

Programme

Programme général des activités						
Jours	Lun 18/07	Mar 19/07	Mer 20/07	Jeu 21/07	Ven 22 /07	Sam 23/07
Matinée (8h-13h)	1) Accueil	Cours thématiques	Sortie pédagogique	Cours thématiques	Cours thématiques	Table ronde Réunion des experts encadrants avec le comité d'organisation et Perspectives
	2) Ouverture					
	3) Cours thématiques					
Pause	Pause - déjeuner					
Après midi 15h-18h	Laboratoire PNHG, Ouèdo	Cours thématique	Sortie Pédagogique	Cours thématiques	1) Visite plateformes analytiques d'IRGIB Africa	
		Table ronde matériaux de construction et cycle de vie			2) Table ronde Instrumentation	

Thème : Matériaux, Innovation et Développement Durable. Summer School,

Les orateurs en présentiel sont soulignés, les autres en visioconférence.

Les interventions seront en français ou anglais.

Dimanche 17 juillet. Accueil des participants

Lundi 18 juillet. Matériaux de construction et urbanisme durable :

- **8h-8h30 Accueil des participants**
- **8h30 -9h Ouverture (Organisateurs)**
- **9h-10h *Caractéristiques physiques, chimiques et minéralogiques des matériaux latéritiques : opportunités et contraintes pour le développement de l'agriculture et de l'urbanisme*, Henri Robain, IEES/SU/IRD, France**

10h-10h20 *Pause-café*

- **10h20-11h20 Matériaux et architecture traditionnelle en afrique, Alyssa Barry, ICOMOS/Sénégal**
Comment évoquer la question de l'innovation et du développement durable sans prendre en compte ce qui s'est fait dans le passé ? Parce que beaucoup de réponses aux problématiques contemporaines se trouvent dans la tradition, cette conférence propose de porter un regard sur l'architecture traditionnelle africaine. L'accent sera particulièrement mis sur la diversité des modèles et matériaux utilisés dans l'architecture traditionnelle à travers la revue de plusieurs exemples issus du continent, avec dans un deuxième temps un focus sur le matériau terre.
Les objectifs sont les suivants :
1- Sensibiliser à la diversité des modèles architecturaux traditionnels africains.
2- Proposer un aperçu des multiples possibilités d'utilisation des matériaux dans l'architecture traditionnelle africaine.
3- Initier des pistes de réflexion sur les liens entre architecture traditionnelle, innovation et développement durable.

La conférence sera divisée en deux parties. La première consistera en une présentation générale de l'architecture traditionnelle africaine proposant un aperçu de la diversité des modèles et matériaux utilisés sur le continent, à travers la présentation et l'analyse de plusieurs exemples d'architectures. La deuxième partie sera quant à elle focalisée sur l'architecture en terre. Elle mettra en lumière les différentes utilisations du matériau dans l'architecture traditionnelle, en proposant également un parallèle avec l'architecture contemporaine.

- **11h20-12h20 Réhabiliter et valoriser la terre crue comme matériau de construction en Afrique Subsaharienne: l'idée pertinente qui peine à séduire. Pistes et leviers d'action, Ahouefa Hazoume, Cubes Ecoconstruction/Benin**

D'ici 2030, dans un contexte global de réchauffement climatique et d'épuisement des ressources, 118 millions d'africains seront exposés à la chaleur extrême et à une hausse de la mortalité liée à la chaleur. Sur ce continent qui connaît par ailleurs un boom démographique et une augmentation des constructions inédits, où le coût de l'énergie est parmi les plus élevés au monde et sa distribution très inégale, les questions du confort thermique des bâtiments qui abritent les populations et de la réduction de leurs émissions de GES sont devenues primordiales. Et le rôle du matériau de construction, constitutif notamment de l'enveloppe, la peau du bâtiment, essentiel. La terre crue a largement démontré lorsqu'il est intégré dans des bâtiments savamment conçus, sa capacité à offrir un excellent confort thermique aux occupants. Ce matériau pourrait également constituer une alternative au ciment dont la fabrication est responsable de 7% des émissions de GES et introduire une mixité vertueuse dans les paysages architecturaux.

Cependant, si l'usage de la terre crue dans les projets de construction contemporains est de plus en plus fréquent, il demeure l'affaire d'une poignée de convaincus. La greffe tardant à prendre dans la grande masse de la population, le changement d'échelle attendu ne se manifeste pas encore. Les causes sont techniques, sociales, sociétales, organisationnelles, économiques. Il faudra pour les adresser, résoudre une équation complexe. Les solutions émergeront d'un faisceau d'actions ciblées, pertinentes, synchrones, et qui s'inscriront dans la durée. La bonne nouvelle c'est que ces actions sont pour l'essentiel identifiées.

- **12h20-13h20 Les routes « process » et « produit » dans la décarbonation de l'industrie cimentière : présent et futur proche, Laurent Izoret, ACILH, France**

La feuille de route de l'industrie cimentière est maintenant solidement établie autour de deux axes majeurs : les routes « process » et « produit ». Si la seconde ne représente que 10% du potentiel de réduction des émissions de CO₂, elle reste pourtant une voie prioritaire car dotée d'une constante de temps bien plus rapide que la première. Pour accélérer la transformation vers le « bas carbone », les résultats de la Recherche et l'évolution de la Normalisation sont des éléments clés dans la production des nouveaux ciments à basse empreinte environnementale. L'exposé fera le tour des pratiques actuelles, des transformations en cours, complétées d'une vision prospective sur le moyen terme.

13h30 : repas

15h-18h : Application/Sortie pédagogique : Laboratoire du PNHG : Site de construction des logements sociaux



Mardi 19 juillet. Matériaux de construction et cycle de vie :

- **8h-9h *Ecomatériaux, Construction durable*, Ibrahim Niang, AARMBN & LE3PI-ESP/Sénégal**

La conception bioclimatique est une approche ayant pour but de garantir un confort d'ambiance optimal le plus naturelle en tirant parti du site d'implantation – profiter des avantages et se prémunir des inconvénients/contraintes – du projet tout en limitant les consommations énergétiques inhérents.

Dans cette quête de confort pour les occupants, couplée à une réduction de la facture énergétique, plusieurs paramètres sont pris en compte dont :

- L'orientation du bâti afin de tirer profit de la lumière (filtrage du rayonnement solaire, produire d'énergie) du vent (ventilation, produire d'énergie) ;
- Les caractéristiques de la zone d'implantation (climat, environnement, topographie, ressources naturelles, etc.) ;
- L'enveloppe (forme, matériaux, surfaces vitrées, protection solaires).

La communication abordera la notion de confort, les piliers de la conception climatique, les stratégies passives de conception architecturale de bâtiments milieu tropical, les Matériaux et techniques de construction, l'efficacité énergétique et énergies renouvelables et la gestion durable de l'eau.

- **9h-10h *Utilisation d'argiles et de composites argilo/organiques comme adsorbants*, Laurent Michot, PHENIX/SU**

Les minéraux argileux sont des matériaux peu chers, éco-compatibles et abondants à la surface terrestre. De par leurs propriétés particulières, ils sont utilisés dans de très nombreuses applications industrielles telles qu'entre autres, cosmétique, pharmacie, génie civil, industrie pétrolière. Après un bref rappel de la minéralogie, de la structure et de certaines des propriétés des différents minéraux argileux, nous nous concentrerons sur les capacités d'adsorption de ces matériaux sous forme native ou sous forme de composites argilo-organiques pour des applications potentielles en dépollution.

10h-10h20 *Pause-café*

- **10h20-11h20 *Vulgarisation de la technologie de geopolymérisation en Afrique : opportunités et challenges*, Jacques Etamé, Sylvain Tomé Univ et IUT Douala, Cameroun**

Le geopolymère qui est l'un des matériaux innovants durant ces dernières années est une macromolécule obtenue par activation alcaline ou acide d'une poudre d'aluminosilicate amorphe à basse température ($T < 100^{\circ}\text{C}$). C'est un matériau durable, car il permet de valoriser nos matériaux locaux tels que : la pouzzolane, les argiles, les latérites, les roches feldspathiques, etc., sa production est moins énergivore et moins polluante et les produits obtenus ont une bonne durabilité. Au regard de ses diverses propriétés, ce matériau vert est utilisable dans plusieurs domaines à savoir : le Génie civil, le traitement des eaux usées, l'encapsulation des déchets, etc. Cette présentation consistera à montrer nos différents matériaux geopolymères développés à base de la pouzzolane (pavés et geoadsorbants), ainsi que les différentes caractérisations effectuées sur ces matériaux. Nous présenterons également les différents domaines d'application du geopolymère en Afrique, les différentes opportunités qu'offrent ces éco-matériaux afin de rendre chaque pays quasi-indépendant de la production de certains matériaux de construction comme le ciment. En fin, nous parlerons des challenges à relever en Afrique pour rendre la production de cette nouvelle génération des matériaux verts effective.

- **11h20-12h20 *Le défi de la durabilité des structures en béton face à la transition écologique*, Jean-Michel Torrenti, Ecole des Ponts/Univ Eiffel**

La durabilité des structures en béton est depuis toujours un défi. En effet, le béton est renforcé par des armatures métalliques en acier qui, à terme, retournent à l'état d'oxydes. Il s'agit donc de retarder ce phénomène dans le béton, ce qui est possible grâce au pH très basique de la solution interstitielle. Ce défi se complique de nos jours par la nécessité de diminuer les impacts de la construction, notamment par l'emploi de liants moins émetteurs de CO2 mais qui peuvent changer la durabilité. Cet exposé présentera ces enjeux et la manière d'y répondre.

- **12h20 -13h20 *Arts Terra, un bâti écologique incarnant un modèle économique innovant issu de la recherche en anthropologie*, Anne Attane, IRD/LPED, Univ Aix-Marseille/France**

Ce projet opérationnel issu de la recherche en anthropologie vise à promouvoir un bâti écologique construit en matériaux locaux qui incarne un modèle économique innovant, inclusif, pérenne et autofinancé. En actionnant des leviers propres aux sociétés ouest africaines, comme la complémentarité économique et sociale et la pluriactivité, il s'agit de proposer de nouvelles formes de bâtis conçus pour répondre aux besoins des villes (re-densification urbaine inclusive, écologisation des villes pour diminuer les températures et générer des activités économiques...) comme des populations ouest africaines dans leur diversité économique et sociale. Ce modèle vise à répondre aux enjeux de durabilité sociale et économique en proposant des entrecroisements d'activités économiques à même d'auto-financer l'accès aux logements comme aux locaux professionnels. Le modèle propose d'inaugurer une répartition juste de la valeur produite. Projet mené en partenariat entre l'IRD et Africa Etudes et un collectif de partenaires burkinabé et français.

13h30 : repas

15h-18h :

- **15h00-16h00 : *Caractérisation technologique du matériau bois : levier du positionnement stratégique du bois du Bénin*, Clément KOUCHADE/Université d'Abomey-Calavi**

Le bois est un matériau hygroscopique et hétérogène avec des propriétés anisotropes. Ce qui rend difficile sa caractérisation technologique. Son origine biologique est aussi source d'une grande variabilité qui rend difficile son exploitabilité. Toutefois, la mise en place de protocoles appropriés avec des équipements scientifiques adéquats permet d'avoir des informations intrinsèques de chaque espèce de bois et d'en définir les usages possibles. Dans le cadre de ce travail, les caractéristiques technologiques de plusieurs essences forestières béninoises très peu prisées sur le marché ont été évaluées. Les valeurs trouvées ont confirmé leur potentialité avérée. L'utilisation de la tomographie a permis d'affiner ces caractéristiques et de valider nos résultats. L'objectif principal de ce travail est non seulement de positionner stratégiquement le bois béninois mais aussi d'aider au choix stratégique des essences de reboisement.

- **16h00-18h00 : Table ronde Matériaux de construction et cycle de vie**

Mercredi 20 juillet.: Sorties pédagogiques

- **8h00-13h00 : Application/Sortie pédagogique : Visite de l'unité de fabrication de brique Ecomatériaux**

13h30 : repas

- **15h-18h: Application/Sortie pédagogique : Visite de l'usine de transformation du Bois (et éventuellement Palais royal (à confirmer))**

Jeudi 21 juillet. Mesures et caractérisation de matériaux :

Matin (8h-13h):

- **8h-9h *Le verre : innovation et enjeux*, Laurent Cormier IMPMC/SU**
- **9h-10h *Matériaux thermoélectriques : principes et applications*, Abhay Shukla IMPMC/SU**
Dans un matériau thermoélectrique, un gradient thermique entre deux points génère une différence de potentiel entre ces deux points. Inversement, l'application d'une différence de potentiel sur un tel matériau génère un gradient thermique. Au niveau microscopique la thermoélectricité naît de la diffusion des porteurs de charge suivant le gradient thermique. Dans le contexte énergétique et climatique actuel cette propriété pourrait, à premier abord, être d'une grande utilité. Cependant la faible efficacité de conversion entre les deux formes d'énergie de dispositifs thermoélectriques actuels limite leur utilisation à quelques applications très spécifiques. La présentation abordera ces aspects par un tour d'horizon général et quelques exemples.

10h-10h20 *Pause-café*

- **10h20-11h20 *Ecoconception*, Maud Lemagnen Safran Aircraft Engines**
- **11h20-12h20 *Nanomatériaux pour le stockage et la conversion de l'énergie : contrôle des propriétés par contrôle de la synthèse*, Sophie Cassaignon LCMCP/SU**
L'émergence des nanotechnologies montre de plus en plus d'exemples de la potentialité des matériaux qui ont, au moins, une dimension inférieure à 100 nm. La préparation de nano-objets par chimie douce en solution aqueuse dont la structure cristalline, la taille et la morphologie sont parfaitement contrôlées repose sur l'utilisation de précurseurs moléculaires et l'ajustement des paramètres physico-chimiques (acidité, force ionique, température...) lors de la précipitation du solide. La croissance des nanocristaux peut être limitée ou favorisée dans certaines directions cristallographiques. Il est également possible de faire intervenir des processus d'oxydo-réduction en plus des réactions acido-basiques. Cela peut améliorer considérablement la potentialité de cette chimie dans la conception de particules. Par ailleurs, la synthèse de matériaux hiérarchiques à plusieurs échelles d'organisation et souvent formés à partir de l'assemblage de nanoparticules, suscite un intérêt croissant, notamment grâce à leur capacité à combiner les fonctions des différentes unités élémentaires. Ceci permet d'envisager des applications intéressantes de ces systèmes dans divers domaines et notamment dans le domaine de l'énergie, que ce soit pour la conversion ou le stockage et la (photo)catalyse.

- **12h20 -13h20 *New Polyesters and Polyamides from Renewable Resources*, Philippe Guégan ICPM/SU**

Worldwide interest was recently developed around the industrial use of feedstock from renewable resources. Sustainability becomes a major issue for the society and then for the chemical industry. While in the past, plastics were attractive because of their sustainability over time, today this feature is to be taken as a real problem considering the pollution that they induce since they remain in our environment for hundreds of years. Thus, the plastic waste management is becoming an issue. The biodegradability of the polymers or recycling is today suggested to be ways to solve the dramatic pollution problem. Meanwhile, the exhaustion and the fluctuant market of feedstock derived from petroleum resources stimulate the development of new polymer production such as bio-based materials. In the present work we report the use of various monomers from renewable resources as new synthon for the formation of biobased polymers through polycondensation and anionic ring opening polymerization.

13h20 repas

15h-18h :

- **15h00 – 16h00 *Diffraction de RX*, Benoit Baptiste IMPMC/SU et Thierry D'Almeida SEME city**

La diffraction des rayons X est une approche expérimentale devenue très accessible, voire "classique", pour contrôler la cristallinité d'un échantillon, identifier sa nature et son contenu (minéralogie d'un sol par exemple), ou encore étudier sa structure avec une résolution atomique. Néanmoins, de la préparation de l'échantillon au choix des paramètres de la mesure sur l'instrument, chaque étape revêt son importance pour analyser et interpréter l'enregistrement du diffractogramme obtenu avec le maximum de précision. Nous vous proposons d'abord de partager quelques considérations expérimentales essentielles dans le cadre de mesures de diffraction X. Dans une deuxième partie, nous aborderons l'utilisation de la base de données COD (<http://www.crystallography.net/cod/>) et du programme QUALX2 (<https://www.ba.ic.cnr.it/softwareic/qualx/>), un duo d'outils libres incontournables pour l'identification de phases dans la cadre d'analyses sur des échantillons polycristallins.

- **16h00 – 17h00 *Formation et évolution des latérites : apports d'une «minéralogie fine»*, Thierry Allard, IMPMC/SU**

Les latérites sont des matériaux à la minéralogie relativement simple (kaolinite, goethite, hématite, hydroxydes d'aluminium) mais résultant de l'action complexe de multiples phases d'altération successives. Pour mieux comprendre leur formation et leur évolution, il est nécessaire d'identifier et de dater différentes générations de minéraux secondaires présentes au sein des profils d'altération. Ainsi, la spectrométrie de résonance paramagnétique électronique permet notamment, avec la spectrométrie infrarouge, de déterminer de façon sensible le degré de désordre cristallin local de la kaolinite et donc de distinguer des conditions de formation distinctes. En effet, le fer trivalent structural est une impureté omniprésente qui peut être quantifiée ou utilisée comme sonde de désordre. Depuis quelques années, la RPE permet aussi de dater la



formation des kaolinites dans tout le profil. Pour cela, on utilise des défauts ponctuels d'irradiation stables à l'échelle des temps géologiques comme géochronomètres. De plus, la diffraction des rayons X sur anode tournante ou rayonnement synchrotron permet d'analyser de façon non perturbante la minéralogie de grains (< 500 μm) d'(oxyhydr)oxydes de fer de cuirasses ou nodules, prélevés à l'échelle de (micro)facies contrastés. L'analyse de ces diffractogrammes, notamment par affinement Rietveld, donne accès à des paramètres comme la concentration en goéthite ou hématite, le taux de substitution en aluminium ou la taille des domaines cohérents, lesquels alimentent la discussion des datations par (U-Th)/He de ces mêmes grains effectuées par ailleurs. Ces résultats sur l'identité et l'âge des populations de kaolinites ou d'(oxyhydr)oxydes de fer sont reliés aux épisodes paléoclimatiques (locaux ou régionaux) ou géodynamiques qui façonnent les surfaces continentales en contexte intertropical. Des exemples d'analyses cristallographiques et minéralogiques d'échantillons de latérites du bassin amazonien seront réunis pour illustrer cette approche.

- **17h00- 18h00 Modélisation mécanique et thermique des matériaux, Lionel Marcin, Safran Aircraft Engines**

Vendredi 22 Juillet. Matériaux et procédés durables :

Matin (8h-13h) :

- **8h-9h Catalyse, catalyseurs et production d'énergie défossilisée : biocarburants et hydrogène, Xavier Carrier LRS/SU**

Cette intervention a pour objectif de fournir à un public généraliste les clefs de lecture nécessaires à la compréhension des enjeux sociétaux associés à la production d'énergie défossilisée et à la façon dont la chimie peut y répondre à travers des procédés de catalyse hétérogène. Il s'agira, d'une part, de présenter une vue générale du domaine de la catalyse hétérogène, de détailler un ou plusieurs exemples de catalyseurs hétérogènes et de présenter leur application dans la synthèse de vecteurs énergétiques à forts enjeux sociétaux, principalement les biocarburants et l'hydrogène.

- **9h-10h Altérations dans l'aval minier, Impact environnemental anthropique, Martine Gérard IMPMC/SU/IRD**

Les matériaux résiduels de l'exploration ou de l'exploitation minière ont été fréquemment utilisés comme matériaux de construction ou de consolidation dans le bâtiment ou le remblai de routes etc en raison de leur faible coût et de la proximité d'approvisionnement. Ces haldes de l'aval minier, de taille variable, peuvent contenir néanmoins du minerai relictuel qu'il convient de caractériser et de quantifier. Soumis à l'altération météorique ces haldes peuvent être à l'origine de rejet diffus d'éléments chimiques toxiques. Cependant ces processus d'altérations météoriques induisent aussi certaines néoformations minérales qui permettent une stabilisation de ces éléments dans le milieu. Nous aborderons divers aspects de minéralogiques et géochimiques de ces processus dans le contexte de l'extraction minière de l'Uranium avec des exemples en milieu tempéré et tropical.

10h-10h20 Pause-café

- 10h20-11h20 TD Diffraction des RX, Accès et utilisation des banques de données, Benoît Baptiste
- 11h20 – 12h20 *Le projet ACEPartner* Nicaise Ndam, IRD Représentation Benin

12h30 repas

Après-midi (15h-18h) :

- Visite des plateformes analytiques et techniques de l'Université IRGIB AFRICA
- Table ronde instrumentation animée par Laurent Michot
- Cérémonie de Clôture

(Samedi 23 Juillet (8h-13h):

- Table Ronde de restitution de la Summer School animée par les Organisateurs)

L'auditoire ciblé concerne :

Des étudiants de masters, d'écoles d'ingénieurs et des personnes de la société civile en formation continue. Une évaluation sous forme de rapport sera dans les attendus de cette formation.

Les organisateurs:

- Abhay Shukla IMAT/IMPMC/SU, Martine Gérard IRD/IMPMC/SU
- Thierry d'Almeida, Sidoine Bonou Sèmè City