L'antimatière - qu'est ce que c'est ?



L'antimatière - qu'est ce que c'est ?

Un peu d'histoire



Juste une prédiction théorique

$$i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t}(\mathbf{x}, t) = \left(mc^2 \alpha_0 - i\hbar c \sum_{j=1}^3 \alpha_j \frac{\partial}{\partial x_j} \right) \psi(\mathbf{x}, t)$$

Paul Dirac, (1902-1984, Nobel 1933)



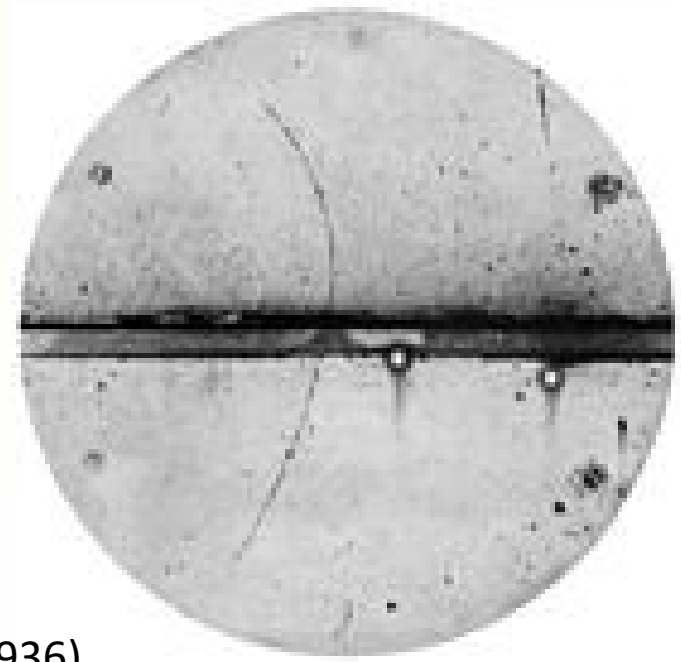
L'antimatière - qu'est ce que c'est ?

Un peu d'histoire



Carl Anderson, (1905-1991, Nobel 1936)

Une découverte !





L'antimatière - qu'est ce que c'est ?

Matière

electrons (-)



Antimatière

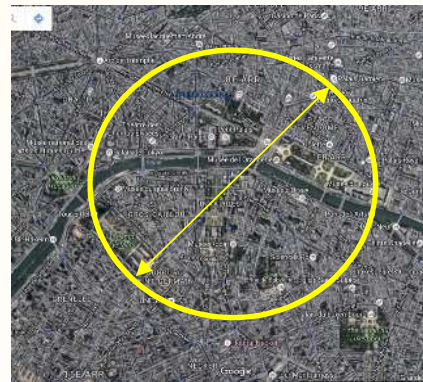
positons (+)

protons (+)



anti-protons (-)

atomes



anti-atomes



L'antimatière - qu'est ce que c'est ?

Une propriété spécifique:

Matière + Antimatière



Energie

Réaction d'annihilation = consommation de l'énergie de masse

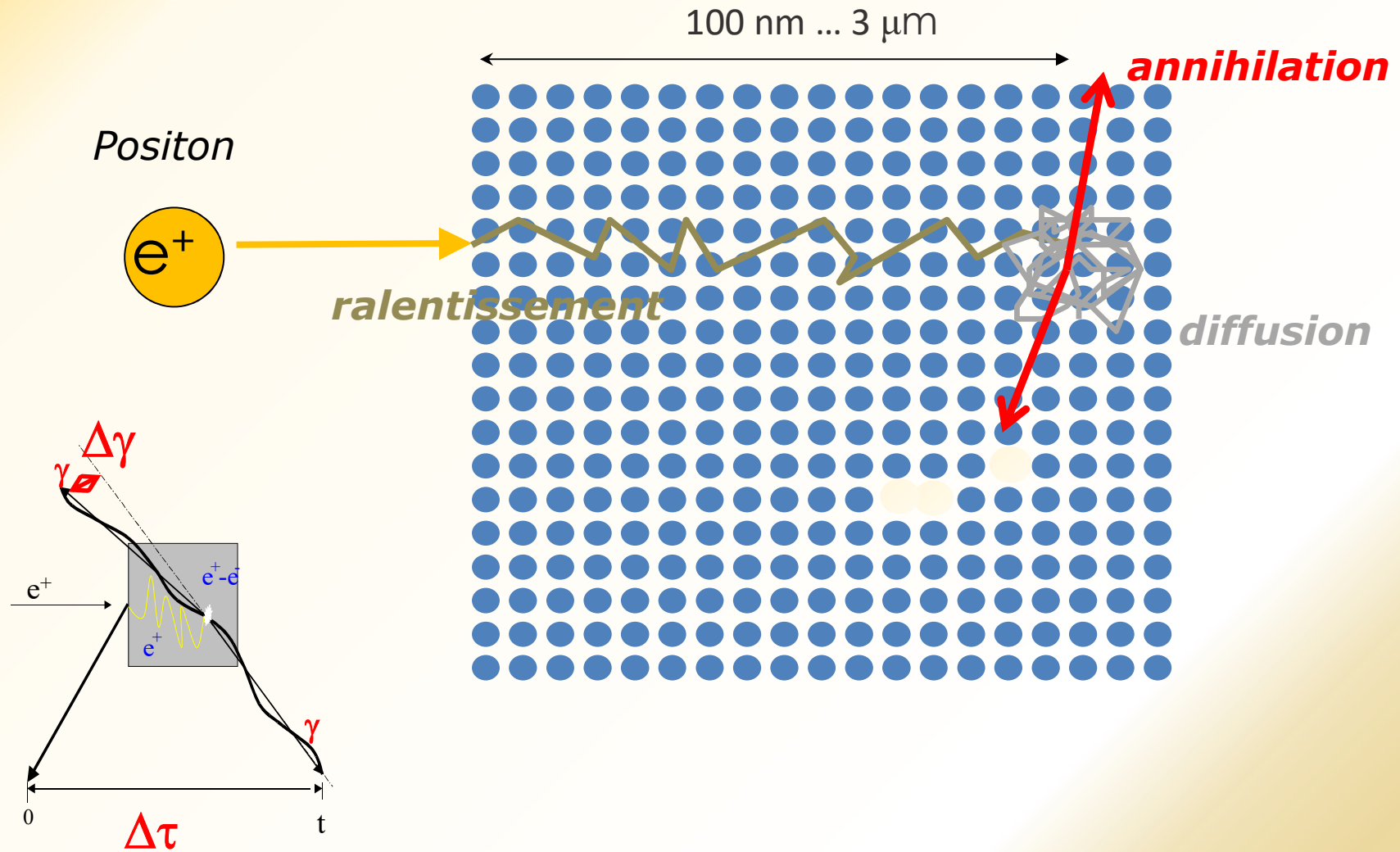
$$E = m C^2$$



Comment l'utiliser pour la science des matériaux ?

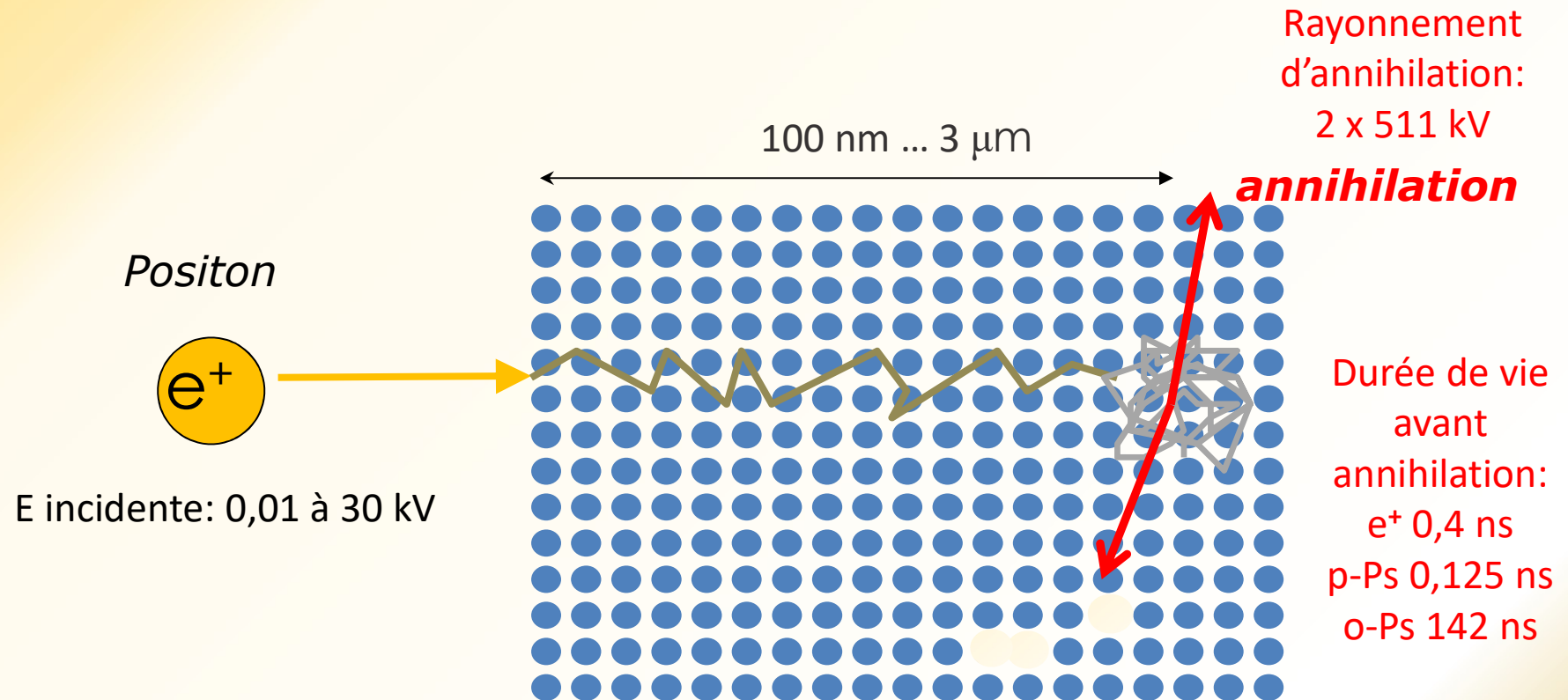


Industrialisation de la spectroscopie d'annihilation de positons





Industrialisation de la spectroscopie d'annihilation de positons

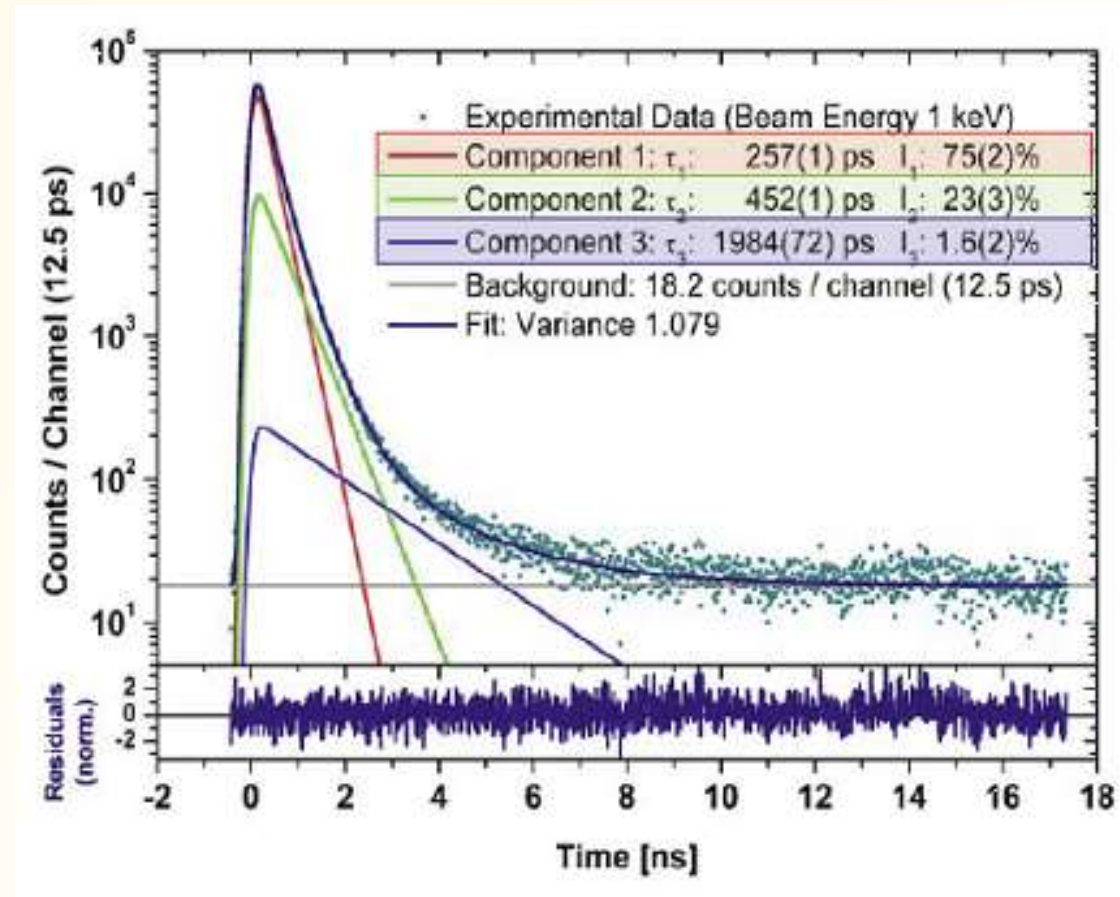
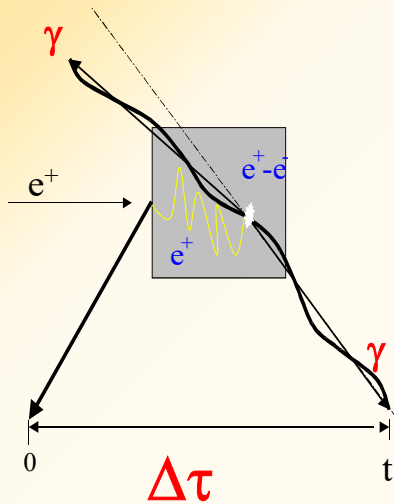


Quelques nombres:

- Gain intrinsèque en énergie: x 1000
- Sensibilité en temps: x 1000
- Taille de la sonde (le positronium e^+e^-): 1,49 Å



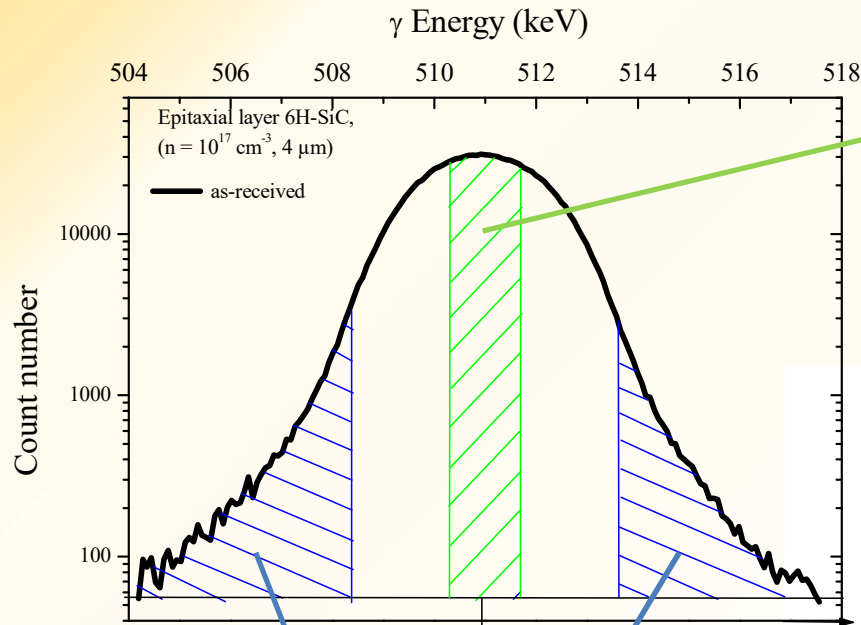
Analyse en temps de vie



- La durée de vie dans le matériau doit être déterminée avec une précision de 150 ps pour l'analyse à partir des positons, et 0,5 ns pour l'analyse à partir du positronium.
- La déconvolution de l'ensemble des données acquises en une somme d'exponentielles décroissantes permet de caractériser chaque type de défaut.

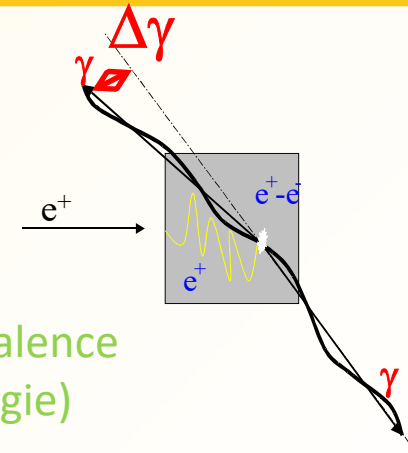


Analyse en énergie



$$S = \frac{A_S}{A_{total}}$$

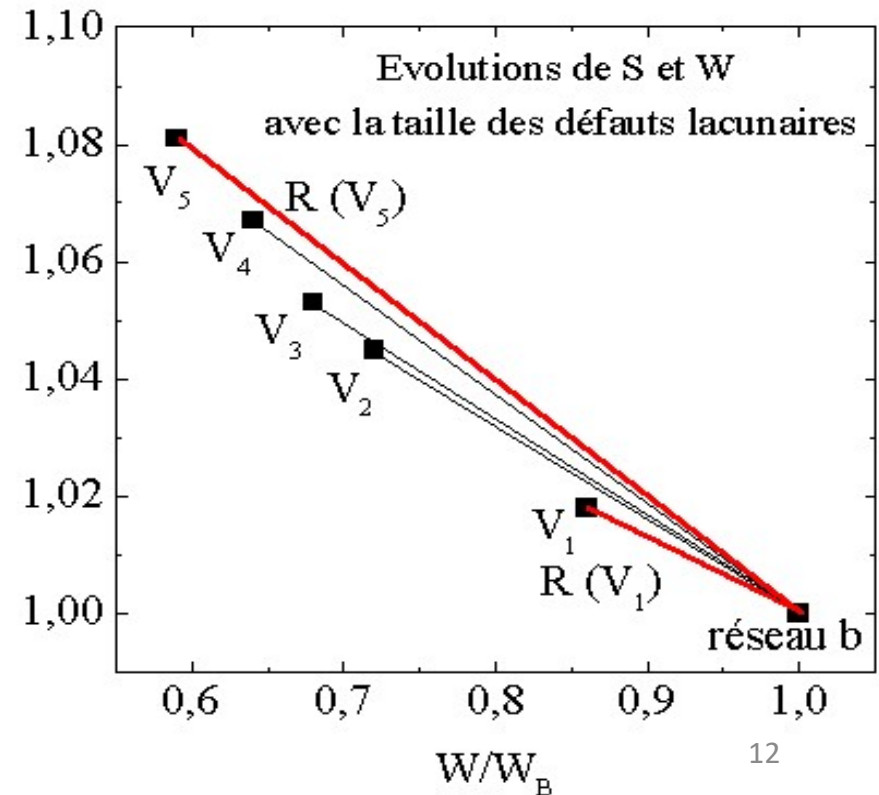
Electrons de valence
(faible énergie)



$$W = \frac{A_{W_G} + A_{W_D}}{A_{total}}$$

Electrons de cœur
(forte énergie)

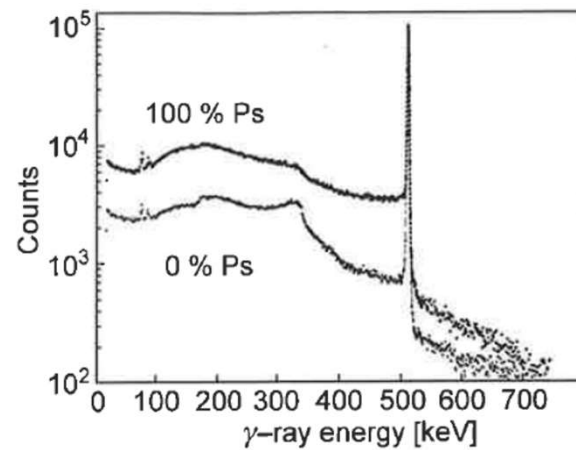
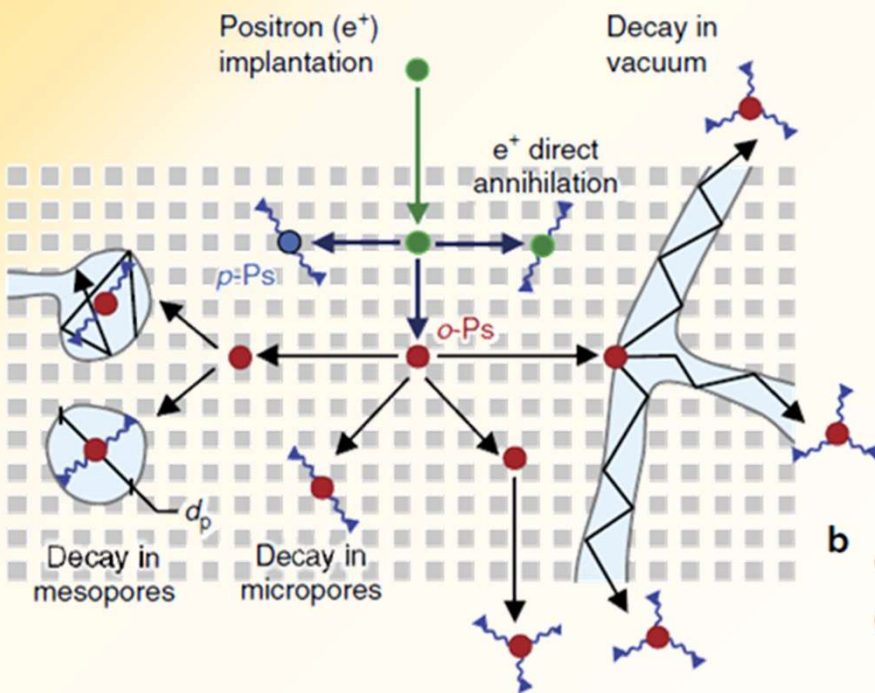
S/S_B



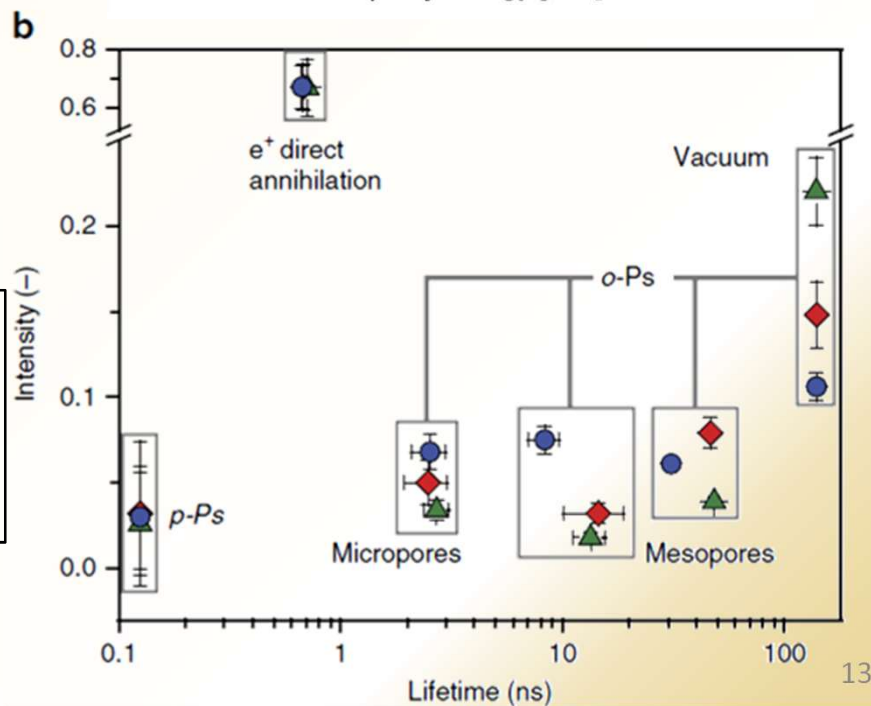


Application aux matériaux poreux

M. Milina et al., Nat. Commun., 2014, 5, 3922



Le signal émis porte une information sur l'environnement électronique du lieu d'émission





Applications aux polymères

Application aux membranes perméables

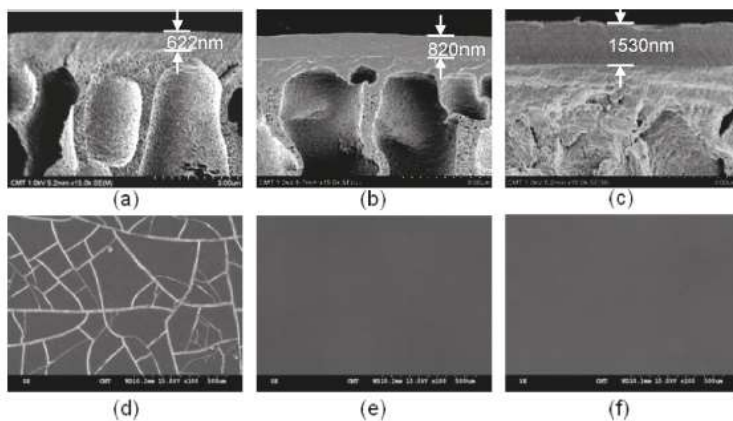


Figure 4. SEM pictures of plasma-polymerized $\text{SiO}_x\text{C}_y\text{H}_z/\text{AETH-TMC/mPAN}$ composite membranes. Cross-sectional images in the first row and surface images in the second row. Deposition times: (a, d) 0.5 h; (b, e) 1 h; (c, f) 2 h.

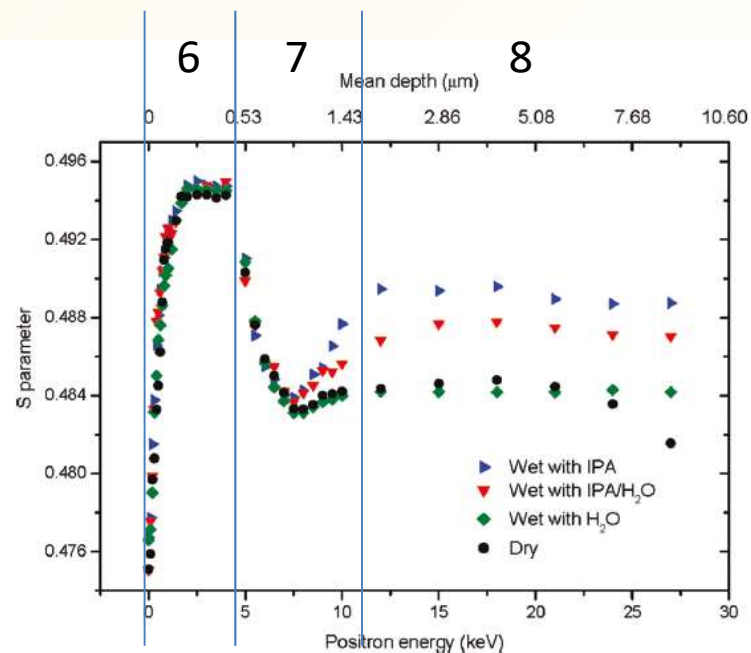
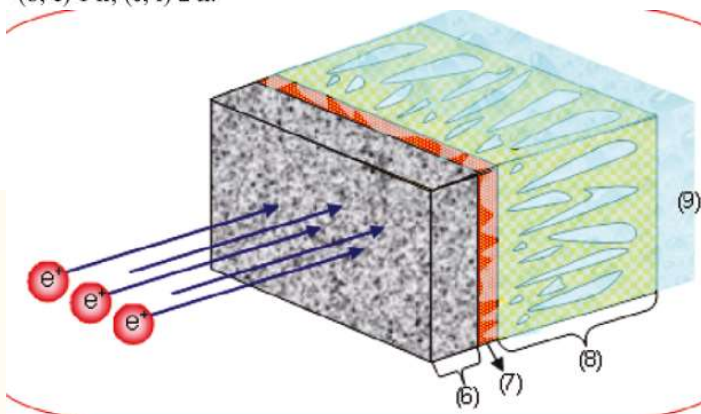


Figure 5. S parameter as a function of positron incident energy or mean depth in dry and wet states of plasma-polymerized $\text{SiO}_x\text{C}_y\text{H}_z/\text{AETH-TMC/mPAN}$ composite membranes. Solvents used to keep membranes wet: IPA, 70 wt % IPA/ H_2O , and H_2O .

- 9 – solution aqueuse
- 8 – polyacrylonitrile modifié
- 7 – 2aminoethanethiol/trimesoyl chloride
- 6 – tétraéthoxysilane

- Extrait de “Characterizing Free Volumes and Layer Structures in Asymmetric Thin-Film Polymeric Membranes in the Wet Condition Using the Variable Monoenergy Slow Positron Beam”, W.S. Hung et al., *Macromolecules*, 43 (2010) 6127-6134. Center for Membrane Technology, Taiwan

23/11/2017



Applications aux polymères

Application aux membranes perméables

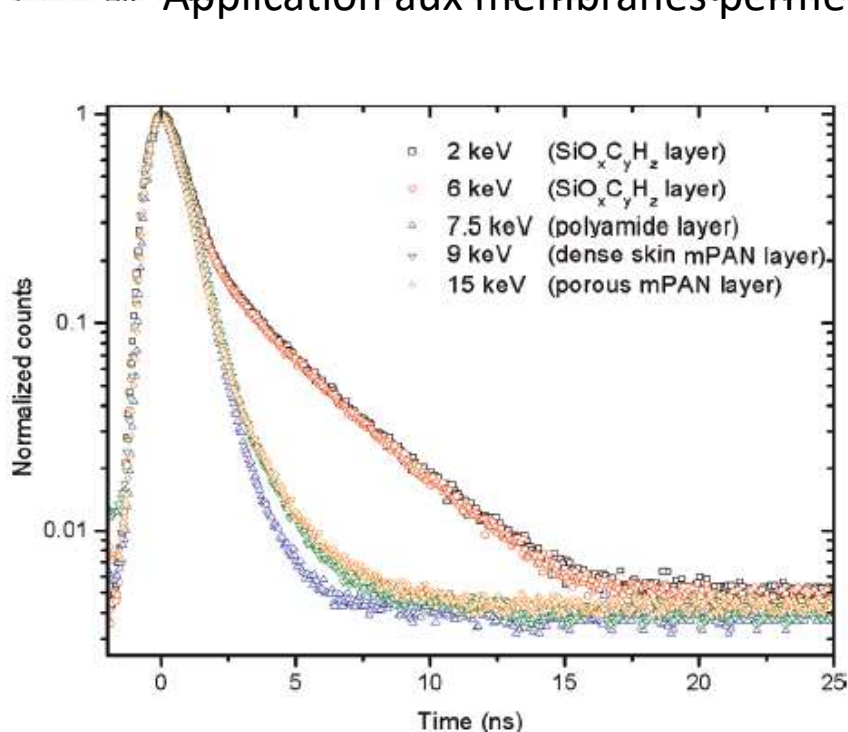


Figure 7. Normalized positron annihilation lifetime (PAL) spectra at different positron incident energies for plasma-polymerized $\text{SiO}_x\text{C}_y\text{H}_z$ /AETH-TMC/mPAN composite membranes maintained in the wet state with 70 wt % IPA/ H_2O solvent.

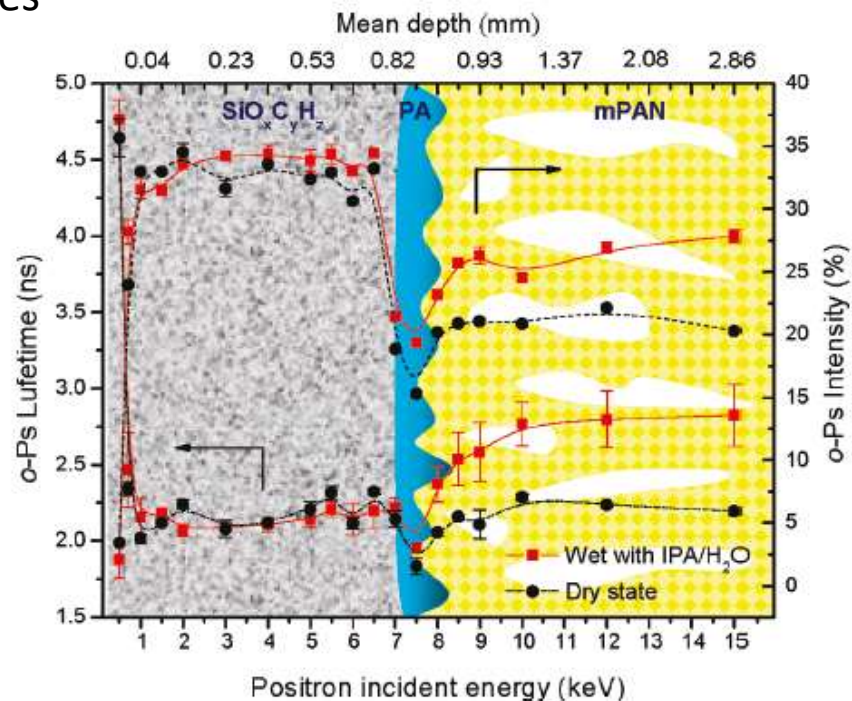


Figure 8. o-Ps annihilation lifetime (τ_3) and intensity (I_3) vs positron incident energy or mean depth for plasma-polymerized $\text{SiO}_x\text{C}_y\text{H}_z$ /AETH-TMC/mPAN composite membranes in dry state and wet conditions (using 70 wt % IPA/ H_2O as solvent). Lines drawn through data are to guide the eye only.

- Extrait de “Characterizing Free Volumes and Layer Structures in Asymmetric Thin-Film Polymeric Membranes in the Wet Condition Using the Variable Monoenergy Slow Positron Beam”, W.S. Hung et al., *Macromolecules*, 43 (2010) 6127-6134. Center for Membrane Technology, Taiwan



Etude sur un acier inoxydable

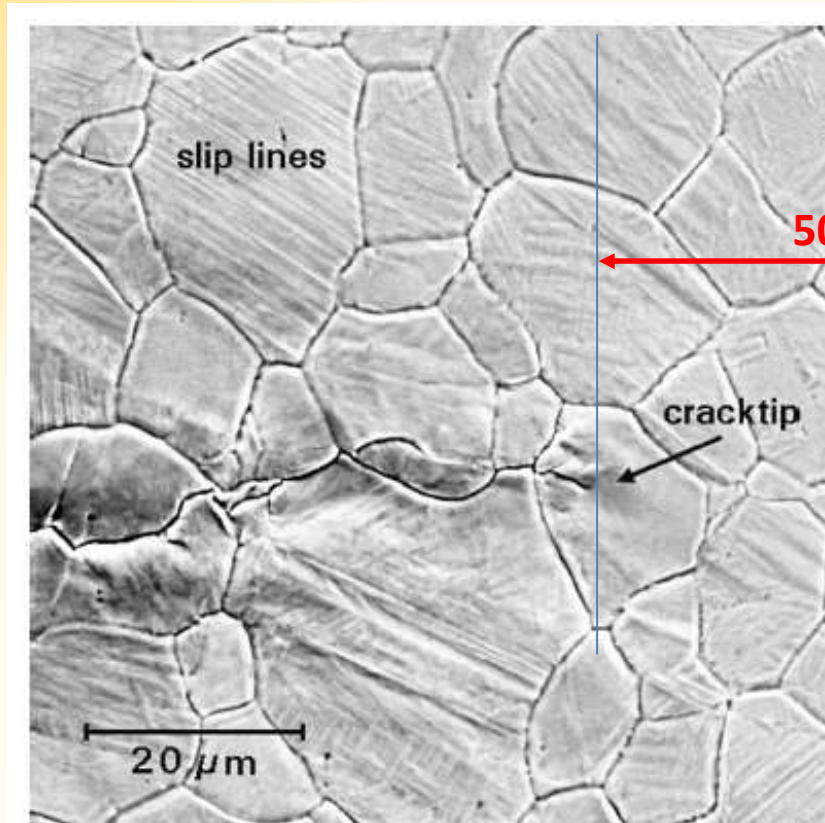


Fig. 4. SEM image of a cracktip in stainless steel AISI 321. Near the cracktip slip lines are clearly visible.

Extrait de “Measurements on cracktips in stainless steel AISI 321 by using a new positron microprobe”, M. Haaks et al., Applied Surface Science 149 1999. 207–210 Bonn Germany

23/11/2017

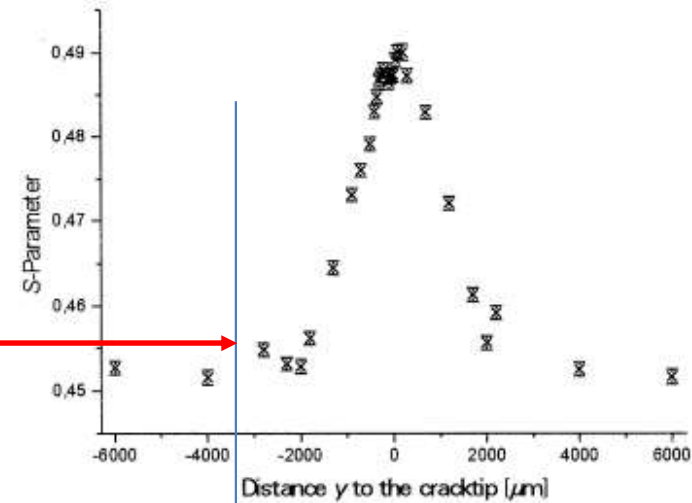


Fig. 6. *S* parameter scan 50 μm in front of a cracktip in AISI 321 crosswise to the cracktip. A massive effect of about 10% appears due to the fatigue deformation.

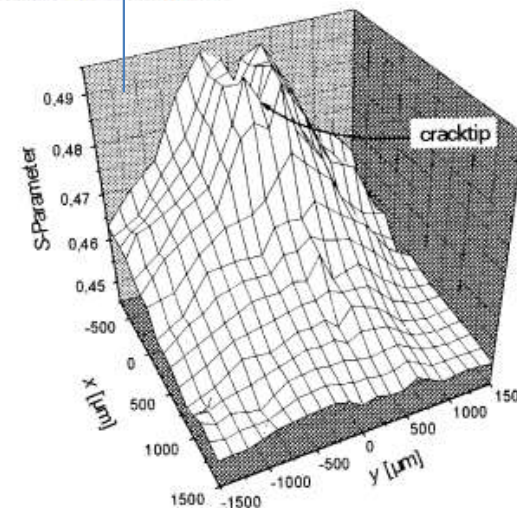


Fig. 7. *S* parameter map of the plastic zone around the cracktip. The mesh size of the grid is 150 $\mu\text{m} \times 150 \mu\text{m}$. Positron beam energy: 30 keV. Resolution of the Ge-detector: 1.24 keV at 478 keV.



Etude de fatigue sur des alliages d'aluminium 6013

Cartographie de la densité de dislocations à 350 nm sous la surface au devant d'une fissure de fatigue

Caractérisation de l'endommagement avant l'apparition des fissures

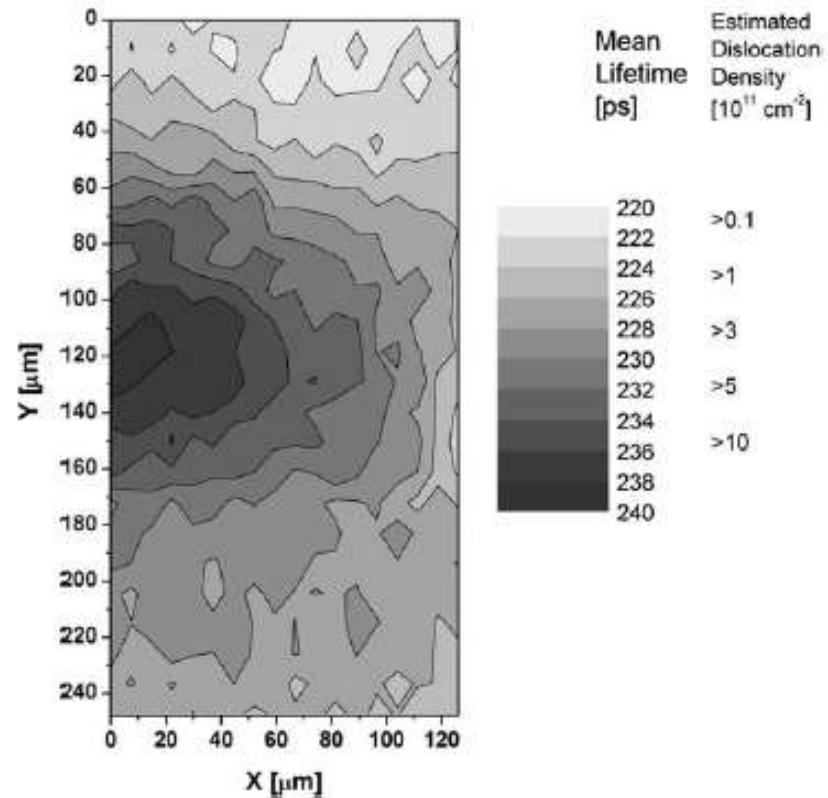


Fig. 8. Positron mean lifetime map of the crack tip region ($120 \mu\text{m} \times 240 \mu\text{m}$) at 12 keV positron implantation energy. The dislocation density was calculated from the mean lifetime as it is given in the text.

Extrait de “Measurements of defect structures of a cyclically deformed Al–Mg–Si alloy by positron annihilation techniques”, W. Egger et al., Materials Science and Engineering A 387–389 (2004) 317–320 Munich D

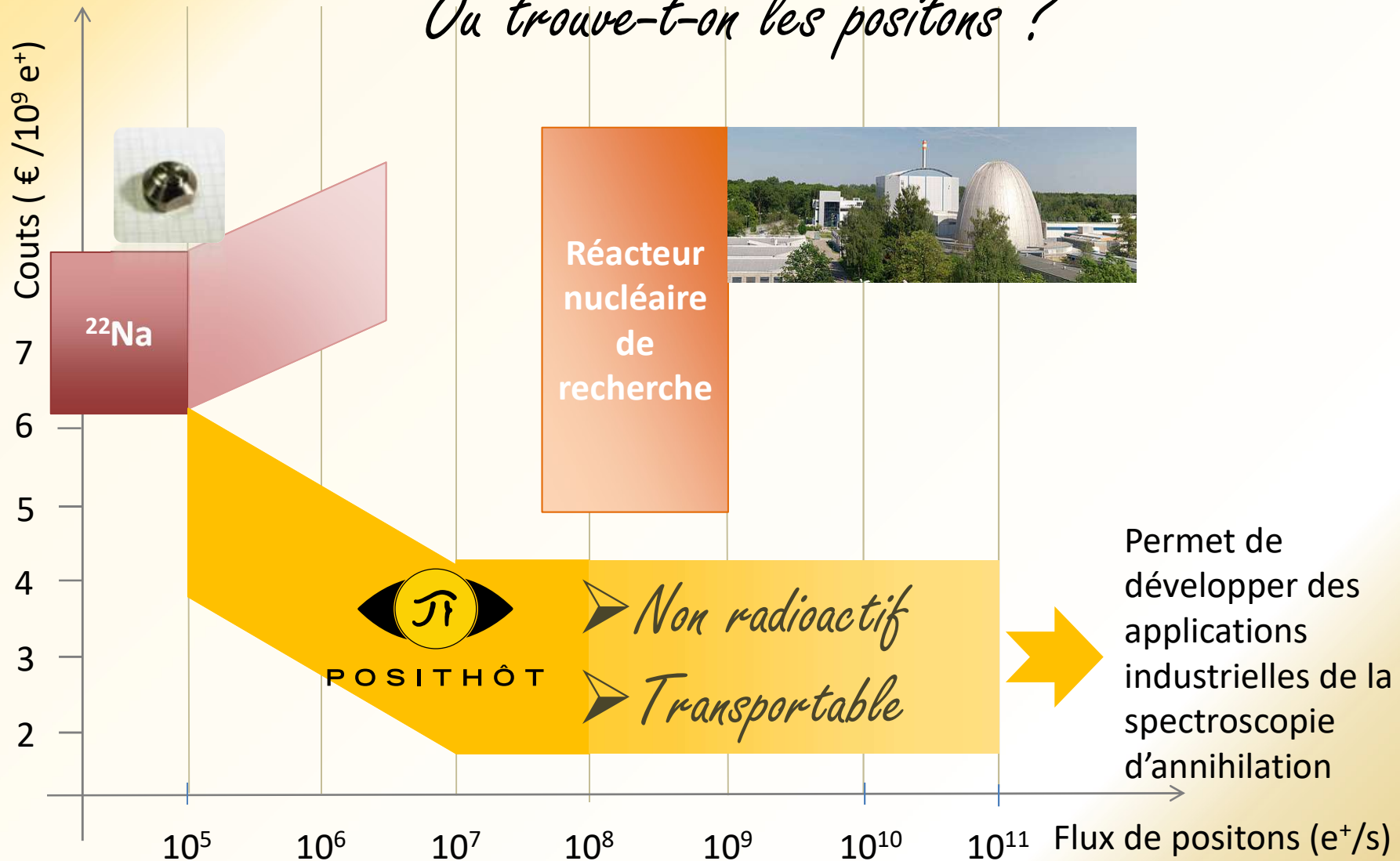


Innovation



L'innovation POSITHÔT

Où trouve-t-on les positons ?





POSITHÔT

La plateforme de R&D GBAR de Saclay

Débuté en 2005, ANR SOPHI, SOurce de Positons de Haute Intensité





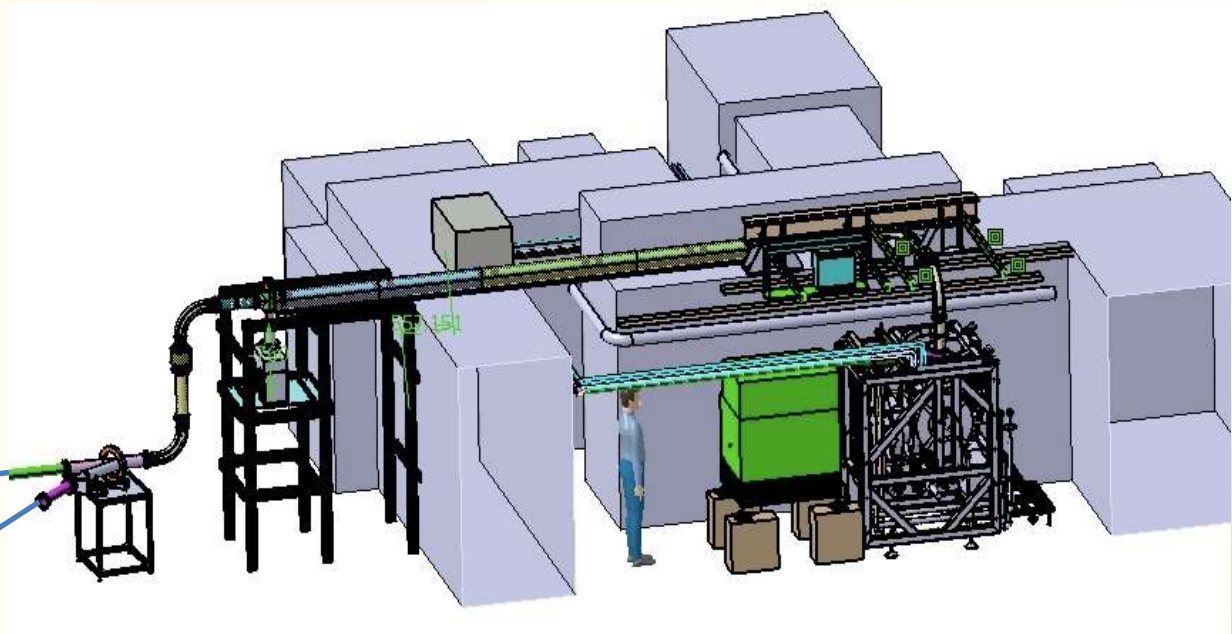
POSITHÔT

La plateforme de R&D GBAR de Saclay

La preuve de concept de la production de positons sans radioactivité induite ou consommée...

Applications physique
fondamentale

Applications science
des matériaux





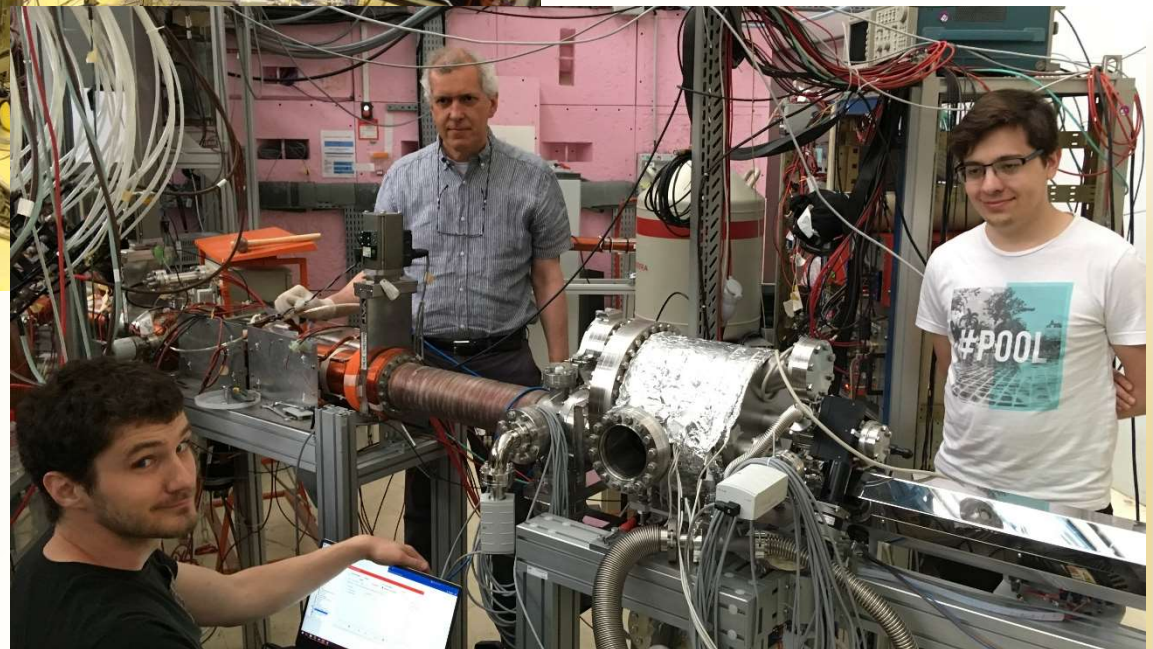
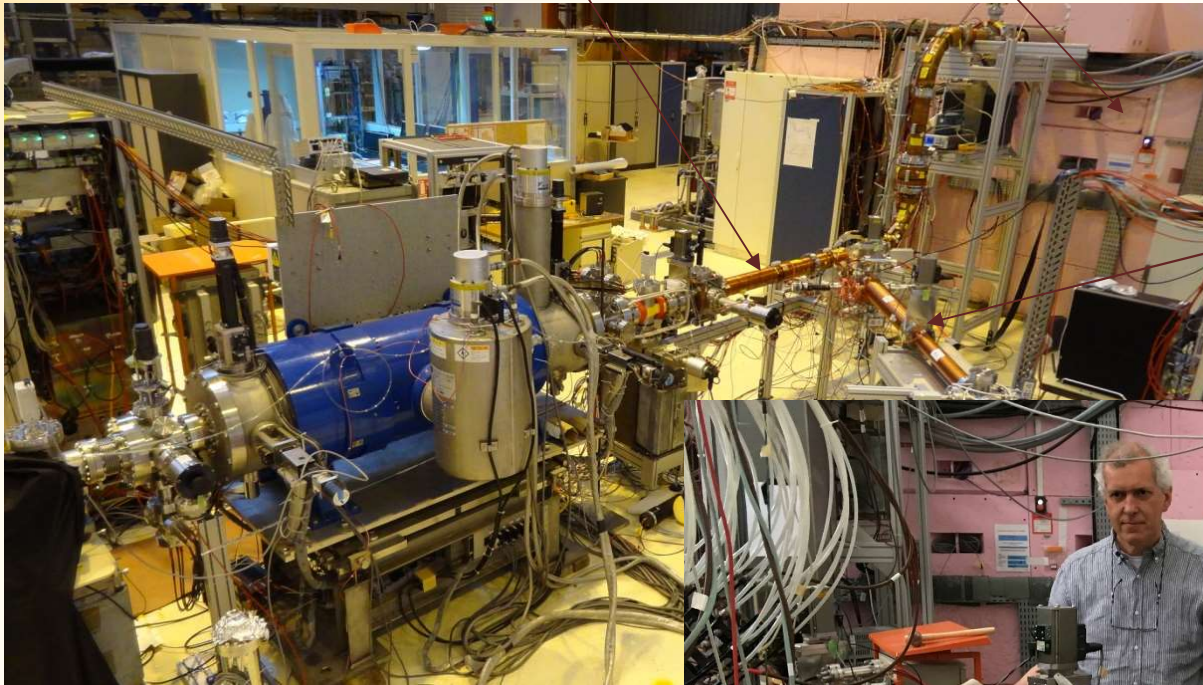
La plateforme de R&D GBAR de Saclay

L'installation au CEA de Saclay,

Fundamental
physics line

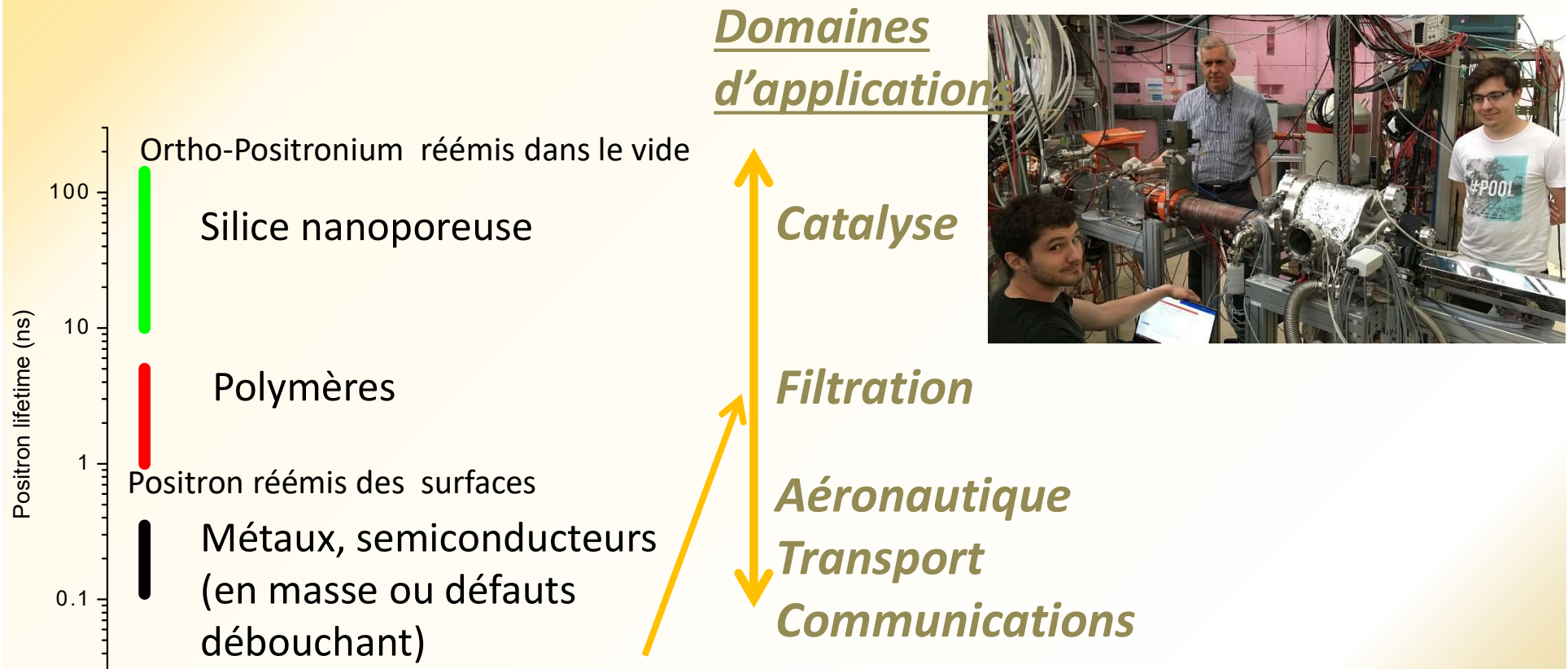
Positron generator in
the pink bunker

Materials science
analysis line





Analyse non destructive des défauts à l'échelle du nm et des pores



Domaine de sensibilité du Défectoscope Atomique, financé par



et le



- Offre de prestation de services de mesure adressée aux industriels, complémentaire à celle du CEA-Leti en microscopie électronique en transmission de haute résolution.

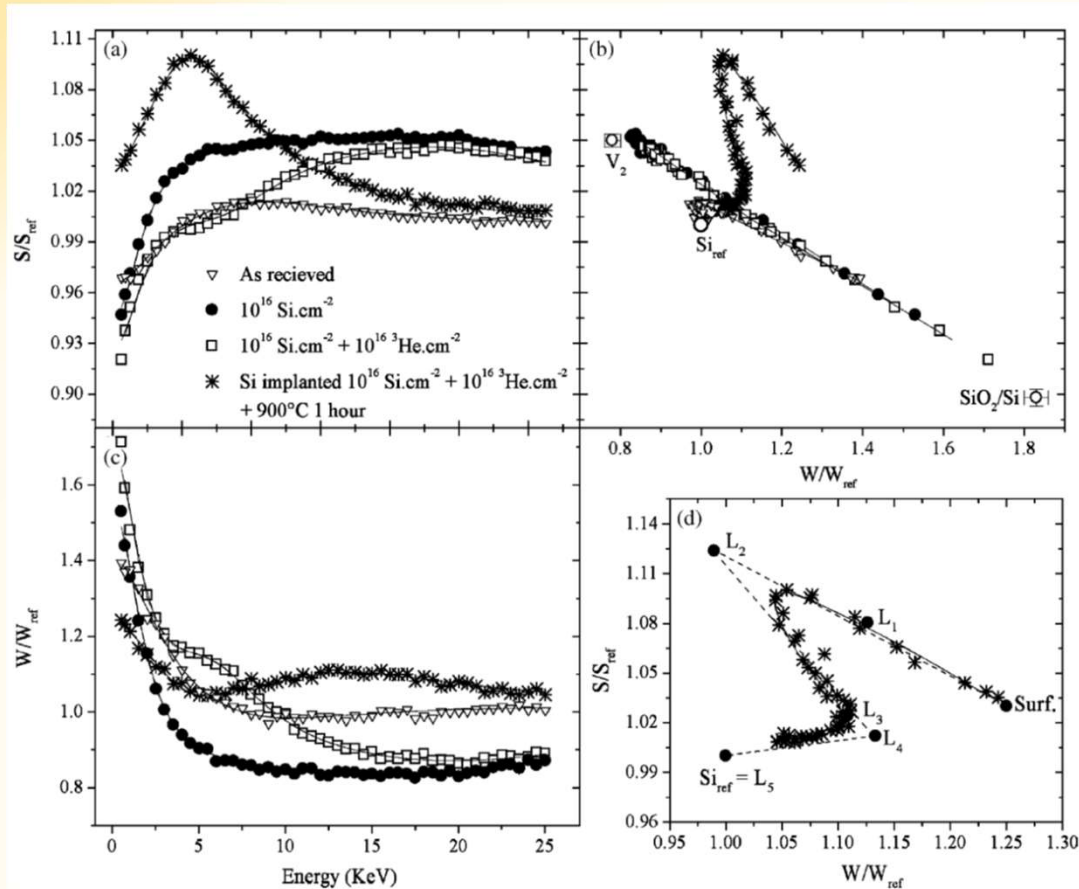
23/11/2017



Offre



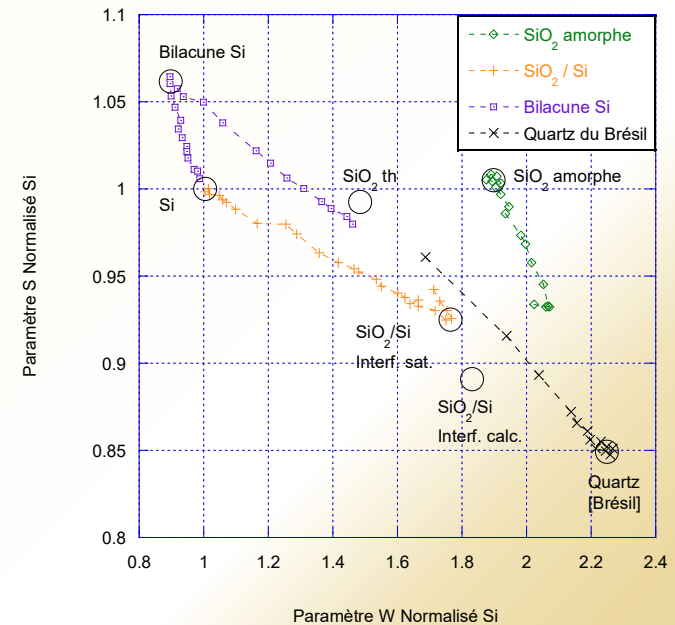
Des services de mesure des densités de défauts



D'après: P. Desgardin et al./ Applied Surface Science 252 (2006) 3231-3236

Graphes donnant:

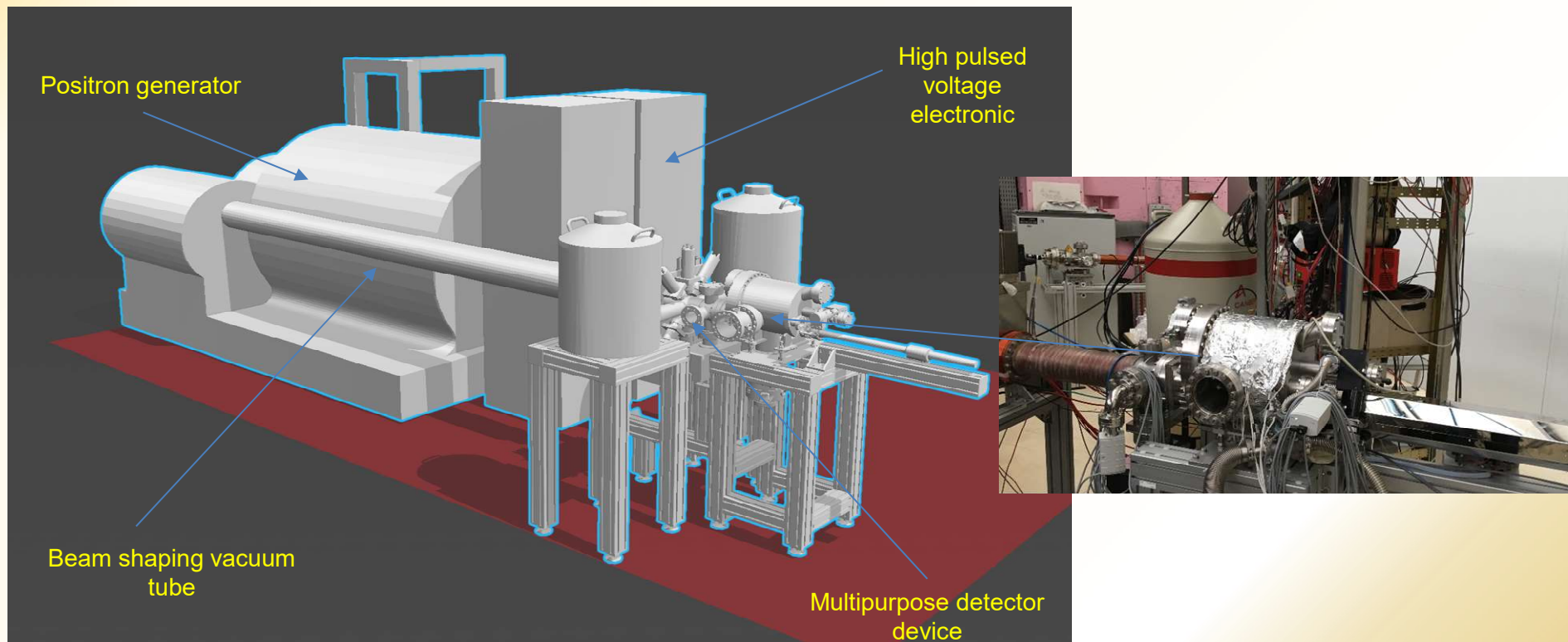
- S, probabilité d'annihilation avec les électrons de valence, en fonction de l'énergie (profondeur) d'implantation;
- W, probabilité d'annihilation avec les électrons de cœur, en fonction de l'énergie (profondeur) d'implantation;
- Diagramme S/W, qui traduit la statistique des défauts présents.
- L'interprétation des résultats basée sur une étude bibliographique.





La réalisation de générateurs de positons et équipement les utilisant

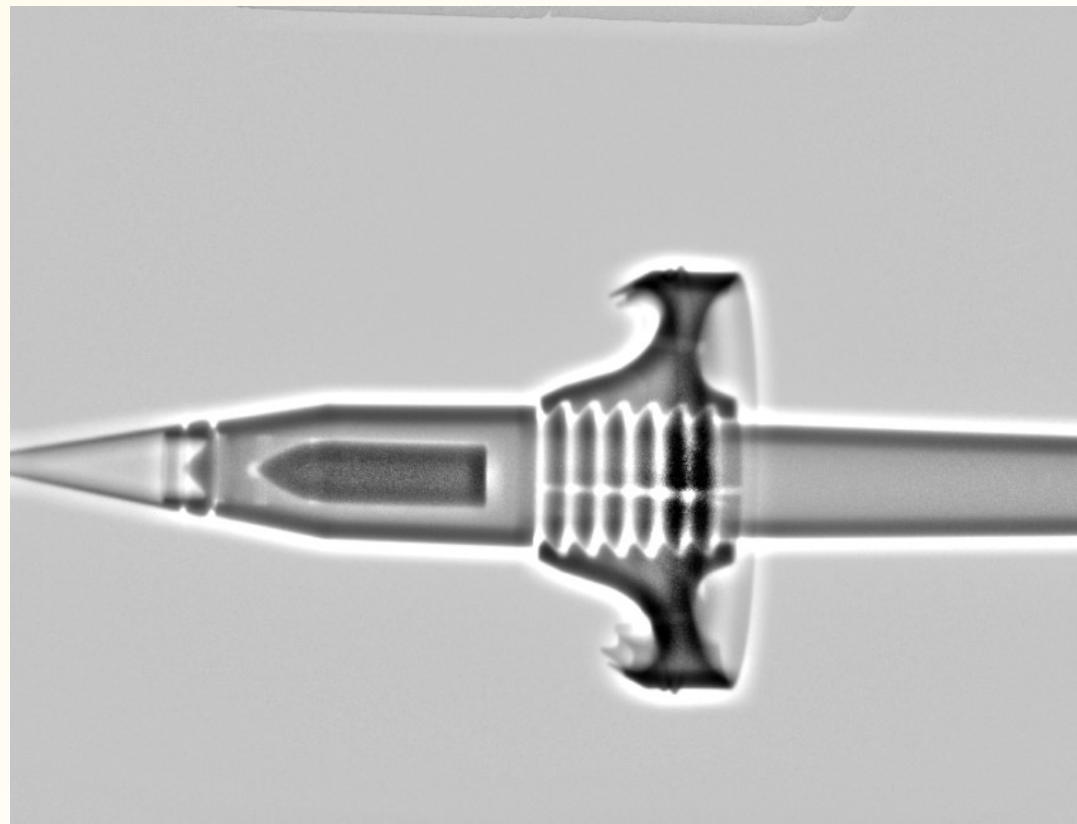
Version compacte de l'installation d'analyse du CEA de Saclay





La vente de capteurs de RX grande surface

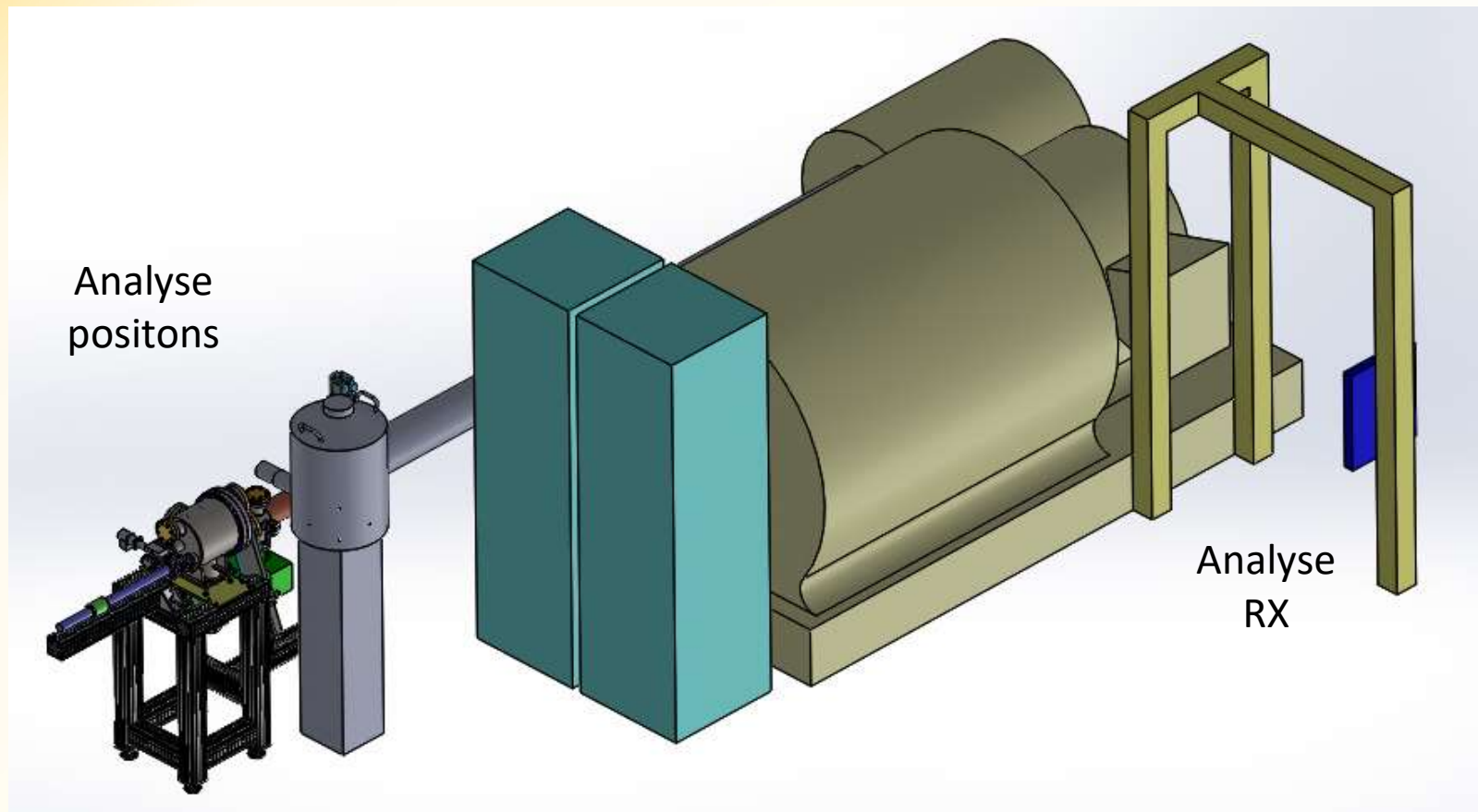
- Surface de capture d'image: 40 cm x 40 cm ou 50 cm x 70 cm, plus grandes tailles possibles sur demande
- Logiciel d'analyse d'image intégré à la fourniture.

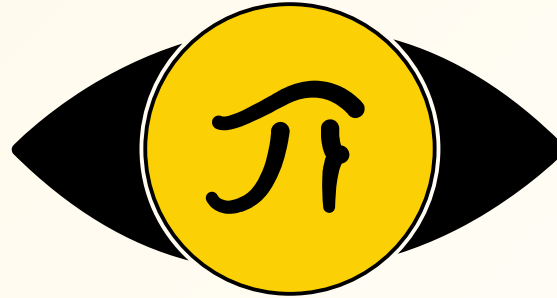


Obus à insert en Tungstène; RX de 6 MeV, temps de pose inférieur à 2 minutes.



Système duplex RX Positons





POSITHÔT

La Manufacture d'Antimatière

L'Antimatière au service de l'industrie

Merci pour votre attention

Voir aussi
WWW.POSITHOT.COM

Contact: Jean-Michel REY
Jean-michel.rey@posithot.com
Port: 06 52 02 65 60