

Annexe 6**Objectifs de formation et programme de sciences industrielles de l'ingénieur de la classe préparatoire scientifique ATS génie civil**

La filière ATS⁽¹⁾ génie civil est une classe préparatoire aux grandes écoles d'ingénieurs pour des étudiant(e)s titulaires d'un BTS⁽²⁾ ou d'un DUT⁽³⁾. Le programme de sciences industrielles de l'ingénieur s'inscrit dans une volonté d'adaptation aux enseignements dispensés dans les grandes écoles et plus généralement aux poursuites d'études universitaires. Cette formation qui se déroule en un an permet de renforcer, d'approfondir et d'élargir les connaissances scientifiques et techniques. Les programmes ont été écrits de façon concertée et avec une volonté de cohérence transversale. Comme pour les autres disciplines, celui de sciences industrielles de l'ingénieur fait apparaître des liens avec les mathématiques, la physique et l'informatique.

1 - Objectifs de formation**1.1 Finalités**

Pour concevoir et bâtir un ouvrage, il faut, par une approche pragmatique, concilier les méthodes de l'ingénierie et celles de l'architecture. L'architecture est l'art de construire, de concevoir des espaces qui respectent des concepts d'esthétisme, de forme et d'agencement, en y incluant les aspects sociaux et environnementaux liés à la fonction de l'ouvrage et à son intégration dans son environnement. Il faut également considérer l'ensemble des systèmes physiques et organisationnels liés à la construction. Un ouvrage peut se définir « comme l'agencement d'un grand nombre de systèmes et sous-systèmes (techniques, physiques, organisationnels, etc.) qui sont nécessairement interférents, coordonnés et intégrés les uns aux autres dont la finalité est une forme tridimensionnelle organisée dans l'espace⁽⁴⁾... ».

La complexité des systèmes et leur développement, dans le cadre d'un acte architectural ou technique unique et dans un contexte économique et écologique contraint, induit le besoin de compétences scientifiques et technologiques de haut niveau. Cela demande donc de former des intervenants dans l'acte de bâtir capables d'innover, de prévoir et de maîtriser les performances de ces systèmes.

Pendant leurs années d'études en section de techniciens supérieurs ou en institut universitaire de technologie, les étudiant(e)s ont bénéficié d'une formation adaptée aux besoins de la spécialité choisie. En CPGE ATS génie civil, il est demandé aux étudiant(e)s de prendre du recul par rapport à leurs savoirs opérationnels afin de progresser vers une approche plus conceptuelle nécessaire pour intégrer un cursus long (ingénierie, enseignement, recherche). C'est cet apport d'un enseignement plus théorique à une pratique professionnelle maîtrisée à un certain niveau, qui fait l'originalité et la richesse de cette formation.

La formation dispensée au cours de l'année doit, par une approche équilibrée entre théorie et expérience et la mise en œuvre des technologies de l'information et de la communication, apporter à l'étudiant(e) les outils conceptuels et méthodologiques qui lui permettront de mieux comprendre le monde naturel, technique et scientifique qui l'entoure, et de faire l'analyse critique des phénomènes étudiés. Ainsi l'enseignement dispensé doit familiariser les étudiant(e)s aux concepts qui permettent :

- de conduire l'analyse performancielle, structurelle et comportementale d'un système ;
- de proposer et de valider des modèles d'un système à partir d'essais, par l'évaluation de l'écart entre les performances mesurées et les performances simulées ;
- de prévoir les performances d'un système à partir de modélisations, par l'évaluation de l'écart entre les performances simulées et les performances exprimées dans le cahier des charges ;
- d'analyser ces écarts et de proposer des solutions en vue d'une amélioration des performances.

(1) ATS : adaptation technicien supérieur.

(2) BTS : brevet de technicien supérieur.

(3) DUT : diplôme universitaire de technologie.

(4) F. Ching.

1.2 Objectifs généraux

À partir de cas réels placés dans leur environnement technico-économique ou de supports didactisés, l'organisation du programme, qui est décliné en compétences associées à des connaissances et savoir-faire, est présentée ci-dessous :

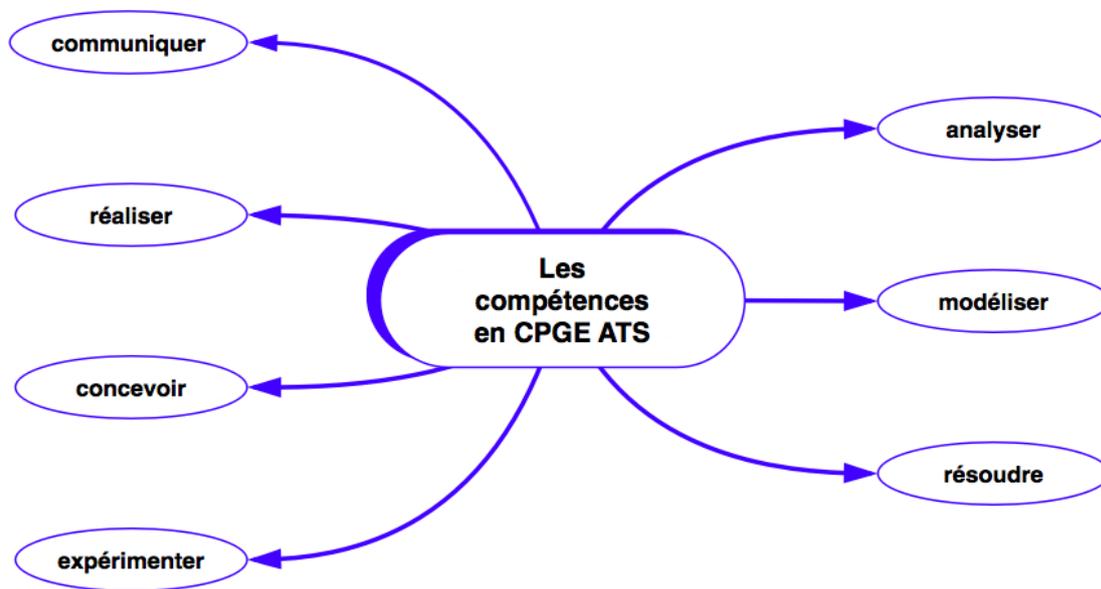


Figure 1 : compétences en CPGE ATS

1.2.1 Analyser

Établir ou exploiter une analyse performancielle ou comportementale sur des systèmes ou des ouvrages issus des grands secteurs d'activité : infrastructures routières, constructions, environnement, énergie.

Décrire et identifier une problématique technique ou scientifique

Formaliser l'ensemble des questions auxquelles il faut répondre pour réaliser une fonction ou atteindre un objectif dans un environnement donné.

Définir les frontières d'une problématique et fixer les objectifs à atteindre

Définir les limites et les contraintes choisies ou imposées.

Établir ou exploiter une analyse

Établir ou exploiter une analyse performancielle ou comportementale.

1.2.2 Concevoir

Concevoir tout ou partie d'une construction conforme aux exigences d'un cahier des charges basé sur une démarche performancielle. Proposer et adapter des solutions techniques répondant à un besoin exprimé en utilisant un langage performanciel et les représentations adaptées. Intégrer dans le cadre de la gestion d'un projet de construction les règles du développement durable (cycle de vie, environnement, etc.).

1.2.3 Modéliser

Modéliser un système permettant une approche théorique afin de prédire, d'analyser ou de valider ses performances. Le choix du modèle dépend très largement de ce que l'on cherche à obtenir et de la méthode de résolution envisagée. La modélisation repose sur la formalisation d'hypothèses, le choix et la justification de modèles théoriques, la détermination ou l'identification des paramètres du modèle.

Utiliser des outils de description

Choisir et justifier un modèle.

Identifier et choisir les paramètres du modèle

À partir d'un modèle, définir et identifier les paramètres du modèle afin de décrire au mieux le comportement d'un système.

Apprécier les limites de validité

Constater les écarts entre la réalité et le comportement du modèle. Identifier les limites de validité du modèle, le critiquer et déduire les actions correctrices à envisager le cas échéant.

1.2.4 Résoudre

Choisir et appliquer une méthode de résolution adaptée aux objectifs visés (simulation, résolution analytique, graphique ou numérique) et procéder à sa mise en œuvre.

Apprécier la validité du ou des résultats à partir du modèle, et/ou du système réel ou d'un cahier des charges.

1.2.5 Expérimenter

Appliquer un protocole expérimental et expliquer le choix des essais à réaliser ainsi que les grandeurs physiques mesurées.

Observer et décrire le fonctionnement, le comportement d'un système ou d'un modèle

Effectuer des manipulations et des observations en vue de décrire le comportement et le fonctionnement.

Utiliser un procédé de mesure

Mesurer des grandeurs physiques à l'aide d'appareils permettant l'acquisition, le filtrage et le traitement d'informations.

Vérifier les performances

Interpréter les résultats en tenant compte des incertitudes de mesure, des hypothèses de modélisation et de la variabilité des mesures.

1.2.6 Optimiser

Proposer une optimisation

Proposer une optimisation (ou une variante) du système réel ou du modèle.

Identifier le ou les paramètres à optimiser. Quantifier les marges de progression.

Prendre en compte les contraintes contextuelles (économiques, techniques, physiques, environnementales).

Prendre une décision

Porter une analyse critique en comparant les résultats obtenus à ceux attendus d'un système ou d'un modèle.

Faire un choix entre plusieurs solutions.

Conclure sur la pertinence des hypothèses de modélisation et sur le choix du modèle.

1.2.7 Communiquer

Utiliser différents modes et moyens de communication et les outils adaptés.

Choisir l'outil de description adapté

Retenir un outil de description adapté à une situation donnée (problématique à exposer et nature du destinataire).

Afficher et rendre compte

Savoir utiliser les différents outils de communication.

Structurer un exposé, adopter une attitude conforme aux usages.

Argumenter en fonction d'un objectif à atteindre et des remarques formulées ou des contraintes imposées.

Produire un relevé de conclusions, une synthèse.

1.3 Usage de la liberté pédagogique

Les finalités et objectifs généraux de la formation en sciences industrielles de l'ingénieur laissent à l'enseignant une latitude certaine dans le choix de l'organisation de son enseignement, de ses méthodes, de sa progression globale, mais aussi dans la sélection de ses problématiques ou ses relations avec ses étudiants. Elle met fondamentalement en exergue sa liberté pédagogique, suffisamment essentielle pour lui être reconnue par la loi. La liberté pédagogique de l'enseignant peut être considérée comme le pendant de la liberté d'investigation de l'ingénieur et du scientifique.

Globalement dans le cadre de sa liberté pédagogique, le professeur peut organiser son enseignement en respectant deux principes directeurs :

- pédagogue, il doit privilégier la mise en activités d'étudiant(e)s en évitant le dogmatisme ; l'acquisition des connaissances et des savoir-faire sera d'autant plus efficace que les étudiant(e)s seront acteurs de leur formation.

Les supports pédagogiques utilisés doivent notamment aider à la réflexion, la participation et l'autonomie des étudiant(e)s. La détermination des problématiques et des systèmes, alliée à un temps approprié d'échanges, favorise cette mise en activité ;

- didacticien, il doit recourir à la mise en contexte des connaissances et des systèmes étudiés ; les sciences industrielles de l'ingénieur et les problématiques qu'elles induisent se prêtent de façon privilégiée à une mise en perspective de leur enseignement avec l'histoire des sociétés, des sciences et des techniques, des questions d'actualité ou des débats d'idées. L'enseignant de sciences industrielles de l'ingénieur est ainsi conduit naturellement à mettre son enseignement « en culture » pour rendre sa démarche plus naturelle et motivante auprès des étudiant(e)s.

2 - Organisation de la formation

2.1 Organisation de l'enseignement et organisation pédagogique

La formation est organisée à partir d'activités de cours, travaux dirigés, travaux pratiques, mini-projets ; et la progression pédagogique établie en faisant appel autant que possible à des centres d'intérêts.

L'enseignement des sciences de l'ingénieur, en complément des enseignements traditionnels (cours, travaux dirigés) doit s'appuyer également sur des activités de travaux pratiques et de mini-projets organisées :

- au sein d'un laboratoire spécifique, adapté et équipé en maquettes et supports didactisés ;

- si possible, sur des plateaux techniques propres à l'établissement présentant des supports réels.
- De plus, les étudiant(e)s doivent avoir accès aux informations scientifiques et techniques par le biais :
- de bibliothèques numériques, revues, livres, encyclopédies, etc. ;
 - du réseau Internet.

L'organisation de la formation décomposée en deux périodes doit permettre la réduction des différences de maîtrise des savoirs et savoir-faire associés, constatés à l'entrée en ATS génie civil, dues à l'hétérogénéité des formations d'origine des étudiant(e)s : génie civil (GC), autres (AU). La première période est une période essentiellement de mise à niveau qui permet de passer à une pédagogie par projets durant la deuxième période. De septembre à fin janvier, lors de la première période, l'enseignement est différencié entre les groupes d'étudiants (GC et AU). Les activités de cours et de TD sont alors essentiellement articulées autour de cycles de travaux pratiques, comprenant par exemple trois ou quatre séances suivies d'une séance de synthèse. Durant la seconde période (à partir de janvier), l'enseignement est essentiellement articulé autour de mini-projets d'une durée de 2 à 4 semaines associant des équipes mixtes issues des différents groupes d'étudiant(e)s (GC ou AU).

Tableau 1 : répartition indicative des horaires

Activités	Période 1		Période 2
	GC	AU	GC et AU
Cours	2 h	2 h	2 h
Travaux Dirigés(*)	2 h	2 h	2 h
Travaux Pratiques(*)	3 h	3 h	
Mini-Projet(*)			3 h

(*) Activités organisées en groupe de 15 étudiant(e)s au maximum.

Les activités d'apprentissage devront stimuler l'esprit d'analyse et de synthèse, la créativité des étudiant(e)s afin de leur permettre de poser le bon diagnostic, de proposer et d'évaluer des solutions ainsi que de recommander une décision.

Les activités de travaux dirigés, de travaux pratiques et de mini-projets sont réalisées en groupe de quinze étudiants au maximum.

Les TP ont pour objectif de développer des aptitudes spécifiques, complémentaires de celles qui sont valorisées dans les autres disciplines. Ils permettent :

- de mettre en évidence et/ou de vérifier les comportements mécaniques, énergétiques... propres aux systèmes et/ou aux matériaux (sol, bois, béton, acier, alliage, etc.) ;
- d'acquérir une opérationnalité dans la démarche ingénieur, c'est-à-dire de développer les compétences nécessaires pour analyser et concevoir un système complexe ;
- de consolider les connaissances et la maîtrise des outils vus en cours et en TD ;
- de découvrir la réalité des solutions, et de développer le sens de l'observation, le goût du concret et la prise d'initiative et de responsabilité.

Les mini-projets devront mettre en évidence des problèmes techniques et scientifiques (passés, présents ou futurs) dont l'émergence ne prend tout son sens que dans un cadre réel. Organisés essentiellement sur le temps alloué en deuxième période de formation, les mini-projets peuvent prendre la forme :

- d'études de cas ;
- de travaux de conceptions, de recherches, de simulations portant sur des systèmes ou des ouvrages ;
- de travaux d'essais et de mesures sur des systèmes existants au sein du laboratoire, ou sur les plateaux techniques de l'établissement ;
- d'une initiation à la recherche et au développement ;
- ...

Les thématiques pouvant être proposées dans le cadre des apprentissages sont vastes. On pourra par exemple, prendre comme cadre général les concepts liés à la qualité environnementale des constructions (QEC). Les thèmes ainsi abordés peuvent :

- mettre en évidence les critères auxquels doit satisfaire une construction lors de sa mise en œuvre et au cours de sa vie jusqu'à sa déconstruction ;
- permettre de contextualiser trois piliers du développement durable appliqués aux domaines de la construction ;
- limiter l'impact et le coût environnemental des constructions et des équipements, dans une perspective de préservation des ressources ;
- veiller à la qualité de vie dans les bâtiments, et conjuguer fonctionnalité des espaces, confort et santé des usagers ;
- veiller à la qualité des services rendus des ouvrages et conjuguer fonctionnalités techniques, confort et sécurité des usagers ;
- réaliser en toute sécurité des équipements (ou ouvrages) qui puissent être gérés et entretenus dans la durée de manière simple et à des coûts raisonnables.

À titre d'exemples, quelques thèmes pouvant être mis œuvre dans le cadre de mini-projet et/ou d'activités expérimentales sont cités ci-après :

- étude du débit d'infiltration dans un bassin de décantation et caractérisation des facteurs aggravant les risques de pollution ;
- études de solutions constructives dans le cadre de fondations en mitoyenneté et de reprise en sous-œuvre ;
- optimisation d'une structure à l'aide de bétons adjuvantés et d'additions minérales ;
- conception d'un mur anti-bruit à l'aide de merlons en terre ;
- études comparatives des possibilités de mise en place d'un tablier de pont ;
- conception d'un carrefour et simulation des flux ;
- conception de réseaux (adduction en eau potable, gaz, électricité, eaux vannes, etc.) ;

- ...

L'utilisation de moyens et d'outils informatiques dans le cadre des activités, pour l'acquisition et le traitement de données expérimentales est indispensable. Cela permet de tester et de valider les modèles et renforce le lien entre la théorie / l'expérimentation / le réel.

Dans des situations qui se prêtent mal à une expérimentation, on pourra utiliser des outils informatiques spécifiques de simulation. L'utilisation des logiciels de simulation doit permettre d'explorer des points difficiles à mettre en œuvre d'un point de vue expérimental ou de gagner du temps en évitant des tâches répétitives (étude de l'influence d'un paramètre par exemple).

De plus, à partir des supports des thèmes, une contextualisation à l'aide de maquettes numériques 3D et une utilisation du BIM (Building Information Modeling) est attendue.

2.2 Niveau d'approfondissement et tableau croisé macro-compétences / connaissances

Le programme se structure en deux parties :

S1 : adaptations des ouvrages à l'homme et à l'environnement afin de répondre aux besoins ;

S2 : modélisations, équilibres et comportements des ouvrages.

La présentation n'induit en aucun cas une chronologie d'enseignement, mais une simple mise en ordre des concepts.

Le niveau de maîtrise étant très variable en fonction des parcours de formation des étudiant(e)s intégrant une CPGE ATS génie civil, il est utile de préciser :

- dans les colonnes GC, AU⁽¹⁾ le niveau moyen de maîtrise constaté à l'entrée ;

- dans la colonne « niveau concours », le niveau de maîtrise des savoirs attendus au moment des concours d'entrée aux grandes écoles ;

- lorsque le niveau de maîtrise n'est pas évaluable de façon suffisamment précise, il est indiqué par « ... ».

Les niveaux de maîtrise des savoirs sont présentés sous la forme d'une taxonomie à quatre niveaux :

1 - Niveau d'information ; le savoir est relatif à l'appréhension d'une vue d'ensemble d'une problématique. Les réalités sont montrées sous certains aspects de manière partielle ou globale.

C'est la capacité à identifier, citer, évoquer un phénomène.

Ce niveau n'est pas évaluable.

2 - Niveau d'expression ; le savoir est relatif à l'acquisition de moyens d'expression et de communication permettant de définir et utiliser les termes composant la discipline. Le « savoir » est maîtrisé.

C'est la capacité à décrire, expliquer, faire un schéma, etc., exprimer la compréhension d'un phénomène dans le contexte demandé.

3 - Niveau de maîtrise des outils ; le savoir est relatif à la maîtrise de procédés et d'outils d'étude ou d'action (lois, démarches, actes opératifs, etc.) permettant d'utiliser, de manipuler des règles, des principes ou des opérateurs techniques en vue d'un résultat à atteindre. Il s'agit de maîtriser un « savoir faire ».

C'est la capacité à maîtriser un savoir-faire associé à un savoir pour utiliser un modèle, mettre en œuvre une démarche de dimensionnement, représenter et simuler un fonctionnement, effectuer une mesure...

4 - Niveau de maîtrise méthodologique ; le savoir est relatif à la maîtrise d'une méthodologie d'énoncé et de résolution de problèmes en vue d'assembler et d'organiser les éléments d'une problématique, d'identifier les relations, de raisonner à partir de celles-ci et de décider en vue d'un but à atteindre. Il s'agit de maîtriser une démarche.

C'est la capacité à choisir par la mise en œuvre, en autonomie, d'une démarche d'analyse puis de synthèse. Il s'agit de maîtriser la résolution d'un problème sans indication sur la démarche à suivre.

Chacun de ces niveaux englobe les précédents.

(1) GC : étudiant(e)s titulaires d'un bac+2 du domaine du génie civil.

AU : étudiant(e)s titulaires d'un bac+2 autre que du domaine du génie civil.

Tableau 2 : Compétences / Connaissances

		Compétences						
		Analyser	Concevoir	Modéliser	Résoudre	Expérimenter	Optimiser	Communiquer
Connaissances - Savoir-faire								
S1	Adaptations des ouvrages à l'homme et à l'environnement afin de répondre aux besoins							
	S11 Architecture - Conception - Réalisation	X		X			X	X
	S12 Les matériaux, les produits, les composants de la construction	X			X	X	X	X
	S13 Qualités environnementales et durabilités	X						X
S2	Modélisations, équilibres et comportements des ouvrages							
	S21 Éléments de mécanique des milieux continus	X		X	X	X	X	X
	S22 Structures	X	X	X	X	X	X	X
	S23 Géotechnique	X	X	X	X	X	X	X
	S24 Qualité des ambiances	X		X	X	X	X	X
	S25 Algorithmique et analyse numérique appliquée	X	X	X	X	X		X

3 - Programme

S1 - Adaptations des ouvrages à l'homme et à l'environnement afin de répondre aux besoins

S11 Architecture - Conception - Réalisation

Compétences attendues	
Un ouvrage (ou partie) ou un système ou une problématique de construction étant fourni et/ou défini par un dossier architectural ou d'exécution, son environnement d'utilisation étant précisé, le cahier des charges étant fourni :	
Analyser	Identifier une fonction donnée : critères, niveaux... Mener une analyse performancielle simple. Lire et exploiter un plan. Expliquer le rôle de tout ou partie des éléments d'une construction. Expliquer une méthode d'exécution et les moyens associés. Extraire et interpréter les informations d'un document technique.
Concevoir	
Modéliser	Prendre en compte les principales données liées : à la forme et à la nature, à la localisation climatique et géologique, à la destination et l'usage...
Résoudre	
Expérimenter	
Optimiser	Adapter un ouvrage ou une partie (modification...) afin de satisfaire une fonction. Établir une analyse critique d'un procédé de construction et/ou d'un système constructif.
Communiquer	Utiliser différents modes et moyens de communication et les outils adaptés. Employer la terminologie adéquate.

Connaissances, savoir-faire	Niveau entrée		Niveau à atteindre
	GC	AU	
Analyse fonctionnelle et performancielle : - besoins à satisfaire. Déclinaison des fonctions d'usage en fonctions techniques et classification (adaptation, structure, enveloppe, partition, équipement, parachèvement, réalisation).	1	...	1
Cahier des charges.	1	1	2
Outils de représentation.	...	2	...
Typification des données et corrélations des données liées :			
- à la sociologie, à l'économie ;	...	...	...
- à l'usage ;	2	1	2
- aux sollicitations naturelles : géologie, climat.	1	...	1

Approche systémique : - procédés généraux de construction - terrassements, aménagements urbains, voiries et réseaux, ponts et viaducs, ouvrages hydrauliques, bâtiments, constructions industrielles, etc. - procédés liés à la conception/réalisation des éléments contribuant à la qualité des ambiances et à la satisfaction des usages.	2	...	2
	1	...	2
Schématisations, représentations des ouvrages et des systèmes.	2	...	2

Commentaires et limitations :

Les connaissances ci-dessus ne se situent pas dans un enseignement théorique distinct. Elles doivent s'intégrer au cas par cas, dans les différentes activités (TD, TP, mini-projets) afin de donner un cadre réel et concret aux différentes études.

On veillera à appréhender le monde de la construction à travers ses techniques et ses acteurs, à partir de facteurs socio-culturels, économiques et techniques. L'accent est mis sur la diversité des solutions technologiques possibles.

Un ouvrage du BTP est unique : il est le résultat d'assemblages de produits finis, semi-finis et de matériaux bruts, contrairement à un objet industriel, manufacturé, fabriqué en série. Cela induit des méthodes d'analyses, de raisonnements, de développements, de conceptions, de réalisations spécifiques.

Par exemple, définir un habitat c'est préciser, pour chaque activité dont il sera le support, les niveaux de performance attendus pour chacune des sept fonctions d'usage : c'est essentiellement une démarche type « architecturale ».

1 - Fournir les espaces pour mener des activités : service rendu par l'habitat qui permet à l'utilisateur de disposer d'espaces nécessaires pour accomplir différentes actions menées soit à l'intérieur du groupe familial, soit avec des personnes extérieures.

2 - Protéger les biens et outils ainsi que le groupe humain : service rendu par l'habitat qui permet à l'utilisateur de préserver (mais aussi d'utiliser) ses biens et ses outils malgré les diverses agressions climatiques, d'environnement ou d'actions volontaires d'autres personnes.

3 - Mettre à disposition les biens et outils : service rendu par l'habitat qui permet à l'utilisateur d'utiliser les outils nécessaires par ses activités et de profiter de ses biens.

4 - Fournir une ambiance : service rendu par l'habitat qui permet à l'utilisateur d'adapter l'ambiance intérieure en fonction de l'ambiance extérieure.

5 - Maîtriser les relations : service rendu par l'habitat qui permet à l'utilisateur de filtrer, d'empêcher ou de favoriser ses contacts avec les personnes de l'extérieur et avec les éléments naturels de son environnement.

6 - Tirer parti du site : service rendu par l'habitat qui permet à l'utilisateur de vivre dans un site sans lui porter atteinte.

7 - Fonction sémiologique : qualité du vécu de l'habitat par l'utilisateur. C'est donc ce qui fait la différence entre une somme aride de composants techniques et l'appropriation de l'habitat.

Ces sept fonctions doivent être considérablement adaptées et élargies dans le cas d'un ouvrage de génie civil (pont, barrage, route...) et dès lors que l'on s'intéresse à la réalisation des ouvrages. Aussi, l'analyse performancielle doit être un des outils d'aide à la conception et à la réalisation et être un moyen de situer une problématique technique. La sensibilisation aux différents outils sera abordée au travers de quelques exemples pertinents et par la mise en situation lors des activités (TD, TP, mini-projets).

S12 Les matériaux, les produits, les composants de la construction

Compétences attendues	
Un ouvrage (ou partie) ou un système ou une problématique de construction étant fourni et/ou défini par un dossier architectural ou d'exécution, son environnement d'utilisation étant précisé :	
Analyser	<p>Identifier les principales informations issues d'une carte géologique et d'une carte des risques naturels.</p> <p>Citer les principaux matériaux de construction et leurs utilisations.</p> <p>Citer les principales caractéristiques des matériaux : paramètres de définition, propriétés physico-chimiques, propriétés hygroscopiques, propriétés mécaniques et rhéologiques, propriétés thermiques, association, durabilité, altération, corrosion.</p> <p>Décrire les comportements mécaniques essentiels des principaux matériaux (résistance, retrait, fluage, relaxation, pathologie).</p> <p>Décrire les phénomènes liés à la capillarité et aux mouvements d'eaux dans les milieux poreux.</p> <p>Citer « les actions » des agents extérieurs (température, air, feu, corrosion) sur les matériaux et les constructions.</p>
Concevoir	
Modéliser	
Résoudre	Appliquer dans le cas d'écoulement dans les milieux poreux les lois de Jurin, Poiseuille, Kelvin, Laplace, Darcy.
Expérimenter	<p>Mesurer une masse, un volume, une température, une absorption, une surface spécifique, une perméabilité, une charge de rupture, etc.</p> <p>Utiliser une méthode de formulation des bétons en fonction d'objectifs fixés.</p> <p>Réaliser des essais destructifs et non-destructifs sur les matériaux.</p> <p>Contrôler des performances.</p>
Optimiser	Décrire les différents types de béton et leurs utilisations (béton courant, BHP, BAP, BAN, BUHP, etc.).
Communiquer	Utiliser différents modes et moyens de communication et les outils adaptés.

Connaissances, savoir-faire	Niveau entrée		Niveau à atteindre
	GC	AU	
Éléments de géologie pour l'ingénieur : - éléments de reconnaissance et de tectonique locale ; - les principales roches - origine et propriétés ; - gisements - origine, formation et exploitation ; - hydrogéologie - bassin versant, aquifère, géothermie.	...	...	1
Les principaux matériaux de construction (liants, bois, métaux, isolants) et les matériaux granulaires : - origine, élaboration ; - propriétés physico-chimiques, mécaniques ; - propriétés hydrauliques, thermiques, acoustiques.	2	...	3
Les bétons à base de liant : - hydraulique ; - hydrocarboné.	2	...	2

Commentaires et limitations :

Il s'agit de valoriser chez les étudiant(e)s l'importance d'une bonne compréhension des propriétés des matériaux et de leur origine et ce afin d'appréhender à fois les concepts liés au développement durable et aux problèmes d'ingénierie de la construction. En effet, les matériaux de construction sont complexes, leurs associations encore plus, et les variabilités couplées de certaines propriétés (mécaniques, géométriques, hygroscopiques, etc.) ont des incidences sur le parti constructif, les dispositions constructives, les procédés et les solutions technologiques à adopter.

S13 Qualités environnementales et durabilités des constructions

Compétences attendues	
La qualité environnementale des constructions (QEC) correspond à la capacité d'un ouvrage à préserver les ressources naturelles et à répondre aux exigences de confort, de qualité de vie et de santé. Un ouvrage doit satisfaire ces critères lors de sa mise en œuvre et au cours de sa vie jusqu'à sa déconstruction.	
Le développement durable est un concept qui ne peut se limiter à un enseignement théorique distinct. En effet, l'étendue de son champ d'application impose obligatoirement de le décliner et de l'intégrer dans tous les secteurs de la construction : bâtiment, ouvrage d'art, VRD, routes...	
Un ouvrage (ou partie) ou un système ou une problématique de construction étant fourni et/ou défini par un dossier architectural ou d'exécution, son environnement d'utilisation étant précisé, le cahier des charges étant fourni :	
Analyser	Citer et expliquer des critères et/ou des attentes liés aux concepts de qualité environnementale et de développement durable, pour leur prise en compte dans la programmation, la conception, la réalisation, la maintenance des constructions.
Concevoir	
Modéliser	
Résoudre	
Expérimenter	
Optimiser	
Communiquer	Utiliser différents modes et moyens de communication et les outils adaptés.

Connaissances, savoir-faire	Niveau entrée		Niveau à atteindre
	GC	AU	
• Limitation de l'impact et du coût environnemental des constructions et des équipements, dans une perspective de préservation des ressources, en particulier en matière énergétique.	...	...	1
• Veiller à la qualité de vie dans les bâtiments, et conjuguer fonctionnalité des espaces, confort et santé des usagers.	...	...	1
• Réaliser en toute sécurité des équipements (ou des ouvrages) qui puissent être gérés et entretenus dans la durée de manière simple, et à des coûts raisonnables.	1	...	2

Commentaires et limitations :

Les connaissances sont à développer dans les différentes activités proposées aux étudiant(e)s. À titre indicatif, les éléments ci-après pourront être abordés :

- La construction.

- Les matériaux utilisés.

Prise en compte de la durée de vie d'une matière première, et penser, dès le début, à son réemploi (transformation, recyclage).

- Les matériels et techniques de production utilisés.

- Favoriser le recours à des techniques à faible niveau de pollution (déchets énergétiques, déchets de chantiers, acoustique, etc.). Suivi des réglementations thermique, acoustique, antisismique, etc.

- Vie du bâtiment.

Favoriser une conception du bâtiment (ou adapter l'existant) facilitant une maintenance (entretien, réhabilitation, etc.), un confort (chauffage, aération, acoustique, etc.), une utilisation respectant un système de management environnemental et l'optimisation d'une ou plusieurs cibles HQE®.

Intégrer une phase de concertation avec l'habitant lors de la conception du bâtiment.

- Les réseaux urbains.

- Réseaux d'énergie.

Production ou distribution d'électricité, de gaz, de chaleur...

Effet de serre. Utilisation ou développement d'énergies renouvelables (solaire, éolienne, etc.).

- Eaux : EF-ECS, EP-EU-EV.

Production, assainissement, distribution d'eau potable.

Prévention des risques naturels. Préservation ou amélioration d'un environnement.

- Transports.

Mise en place ou gestion de transports publics, stationnement.

Effet de serre. Utilisation d'énergies renouvelables ou propres.

- L'environnement.
- Déchets.
- Traitement, recyclage de déchets ménagers, industriels, nucléaires...
- Préservation ou amélioration d'un environnement.
- Espaces paysagers.
- Aménagement, préservation du territoire et du littoral ; stations touristiques.
- Génération futures : préservation ou amélioration d'un environnement.
- Air.
- Pollution, assainissement ; air extérieur et intérieur.
- Préservation ou amélioration d'un environnement.

S2 Modélisations, équilibres et comportements des ouvrages

S21 Éléments de mécanique des milieux continus

Compétences attendues	
Un ouvrage (ou partie) ou un système ou une problématique de construction étant fourni et/ou défini par un dossier architectural ou d'exécution, son environnement d'utilisation étant précisé, le cahier des charges étant fourni :	
Analyser	Identifier les principaux comportements des solides ou des fluides. Expliquer des schémas de principe simples d'installations : chauffage, climatisation, aérodynamique, EF-ECS, EP-EU-EV.
Concevoir	
Modéliser	Qualifier les grandeurs et décrire leur évolution spatio-temporelle.
Résoudre	Déterminer la répartition des forces exercées par un milieu fluide sur un ouvrage et déterminer l'équilibre interne et externe de l'ouvrage. Déterminer des contraintes, des déformations en appliquant une loi de comportement (élasticité linéaire). Déterminer les pressions, les vitesses, les débits et prendre en compte les pertes de charges dans un réseau.
Expérimenter	Mesurer des pressions, des débits, des vitesses, des viscosités. Mesurer des déformations relatives, des déplacements, des efforts. Mettre en œuvre un système informatisé d'acquisition de mesures. Contrôler des performances.
Optimiser	Adapter la géométrie d'un ouvrage selon des critères. Interpréter, comparer, critiquer les résultats obtenus au regard des hypothèses adoptées. Valider le choix d'un composant hydraulique (pompe, ventilateur, etc.). Modifier des réseaux simples.
Communiquer	Utiliser différents modes et moyens de communication et les outils adaptés.

Connaissances, savoir-faire	Niveau entrée		Niveau à atteindre
	GC	AU	
Modélisations : vecteurs, torseurs, champs.	1	2	3
Concept de milieu continu et descriptions.	...	...	1
Éléments sur les contraintes et les déformations : définitions, représentations géométriques, état plan, notions de tenseurs.	1	1	3
Lois de comportement des solides : élasticité, plasticité.	1	1	3
Fluidique appliquée :			
- propriétés de l'eau et de l'air ;	1	1	2
- principe d'analyse dimensionnelle et similitude ;	...	1	1
- lois fondamentales des fluides ;	1	1	3
- éléments de rhéologie ;	1	1	3
- écoulements dans les conduites ;	1	...	2
- notions sur les réseaux	...	...	2
- écoulements à surface libre	...	...	2
Lois propres applicables aux systèmes :			
- réseaux de fluides (chauffage, climatisation, ventilation, adduction, assainissement, etc.) ;	1	...	2
- stabilité des ouvrages fluviaux et maritimes.			

Commentaires et limitations :

Il s'agit de donner aux étudiant(e)s les bases indispensables leur permettant d'aborder les enseignements dispensés en école d'ingénieurs. En plus des compétences scientifiques attachées à ces savoirs et de leurs développements en TD et TP, on veillera à leur mise en application dans le cadre des mini-projets dans les domaines de la mécanique des structures, géotechnique, qualité des ambiances.

S22 Structures : poutres, arcs, treillis, ossatures, etc.

Compétences attendues	
Une construction (ou partie) étant fournie et/ou définie par un dossier architectural ou d'exécution, son environnement d'utilisation étant précisé, le cahier des charges étant fourni ; il s'agit de caractériser les principaux comportements de tout ou partie d'une structure sollicitée par son environnement et son usage :	
Analyser	Identifier le type de liaison, la nature (action de contact, à distance) et le mode d'application (surfacique, linéique, ponctuel) d'une action mécanique. Identifier, inventorier, classer les actions mécaniques. Classer une structure selon son degré d'hyperstaticité. Identifier, inventorier, classer les éléments assurant la stabilité globale d'une structure. Décrire l'approche semi-probabiliste de la sécurité d'une structure et citer le principe des vérifications aux états limites.
Concevoir	Déterminer les caractéristiques géométriques (centre de gravité, moments quadratiques, directions principales d'une surface plane). Établir le cheminement des charges dans le cas de constructions simples. Adapter la géométrie d'un objet selon des critères fixés.
Modéliser	Modéliser les liaisons, les actions, la géométrie. Déterminer les actions permanentes, variables.
Résoudre	Déterminer l'équilibre de tout ou partie d'une construction (isostatique ou hyperstatique). Déterminer la répartition des efforts internes et établir les graphes des sollicitations. Calculer les déplacements et les déformations.
Expérimenter	Mesurer des déformations relatives, des déplacements, des efforts. Mettre en œuvre un système informatisé d'acquisition de mesures. Contrôler des performances.
Optimiser	Proposer et critiquer des modifications du modèle ou du système pour satisfaire des critères de déplacements, de déformations, de contraintes, de durabilités. Établir une analyse critique d'une structure : incidence de l'hyperstaticité, nature des liaisons, influence de la géométrie, etc. Interpréter, comparer, critiquer les résultats obtenus au regard des hypothèses adoptées lors de la modélisation. Établir une analyse critique d'une disposition constructive, d'un assemblage, d'un équarrissage d'un élément de structure...
Communiquer	Utiliser différents modes et moyens de communication et les outils adaptés.

Connaissances, savoir-faire	Niveau entrée		Niveau à atteindre
	GC	AU	
Modélisations.	2	1	3
Équilibre, transfert de charges.	2	1	3
Sollicitations. Relations sollicitations-contraintes-déformations : effort normal, effort tangentiel, moment de flexion, moment de torsion.	2	1	3
Méthodes de résolution applicables aux poutres droites : formules de Bresse, théorème des trois moments, fonctions de singularité.	2	...	3
Méthodes énergétiques : théorème de Maxwell-Betti, théorème de Castigliano et de Muller-Breslau.	1	...	2
Lois propres applicables aux systèmes : fluage, relaxation, plastification, instabilités	1	1	2
Concepts de dimensionnement (aspects semi-probabilistes et généralités sur les règles de calculs).	1	...	2

Commentaires et limitations :

Il s'agit de donner les définitions et les propriétés essentielles des grandeurs qui caractérisent les efforts internes et les déformations des structures à barres.
Des études de cas en 3D sont à envisager notamment dans le cadre des transferts de charges.

Les méthodes de résolution pourront être vectorielles, analytiques ou matricielles (cas simple).
Les éléments de résistance des matériaux devront outre faire apparaître les critères classiques de dimensionnement des structures, appréhender l'association acier/béton afin de faire comprendre le fonctionnement du béton armé.

La résolution des systèmes hyperstatiques devra être abordée à l'aide d'équations de compatibilités et de continuités.

On veillera au travers des activités (TD, TP et mini-projets) à mettre en évidence les particularités des structures réalisées en divers matériaux - bois, lamellé-collé, acier, béton armé, béton précontraint - sans entrer dans les aspects réglementaires.

S23 Géotechnique

Compétences attendues	
Un site étant défini par un rapport de sol, un système constructif étant défini par un dossier architectural ou d'exécution, l'environnement d'utilisation étant précisé, le cahier des charges étant fourni ; il s'agit de caractériser les principaux comportements d'un sol et les interactions sol/structure :	
Analyser	Identifier et décrire les principaux comportements des sols pulvérulents et cohérents. Classer, décrire et interpréter les principaux essais de laboratoire et in-situ permettant la caractérisation des sols. Expliquer le phénomène de consolidation. Reconnaître et évaluer les caractéristiques géotechniques et hydrauliques qui influent sur le comportement d'un sol.
Concevoir	Adapter la géométrie d'un ouvrage (ou partie) selon des critères fixés.
Modéliser	Prendre en compte les états d'équilibre limite. Déterminer le diagramme de pressions des terres le long d'une paroi verticale (poussée et butée) et exprimer des efforts. Appliquer la loi de Coulomb et la représentation de Mohr.
Résoudre	Calculer les contraintes verticales (totales et effectives). Vérifier les stabilités : paroi verticale, soutènement, fondation superficielle et profonde. Vérifier la stabilité d'une tranchée, d'un talus. Évaluer les tassements.
Expérimenter	Mesurer des caractéristiques intrinsèques, des résistances, des perméabilités, etc. Mesurer des charges hydrauliques, des débits, des déplacements, des efforts, etc. Mettre en œuvre des mesures par analogies électriques. Mettre en œuvre un système informatisé d'acquisition de mesures.
Optimiser	Proposer et critiquer des modifications du modèle ou du système pour satisfaire des critères de stabilités, de déformations, de durabilités... Établir une analyse critique : interactions sol/structure. Interpréter, comparer, critiquer les résultats obtenus au regard des hypothèses adoptées lors de la modélisation.
Communiquer	Utiliser différents modes et moyens de communication et les outils adaptés.

Connaissances, savoir-faire	Niveau entrée		Niveau à atteindre
	GC	AU	
Paramètres d'état et caractéristiques liées à la nature, à l'arrangement, à la consistance, au compactage, à l'état hydrique. Les bases des classifications des sols.	2	...	3
Propriétés hydrauliques et écoulements (gradient hydraulique, loi de Darcy, phénomène de boulangerie, etc.).	1	...	2
Distribution de contraintes, tassement et consolidation.	1	...	3
Résistance au cisaillement.	1	...	3
Lois propres applicables aux systèmes : - ingénierie des fondations, stabilité des pentes-digues et des soutènements ; - routes et voiries.	2	...	3

Commentaires et limitations :

Il s'agit de faire acquérir les connaissances fondamentales concernant les propriétés physiques, hydrodynamiques et mécaniques des sols, de connaître et de comprendre les sujétions et les risques liés à la nature des terrains

pour les différents secteurs d'activité du génie civil. On veillera au travers des activités (TD, TP et mini-projets) à mettre en évidence les interactions sols/structures (au sens large) ; sans entrer dans les aspects réglementaires.

S24 Qualité des ambiances

Compétences attendues	
Une construction (ou partie) étant fournie et/ou définie par un dossier architectural ou d'exécution, son environnement d'utilisation étant précisé, le cahier des charges étant fourni ; il s'agit de caractériser les principaux comportements de tout ou partie d'une construction sollicitée par son environnement et son usage :	
Analyser	Citer les effets physiologiques de l'inconfort. Citer, classer les principaux matériaux et composants. Citer les principes et les bases réglementaires thermique et acoustique. Décrire les phénomènes régissant les échanges thermiques. Décrire les éléments à prendre en compte pour satisfaire les besoins en confort (été, hiver). Décrire ce qu'est un pont thermique et les conséquences. Décrire les phénomènes régissant la propagation des bruits aériens et solidiens. Décrire le phénomène physique de la réverbération d'une salle.
Concevoir	
Modéliser	Qualifier les grandeurs et décrire leur évolution spatio-temporelle. Mettre en œuvre des principes d'analogies.
Résoudre	Prendre en compte les différents modes de transfert (conduction, convection, rayonnement) en régime permanent. Appliquer la loi de Fourier. Déterminer les déperditions d'un logement simple et calculer une puissance de chauffage. Déterminer les risques de condensations superficielles et internes. Déterminer l'isolement aux bruits aériens et aux bruits d'impact entre deux locaux. Déterminer le temps de réverbération d'un local.
Expérimenter	Effectuer des mesures de grandeurs thermiques : température, flux, et conductivité Utiliser des logiciels de simulation. Mettre en œuvre des mesures par analogies électriques. Contrôler des performances.
Optimiser	Exploiter des résultats et proposer des solutions technologiques adaptées. Critiquer les performances de solutions technologiques.
Communiquer	Utiliser différents modes et moyens de communication et les outils adaptés.

Connaissances, savoir-faire	Niveau entrée		Niveau à atteindre
	GC	AU	
Air atmosphérique et phénomènes associés	...	...	1
Qualités thermiques et acoustiques des éléments de parois	1	...	1
Confort thermohygrométrique	2	1	2
Bilans et échanges thermiques	1	1	2
Acoustique des parois (absorption et transmission)	1	...	1
Acoustique architecturale (correction et isolation)	1	...	1
Aspects réglementaires (généralités, concepts, exigences, labels, etc.)	1	...	1

Commentaires et limitations :

Il s'agit de caractériser les principaux éléments de confort d'une construction dans un environnement donné et en fonction de son usage. À partir des principes et des lois fondamentales, il s'agira d'analyser et de valider les solutions technologiques permettant d'atteindre un niveau de confort correspondant à un niveau donné d'exigence :

- les échanges thermiques (émissions et déperditions) ;
- les phénomènes d'émission et de migration de vapeur d'eau, de condensation, de transmission des bruits dans un milieu (air, solide), de réflexion des bruits sur les parois, de perméabilité à l'eau, d'imbibition et séchage d'un matériau poreux ;
- le renouvellement d'air.

Le respect aux normes, labels et règlements en vigueur ne sera qu'abordé.

S25 Algorithmique et analyse numérique appliquée

Compétences attendues	
Une série de données ou une problématique scientifique étant fournie et/ou définie par un dossier, le cahier des charges étant fourni :	
Analyser	Transcrire un problème (technique, scientifique) en vue de l'informatiser.
Concevoir	Utiliser les techniques informatiques pour le traitement, la modélisation et la représentation d'un problème scientifique. Modifier ou concevoir un algorithme pour obtenir un résultat.
Modéliser	Adapter et mettre en œuvre des méthodes d'analyse numérique.
Résoudre	Dépouiller et exploiter les données d'expérience ou d'observation.
Expérimenter	Mettre en œuvre un langage de programmation.
Optimiser	
Communiquer	Utiliser différents modes et moyens de communication et les outils adaptés.

Connaissances, savoir-faire	Niveau entrée		Niveau à atteindre
	GC	AU	
Bases et éléments d'algorithmiques. Initiation à un langage structuré orienté objet : - variables : notion de type et de valeur d'une variable ; - expressions et instructions simples : affectation, opérateurs usuels, distinction entre expression et instruction ; - instructions conditionnelles : expressions booléennes et opérateurs logiques simples, instruction if, select case. Variantes avec alternative (else) ; - instructions itératives : boucles for, boucles conditionnelles while ; - fonctions : notion de fonction (au sens informatique), définition dans le langage utilisé, paramètres (ou arguments) et résultats, portée des variables ; - manipulation de quelques structures de données : chaînes de caractères (création, accès à un caractère, concaténation), listes (création, ajout d'un élément, suppression d'un élément, accès à un élément, extraction d'une partie de liste), tableaux à une ou plusieurs dimensions ; - fichiers : notion de chemin d'accès, lecture et écriture de données numériques ou de type chaîne de caractères depuis ou vers un fichier ; Méthodes numériques : applications de méthodes de résolution, d'interpolation, de lissage, de dérivation, d'intégration aux domaines de la : - mécanique des structures, - géotechnique, - fluïdique, - thermique et de l'acoustique.	...	1	2
	2
	2

Commentaires et limitations :

Il s'agit de pouvoir élaborer (ou modifier) un algorithme (ou un programme) simple pour résoudre un problème scientifique et acquérir quelques bases de calcul numérique et de programmation.
Les bases de l'algorithmique sont abordées : structures de contrôle, variables, définition de fonctions et procédure, etc.
Les concepts sont mis en application lors de travaux pratiques et de mini-projets, où les étudiant(e)s utilisent un langage structuré orienté objet.