

# RESSOURCES

RÉHABILITATION & CONSTRUCTION BIO-GÉO-SOURCÉES

Partenaires fondateurs



Avec le soutien



ANR-20-NCUN-0007

Partenaires associés





RESSOURCES est une plateforme numérique dédiée à l'enseignement hybride à la réhabilitation et à la construction bio-géo-sourcées, qui mobilise des approches pédagogiques expérientielles, collaboratives, et des outils numériques. Son objectif est de former des professionnel·les du bâtiment capables de construire avec les ressources à portée de main sur les territoires, que ces ressources soient des matières naturelles peu transformées (pierre, terre, bois et fibres végétales) ou un bâti existant à réhabiliter.

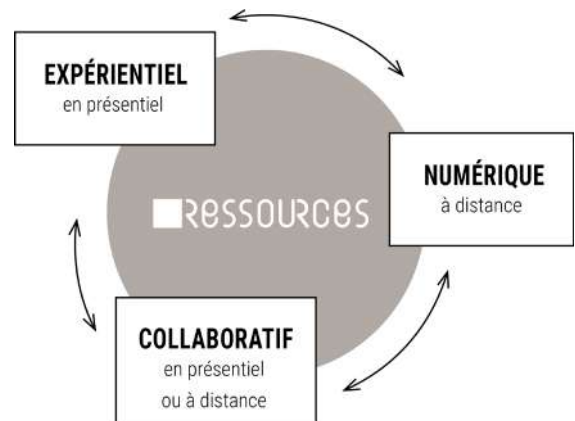
RESSOURCES est le résultat d'un projet lauréat du Programme d'investissements d'avenir 3 (PIA 3) sur l'hybridation des formations d'enseignement supérieur. Il a mobilisé sept établissements d'enseignement supérieur (cinq écoles nationales supérieures d'architecture : ENSA Clermont-Ferrand, ENSA Grenoble, ENSA Lyon, ENSA Normandie, ENSA Toulouse, ENSA Versailles ; l'école de Chaillot ; et l'INSA Lyon), un organisme de formation (Les compagnons du devoir) aux côtés des Grands Ateliers (plateau technique) et d'amàco, autour de la production de contenus pédagogiques. À la recherche d'un juste équilibre présentiel-distanciel, le projet s'appuie sur la nécessaire transition numérique de l'enseignement supérieur pour renforcer et professionnaliser la transition énergétique et bas carbone du secteur du bâtiment dans son ensemble, qui produit à lui seul près de 40% des émissions de CO2 (construction, rénovation, exploitation, déconstruction).



# Des contenus modulaires pour enseigner la réhabilitation et la construction bio-géo-sourcées

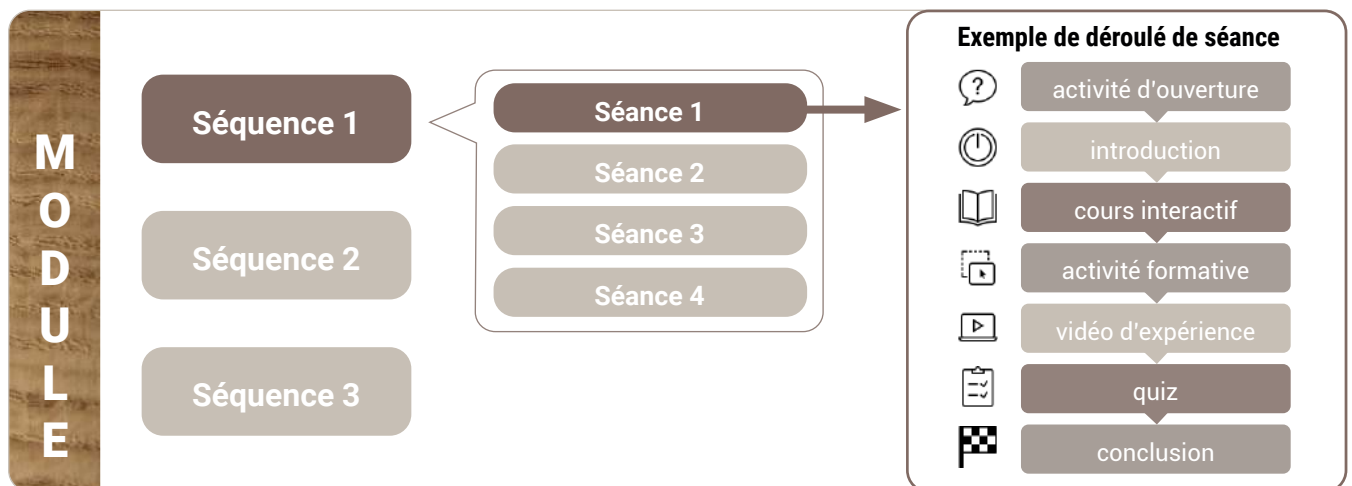
## Approche de l'enseignement en hybridation

RESSOURCES mêle une pédagogie expérientielle réelle et concrète par le faire chaque fois que l'étudiant·e se rend dans l'établissement, et une pédagogie à distance, en ayant recours à des outils numériques. À ces deux méthodes d'apprentissage s'ajoute une troisième dimension basée sur des pédagogies collaboratives, qui peuvent, au gré des événements, s'organiser en présentiel ou à distance.



## Organisation des cours

Chaque **module** se divise en **séquences** pédagogiques, elles-mêmes composées de **séances**. Les séances sont un enchaînement de **grains** (cours, vidéos, activités...) articulés autour d'objectifs pédagogiques, et réalisables par l'apprenant en un temps limité (entre 15 minutes et 2h selon les séances).



## Utilisation des contenus par les enseignant·e·s

L'ensemble des contenus (à l'échelle du module, de la séquence, de la séance ou du grain pédagogique) peut être utilisé par les enseignant·e·s :

1/ En indiquant aux étudiants les cours à suivre sur la plateforme RESSOURCES  
*pour une utilisation en classe inversée, ou en complément du cours*

2/ En intégrant des grains pédagogiques dans ses propres cours  
*pour enrichir une séquence pédagogique*

# Accès à la plateforme

## et utilisation des contenus RESSOURCES

**La plateforme est accessible aux enseignant·e·s et étudiant·e·s des établissements fondateurs du projet, et peut être ouverte à tout établissement d'enseignement supérieur qui en fait la demande, après signature d'une convention d'utilisation précisant les modalités d'adhésion. Les frais de maintenance de la plateforme sont partagés entre les établissements utilisateurs et établis par un accord de valorisation.**

**A partir de la plateforme, les enseignant·e·s peuvent créer, organiser et donner leurs cours à distance.**

Tous les modules sont rassemblés sur une plateforme LMS (sur la base de Moodle) gérée par amàco, à partir de laquelle chaque enseignant·e peut :

- créer et composer ses cours à partir des contenus RESSOURCES ;
- exporter les séquences ou modules qu'il souhaite sur la plateforme de son établissement (compatible avec Moodle) pour les intégrer dans ses cours ;
- inviter ses étudiant·e·s à suivre ses cours sur la plateforme RESSOURCES ou celle de son établissement.

La plateforme RESSOURCES est déclarée en tant que fournisseur de service auprès de la Fédération Éducation-Recherche (RENATER). Cette déclaration permet aux utilisateurs issus des établissements membres de la Fédération de se connecter avec leur compte universitaire, sans nécessité de créer un nouveau compte sur la plateforme.

<https://ressources.amaco.org>

RESSOURCES

Accueil

Toutes les ressources pédagogiques  
autour de la construction & la  
réhabilitation bio-géo-sourcées

RESSOURCES est une plateforme d'enseignement en ligne dédiée à la réhabilitation et à la construction biosourcées et géosourcées. Produites par des enseignant·e·s et formateur·rice·s, les ressources pédagogiques de la plateforme sont mises à disposition des établissements d'enseignement formant les professionnel·le·s et futur·e·s professionnel·le·s du bâtiment. RESSOURCES facilite la mise en place de cours théoriques à distance pour favoriser l'apprentissage par le "faire" en présentiel, et ainsi former des professionnels du bâtiment capables de construire avec les ressources à portée de main sur les territoires, que ces ressources soient des matières naturelles peu transformées ou un bâti existant à réhabiliter.

En savoir plus

Partenaires fondateurs

enssa UGA INSA IITE

avec le soutien de

Partenaires associés

# Organisation des contenus sur la plateforme

## Construction bio-géo-sourcée



### TERRE

Introduction à l'architecture de terre  
Techniques de transformation et mise en oeuvre  
Caractéristiques et performances  
Structures en terre  
Conception architecturale du projet en terre  
Gestion du projet en terre



### BOIS

La ressource  
Les transformations du bois  
Structure et stabilité des ossatures bois  
«Porter» : les 5 principaux systèmes constructifs  
Structure et systèmes poteau - poutre  
«Franchir» : les charpentes et planchers en bois  
Structure et charpentes



### PIERRE

Introduction à l'architecture contemporaine en pierre  
Extraire et transformer  
Porter  
Franchir  
Tracer, Tailler, Poser



### FIBRES VÉGÉTALES

Fibres et architectures  
Construire avec ce que l'on a sous la main  
Les fibres sous toutes les formes  
Une matière qui demande du savoir-faire  
Une matière qui sait s'adapter aux exigences

## Réhabilitation bio-géo-sourcée



### ARPENTER

Relever le temps : relevé et restitution de l'espace habité  
Relever la matière : relevé et restitution de l'espace construit/bâti



### COMPRENDRE

Comprendre le bâti pour la réhabilitation  
Le bâti préindustriel : la paroi et la baie  
Le bâti préindustriel : les éléments de recouvrement  
Le bâti préindustriel : le clos  
Le bâti industriel



### CONSERVER

Conserver l'architecture comme écosystème constructif  
Conserver l'architecture comme matériaux assemblés  
Conserver l'architecture comme réseau d'acteurs



### INTERVENIR

Connaître : pourquoi transformer l'existant ?  
Comment protéger  
Réemployer l'existant  
Comment transformer

## Ambiances et physique du bâtiment



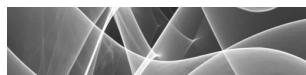
### SON

Entrée en matière sonore  
De l'onde à l'effet sonore  
Acoustique des matériaux  
Acoustique des salles  
Isoler en biosourcés  
Ambiance au gymnase



### CHALEUR

Transferts thermiques  
Ambiance thermique et conception  
Confort  
Humidité  
Bilan énergétique



### LUMIÈRE

Entrée en matières lumineuses  
Phénomènes lumineux  
Architecture et lumière naturelle  
Mise en lumière et architecture



### IMPACT ENVIRONNEMENTAL

L'impact environnemental  
L'analyse du cycle de vie (ACV)  
TD d'application : lire des fiches FDES  
TD d'application (suite) : Calculer un impact environnemental  
Au-delà des normes : questionner, créer, dépasser



# Des modalités pédagogiques adaptées à l'enseignement de la construction et de la réhabilitation

Extraits de contenus issus de la plateforme RESSOURCES

## Cours interactifs / cours numérique (par ex : classe inversée)



Figure 1 : Cours interactif, *Qu'est-ce qu'une fibre végétale ?*, Module « Fibres »

## Interviews d'expert-e-s



Figure 2 : Interview, *Hana Samet, architecte HMONP*, Module « Terre »

## Quiz et activités formatives / entraînement en ligne

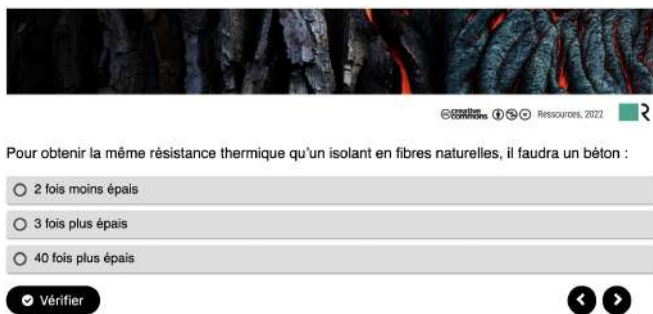


Figure 3 : Quiz, *Transferts thermiques*, Module « Chaleur »



Figure 4 : Activité drag'n'drop, *Reconnaître la sonorité d'un matériau*, Module « Son »

## Études de cas



Figure 5 : Étude de cas, *Projet de réhabilitation en matériaux bio-sourcés*, Module « Intervenir »

## Manipulations filmées

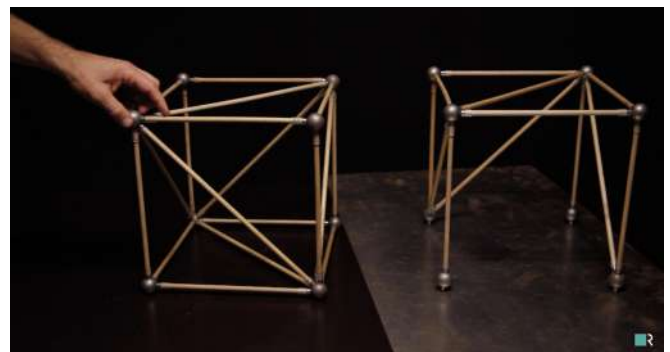


Figure 6 : Vidéo de manipulation, *Comprendre les structures bois*, Module « Bois »

# Des modalités pédagogiques adaptées à l'enseignement de la construction et de la réhabilitation

Extraits de contenus issus de la plateforme RESSOURCES

## Vidéo de cours / cours numérique (par ex : classe inversée)



Figure 7 : Cours, *La couverture*, par Maël De Quelen, Module « Conserver »

## Activités collaboratives

### Activité facultative: Partager des références de bâti en pisé



Choisissez l'une des activités proposées:  
**OPTION 1:** Créez une fiche sur un projet contemporain de n'importe quelle partie du monde dans lequel la technique du pisé est utilisée.  
**OPTION 2:** Créez une fiche sur un exemple représentatif d'une autre période dans lequel la technique du pisé a été utilisée.  
 La fiche que vous devez faire doit respecter la structure suivante:

- Titre: Nom du projet, ville, pays, année.
- Photo: 1 seule photo, taille maximale: 100Mo.
- Légende photo: Architectes.

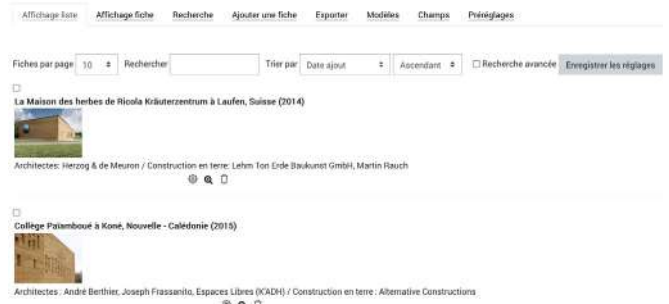


Figure 8 : Base de données, *Partager des références de bâti en pisé*, Module « Terre »

## Design build / expérimental collaboratif

TD «Éléments d'architecture»  
 La baie

### 1.2 Matériel nécessaire

**Matériel collectif**

Déplacez et soulevez les pierres.

- Calez en face à mettre sous les blocs de pierre
- Prenez un objet moufle (à 3 troncs) avec patin à chaise pour soulever et déplacer les pierres.
- 2 Élingues de levage (souple)

Défilez les blocs de pierre.

- Poussez avec une machine 10t - 1m 20 au moins pour décaler les pierres.
- Une distance de centimètres
- Une manivelle à vis ou une vis radiale
- Un transporteur
- Un tasseau par personne (partir étudié de taille)
- La pince de levage

Figure 9 : Fiche workshop, *Éléments d'architecture : la baie*, Module « Pierre »

## Vidéo reportage / chantier



Figure 10 : Vidéo de chantier, *Cours sur la tuile plate*, Module « Comprendre »

## Exercice d'application

RESSOURCES / Impact environnemental / Introduction et application de l'ACV : Quantifier, calculer, différencier

### Comparatif Rénovation Biosourcée / Démolition reconstruction traditionnelle

COMPARAISON GRAPHIQUE

**Réchauffement climatique en kg CO2 eq**

| Lot                    | Projet A<br>Démolition / Reconstruction traditionnelle | Projet B<br>Rénovation biosourcée |
|------------------------|--|-----------------------------------|
| Fondations             |  |                                   |
| Gros Œuvre             |  |                                   |
| Charpente / Couverture |  |                                   |
| Isolation / Bardage    |  |                                   |
| Menuiseries            |  |                                   |
| Total                  |  |                                   |

**Utilisation totale des énergies non renouvelables en MJ total**

| Lot                    | Projet A<br>Démolition / Reconstruction traditionnelle | Projet B<br>Rénovation biosourcée |
|------------------------|--|-----------------------------------|
| Fondations             |  |                                   |
| Gros Œuvre             |  |                                   |
| Charpente / Couverture |  |                                   |
| Isolation / Bardage    |  |                                   |
| Menuiseries            |  |                                   |
| Total                  |  |                                   |

Vous pouvez remplir les tableaux ci-dessus à partir des données de l'onglet "calculs détaillés".  
 À partir des résultats, réalisez un graphique pour chaque tableau afin de comparer les résultats des projets et d'insérer le graphique.

Comparaison de l'utilisation totale des énergies non renouvelables des projets A et B (en MJ total)

Figure 11 : TD d'application, *Calcul d'impact environnemental*, Module « Impact environnemental »

# Annexe

## Présentation des 12 modules RESSOURCES



**TERRE**



**BOIS**



**PIERRE**



**FIBRES VÉGÉTALES**



**ARPENTER**



**COMPRENDRE**



**CONSERVER**



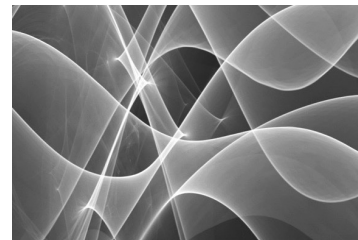
**INTERVENIR**



**SON**



**CHALEUR**



**LUMIÈRE**



**IMPACT  
ENVIRONNEMENTAL**



# Terre



Nombre d'heures : 11h  
(temps apprenant)



Nombre de séquences : 6

Le module « terre » est une invitation à découvrir le matériau terre crue et à apprendre à l'utiliser dans des projets de construction.

La terre y est d'abord présentée sous l'angle de son histoire architecturale et l'évolution de sa culture constructive afin de saisir sa diversité et son potentiel pour répondre aux enjeux contemporains sur la transition écologique. L'étude des composants de la terre et de leur comportement physico-chimique amène à mieux comprendre la matière et son utilisation en tant que matériau de construction. Un panorama des différentes techniques de construction en terre est dressé, et amène à identifier les principes structurels ainsi que les caractéristiques et performances intrinsèques du matériau, ses limites, son incidence sur l'environnement et le confort des usagers du bâtiment. Enfin, des clés sont données pour l'élaboration de stratégies permettant une bonne conception et gestion d'un projet de construction en terre crue aujourd'hui.

Ce module est destiné à tout·e architecte ou futur·e architecte, ingénieur·e, concepteur·ice ou artisan·e désireux·se se mieux connaître le matériau terre, de se familiariser avec son origine, ses avantages et contraintes de construction.

## Modalités pédagogiques

- Cours interactifs
- Activités et quiz
- Interviews d'architectes et experts
- Vidéos d'expériences et manipulations
- Bases de données collaboratives
- Évaluations

## Equipe participante

Production du module : École nationale supérieure d'architecture de Grenoble  
Coordination scientifique et pédagogique et direction du module :  
Keith Zawistowski

Contributeur·ices :  
Gian Franco Noriega, amàco  
Katherine Carreño, amàco  
Hugo Spack, amàco  
Romain Anger, amàco  
Martin Pointet, École nationale supérieure d'architecture de Grenoble

## Séquence 1 - Introduction à l'architecture de terre

 1h30  3 séances

1. Cultures constructives en terre crue
2. Architecture de terre aujourd'hui
3. Géologie et sciences de la matière

### Objectifs pédagogiques

- Se doter d'une culture générale sur la diversité des architectures de terre dans leurs dimensions historique, culturelle et symbolique
- Reconnaître le potentiel de la terre comme un matériau d'avenir en ayant conscience des qualités du matériau, des évolutions technologiques et des enjeux du développement de la filière terre
- Décrire d'où vient la terre à bâtir et son fonctionnement scientifique

## Séquence 2 - Techniques de transformation et mise en oeuvre de la terre

 3h  8 séances

1. De la matière à l'élément constructif
2. Le pisé
3. La bauge
4. Les blocs de terre comprimée (BTC)
5. Les adobes
6. Le torchis
7. La terre allégée
8. Les enduits

- Citer et différencier les principales techniques de construction en terre crue
- Associer chaque technique à un type de terre, et à l'état hydrique qui lui correspond
- Décrire le processus de transformation de la terre pour chacune de ces techniques
- Décrire les usages et potentialités de chaque technique dans la construction
- Citer des références architecturales mobilisant chacune des techniques, dans l'histoire ancienne et contemporaine

## Séquence 3 - Caractéristiques et performances des matériaux en terre

 2h30  5 séances

1. Impact socio-économique de la terre crue
2. Le matériau terre et l'environnement
3. Qualités hygrothermiques et acoustiques
4. Durabilité de la terre crue
5. Esthétique de la matière terre

- Comprendre le potentiel d'impact social et sociétal de l'utilisation de la terre crue pour la construction
- Identifier les réponses qu'apporte la terre crue au secteur de la construction pour limiter son impact sur le dérèglement climatique
- Décrire les performances énergétiques d'une construction en terre et son influence sur le confort intérieur et la santé des usagers
- Décrire les caractéristiques mécaniques des matériaux, comprendre leur sensibilité à l'eau et leur résistance au feu
- Faire une mesure du potentiel de la matière terre à partir d'un point de vue esthétique et artistique

## Séquence 4 - Structures en terre

 1h  2 séances

1. Principes de stabilité et dimensionnement de murs porteurs en terre
2. Arcs, voûtes et coupoles

- Citer les différents types de structures monolithiques
- Concevoir des formes stables en terre
- Les pré-dimensionner sans recourir à des calculs complexes
- Citer les principaux types de franchissements
- Décrire et concevoir leur comportement mécanique et justifier leur forme
- Décrire et concevoir leurs interfaces avec les autres parties de l'ouvrage

## Séquence 5 - Conception architecturale du projet en terre

 1h30  6 séances

1. Principes de conception
2. Stratégies d'utilisations
3. Dispositifs constructifs
4. Durabilité et fragilité
5. Etude de cas
6. Architecture et matériaux d'avenir

### Objectifs pédagogiques

- Citer les grands principes d'une conception architecturale intégrant le matériau terre crue
- Identifier où utiliser le matériau terre crue dans un projet
- Expliquer un détail constructif en lien avec les caractéristiques de la terre crue
- Identifier les principales pathologies liées à l'emploi de la terre crue
- Expliquer l'intérêt d'utiliser la terre crue dans un projet architectural

## Séquence 6 - Gestion du projet en terre

 1h30  6 séances

1. Contexte réglementaire
2. Rôles des acteurs
3. Organisation du chantier
4. Essais et contrôles qualités
5. Etude de cas
6. Développement d'une filière

- Citer les principaux acteurs et leurs rôles dans le processus de conception
- Identifier les biais pour justifier une construction en terre crue
- Expliquer les particularités d'un chantier utilisant des techniques ou matériaux en terre crue
- Identifier les principaux essais et contrôles à effectuer lors d'un projet utilisant la terre crue
- Expliquer l'intérêt du sourcing matériaux





Des constructions d'hier aux projets d'aujourd'hui, les édifices vernaculaires\* matérialisent l'intention donnée par les bâtisseur·euse·s dans la manière d'utiliser les matières. L'objectif du module bois est d'aider les futurs concepteur·ice·s à prendre conscience de l'importance des choix architecturaux, qui doivent être en cohérence avec les écosystèmes et l'environnement au sens large.

Dans une démarche holistique, nous apprenons à connaître le bois depuis sa source : la forêt ; jusqu'à sa mise en œuvre : l'architecture. Nous prenons le temps de détailler la succession de gestes des acteurs qui transforment l'arbre en matériau de construction, tout en abordant les caractéristiques mêmes des forêts, des arbres et du matériau bois.

À travers des interviews d'architectes, de maîtres d'ouvrage, de scieurs, de forestiers, et de nombreux autres acteurs et actrices, ce module témoigne de l'ensemble d'un processus de penser l'architecture par la ressource locale en bois : depuis l'émergence de l'idée jusqu'à la réalisation.

\*\* Le vernaculaire en architecture fait référence aux matériaux et aux formes omniprésentes qui émergent de la culture, du climat et des ressources naturelles locales.

## Modalités pédagogiques

- Cours interactifs
  - Activités et quiz
  - Interviews d'acteurs de la filière
  - Vidéos de manipulations
  - Évaluations
- + Fiche workshop reproductible en présentiel

## Equipe participante

Production du module : École nationale supérieure d'architecture de Grenoble  
Coordination scientifique et pédagogique et direction du module :  
Keith Zawistowski

Contributeur·ices :  
Mathilde Chamodot, architecte DE  
Basile Cloquet, amàco  
Romain Anger, amàco

## Séquence 1 - La ressource

 2h30  3 séances

1. Les forêts dans le monde et en France
2. Anatomie du bois
3. Caractéristiques physiques du bois

### Objectifs pédagogiques

- Décrire les principales caractéristiques des forêts dans le monde et en France et les enjeux majeurs actuels
- Analyser l'anatomie du bois à différentes échelles et le processus de la formation du bois
- Apprécier les caractéristiques propres à une essence pour l'utiliser au bon endroit dans le bâtiment
- Citer les éléments qui affectent la durabilité des bois et identifier les risques liés à l'usage du bois en construction

## Séquence 2 - Les transformations du bois

 2h30  3 séances

1. La récolte du bois
2. La première transformation
3. La deuxième transformation

- Expliquer l'exploitation et la gestion forestière de manière concise, ainsi que les méthodes de sylviculture
- Citer la destination des principaux produits issus de l'arbre, de la première et de la deuxième transformation, leurs principales caractéristiques et leurs principaux usages
- Argumenter sur le choix d'un bois auprès d'un maître d'ouvrage en fonction de son mode de production
- Décrire les principales opérations des premières et deuxièmes transformations

## Séquence 3 - Structure et stabilité des ossatures bois

 4h30  5 séances

1. Introduction sur les structures articulées
2. Structures non fixées au sol
3. Structures fixées au sol
4. Calcul de degré d'hyperstaticité
5. Une barre en trop

- Définir les notions d'articulation, mécanique, contreventement, isostatique et hyperstatique
- Identifier les structures stables et différencier les structures non fixées au sol des structures fixées au sol
- Déterminer si une structure est hyperstatique, et si tel est le cas la transformer en structure isostatique

## Séquence 4 - «Porter» : les 5 principaux systèmes constructifs

 2h30  5 séances

1. La construction en bois empilé
2. La construction à pans de bois ou colombage
3. La construction à ossature bois
4. La construction poteaux-poutres
5. La construction en panneaux bois massif structurels

- Décrire les principales caractéristiques qui définissent les 5 principaux systèmes constructifs
- Utiliser les bases de connaissances acquises sur ces 5 systèmes pour concevoir des bâtiments en bois

## Séquence 5 - Structure et systèmes poteau - poutre

 2h30  2 séances

1. Stabilité des systèmes poteau - poutre
2. Pré-dimensionnement

- Définir et repérer des noyaux de stabilité afin de contreventer divers types de structures
- Définir les termes flexion, traction et compression
- Réaliser un calcul de pré-dimensionnement

## Séquence 6 - «Franchir» : les charpentes et planchers en bois

 2h30  4 séances

1. Découverte des familles de structures de franchissement
2. Franchissements à stratégie d'épaisseur
3. Franchissements à stratégie de triangulation
4. Franchissements à stratégie de courbure

### Objectifs pédagogiques

- Citer les grands familles de franchissements
- Reconnaître les types de charpentes et planchers bois, et leur éléments
- Définir le rôle de la poutre
- Citer les éléments qui affectent la durabilité des bois et identifier les risques liés à l'usage du bois en construction

## Séquence 7 - Structure et charpentes

 2h  3 séances

1. Stabilité des charpentes
2. Compression / traction / flexion dans les charpentes
3. Workshop construction de charpentes

- Contreventer des charpentes élémentaires et complexes
- Identifier la répartition de la charge et les types de déformations dans les treillis et les fermes
- Expérimenter la construction en bois par la conception, la fabrication et le montage de charpentes



# Pierre



Nombre d'heures : 22h  
(temps apprenant)



Nombre de séquences : 5

Le module « pierre » aborde la pensée et les modes constructifs contemporains en pierre naturelle.

6 références majeures constituent le fil rouge du module. Au travers de leur étude et de celle d'autres édifices et constructions de l'histoire, nous traverserons la construction en pierre depuis la connaissance des sols de son extraction jusqu'à sa mise en oeuvre, en passant par le dessin technique et les spécificités structurelles.

Ce module a pour objectif d'apprendre à concevoir des ouvrages en pierre. Il est destiné à tout architecte ou futur·e architecte, ingénieur·e, concepteur·ice ou artisan·e désireux·se se mieux connaître le matériau pierre, de se familiariser avec son origine, ses avantages et contraintes de construction.

## Modalités pédagogiques

- Cours interactifs
  - Activités et quiz
  - Interviews d'architectes et experts
  - Études de cas
  - Évaluations
- + Fiches workshop reproductibles en présentiel

## Equipe participante

Production du module : École nationale supérieure d'architecture de Versailles  
Coordination scientifique et pédagogique : Paul-Emmanuel Loiret  
Direction du module : Stéphane Berthier

### Contributeur·ices :

Maxime Archenault, Les compagnons du devoir  
Romain Anger, amàco  
Yann Le Bihan, Les compagnons du devoir  
Bruno Combernoux, Les compagnons du devoir  
Pierre Marquis Lhuillier, École nationale supérieure d'architecture de Versailles  
Estelle Morlé, École nationale supérieure d'architecture de Lyon  
Thomas Motrieux, École nationale supérieure d'architecture de Lyon  
Elisabeth Polzella, École nationale supérieure d'architecture de Versailles  
Klaas de Rycke, École nationale supérieure d'architecture de Versailles

## Séquence 1 - Introduction à l'architecture contemporaine en pierre

 6h  7 séances

1. La conception architecturale
2. Les 200 colonnes, Alger
3. Le musée des vins de Patrimoine
4. Le conservatoire du Pradet
5. Armadillo Vault
6. The flat stone vault
7. La Sainte Famille d'Istres

### Objectifs pédagogiques

- Comprendre et définir les grands enjeux épistémologiques de la discipline architecturale et notamment la part de l'architectonique dans l'architecture
- Distinguer et expliquer les termes de symbolique, de phénoménologie et d'architectonique
- Comprendre et expliquer les enjeux de l'architecture contemporaine en pierre
- Expliquer différentes approches de la conception et de la construction contemporaine en pierre

## Séquence 2 - Extraire et transformer

 4h  3 séances

1. Territoire et géologie
2. De la roche à la pierre
3. Economie et filière

- Relier les mécanismes géologiques qui ont formé les différents types de pierres aux caractéristiques principales de pierres à bâtir
- Identifier la disponibilité géographique des pierres en France, leurs modalités d'extraction et les produits disponibles
- Se repérer dans l'environnement normatif contemporain, savoir quelles règles s'appliquent à quelles situations de construction
- Identifier le rôle des différents acteurs, organismes et métiers de la filière pierre pour acquérir les informations utiles en fonction de ses besoins.
- Identifier les facteurs impactant le coût de la construction en pierre

## Séquence 3 - Porter

 4h  3 séances

1. Eléments de stabilité mécanique
2. Typologie de murs en pierre
3. Principaux éléments architectoniques du mur

- Concevoir des formes stables en pierre
- Les pré-dimensionner sans recourir à des calculs complexes
- Composer une maçonnerie de pierre, dans ses aspects esthétiques et constructifs
- Choisir le type de pierre en fonction de sa position dans l'édifice
- Concevoir des revêtements et des parements de pierre en fonction des contraintes constructives et d'étanchéité.
- Identifier le rôle des différents acteurs, organismes et métiers de la filière pierre pour acquérir les informations utiles en fonction de ses besoins.
- Identifier les facteurs impactant le coût de la construction en pierre

## Séquence 4 - Franchir

 4h  2 séances

1. Franchissements plans
2. Franchissements tridimensionnels

- Concevoir des franchissements en pierre
- Les pré-dimensionner sans recourir à des calculs complexes
- Les définir géométriquement
- En définir le mode constructif, y compris le recours aux dispositifs précontraints.

## Séquence 5 - Tracer, Tailler, Poser

 4h  3 séances

1. Tracer
2. Tailler
3. Poser

- Connaître les moyens géométriques de caractérisation des surfaces complexes, savoir les appliquer à des situations simples.
- Décrire les opérations de transformations de la pierre au travers des multiples acteurs qui interviennent dans le processus.
- Connaître les aspects et les surfaçages de la pierre, les outils et gestes qui les génèrent.
- Connaître les méthodes et règles de bonne pratique d'un chantier en pierre.
- Identifier et décrire les différents liants utilisés dans la construction en pierre.



# Fibres végétales



Nombre d'heures : 10h  
(temps apprenant)



Nombre de séquences : 5

Le module « Fibres végétales » cherche à faire découvrir les matières protéiformes que sont les fibres végétales pour ensuite montrer leurs usages dans le quotidien et dans l'architecture.

En introduction, il sera question d'identifier la spécificité générique des fibres : une forme et une matière, pour ensuite décrire les récurrences et les spécificités du règne végétal. Cette initiation architecturale et technique continuera avec la description de la présence des fibres naturelles dans les architectures du monde : dans l'histoire de l'architecture et de l'habitat, puis par le recueil des mises en œuvre des fibres végétales dans la construction. L'attention est portée aux utilisations contemporaines des fibres végétales grâce à la redécouverte de savoir-faire anciens, au développement de nouvelles filières « matière » et à la recherche de matériaux innovants et écologiques. Les fibres végétales seront enfin abordées sous l'angle de leurs qualités physiques, thermiques, acoustiques, plastiques et environnementales pour permettre aux architectes, ingénieur·e·s et artisan·e·s de découvrir la richesse et le potentiel du végétal, en lien avec les agriculteur·ice·s et les acteurs des bio-régions.

Ce module a pour objectif de faire comprendre les qualités et les contraintes des matières "fibres", de l'importance de leur caractère autochtone, de les performances toujours associées à une fragilité qui demandent un savoir-faire tactile et appliqué.

## Modalités pédagogiques

- Cours interactifs
- Activités et quiz
- Interviews d'architectes et experts
- Études de cas
- Activités expérientielles
- Évaluations

## Equipe participante

Production du module : École nationale supérieure d'architecture de Clermont-Ferrand

Coordination scientifique et pédagogique : Jean-Baptiste Viale

Direction du module : Marie-Hélène Gay-Charpin

Avec l'apport du



Proposé et réalisé par



En partenariat avec



Avec le soutien financier de







## Séquence 1 - **Fibres et architectures**

🕒 2h    ≡ 5 séances

1. Qu'est-ce qu'une fibre végétale
2. Une matière issue du règne végétal
3. Une matière à habiter
4. Transformer le végétal
5. Les fibres, des matériaux pluriels

### Objectifs pédagogiques

- Identifier les spécificités des fibres
- Appréhender l'architectonique des fibres
- Citer les différentes manières de travailler les fibres
- Argumenter sur potentiel et les qualités des fibres

## Séquence 2 - **Construire avec ce que l'on a sous la main**

## Séquence 3 - **Les fibres sous toutes les formes**

## Séquence 4 - **Une matière qui demande du savoir-faire**

## Séquence 5 - **Une matière qui sait s'adapter aux exigences**

**Module en cours  
de finalisation**

# Arpenter



Nombre d'heures : 3h  
(temps apprenant)



Nombre de séquences : 2

Le module « arpenter » s'attache à la compréhension de l'espace bâti, première étape du processus de réhabilitation.

Il permet de se familiariser avec 2 étapes du diagnostic du bâti : Premièrement, la compréhension de l'histoire de l'édifice et de son utilisation; deuxièmement, la compréhension du bâti à travers l'analyse de ses matériaux et pathologies.

Ce module introduit le volet «réhabilitation» et s'articule avec les 3 modules suivants qui décrivent les autres étapes du processus : comprendre, conserver, intervenir.

## Modalités pédagogiques

- Cours interactifs
- Activités et quiz
- Vidéos de cours
- Études de cas

## Equipe participante

Production du module : École nationale supérieure d'architecture de Lyon  
Coordination scientifique et pédagogique et direction du module : Benjamin Chavardès

Contributeur·ices :

Philippe Dufieux, École nationale supérieure d'architecture de Lyon  
Rovy Pessoa, École nationale supérieure d'architecture de Lyon  
Bastien Couturier, École nationale supérieure d'architecture de Lyon

## Séquence 1 - Relever le temps : relevé et restitution de l'espace habité

 1h  2 séances

1. Retrouver l'histoire d'un édifice
2. Relevé habité

### Objectifs pédagogiques

- Conduire une recherche sur l'histoire d'un édifice
- Interroger le rôle que peut jouer le relevé habité dans la compréhension de l'appropriation des espaces conçus
- Explorer les enjeux de représentation et d'analyse graphique des espaces habités

## Séquence 2 - Relever la matière : relevé et restitution de l'espace construit/bâti

 2h  2 séances

1. Relevé des matériaux
2. Relevé des pathologies

- Explorer les différentes strates de la matière, leur sublimation par le travail des artisan·e·s
- Découvrir des méthodes d'arpentage et différentes bases de données disponibles pour l'analyse des matériaux de construction
- Analyser les principaux facteurs de risques (humidité, incendie, risque sanitaire...)
- Identifier les potentielles actions à mettre en oeuvre en traitement préventif ou curatif selon les situations rencontrées



# Comprendre



Nombre d'heures : 12h  
(temps apprenant)



Nombre de séquences : 5

Le module « comprendre » traite de la connaissance du bâtiment à travers l'histoire matérielle de la construction.

Deux grandes périodes sont identifiées : le bâti préindustriel et le bâti industriel ; ces époques étant différentes dans les modes de production du matériau ainsi qu'à travers leur mise en œuvre. Pour chaque période, le bâtiment est considéré comme un tout, constitué d'éléments architecturaux : parois, baies, planchers, voûtes, charpentes, couvertures, menuiseries. La compréhension de l'édifice est abordée à travers ces différentes entités.

Ce module a pour objectif de permettre la compréhension de la nature physique d'un édifice. Décrypter la matérialité de ce qui constitue un bâtiment doit ainsi permettre d'identifier les périodes historiques et les conditions de son édification afin de préserver les particularités architecturales et constructives dans le cadre d'une intervention future.

## Modalités pédagogiques

- Cours interactifs
- Vidéos de cours
- Activités et quiz
- Interviews d'architectes et experts
- Vidéos de chantiers

## Equipe participante

Production du module : École nationale supérieure d'architecture de Toulouse  
Coordination scientifique et pédagogique et direction du module : Marion Sartre et Savitri Jalais

Contributeur-ices :  
Isabelle Fortuné, École nationale supérieure d'architecture de Toulouse  
Laura Girard, École nationale supérieure d'architecture de Toulouse  
Nathalie Prat, École nationale supérieure d'architecture de Toulouse  
Nieves Sanchez, École nationale supérieure d'architecture de Toulouse  
Eric Monin, École nationale supérieure d'architecture et de Paysage de Lille  
Catherine Blain, École nationale supérieure d'architecture de Paris-Belleville

## Séquence 1 - Comprendre le bâti pour la réhabilitation

🕒 0h30 ≡ 1 séance

### 1. Généralités

#### Objectifs pédagogiques

- Comprendre la logique de l'approche constructive et matérielle du bâti
- Identifier les grandes périodes de l'histoire de la construction
- Percevoir la structure du module «Comprendre» pour mieux y accéder
- Engager une démarche pour la réhabilitation respectueuse du bâti existant en s'appuyant sur la compréhension de ce qui constitue son architecture

## Séquence 2 - Le bâti préindustriel : la paroi et la baie

🕒 3h45 ≡ 7 séances

1. La maçonnerie en briques de terre cuite : généralités
2. La brique foraine dans la région toulousaine
3. La brique bourguignonne
4. La maçonnerie de terre crue
5. La maçonnerie en pierre, trois types de mise en oeuvre : la pierre de taille, le moellon hourdé et la pierre sèche
6. La construction en pan de bois
7. Evolution de la construction en pan de bois

- Comprendre la construction d'une paroi et le percement d'une baie dans différents matériaux
- Connaître les principes de fabrication et de mise en œuvre du matériau utilisé dans la période préindustrielle
- Identifier les éléments constitutifs des parois et des baies
- Acquérir le vocabulaire spécifique des modes constructifs traités dans la séquence

## Séquence 3 - Le bâti préindustriel : les éléments de recouvrement

🕒 2h ≡ 4 séances

1. Les planchers bois
2. Les voûtes
3. La charpente : la ferme latine
4. La charpente : les différents types de fermes et de combles

- Comprendre la construction d'un plancher, d'une voûte ou d'une charpente dans des bâtiments anciens
- Connaître les principes structurels, parfois complexes, qui ont été utilisés pour leur réalisation
- Identifier les types de planchers, voûtes et charpentes ainsi que leurs éléments constitutifs
- Acquérir le vocabulaire spécifique des modes constructifs traités dans la séquence
- Associer certains types à des périodes historiques

## Séquence 4 - Le bâti préindustriel : le clos

🕒 4h20 ≡ 6 séances

1. La couverture en terre cuite, la tuile canal
2. La couverture en terre cuite, la tuile plate
3. La couverture en pierre, les lauzes de schiste et de calcaire
4. Les couvertures en métal
5. Le vitrail dans l'architecture religieuse
6. Menuiseries extérieures en bois, exemple de l'architecture civile

- Comprendre la mise en œuvre des différents types de couvertures et d'obturation des baies dans des bâtiments anciens
- Connaître les procédés de fabrication et de réalisation des ouvrages abordés dans la séance
- Identifier les divers types de couvertures, et les différents modes d'obturation des baies
- Acquérir le vocabulaire spécifique des modes constructifs traités dans la séquence
- Associer certains types à des périodes historiques

## Séquence 5 - Le bâti industriel

 1h25  3 séances

1. Béton 1 : les bétons d'avant-guerre
2. Béton 2 : le béton d'après-guerre
3. Les composants du second œuvre

### Objectifs pédagogiques

- Comprendre la construction en béton
- Connaître les principes de fabrication et de mise en œuvre utilisés pour leur réalisation
- Identifier les éléments de second œuvre afin de les valoriser
- Acquérir le vocabulaire spécifique des modes constructifs traités dans la séquence
- Associer les différentes architectures en béton suivant les périodes historiques







# Conserver

Le module « conserver » propose d'identifier les problématiques de la conservation des architectures dans le contexte des enjeux environnementaux et il s'appuie en particulier sur la démarche ERC « éviter, réduire, compenser » : Éviter des impacts en amont du projet ; réduire des impacts durant le projet ; compenser les impacts résiduels.

La conservation, par définition, vise à maintenir un ouvrage d'architecture dans sa valeur patrimoniale, comme une œuvre singulière qui serait autant un témoignage des usages et que du savoir-faire. Elle mobilise des expertises de métiers de haute technicité permettant de garantir une non dénaturation de l'œuvre. Dans le domaine de la limitation des impacts environnementaux de nos sociétés, elle tend premièrement à éviter les pertes énergétiques (énergie grise et énergie de démolition et de recyclage) que représentent la démolition d'édifices existants et la construction complètes de nouveaux.

Le module s'attache à donner des repères aux architectes pour optimiser les impacts d'interventions sur des ouvrages existants par une compréhension des pathologies présentées par l'édifice, leurs impacts sur son système constructif, les matériaux le constituant et ceux qui seront nécessaires à sa conservation, les partenariats et contextes réglementaires qui seront mobilisés dans les opérations de conservation.

## Modalités pédagogiques

- Cours interactifs
- Vidéos de cours
- Activités et quiz

## Equipe participante

Production du module : École de Chaillot  
Coordination administrative : Delphine Aboulker et Julia Charier  
Coordination scientifique et pédagogique : Lorenzo Diez  
Direction du module : Jean-Louis Coutarel

Contributeur·ices :  
Charlotte Trigance, Sherlock patrimoine  
Laurine Moreuil, Sherlock patrimoine  
et les enseignants et expert·e·s responsables de chaque séance  
(voir page suivante)

## Séquence 1 - Conserver l'architecture comme écosystème constructif

 6h  8 séances

1. Les étaielements - Stéphane BERHAULT
2. La charpente - Pierre BORTOLUSSI
3. La couverture - Maël DE QUELEN
4. La maçonnerie - Riccardo GIORDANO
5. Les menuiseries (baies) - France POULAIN et Arnaud TIERCELIN
6. Les sols et fondations - Florent RICHARD
7. La réhabilitation énergétique - Élodie HÉBERLÉ
8. Les fissures - Stéphane BERHAULT

### Objectifs pédagogiques

- Identifier les enjeux de la restauration sur différents éléments du bâti
- Citer les pathologies les plus courantes dans le bâti ancien
- Mobiliser du vocabulaire spécifique
- Citer les méthodes d'intervention

## Séquence 2 - Conserver l'architecture comme matériaux assemblés

 6h45  9 séances

1. La pierre - Philippe GRIOT
2. La pierre - Véronique VERGÈS-BELMIN
3. Le bois - Emmanuel MAURIN
4. La terre crue - Anne LEMOINE
5. La brique - Bernard VOINCHET
6. Le béton - Pierre-Antoine GATIER
7. Le plâtre - Tiffanie LE DANTEC
8. Le verre - Christian FRANÇOIS
9. Les fibres - Laurent ARNAUD

- Identifier les caractéristiques et spécificités des matériaux
- Reconnaître les interventions de conservation possibles
- Indiquer les pathologies des matériaux
- Mobiliser du vocabulaire spécifique

## Séquence 3 - Conserver l'architecture comme réseau d'acteurs

 4h30  6 séances

1. Les usagers - Alain MARINOS
2. Les architectes - Lorenzo DIEZ
3. Les entreprises - Marion ROGAR
4. Le LRMH - Aline MAGNIEN
5. Les associations
6. La maîtrise d'ouvrage - Clarisse MAZOYER

- Découvrir les acteurs du patrimoine
- Citer les actions de protection et de conservation des patrimoines
- Identifier les enjeux de la protection et de conservation des patrimoines sur le développement durable



# Intervenir

Le module « intervenir » cherche à répondre à la question: pourquoi et comment transformer l'existant ?

La pratique de la transformation de l'existant est bien plus économe et écologique que la construction neuve, à fortiori s'il est nécessaire de détruire auparavant. Pour intervenir dans l'existant il faut savoir construire, de préférence en matériaux bio et géo sourcés, et connaître l'existant, ce qui est abordé dans les autres parties et modules de la plateforme. Mais il faut aussi projeter avec l'existant, ce qui nécessite des connaissances spécifiques: les diverses définitions, théories et doctrines propres au champs de l'existant, les réglementations ou encore améliorer les dépenses énergétiques. Mais quitte à réutiliser, il est important de savoir aussi choisir les qualités prioritaires à conserver, les éléments à réemployer et les éléments obsolètes à transformer. Enfin, travailler avec ou sur l'existant demande des démarches de projets spécifiques, à toutes les échelles.

L'ensemble de ces sujets seront abordés dans le module Intervenir au sein de 4 grandes séquences: pourquoi transformer l'existant? Comment protéger? Réemployer l'existant? et Comment transformer?

## Modalités pédagogiques

- Cours interactifs
- Vidéos de cours
- Activités et quiz
- Études de cas

## Equipe participante

Production du module : École nationale supérieure d'architecture de Normandie  
Coordination scientifique et pédagogique et direction du module : Camille Bidaud

Contributeur·ices :

Chantal Berdier, INSA Lyon  
Lorenzo Diez, École de Chaillot  
Jean-Bernard Cremnitzer, ENSA Normandie  
Patrice Gourbin, ENSA Normandie  
Nadya Labied, ENSA Paris La Villette  
Vincent Negri, ISP CNRS  
Isabelle Fortuné, ENSA Toulouse

Laurent Mouly, ENSA Normandie  
Louis Destombes, ENSA Paris La Villette  
Grégoire Saurel, Bellastock  
Caroline Maniaque, ENSA Normandie  
Laure Jacquin, ENSA Paris La Villette  
Guillaume Nicolas, ENSA Normandie  
Adrien Hénocq, ENSA Normandie



## Séquence 1 - **Connaître : pourquoi transformer l'existant ?**

 **4h20**  **6 séances**

1. Introduction et définitions des termes
2. Pourquoi intervenir ? Coût global / multi-critères
3. authenticités
4. Obsolescence et résilience spatiale
5. Analyse qualitative
6. La participation des habitants

### Objectifs pédagogiques

- Définir les termes et concepts de l'intervention dans l'existant
- Repérer les qualités et obsolescences de l'existant
- Choisir les éléments que l'on souhaite conserver ou mettre en valeur dans un projet de réhabilitation
- Intégrer les usagers dans ses projets

## Séquence 2 - **Comment protéger**

 **3h30**  **5 séances**

1. Regards croisés sur le droit du patrimoine et celui de l'environnement
2. Intervenir dans des espaces protégés
3. Lois, labels, conseils : comprendre et analyser les mesures d'intervention
4. Intervenir : améliorer et économiser; quelles dépenses énergétiques ?
5. Isoler l'existant en béton de chanvre

- Identifier les différents types de protection patrimoniales
- Interpréter les réglementations thermiques ou patrimoniales pour projeter dans l'existant
- Evaluer les besoins énergétiques
- Utiliser un matériau bio sourcé pour l'isolation thermique

## Séquence 3 - **Réemployer l'existant**

 **2h**  **3 séances**

1. Concevoir en réemploi
2. Filière du réemploi
3. Ré-emploi : les portes d'une maison à Arc-lès-Gray (Haute-Saône)

- Souligner l'intérêt du réemploi comme démarche de construction écologique
- Nommer les acteurs et étapes du réemploi
- Décomposer les modalités de transformation d'un élément en place jusqu'à sa réutilisation

## Séquence 4 - **Comment transformer**

 **3h40**  **4 séances**

1. Penser le rapport à l'existant
2. Réhabilitation biosourcée : outils, méthodes, cas concret
3. Intervenir en coupe
4. Étude de cas : Maison des étudiants de Champs-sur-Marne

- Identifier les différentes approches de l'intervention dans l'existant
- Employer des matériaux biosourcés pour la réhabilitation
- Comprendre les implications esthétiques, théoriques et durables des interventions

# Son



Nombre d'heures : **12h45**  
(temps apprenant)



Nombre de séquences : **6**

Le module « son » aborde le phénomène sonore autant comme un allié pour concevoir un espace confortable qu'un ennemi qu'il faut savoir dompter pour en maîtriser les nuisances.

Les 6 séquences sont conçues dans une progression allant des ressources audibles d'un territoire (géo et biophonie) vers l'anthropologie sonore c'est à dire la manière de vivre ensemble avec les sons , s'isoler ou au contraire connecter l'intérieur avec son environnement sonore. Le principe général est de partir de l'écoute et de l'expérimentation sonore avant d'entrer dans les connaissances des phénomènes physiques régissant les lois de l'acoustique architecturale. Ainsi, nous traversons le monde sonore depuis la compréhension de phénomènes perceptifs vers le comportement des ondes sonores dans l'espace en passant par les savoirs sur les performances acoustiques des bio matériaux : absorption , réflexion, diffusion, réfraction, filtrage. De la source à l'effet sonore perçu, nous apprenons à reconnaître les phénomènes et à manipuler les formes et les matériaux pour agir sur l'acoustique résultante des ses mises en œuvre.

Ce module a pour objectif d'apprendre à concevoir avec les sons. Il est destiné à tout architecte ingénieur·e, concepteur·ice ou artisan·e qui souhaiterait mieux connaître le monde sonore et se familiariser avec les paramètres acoustiques, imaginer les apports des bio matériaux pour régler le confort sonore d'un espace de vie.

## Modalités pédagogiques

- Cours interactifs
- Activités et quiz
- Anecdotes
- Interviews d'architectes et experts
- Vidéos d'expériences
- Vidéos pédagogiques
- Études de cas
- Activités collaboratives
- Évaluations

## Equipe participante

Production du module : École nationale supérieure d'architecture de Lyon  
Coordination scientifique et pédagogique et direction du module :  
Cécile Regnault

Contributeur·ices :  
Charly Dufour, architecte DE  
Elsa Lebrun, architecte DE  
Jean-Baptiste Viale, École nationale supérieure d'architecture de Clermont-Ferrand

## Séquence 1 - **Entrée en matière sonore**

 **3h**  **4 séances**

1. Le son & soi
2. Attitudes d'écoute
3. Milieux sonores
4. Le son et l'espace

### Objectifs pédagogiques

- Développer une curiosité et une attention au monde sonore
- Prendre conscience que tous les matériaux et tous les espaces sonnent
- Se mettre à l'écoute de son propre corps et à l'écoute des autres
- Se forger un vocabulaire précis pour restituer sa perception sonore, issue du langage courant (ouïr, écouter, entendre et comprendre par exemple) ou d'une terminologie plus scientifique extraite des recherches sur l'environnement et les milieux sonores
- Initier des démarches d'écoutes expérimentales à travers des exemples architecturaux et ou des travaux artistiques démonstrateurs

## Séquence 2 - **De l'onde à l'effet sonore**

 **2h30**  **4 séances**

1. Onde sonore
2. Réflexion
3. Écho
4. Résonance

- Connaître la nature physique d'une onde sonore et ses propriétés et le comportement acoustique dans les milieux
- Comprendre les grands principes de la réflexion en acoustique et l'influence de la forme et de la géométrie, des aspérités de surface et des modénatures de façade sur la réflexion des ondes
- Définir les conditions temporelles et spatiales qui provoquent l'écho
- Visualiser les phénomènes de résonance

## Séquence 3 - **Acoustique des matériaux**

 **2h15**  **3 séances**

1. Approche chercheur
2. Approche bureau d'étude
3. Approche architecte

- Positionner les enjeux professionnels ainsi que les compétences et savoir-faire acoustiques développés par les 3 profils mobilisés : le chercheur, l'ingénieur-acousticien expert et l'architecte
- Chercher les données acoustiques dans les bases de données de recherche et ou dans les fiches des fabricants distributeurs de matériaux qu'ils soient dits acoustiques ou non
- Définir à quoi sert un tube de Kundt
- Entrer des démarches d'innovation architecturale

## Séquence 4 - **Acoustique des salles**

 **2h30**  **5 séances**

1. Acoustique interne
2. Réverbération
3. Qualités sonores d'une salle
4. Calcul du TR
5. Intelligibilité

- Connaître les 3 approches utilisées pour analyser ou concevoir l'acoustique d'une salle : l'approche modale (calculs des modes propres), l'approche géométrique (coupe et plan à l'échelle) et l'approche statistique (calcul du temps de réverbération  $T_r$ )
- Comprendre les variables formelles et matérielles sur lesquelles jouer pour faire varier l'acoustique interne d'une salle
- Maîtriser la définition de la réverbération et les outils et protocoles de mesure du  $T_r$
- Reconnaître à l'oreille les ordres de grandeurs de la réverbération d'une salle
- Calculer un temps de réverbération et utiliser les bons matériaux acoustiques
- Se familiariser avec le vocabulaire de l'acoustique architecturale et des qualités de confort sonore dans une salle
- Citer des références de salles et leurs qualités sonores



## Séquence 5 - **Isoler en biosourcés**

 **1h30**  **3 séances**

1. Isolement acoustique
2. Indice d'affaiblissement
3. Autres indicateurs

### Objectifs pédagogiques

- Comprendre les tenants et aboutissants de l'isolement phonique selon les contextes
- Se familiariser avec les indices utilisés dans les réglementations  $R_w$  et  $D_nAtw$
- Connaître et pouvoir reproduire des mesures d'isolement avec un sonomètre et une source de bruit
- Savoir choisir entre « Loi de masse » et « Masse ressort masse »
- Imaginer des solutions de mise en œuvre d'isolation acoustique en matériaux biosourcés
- Trouver les ressources nécessaires pour anticiper des valeurs d'isolement imposées dans les programmes ou réglementations en vigueur
- Tisser les premiers ponts entre l'approche perceptive et la physique du son

## Séquence 6 - **Ambiance au gymnase**

 **1h**  **1 séance**

1. Projet d'architecture : le gymnase Alice Millat (Rhône, France)

- Sensibiliser et comprendre les interactions entre les contraintes de lumière et les performances sonores lors de la conception et des choix de matériau biosourcé pour concevoir l'enveloppe d'un édifice

# Chaleur



Nombre d'heures : 5h  
(temps apprenant)



Nombre de séquences : 5

Le module « chaleur » aborde les enjeux de la thermique dans l'enveloppe du bâti.

Ce module et ses 6 séquences ont pour objectif de permettre à l'apprenant·e de se familiariser avec les notions de transferts thermiques et leurs principes théoriques. Ces notions sont ensuite parcourues au travers d'applications et de points spécifiques à la conception architecturale : le confort du bâti, l'évaluation d'un bilan énergétique, la conception bioclimatique, les points de vigilance liée à l'humidité et le comportement hygrothermique des matériaux.

Destiné aux architectes en exercice ou en formation, ainsi qu'au ingénieur·e·s, concepteur·ice·s ou artisan·e·s, ce module met à disposition des contenus théoriques, des vidéos ainsi que des exercices permettant de valider l'acquisition des connaissances.

## Modalités pédagogiques

- Cours interactifs
- Activités et quiz
- Exercices de calcul
- Vidéos d'expériences
- Interviews d'experts
- Évaluations

## Equipe participante

Production du module : École nationale supérieure d'architecture de Clermont-Ferrand

Coordination scientifique et pédagogique : Jean-Baptiste Viale

Direction du module : Jean-Philippe Costes

Contributeur·ices :

Jean-Jacques Roux, Institut national des sciences appliquées de Lyon

Sofiane Batnini, École nationale supérieure d'architecture de Clermont-Ferrand

## Séquence 1 - Transferts thermiques

 1h50  3 séances

1. Introduction aux transferts thermiques
2. Conduction
3. Rayonnement

### Objectifs pédagogiques

- Connaître les principes du transfert thermique
- Définir le transfert par conduction, le flux thermique et la conductivité
- Définir le transfert par rayonnement
- Calculer le bilan énergétique d'une surface
- Définir et calculer l'émissivité d'un corps

## Séquence 2 - Ambiance thermique et conception

 0h45  3 séances

1. Bioclimatisme
2. Inertie
3. Diffusivité et effusivité

- Définir le bioclimatisme et identifier les bases de la stratégie de conception bioclimatique
- Définir la notion d'inertie à travers les flux traversants et flux absorbés
- Définir et appliquer les principes de diffusivité et effusivité

## Séquence 3 - Confort

 0h50  3 séances

1. Le confort thermique : définitions
2. Les paramètres du confort thermique
3. Approches normatives
4. Des solutions architecturales pour le confort thermique

- Définir les paramètres influant sur le confort de l'utilisateur
- Comprendre la notion de température opérative et le lien avec le ressenti de l'utilisateur
- Connaître les indicateurs et approches normatives : Fanger, confort adaptatif...
- Identifier les liens entre choix de matériaux et confort ressenti

## Séquence 4 - Humidité

 1h  5 séances

1. L'eau dans la paroi du bâti
2. Humidité et condensation
3. Point de rosée
4. Migration de vapeur d'eau dans les parois
5. Mise en œuvre des isolants et durabilité

- Identifier les enjeux de l'humidité dans la paroi du bâti
- Distinguer humidité relative et humidité absolue
- Comprendre les enjeux liés aux relations entre l'humidité de l'air ambiant et sa température
- Éviter le risque de condensation dans la paroi
- Comprendre les principes physiques de migration de vapeur d'eau dans les matériaux
- Connaître les facteurs influant sur l'intelligibilité d'une salle

## Séquence 5 - Bilan énergétique

 0h35  2 séances

1. Bilan énergétique d'un local
2. Méthodes de calcul de bilan thermique

- Expliquer ce qu'est le bilan thermique d'un local et d'appréhender les différences entre les types de surface dans le cadre d'un bilan d'énergie
- Faire la différence entre une méthode simplifiée permettant d'approcher les consommations dans les situations simples et la Simulation Thermique Dynamique



# Lumière



Nombre d'heures : **8h**  
(temps apprenant)



Nombre de séquences : **4**

Le module « lumière » aborde le phénomène lumineux comme une composante clé de l'ambiance et du confort d'un bâtiment, et l'envisage comme un allié pour concevoir un espace confortable.

La lumière est d'abord appréhendée à travers son rapport entre la nature et l'homme, afin d'identifier les effets qu'elle produit sur le bien-être des individus. Les phénomènes lumineux sont ensuite étudiés, puis mis en relation avec l'architecture, ceci afin de comprendre comment tirer parti de la lumière naturelle dans la conception et l'aménagement d'un bâtiment.

Ce module a pour objectif d'apprendre à concevoir avec la lumière. Il est destiné à tout architecte ingénieur·e, concepteur·ice ou artisan·e désireux·se de se familiariser avec les phénomènes et paramètres liés à la lumière, d'imaginer les apports des bio matériaux pour régler le confort lumineux d'un espace de vie.

## Modalités pédagogiques

- Cours interactifs
- Activités et quiz
- Interviews d'architectes et experts
- Études de cas
- Évaluations

## Equipe participante

Production du module : École nationale supérieure d'architecture de Lyon  
Coordination scientifique et pédagogique : Cécile Regnault  
Direction du module : Karine Lapray

Contributeur·ices :  
Jean-Baptiste Viale, École nationale supérieure d'architecture de Clermont-Ferrand

## Séquence 1 - **Entrée en matières lumineuses**

 **0h40**  **2 séances**

1. Lumière, climat, nature
2. Lumière et soi

### Objectifs pédagogiques

- Identifier le lien entre lumière, saison, soleil, et climat
- Identifier les thèmes couverts par la lumière et en lien avec l'architecture
- Définir les mots : photosynthèse, aube, aurore, crépuscule, température de couleurs
- Appréhender le lien entre ambiances lumineuses, vue et perception
- Identifier les bienfaits et les risques pour la santé de la lumière en terme de qualité et de quantité
- Approcher les ambiances lumineuses par la diversité des besoins à satisfaire en fonction des individus

## Séquence 2 - **Phénomènes lumineux**

## Séquence 3 - **Architecture et lumière naturelle**

## Séquence 4 - **Mise en lumière et architecture**

**Module en cours  
de finalisation**

# Impact environnemental



Nombre d'heures : **8h**  
(temps apprenant)



Nombre de séquences : **5**

Le module « impact environnemental » questionne le poids du secteur du bâtiment dans l'altération du monde vivant, et pointe les solutions pour y répondre.

Dans un premier temps, la notion d'impact est abordée de façon générale, puis appliquée au secteur du bâtiment. Un focus est ensuite fait sur l'analyse du cycle de vie (d'un bâtiment, d'un matériau), pour permettre sa compréhension, puis son application sous la forme d'un TD de calcul de l'impact environnemental d'un projet. Enfin, une dernière séquence permet de questionner le rôle des normes, et d'ouvrir la réflexion sur les bonnes pratiques à adopter pour limiter l'impact environnemental du secteur.

Ce module permet une compréhension globale des enjeux environnementaux liés au secteur du bâtiment et constitue une invitation à se saisir des matériaux bio-géo-sourcés comme une des manières privilégiées de limiter son impact environnemental.

## Modalités pédagogiques

- Cours interactifs
- Activités et quiz
- Interviews d'experts
- TD d'application
- Évaluations

## Equipe participante

Production du module : École nationale supérieure d'architecture de Versailles  
Coordination scientifique et pédagogique : Paul-Emmanuel Loiret  
Direction du module : Xavier Tiret

Contributeur·ices :  
Chantal Berdier, Institut national des sciences appliquées de Lyon  
Julien Boitard, École nationale supérieure d'architecture de Versailles  
Jean-Rémy Nguyen, École nationale supérieure d'architecture de Versailles  
Elodie Prudhomme, Institut national des sciences appliquées de Lyon



## Séquence 1 - L'impact environnemental

 2h  4 séances

1. Activité humaine et environnement
2. Approche matières premières et matériaux
3. Impact environnemental du secteur du bâtiment et BTP
4. Mon impact en tant que professionnel-le de la construction

### Objectifs pédagogiques

- Développer une culture constructive sensible aux impacts environnementaux et sociaux

## Séquence 2 - L'analyse du cycle de vie (ACV)

 2h30  4 séances

1. ACV et indicateurs environnementaux
2. ACV à l'échelle du produit de construction
3. Zoom sur les matériaux bio et géosourcés
4. ACV à l'échelle du bâtiment

- Définir l'analyse du cycle de vie
- Appréhender l'ACV comme un outil d'éco-conception

## Séquence 3 - TD d'application : lire des fiches FDES

 1h30  3 séances

1. Définition d'une FDES
2. Lire les fiches FDES et appréhender les unités fonctionnelles
3. Réaliser les métrés nécessaires à l'évaluation

- Trouver une fiche FDES et en extraire des données
- Comprendre le concept d'unité fonctionnelle
- Identifier les facteurs d'impact en fonction des étapes envisagées (A1-C4, etc)
- Réaliser des métrés

## Séquence 4 - TD d'application (suite) : Calculer un impact environnemental

 1h  2 séances

1. Calculer l'impact environnemental d'un projet
2. Interroger les résultats et conclure

- Réaliser un calcul d'impact environnemental.
- Valoriser les résultats sous forme graphique.
- Calculer l'impact en phase de fonctionnement.
- Analyser et interpréter les résultats d'un calcul d'impact.

## Séquence 5 - Au-delà des normes : questionner, créer, dépasser

 1h  3 séances

1. Émergence du concept de développement durable
2. Dispositif normatif et réglementaire
3. Zoom sur la RE2020

- Identifier les enjeux du développement durable
- Identifier le périmètre et cerner les limites des dispositifs normatifs et réglementaires

# Partenaires



Le projet RESSOURCES a bénéficié d'une aide de l'État gérée par l'Agence Nationale de la recherche au titre du programme d'Investissements d'avenir portant la référence ANR-20-NCUN-0007

## PORTEUR DE PROJET



L'IDEFI amàco est un centre de formation et d'expérimentation sur les matériaux de construction bio-géo-sourcés, au croisement des cultures scientifiques, techniques, artistiques et architecturales.

site web : [www.amaco.org](http://www.amaco.org) / mail : [contact@amaco.org](mailto:contact@amaco.org)

## PARTENAIRES FONDATEURS



## PARTENAIRES ASSOCIÉS

