

PREMIERS ENSEIGNEMENTS NUMÉRIQUES MOOC DE L'ÉCOLE DE CHAILLOT

« Conserver
l'architecture »

RÉHABILITATION & CONSTRUCTION BIO-GÉO SOURCÉE

PROJET « RESSOURCES »

EN CONSORTIUM AVEC 9 ÉCOLES D'ARCHITECTURE ET D'INGÉNIEURS

2020 - 2022



SOMMAIRE

SÉQUENCE 1 : CONSERVER L'ARCHITECTURE COMME ÉCOSYSTEME CONSTRUCTIF

Les étalements – Stéphane Berhault, DPLG et AP

La charpente – Pierre Bortolussi, ACMH

La couverture – Maël de Quelen, ACMH

La maçonnerie – Riccardo Giordano, ACMH

Les menuiseries (baies) – France Poulain & Arnaud Tiercelin, ABF

Les sols et fondations – Florent Richard, AP

La réhabilitation énergétique – Elodie Héberlé, Cerema, ingénieure thermicienne

Les fissures – Stéphane Berhault, Architecte DPLG et AP

SÉQUENCE 2 : CONSERVER L'ARCHITECTURE COMME MATÉRIAUX ASSEMBLÉS

La pierre (1/2) – Philippe Griot, Tailleur de pierre

La pierre (2/2) – Véronique Vergès-Belmin, LRMH

Le bois – Emmanuel Maurin, LRMH

La terre crue – Anne Lemoine, Directrice de travaux

La brique – Bernard Voinchet, ACMH

Le béton – Pierre-Antoine Gatier, ACMH

Le plâtre – Tiffanie le Dantec, AP, Docteure en matériaux

Le verre – Christian François, Architecte D.P.L.G

Les fibres – Laurent Arnaud, Cerema



SÉQUENCE 3 : CONSERVER L'ARCHITECTURE COMME RÉSEAU D'ACTEURS

Les usagers – Alain Marinos, Inspecteur général MC

Les architectes – Lorenzo Diez, AP et Conseiller DRAC

Les entreprises du bâtiment – Marion Rogar, Directrice du GMH

Le LRMH – Aline Magnien, Directrice LRMH

La maîtrise d'ouvrage en monuments historiques – Emmanuel Etienne, Chef du service du patrimoine, adjoint au DGPA & Clarisse Mazoyer, Directrice OPPIC

Module « Conserver » / Séance 1.1 Les étalements

Stéphane BERHAULT

« RESSOURCES » est un corpus d'enseignements numériques et collaboratifs sur le thème de la réhabilitation et de la construction bio-géo-sourcée, créé en partenariat avec un consortium d'écoles d'architecture et d'ingénieurs. Les cours sont organisés en xxx (4 je crois) grands modules, hébergés sur une plateforme pédagogique dite « Moodle »:

- **Arpenter**
- **Conserver**
- **Intervenir**
- **Je ne me souviens plus, à rajouter**

Cette plateforme de cours en ligne répond à 5 grands objectifs :

- 1- Former des professionnels du bâtiment à la conservation du bâti ancien,
- 2- Sensibiliser aux vertus des matières naturelles locales,
- 3- S'adapter aux nouveaux modes de transmissions des savoirs,
- 4- Participer à la transition numérique de l'enseignement supérieur,
- 5- Initier un juste équilibre présentiel-distanciel grâce à un format collaboratif.

Les enseignements sont assurés par une diversité de professionnels experts de l'architecture et du patrimoine. Chaque cours a été pensé en interactivité avec une vidéo d'introduction de l'intervenant, le cours commenté, une vidéo de conclusion, et un quizz d'autoévaluation.

La séquence 1 « Conserver l'architecture comme écosystème constructif » s'attache aux différentes techniques de réhabilitation du bâti ancien.

1) Description de la séance : Les étalements

Concepteur de la séance :

Stéphane BERHAULT : Architecte DPLG et Architecte du Patrimoine, Créateur et gérant de la société AEDIFICIO, enseignant à l'École de Chaillot.

Contenu de la séance :

La séance porte sur les étalements qui constituent la première intervention de la conservation d'un ouvrage lorsque sa structure montre des signes de fragilisation. L'installation d'étalements nécessite un pré diagnostic afin de connaître la gravité de l'état du monument, mais aussi ses origines et son histoire.

Les typologies d'étalements :

- **Les étalements constructifs** sont nécessaires à la réalisation de l'ouvrage. Ils ont un caractère éphémère. Ils peuvent être plus conséquents et plus coûteux que l'édifice à construire.
- **Les étalements de confortation** sont les ouvrages qui assurent la stabilité d'une structure fragilisée. Ils peuvent être des ouvrages d'art ou ordinaires. Ils sont aussi présents de manière temporaire.
- **Les étalements provisoires** sont construits en pierre ou maçonnerie pour maintenir l'équilibre. Ils servent de contreforts et d'arcs boutants provisoires. Ouvrage de substitution en attente des travaux.

Le principe de base des étaielements est d'éviter la déformation géométrique en raison de la poussée des parois/voûtes. L'étalement rigide joue alors le rôle du contrefort doté d'un arc boutant. L'étalement peut prendre différentes formes puisqu'il s'adapte à son support et au manque qu'il comble. L'objectif est d'éviter le fléchissement (soutien vertical), le flambement (soutien latéral) ou l'ovalisation.

Concernant la conception, l'étalement est constitué d'un ensemble de pièces de petites dimensions qui doivent toujours travailler en compression.

Usage 1 : employer les sections courantes et du commerce pour obtenir des sections carrées moins sensible au flambement.

Usage 2 : limiter les longueurs à un rapport de proportion évitant la déformation des pièces. Le rapport d'élancement ne doit dépasser 1/10.

2) Objectifs pédagogiques de la séance

- Définir et nommer les types d'étalements
- Repérer les phases et déterminants de la production d'étalements
- Identifier les types de charges à reprendre et les ouvrages d'étalement correspondants

Temps à disposition pour cette séance : cette séance se déroulera sur 45 minutes.

3) Activités de l'élève :

- Réponse à un quiz d'introduction et à un quiz de mise à l'épreuve des connaissances majeures acquises en fin de séance ;
- Visionnage du cours
- Le visionnage d'une vidéo de chantier pour une étude du cas pratique du (Abbaye de Charroux – conception des étalements en 3 dimensions)
- Autres outils : des glisser-déposer

Module « Conserver » / Séance 1.2 La charpente

Pierre Bortolussi

« RESSOURCES » est un corpus d'enseignements numériques et collaboratifs sur le thème de la réhabilitation et de la construction bio-géo-sourcée, créé en partenariat avec un consortium d'écoles d'architecture et d'ingénieurs. Les cours sont organisés en 4 grands modules, hébergés sur une plateforme pédagogique dite « Moodle »:

- **Arpenter**
- **Conserver**
- **Intervenir**
- **Comprendre**

Cette plateforme de cours en ligne répond à 5 grands objectifs :

- 6-** Former des professionnels du bâtiment à la conservation du bâti ancien,
- 7-** Sensibiliser aux vertus des matières naturelles locales,
- 8-** S'adapter aux nouveaux modes de transmissions des savoirs,
- 9-** Participer à la transition numérique de l'enseignement supérieur,
- 10-** Initier un juste équilibre présentiel-distanciel grâce à un format collaboratif.

Les enseignements sont assurés par une diversité de professionnels experts de l'architecture et du patrimoine. Chaque cours a été pensé en interactivité avec une vidéo d'introduction de l'intervenant, le cours commenté, une vidéo de conclusion, et un quizz d'autoévaluation.

La séquence 1 « Conserver l'architecture comme écosystème constructif » s'attache aux différentes techniques de réhabilitation du bâti ancien.

1) Description de la séance : La charpente

Concepteur de la séance :

Pierre Bortolussi, Architecte et architecte du patrimoine, Architecte en Chef des Monuments Historiques, Inspecteur Général des Monuments Historiques Pays de Loire et Nouvelle Aquitaine, agences à Paris, Dijon, Cayenne, professeur associé à l'École de Chaillot, pilote du champ d'enseignement sur l'édifice et les monuments.

Contenu de la séance :

L'objectif premier d'une restauration de charpente est de rétablir sa composition structurelle initiale. Chaque pièce de la charpente est cotée en section afin de pouvoir transcrire les informations à l'échelle et permettre une estimation du coût. Par ailleurs les informations portées sur le plan sont systématiquement portées sur les coupes.

La reconnaissance des pathologies passe systématiquement par l'examen de l'ouvrage charpenté, la prise de côtes et la mise au point des documents graphiques. Il est au préalable fondamental de connaître l'édifice architectural dans son ensemble (maçonnerie, stucs, dorure...) ce qui nécessite aussi un travail archivistique et théorique.

La plupart des pathologies des charpentes proviennent des défauts d'étanchéité des couvertures. En effet, par rapport à la couverture de toiture, les charpentes sont souvent négligées ou oubliées dans le processus de restauration. En conséquence, ces pathologies peuvent entraîner des désordres

structuraux plus lourds par des poussées excédentaires sur les murs jusqu'à la déformation ou l'effondrement.

Ce système de restauration est encadré par la charte de Venise de 1964 qui donne les grands principes de restauration pour les architectes du patrimoine en mettant l'accent sur le caractère exceptionnel de la restauration, en dernier recours. On privilégie la conservation de la valeur historique du monument. On ne restitue que ce qui est vraiment authentique.

Exemples de restauration de charpente en conservation :

- Reprise de sablières par entures à mi-bois
- Enture avec enfourchement et faux-tenon
- Entures à faux-tenons des aisseliers
- Enture par trait de Jupiter
- Reprise des abouts des pannes par enture à trait de Jupiter avec clé de serrage
- Adaptation des anciens arbalétriers sur les nouveaux entrants et sabots

Maximum de 2 entures par pièce et nécessité de travailler avec du bois sec.

Toutefois, il arrive que l'économie ou la commodité l'emportent sur la doctrine...

2) Objectifs pédagogiques de la séance

- Donner des connaissances de base sur les pathologies observées sur les charpentes bois et sur quelques méthodes de restauration de ces ouvrages
- rappeler et mobiliser le vocabulaire de la charpente, connaître les principaux assemblages de charpentes bois anciennes
- présenter les grands principes de conservation et de restauration des charpentes anciennes

Temps à disposition pour cette séance : cette séance se déroulera sur 45 minutes.

3) Activités de l'élève :

- Réponse à un quiz d'introduction et à un quiz de mise à l'épreuve des connaissances majeures acquises en fin de séance

Module « Conserver » / Séance 1.3 La couverture

Maël De QUELEN

« RESSOURCES » est un corpus d'enseignements numériques et collaboratifs sur le thème de la réhabilitation et de la construction bio-géo-sourcée, créé en partenariat avec un consortium d'écoles d'architecture et d'ingénieurs. Les cours sont organisés en 4 grands modules, hébergés sur une plateforme pédagogique dite « Moodle »:

- **Arpenter**
- **Conserver**
- **Intervenir**
- **Comprendre**

Cette plateforme de cours en ligne répond à 5 grands objectifs :

- 1- Former des professionnels du bâtiment à la conservation du bâti ancien,
- 2- Sensibiliser aux vertus des matières naturelles locales,
- 3- S'adapter aux nouveaux modes de transmissions des savoirs,
- 4- Participer à la transition numérique de l'enseignement supérieur,
- 5- Initier un juste équilibre présentiel-distanciel grâce à un format collaboratif.

Les enseignements sont assurés par une diversité de professionnels **experts** de l'architecture et du patrimoine. Chaque cours a été pensé en interactivité avec une vidéo d'introduction de l'intervenant, le cours commenté, une vidéo de conclusion, et un quizz d'autoévaluation.

La séquence 1 « Conserver l'architecture comme écosystème constructif » s'attache aux différentes techniques de réhabilitation du bâti ancien.

1) Description de la séance : La couverture

Concepteur de la séance :

***Maël de QUELEN** est Architecte en Chef des Monuments Historiques. Elle exerce depuis plus de vingt ans dans le domaine de la restauration de monuments historiques. Son expérience professionnelle s'est façonnée au fil des projets et des chantiers auprès d'Architectes en Chef des Monuments Historiques. Son agence éponyme intervient sur de nombreux monuments classés en France, dans le cadre de marchés publics et privés, par le biais d'assistance à maîtrise d'ouvrage, d'études, de projets et de travaux de restauration de monuments souvent majeurs, et présentant des problématiques variées pour des châteaux, des palais et des monuments nationaux.*

Contenu de la séance :

Avant toute action, l'architecte du patrimoine doit être sensible à tout un ensemble d'éléments : la couleur de la toiture, sa forme, ses matériaux et l'harmonie avec le reste de l'édifice (les pentes, la coyalure de l'égout, le faîtage, les rives avec dévirure, les arêtières, les noues, lucarnes et ornements). L'observation de tous ces détails, variant selon les régions, les styles et les époques d'architecture, comptent pour réussir une restauration. Par ailleurs, l'étude des traités d'architecture, des représentations anciennes et des photographies permettent d'identifier les dispositions historiques des couvertures et de s'en inspirer.

Il est parfois nécessaire de comparer la couverture avec d'autres édifices similaires, afin de comprendre comment elle pourrait retrouver son intégrité ou rétablir une authenticité disparue.

Après cette phase d'observation et l'état des lieux, l'architecte effectue un relevé complet de l'édifice, plans et coupes des couvertures puis il établit un état sanitaire.

Ensuite, le principal défi est de trouver l'équilibre harmonieux entre étanchéité, pérennité et authenticité. Pour ce faire, il faut vérifier de la compatibilité du matériau de couverture avec les pentes de la toiture (tuiles, ardoises) puis mettre en place une installation garante de l'intégrité de l'édifice (parapluies, bâches).

A présent, les travaux peuvent démarrer : restauration des arases, corniches et charpentes, voligeage des couvertures, préparation des fonds de chéneaux et pose des gouttières, mise en œuvre des égouts, faîtages des couvertures en ardoises en feuilles de plomb ou en terre cuite, liteauage des couvertures en tuiles, pose des tuiles (en noues) et des gouttières, étanchéification des lucarnes et harmonisation des ornements.

Enfin, pour qu'une couverture puisse durer longtemps, il faut pouvoir l'entretenir régulièrement (les couvertures étant vouées à être refaites tous les 100 ou 150 ans).

Liste des pathologies des couvertures :

- Infiltration
- Usure
- Incendie
- Casse
- Vétusté
- Moisissure
- Effondrement

2) Objectifs pédagogiques de la séance

- Identifier les particularités de la restauration des couvertures anciennes, et les pathologies constatées,
- Repérer et nommer les multiples techniques et matériaux des ouvrages existants et des méthodes d'intervention.
- Diriger un chantier de restauration et le préparer

Temps à disposition pour cette séance : cette séance se déroulera sur 45 minutes.

3) Activités de l'élève :

- Réponse à un quiz d'introduction et à un quiz de mise à l'épreuve des connaissances majeures acquises en fin de séance ;
- Le visionnage du cours
- Le visionnage de trois vidéos de taille d'ardoises et de taille de tuiles, de visite de toiture (cordiste)

Module « Conserver » / Séance 1.4 La maçonnerie

Riccardo GIORDANO

« RESSOURCES » est un corpus d'enseignements numériques et collaboratifs sur le thème de la réhabilitation et de la construction bio-géo-sourcée, créé en partenariat avec un consortium d'écoles d'architecture et d'ingénieurs. Les cours sont organisés en 4 grands modules, hébergés sur une plateforme pédagogique dite « Moodle » :

- **Arpenter**
- **Conserver**
- **Intervenir**
- **Comprendre**

Cette plateforme de cours en ligne répond à 5 grands objectifs :

- 6-** Former des professionnels du bâtiment à la conservation du bâti ancien,
- 7-** Sensibiliser aux vertus des matières naturelles locales,
- 8-** S'adapter aux nouveaux modes de transmissions des savoirs,
- 9-** Participer à la transition numérique de l'enseignement supérieur,
- 10-** Initier un juste équilibre présentiel-distanciel grâce à un format collaboratif.

Les enseignements sont assurés par une diversité de professionnels experts de l'architecture et du patrimoine. Chaque cours a été pensé en interactivité avec une vidéo d'introduction de l'intervenant, le cours commenté, une vidéo de conclusion, et un quizz d'autoévaluation.

La séquence 1 « Conserver l'architecture comme écosystème constructif » s'attache aux différentes techniques de réhabilitation du bâti ancien.

1) Description de la séance : La maçonnerie

Concepteur de la séance :

Riccardo Giordano est Architecte diplômé de l'Université "La Sapienza" (Rome, Italie), 2002.

Diplômé de l'École des Hautes Études de Chaillot, Paris, 2005-2007. En 2011, il fonde la société d'architecture ARCH-R – Architecture – Restauration, spécialisée dans la restauration de monuments historiques classés ou inscrits, dont il assure, depuis, la direction.

Depuis 2012, il est architecte-conseil du ministère des Affaires étrangères pour les immeubles présentant un intérêt patrimonial et chargé, à ce titre, de nombreuses missions à l'étranger.

En 2018, il est admis dans le corps des architectes en chef des Monuments Historiques.

Contenu de la séance :

La maçonnerie constitue la matière qui assure la stabilité d'une construction. Elle est aussi caractéristique du style architectural et de l'identité visuelle et historique d'un édifice.

Maçonnerie : ouvrage composé de matériaux (pierres de taille, moellons, briques) unis par un liant (mortier, plâtre, ciments, chaux).

La maçonnerie s'adapte aux évolutions anthropiques, idéologiques, stylistiques ou climatiques à travers l'histoire.

Il existe 2 grandes typologies structurelles de maçonnerie :

- Les structures clavées (arc boutant, voûtes ...) avec équilibre des charges verticales et horizontales
- Les structures assisées avec équilibre des charges verticales

Les types de maçonnerie « opus » selon Vitruve (alliance entre solidité, beauté, fonctionnalité) :

- Structure maillée : reticulatum
- Structure en liaison : incertum (type remplissage)
- Structure des grecs
- Isodum
- Pseudo isodum
- Quadratum
- Pseudo quadratum
- Testaceum
- Listatum

Travail de l'architecte en maçonnerie:

- Repérage des pierres dégradées
- Réalisation d'un plan de calepinage pour établir les dimensions
- Dépôt manuelle du bloc dégradé
- Pose de pierre neuve
- Réfection des joints en parement à l'identique des existants
- Harmonisation avec l'ensemble architectural

Le remplacement d'une pièce de maçonnerie n'est pas systématique. L'architecte doit privilégier la conservation des pièces authentiques.

On constate une évolution et une stabilisation des typologies à partir du XIXe siècle et la Révolution industrielle qui entraîne une standardisation des matériaux et l'uniformisation des procédés.

2) Objectifs pédagogiques de la séance

- Rappeler les composants de la maçonnerie en pierre et une classification de ces ouvrages,
- Repérer et comprendre les pathologies
- Présenter des méthodologies et techniques d'interventions
- Acquérir un vocabulaire spécifique
- La compréhension des maçonneries comme reflet du contexte économique, culturel, historique

Temps à disposition pour cette séance : cette séance se déroulera sur 45 minutes.

3) Activités de l'élève :

- Réponse à un quiz d'introduction et à un quiz de mise à l'épreuve des connaissances majeures acquises en fin de séance ;
- Le visionnage du cours
- Autres outils : des glisser-déposer, un texte à trous

Module « Conserver » / **Séance 1.6 Les fenêtres : un patrimoine menacé**

France POULAIN et Arnaud TIERCELIN

« RESSOURCES » est un corpus d'enseignements numériques et collaboratifs sur le thème de la réhabilitation et de la construction bio-géo-sourcée, créé en partenariat avec un consortium d'écoles d'architecture et d'ingénieurs. Les cours sont organisés en 4 grands modules, hébergés sur une plateforme pédagogique dite « Moodle »:

- **Arpenter**
- **Conserver**
- **Intervenir**
- **Comprendre**

Cette plateforme de cours en ligne répond à 5 grands objectifs :

- 11-** Former des professionnels du bâtiment à la conservation du bâti ancien,
- 12-** Sensibiliser aux vertus des matières naturelles locales,
- 13-** S'adapter aux nouveaux modes de transmissions des savoirs,
- 14-** Participer à la transition numérique de l'enseignement supérieur,
- 15-** Initier un juste équilibre présentiel-distanciel grâce à un format collaboratif.

Les enseignements sont assurés par une diversité de professionnels experts de l'architecture et du patrimoine. Chaque cours a été pensé en interactivité avec une vidéo d'introduction de l'intervenant, le cours commenté, une vidéo de conclusion, et un quizz d'autoévaluation.

La séquence 1 « Conserver l'architecture comme écosystème constructif » s'attache aux différentes techniques de réhabilitation du bâti ancien.

1) Description de la séance : La menuiserie

Concepteurs de la séance :

France POULAIN, *Architecte et architecte du patrimoine, cheffe de l'UDAP de l'Eure*

Arnaud TIERCELIN *Ingénieur du patrimoine DRAC Normandie*

Contenu de la séance :

Historique des châssis de fenêtre :

- XVe siècle : La croisée la plus communément reproduite par les manuscrits enluminés est fermée par de simples volets de bois composés de grandes lames verticales fixées sur des barres chevillées.
- XVIe siècle : Les croisées deviennent plus étanches. Le volet est monté « à recouvrement » sur le vantail vitré. Les verrous et les loquets ne sont plus posés à même le bois mais sur une petite platine métallique souvent découpée et repercée d'ajours mis en valeur par un tissu de couleur. Cette nouvelle technique, qui va révolutionner la conception des croisées, est l'adoption du bâti dormant, c'est-à-dire d'un cadre scellé dans l'embrasure intérieure de la fenêtre qui permet d'installer les vantaux vitrés avec des jeux de fonctionnement plus minces et donc de la rendre plus étanche.

- XVIIe siècle : Les fenêtres sont recoupées par une traverse intermédiaire au 2/3 de la vitrerie. On parle encore de fenêtre à recouvrement.
- XVIIIe siècle : Apparition et propagation de l'espagnolette à pannetons et agrafes. Une poignée fait tourner une tringle qui possède un crochet à chacune de ses extrémités, lequel crochet s'engage dans une gâche pour condamner les deux vantaux vitrés.
- XIXe siècle : Diffusion et généralisation de la crémona. Peu de changement.
- XXe siècle : L'Art Déco a produit lui aussi des fenêtres, plus simples dans leur dessin, mais participant pleinement au graphisme de la façade.

Pour l'architecte, il est donc nécessaire de rechercher une mesure de sauvegarde qui écarte les attaques liées à la pluie ou au vent, mais aussi qui réduise la nécessité d'ajouter des couches censément protectrices. Ces mesures de protection peuvent être de deux ordres. Le premier conduit à déplacer l'objet et à la fixer à l'intérieur de l'édifice. La seconde vise à protéger l'objet en place en ajoutant un verre renforcé au niveau du tableau extérieur

2) Objectifs pédagogiques de la séance

- Donner des connaissances de base, dont le vocabulaire, concernant l'évolution des châssis de fenêtre sur cinq siècles
- Appréhender les techniques mises en œuvre durant cette période
- Étudier les pathologies de ces ouvrages et de réfléchir à leur restauration
- De mesurer la fragilité de ce patrimoine et les difficultés de son adaptation aux évolutions des conditions réglementaires

Temps à disposition pour cette séance : cette séance se déroulera sur 45 minutes.

3) Activités de l'élève :

- Réponse à un quiz d'introduction et à un quiz de mise à l'épreuve des connaissances majeures acquises en fin de séance,
- Le visionnage du cours et de trois vidéos de chantier :
 - o Visite du manoir de Coupesarte
 - o Visite des Ateliers Besnard
 - o Monsieur Emmanuel HYEST, propriétaire du château de Vesly

Module « Conserver » / Séance 1.7 Les sols et fondations

Florent RICHARD

« RESSOURCES » est un corpus d'enseignements numériques et collaboratifs sur le thème de la réhabilitation et de la construction bio-géo-sourcée, créé en partenariat avec un consortium d'écoles d'architecture et d'ingénieurs. Les cours sont organisés en 4 grands modules, hébergés sur une plateforme pédagogique dite « Moodle »:

- **Arpenter**
- **Conserver**
- **Intervenir**
- **Comprendre**

Cette plateforme de cours en ligne répond à 5 grands objectifs :

- 16-** Former des professionnels du bâtiment à la conservation du bâti ancien,
- 17-** Sensibiliser aux vertus des matières naturelles locales,
- 18-** S'adapter aux nouveaux modes de transmissions des savoirs,
- 19-** Participer à la transition numérique de l'enseignement supérieur,
- 20-** Initier un juste équilibre présentiel-distanciel grâce à un format collaboratif.

Les enseignements sont assurés par une diversité de professionnels experts de l'architecture et du patrimoine. Chaque cours a été pensé en interactivité avec une vidéo d'introduction de l'intervenant, le cours commenté, une vidéo de conclusion, et un quizz d'autoévaluation.

La séquence 1 « Conserver l'architecture comme écosystème constructif » s'attache aux différentes techniques de réhabilitation du bâti ancien.

1) Description de la séance : Les sols et fondations

Concepteur de la séance :

Florent Richard est un architecte DPLG. Depuis 25 ans dans la restauration et la sauvegarde du patrimoine, il travaille dans une démarche innovante et créative intégrant haute technologie, confort et art de vivre, dans le respect de l'environnement. Au sein de son agence créée avec Alain Charles PERROT, avec un regard innovant sur des sujets très variés, ils exercent leur art pour valoriser et créer, en lien avec l'histoire liée au projet, un lieu unique, différent, en phase avec l'histoire contemporaine, en projection vers l'avenir, avec une volonté d'excellence. Parmi ses importants travaux nous pouvons citer l'ancien Collège des Bernardins, les ensembles immobiliers de la place Vendôme ou le Casino de Monaco.

Contenu de la séance :

Notion de Fondation et termes associés : action de fonder, stabilité, fermeté, fondre, fonderie

Fondation : ensemble des travaux et ouvrages destinés à assurer à la base la stabilité d'une construction.

D'un point de vue physique, l'action doit toujours être égale à la réaction puisque la stabilité d'un bâtiment se traduit par l'équilibre entre l'action, le poids appliqué et la réaction du sol.

Comment définir l'action :

- L'action dépend du poids des éléments (murs, planchers, voûtes...) qui s'additionnent et s'appliquent sur le sol avec des charges permanentes
- L'action dépend aussi de la charge d'exploitation (voitures, tables, chaises, bureaux...)
- L'action dépend aussi de la charge climatique (neige, vent, séisme, pluies)

Comment définir la réaction :

- Force et moment développés par un appui, égaux et opposés à la résultante des forces et moments transmis par la structure à cet appui
- Dépend des types de sols et de ses caractéristiques
- Il y a équilibre si en chaque point de fondation, la réaction du sol est suffisante et stable

Les types de fondation :

- Fondations superficielles (semelle isolée, semelle continue, radier)
- Fondations profondes (pieu avec refoulement du sol, pieu avec extraction du sol)

Etude de cas détaillée de la restauration du Collège des Bernardins (Paris) par Florent Richard.

2) Objectifs pédagogiques de la séance

- Rappeler des connaissances de base sur les systèmes de chargement des ouvrages et modes de fondation
- Observer des pathologies et connaître quelques méthodes de restauration des ouvrages de fondations et de structure
- Rappeler et mobiliser le vocabulaire du bâtiment,

Temps à disposition pour cette séance : cette séance se déroulera sur 45 minutes.

3) Activités de l'élève :

- Réponse à un quiz d'introduction et à un quiz de mise à l'épreuve des connaissances majeures acquises en fin de séance,
- Autres outils : glisser-déposer, schémas animés.

Module « Conserver » / Séance 1.8 La réhabilitation énergétique

Élodie HÉBERLÉ

« RESSOURCES » est un corpus d'enseignements numériques et collaboratifs sur le thème de la réhabilitation et de la construction bio-géo-sourcée, créé en partenariat avec un consortium d'écoles d'architecture et d'ingénieurs. Les cours sont organisés en 4 grands modules, hébergés sur une plateforme pédagogique dite « Moodle »:

- **Arpenter**
- **Conserver**
- **Intervenir**
- **Comprendre**

Cette plateforme de cours en ligne répond à 5 grands objectifs :

- 21-** Former des professionnels du bâtiment à la conservation du bâti ancien,
- 22-** Sensibiliser aux vertus des matières naturelles locales,
- 23-** S'adapter aux nouveaux modes de transmissions des savoirs,
- 24-** Participer à la transition numérique de l'enseignement supérieur,
- 25-** Initier un juste équilibre présentiel-distanciel grâce à un format collaboratif.

Les enseignements sont assurés par une diversité de professionnels experts de l'architecture et du patrimoine. Chaque cours a été pensé en interactivité avec une vidéo d'introduction de l'intervenant, le cours commenté, une vidéo de conclusion, et un quizz d'autoévaluation.

La séquence 1 « Conserver l'architecture comme écosystème constructif » s'attache aux différentes techniques de réhabilitation du bâti ancien.

1) Description de la séance : La réhabilitation énergétique

Concepteur de la séance :

Elodie Héberlé est ingénieure en thermique du bâtiment. Elle est responsable d'études "énergie et environnement" au Cerema. Elle est experte sur le sujet des transferts hygrothermiques et de la réhabilitation énergétique des bâtiments anciens. Elle a piloté et contribué à des nombreuses études sur ces sujets et est depuis 2018, la responsable technique du CREBA (centre de ressources pour la réhabilitation responsable du bâti ancien).

Contenu de la séance :

L'amélioration énergétique d'un bâtiment existant consiste à améliorer thermiquement ses parois et/ou améliorer son système de chauffage et/ou production d'eau chaude.

Le bâti ancien rassemble les édifices construits avant 1948 avec des matériaux et des techniques traditionnelles. Ils représentent aujourd'hui 30% du parc bâti. Ils ont souvent une valeur patrimoniale.

Les bâtiments anciens consomment plus que les neufs. Toutefois, ils possèdent certaines qualités énergétiques comme une faible consommation de carbone. En effet, ils ont été construits de manière à tirer profit de leur environnement avec des savoirs faire et des matériaux souvent locaux et durables. Les caractéristiques bioclimatiques du bâti ancien (conciliation confort / économie d'énergie) :

- Construire contre une butte afin de se protéger contre le vent
- Enterrer une partie du bâtiment pour bénéficier de la fraîcheur

- Limiter les ouvertures au nord par rapport au sud
- Recouvrir les surfaces en ardoise pour se protéger des pluies

Avec des murs en pierre de 60 cm d'épaisseur et des murs en briques de 40 cm, les bâtis anciens sont appréciables pour leur fraîcheur l'été. A l'inverse ces bâtiments sont froids l'hiver pour le même principe d'inertie (effet de paroi froide).

Le bâti ancien possède d'importants défauts d'étanchéité à l'air et à l'humidité (surtout à cause du mauvais entretien). L'indice d'étanchéité des bâtis neufs tourne autour de 0.6 m³/h/m² contre moins de 2.3 m³/h/m². L'humidité relative doit quant à elle se situer entre 40 et 60% pour éviter la prolifération de nuisibles.

Il est donc fondamental pour l'architecte du patrimoine de concilier les dimensions patrimoniales, environnementales et techniques en tenant compte de l'usage du bâti et de son histoire.

D'un point de vue plus technique, la perméabilité des matériaux à la vapeur d'eau :

- Non perméable : verre cellulaire
- Peu perméable : panneau de liège, polystyrène
- Perméable : chanvre, laine minérale, paille, mousse minérale, fibres de bois

Les matériaux bio-géo-sourcés sont donc très efficace et durable. Toutefois, une réhabilitation énergétique n'est pas toujours souhaitable et bénéfique d'où la nécessité d'effectuer un audit énergétique complet.

C'est pourquoi il existe le CREBA, centre de ressources pour la réhabilitation responsable du bâti ancien. Il s'adresse aux professionnels du bâtiment (maîtres d'œuvres, architectes, bureaux d'études, artisans, prescripteurs, techniciens, experts, chercheurs...) et, plus globalement, aux acteurs de tout projet de réhabilitation, de rénovation énergétique ou de restauration d'un bâtiment ancien. Il propose des solutions, des articles et des exemples concrets de réhabilitation énergétique du bâti ancien.

2) Objectifs pédagogiques de la séance

- Connaître les caractéristiques techniques du bâti qualifié d'ancien et les enjeux de l'amélioration de son comportement énergétique notamment par le prisme des matériaux.
- Connaître le CREBA et les ressources associés

Temps à disposition pour cette séance : cette séance se déroulera sur 50 minutes.

3) Activités de l'élève :

- Réponse à un quiz d'introduction et à un quiz de mise à l'épreuve des connaissances majeures acquises en fin de séance,
- Visionnage du cours avec une voix off
- Autres outils : des glisses-déposer, des questions à choix multiples

Module « Conserver » / Séance 1.1 Les étalements

Stéphane BERHAULT

« RESSOURCES » est un corpus d'enseignements numériques et collaboratifs sur le thème de la réhabilitation et de la construction bio-géo-sourcée, créé en partenariat avec un consortium d'écoles d'architecture et d'ingénieurs. Les cours sont organisés en 4 grands modules, hébergés sur une plateforme pédagogique dite « Moodle »:

- **Arpenter**
- **Conserver**
- **Intervenir**
- **Comprendre**

Cette plateforme de cours en ligne répond à 5 grands objectifs :

- 26-** Former des professionnels du bâtiment à la conservation du bâti ancien,
- 27-** Sensibiliser aux vertus des matières naturelles locales,
- 28-** S'adapter aux nouveaux modes de transmissions des savoirs,
- 29-** Participer à la transition numérique de l'enseignement supérieur,
- 30-** Initier un juste équilibre présentiel-distanciel grâce à un format collaboratif.

Les enseignements sont assurés par une diversité de professionnels **experts** de l'architecture et du patrimoine. Chaque cours a été pensé en interactivité avec une vidéo d'introduction de l'intervenant, le cours commenté, une vidéo de conclusion, et un quizz d'autoévaluation.

La séquence 1 « Conserver l'architecture comme écosystème constructif » s'attache aux différentes techniques de réhabilitation du bâti ancien.

1) Description de la séance : Les fissures

Concepteur de la séance :

Stéphane BERHAULT : Architecte DPLG et Architecte du Patrimoine, Créateur et gérant de la société AEDIFICIO, enseignant à l'École de Chaillot.

Contenu de la séance :

Selon S.Berhault, les fissures sont les alliées des spécialistes de la construction puisqu'elles permettent de comprendre l'histoire du monument et ses mouvements.

D'abord, il existe plusieurs dénominations (microfissure, fissure, lézarde, crevasse) en fonction de l'épaisseur des fissures.

Ensuite, d'un point de vue structurel, la fissure est caractérisée par un point de naissance, une direction, une ou plusieurs intensités et une fin. L'origine de l'apparition de la fissure est d'ordre mécanique. Ce n'est pas le type de construction (voûte, piliers...) qui change la modification mais la sollicitation mécanique et le point de départ. Ainsi, dans le cas d'une croisée d'ogives on peut voir d'autre cheminement de fissure spécifiques non pas liées à la typologie architecturale mais à la charge. Dans ce cas, les cheminements de fissures sont concentriques autour de la clé, mais également au niveau des reins. Les points durs que sont les reins des voûtes ne bougeant pas, c'est toute la voûte qui

s'écrase sous son poids propre. Une surcharge sur les voûtes risque d'engendrer des fissures dites rayonnantes autour de la clé.

Le tassement s'accompagne d'une légère rotation qui se traduit sur l'élévation par une fissure oblique assez caractéristique. Par ailleurs, s'il y a deux déplacements il y aura deux fissures etc.

A RETENIR : Un seul effort oblique a les mêmes conséquences que deux efforts qui se conjuguent. Au final, l'examen des fissures, leur cheminement, leur trajectoire, leur ouverture, révèle la mécanique de l'ouvrage, c'est ça qui est important. Ce n'est donc pas uniquement l'effet ou le symptôme mais bien la révélation de la cause originelle de la pathologie.

L'architecte doit donc relever les fissures pour les dessiner avec précision avant de choisir en connaissance de cause pour la meilleure option de rénovation.

2) Objectifs pédagogiques de la séance

- Définir et nommer les types d'étaisements
- Repérer les phases et déterminants de la production d'étaisements
- Identifier les types de charges à reprendre et les ouvrages d'étaisement correspondants

Temps à disposition pour cette séance : cette séance se déroulera sur 50 minutes.

3) Activités de l'élève :

- Réponse à un quiz d'introduction et à un quiz de mise à l'épreuve des connaissances majeures acquises en fin de séance ;
- Visionnage du cours
- Le visionnage d'une vidéo de chantier pour une étude du cas pratique du (Abbaye de Charroux – conception des étaisements en 3 dimensions)
- Autres outils : des glisser-déposer,

Module « Conserver » / Séance 2.1 La pierre 1/2

Philippe GRIOT

« RESSOURCES » est un corpus d'enseignements numériques et collaboratifs sur le thème de la réhabilitation et de la construction bio-géo-sourcée, créé en partenariat avec un consortium d'écoles d'architecture et d'ingénieurs. Les cours sont organisés en 4 grands modules, hébergés sur une plateforme pédagogique dite « Moodle »:

- **Arpenter**
- **Conserver**
- **Intervenir**
- **Comprendre**

Cette plateforme de cours en ligne répond à 5 grands objectifs :

- 31-** Former des professionnels du bâtiment à la conservation du bâti ancien,
- 32-** Sensibiliser aux vertus des matières naturelles locales,
- 33-** S'adapter aux nouveaux modes de transmissions des savoirs,
- 34-** Participer à la transition numérique de l'enseignement supérieur,
- 35-** Initier un juste équilibre présentiel-distanciel grâce à un format collaboratif.

Les enseignements sont assurés par une diversité de professionnels experts de l'architecture et du patrimoine. Chaque cours a été pensé en interactivité avec une vidéo d'introduction de l'intervenant, le cours commenté, une vidéo de conclusion, et un quizz d'autoévaluation.

La séquence 2 « Conserver l'architecture comme matériaux assemblés » s'attache aux différents matériaux nécessaire à la réhabilitation du bâti ancien.

1) Description de la séance : La pierre

Concepteur de la séance :

***Philippe Griot** est tailleur de pierre et sculpteur, titulaire d'une Licence Arts Plastique Histoire de l'Art. Il possède le Brevet de Compagnon sculpteur Chambre des Métiers d'Alsace Maître artisan Geste d'Or Paris 2015. Enseignement dessin/histoire de l'Art chez les Compagnons du Devoir. Il est animateur de nombreux stages pour des entreprises MH, CNRS et pour MSP de Chaillot.*

Contenu de la séance :

Le cours porte sur la conservation des arcs appareillés en pierres.

Processus de construction des arcs et voûtes en pierre appareillés :

- Connaissance de l'édifice (archives, techniques, outils, matériaux)
- L'épure
- La mise en chantier et fabrication (taille des cintres et coffrages bois, taille des voussoirs)
- L'installation et la pose (installation des cintres et coffrages, pose et réglage des voussoirs)
- La dépose des cintres / décoffrage

Le voussoir est généralement une pierre taillée « en coin » car les faces de joints sont issues du tracé. Les faces de joints sont toujours rayonnantes par rapport au centre d'origine de l'arc, quel que soit sa

forme. Le voussoir peut se résumer à un simple moellon sommairement mis en forme, ou une brique parallélépipédique. Dans l'esprit d'une construction le voussoir doit toujours être associé au joint. La stabilité de l'arc est conditionnée par les supports, les culées et la qualité de la pose maçonnée. Les voussoirs sont des modules de dimensions très variables qui prennent leur sens dans l'arc ou la voûte maçonnée, que par le joint de mortier qui les assujetti et les assemble, sans pour autant les coller.

La construction d'un arc nécessite le plus souvent une structure provisoire architecturée de charpenterie avec restitution des arcatures de la nef, de la croisée du transept et du chœur. La conception des cintres consiste à concevoir des veaux minimums en longueur et hauteur. Les corrections d'altitudes sont gérées par les calages au niveau des naissances et les écartements ainsi que les angles par une clé à « géométrie variable ». La qualité, la technique de fabrication du cintre à partir de l'épure est essentielle. De même, il est important que les références d'axes, de verticalité de l'épure et d'horizontalité soient relevées sur les cintres. Le cintre et son installation doit s'adapter au site en revanche la taille des voussoirs ne pose aucun problème technique particulier.

Remarques techniques générales :

- L'axe du cintre doit être dans l'axe de l'ouverture. La naissance horizontale. Il est nécessaire de relever des repères de l'épure sur les bois.
- Le cintre doit être centré sur l'épaisseur de l'arc.
- Le plan général du cintre doit être parfaitement vertical.
- Le cintre doit être rigide et calé, prévu pour sa dépose future.

Les pathologies et contraintes des voûtes :

- La dégradation des supports (de type affaissement) qui provoquent l'ouvertures des joints
- L'absence de couverture, les joints de l'appareil maçonnique sont lavés par les eaux de ruissellement
- Les incendies

2) Objectifs pédagogiques de la séance

- Connaître les étapes de la restitution d'arcs en pierre à travers un exemple de réalisation, relevé, tracés, taille, étaielements, mise en place,
- Acquérir un vocabulaire spécifique.
- Appréhender les problématiques de pose des arcs et des arcatures appareillées en pierre
- Connaître les grandes étapes de leur réhabilitation

Temps à disposition pour cette séance : cette séance se déroulera sur 45 minutes.

3) Activités de l'élève :

Réponse à un quiz d'introduction et à un quiz de mise à l'épreuve des connaissances majeures acquises en fin de séance,
Le visionnage du cours.

Module « Conserver » / Séance 2.2 La pierre 2/2

Véronique VERGÈS-BELMIN

« RESSOURCES » est un corpus d'enseignements numériques et collaboratifs sur le thème de la réhabilitation et de la construction bio-géo-sourcée, créé en partenariat avec un consortium d'écoles d'architecture et d'ingénieurs. Les cours sont organisés en 4 grands modules, hébergés sur une plateforme pédagogique dite « Moodle »:

- **Arpenter**
- **Conserver**
- **Intervenir**
- **Comprendre**

Cette plateforme de cours en ligne répond à 5 grands objectifs :

- 36-** Former des professionnels du bâtiment à la conservation du bâti ancien,
- 37-** Sensibiliser aux vertus des matières naturelles locales,
- 38-** S'adapter aux nouveaux modes de transmissions des savoirs,
- 39-** Participer à la transition numérique de l'enseignement supérieur,
- 40-** Initier un juste équilibre présentiel-distanciel grâce à un format collaboratif.

Les enseignements sont assurés par une diversité de professionnels experts de l'architecture et du patrimoine. Chaque cours a été pensé en interactivité avec une vidéo d'introduction de l'intervenant, le cours commenté, une vidéo de conclusion, et un quizz d'autoévaluation.

La séquence 2 « Conserver l'architecture comme matériaux assemblés » s'attache aux différents matériaux nécessaire à la réhabilitation du bâti ancien.

1) Description de la séance : La pierre 2/2

Concepteur de la séance :

Véronique VERGES-BELMIN, ingénieure de recherche, responsable du pôle pierre au Laboratoire de recherche des monuments historiques, enseignante à l'École de Chaillot sur la pierre.

Contenu de la séance :

Le cours est consacré aux pathologies liées aux sels du matériau pierre.

Les sels sont des minéraux qui ont la possibilité de se dissoudre dans l'eau. Cette propriété est liée au fait que les sels sont des solides ioniques. Ils se dissocient en cations et anions en présence de solvants polaires tels que l'eau.

Il faut examiner la microstructure des pierres pour comprendre comment les sels peuvent les altérer. Les pierres ne sont pas constituées uniquement de matière minérale, elles présentent un réseau de pores, la pierre absorbant l'eau par capillarité. Lorsque les sels s'accumulent et cristallisent, ils induisent des pressions sur les parois des pores, pouvant aller jusqu'à la rupture du matériau. Si le front d'évaporation reste en surface, les sels s'y accumulent, ce qui entraîne l'apparition d'efflorescences ou de désagrégrations granulaires ; si le front d'évaporation se trouve pour une raison ou une autre à une certaine profondeur, les sels qui s'y accumulent provoquent des ruptures en profondeur, induisant l'apparition de desquamations ou écaillages.

Les 2 principales propriétés du sel :

- La solubilité : quantité maximale de sel dissous dans l'eau à une température donnée. Elle varie entre 2 g/L à 242 g/L.
- L'humidité relative d'équilibre : L'HRE d'un sel est l'humidité relative au-dessus de laquelle il capte spontanément des molécules d'eau dans l'atmosphère. Le sel passe ainsi de l'état cristallisé à l'état déliquescent. Chaque sel a une HRE qui lui est propre à une température donnée. La règle générale est que :
 - le sel est à l'état solide si son HRE est supérieure à l'Humidité relative de l'air
 - le sel devient déliquescent si son HRE est inférieure à l'Humidité relative de l'air

Les typologies d'altération :

- Délamination
- Érosion
- Alvéolisation
- Efflorescence

La gestion d'un problème de sels passe par la démarche diagnostique suivante :

- Identifier la nature, le caractère actif ou non des pathologies, et leur distribution
- Prélever des échantillons dans chaque zone cartographiée et Identifier la nature des sels par analyse minéralogique
- Trouver l'origine de la pollution saline, et comprendre la vitesse d'évolution des pathologies

2) Objectifs pédagogiques de la séance

- Connaître et classer les facteurs d'altération de la pierre,
- Connaître et savoir identifier l'impact des sels sur les ouvrages bâtis
- Acquérir un vocabulaire spécifique.
- Découvrir pour quelles raisons les sels altèrent maçonneries et sculptures
- Apprendre dans quelles circonstances ces altérations surviennent
- Acquérir quelques notions sur la démarche diagnostique

Temps à disposition pour cette séance : cette séance se déroulera sur 45 minutes.

3) Activités de l'élève :

Réponse à un quiz d'introduction et à un quiz de mise à l'épreuve des connaissances majeures acquises en fin de séance,

Le visionnage du cours.

Module « Conserver » / Séance 2.3 Le bois

Emmanuel MAURIN

« RESSOURCES » est un corpus d'enseignements numériques et collaboratifs sur le thème de la réhabilitation et de la construction bio-géo-sourcée, créé en partenariat avec un consortium d'écoles d'architecture et d'ingénieurs. Les cours sont organisés en 4 grands modules, hébergés sur une plateforme pédagogique dite « Moodle »:

- **Arpenter**
- **Conserver**
- **Intervenir**
- **Comprendre**

Cette plateforme de cours en ligne répond à 5 grands objectifs :

- 41-** Former des professionnels du bâtiment à la conservation du bâti ancien,
- 42-** Sensibiliser aux vertus des matières naturelles locales,
- 43-** S'adapter aux nouveaux modes de transmissions des savoirs,
- 44-** Participer à la transition numérique de l'enseignement supérieur,
- 45-** Initier un juste équilibre présentiel-distanciel grâce à un format collaboratif.

Les enseignements sont assurés par une diversité de professionnels experts de l'architecture et du patrimoine. Chaque cours a été pensé en interactivité avec une vidéo d'introduction de l'intervenant, le cours commenté, une vidéo de conclusion, et un quizz d'autoévaluation.

La séquence 2 « Conserver l'architecture comme matériaux assemblés » s'attache aux différents matériaux nécessaire à la réhabilitation du bâti ancien.

1) Description de la séance : Séance 2.3 Le bois

Concepteur de la séance :

Emmanuel MAURIN, ingénieur de recherche, responsable du pôle bois au Laboratoire de recherche des monuments historiques, intervenant scientifique à l'École de Chaillot sur le bois.

Contenu de la séance :

Le bois est un matériau organique, anisotrope (3 directions et 3 plans : longitudinale, radiale, tangentielle) et variable (variabilité inter espèce, intra espèce).

On retrouve des cernes annuels avec une partie claire (bois initial ou bois de printemps) et une partie sombre (bois final ou bois d'été). Donc deux cernes annuels puis l'écorce. Nous pouvons donc visuellement dire à quelle période de l'année a été abattu l'arbre ; c'est la dendrochronologie.

Le diamètre d'une fibre de bois peut être compris entre 10 à 200nm et sa longueur peut varier de 1 à 10 mm selon les essences de bois. Les fibres sont « collées » entre elles par la lamelle moyenne. La paroi des fibres est constituée de la couche Primaire et Secondaire.

D'un point de vue moléculaire, le bois est constitué de polysaccharides (cellulose et hémicellulose) qui sont dans la paroi cellulaire et de lignine qui constitue la lamelle moyenne et qui pénètre un peu la paroi de la cellule lors de sa maturation. Ce dernier point permet de compléter la définition du bois qui est la suivante : le bois est un tissu secondaire (« tissus secondaire » exprime qu'il s'agit d'un tissu végétal orienté dans la direction radiale dont les parois des fibres sont lignifiées).

La typologie d'arbres va également influencer sur la nature du bois et son utilisation. Par ailleurs l'exploitation du bois est rigoureusement encadrée par la Convention de Washington (1973) et tout un ensemble de normes (EN 335, EN 350, EN 460...).

Les altérations du bois :

- Les altérations hygroscopiques : une substance hygroscopique est une substance qui a tendance à absorber l'humidité de l'air, par absorption (pénétration) ou par adsorption (surface). Cette propriété peut engendrer une déformation du bois.
- Les altérations hydriques liés notamment à l'humidité
- Les altérations mécaniques lors du débitage ou du séchage
- L'altération par la lumière – le bois se décolore à la lumière
- Les altérations biologiques – micro-organismes et les insectes
- Les altérations climatiques

Les traitements :

- Traitements fongicides
- Traitements insecticides

En conclusion, le bois est un matériau magnifique disposant de nombreux atouts dans le domaine de la restauration. Par ailleurs, le bois est un matériau organique naturellement dégradable et bio-sourcé.

2) Objectifs pédagogiques de la séance

- Connaître les caractéristiques des bois,
- Connaître et savoir identifier les causes et les impacts des altérations des bois,
- Connaître les interventions de conservation possibles
- Acquérir un vocabulaire spécifique.

Temps à disposition pour cette séance : cette séance se déroulera sur 45 minutes.

3) Activités de l'élève :

Réponse à un quiz d'introduction et à un quiz de mise à l'épreuve des connaissances majeures acquises en fin de séance,
Le visionnage du cours.

Module « Conserver » / Séance 2.4 La terre crue

Anne LEMOINE

« RESSOURCES » est un corpus d'enseignements numériques et collaboratifs sur le thème de la réhabilitation et de la construction bio-géo-sourcée, créé en partenariat avec un consortium d'écoles d'architecture et d'ingénieurs. Les cours sont organisés en 4 grands modules, hébergés sur une plateforme pédagogique dite « Moodle »:

- **Arpenter**
- **Conserver**
- **Intervenir**
- **Comprendre**

Cette plateforme de cours en ligne répond à 5 grands objectifs :

- 46-** Former des professionnels du bâtiment à la conservation du bâti ancien,
- 47-** Sensibiliser aux vertus des matières naturelles locales,
- 48-** S'adapter aux nouveaux modes de transmissions des savoirs,
- 49-** Participer à la transition numérique de l'enseignement supérieur,
- 50-** Initier un juste équilibre présentiel-distanciel grâce à un format collaboratif.

Les enseignements sont assurés par une diversité de professionnels experts de l'architecture et du patrimoine. Chaque cours a été pensé en interactivité avec une vidéo d'introduction de l'intervenant, le cours commenté, une vidéo de conclusion, et un quizz d'autoévaluation.

La séquence 2 « Conserver l'architecture comme matériaux assemblés » s'attache aux différents matériaux nécessaire à la réhabilitation du bâti ancien.

1) Description de la séance : La terre crue

Concepteur de la séance :

Anne Lemoine est Ingénieure travaux de formation souhaitant s'orienter vers la restauration du patrimoine. Elle intègre l'entreprise Lefèvre en tant qu'ingénieure travaux en 2008. D'abord à Caen puis à Paris, où elle a eu la chance de travailler sur de grands monuments comme la rampe de l'Empereur de l'Opéra Garnier, les arcades du Palais des Tuileries/musée du Louvre, les façades sur jardin du Palais Royal, la Tour Nord de l'église Saint-Sulpice, la cour d'honneur des Invalides...

Elle est désormais directrice de travaux de l'agence Bretagne. Elle est responsable de l'exploitation qui restaure une grande variété de bâtiments patrimoniaux.

Contenu de la séance :

La séance est basée sur une étude de cas, le manoir du Boberil, un ouvrage en terre crue en périphérie de Rennes. Le manoir du Boberil présente un intérêt patrimonial indéniable. La datation précoce du manoir, attribué aux années 1335-1340 est par ailleurs tout-à-fait inédite. Il s'agit à ce jour de la plus ancienne charpente armoricaine datée. La précocité du manoir se lit également dans l'insertion du plancher sur la salle. Généralement attribué au XVI^e siècle, elle est ici datée du milieu du XV^e siècle.

Les évolutions du manoir peuvent être décrite sous 4 grandes étapes qui sont attestées et datées de façon fiables :

- descente de motte, puis construction du manoir primitif dans les années 1335-1340 avec la grande salle sous charpente

- première transformation avec insertion du plancher dans la grande salle et déplacement de la cheminée du mur gouttereau vers le refend au milieu du XVème siècle
- Le 3ème état voit la création de l'aile en retour et la transformation en maison de retenue à la fin des années 1560
- Les réductions à l'Est très certainement avant 1609 puis à l'Ouest entre 1768 et 1829 marquent les états 4 et 5, état connu à ce jour (état dégradé en raison de l'usure du temps et du manque d'entretien).

Quelle que soit la technique employée, le mortier de terre crue est composé tout d'abord de terre. Cette terre doit être de préférence argileuse mais selon sa composition elle pourra être amendée de fibres, granulats type sable et éventuellement de chaux naturelle aérienne selon l'utilisation voulue. Toute matière organique doit être écartée, la terre végétale est donc à exclure. Les bâtiments anciens étant construits avec des matériaux locaux, la terre des sites concernés est généralement tout à fait exploitable. La terre doit être mise en œuvre à l'état plastique, l'apport d'eau est donc nécessaire.

Au Boberil, les professionnels ont utilisé la paille de blé provenant des champs alentours pour **le mortier de bauge** et pisé et la fibre courte de chanvre pour les enduits de finition. En fonction de la terre utilisée et de la technique de construction employée, des essais de gâchage sont nécessaires pour arriver à la bonne ouvrabilité du mortier. **La technique de l'Adobe** a également été employée, il s'agit de brique de terre crue moulées. La terre peut également être employée comme **mortier de hourdage** de maçonnerie de moellons, dans ce cas de moellons de schiste sur les murs gouttereaux principalement.

Le torchis a également servi d'enduit et permis le remplissage des pans de bois et la réalisation d'un plancher en terre à base de **quenouilles**.

En conclusion, les méthodes de construction en terre crue permettent de réaliser tant des éléments structurels que des éléments de finition. La terre est donc un matériau de construction de grande qualité, disponible en quantité et disponible localement, ce qui permet de réaliser des travaux économiques et écologiques (faible empreinte carbone).

2) Objectifs pédagogiques de la séance

- Savoir analyser un bâti en terre,
- Approfondir la connaissance des techniques de terre crue et leurs mises en œuvre pour conserver les ouvrages anciens.

Temps à disposition pour cette séance : cette séance se déroulera sur 45 minutes.

3) Activités de l'élève :

- Réponse à un quiz d'introduction et à un quiz de mise à l'épreuve des connaissances majeures acquises en fin de séance ;
- Le visionnage de cinq vidéos de chantier :
 - o pour une étude du cas pratique du Manoir du Bobénil
 - o sur les techniques de la bauge, des planchers sur lattis et planchers à quenouilles, des enduits en terre crue

Module « Conserver » / Séance 2.5 La brique

Bernard VOINCHET

« RESSOURCES » est un corpus d'enseignements numériques et collaboratifs sur le thème de la réhabilitation et de la construction bio-géo-sourcée, créé en partenariat avec un consortium d'écoles d'architecture et d'ingénieurs. Les cours sont organisés en 4 grands modules, hébergés sur une plateforme pédagogique dite « Moodle » :

- **Arpenter**
- **Conserver**
- **Intervenir**
- **Comprendre**

Cette plateforme de cours en ligne répond à 5 grands objectifs :

- 51-** Former des professionnels du bâtiment à la conservation du bâti ancien,
- 52-** Sensibiliser aux vertus des matières naturelles locales,
- 53-** S'adapter aux nouveaux modes de transmissions des savoirs,
- 54-** Participer à la transition numérique de l'enseignement supérieur,
- 55-** Initier un juste équilibre présentiel-distanciel grâce à un format collaboratif.

Les enseignements sont assurés par une diversité de professionnels experts de l'architecture et du patrimoine. Chaque cours a été pensé en interactivité avec une vidéo d'introduction de l'intervenant, le cours commenté, une vidéo de conclusion, et un quizz d'autoévaluation.

La séquence 2 « Conserver l'architecture comme matériaux assemblés » s'attache aux différents matériaux nécessaire à la réhabilitation du bâti ancien.

1) Description de la séance : La brique

Concepteur de la séance :

Bernard Voinchet est Architecte et urbaniste, ABF, ACMH, IGMH qui a participé à la restauration de Cathédrales (Toulouse, Albi, Montauban, Bayonne), du Couvent des Jacobins, du Capitole de Toulouse, des Châteaux de Pau, Mauvezin, Portalet, Saint Germain en Laye, des Églises de Toulouse, saint Bertrand de Comminges, Moissac, Foix.

Contenu de la séance :

Premièrement il ne faut jamais perdre de vue que la brique, contrairement à la pierre, est le fruit du travail de l'homme qui doit conjuguer les « quatre éléments » que sont : la **terre** (matière première), l'**eau** (pour la malaxer), l'**air** (pour sécher), le **feu** (pour cuire). Les qualités recherchées d'une brique : résistance au gel, teneur en sels, la solidité, la couleur.

Les étapes de fabrication de la brique :

- Choix de la terre (argile sans éléments organiques, sans graviers et corps étrangers)
- Préparation de la terre
- Moulage et façonnage
- Séchage
- Cuisson à 900° (nécessite une grande quantité de bois)

Au niveau des dimensions on observe des spécificités régionales ; 42 x 28 cm dans le Sud de l'Europe contre 10.5 x 22 cm dans le Nord. Toutefois, les briques ont souvent la même épaisseur à savoir 4.5 ou

5 cm. Par ailleurs, le joint est un élément essentiel dans une maçonnerie de brique puisqu'il représente suivant les cas le cinquième jusqu'à presque la moitié de la surface d'un parement. Ils peuvent être rubanés, vifs ou coupés.

L'emploi de la brique est extrêmement développé pour certains ouvrages comme les chainages, les cheminées, les voûtes ou les décors en parement.

Les altérations de la brique consécutives à l'humidité et à la présence de sels :

- Poudroiements de surface
- Desquamations
- Désagréations partielles ou totales

D'un point de vue technique pour assurer le passage entre les belles briques régulières des encadrements et les irrégulières du reste de la façade, des bandes d'enduits « dissimulent » le harpage. Un léger décalage est ménagé pour un meilleur accrochage de l'enduit. Pour compléter l'opération, des badigeons légers unifient le parement irrégulier. Pour ce faire : les joints ont été garnis et légèrement marqués en creux, un badigeon à la chaux a été passé sur la totalité du parement, des joints à la chaux blanche soulignent à nouveau les joints.

L'architecte doit veiller à ce que les briques utilisées se rapprochent le plus possible des caractéristiques techniques des briques en place pour ne pas provoquer de « points durs » ; ces précautions sont identiques à celles prises pour remplacer les pierres afin de conserver l'authenticité du bâti.

2) Objectifs pédagogiques de la séance

- Définir et nommer les types de briques et de modes de production de briques,
- Repérer certaines pathologies répandues
- Comprendre les choix architecturaux que peuvent induire la conservation-restitution d'ouvrages sans disposer des matériaux d'origine, ou la reconstitution de modes de production particuliers.

Temps à disposition pour cette séance : cette séance se déroulera sur 45 minutes.

3) Activités de l'élève :

- Réponse à un quiz d'introduction et à un quiz de mise à l'épreuve des connaissances majeures acquises en fin de séance ;
- Le visionnage du cours
- Des outils pédagogiques : quizz, glisser-déposer, schéma animé

Module « Conserver » / Séance 2.6 Les bétons

Pierre-Antoine GATIER

« RESSOURCES » est un corpus d'enseignements numériques et collaboratifs sur le thème de la réhabilitation et de la construction bio-géo-sourcée, créé en partenariat avec un consortium d'écoles d'architecture et d'ingénieurs. Les cours sont organisés en 4 grands modules, hébergés sur une plateforme pédagogique dite « Moodle »:

- **Arpenter**
- **Conserver**
- **Intervenir**
- **Comprendre**

Cette plateforme de cours en ligne répond à 5 grands objectifs :

- 56-** Former des professionnels du bâtiment à la conservation du bâti ancien,
- 57-** Sensibiliser aux vertus des matières naturelles locales,
- 58-** S'adapter aux nouveaux modes de transmissions des savoirs,
- 59-** Participer à la transition numérique de l'enseignement supérieur,
- 60-** Initier un juste équilibre présentiel-distanciel grâce à un format collaboratif.

Les enseignements sont assurés par une diversité de professionnels experts de l'architecture et du patrimoine. Chaque cours a été pensé en interactivité avec une vidéo d'introduction de l'intervenant, le cours commenté, une vidéo de conclusion, et un quizz d'autoévaluation.

La séquence 2 « Conserver l'architecture comme matériaux assemblés » s'attache aux différents matériaux nécessaire à la réhabilitation du bâti ancien.

1) Description de la séance : Les bétons

Concepteur de la séance :

Pierre-Antoine GATIER, Architecte DPLG et Architecte du Patrimoine, Architecte en Chef des Monuments Historiques, Inspecteur Général des Monuments Historiques honoraire, membre de l'académie des Beaux-Arts, agence à Paris, enseignant à l'École de Chaillot.

Contenu de la séance :

Le béton armé est le matériau du XXe siècle, de la reconstruction (après les guerres), même s'il est inventé et breveté au XIXe siècle (brevet Monier 1867). Ces brevets, autour de la personnalité de Monier et Coignet, ont pu se développer dans le milieu des grands aménagements paysagers et des jardins publics, créés sous le Second Empire. Le brevet essentiel, celui qui ouvre la modernité est le brevet Hennebique de 1892. Il existe une autre histoire fondatrice pour ces premiers moments d'invention du béton armé : le brevet Cottancin porté par Anatole de Baudot.

La question du revêtement de l'ossature en béton armé :

Henri Sauvage, porté par des sentiments hygiénistes, crée une typologie d'immeuble-balcon, d'immeuble-terrasse avec une structure bétonnée et un revêtement en céramique qui sera tellement regardé par le XXe siècle. Mais peut-être, pour renforcer la minéralité, l'urbanité de leur architecture, d'autres font le choix d'un revêtement en pierre de taille : on évoque la pierre polochonnée. L'ossature

de béton armé qui constitue la structure disparaît derrière des revêtements de pierres scellées ou même derrière des parements de pierres reconstituées.

En effet, le béton armé a été inventé pour être avant tout une structure, ce qui explique la construction d'armatures comme des cintres en planches minces ou des charpentes dans les grands chantiers de construction.

Travail de l'architecte :

- Etude de photos d'archives
- Réalisation de relevé, de dessin
- Réalisation d'un schéma constructif
- Reconnaissance technologique
- Réalisation d'un modèle numérique
- Renforcement de la structure (reprises de ferrailage, chemisage...)

Les pathologies du béton :

- Présence de lacunes – épaufrures
- Corrosion
- Carbonation
- Éclatement, effritement
- Fissures

Les solutions et protocoles de restauration :

- Purge des bétons dégradés
- Nettoyage du béton (brossage, hydrogommage, cryogénie)
- Détourage et passivation des armatures
- Reconstitution de la matrice (chlorures, réactions sulfatiques, alcali-réaction)
- Application d'une protection hydrofuge ou d'un inhibiteur
- Traitement des épidermes
- Réintégration mimétique

2) Objectifs pédagogiques de la séance

- Identifier et savoir situer dans le temps les principales inventions ayant permis de développer les applications des bétons de ciment,
- Savoir nommer les types d'utilisation des bétons de ciment,
- Identifier les particularités de certaines pathologies à partir de *l'exemple de la villa Laroche de Le Corbusier*
- Identifier les apports des bétons armés aux reconstructions.

Temps à disposition pour cette séance : cette séance se déroulera sur 45 minutes.

3) Activités de l'élève :

- Réponse à un quiz d'introduction et à un quiz de mise à l'épreuve des connaissances majeures acquises en fin de séance ;
- Le visionnage du cours
- Le visionnage d'une vidéo de chantier pour une étude du cas pratique de l'église Saint-Louis de Vincennes

Module « Conserver » / Séance 2.8 Le plâtre

Tiffanie LE DANTEC

« RESSOURCES » est un corpus d'enseignements numériques et collaboratifs sur le thème de la réhabilitation et de la construction bio-géo-sourcée, créé en partenariat avec un consortium d'écoles d'architecture et d'ingénieurs. Les cours sont organisés en 4 grands modules, hébergés sur une plateforme pédagogique dite « Moodle » :

- **Arpenter**
- **Conserver**
- **Intervenir**
- **Comprendre**

Cette plateforme de cours en ligne répond à 5 grands objectifs :

- 61-** Former des professionnels du bâtiment à la conservation du bâti ancien,
- 62-** Sensibiliser aux vertus des matières naturelles locales,
- 63-** S'adapter aux nouveaux modes de transmissions des savoirs,
- 64-** Participer à la transition numérique de l'enseignement supérieur,
- 65-** Initier un juste équilibre présentiel-distanciel grâce à un format collaboratif.

Les enseignements sont assurés par une diversité de professionnels experts de l'architecture et du patrimoine. Chaque cours a été pensé en interactivité avec une vidéo d'introduction de l'intervenant, le cours commenté, une vidéo de conclusion, et un quizz d'autoévaluation.

La séquence 2 « Conserver l'architecture comme matériaux assemblés » s'attache aux différents matériaux nécessaires à la réhabilitation du bâti ancien.

1) Description de la séance : Le plâtre

Concepteur de la séance :

Tiffanie Le Dantec est architecte D.E. du Patrimoine, docteur en histoire de l'art et archéologie de l'Université Paris-Saclay. Auteur d'une thèse de doctorat dédiée aux façades en plâtre de Paris et à l'utilisation de son matériau dans la construction du 17^e au 20^e siècle. Elle réalise des études techniques sur ce matériau pour les maîtrises d'œuvre et d'ouvrages. Salariée dans plusieurs agences d'architecture du patrimoine au cours des dernières années, elle rejoint la Ville d'Angers pour encadrer la maîtrise d'ouvrage sur les opérations de restauration de son patrimoine remarquable.

Contenu de la séance :

Le plâtre est un matériau géo-sourcé formé à partir de différentes formes de gypse aux couleurs et aux propriétés différentes en fonction de la zone géographique. Il existe en France une vingtaine de carrières ce qui représente 5,2 millions de tonnes de gypse par an. Le gypse se transforme en plâtre sous l'effet de la chaleur (différentes phases du plâtre). Ensuite, le plâtre est broyé en poudre puis gâché avec de l'eau. L'utilisation artisanale en maçonnerie consiste à le projeter afin de former un enduit. Le plâtre peut également être coulé dans des moules puisqu'il gonfle et épouse les renforcements du moule à vocation de décors.

Du IX^e au XIX^e siècle le plâtre constitue le liant privilégié dans la construction d'édifices architecturaux avant d'être progressivement remplacé par le ciment et la chaux. Pourtant, aujourd'hui, 50% des

façades parisiennes sont en plâtre. En effet, le plâtre est un matériau solide qui a permis la construction et la consolidation de murs et de façades à travers les siècles.

Outre sa durabilité et sa solidité, le plâtre est très esthétique (couleurs, dorures, motifs...) et possède une bonne isolation acoustique. Par ailleurs, le plâtre a d'autres atouts comme sa prise rapide, son élasticité, sa malléabilité et son faible coût. Ce matériau polyvalent a donc beaucoup à apporter à l'architecture contemporaine.

Cependant, le plâtre est vulnérable à l'eau (pluie, humidité du sol, usage intérieur) puisque le matériau est très soluble ce qui nécessite un toit et un solide soubassement (en pierre, en chaux, en brique). Sinon, il en résulte une érosion qui se manifeste par une dissolution de la construction en formant des creux et des bosses. En revanche, le plâtre est poreux et régule bien la vapeur d'eau.

Le plâtre souffre aussi des certaines pathologies chroniques comme les fissures, les décollements, l'apparition de moisissures ou la décoloration.

Malgré ces pathologies, le plâtre se recycle efficacement, on parle de cycle vertueux du plâtre (entre 2009 et 2019, 700 000 tonnes de déchets de plâtre ont été recyclé). Dans un contexte de réhabilitation énergétique, le plâtre a un bel avenir devant lui !

2) Objectifs pédagogiques de la séance

- Identifier les usages du plâtre en architecture, en intérieur et en extérieur,
- Connaître ses processus de fabrication et de fabrication,
- Acquérir un vocabulaire spécifique
- Identifier les particularités de certaines pathologies à partir d'exemples remarquables, connaître les modes d'intervention de réparation et de protection.

Temps à disposition pour cette séance : cette séance se déroulera sur 45 minutes.

3) Activités de l'élève :

- Réponse à un quiz d'introduction et à un quiz de mise à l'épreuve des connaissances majeures acquises en fin de séance ;
- Le visionnage du cours
- Autres outils : quizz et glisser-déposer.

Module « Conserver » / Séance 2.9 Le verre

Christian François

« RESSOURCES » est un corpus d'enseignements numériques et collaboratifs sur le thème de la réhabilitation et de la construction bio-géo-sourcée, créé en partenariat avec un consortium d'écoles d'architecture et d'ingénieurs. Les cours sont organisés en 4 grands modules, hébergés sur une plateforme pédagogique dite « Moodle »:

- **Arpenter**
- **Conserver**
- **Intervenir**
- **Comprendre**

Cette plateforme de cours en ligne répond à 5 grands objectifs :

- 66-** Former des professionnels du bâtiment à la conservation du bâti ancien,
- 67-** Sensibiliser aux vertus des matières naturelles locales,
- 68-** S'adapter aux nouveaux modes de transmissions des savoirs,
- 69-** Participer à la transition numérique de l'enseignement supérieur,
- 70-** Initier un juste équilibre présentiel-distanciel grâce à un format collaboratif.

Les enseignements sont assurés par une diversité de professionnels experts de l'architecture et du patrimoine. Chaque cours a été pensé en interactivité avec une vidéo d'introduction de l'intervenant, le cours commenté, une vidéo de conclusion, et un quizz d'autoévaluation.

La séquence 2 « Conserver l'architecture comme matériaux assemblés » s'attache aux différents matériaux nécessaire à la réhabilitation du bâti ancien.

1) Description de la séance : Le verre

Concepteur de la séance :

***Christian FRANCOIS** est Architecte DPLG à l'agence François-Henrion à Nancy. Il est par ailleurs enseignant titulaire à l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Nancy, il crée et dirige le Master universitaire Verre/Design/Architecture en 2002, et dirige le Master Architecture Histoire et Patrimoine depuis 2005.*

Contenu de la séance :

La recherche d'une véritable transparence fut un des objectifs de l'évolution du verre, lié à la volonté d'accroître la lumière et les vues offertes dans les édifices, en contribuant à la transformation de leur caractère architectural. Cette visée dans l'histoire du matériau fut à l'origine du désir d'augmenter toujours davantage la quantité de production et la taille des verres transparents permettant de valoriser la dimension spectaculaire et commerciale de certaines réalisations. Le règne de Louis XIV au XVIIIe siècle et sa Galerie des Glaces marque l'apogée du raffinement et de la production verrière en France.

Cas du château de Courcelles (début du XVIIIe siècle) :

- Projet de reconstruction et programme technique de changement de fenêtres en double vitrage, isolation thermique et recherche de fonctionnalité
- Recherches historiques et investigations in situ, pour aboutir avant intervention à la synthèse d'un projet de réhabilitation fiable, éclairé et documenté

- Au centre du premier étage le salon à double orientation est qualifié par six miroirs de grandes dimensions (2.17 m hauteur) qui insèrent l'image du paysage du parc dans les décors intérieurs
- Les châssis des extrémités du salon ne sont pas parallèles entre eux, leur orientation converge légèrement vers le centre. Cette géométrie est due à l'intelligence des reflets que génèrent les verres et les miroirs
- Les fenêtres du corps central de l'édifice au rez-de-jardin et au premier étage sont composées de deux vantaux de 2,96 m de haut comprenant chacun 4 grands carreaux réalisés par des plats de verre de grande dimension (54 x 57 cm) sur toute la largeur d'un vantail tenus par des traverses de bois moulurés de 40 x 30 mm : des croisées à grands carreaux et à recouvrement
- Leur image réfléchiée dans les miroirs crée une mise en abîme mêlant avec le réel et le virtuel
- Le salon d'honneur bénéficie de la qualité d'une abondante lumière provenant des six croisées à banquettes et à grands carreaux et de la réflexion des miroirs qui l'amplifient
- Les vitres se conjuguent avec les précieux ornements lumineux du XVIIIe siècle

Les techniques de production du verre aux XVIIIe siècle :

- le soufflage en couronne (soufflage normand) – obtention de verres plats
- le soufflage en manchon (soufflage lorrain) – obtention de verres de grandes tailles

Les pathologies du verre :

- La casse par choc physique ou thermique
- La dévitrification sous une action physico-chimique due à la chaleur et aux intempéries

En résumé, l'architecte du patrimoine doit chercher à : Conserver la perception de ce qui se voyait antérieurement à la surface des verres, Préserver l'identité originelle d'un édifice jusque dans la subtilité de son détail, Conserver des matériaux témoins des techniques et de la culture d'une période historique.

2) Objectifs pédagogiques de la séance

- Connaître l'histoire du matériau verre et l'impact de son histoire sur l'histoire de l'architecture
- Étudier un exemple signifiant de son rôle
- Présenter et percevoir le verre dans sa matérialité,
- Observer par l'étude d'un cas de réhabilitation comment la compréhension de l'ancrage historique et culturel est intimement lié au matériau et réciproquement.
- Comprendre les techniques de production du XVIIIe et les situer comme une source de notre industrie verrière actuelle.
- Pouvoir repérer quelques pathologies et problématiques de conservation des ouvrages.

Temps à disposition pour cette séance : cette séance se déroulera sur 45 minutes.

3) Activités de l'élève :

- Réponse à un quiz d'introduction et à un quiz de mise à l'épreuve des connaissances majeures acquises en fin de séance ;
- Le visionnage du cours
- Autres outils : des vidéos des sites étudiés, un quizz

Module « Conserver » / Séance 2.10 Les fibres

Laurent Arnaud

« RESSOURCES » est un corpus d'enseignements numériques et collaboratifs sur le thème de la réhabilitation et de la construction bio-géo-sourcée, créé en partenariat avec un consortium d'écoles d'architecture et d'ingénieurs. Les cours sont organisés en 4 grands modules, hébergés sur une plateforme pédagogique dite « Moodle »:

- **Arpenter**
- **Conserver**
- **Intervenir**
- **Comprendre**

Cette plateforme de cours en ligne répond à 5 grands objectifs :

- 71-** Former des professionnels du bâtiment à la conservation du bâti ancien,
- 72-** Sensibiliser aux vertus des matières naturelles locales,
- 73-** S'adapter aux nouveaux modes de transmissions des savoirs,
- 74-** Participer à la transition numérique de l'enseignement supérieur,
- 75-** Initier un juste équilibre présentiel-distanciel grâce à un format collaboratif.

Les enseignements sont assurés par une diversité de professionnels experts de l'architecture et du patrimoine. Chaque cours a été pensé en interactivité avec une vidéo d'introduction de l'intervenant, le cours commenté, une vidéo de conclusion, et un quizz d'autoévaluation.

La séquence 2 « Conserver l'architecture comme matériaux assemblés » s'attache aux différents matériaux nécessaire à la réhabilitation du bâti ancien.

1) Description de la séance : Les fibres

Concepteur de la séance :

Laurent Arnaud est ingénieur ENPC, docteur en mécanique, HDR, chef du département bâtiments durables au CEREMA. Il est également enseignant-chercheur dans le domaine des matériaux et notamment bio-sourcés pour le Génie Civil.

Contenu de la séance :

Les bioressources, sont l'ensemble des matières originaires d'organismes vivants issus directement ou indirectement de la photosynthèse. Il s'agit par exemple des coproduits de la culture des ovins comme la laine de moutons, des produits issus des forêts, des pailles de céréales ou encore des pailles de lin, de chanvre, de miscanthus, mais entrent également dans ces ressources tous les produits recyclés comme le papier. Ces matériaux sont disponibles dans l'ensemble des régions et sont en général des co-produits issus de l'agriculture. Ces matériaux sont donc respectueux de l'environnement.

La plupart des caractéristiques intéressantes des matériaux bio-sourcés découlent de leur micro structure. Celle-ci est effectivement très poreuse. Cette micro porosité naturelle est à la base des qualités d'isolation thermique et acoustique des bétons et mortiers bio sourcés mais également de la résistance de ces matériaux. Ces capacités dépendent également de la variété, de la composition chimique, du mode cultural, de la récolte, de la transformation subie ou de la conservation. Ces

particules sont également fortement sensibles à l'eau, légères et compressibles. Ainsi, ces matériaux deviennent plus résistants au cours du temps ce qui explique leur durabilité au fil des siècles. Les matériaux bio-sourcés peuvent aussi être utilisés comme liants avec de la chaux ou de la terre crue.

Les matériaux bio-géo-sourcés en plus du caractère durable dispose de performances :

- Mécaniques
- Acoustiques
- Thermiques
- Hygrothermiques

Ainsi, sur une utilisation standard d'une année ces performances permettent de réduire de 2/3 les consommations énergétiques. Par ailleurs, la valorisation des bio ressources permet de stocker du carbone sur de longues périodes. Enfin, les matériaux géo-sourcés permettent de réaliser des économies d'énergie à court, moyen et long terme.

En résumé, ces matériaux apportent une réponse concrète aux nécessités énergétiques d'évolution du bâti ancien par un respect de la dimension patrimoniale associé à des compétences techniques, économiques et de confort.

2) Objectifs pédagogiques de la séance

- Donner des bases de compréhension des qualités ces matériaux qui leurs font constituer des solutions actuelles, pertinentes et performantes pour la construction durable des bâtiments
- Savoir citer les avantages majeurs de ces matériaux de construction
- Prendre conscience que ces matériaux constituent des solutions actuelles, pertinentes et performantes pour la construction durable des bâtiments et citer les avantages majeurs de ces matériaux de construction

Temps à disposition pour cette séance : cette séance se déroulera sur 45 minutes.

3) Activités de l'élève :

- Réponse à un quiz d'introduction et à un quiz de mise à l'épreuve des connaissances majeures acquises en fin de séance ;
- Le visionnage du cours

Module « Conserver » / Séance 3.1 Les usagers

Alain MARINOS

« RESSOURCES » est un corpus d'enseignements numériques et collaboratifs sur le thème de la réhabilitation et de la construction bio-géo-sourcée, créé en partenariat avec un consortium d'écoles d'architecture et d'ingénieurs. Les cours sont organisés en 4 grands modules, hébergés sur une plateforme pédagogique dite « Moodle » :

- **Arpenter**
- **Conserver**
- **Intervenir**
- **Comprendre**

Cette plateforme de cours en ligne répond à 5 grands objectifs :

- 76-** Former des professionnels du bâtiment à la conservation du bâti ancien,
- 77-** Sensibiliser aux vertus des matières naturelles locales,
- 78-** S'adapter aux nouveaux modes de transmissions des savoirs,
- 79-** Participer à la transition numérique de l'enseignement supérieur,
- 80-** Initier un juste équilibre présentiel-distanciel grâce à un format collaboratif.

Les enseignements sont assurés par une diversité de professionnels experts de l'architecture et du patrimoine. Chaque cours a été pensé en interactivité avec une vidéo d'introduction de l'intervenant, le cours commenté, une vidéo de conclusion, et un quizz d'autoévaluation.

La séquence 3 « Conserver l'architecture comme réseau d'acteurs » s'attache aux différents acteurs de l'écosystème patrimonial.

1) Description de la séance : Les usagers

Concepteur de la séance :

:

Alain Marinos est Architecte et urbaniste, conservateur général du patrimoine • Élu membre associé de l'Académie d'architecture (Paris) en décembre 2021 • Délégué national de l'association des Petites cités de caractère de France. • Président d'honneur de l'Association nationale des architectes des bâtiments de France (ANABF). • Enseignant à l'École de Chaillot (Cité de l'architecture et du patrimoine – Paris) et à l'École nationale des ponts – ParisTech. • Expert en 2021 pour le Conseil de l'Europe. • Expert UNESCO pour l'action « Des quartiers historiques pour tous ». • Professeur conseiller de l'université TONGJI de Shanghai (Chine). • Professeur honoris causa de l'université UNIBTI de Sofia (Bulgarie). • « Academic consultant » du comité éditorial de la revue « BUILT HERITAGE ».

Contenu de la séance :

Alain Marinos commence par déplorer la marginalisation de l'approche culturelle dans les problématiques d'aménagement durable à l'ère du numérique. Selon lui, les politiques actuelles, caractérisées par un enchevêtrement de zonages illisibles et contre-productifs, sont vouées à l'échec. Les mutations techniques successives ont engendré une évolution dans le rapport de l'homme à son environnement.

Mais dans le même temps la modernité est devenu hégémonique, elle se présente comme exclusive, devant à terme éliminer l'ancienne logique d'articulation d'un bâti dont les éléments sont solidarisés et

liés à un contexte, conçus à une échelle locale et humaine. Le caractère réducteur et dangereux de l'hégémonie des réseaux est attesté aujourd'hui par une inflation mondiale et spectaculaire de la préservation des milieux anciens ou traditionnels, qu'il s'agisse de villes ou de paysages agraires. De plus en plus, ces milieux apparaissent comme les supports d'une identité sociale ou sociétale.

Ainsi, la défense du patrimoine s'accompagne d'une prise de conscience identitaire par le prisme du bâti et de sa valeur culturelle et emblématique.

C'est pourquoi en 2005 la conférence générale de l'UNESCO adopte un texte fondateur d'une importance majeure : la Convention-cadre pour la protection et la promotion de la diversité des expressions culturelles. Elle rappelle « que la diversité culturelle doit être intégrée en tant qu'élément stratégique dans les politiques nationales et internationales de développement.

En 2011 la Recommandation de l'UNESCO prône une approche centrée sur le paysage urbain historique dépasse la conservation de l'environnement physique, pour appréhender l'ensemble de l'environnement humain dans ses éléments matériels et immatériels. Elle vise à améliorer la durabilité des processus et des projets de planification et d'aménagement.

S'en suivent des forums internationaux sur la relation entre culture et ville qui tendent vers une considération progressive du patrimoine et prise de conscience de son interaction avec les sociétés (ONU 2014, Quito 2014, Shanghai 2016).

Enfin très récemment, en juillet 2021, pour la première fois, les ministres de la culture du G20 ont adopté une déclaration positionnant résolument la culture comme levier d'une relance socio-économique durable. La première priorité avancée dans cette déclaration, porte sur la protection du patrimoine culturel.

Toutefois, il perdure un cloisonnement entre l'approche environnementale et l'approche culturelle. Or, seule leur collaboration permet de « garder la flamme allumée ».

2) Objectifs pédagogiques de la séance

- appuyer les actions de protection et de conservation des patrimoines sur un regard sociétal
- associer culture et conservation-protection des patrimoines au développement durable

Temps à disposition pour cette séance : cette séance se déroulera sur 45 minutes.

3) Activités de l'élève :

- Réponse à un quiz d'introduction, un quiz intermédiaire et à un quiz de mise à l'épreuve des connaissances majeures acquises en fin de séance ;
- Le visionnage du cours,
- Autres outils : questions à choix multiples, quiz

Module « Conserver » / Séance 3.2 Les architectes

Lorenzo Diez

« RESSOURCES » est un corpus d'enseignements numériques et collaboratifs sur le thème de la réhabilitation et de la construction bio-géo-sourcée, créé en partenariat avec un consortium d'écoles d'architecture et d'ingénieurs. Les cours sont organisés en 4 grands modules, hébergés sur une plateforme pédagogique dite « Moodle » :

- **Arpenter**
- **Conserver**
- **Intervenir**
- **Comprendre**

Cette plateforme de cours en ligne répond à 5 grands objectifs :

- 81-** Former des professionnels du bâtiment à la conservation du bâti ancien,
- 82-** Sensibiliser aux vertus des matières naturelles locales,
- 83-** S'adapter aux nouveaux modes de transmissions des savoirs,
- 84-** Participer à la transition numérique de l'enseignement supérieur,
- 85-** Initier un juste équilibre présentiel-distanciel grâce à un format collaboratif.

Les enseignements sont assurés par une diversité de professionnels experts de l'architecture et du patrimoine. Chaque cours a été pensé en interactivité avec une vidéo d'introduction de l'intervenant, le cours commenté, une vidéo de conclusion, et un quizz d'autoévaluation.

La séquence 3 « Conserver l'architecture comme réseau d'acteurs » s'attache aux différents acteurs de l'écosystème patrimonial.

1) Description de la séance : Les architectes

Concepteur de la séance :

***Lorenzo Diez** est spécialisé dans le domaine des théories et doctrines de restauration des architectures et des politiques publiques du patrimoine. Il est diplômé de l'école de Chaillot où il enseigne depuis 2008. Après avoir travaillé au sein d'agences d'architecture, Lorenzo Diez pratique le métier d'ABF à partir de 2000 puis de directeur de l'école d'architecture de Nancy de 2009 à 2019. Sa vision et son action y est saluée par les enseignants, les étudiants et de nombreux partenaires. Il est un des rédacteurs la Stratégie nationale pour l'architecture en 2015 puis l'initiateur l'initiative Région Architecture dans le cadre de la création de la région Grand Est. Depuis janvier 2020, Lorenzo Diez est Conseiller scientifique architecture et patrimoine à la DRAC Grand Est. Parallèlement, il mène une activité de coaching d'architectes et un doctorat en sciences de l'éducation sur l'enseignement de l'architecture.*

Contenu de la séance :

Selon Lorenzo Diez, la mission première des architectes du patrimoine est de retarder la démolition des architectures pré-existantes et ainsi de participer à réduire la consommation de matières premières. Il devient alors nécessaire de concilier valeur patrimoniale et authenticité du bâti avec la valeur environnementale et énergétique.

L'architecte du patrimoine est le fruit d'une attente sociétale, d'un écosystème administratif et d'une école doctrinale (les restaurateurs et les créateurs). C'est l'ensemble de ces composantes qui constituent « La méthode Chaillot ». En effet, en 1887 Anatole de Baudot, disciple de Viollet-le-Duc,

ouvre, au Trocadéro, un cours spécifique traitant de ce sujet, en complément de la formation initiale des architectes. Il y traite de l'histoire de l'architecture du Moyen-Age, des techniques et matériaux de constructions et enfin des méthodes de conservation, consolidation et restauration des monuments architecturaux. Dès lors ce cours perdure sur les mêmes bases. A ces disciplines historiques s'ajoutent les études urbaines, la législation et enfin les doctrines puisqu'en deux siècles, l'approche de la restauration a connu plusieurs grands courants de pensées guidant l'action de ces architectes. On y développe les compétences des architectes au projet de conservation par le projet.

Les typologies des Architectes du Patrimoine :

- **ACMH** (Architectes en Chef des Monuments Historiques) : Ils interviennent spécifiquement sur les monuments historiques protégés par la loi. On dénombre à ce jour 37 ACMH en France. Ils sont à la fois des agents de la fonction publique (recrutés sur concours) et des professionnels libéraux. Ils ont la charge de deux à trois départements. Dans ces départements ils assurent, à la demande de l'État, des missions de surveillance, de conseil et d'expertise sur les monuments historiques.
- **ABF** (Architectes des Bâtiments de France) : Ils sont à ce jour environ 180. On compte entre 1 et 4 ABF par départements. Ils assurent le suivi sanitaire de 500 MH en moyenne par département et l'entretien de 200 d'entre-eux qui sont classés. Ils instruisent environ 400 000 dossiers de travaux par an dans ce que l'on appelle les espaces protégés soit environ 5000 dossiers par département. Les ABF assurent trois principales missions : le contrôle des espaces protégés ; la conservation des monuments historiques ; le conseil aux particuliers et aux collectivités locales en matière d'architecture, d'urbanisme, de paysage et plus généralement de cadre de vie. Par ailleurs, l'ABF est le conservateur des monuments historiques classés appartenant à l'Etat et affectés au ministère de la culture dans son département. Pour devenir ABF il faut donc d'abord devenir Architecte-urbaniste de l'État. C'est à dire intégrer par voie de concours ce corps d'agents de la fonction publique comme les ACMH.
- **AP** (Architectes du Patrimoine) : Ils sont pratiquement un millier. Chaque année 40-50 architectes sortent diplômés de l'école de Chaillot. Ils exercent souvent en libéral et leurs principales missions sont : la recherche historique et documentaire, l'étude urbaine et paysagère et surtout la mise en place de travaux de conservation, consolidation, et restauration d'ouvrage.

2) Objectifs pédagogiques de la séance

- connaître les métiers des architectes spécialisés dans la conservation
- Découverte du le contexte, leurs formations
- Comprendre les différentes catégories d'architectes conservateurs et leurs spécificités

Temps à disposition pour cette séance : cette séance se déroulera sur 45 minutes.

3) Activités de l'élève :

- Réponse à un quiz d'introduction et à un quiz de mise à l'épreuve des connaissances majeures acquises en fin de séance ;
- Le visionnage du cours,
- Autres outils : animations, quizz

Module « Conserver » / **Séance 3.3 Les artisans**

Marion Rogar

« RESSOURCES » est un corpus d'enseignements numériques et collaboratifs sur le thème de la réhabilitation et de la construction bio-géo-sourcée, créé en partenariat avec un consortium d'écoles d'architecture et d'ingénieurs. Les cours sont organisés en 4 grands modules, hébergés sur une plateforme pédagogique dite « Moodle »:

- **Arpenter**
- **Conserver**
- **Intervenir**
- **Comprendre**

Cette plateforme de cours en ligne répond à 5 grands objectifs :

- 86-** Former des professionnels du bâtiment à la conservation du bâti ancien,
- 87-** Sensibiliser aux vertus des matières naturelles locales,
- 88-** S'adapter aux nouveaux modes de transmissions des savoirs,
- 89-** Participer à la transition numérique de l'enseignement supérieur,
- 90-** Initier un juste équilibre présentiel-distanciel grâce à un format collaboratif.

Les enseignements sont assurés par une diversité de professionnels experts de l'architecture et du patrimoine. Chaque cours a été pensé en interactivité avec une vidéo d'introduction de l'intervenant, le cours commenté, une vidéo de conclusion, et un quizz d'autoévaluation.

La séquence 3 « Conserver l'architecture comme réseau d'acteurs » s'attache aux différents acteurs de l'écosystème patrimonial.

1) Description de la séance : Les artisans

Concepteur de la séance :

Marion Rogar est Secrétaire générale du Groupement des Entreprises de Restauration des Monuments Historiques, le GMH.

Contenu de la séance :

A ce jour, on dénombre 657 entreprises qualifiées en travaux du patrimoine et en restauration des monuments. Ces entreprises créent de la richesse et ont un impact fort à l'échelle locale. Elles ont l'avantage de bien connaître les typologies de techniques et de matériaux de leur région et de les reproduire ou les adapter dans une perspective de développement durable. Ces entreprises sont regroupées et protégées par le syndicat GMH.

On dénombre 12 principaux métiers du patrimoine :

- Maçon
- Charpentier
- Menuisier
- Couvreur
- Sculpteur
- Maître verrier
- Stucateur

- Ferronnier
- Peintre en décor
- Doreur
- Marbrier
- Tailleur de pierre

En parallèle de ces métiers du patrimoine s'ajoutent les fournisseurs et les prestataires qui œuvrent en amont du chantier (études et diagnostics, sécurisation et consolidation, produits et matériaux, échafaudages et affichage).

Fonctionnement d'un chantier public monument historique :

- Etape 1 : Diagnostic et programmation travaux
- Etape 2 : Montage du financement auprès des organismes et des fondations
- Etape 3 : Consultation maîtrise d'œuvre
- Etape 4 : Consultation d'entreprises
- Etape 5 : Réalisation des travaux

Au préalable, pour travailler sur un monument historique il faut obtenir **la qualification QUALIBAT patrimoine** et MH qui prend en compte des critères de compétences techniques, administratifs, financiers.

Le label EPV (durée 5 ans), Entreprise du Patrimoine Vivant est délivré par le Ministère de l'Economie à des entreprises du secteur de la restauration et des métiers d'art.

D'un point de vue administratif, l'entreprise doit obligatoirement être couverte pour : les dommages aux tiers, la responsabilité civile, les dommages affectant l'ouvrage, la responsabilité décennale.

En amont, il est fondamental d'identifier et évaluer les risques, de demander les garanties et de vérifier celles de l'entreprises.

Les défis d'avenir des entreprises du bâti ancien :

- Adaptation au changement climatique – rénovation énergétique et durable
- Adaptation aux outils numérique – modélisation
- Les formations et la transmission – garants de savoir-faire ancestraux

2) Objectifs pédagogiques de la séance

- Connaître les métiers et les spécificités des entreprises intervenant sur les monuments historiques
- Connaître les enjeux d'avenir de cette filière en matière de développement durable et d'évolution numérique des métiers.

Temps à disposition pour cette séance : cette séance se déroulera sur 45 minutes.

3) Activités de l'élève :

- Réponse à un quiz d'introduction et à un quiz de mise à l'épreuve des connaissances majeures acquises en fin de séance ;
- Le visionnage du cours,
- Le visionnage de trois vidéos de deux propriétaires de monuments historiques et d'un architecte du patrimoine.
- Autres outils : des textes à trous, glisser-déposer, quizz

Module « Conserver » / Séance 3.4 LRMH

Aline MAGNIEN

« RESSOURCES » est un corpus d'enseignements numériques et collaboratifs sur le thème de la réhabilitation et de la construction bio-géo-sourcée, créé en partenariat avec un consortium d'écoles d'architecture et d'ingénieurs. Les cours sont organisés en 4 grands modules, hébergés sur une plateforme pédagogique dite « Moodle »:

- **Arpenter**
- **Conserver**
- **Intervenir**
- **Comprendre**

Cette plateforme de cours en ligne répond à 5 grands objectifs :

- 91-** Former des professionnels du bâtiment à la conservation du bâti ancien,
- 92-** Sensibiliser aux vertus des matières naturelles locales,
- 93-** S'adapter aux nouveaux modes de transmissions des savoirs,
- 94-** Participer à la transition numérique de l'enseignement supérieur,
- 95-** Initier un juste équilibre présentiel-distanciel grâce à un format collaboratif.

Les enseignements sont assurés par une diversité de professionnels experts de l'architecture et du patrimoine. Chaque cours a été pensé en interactivité avec une vidéo d'introduction de l'intervenant, le cours commenté, une vidéo de conclusion, et un quizz d'autoévaluation.

La séquence 3 « Conserver l'architecture comme réseau d'acteurs » s'attache aux différents acteurs de l'écosystème patrimonial.

1) Description de la séance : Le laboratoire de Recherche des Monuments Historiques

Concepteur de la séance :

***Aline Magnien** est Directrice du Laboratoire de Recherche des Monuments historiques, le LRMH. Aline Magnien est agrégée de lettres modernes, docteur en histoire de l'art et Conservateur en chef du patrimoine, chef du service régional de l'Inventaire général de Picardie, chargée du domaine des objets mobiliers et de la sculpture à la sous-direction de l'Inventaire (en 2005). Responsable du service des collections au Musée Rodin à Paris (en 2008).*

Contenu de la séance :

Le LRMH a été créé en 1967 afin de rassembler les savoirs scientifiques au service de la conservation-restauration des œuvres immobilières et mobilières protégées principalement au titre des Monuments Historiques. Ses missions consistent en l'aide à la décision par l'apport de connaissances théoriques et pratiques avant restauration, soit : des études de cas, des recherches, des publications. En effet, son fonds documentaire rassemble 90 000 documents dont 3 852 ouvrages et 2 279 rapports du LRMH.

Le LRMH a une forte influence à l'international.

Le LRMH :

- Service du Ministère de la culture, dépendant de la Direction générale des patrimoines et de l'architecture

- 36 agents permanents dont 23 scientifiques : ingénieurs, docteurs en génie civil, géologue, microbiologiste...
- Partenaires : maîtres d'ouvrage, restaurateurs, maîtres d'œuvre, partenaires scientifiques
- Un équipement technologique de pointe pour les analyses physico-chimiques
- Pôles d'expertise : Béton, Bois, Grottes ornées, Métal, Microbiologie, Peinture murale et polychromie, Pierre, Terre crue, Textile, Vitrail

2) Objectifs pédagogiques de la séance

- Connaître le LRMH, son histoire et ses domaines d'action
- Repérer les différents domaines d'apports des disciplines scientifiques pour analyser les comportements des matières et de leurs assemblages et bâtir des stratégies de restauration-conservation.

Temps à disposition pour cette séance : cette séance se déroulera sur 45 minutes.

3) Activités de l'élève :

- Réponse à un quiz d'introduction et à un quiz de mise à l'épreuve des connaissances majeures acquises en fin de séance ;
- Le visionnage du cours,
- Autres outils : quiz final d'évaluation.

Module « Conserver » / Séance 3.5 Les associations

Julien LACAZE

« RESSOURCES » est un corpus d'enseignements numériques et collaboratifs sur le thème de la réhabilitation et de la construction bio-géo-sourcée, créé en partenariat avec un consortium d'écoles d'architecture et d'ingénieurs. Les cours sont organisés en 4 grands modules, hébergés sur une plateforme pédagogique dite « Moodle »:

- **Arpenter**
- **Conserver**
- **Intervenir**
- **Comprendre**

Cette plateforme de cours en ligne répond à 5 grands objectifs :

- 96-** Former des professionnels du bâtiment à la conservation du bâti ancien,
- 97-** Sensibiliser aux vertus des matières naturelles locales,
- 98-** S'adapter aux nouveaux modes de transmissions des savoirs,
- 99-** Participer à la transition numérique de l'enseignement supérieur,
- 100-** Initier un juste équilibre présentiel-distanciel grâce à un format collaboratif.

Les enseignements sont assurés par une diversité de professionnels experts de l'architecture et du patrimoine. Chaque cours a été pensé en interactivité avec une vidéo d'introduction de l'intervenant, le cours commenté, une vidéo de conclusion, et un quizz d'autoévaluation.

La séquence 3 « Conserver l'architecture comme réseau d'acteurs » s'attache aux différents acteurs de l'écosystème patrimonial.

1) Description de la séance : Les associations

Concepteur de la séance :

***Julien Lacaze**, titulaire d'un master de droit privé général et d'un master d'histoire du droit, est docteur en droit. Il préside l'association SPPEF - Sites & Monuments, fondée en 1901, plus ancienne association française de protection du patrimoine, reconnue d'utilité publique et agréée pour la protection de l'environnement. Il est membre de la commission nationale de l'architecture et du patrimoine (CNPA) et de la commission supérieure des sites, perspectives et paysages (CSSPP).*

Contenu de la séance :

Selon Julien Lacaze, la conservation de l'architecture et du patrimoine est mise à mal par les politiques de massification et de généralisation des rénovations thermiques et de l'installation de dispositifs de production d'énergie. D'après lui, la réhabilitation énergétique du bâti ancien est difficilement compatible avec la préservation de l'authenticité et de la valeur patrimoniale. C'est pourquoi, le bâti du XXe siècle, souvent considéré comme énergivore, n'en mérite pas moins de conserver ses qualités architecturales, en particulier lorsque celui-ci est labellisé au titre de l'« Architecture contemporaine remarquable ». Une isolation par l'intérieur (matériaux perspirants), plus couteuse et complexe, est alors préférable pour ne pas dénaturer l'ouvrage.

C'est pourquoi, les associations ont un rôle majeur pour permettre l'assimilation des notions environnementales, culturelles, sociales ou économiques dans le secteur du bâti ancien.

Par exemple, l'association Maisons Paysannes de France, s'appuyant notamment sur le Centre de ressources pour la réhabilitation responsable du bâti ancien (CREBA), a participé à l'étude BATAN, modélisant le comportement thermique du bâti ancien, comme à la conception des fiches ATHEBA (pour Amélioration Thermique du Bâti Ancien), établissant les bonnes pratiques en la matière. En outre, ces associations ont souvent un rôle d'alerte auprès des pouvoirs publics.

Les typologies d'associations du patrimoine en France :

- les associations de propriétaires de Monuments historiques (Demeure Historique, Vieilles maisons françaises)
- les associations de transmission de savoir-faire (Maisons paysannes de France)
- les associations de chantiers de bénévoles et d'insertion (Union Rempart, Cham, Acta Vista)
- les associations d'élus (Sites et cités remarquables, Petites cités de caractère)
- les associations à portée internationale (ICOMOS, Docomomo)
- les associations ou fondations de financement du patrimoine (Fondation du patrimoine...)
- les associations de défense du patrimoine (Patrimoine Environnement, Sites & Monuments, Docomomo France, l'Association pour la sauvegarde de la maison alsacienne...)

Par ailleurs, La Société pour la Protection des Paysages et de l'Esthétique de la France (SPPEF), nommée aujourd'hui Sites & Monuments, est la plus ancienne association de protection du patrimoine française. Elle est dédiée à la protection des paysages et du patrimoine et afin d'encourager les travaux de restauration l'association a mis en place des prix du jury.

Les associations permettent, notamment par une action médiatique, d'éveiller la curiosité du public sur l'importance culturelle du bâti et de son second œuvre. La réflexion des associations sur des solutions alternatives, combinée à un travail de lobbying, permettent alors de faire évoluer les normes et les pratiques.

2) Objectifs pédagogiques de la séance

Connaître les associations de défense du patrimoine, leurs rôles, leurs moyens d'action et leurs besoins.

Temps à disposition pour cette séance : cette séance se déroulera sur 45 minutes.

3) Activités de l'élève :

- Réponse à un quiz d'introduction et à un quiz de mise à l'épreuve des connaissances majeures acquises en fin de séance ;
- Le visionnage du cours,

Module « Conserver » / Séance 3.7 La maîtrise d'ouvrage de conservation

Emmanuel ÉTIENNE (introduction du cours)

Clarisse MAZOYER (cours)

« RESSOURCES » est un corpus d'enseignements numériques et collaboratifs sur le thème de la réhabilitation et de la construction bio-géo-sourcée, créé en partenariat avec un consortium d'écoles d'architecture et d'ingénieurs. Les cours sont organisés en 4 grands modules, hébergés sur une plateforme pédagogique dite « Moodle »:

- **Arpenter**
- **Conserver**
- **Intervenir**
- **Comprendre**

Cette plateforme de cours en ligne répond à 5 grands objectifs :

1. Former des professionnels du bâtiment à la conservation du bâti ancien,
2. Sensibiliser aux vertus des matières naturelles locales,
3. S'adapter aux nouveaux modes de transmissions des savoirs,
4. Participer à la transition numérique de l'enseignement supérieur,
5. Initier un juste équilibre présentiel-distanciel grâce à un format collaboratif.

Les enseignements sont assurés par une diversité de professionnels experts de l'architecture et du patrimoine. Chaque cours a été pensé en interactivité avec une vidéo d'introduction de l'intervenant, le cours commenté, une vidéo de conclusion, et un quizz d'autoévaluation.

La séquence 3 « Conserver l'architecture comme réseau d'acteurs » s'attache aux différents acteurs de l'écosystème patrimonial.

1) Description de la séance : La maîtrise d'ouvrage de conservation

Concepteur de la séance :

Emmanuel ÉTIENNE est architecte du patrimoine et urbaniste général de l'Etat. Il est directeur du service du patrimoine, adjoint au directeur général des patrimoines et de l'architecture, Ministère de la culture.

Clarisse MAZOYER est Présidente de l'Opérateur du Patrimoine et des Projets Immobiliers de la Culture.

Contenu de la séance :

Les missions du maître d'ouvrage (relatives à la loi de 1985):

- commande: il décide, définit les règles de son projet et en précise l'ambition et la localisation
- définit le besoin car il en maîtrise l'usage
- rend le projet faisable en lui allouant des ressources et en rassemblant les professionnels compétents

Le maître d'ouvrage cumule trois natures de travaux :

- **Pérenniser et transmettre** le patrimoine aux générations futures (travaux de restauration)
- **Considérer les monuments historiques comme des bâtiments comme les autres** (normes, sécurité, installation numérique et énergétique, accessibilité, sanitaires)
- **La clé de l'usage** : Les monuments ne se transmettront pas à la postérité s'ils restent sans usage, leur utilisation est l'une des meilleures garanties de leur entretien, d'où l'adaptation des monuments aux usages d'aujourd'hui.

Les démarches de la maîtrise d'ouvrage :

- Connaissance du patrimoine, de l'histoire, de l'environnement du monument (études de diagnostic, recherches documentaires, repérage des éléments remarquables)
- Le cahier des charges patrimonial.
- Planification des travaux et schéma directeur. Par schéma directeur, on entend la faculté de pouvoir identifier les objectifs sanitaires, réglementaires et fonctionnels pour le monument, qui répondent aux 3 nature de travaux présentés.
- Regroupement d'une équipe de professionnels compétents dans des domaines complémentaires (ACMH, ABF, AP, bureaux d'études, économistes, acousticiens...)
- Le choix des entreprises (respect des règles de la commande publique, spécificités techniques demandées, la structuration de l'allotissement)
- La formalisation d'une démarche environnementale.

2) Objectifs pédagogiques de la séance

- Connaître les rôles généraux de la maîtrise d'ouvrage, en général et dans l'exercice de la conservation de monuments.
- Analyse d'une démarche de maîtrise d'ouvrage qui cherche à concilier des objectifs parfois contradictoires, comme la conservation et la protection de l'environnement

Temps à disposition pour cette séance : cette séance se déroulera sur 45 minutes.

3) Activités de l'élève :

- Réponse à un quiz d'introduction et à un quiz de mise à l'épreuve des connaissances majeures acquises en fin de séance ;
- Le visionnage du cours,
- Le visionnage de vidéos de description de la mission de maîtrise d'ouvrage, d'une phase de chantier « mise en accessibilité de l'hôtel de Cluny janvier 2022