



### Film de la naissance attoseconde d'un électron

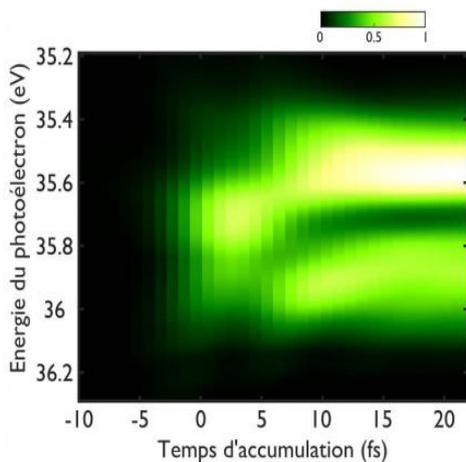
Lou Barreau : tél : 01.69.08/17.55, [lou.barreau@cea.fr](mailto:lou.barreau@cea.fr), Pascal Salières : tél : /63.39, [pascal.salieres@cea.fr](mailto:pascal.salieres@cea.fr)

Lorsque la matière est soumise à un rayonnement ultra-violet ou X, des électrons sont émis : c'est l'effet photoélectrique. Pour certaines énergies d'excitation, apparaissent des résonances dites d'auto-ionisation, dont le profil de raie est dissymétrique, et que l'on rencontre dans de nombreuses espèces, des atomes aux molécules et nanostructures. Le physicien italien Ugo Fano en a proposé une explication théorique en 1961 : l'électron peut soit être éjecté directement, soit rester transitoirement piégé dans un état excité avant d'être éjecté. L'interférence entre ces deux chemins produit la dissymétrie du profil de raie, qui en est la signature indirecte. L'observation directe de ce processus est longtemps restée hors d'atteinte expérimentale car le piégeage est très bref, de l'ordre de quelques femtosecondes ( $1 \text{ fs} = 10^{-15} \text{ s}$ ).

Pour la première fois, cette observation directe a été réalisée dans le cadre d'une collaboration réunissant une équipe du LIDYL et deux groupes de théoriciens du LCPMR (Laboratoire de Chimie Physique, Matière et Rayonnement, CNRS-Université Paris 6) et de l'Université Autonome

de Madrid. A l'aide de flashes de lumière d'une extraordinaire brièveté, seulement quelques centaines d'attosecondes ( $1 \text{ as} = 10^{-18} \text{ s}$ ), ils ont pu suivre en temps réel la totalité du processus de piégeage puis d'éjection du photoélectron suite au réarrangement du nuage électronique, dans le cas d'une résonance doublement excitée de l'atome d'hélium,  $\text{He}(2s2p)$ . L'interférence entre les deux chemins devient ainsi directement observable.

Cette nouvelle technique repose sur un principe interférométrique simple, et peut maintenant être généralisée à d'autres systèmes plus complexes. Elle est plus complète que la spectroscopie classique puisqu'en plus des profils de raies, elle donne accès à la phase spectrale et ainsi, à la dynamique d'ionisation correspondante. Complétée par la mesure de la distribution angulaire de l'électron émis, elle devrait permettre de réaliser le rêve de nombre de physiciens et de chimistes : le film expérimental complet en 3 dimensions de l'émission d'un électron !



Évolution du spectre de photoélectrons issu de la résonance de Fano 2s2p de l'hélium au cours du temps.

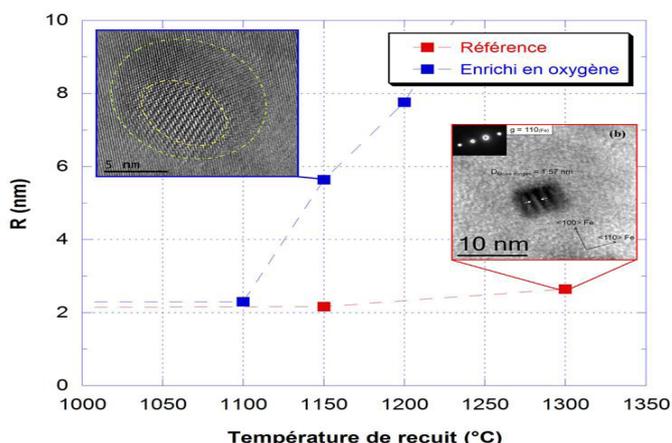


### Effet de l'oxygène sur la nanopréciipitation dans des alliages ODS

Marc-Antoine Thual : tél : 01.69.08/82.50, [marc-antoine.thual@cea.fr](mailto:marc-antoine.thual@cea.fr)  
Marie-Hélène Mathon : tél : 01.69.08/60.33, [marie-helene.mathon@cea.fr](mailto:marie-helene.mathon@cea.fr)

Les alliages renforcés par dispersion d'oxydes (ODS, en anglais « oxide dispersion strengthened ») sont envisagés en tant que matériaux de structure pour la prochaine génération de réacteurs nucléaires à neutrons rapides (Gen IV). La structure cubique centrée de la matrice d'alliage et la dispersion de nano-oxydes apportent respectivement une bonne stabilité sous irradiation et d'excellentes propriétés mécaniques aux hautes températures. Les nano-renforts sont du type Y-Ti-O et sont générés par un processus d'élaboration particulier : broyage à haute énergie, et consolidation à chaud. La taille, la densité, et l'homogénéité de ces nano-oxydes sont des paramètres clés pour les propriétés mécaniques du matériau. Ces dernières sont optimales pour une taille de l'ordre de 2 nm. Durant l'élaboration, une pollution par l'oxygène étant inévitable, nous avons cherché à en caractériser l'effet dans un alliage connu, dans lequel 1 % de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (en masse) a été ajouté lors

du broyage. L'évolution du rayon moyen des oxydes formés en fonction de la température montre une coalescence fortement accélérée au-delà de  $1100^\circ\text{C}$  (figure). Par ailleurs, les oxydes, initialement de structure cubique, présentent dans le matériau



Évolution du rayon moyen des nano-renforts en fonction de la température de recuit pour un traitement d'une heure. Les inserts correspondent à la structure cristallographique des nano-renforts observée par METHR (microscopie électronique en transmission haute résolution).

enrichi en oxygène une transition vers la structure orthorhombique, sans relations d'orientations avec celle de la matrice. Ceci accélère la coalescence et, in fine, dégrade les propriétés mécaniques. Dans le matériau non enrichi en oxygène, les particules de structure cubique adoptent des relations de cohérence avec la matrice, visibles par des franges de Moiré en microscopie électronique en transmission. Ces comportements sont corrélés à des variations de stœchiométrie des oxydes. Cette étude a clairement mis en évidence les mécanismes de dégradation des propriétés mécaniques produites par une contamination en oxygène dans des alliages ODS.

