

NANOréacteurs dans les CHEveux : étude OPtoélectronique et application à la Sauvegarde des objets à base de kératine



Les Partenaires :

- LC2RMF : Laboratoire du Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France
- LPQM : Laboratoire de Photonique Quantique et Moléculaire
- LPN : Laboratoire de Photonique et de Nanostructures

LA PROBLEMATIQUE

Matrice amorphe du cheveu = Ensemble de nanoréacteurs

- à l'origine des phénomènes de dégradation des objets à base de kératine
- permettant la préparation de nanocristaux de sulfures métalliques, semi-conducteurs et auto organisés.

- Quelles sont propriétés des boîtes quantiques formées ?
- S'auto-organisent-elles le long de l'axe de la fibre ?
- Peut-on envisager la préparation de matériaux équivalents (biomimétisme) ?
- Quelles sont raisons historiques d'un emploi prolongé pour la teinture des cheveux de techniques qualifiées aujourd'hui de nanotechnologies ?

NANOCHEOPS = Projet pluridisciplinaire = Mise au point de méthodes de caractérisation de systèmes complexes combinant :

- des approches physico-chimiques tenant compte de la spécificité des propriétés des particules inorganiques (absorption, luminescence)
- des propriétés chimiques de la matière organique, d'origine biologique et issue d'une série d'assemblages supramoléculaires de protéines à des échelles allant du nanomètre au micromètre.

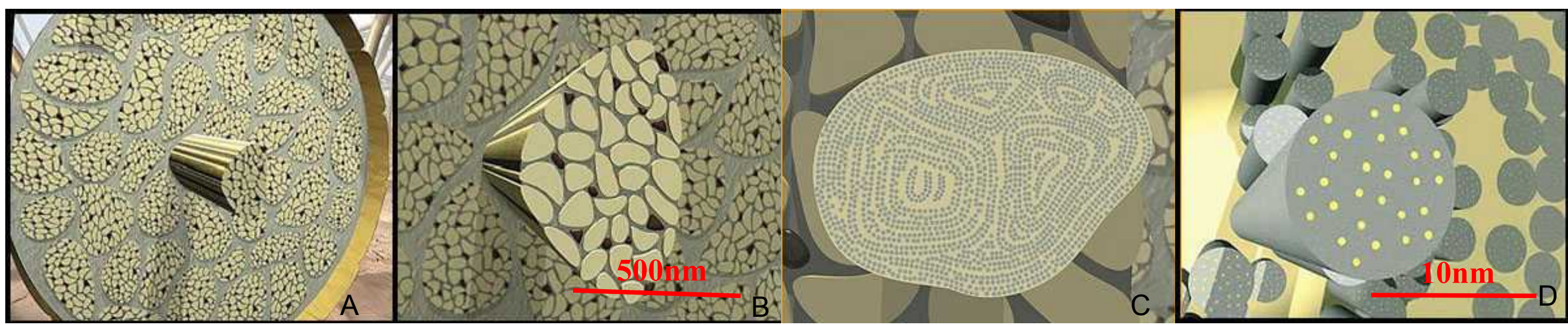


Schéma de l'organisation du cheveu, la fibre de diamètre caractéristique 80µm (A), les cellules du cortex contenant des grains de mélanine et des macrofibrilles de 500nm (B), elles même constituées de microfibrilles (C) ; les microfibrilles sont composées de 7 à 11 proto-filaments enroulés en torsades, contenant chacun 4 chaînes de kératine en hélice α et de matrice amorphe (D). (www.hair-science.fr)

Les équipes :

- LC2RMF : Walter P., Castaing J., Cotte M., Richardin P., Van Elslande E.
- LPQM : Zyss J., Ledoux-Rak I., Chauvat D., Mojzisoava H.
- LPN : Patriarche G., Belabas Plougonven N., Largeau L.



Momie du désert du Taklamakan
Institut d'archéologie, Urumchi, Chine



Couronne de cérémonie en plumes d'ara
Fort-de-France, musée départemental de la Martinique

LES ENJEUX

- améliorer la conservation des objets du patrimoine culturel à base de kératine.
- créer des nanocristaux de semi conducteurs présentant en outre un ordre pré-établi.
- développer des modèles de protéines décrivant des réactions chimiques et le transport des espèces.
- caractériser des propriétés de systèmes complexes hybrides organiques – inorganiques, en combinant des approches physico-chimiques.
- mieux expliquer le mécanisme chimique de production d'espèces sulfurées dans les nanoréacteurs.

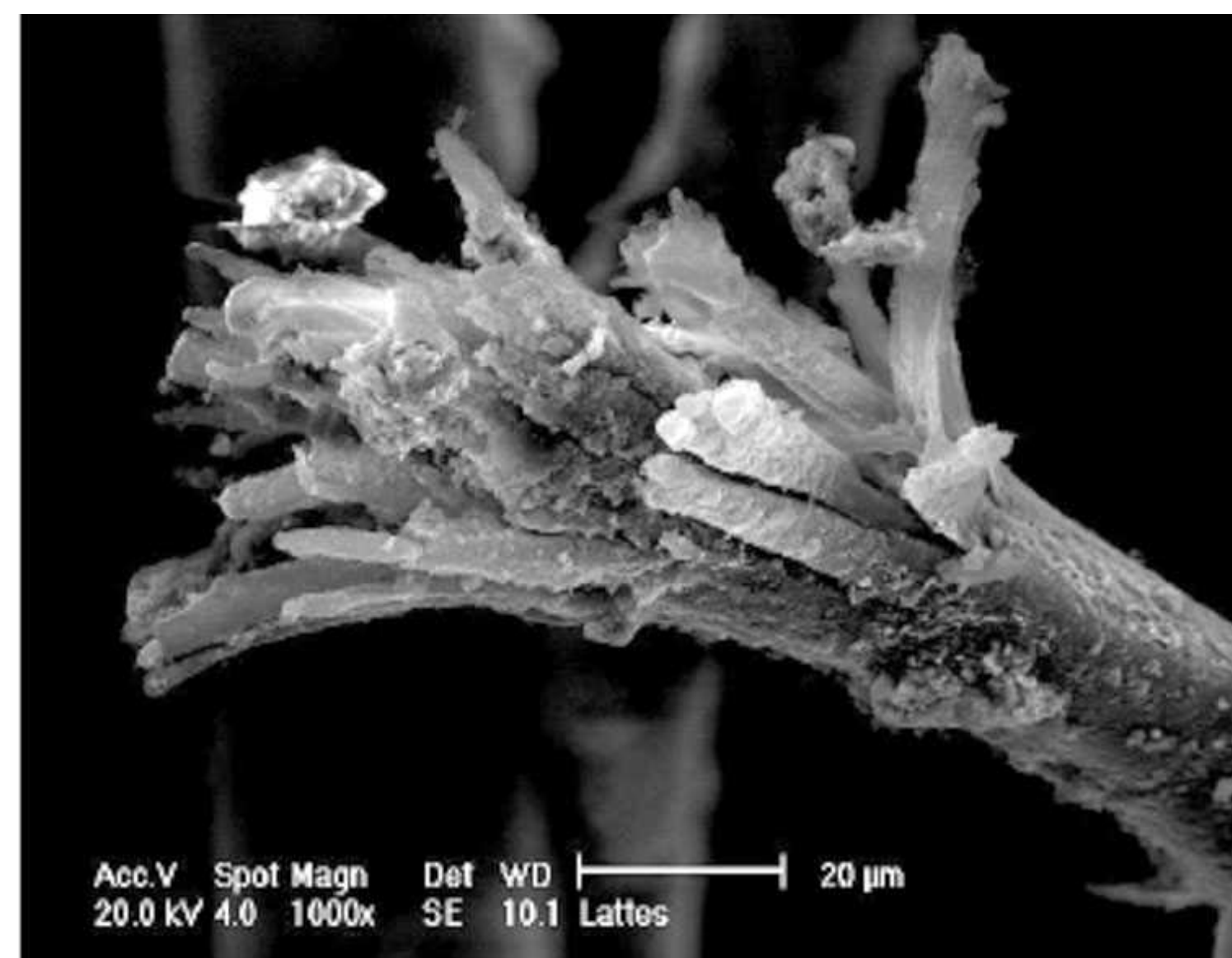
LE PROGRAMME SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

Collecte d'échantillons anciens et fabrication d'analogues modernes

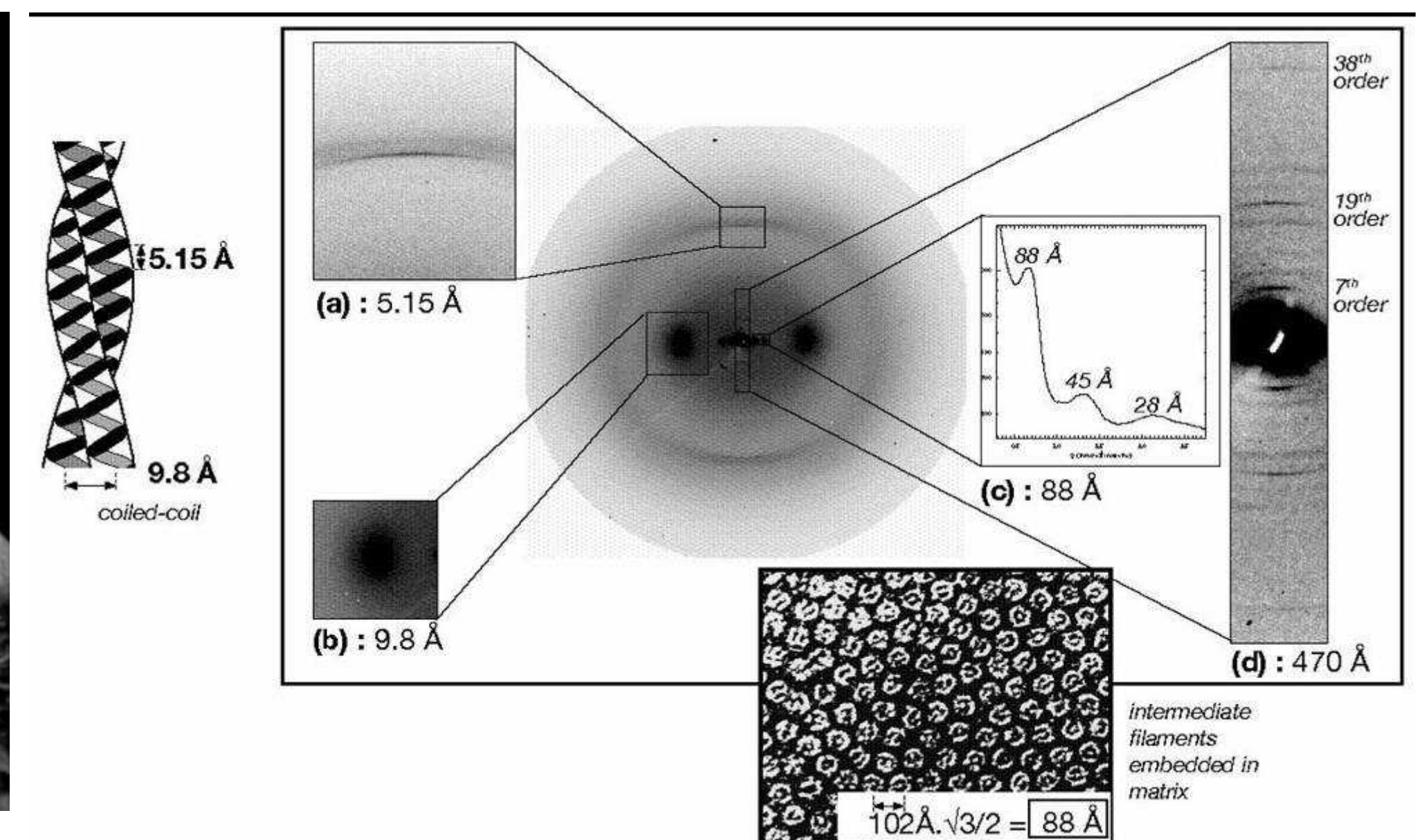
- Échantillons archéologiques
- Étude de la formation et de la localisation de nanocristaux de PbS dans les cheveux selon trois approches :
⇒ dans des solutions de pH variés
⇒ Minéralisation par de formation de nanocristaux de sulfure de métaux lourds
⇒ Étude de la spécificité de l'environnement kératine

Mise en œuvre de différentes méthodes de caractérisation des nanocristaux et des composés protéiques

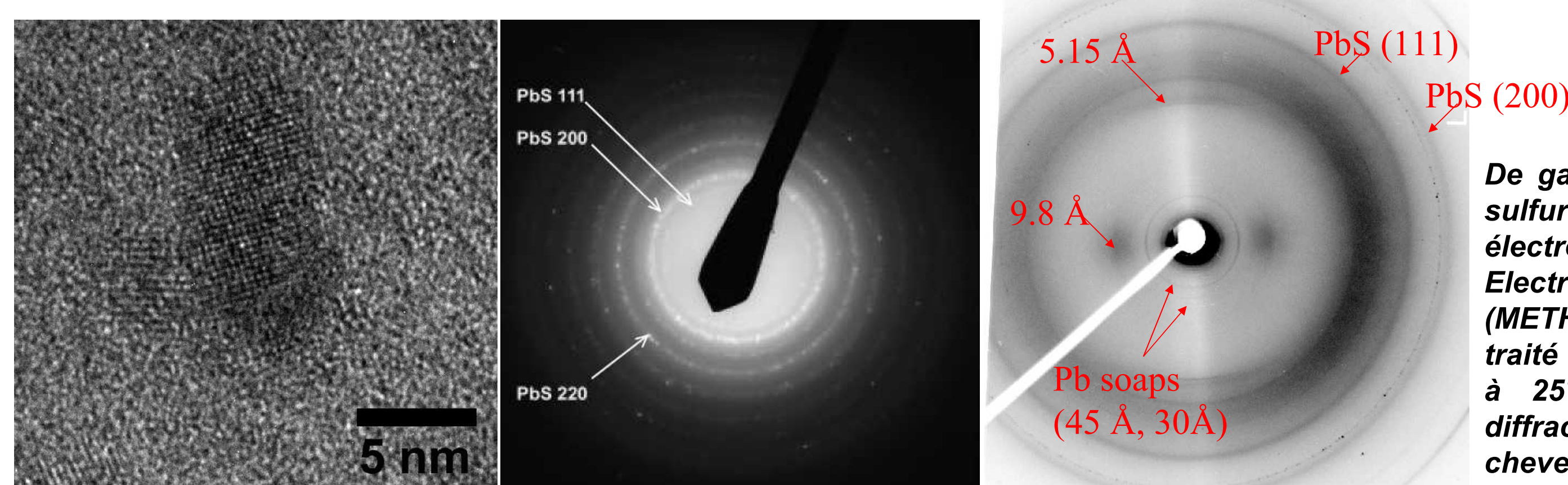
- Étude du mécanisme réactionnel à partir de polypeptides sulfurés
- Étude de la croissance et des faciès des cristaux, observation de leur répartition
- utilisation de la microscopie multiphotons pour la caractérisation de la kératine
- Étude de la matrice amorphe
- Étude des propriétés mécaniques des fibres
- Étude des propriétés optoélectroniques



(à gauche) : Préservation de fibres de laine, époque romaine, Lattes (Hérault, France). Observation par microscopie électronique de la préservation des macrofibrilles. (à droite) Analyse par diffraction de fibre de cheveux de momies : On remarque la conservation de la structure de la kératine à toutes les échelles supramoléculaires (notamment de l'hélice α - diamètre 0.98 nm et pas 0.515 nm -, des doubles enroulements - longueur 47 nm - et des microfibrilles - diamètre 9 nm). La comparaison avec des cheveux actuels montre en outre un plus grand contraste des motifs de diffraction, témoignant d'une réorganisation moléculaire qui pourrait résulter d'une action conjointe du temps et de transformations chimiques. L'insert illustre l'organisation des protofibrilles observée par MET.



RESULTATS PRELIMINAIRES



De gauche à droite : Image d'un nanocristal de sulfure de plomb (PbS) et le cliché de diffraction électronique associé obtenus par Microscopie Electronique à Transmission Haute Résolution (METHR) réalisés sur une coupe FIB de cheveu traité dans une solution aqueuse Chau/Litharge à 25°C durant 6heures. Image de micro diffraction des rayons X obtenue pour ce même cheveu.

Des résultats similaires sont obtenus avec un traitement du cheveu à base de mercure.

Contact : Philippe Walter - Tel: +33 (0)1 40 20 58 30 – Mél : philippe.walter@culture.gouv.fr
C2RMF - UMR171/CNRS - Palais du Louvre - 14 quai François Mitterrand - 75001 Paris