

## Annexe 1

# **Programme d'innovation technologique et d'ingénierie et développement durable de première et d'ingénierie, innovation et développement durable de terminale STI2D**

---

## Sommaire

### **Introduction**

#### Préambule

#### Modalités d'enseignement

Les enseignements technologiques, de la conception de produits à la réalisation de prototypes

### **Objectifs et compétences des enseignements technologiques**

### **Connaissances associées des enseignements technologiques**

1. Principes de conception des produits et développement durable
2. Approche fonctionnelle et structurelle des produits
3. Approche comportementale des produits
4. Éco-conception des produits
5. Solutions constructives
6. Prototypage et expérimentations

## Introduction

### Préambule

Les défis sociétaux à relever appellent constamment la conception et la diffusion de produits innovants. Ces innovations mobilisent des méthodes de conception rigoureuses pour répondre aux besoins actuels et futurs de la société ; elles s'appuient sur les dernières avancées des sciences et des technologies.

Les technologies désignent l'ensemble des procédés, méthodes, instruments et outils permettant à l'Homme de créer des **produits**<sup>1</sup> pour répondre à ses besoins. Elles s'inscrivent dans un champ de relations complexes entre les résultats scientifiques, les contraintes économiques, environnementales, sociales et l'organisation des techniques qui permettent de produire un résultat réalisable et acceptable économiquement, socialement, et respectueux de l'environnement. L'éducation technologique doit permettre de doter chaque élève d'une culture faisant de lui un acteur éclairé et responsable de l'usage des technologies et des enjeux associés. La technologie se caractérise aujourd'hui par une intégration de plus en plus poussée du design, de la mécanique, de l'énergétique, de l'électronique, de l'informatique et de l'automatique, dans un environnement de plus en plus numérique. Les compétences et les connaissances associées, relatives aux domaines de la matière<sup>2</sup>, de l'énergie et de l'information constituent donc la base de toute formation technologique dans le secteur industriel.

La série Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable se compose de deux spécialités en première, qui fusionnent en terminale pour conduire à la spécialité « ingénierie, innovation et développement durable ».

Trois dimensions constituent le socle des enseignements technologiques :

- **une dimension socioculturelle** qui permet de replacer et d'interroger des produits dans leur environnement d'usage. La démarche pédagogique principale est celle de l'investigation permettant de comprendre les références et besoins divers qui ont permis la création des produits à partir de l'analyse des tendances, des normes, des lois, etc. Cette dimension s'apparente à la **technologie** dite **génétique** (analyse des lignées de produits du passé dans leurs perfectionnements successifs, dans l'évolution de leurs usages). Elle comprend également l'approche la plus récente de la **technologie** dite **générale** qui prend en compte l'impact de la création d'un produit et de son usage, tout au long de sa vie, sur son environnement. Les préoccupations liées au développement durable et l'éco-conception<sup>3</sup> y trouvent leur place ;
- **une dimension scientifique et technique** qui permet d'analyser, expérimenter, simuler à partir d'une modélisation fournie des produits existants pour comprendre leur fonctionnement et justifier les solutions constructives. Les démarches d'investigation et de résolution de problèmes mobilisent des activités pratiques

---

<sup>1</sup> Le terme « produit » est générique : il peut tout à la fois désigner un objet manufacturé, un système technique, un ouvrage du domaine de la construction et une application informatique.

<sup>2</sup> La matière représente l'ensemble matériau et la structure matérielle.

<sup>3</sup> L'éco-conception est la prise en compte et la réduction, dès la conception ou lors d'une re-conception de produits, de la performance environnementale. C'est une démarche préventive qui se caractérise par une approche globale sur tout le cycle de vie du produit (depuis l'extraction de matières premières jusqu'à son élimination en fin de vie), de tous les critères environnementaux (consommations de matières premières, d'eau et d'énergie, rejets dans l'eau et dans l'air, production de déchets, etc.).

s'appuyant sur des bases de connaissances et engageant les élèves dans la résolution de problèmes concrets. Cette dimension s'apparente à la **technologie dite structurale** (analyse d'un produit en éléments fonctionnels et matériels). Elle montre comment un assemblage ordonné de fonctions simples peut en définir l'usage ;

- **une dimension d'ingénierie-design** pour imaginer, créer, concevoir et réaliser les produits de demain. Elle s'inscrit dans une démarche de projet intégrant une expérimentation sur un prototype. Cette dimension s'apparente à la **technologie dite générique** (analyse des logiques d'invention et de conception de nouveaux produits). Elle mobilise les technologies du numérique tout au long du processus de création d'un nouveau produit.

La série STI2D s'inscrit pleinement dans la logique pluridisciplinaire STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*, quatre disciplines centrales aux sociétés technologiquement avancées). Pour les élèves de la série technologique STI2D, la prédominance de la démarche d'ingénierie est fédératrice des concepts élaborés dans toutes les composantes des STEM. Cette liaison forte avec les sciences est fondamentale pour la poursuite d'études. Les enseignements sont conçus, encore plus qu'ailleurs, dans une logique interdisciplinaire et collaborative. Sur les plans scientifiques et technologiques, le lycéen ayant choisi la série STI2D développe des compétences étendues, car liées à un corpus de connaissances des trois domaines « matière – énergie – information », suffisantes pour lui permettre d'accéder à la diversité des formations scientifiques de l'enseignement supérieur : classes préparatoires aux grandes écoles, université, écoles d'ingénieur, et toutes les spécialités proposées en institut universitaire de technologie et en section de technicien supérieur. Ces compétences constituent une base permettant l'acquisition de connaissances nouvelles tout au long de la vie, elles conduisent, à terme, à des profils d'ingénieurs orientés vers la création et la réalisation d'un produit.

Ces enseignements contribuent au développement des compétences orales à travers notamment la pratique de l'argumentation. Celle-ci conduit à préciser sa pensée et à expliciter son raisonnement de manière à convaincre.

## Modalités d'enseignement

Des particularités pédagogiques perdurent : un équilibre entre abstraction et concrétisation, analyse et action, théorie et confrontation avec le réel, indispensable à toute une catégorie d'élèves qui repoussent le choix d'une formation professionnelle, mais qui sont davantage sensibles à des approches concrètes. À partir de produits réels et contemporains, les modalités d'enseignement privilégient les démarches actives : activités pratiques d'expérimentation, de simulation et d'analyse de produits réels et actuels, ainsi que le projet. Ce dernier, qui permet de synthétiser les activités et de favoriser la collaboration entre élèves, n'est pas seulement support à des situations d'application, mais constitue tout d'abord un temps d'apprentissage. Il s'agit en effet de faire vivre aux élèves, lors des deux années, tout ou partie d'une démarche de réalisation d'un prototype ou d'une maquette dans le cadre d'une pédagogie de projet. Le concept de projet propose aux élèves et aux enseignants de cogérer de manière globale un espace d'actions, de réflexions, d'initiatives et de choix, de rôles et de responsabilités qui changent les relations professeur-élève et donnent du sens à la formation. Pour les élèves, le projet, dans le cadre de ce programme, est un élément essentiel aux démarches d'investigation et de résolution de problème. Il conforte l'acquisition du corpus de connaissances générales et techniques, indispensable à la poursuite d'études notamment.

En classe terminale, un projet pluri-technologique collaboratif de conception - réalisation, d'amélioration ou d'optimisation d'un produit, d'une durée de 72 heures, implique un travail collectif de synthèse et d'approfondissement. Les trois champs matière, énergie et information doivent obligatoirement être présents. Les démarches d'ingénierie collaborative

et d'éco-conception sont utilement mises en œuvre permettant à chaque élève et au groupe de faire preuve d'initiative et d'autonomie. En fin de première, un projet de 36 heures, organisé avec la même logique, permet d'imaginer et de matérialiser tout ou partie d'une solution originale pour répondre à un besoin. Il peut être commun à toutes les équipes d'une même classe, d'un établissement ou d'une académie et prendre la forme d'un « défi ». Les prototypes réalisés doivent permettre les expérimentations nécessaires à leur qualification.

Les enseignements technologiques ne peuvent s'effectuer sans un usage éclairé et responsable du numérique dont l'intégration dans les produits est une réalité et participe à l'innovation. Il est donc pertinent d'envisager dès maintenant la réalisation de « **jumeaux numériques**<sup>4</sup> » lors des projets. Les objectifs de la communication permettent aux élèves de présenter les différentes problématiques techniques auxquelles ils sont confrontés et d'explicitier de façon raisonnée les choix effectués, y compris en langue vivante A.

Afin de favoriser le développement de liens forts entre tous les enseignements, il est nécessaire que tous les professeurs puissent accéder au laboratoire de technologie. Cet aspect permet à toutes les disciplines de prendre appui sur les situations concrètes rencontrées (expérimentations, projets, études de produits) et favorise la conception de progressions pédagogiques partagées.

L'oral terminal prend alors tout son sens pour évaluer les acquis des élèves lors de la réalisation du projet technologique, dans une approche scientifique des phénomènes observés, et technologique des solutions constructives envisagées.

## Les enseignements technologiques, de la conception de produits à la réalisation de prototypes

- **L'enseignement de spécialité « innovation technologique » proposé en classe de première**

Dans cet enseignement fondé sur la créativité, l'approche design et innovation permet d'identifier et d'approfondir des possibilités de réponse à un besoin, sans préjuger d'une solution unique. Il s'agit de développer l'esprit critique et de travailler en groupe, de manière collaborative, à l'émergence et la sélection d'idées.

Les élèves doivent être capables d'identifier un besoin, de le re-questionner pour mieux y répondre dans un contexte particulier. En s'interrogeant sur les conditions de production des produits, ils mesurent le bien-fondé de leur usage et s'assurent d'une meilleure adaptation à leur environnement. Le designer et l'ingénieur, ou l'architecte et l'ingénieur assument ainsi un comportement civique : ils prennent en compte la qualité du service rendu et de l'usage, l'impact environnemental, les coûts énergétiques de transformation et de transport, la durée de vie des produits et leur recyclage.

L'approche partagée des dimensions design et technologique permet de prendre en compte les dimensions sensibles et matérielles des produits fabriqués en élargissant les points de vue des élèves. Elle les amène à réfléchir autant au « pourquoi » qu'au « comment » de la conception et de la réalisation d'un produit.

- **L'enseignement de spécialité « Ingénierie et développement durable » proposé en classe de première**

L'émergence d'attentes complexes de la société concernant le développement durable, le besoin de performances et la responsabilité sociétale des entreprises dans le déploiement

---

<sup>4</sup> Le « jumeau numérique » est la représentation virtuelle, dynamique, d'un produit physique dont il reproduit les caractéristiques essentielles.

de nouvelles technologies doit se traduire dans la nature des compétences à faire acquérir aux élèves.

Toute réalisation de produit doit intégrer les contraintes techniques, économiques et environnementales. Cela implique la prise en compte du triptyque « Matière – Énergie – Information » dans une démarche d'éco-conception incluant une réflexion sur les grandes questions de société :

- l'utilisation de matériaux pour créer ou modifier la structure physique d'un produit ;
- l'utilisation de l'énergie disponible au sein des produits et, plus globalement, dans notre espace de vie ;
- la maîtrise du flux d'informations en vue de son traitement et de son exploitation.

Le développement durable est une composante incontournable des différents secteurs industriels. Au-delà des directives européennes et des objectifs marketing, c'est bien de la prise en compte d'une nouvelle exigence qu'il s'agit. Les entreprises l'ont compris et généralisent des approches spécifiques comme l'éco-conception, le biomimétisme, et se fixent des objectifs visant l'économie des matières premières, la réduction des transports et la diminution des impacts écologiques tout au long du cycle de vie des produits.

Les enseignements de cette spécialité, fondés sur une démarche de projet, à dominante inductive, s'articulent à une approche pluri technologique des produits intégrant ces trois champs : gestion de l'énergie, traitement de l'information, utilisation et transformation de la matière. Ces trois champs doivent être abordés de manière intégrée et équilibrée. La complexité des produits étudiés et le nombre des exigences à respecter simultanément nécessitent le recours systématique aux outils de simulation. La mise en œuvre des modèles et des méthodes d'analyse et d'expérimentation dans un contexte de résolution de problèmes techniques authentiques est ainsi recherchée.

- **L'enseignement de spécialité « Ingénierie, innovation et développement durable » proposé en classe terminale**

Cette spécialité résulte de la fusion des spécialités de première et introduit des enseignements spécifiques d'application. Le programme comprend ainsi des connaissances communes et des connaissances propres à chacun des champs spécifiques : architecture et construction (AC), énergies et environnement (EE), innovation technologique et éco-conception (ITEC), systèmes d'information et numérique (SIN). Le programme vise l'acquisition de compétences de conception, d'expérimentation, de dimensionnement et de réalisation de prototypes dans leur champ technique propre selon des degrés de complexité adaptés à la classe terminale.

La mise en œuvre du programme associe étroitement :

- l'observation du fonctionnement et des solutions constructives d'un produit ;
- l'expérimentation et la simulation de tout ou partie du produit ;
- le raisonnement théorique nécessaire pour interpréter des résultats.

Le programme développe des compétences propres à chaque enseignement spécifique. Il appréhende aussi de manière globale l'approche « matière – énergie – information » qui caractérise les interactions au sein d'un produit réel. Le projet est le pivot des enseignements spécifiques du programme ; il requiert un développement pluri-technologique mené de manière collaborative. La réalisation et l'expérimentation d'un prototype ou d'une maquette sont des éléments déterminants du programme.

Enfin, des expérimentations propres à chaque enseignement spécifique, associées à la découverte de solutions constructives, sont proposées pour donner un corpus de connaissances techniques plus approfondi.

**Architecture et construction :** cet enseignement spécifique explore des solutions architecturales et constructives pour concevoir tout ou partie de bâtiments et d'ouvrages de



travaux publics dans le cadre de problématiques d'aménagement de territoires. Il apporte les compétences nécessaires à l'analyse, la conception et l'intégration d'une éco-construction dans un environnement connecté.

**Énergies et environnement** : cet enseignement spécifique explore l'amélioration de la performance énergétique et l'étude de solutions constructives liées à la maîtrise des énergies. Il apporte les compétences nécessaires pour appréhender les technologies dites « intelligentes » de gestion de l'énergie et les solutions innovantes du domaine des micro-énergies jusqu'au domaine macroscopique dans une démarche de développement durable.

**Innovation technologique et éco-conception** : cet enseignement spécifique explore l'étude et la recherche de solutions constructives innovantes relatives aux structures matérielles des produits en intégrant toutes les dimensions de la compétitivité industrielle. Il apporte les compétences nécessaires à l'analyse, la conception et l'intégration dans son environnement d'un produit dans une démarche de développement durable.

**Systèmes d'information et numérique** : cet enseignement spécifique explore la façon dont le traitement numérique de l'information permet le pilotage des produits et l'optimisation de leurs usages et de leurs performances environnementales. Il apporte les compétences nécessaires pour développer des solutions intégrées, matérielles et logicielles, utiles à la conception de produits communicants.

## Objectifs et compétences des enseignements technologiques

### Lexique des enseignements cités ci-dessous :

- **AC** : architecture et construction ;
- **I2D** : ingénierie et développement durable ;
- **2I2D** : ingénierie, innovation et développement durable ;
- **IT** : innovation technologique ;
- **ITEC** : innovation technologique et éco- conception ;
- **EE** : énergie et environnement ;
- **PC** : physique-chimie ;
- **SIN** : système d'information et numérique.

Légende : les paragraphes identifiés en bleu clair concernent les compétences transversales à plusieurs enseignements.

**Indications pour la lecture des tableaux sur les objectifs et compétences des enseignements technologiques**

Objectifs de formation	Compétences développées	IT	I2D	2I2D	Connaissances
<b>O7 – Expérimenter et réaliser des prototypes ou des maquettes.</b>	<b>CO7.1.</b> Réaliser et valider un prototype ou une maquette obtenus en réponse à tout ou partie du cahier des charges initial.	XX		XX	1-2 / 6
	<b>CO7.2.</b> Mettre en œuvre un scénario de validation devant intégrer un protocole d'essais, de mesures et/ou d'observations sur le prototype ou la maquette, interpréter les résultats et qualifier le produit.	X	XX	XX	1-2 / 2-1 / 6-2 / 6-3
	<b>CO7.3. Expérimenter</b> Sur des ouvrages ou des maquettes physiques simplifiées et instrumentées pour étudier l'usage ou le comportement d'un ouvrage réel ou celui d'éléments constitutifs et valider des choix techniques. Des procédés de stockage, de production, de transformation, de récupération d'énergie pour aider à la conception d'une chaîne de puissance. Tout ou partie d'une chaîne de puissance associée à son système de gestion dans l'objectif d'en relever les performances énergétiques et d'en optimiser le fonctionnement.			<b>XX</b> <b>AC1</b> <b>EE1</b> <b>EE2</b>	3-2 / 5-1 / 6-2 / 6-3  2-1 / 3-3 / 5-2 / 6-2 / 6-3 2-1 / 2-3 / 3-3 / 5-2 / 5-3 / 6-2 / 6-3
Sept objectifs structurent les enseignements technologiques, tous sont reliés à une dimension de la technologie.	Chacun des sept objectifs est décliné en compétences qui fournissent les éléments essentiels de la contextualisation pour permettre l'élaboration des enseignements et leur évaluation. Elles sont soit transversales (dans l'exemple ci-dessus CO7.1 et CO7.2) soit liées à un enseignement spécifique et dans ce cas le contexte de la compétence générique (dans l'exemple ci-dessus « expérimenter ») est contextualisé pour chacun des enseignements spécifiques (AC1, EE1 et EE2 dans le même exemple).	Le nombre de croix de ces trois colonnes précise dans quelle spécialité la compétence n'est pas mobilisée (absence de croix), sera partiellement mobilisée (1 croix), sera totalement mobilisée et évaluée en priorité (2 croix).			Cette colonne indique le lien entre la compétence et les connaissances associées, par exemple la compétence CO7.1 mobilise les connaissances des chapitres 1-2 et 6 complet.

Objectifs de formation		Compétences développées	IT	I2D	2I2D	Connaissances
Dimension socio - culturelle	<b>O1 - Caractériser des produits ou des constituants privilégiant un usage raisonné du point de vue développement durable.</b>	<b>CO1.1.</b> Justifier les choix des structures matérielles et/ou logicielles d'un produit, identifier les flux mis en œuvre dans une approche de développement durable.	X	XX	XX	1-3 / 1-4 / 1-5 / 2-1 / 4-2
		<b>CO1.2.</b> Justifier le choix d'une solution selon des contraintes d'ergonomie et de design.	X	XX	XX	1-1 / 1-3 / 1-5 / 2-1
		<b>CO1.3.</b> Justifier les solutions constructives d'un produit au regard des performances environnementales et estimer leur impact sur l'efficacité globale.		XX	XX	1-5 / 3-1 / 3-3 / 4-1 / 4-3 / 5
Dimension scientifique et technique	<b>O2 - Identifier les éléments influents du développement d'un produit.</b>	<b>CO2.1.</b> Décoder le cahier des charges d'un produit, participer, si besoin, à sa modification.	XX		XX	1-1 / 1-2
		<b>CO2.2.</b> Évaluer la compétitivité d'un produit d'un point de vue technique et économique.	XX		XX	1-1 / 1-3 / 1-4 / 1-5
Dimension scientifique et technique	<b>O3 - Analyser l'organisation fonctionnelle et structurelle d'un produit.</b>	<b>CO3.1.</b> Identifier et caractériser les fonctions et les constituants d'un produit ainsi que ses entrées/sorties		XX	XX	1-2 / 2 / 4-1 / 4-3 / 5
		<b>CO3.2.</b> Identifier et caractériser l'agencement matériel et/ou logiciel d'un produit.		XX	XX	1-2 / 2 / 4-1 / 4-3 / 5
		<b>CO3.3.</b> Identifier et caractériser le fonctionnement temporel d'un produit ou d'un processus.	X	XX	XX	1-2 / 2-3 / 2-4 / 3-4 / 4-3 / 6-3
		<b>CO3.4.</b> Identifier et caractériser des solutions techniques.	X	XX	XX	1-2 / 2 / 4-3 / 5 / 6-2
Communication	<b>O4 - Communiquer une idée, un principe ou une solution technique, un projet, y compris en langue étrangère.</b>	<b>CO4.1.</b> Décrire une idée, un principe, une solution, un projet en utilisant des outils de représentation adaptés.	XX	X	XX	1-1 / 1-2 / 2 / 4-1
		<b>CO4.2.</b> Décrire le fonctionnement et/ou l'exploitation d'un produit en utilisant l'outil de description le plus pertinent.	X	XX	XX	1-1 / 1-2 / 2 / 4-1
		<b>CO4.3.</b> Présenter de manière argumentée des démarches, des résultats, y compris dans une langue étrangère.	X	XX	XX	1-1 / 1-2 / 4-1 / 4-2 / 6-2



Dimension ingénierie design	O5 – Imaginer une solution, répondre à un besoin.	CO5.1. S'impliquer dans une démarche de projet menée en groupe.	XX		XX	1-1
		CO5.2. Identifier et justifier un problème technique à partir de l'analyse globale d'un produit (approche matière – énergie – information).	XX	X	XX	1 / 2-1 / 4-3
		CO5.3. Mettre en évidence les constituants d'un produit à partir des diagrammes pertinents.	X	XX	XX	1-1 / 1-2 / 2 / 5
		CO5.4. Planifier un projet (diagramme de Gantt, chemin critique) en utilisant les outils adaptés et en prenant en compte les données technico-économiques.	XX		XX	1-1
		CO5.5. Proposer des solutions à un problème technique identifié en participant à des démarches de créativité, choisir et justifier la solution retenue.	XX	X	XX	1-1 / 1-3 / 1-4 / 4-2 / 4-3 / 5 / 6-2
		CO5.6. Participer à une étude de design d'un produit dans une démarche de développement durable.	XX	X	XX	1-1 / 1-3 / 1-4 / 1-5 / 4
		CO5.7. Définir la structure matérielle, la constitution d'un produit en fonction des caractéristiques technico-économiques et environnementales attendues.	XX	X	XX	1 / 2-3 / 2-4 / 4 / 5
		<b>CO5.8. Concevoir</b>			<b>XX</b>	
		Proposer et choisir des solutions constructives répondant aux contraintes et attentes d'une construction.			<b>AC1</b>	1-1 / 1-5 / 3-2 / 4 / 5-1 / 6-2
		Proposer et choisir des procédés de mise en œuvre d'un projet de construction et organiser les modalités de sa réalisation.			<b>AC2</b>	1-1 / 5-1 / 6-2
Définir (ou modifier) la structure, les choix de constituants, les paramètres de fonctionnement d'une chaîne d'énergie afin de répondre à un cahier des charges ou à son évolution.			<b>EE1</b>	1-5 / 3-3 / 4 / 5-1 / 5-2 / 6-2		
Définir (ou modifier), paramétrer et programmer le système de gestion d'une chaîne d'énergie afin de répondre à un cahier des charges et d'améliorer la performance énergétique.			<b>EE2</b>	3-4 / 4 / 5-3 / 6-2		
Définir à l'aide d'un modèleur numérique, les formes et dimensions d'une pièce d'un produit à partir des contraintes fonctionnelles, de son procédé de réalisation et de son matériau.			<b>ITEC1</b>	3-2 / 4 / 5-2 / 6-1 / 6-2		
Définir, à l'aide d'un modèleur numérique, les modifications d'un sous-ensemble mécanique à partir des contraintes fonctionnelles.			<b>ITEC2</b>	1-5 / 3-2 / 4 / 5-2		
Proposer/choisir l'architecture d'une solution logicielle et matérielle au regard de la définition d'un produit.			<b>SIN1</b>	1-5 / 3-4 / 4 / 5-3 / 6-2		
Rechercher et écrire l'algorithme de fonctionnement puis programmer la réponse logicielle relative au traitement d'une problématique posée.			<b>SIN2</b>	1-2 / 4 / 5-3 / 6-1 / 6-2		

Objectifs de formation		Compétences développées	IT	I2D	2I2D	Connaissances	
Dimension scientifique et technique	O6 – Préparer une simulation et exploiter les résultats pour prédire un fonctionnement, valider une performance ou une solution.	<b>CO6.1.</b> Expliquer des éléments d'une modélisation multiphysique proposée relative au comportement de tout ou partie d'un produit.		XX	XX	1-2 / 2-3 / 2-4 / 3 / 5-2 / 5-3	
		<b>CO6.2.</b> Identifier et régler des variables et des paramètres internes et externes utiles à une simulation mobilisant une modélisation multiphysique.		XX	XX	3	
		<b>CO6.3.</b> Évaluer un écart entre le comportement du réel et les résultats fournis par le modèle en fonction des paramètres proposés, conclure sur la validité du modèle.	X	XX	XX	3 / 6-3	
		<b>CO6.4.</b> Choisir pour une fonction donnée, un modèle de comportement à partir d'observations ou de mesures faites sur le produit.	X	XX	XX	3 / 6-3	
		<b>CO6.5. Interpréter les résultats d'une simulation et conclure sur la performance de la solution.</b>				<b>XX</b>	
		Simulation d'un usage ou d'un comportement structurel, thermique, acoustique, etc. de tout ou partie d'une construction.				<b>AC1</b>	3-1 / 3-2 / 4-1 / 5-1
		Simulation de procédés pour valider un moyen de réalisation.				<b>AC2</b>	3-1 / 3-2
		Simulation énergétique (électrique, mécanique, thermique, lumineuse, etc.) de tout ou partie d'un produit connaissant les caractéristiques utiles et les paramètres externes et internes.				<b>EE1</b>	3-1 / 3-2 / 3-3 / 5-2
		Simulation de la gestion de la chaîne de puissance.				<b>EE2</b>	3-1 / 3-3 / 3-4 / 5-3
		Simulation mécanique pour obtenir les caractéristiques d'une loi d'entrée/sortie d'un sous-ensemble mécanique ou observer le comportement sous charges d'un assemblage.				<b>ITEC1</b>	3-1 / 3-2 / 3-3 / 4-1 / 5-1
Simulation de procédés pour valider les formes et dimensions d'une pièce.				<b>ITEC2</b>	3-1 / 3-2 / 4-1 / 4-3		
Simulation d'un comportement informationnel faisant intervenir un ou plusieurs constituants matériels et/ou traitements logiciels simples d'une chaîne d'information.				<b>SIN1</b>	3-1 / 3-4 / 5-3		

Objectifs de formation		Compétences développées	IT	I2D	2I2D	Connaissances
Dimension d'ingénierie design	O7 – Expérimenter et réaliser des prototypes ou des maquettes.	<b>CO7.4.</b> Réaliser et valider un prototype ou une maquette obtenus en réponse à tout ou partie du cahier des charges initial.	XX		XX	1-2 / 6
		<b>CO7.5.</b> Mettre en œuvre un scénario de validation devant intégrer un protocole d'essais, de mesures et/ou d'observations sur le prototype ou la maquette, interpréter les résultats et qualifier le produit.	X	XX	XX	1-2 / 2-1 / 6-2 / 6-3
		<b>CO7.6. Expérimenter</b> Sur des ouvrages ou des maquettes physiques simplifiées et instrumentées pour étudier l'usage ou le comportement d'un ouvrage réel ou celui d'éléments constitutifs et valider des choix techniques. Des procédés de stockage, de production, de transformation, de récupération d'énergie pour aider à la conception d'une chaîne de puissance. Tout ou partie d'une chaîne de puissance associée à son système de gestion dans l'objectif d'en relever les performances énergétiques et d'en optimiser le fonctionnement. Des procédés de réalisation pour caractériser les paramètres de transformation de la matière et leurs conséquences sur la définition et l'obtention de pièces. Mesurer des performances d'un constituant ou d'un sous-ensemble d'un produit.  Des moyens matériels d'acquisition, de traitement, de stockage et de restitution de l'information pour aider à la conception d'une chaîne d'information. Des architectures matérielles et logicielles en réponse à une problématique posée.			<b>XX</b> <b>AC1</b> <b>EE1</b> <b>EE2</b> <b>ITEC1</b> <b>ITEC2</b> <b>SIN1</b> <b>SIN2</b>	3-2 / 5-1 / 6-2 / 6-3  2-1 / 3-3 / 5-2 / 6-2 / 6-3 2-1 / 2-3 / 3-3 / 5-2 / 5-3 / 6-2 / 6-3 6-1 / 6-2 3-2 / 3-3 / 6-2 / 6-3 3-4 / 5-3 / 6-1 / 6-2 3-4 / 6

## Connaissances associées des enseignements technologiques

### Description de la taxonomie utilisée

	<i>Indicateur du niveau d'acquisition et de maîtrise des contenus</i>	Niveaux			
		1	2	3	4
Le contenu est relatif à l' <b>appréhension d'une vue d'ensemble d'un sujet</b> : montrer ses réalités sous certains aspects de manière partielle ou globale.	<b>Niveau d'INFORMATION</b>				
Le contenu est relatif à l'acquisition de moyens d'expression et de communication : définir, utiliser les termes composant la discipline. Il s'agit de maîtriser un savoir « appris ». Ce niveau englobe le précédent.	<b>Niveau d'expression</b>				
Le contenu est relatif à la maîtrise d'outils d'étude ou d'action : utiliser, manipuler des règles ou des ensembles de règles (algorithmes), des principes, des démarches formalisées en vue d'un résultat à atteindre. Ce niveau englobe les deux niveaux précédents.	<b>Niveau de la maîtrise d'outils</b>				
Le contenu est relatif à la maîtrise d'une méthodologie de formulation et de résolution de problèmes : assembler, organiser les éléments d'un sujet, identifier les relations, raisonner à partir de ces relations, décider en vue d'un but à atteindre. Il s'agit de maîtriser une démarche : induire, déduire, expérimenter, se documenter. Ce niveau englobe les trois niveaux précédents.	<b>Niveau de la maîtrise méthodologique</b>				

### Nota :

- les évaluations permettant la certification ne peuvent porter que sur des compétences utilisant des savoirs, savoir-faire et démarches de niveau 2, 3 et 4.
- Les tableaux définissant les programmes de la série STI2D ne sont en aucun cas une présentation chronologique des connaissances et compétences à faire acquérir aux élèves.
- Le niveau 4 attestant la maîtrise méthodologique n'est pas attendu au cycle terminal.

## 1. Principes de conception des produits et développement durable

1.1. La démarche de projet								
1.1.1. Les projets industriels	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>Rôle, fonctions et responsabilité des principaux intervenants d'un projet (maître d'ouvrage, d'œuvre, entreprises, coordonnateurs, contrôleurs).</li> <li>Animation d'une équipe projet.</li> </ul>		2		3				L'importance et le rôle des différents acteurs sont décrits par le filtre d'une démarche de projet qui permet de présenter les principes de droit, de réglementation, de contrôle et de normalisation.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Attendus des principales phases du projet et impact sur la démarche de conception (phases d'étude d'utilité publique, APS, APD, consultation, phase d'exécution).</li> <li>Principes d'organisation et planification d'un projet (développement séquentiel, découpage du projet en fonctions élémentaires ou en phases, phases de réalisation).</li> </ul>		2		3				Utiliser les outils adaptés pour planifier un projet (diagramme de Gantt, chemin critique, réunions de projet). Ces connaissances sont à aborder lors d'une étude de cas pour des produits relevant du domaine de la construction.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Phases d'un projet industriel (marketing, pré conception, pré industrialisation et conception détaillée, industrialisation, maintenance et fin de vie).</li> <li>Gestion, suivi et finalisation d'un projet (coût, budget, bilan d'expérience).</li> </ul>		2						Ces connaissances sont à aborder lors d'une étude de cas pour des produits relevant du domaine de la mécanique. Ces connaissances sont à aborder lors d'une étude de cas pour des produits relevant du domaine de la construction.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Contexte réglementaire des projets.</li> </ul>		2		3				Mise en situation du projet dans son contexte et adaptation des solutions constructives en fonction des réglementations en vigueur.

<b>1.1.2. Communication technique</b>	<b>Liens sciences</b>	<b>IT</b>	<b>I2D</b>	<b>AC</b>	<b>ITEC</b>	<b>EE</b>	<b>SIN</b>	<b>Commentaires</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Cartes mentales, représentations numériques, diagrammes SysML pertinents, prototype et maquette, croquis et schémas non normalisés, organigrammes.</li> </ul>		<b>2</b>				<b>3<sup>5</sup></b>		Il s'agit de savoir choisir et utiliser un outil de communication technique en fonction du contenu à transmettre et de l'interlocuteur auquel on s'adresse.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Outils de partage et d'organisation du travail collaboratif (cloud, PLM, BIM).</li> </ul>						<b>2</b>		Il s'agit principalement d'utiliser ces outils lors des projets collaboratifs.
<b>1.1.3. Approche design et architecturale des produits</b>	<b>Liens sciences</b>	<b>IT</b>	<b>I2D</b>	<b>AC</b>	<b>ITEC</b>	<b>EE</b>	<b>SIN</b>	<b>Commentaires</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Évolution historique et culturelle des formes. Relations entre objet fonctionnel et art contemporain lié à une époque.</li> </ul>		<b>1</b>						Enseignement s'appuyant sur des études de produits amenant à découvrir et modifier la relation fonction – solution technique – formes et ergonomie. Elles sont organisées autour de la découverte et de l'exploration des démarches propres à la conception en design. Le choix des produits, actuels ou appartenant au passé permet l'observation des choix esthétiques, techniques et économiques. Ces études doivent permettre de conforter l'approche design en projet.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Le contexte : enjeux culturels, écologiques, économiques, technologiques. Inscription et statut de la production dans le temps.</li> <li>Relations et interactions avec d'autres productions : environnement naturel et sociétal, segments commerciaux et cibles de vente, supports et espaces de diffusion.</li> </ul>		<b>2</b>						

<sup>5</sup> Les cases fusionnées indiquent les enseignements de terminale communs aux quatre enseignements spécifiques



<ul style="list-style-type: none"> <li>La fonction services rendus, relations à l'utilisateur, aux modes de vie. Les expériences utilisateurs.</li> <li>Besoins et usages, fonctions utilitaires et/ou symboliques en relation avec les formes. Design d'interaction et ergonomie.</li> </ul>		2						
<ul style="list-style-type: none"> <li>Typologie des constructions, techniques, périodes et styles des projets.</li> <li>Identification des différents types de constructions.</li> </ul>		2						Relations entre des propositions architecturales ou techniques et le contexte historique, environnemental ou socio-culturel des projets d'habitats ou de génie civil.

## 1.2. Outils de l'ingénierie système

1.2.1. Concepts de systèmes	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>Typologie des systèmes (système à faire, système pour faire, sur et sous-systèmes).</li> </ul>		1						La notion de système est présentée comme une typologie de produits technologiques.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Approche système (environnement, frontières, système d'intérêt, points de vue).</li> </ul>		2		3				Le langage SysML est uniquement réservé à la description d'un système technique.

1.2.2. Ingénierie système	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>Approche processus (typologie).</li> </ul>		<b>1</b>						L'approche se limite à la définition d'un processus (désigné parfois sous le procédé mnémotechnique de CPRET (pour contraintes, produits, ressource, entrées, transformation), et aux différentes typologies de processus liées à l'IS, sachant que seuls les processus techniques sont étudiés.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Approche temporelle, cycle en V.</li> </ul>		<b>2</b>						<p>Les trois processus techniques issus de la norme ISO 15288 (analyse du besoin, spécifications techniques, conception) sont abordés dans leur vision temporelle afin d'appréhender la notion de non séquentialité d'une démarche de conception.</p> <p>Le cycle en V fait explicitement apparaître les trois processus techniques, l'IVV étant garantie (conforme) respectivement aux exigences établies tout au long des processus, du cahier des charges aux exigences allouées en passant par les spécifications techniques.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Analyse du besoin : besoin initial, mission principale, contexte, cas d'utilisations, scénarios d'utilisation, besoins des parties prenantes.</li> </ul>		<b>2</b>				<b>3</b>		<p>À la lecture d'un cahier des charges, l'élève doit savoir extraire les informations pertinentes décrites en langage SysML.</p> <p>En projet de construction, l'analyse du besoin peut faire appel à d'autres outils complémentaires.</p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Spécification technique, conception de l'architecture.</li> <li>▪ États, séquences.</li> <li>▪ Fonctionnalités, structure physique, flux internes/externes.</li> </ul>	<b>2</b>	<b>3</b>		<p>Les grands principes sont évoqués en démarche de projet. Le but recherché est :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- d'amener l'élève en phase de spécification à apporter ses propres concepts opérationnels ou architecturaux, tout en restant dans le domaine du problème, afin de définir les exigences systèmes issues des besoins ;</li> <li>- d'amener l'élève en phase de conception à proposer sa propre architecture fonctionnelle et structurelle, satisfaisant et validant les exigences systèmes, définies préalablement.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ IVVQ : intégration, vérification, validation, qualification.</li> </ul>	<b>2</b>	<b>3</b>		<p>Les grands principes sont là aussi évoqués en démarche de projet :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- l'intégration (entendue « sur site d'exploitation ») quand elle est possible est évoquée ;</li> <li>- l'accent est mis sur les outils de vérification et de validation ;</li> <li>- la qualification étant la mesure de performance une fois le système produit, le savoir-faire inhérent relève du domaine expérimental.</li> </ul>

1.3. Compétitivité des produits								
1.3.1. Paramètres de la compétitivité	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>Principe des labels de performance.</li> </ul>		2						Définition des labels de performance et impact sur les produits. Exemples : Bâtiment Passif ; HQE, E+C-, etc.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Importance du service rendu (besoin réel et besoin induit).</li> </ul>		2						La protection des innovations peut être abordée au travers de la propriété industrielle sous les angles suivants : les bases de données de brevets pour repérer les solutions techniques existantes afin de ne pas recréer ce qui existe déjà et retracer les évolutions techniques d'un produit ; la protection de la création par le brevet d'invention pour protéger les aspects techniques, le dessin et modèle pour protéger le design et la marque pour protéger le nom du produit innovant.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Innovation (de produit, de procédé, de marketing, de rupture).</li> </ul>		2						
<ul style="list-style-type: none"> <li>Recherche de solutions techniques (brevets) et créativité, stratégie de propriété industrielle (protection du nom, du design et de l'aspect technique), enjeux de la normalisation.</li> </ul>		2						
<ul style="list-style-type: none"> <li>Ergonomie : notion de confort, d'efficacité, de sécurité dans les relations Homme – produit, Homme – système.</li> </ul>		2						
1.3.2. Compromis complexité-efficacité-coût	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>Relation Fonction/Coût/Besoin.</li> <li>Relation Fonction/Coût/Réalisation.</li> <li>Relation Fonction/Impact environnemental.</li> </ul>		2						L'approche des compromis se fait par comparaison (analyses relatives) de solutions en disposant de bases de données de coût.

1.4. Créativité et innovation technologique								
	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>Méthodes de créativité rationnelles et non rationnelles.</li> </ul>		2						Lois d'évolutions et principes d'innovation, contradictions, relations entre solutions techniques et principes scientifiques/technologiques associés, brainstorming.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Intégration des fonctions et optimisation du fonctionnement : approche pluri technologique et transfert de technologie.</li> </ul>		2						Étude de cas à partir de produits dont certains composants intègrent plusieurs fonctions.

1.5. Approche environnementale								
1.5.1. Cycle de vie	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>Cycle de vie d'un produit.</li> </ul>		2						Les différentes phases du cycle de vie d'un système sont définies, en mettant un focus particulier sur le cycle de développement du produit.
1.5.2. Mise à disposition des ressources	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>Coûts relatifs, disponibilité, impacts environnementaux des matériaux.</li> </ul>	PC : l'énergie et ses enjeux.		2					Les études de dossiers technologiques doivent permettre l'identification des paramètres influant sur le coût de l'énergie et sur sa disponibilité : localisation et ressources estimées, complexification de l'extraction et des traitements nécessaires, choix du mode de transport et de distribution.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Enjeux énergétiques mondiaux : extraction et transport, production centralisée, production locale.</li> </ul>	PC : organisation de la matière, propriétés des matériaux.		2					

1.5.3. Utilisation raisonnée des ressources	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Propriétés physico-chimiques, mécaniques et thermiques des matériaux.</li> </ul>	PC : l'énergie et ses enjeux.  PC : organisation de la matière, propriétés des matériaux.		<b>2</b>					Uniquement en complément du programme de physique chimie.
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Impacts environnementaux associés au cycle de vie du produit :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- conception (optimisation des masses et des assemblages) ;</li> <li>- contraintes d'industrialisation, de réalisation, d'utilisation (minimisation et valorisation des pertes et des rejets) et de fin de vie.</li> </ul> </li> </ul>			<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>		Approche comparative sur des cas d'optimisation. Ce concept est abordé à l'occasion d'études de dossiers techniques globales portant sur les différents champs technologiques.
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Efficacité énergétique d'un produit.</li> </ul>			<b>2</b>			<b>3</b>		Minimisation de la consommation énergétique. Apport de la chaîne d'information associée à la commande pour améliorer l'efficacité globale d'un produit.



## 2. Approche fonctionnelle et structurelle des produits

2.1. Représentation des flux MEI								
	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>Notion de flux et de stock.</li> <li>Principaux flux de transfert de matière, d'énergie, d'information.</li> <li>Principes de caractérisation des flux, unités, calcul.</li> </ul>	PC : énergie interne		2	3				Différencier et identifier sur un produit les principaux flux (déplacement, transfert) et principaux stocks (accumulation). Caractériser les flux liés à la circulation ou au transfert de la matière, de l'énergie et de l'information (débit surfacique, volumique, flux lumineux, thermique, courant électrique, etc.).
<ul style="list-style-type: none"> <li>Diagrammes de blocs internes IBD (Internal Block Diagram) SysML.</li> </ul>			2		3	3	3	Ces diagrammes sont abordés en lecture, et en modification partielle sur des diagrammes simples. Il est également possible d'utiliser des représentations simplifiées des chaînes d'énergie ou d'information (dans le contexte de l'optimisation de la gestion d'énergie) adaptées à une partie du produit étudié.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Diagrammes de SANKEY (représentation qualitative et quantitative des flux de matière, énergie et information).</li> </ul>			2	3		3		Analyse des flux MEI (Matière, Énergie, Information) d'un produit, sur des diagrammes fournis. Création ou modification de diagrammes simples. Analyse globale des flux du produit (bilan énergétique, bilan d'approvisionnement en matière ou fluides, etc.).

2.2. Approche fonctionnelle et structurelle des ossatures et des enveloppes								
2.2.1. Typologie des enveloppes	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>Principaux types d'enveloppe des produits.</li> <li>Principales fonctions (esthétique, isolations diverses, sécurité, étanchéités ou perméabilités, agencement d'éléments).</li> <li>Caractéristiques, niveaux de performance.</li> </ul>	PC : organisation de la matière, propriétés des matériaux PC : les ondes sonores		2	3	3			Le terme « enveloppe » désigne les enveloppes rigides ou non rigides, les revêtements extérieurs ou intérieurs des constructions, carters, carénages, coques et boîtiers des produits. Il s'agit ici d'étudier différents types d'enveloppes, d'identifier, comparer, caractériser les fonctions assurées.
2.2.2. Typologie des ossatures	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>Principaux types de sous-ensembles élémentaires des ossatures (câbles, poutres, parois, plaques, coques, portiques, treillis).</li> <li>Principales caractéristiques des ossatures.</li> </ul>			2	3				Il s'agit : <ul style="list-style-type: none"> <li>d'analyser leurs principales caractéristiques géométriques, mécaniques, technologiques ;</li> <li>de reconnaître des sous-ensembles élémentaires des structures courantes à partir de leurs caractéristiques principales, et de relier ces caractéristiques aux fonctions des composants dans l'ossature.</li> </ul> En AC, il convient d'insister sur la continuité mécanique sur la transmission des sollicitations et leurs effets (phénomène de redistribution). Application dans les composants d'une poutre continue.
2.2.3. Typologie des assemblages	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>Principaux assemblages fixes et démontables.</li> </ul>				3	3			Il s'agit de différencier les assemblages selon leur fonction (montage, démontage, fixation ou scellement définitif).

2.3. Approche fonctionnelle et structurelle des chaînes de puissance								
2.3.1. Typologie des chaînes de puissance	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Notion de chaîne de puissance.</li> <li>▪ Principales fonctions relatives à la chaîne de puissance :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- captation d'énergie ;</li> <li>- stockage, transport, distribution ;</li> <li>- conversion, transformation ;</li> <li>- modulation, adaptation, transmission.</li> </ul> </li> <li>▪ Caractérisation des fonctions.</li> <li>▪ Représentation graphique d'une chaîne de puissance.</li> </ul>	PC : énergie interne PC : l'énergie électrique PC : énergie mécanique		<b>2</b>		<b>3</b>	<b>3</b>		Est entendu ici par l'expression « chaîne de puissance » l'ensemble des fonctions dédiées spécifiquement aux énergies de toutes natures. La représentation graphique d'une chaîne de puissance est réalisée par des schémas blocs. L'approche limite à la caractérisation externe des fonctions.  Il convient d'insister sur les organisations très variées dans lesquelles ces fonctions peuvent s'organiser ou s'enchaîner, notamment dans le cas où l'on utilise une représentation simplifiée de chaîne de puissance.
2.3.2. Stockage d'énergie	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Types d'énergie stockée : chimique, électrique, mécanique, thermique.</li> </ul>	PC : l'énergie et ses enjeux.		<b>2</b>					Il s'agit de connaître les types d'énergies stockables et les grands principes utilisés (formes potentielles et/ou cinétiques).
2.3.3. Conversion de puissance	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Types de conversion :                électrique ↔ mécanique,                chimique → thermique,                chimique ↔ électrique,                électrique ↔ lumineuse.</li> </ul>	PC : l'énergie et ses enjeux.		<b>2</b>					Il s'agit de connaître les types de conversion de puissance habituels et les grands principes mis en œuvre ainsi que de s'intéresser à la possibilité de réversibilité en fonctions des exemples choisis.

<b>2.3.4. Modulation de puissance</b>	<b>Liens sciences</b>	<b>IT</b>	<b>I2D</b>	<b>AC</b>	<b>ITEC</b>	<b>EE</b>	<b>SIN</b>	<b>Commentaires</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Types de modulation électrique commandée (AC/AC, AC/DC, DC/AC, DC/DC).</li> </ul>	PC : l'énergie électrique		<b>2</b>			<b>3</b>		Il s'agit de connaître les types de modulation de puissance (tout ou rien (TOR) ou progressive) habituels et les grands principes mis en œuvre sans aborder le détail de la structure utilisée.
<b>2.3.5. Adaptation de puissance</b>	<b>Liens sciences</b>	<b>IT</b>	<b>I2D</b>	<b>AC</b>	<b>ITEC</b>	<b>EE</b>	<b>SIN</b>	<b>Commentaires</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Types d'adaptation : électrique non commandée (AC/AC, AC/DC, DC/AC, DC/DC).</li> </ul>	PC : l'énergie électrique		<b>2</b>			<b>3</b>		Il s'agit de connaître les types d'adaptation de puissance habituels et les grands principes mis en œuvre (sans aborder le détail de la structure utilisée). Il s'agit également d'expliquer que l'adaptation porte soit sur la forme, soit sur les grandeurs flux ou effort.
<b>2.3.6. Transmission de puissance</b>	<b>Liens sciences</b>	<b>IT</b>	<b>I2D</b>	<b>AC</b>	<b>ITEC</b>	<b>EE</b>	<b>SIN</b>	<b>Commentaires</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Représentation plane et spatiale des liaisons élémentaires parfaites.</li> <li>Classes d'équivalences cinématiques, graphe de liaison.</li> <li>Schéma cinématique, schéma cinématique minimal.</li> </ul>	PC : énergie mécanique		<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>			Reconnaître et choisir les représentations des liaisons élémentaires. Produire ou modifier un schéma cinématique d'un système simple et plan (3 ou 4 liaisons élémentaires parfaites maximum). Décoder et compléter des schémas cinématiques de mécanismes et également de structures porteuses planes immobiles.

2.4. Approche fonctionnelle et structurelle d'une chaîne d'information								
2.4.1. Typologie des chaînes d'information	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Notion de chaîne d'information.</li> <li>▪ Principales fonctions relatives à la chaîne d'information : acquérir, traiter, communiquer.</li> <li>▪ Caractérisation des fonctions.</li> <li>▪ Représentation graphique d'une chaîne d'information.</li> </ul>	PC : introduction à la notion d'onde.		2			3	3	<p>La représentation graphique d'une chaîne d'information est réalisée par des schémas blocs.</p> <p>Se limiter à la caractérisation externe des fonctions.</p> <p>Insister sur les organisations très variées dans lesquelles ces fonctions peuvent s'organiser ou s'enchaîner, notamment dans le cas où est utilisée une représentation simplifiée des chaînes d'information.</p>
2.4.2. Acquisition et restitution de l'information	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Acquisition d'une grandeur physique (principe, démarches et méthodes, notions requises).</li> </ul>	PC : mesures et incertitudes.		2				3	<p>Prélèvement de l'information (grandeurs physiques, états logiques, valeurs numériques) depuis le produit, son environnement ou l'IHM (<i>Interface Homme Machine</i>).</p> <p>Grandeurs mesurées et grandeurs d'influence ; signal restitué.</p> <p>Caractéristiques utiles : étendue de mesure, résolution, sensibilité, précision, fonction de transfert et linéarité.</p> <p>Choix d'un dispositif d'acquisition adapté à un objectif donné.</p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>Conditionnement d'une grandeur électrique (mise en forme, amplification, filtrage).</li> </ul>			2				3	La notion de filtrage est étudiée dans le cadre d'un filtre passe-bas du premier ordre, servant à lisser une information sur amplitude ou à atténuer le bruit parasite. Seul le niveau fonctionnel de l'amplification est abordé, la fonction est réalisée par des circuits intégrés spécialisés.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Conversion Analogique/Numérique (CAN).</li> </ul>			2				3	CAN : caractéristiques utiles à leur mise en œuvre (grandeur d'entrée, grandeur de sortie, caractéristique de transfert, Nombre de bits, résolution, quantum, valeur pleine échelle). La structure interne des CAN n'est pas développée.
<b>2.4.3. Codage et traitement de l'information</b>	<b>Liens sciences</b>	<b>IT</b>	<b>I2D</b>	<b>AC</b>	<b>ITEC</b>	<b>EE</b>	<b>SIN</b>	<b>Commentaires</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Encodage de l'information : binaire, hexadécimal, ASCII.</li> </ul>			2				3	Identification du type de codage. En première se limiter aux règles de numération et aux changements de base binaire/décimal et décimal/binaire.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Algorithmique.</li> </ul>	Mathématiques : algorithmique et programmation		2			3	3	Structures conditionnelles, itératives. Utilisation de variables (type, taille, etc.). Appel de procédures/sous-programme.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Traitement numérique.</li> </ul>			2				3	Le traitement numérique est limité aux opérateurs arithmétiques. Les effets de bords liés à la taille des données, aux capacités de stockage, aux temps de traitement sont mis en évidence.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Compression de données.</li> </ul>							2	Seules des notions de taux de compression sont étudiées ici à travers des exemples simples.



2.4.4. Transmission de l'information	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>Typologie des transmissions.</li> </ul>	PC : les ondes électro-magnétiques.		2				3	Connexions point à point (filaire, sans fil). Typologie des réseaux (étoile, anneau à jeton, etc.)
<ul style="list-style-type: none"> <li>Architecture d'un réseau informatique.</li> </ul>			2				3	Modèle en couche des réseaux : se limiter à la description du modèle OSI. Protocoles et encapsulation des données. Adresse physique et adresse logique. On se limite au protocole IPV4.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Architecture Client/Serveur.</li> </ul>			1				2	Serveur Web : distribution AMP (Apache + MySQL + Php) ou autre distribution équivalente. Serveur DHCP et serveur de nom de domaine (DNS).
2.4.5. Structure d'une application logicielle	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>Organisation structurelle d'une application logicielle : (programme principal, interfaces, entrées-sorties, sous programmes, procédures, fonctions).</li> </ul>	Mathématiques : algorithmique et programmation.		2			3	3	Analyse de la constitution d'une application logicielle en termes de programme principal, interfaces, entrées et sorties, sous-programmes, procédures, ou fonctions. Représentation graphique schématique de la structure.

### 3. Approche comportementale des produits

3.1. Modélisations et simulations								
3.1.1. Progiciels de simulation	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>Typologie des progiciels.</li> <li>Critères de choix.</li> </ul>			2			3		<p>Les principaux outils de modélisation simulables sont abordés, en définissant précisément le domaine d'application :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- modèle volumique ;</li> <li>- modèle multiphysique ;</li> <li>- modèle fonctionnel (de type schéma-bloc) ;</li> <li>- modèle comportemental (de type diagramme d'états/activités) ;</li> <li>- modèle de régression (de type tableur).</li> </ul>
3.1.2. Paramétrage d'un modèle	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>Variables internes, variables externes.</li> </ul>			2			3		<p>Sous l'expression « variable interne » sont considérés les paramètres d'un modèle de type « boîte noire », paramètres de constituants physiques.</p> <p>Sous l'expression « variables externes » est entendu le signal temporel, pour les liens hors modèle multi-physique (de type schéma-bloc).</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Notion de grandeur flux, grandeur effort.</li> </ul>			2			3		<p>Différencier un flux MEI d'une « grandeur flux » d'un modèle multiphysique.</p> <p>Identifier les principales grandeurs flux et grandeur effort pour différentes technologies :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- mécanique (force ou couple/vitesse ou vitesse angulaire) ;</li> <li>- électrique (tension/courant) ;</li> <li>- hydraulique (Pression/débit volumique).</li> </ul>

▪ Entrées, sources de simulation.			2	3				L'accent est mis sur les principales sources utilisées en simulation et leur paramétrage.
▪ Sorties, rendus des résultats.			2	3				Se limiter aux blocs de rendu graphique et à leur paramétrage.
<b>3.1.3. Paramétrage d'une simulation</b>	<b>Liens sciences</b>	<b>IT</b>	<b>I2D</b>	<b>AC</b>	<b>ITEC</b>	<b>EE</b>	<b>SIN</b>	<b>Commentaires</b>
▪ Typologie des solveurs, pas d'intégration.			2					Se limiter aux notions de : <ul style="list-style-type: none"> <li>- pas d'intégration : mettre en évidence la discrétisation des calculs numériques à des temps précis, et l'interpolation linéaire effectuée entre deux temps successifs ;</li> <li>- solveur à pas variable : les temps de calculs sont calculés « à la volée » pour s'adapter au mieux aux variations des résultats ;</li> <li>- solveur à pas fixe.</li> </ul> Mettre en exergue les avantages et inconvénients des 2 types de solveurs (adaptation aux variations de signal, temps de calcul), et évoquer les solveurs de type « stiff » pour la prise en compte de non-linéarités éventuelles.
▪ Compromis précision/temps de simulation.			2					
<b>3.1.4. Post-traitement et analyse des résultats</b>	<b>Liens sciences</b>	<b>IT</b>	<b>I2D</b>	<b>AC</b>	<b>ITEC</b>	<b>EE</b>	<b>SIN</b>	<b>Commentaires</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Principaux traitements de données postérieurs aux résultats issus de simulation.</li> <li>▪ Interprétation des résultats d'une simulation : courbe, tableau, graphe, unités associées.</li> </ul>	Mathématiques enseignement commun : analyse, statistiques et probabilités.		2	3				Exploiter ou affiner des résultats issus d'une simulation par traitement postérieur des données.

3.2. Comportement mécanique des produits								
3.2.1. Concept de mouvement	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Degré de mobilité d'une structure matérielle :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- structure matérielle mobile (mécanisme) ;</li> <li>- structure matérielle immobile (structure fixe).</li> </ul> </li> </ul>			<b>2</b>					Identifier le type de structure matérielle en fonction de son degré de mobilité, en vue de différencier principalement les structures à objectif d'immobilisme (ossatures, châssis) et les structures matérielles devant permettre ou effectuer des mouvements (mécanismes). Pas de calcul du degré de mobilité.
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mouvements des mécanismes (en lien avec la modélisation des liaisons) :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- rotation autour d'un axe fixe et translation rectiligne et mouvements plans ;</li> <li>- les trajectoires ;</li> <li>- les vitesses et accélérations ;</li> <li>- analyse/recherche de lois d'entrée-sortie de systèmes mécaniques plans issus d'objets techniques observables.</li> </ul> </li> </ul>	PC : énergie mécanique. Mathématiques : analyse (dérivées et primitives).		<b>2</b>		<b>3</b>			Il s'agit de mettre en relief les paramètres influents pour valider et/ou optimiser les performances observées vis à vis de celles attendues. L'utilisation du modèle de présentation « torseur cinématique » est limitée au mode descriptif uniquement dans la perspective de renseigner les caractéristiques dans un logiciel de simulation ou pour analyser un dispositif expérimental didactisé ou non. Des progiciels intégrant un module de traitement du comportement dynamique des produits sont utilisés avec assistance.
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Comportement des liaisons élémentaires en relation avec les mouvements et les efforts.</li> </ul>			<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>			L'utilisation de suites logicielles adaptées à l'enseignement pré-bac doit permettre de relier les performances cinématiques aux conditions de chargement qui les génèrent.

3.2.2. Concept d'équilibre	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Équilibre des solides :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- principe fondamental de la statique ;</li> <li>- modélisation des actions mécaniques ;</li> <li>- modélisation des liaisons: liaison complète, pivot, glissière, pivot glissant, rotule, ponctuelle et appui plan ;</li> <li>- résolution d'un problème de statique par progiciel.</li> </ul> </li> </ul>	PC : énergie mécanique. Mathématiques : produit scalaire.		2	3	3			Il s'agit de mettre en relief les paramètres influents pour valider et/ou optimiser les performances observées vis à vis de celles attendues. L'utilisation du modèle de présentation « torseur des actions mécaniques » est limitée au mode descriptif uniquement dans la perspective de renseigner les caractéristiques dans un logiciel de simulation ou pour analyser un dispositif expérimental didactisé ou non. L'utilisation de progiciels volumiques intégrant un module de traitement du comportement statique des produits est réalisée avec assistance.
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Concept de stabilité et d'instabilité d'un composant ou d'une structure mécanique :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- équilibre stable et instable ;</li> <li>- phénomène de flambement ;</li> <li>- stabilité d'une structure dans l'espace ;</li> <li>- comportement vibratoire.</li> </ul> </li> </ul>				3	2			Il s'agit de sensibiliser de manière qualitative aux comportements amenant aux principaux risques d'instabilité d'un ensemble matériel : <ul style="list-style-type: none"> <li>- présentation du risque et phénomène de flambement d'une pièce comprimée ;</li> <li>- présentation du risque et phénomène d'instabilités d'une structure nécessitant des contreventements dans les trois directions de l'espace.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Transmission des efforts.</li> </ul>			2	3	3	3		En AC, il s'agit de décrire le cheminement des charges dans une ossature par un schéma. Le calcul de la descente de charges se fait à l'aide d'un logiciel de simulation.

3.2.3. Concept de résistance	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Résistance à la rupture, résistance à la déformation.</li> <li>▪ Résistance des matériaux :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- hypothèses et modèle poutre ;</li> <li>- notion de contrainte normale ;</li> <li>- pour une sollicitation de traction simple, notion de déformation et loi de Hooke ;</li> <li>- module d'Young ;</li> <li>- limite élastique ;</li> <li>- sollicitation simple de type traction, compression, flexion simple.</li> </ul> </li> <li>▪ Simulations par éléments finis.</li> </ul>			<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>			<p>L'utilisation de progiciels intégrant un module de calcul par éléments finis ou dédié est privilégiée. Lien indispensable avec les essais des matériaux du chapitre 6.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Déformation et contraintes normales dans une structure isostatique :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- en flexion simple (poutre isostatique) ;</li> <li>- en traction et en compression simple.</li> </ul> </li> </ul>				<b>3</b>	<b>3</b>			<p>Analyse de structures simples en traction/compression simple ou flexion simple, analyse des contraintes normales et tangentielles, des déformations et déplacements.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Scénario de simulation pour comparer et valider une solution, modifier une pièce ou un sous-ensemble.</li> </ul>				<b>3</b>	<b>3</b>			<p>Il s'agit, par études de cas successives, d'appréhender différentes natures de simulation ou différents paramétrages au sein d'une même simulation.</p>

3.3. Comportement énergétique des produits								
	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>Principe de conservation d'énergie, pertes et rendements, principe de réversibilité.</li> </ul>	PC : l'énergie et ses enjeux PC : énergie interne		2			3		Il s'agit d'insister sur la conservation d'énergie et sur la notion de systèmes isolés ou d'échanges avec l'extérieur.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Natures et caractéristiques des sources d'énergie et des charges.</li> </ul>			2			3		Il s'agit d'étudier les paramètres influents du fonctionnement de différentes chaînes d'énergie entre une source et une charge. L'analyse de systèmes simples doit permettre de montrer l'analogie entre les éléments mécaniques, électriques, hydrauliques, pneumatiques, thermiques. Il est nécessaire d'insister sur les notions de point de fonctionnement en régime établi et de mettre en évidence le régime transitoire.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Optimisation des échanges d'énergie entre source et charge, amélioration de l'efficacité.</li> </ul>						3		L'accent est mis sur la limitation des pertes (pertes par effet joules, pertes de charges, etc.), l'optimisation des points de fonctionnement de tout ou partie de la chaîne d'énergie voire de l'amélioration des caractéristiques de la source et/ou de la charge.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Comportement temporel des constituants d'une chaîne d'énergie.</li> <li>Représentation des phases de transferts et de stockages.</li> </ul>	Mathématiques : analyse (dérivées et primitives).					3		Il s'agit d'étudier l'évolution de l'état énergétique (transfert W et/ou Q ou stockage E) des constituants à travers la visualisation de variables représentatives.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Bilan énergétique d'un produit, rendement, performance énergétique.</li> </ul>			3					À faire sur des mesures. Insister sur le rendement instantané (rendement en puissance) et le rendement énergétique (sur cycle).



3.4. Comportement informationnel des produits								
3.4.1. Nature et représentation de l'information	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
▪ Nature d'une information.	PC : introduction à la notion d'onde Mathématiques : nombres complexes		2				3	Signal logique, analogique, numérique (TOR, échantillonné). Entrées/sorties : montages analogiques de base pour l'obtention/génération d'une information logique (on prendra comme niveaux logiques 1/0 les valeurs 5V/0V).
▪ Représentation temporelle d'une information.			2				3	Le but est d'obtenir, à partir de la visualisation temporelle d'une information (lecture de chronogramme), les grandeurs caractéristiques de l'information : période, fréquence, amplitude, niveau (logique), rapport cyclique.
▪ Représentation fréquentielle d'une information.							2	Se limiter à une approche qualitative des fréquences audibles : notions de basses, moyennes et hautes fréquences d'un signal audio, représentation spectrale d'un signal audio simple.

3.4.2. Description et simulation comportementale de l'information	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Diagramme de séquence.</li> <li>▪ Diagramme d'états, d'activités.</li> </ul>			2				3	<p>Le diagramme de séquence est utilisé comme outil de description d'échanges d'information, déroulé temporel d'un scénario d'utilisation.</p> <p>Les diagrammes d'états et/ou d'activités servent d'outils de description voire de simulation quand cela est possible :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- simulation événementielle dont le but est de simuler les différents états possibles d'un produit et ses changements d'états selon des événements définis ;</li> <li>- simulation algorithmique pour exploiter la dualité diagramme d'activités/algorithme pour simuler un algorithme séquentiel.</li> </ul>
3.4.3. Inter-opérabilité des produits	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Typologies des communications.</li> </ul>			2				3	<p>Se limiter aux aspects qualitatifs des notions de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- synchrone/asynchrone : communication en continu (streaming) ou à la demande ;</li> <li>- half/full duplex : par analogie avec le talkie/walkie, le téléphone ;</li> <li>- maître/esclave ;</li> <li>- client /serveur.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Liaisons séries : protocoles de communication, sens du flux de données, débit et rapidité de transmission.</li> </ul>			2				3	<p>En I2D : se limiter à la lecture de trame binaire, et à sa conversion.</p> <p>En SIN : les concepts de bit de start/stop doivent être assimilés, la notion de bit de parité sert d'introduction aux codes correcteurs.</p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Configuration d'un réseau :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- routage de l'information ;</li> <li>- adressage statique, dynamique.</li> </ul> </li> </ul>			<b>2</b>				<b>3</b>	Se limiter à l'étude du fonctionnement d'un switch, d'un routeur, et à la manière dont circulent les informations (trames).
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Communication au sein d'un réseau :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- trames TCP/IP, UDP ;</li> <li>- sockets ;</li> <li>- protocoles FTP, http.</li> </ul> </li> </ul>							<b>2</b>	Se limiter à mettre en évidence les différentes requêtes entre les constituants de manière expérimentale.
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Système temps-réel.</li> </ul>							<b>2</b>	Temps de cycle, interruptions (sur entrées, cycliques), de produits temps-réel.
<b>3.4.4. Comportement des systèmes régulés ou asservis</b>	<b>Liens sciences</b>	<b>IT</b>	<b>I2D</b>	<b>AC</b>	<b>ITEC</b>	<b>EE</b>	<b>SIN</b>	<b>Commentaires</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Représentation d'une boucle de régulation ou d'asservissement.</li> </ul>			<b>2</b>				<b>3</b>	Il s'agit d'étudier l'organisation fonctionnelle d'une boucle de régulation ou d'asservissement.
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Contrôle du fonctionnement d'un système régulé ou asservi en vue d'un maintien au plus près d'un point de fonctionnement.</li> </ul>	Mathématiques : nombres complexes.						<b>3</b>	Identification du principe utilisé (régulation, asservissement) et caractérisation des paramètres influant sur le contrôle du fonctionnement en vue d'un maintien au plus près d'un point de fonctionnement.

#### 4. Éco-conception des produits

4.1. Outils de représentation du réel								
4.1.1. Représentation numérique des produits	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Élaboration de la maquette numérique d'un produit :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- conception de la maquette numérique d'un sous-ensemble et/ou d'une pièce à l'aide d'un modelleur volumique paramétrique ;</li> <li>- structuration des modèles via les arbres de construction de pièce et d'assemblage ;</li> <li>- robustesse du modèle numérique.</li> </ul> </li> </ul>		<b>2</b>		<b>3</b>	<b>3</b>			En IT, se limiter à modifier/compléter un assemblage à partir d'un composant fourni. La méthode de conception est adaptée au résultat attendu : simulation comportementale, résistance des matériaux, conception détaillée, etc.
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Exploitation de la maquette numérique d'un produit : utilisation des outils de présentation pertinents d'une solution de conception : illustrations 3D de type vues photo réalistes, éclatés, réalité virtuelle et/ou augmentée, nuage de points.</li> </ul>		<b>2</b>		<b>3</b>	<b>3</b>			Permet de former les élèves à l'utilisation maîtrisée et pertinente des outils numériques de présentation à travers des approches structurées résumant le cheminement d'une démarche technologique (investigation, résolution d'un problème technique, projet technologique). A partir de la maquette numérique du projet renseignée (caractéristiques des composants) avec pour objectif de l'utiliser en démarche BIM ou PLM et dans divers outils logiciels.
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Visite virtuelle d'un ouvrage.</li> </ul>				<b>3</b>				Préparation d'une visite virtuelle afin de valider les usages de la construction (déplacements, organisation spatiale, éléments de sécurité).

4.1.2. Outils de représentation schématique	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>Schéma architectural (mécanique, énergétique, informationnel).</li> </ul>			2			3		Le schéma architectural permet de décrire l'organisation structurelle d'un produit de manière non normalisée, il fait apparaître les composants et constituants (choix techniques, cheminement des câbles, des gaines, des tuyaux).
<ul style="list-style-type: none"> <li>Schéma électrique.</li> </ul>	PC : l'énergie électrique.		2			3		Les schémas respectent les normes en vigueur.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Schéma fluidique.</li> </ul>			2			3		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Représentations planes d'un projet de construction.</li> </ul>				2				Limitation à de la lecture de plans et profils.

4.2. Démarches de conception								
4.2.1. Amélioration de la performance environnementale d'un produit	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>Outils de l'éco-conception et de l'éco-construction.</li> </ul>		2				3		En articulation avec le chapitre « approche environnementale ». Utilisation de logiciels ou de modules dédiés.

4.2.2. Choix des matériaux	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Caractéristiques des matériaux naturels et artificiels.</li> <li>▪ Critères et principes de choix des matériaux, méthodes structurées d'optimisation d'un choix, critères environnementaux.</li> </ul>	PC : organisation de la matière, propriétés des matériaux.	2		3	3	3		<p>Mettre en œuvre une démarche structurée et argumentée de choix de couple matériau/ procédé sur des cas simples.</p> <p>Les approches multi contraintes et multi objectifs visent à montrer que les choix de matériaux relèvent de compromis entre des critères opposés selon la méthode d'Ashby.</p> <p><i>En EE : se contenter du choix de matériau du point de vue de leur comportement énergétique.</i></p>
4.2.3. Choix des constituants	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Choix d'une solution : critères de choix associés à une conception ou à l'intégration d'une solution dans un produit - coût, fiabilité, environnement, ergonomie et design - Matrice de comparaison de plusieurs critères.</li> </ul>		2		3	3	3		<p>En articulation avec le chapitre « solutions constructives ».</p> <p>En classe de première, la matrice de comparaison est fournie pour tout ou partie.</p> <p>En classe de terminale, la matrice peut être élaborée dans le cadre des projets.</p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>Choix de solutions logicielles, d'une unité de traitement et des interfaces.</li> </ul>		<b>2</b>					<b>3</b>	<p>Choix des bibliothèques logicielles adaptées. Choix d'un environnement de développement intégré (IDE).</p> <p>Choix d'une unité de traitement à base de microcontrôleur, de nano contrôleur (objet connecté - Internet of Thing) ou d'un nano ordinateur, au regard du format et du volume des données à traiter, de la puissance de calcul nécessaire et du besoin de stockage.</p> <p>Choix des interfaces et des protocoles de communication entre les constituants au regard du nombre, du type et du format des entrées/sorties.</p>
--	--	----------	--	--	--	--	----------	--

4.3. Conception des produits								
4.3.1. Les réseaux intelligents	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>Structures des réseaux (routiers, informatiques, énergétiques) :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- principales caractéristiques : maillé, étoile ;</li> <li>- composants principaux : nœuds, branches, flux, supervision et pilotage intelligent des réseaux.</li> </ul> </li> </ul>			<b>2</b>					<p>Il s'agit de montrer des convergences de problématiques, de modalités d'analyse et de solutions constructives, pour étudier et concevoir des ouvrages en réseaux : routiers, informatiques, d'énergie, d'adduction de fluides, d'assainissement, etc.</p> <p>Analyse comparée des problématiques rencontrées (gestion de flux, encombrements, redondance de sécurité, etc.) et des solutions y répondant (structure des réseaux, équipements de gestion, etc.).</p>



<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Réseaux de transport (fluides) et réseaux communicants.</li> </ul>	<p>PC : l'énergie électrique. PC : énergie mécanique.</p>		<b>2</b>	<b>3</b>				<p>Il s'agit de différencier les différents réseaux secs et humides et leurs caractéristiques principales (adduction d'eau potable, assainissement, fibre, etc.). Insister sur le maillage et l'importance et les nœuds de connexion, afin d'assurer la continuité du service.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Structure d'un réseau de transport et de distribution d'énergie électrique alternatif, caractéristiques et pertes.</li> <li>▪ Distribution et répartition de l'énergie.</li> </ul>			<b>2</b>					<p>Il s'agit de découvrir l'intérêt du maillage et de la distribution de l'énergie sur le territoire afin d'obtenir un mix énergétique approprié. Il est important ici d'insister sur l'adaptation de la production à la demande.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Structure des réseaux électriques spécifiques.</li> <li>▪ Structure d'un réseau de production, de transport et de distribution de fluides.</li> </ul>						<b>2</b>		<p>Il s'agit de bien expliquer la différence entre réseaux électriques alternatifs et continus avec des exemples de distribution vers le domestique, l'industriel, l'urbain (tramways, véhicules électriques autonomes), etc. Exemples : réseaux de chaleur (écoquartier), réseaux d'air comprimé, ventilation, distribution d'eau chaude ou d'eau glacée, etc.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Micro énergies pour dispositifs autonomes.</li> </ul>						<b>2</b>		<p>Il s'agit de porter la réflexion sur les moyens de mettre à profit l'énergie présente dans l'environnement local à des fins d'auto-alimentation de sources d'énergie pour des réseaux de capteurs, l'internet des objets, etc.</p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gestion des réseaux de transport et de distribution de l'énergie, multiplicité et complémentarité des divers procédés (production, stockage, etc.).</li> <li>▪ Production décentralisée et coopérative, cogénération.</li> <li>▪ Optimisation énergétique et performance environnementale.</li> </ul>			<b>2</b>					<p>Les nouvelles stratégies de gestion des réseaux d'énergie sont abordées au travers de cas d'étude (réseaux « intelligents ») aussi bien dans une voiture hybride qu'à l'échelle d'un bâtiment, d'un quartier ou bien d'une ville entière, etc.</p> <p>La performance environnementale est abordée au travers d'une analyse fine de l'usage et d'une meilleure relation avec l'action des usagers (transformation des comportements) afin d'optimiser la consommation énergétique (hybridation, récupération d'énergie, etc.) grâce à la généralisation du numérique et des objets connectés.</p>
<b>4.3.2. Conception bioclimatique, pré dimensionnement des structures et ouvrages</b>	<b>Liens sciences</b>	<b>IT</b>	<b>I2D</b>	<b>AC</b>	<b>ITEC</b>	<b>EE</b>	<b>SIN</b>	<b>Commentaires</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Principes de conception et de prédimensionnement des principales solutions constructives :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- principes de conception bioclimatique ;</li> <li>- principes de prédimensionnement des structures.</li> </ul> </li> </ul>				<b>3</b>				<p>Il s'agit d'appliquer des démarches utilisées (principes, ratios) en architecture ou en ingénierie afin d'établir un avant-projet partiel et de le prédimensionner.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conception des ossatures : bâtiment et ouvrages de travaux publics.</li> </ul>				<b>3</b>				<p>Il s'agit de proposer une structure porteuse (porteurs verticaux, horizontaux, fondations, charpentes) adapté au projet.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conception des enveloppes.</li> </ul>				<b>3</b>				<p>Il s'agit d'aborder l'enveloppe d'une construction comme objet multi-contraint (esthétique, étanchéité, mécanique, confort, sécurité et communication, etc.).</p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>Conception des aménagements et équipements.</li> </ul>	PC : Les ondes sonores			<b>3</b>				Il s'agit de vérifier que les solutions choisies sont conformes aux exigences (besoin, réglementations, etc.) dans différents domaines (thermique, acoustique, éclairage, domotique, etc.).
<b>4.3.3. Efficacité énergétique passive et active d'un produit</b>	<b>Liens sciences</b>	<b>IT</b>	<b>I2D</b>	<b>AC</b>	<b>ITEC</b>	<b>EE</b>	<b>SIN</b>	<b>Commentaires</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Enveloppe du bâtiment, isolation.</li> </ul>	PC : organisation de la matière, propriétés des matériaux PC : énergie interne		<b>2</b>	<b>3</b>				Principe de l'analyse des apports et dépenses énergétiques dans une construction. Identification des principaux apports et dépenses énergétiques. Bilan énergétique sur une construction complète à l'aide d'un logiciel de simulation numérique.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Rendement énergétique des équipements techniques du bâtiment.</li> </ul>			<b>2</b>					À partir d'études de cas reposant sur l'étiquetage énergétique des produits, il s'agit de mettre en perspective les performances énergétiques d'un équipement en lien avec les changements d'habitude du consommateur.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Conception de fonctionnalités intelligentes à caractère domotique et immotique.</li> </ul>			<b>2</b>				<b>3</b>	Il s'agit par une approche systémique et globale de gestion de l'énergie de travailler sur le pilotage automatisé du bâtiment en fonction de leurs usages.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Récupération par réversibilité de la chaîne de puissance, par revalorisation des pertes.</li> </ul>						<b>2</b>		Cette partie doit porter réflexion sur la pertinence de la récupération d'énergie tant sur le cycle de vie du produit amélioré que sur le retour sur investissement.

4.3.4. Conception numérique d'une pièce	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>Définition numérique d'une pièce d'un produit industriel.</li> </ul>					3			<p>Il s'agit de travailler, par extraction depuis un assemblage, sur la création de maquettes volumiques respectant les contraintes fonctionnelles (dimensionnelles et géométriques).</p> <p>Les maquettes numériques peuvent éventuellement être extraites de scan 3D.</p> <p>Les éventuelles mises en plan ne servent qu'à faire apparaître la cotation et les dimensions pertinentes par rapport aux fonctions assurées par la pièce ou le sous-ensemble.</p> <p>Il s'agit de travailler sur des maquettes numériques volumiques existantes, de porter les modifications attendues par la prise en compte de contraintes fonctionnelles (dimensionnelles et géométriques et d'aborder par ce biais les notions de jeu de fonctionnement et de conditions géométriques).</p> <p>L'identification des surfaces fonctionnelles et des contraintes géométriques est facilitée par la conception sous assemblage.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Influences du procédé de réalisation et du matériau choisis sur les formes et dimensions d'une pièce simple.</li> </ul>					3			<p>Les études de cas sont traitées en lien avec l'expérimentation des procédés, en utilisant les outils de simulation directement accessibles dans le modèleur volumique et adaptés à la découverte et à l'initiation.</p>

4.3.5. Conception informationnelle des produits	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bilan et nature des entrées/sorties.</li> <li>▪ Structures de programmation.</li> <li>▪ Fonctions logicielles.</li> <li>▪ Méthodes et propriétés utiles en lien avec les bibliothèques logicielles choisies.</li> <li>▪ Types de variables.</li> <li>▪ Diagrammes de description.</li> </ul>	Mathématiques : algorithmique et programmation		<b>2</b>				<b>3</b>	<p>Lister les entrées et les sorties du système en fonction de leur nature (analogique, logique, numérique).</p> <p>Identifier, pour les bibliothèques logicielles utilisées, les méthodes utiles ainsi que les propriétés de celles-ci.</p> <p>Le choix des diagrammes retenus pour décrire le système est motivé par l'intention de communiquer à l'écrit comme à l'oral.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Codage dans un langage spécifique.</li> <li>▪ Règles d'écriture (organisation du code, commentaires, documentation, etc.).</li> </ul>			<b>2</b>				<b>3</b>	<p>Les langages Python et C++ sont à utiliser. Pour l'écriture de pages web on utilisera HTML/CSS et PHP.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mise au point</li> </ul>			<b>2</b>				<b>3</b>	<p>Débogage (pas à pas, point d'arrêt, etc.)</p> <p>Intégration et fusion de différents programmes en un programme unique.</p>

## 5. Solutions constructives

5.1. Constituants des ossatures et enveloppes								
5.1.1. Enveloppe des produits	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>Façades mur-rideau, enveloppes construction bois, acier, béton.</li> </ul>	PC : les énergies.	2		3				Il s'agit de choisir un constituant en fonction de ses propriétés et de définir ses caractéristiques (géométriques, mécaniques ou énergétiques, etc.) pour répondre à une exigence.
5.1.2. Fondations, soutènement, porteurs horizontaux et verticaux, contreventement	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>Soutènements : mur, paroi moulée, terre armée.</li> </ul>	PC : énergie mécanique.			3				Il s'agit de choisir un constituant en fonction de ses propriétés et de définir ses caractéristiques (géométriques, mécaniques, etc.) pour répondre à une exigence. Ces constituants peuvent être du domaine du bâtiment, des ouvrages d'arts ou toutes constructions spécifiques (écluses, barrages, etc.).
<ul style="list-style-type: none"> <li>Fondations superficielles et profondes : semelle isolée et filante, pieux.</li> </ul>				3				
<ul style="list-style-type: none"> <li>Porteurs verticaux et horizontaux (poteaux, poutres, voiles, planchers), contreventement, charpentes en béton, bois et métal, préfabriqués ou réalisés sur site.</li> </ul>				3				

5.2. Constituants de puissance								
5.2.1. Convertisseurs, adaptateurs et modulateurs de puissance	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Convertisseurs.</li> <li>▪ Modulateurs de puissance.</li> <li>▪ Adaptateurs de puissance.</li> </ul>	PC : Les énergies.	2				3		<p>Porter attention aux grandeurs efforts/flux et aux caractéristiques de transfert des constituants, en privilégiant l'utilisation de formulaires et d'abaques.</p> <p>Il convient d'insister sur la complémentarité entre modulation et conversion d'énergie permettant de s'adapter aux caractéristiques de la charge et au sens de transfert de l'énergie (réversibilité).</p> <p>Sont entendus sous le terme « convertisseur » les ventilateurs, pompes, compresseurs, moteurs électriques, vérins, vannes, panneaux solaires, modules Peltier, éclairage, etc.</p> <p>Sont entendus sous l'expression « modulateur de puissance » les interfaces de puissance, variateurs de vitesse, de luminosité, etc.</p> <p>Sont entendus sous l'expression « adaptateur de puissance » les réducteurs, transformateurs électriques parfaits et échangeurs thermiques.</p>



5.2.2. Stockeurs d'énergie	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Stockage mécanique.</li> <li>▪ Stockage chimique.</li> <li>▪ Stockage électrostatique.</li> <li>▪ Stockage thermique.</li> </ul>	PC : les énergies					3		<p>Se limiter à l'étude du bilan énergétique externe des systèmes de stockage durant les principales phases de fonctionnement en distinguant charge et décharge.</p> <p>Caractéristiques principales : énergie massique ; puissance massique ; capacité énergétique maximale ; puissance maximale ; constante de temps ; état de charge ; rendement.</p> <p>Les performances de stockage sont comparées pour mettre en évidence leur différenciation et leur complémentarité en matière de compromis énergie/puissance (diagramme de Ragone).</p> <p>Exemples pouvant être traités : volant d'inertie, barrage hydraulique, piles et accumulateurs, combustibles, carburants, comburants, condensateur et super condensateur, module eutectique, mur trombe, etc.</p>
5.2.3. Transmetteurs des mouvements	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Organes mécaniques de transmission et d'adaptation de puissance : <ul style="list-style-type: none"> <li>- réducteurs ;</li> <li>- transmission par lien flexible ;</li> <li>- accouplements.</li> </ul> </li> </ul>	PC : énergie mécanique	2			3			Se limiter aux principales caractéristiques et performances, notamment environnementales et énergétiques, des technologies présentées.
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Organes mécaniques de transformation de mouvement.</li> </ul>					3			
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Guidage en translation et en rotation.</li> </ul>			2		3			

▪ Liaison complète démontable et non démontable.			2		3			
▪ Étanchéité.					3			Protection contre les poussières. Étanchéité aux fluides.

### 5.3. Constituants de l'information

5.3.1. Capteurs, conditionneurs	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Capteurs analogiques.</li> <li>▪ Capteurs numériques, détecteurs.</li> </ul>		2				3	3	Se limiter à caractériser les capteurs par leurs relations d'entrée/sortie.
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Amplificateurs.</li> </ul>							2	Privilégier l'utilisation de circuits spécialisés dont le gain est réglable. Ne pas étudier les montages à Amplificateurs Linéaires Intégrés.
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Filtres passe-bas.</li> </ul>	Mathématiques : nombres complexes						2	Se limiter aux filtres passe-bas du premier ordre.
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Convertisseurs analogique-numérique.</li> </ul>						2	2	Privilégier l'utilisation de circuits spécialisés sans étudier leur structure interne.
5.3.2. Constituants d'IHM	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Constituants sonores, visuels, tactiles.</li> </ul>		2					3	Afficheur, clavier, écran, etc.
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Interfaces hybrides.</li> </ul>							2	Interfaces visuelles, tactiles. Interfaces haptiques.

<b>5.3.3. Composants programmables</b>	<b>Liens sciences</b>	<b>IT</b>	<b>I2D</b>	<b>AC</b>	<b>ITEC</b>	<b>EE</b>	<b>SIN</b>	<b>Commentaires</b>
▪ Cartes électroniques à microcontrôleur.						2	3	Privilégier les cartes électroniques programmables à partir d'un environnement de développement intégré, disposant d'entrées/sorties.
▪ Nano ordinateurs.						2	3	Utiliser des cartes électroniques dotées d'un système d'exploitation et permettant la connexion de périphériques (écran, clavier, caméra, etc.).
▪ Objets connectés.						2	3	Internet des objets. Utilisations de modules programmables permettant de connecter un produit à internet et le rendre communiquant à distance.
<b>5.3.4. Composants de transmission de l'information</b>	<b>Liens sciences</b>	<b>IT</b>	<b>I2D</b>	<b>AC</b>	<b>ITEC</b>	<b>EE</b>	<b>SIN</b>	<b>Commentaires</b>
▪ Constituants d'un réseau.							3	Se limiter à l'usage de commutateurs, routeurs et tout type de serveur.
▪ Caractéristiques des bus de communication.						2	3	Aborder les différentes natures de bus (bus de terrain, bus de périphériques) et leurs caractéristiques (longueur de bus, débit, fiabilité, etc.). Privilégier les bus KNX, EnOcean, CAN, I <sup>2</sup> C voire SPI, etc.
▪ Composants émetteurs et récepteurs pour la transmission sans fil.						2	3	Privilégier l'usage de modules intégrés Se limiter aux technologies WiFi, Bluetooth, RF, etc.

## 6. Prototypage et expérimentations

### 6.1. Moyens de prototypage rapide

	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>Prototypage de pièces et de la chaîne d'information.</li> </ul>		2				3		Les activités pratiques de prototypage rapide relèvent des activités classiques d'un fablab. La chaîne numérique est complète et continue.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Coulage de pièces prototypées en résine et/ou en alliage métallique.</li> </ul>					3			Prototypage de pièces de petites dimensions en « bonne matière », alliages d'aluminium ou cuivreux.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Virtualisation de solutions logicielles.</li> </ul>							2	Privilégier les logiciels permettant l'exécution de machines virtuelles (VM pour « Virtual Machines »).

### 6.2. Expérimentations et essais

	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>Protocole d'essai.</li> <li>Sécurité de mise en œuvre.</li> </ul>	PC : mesures et incertitudes PC : l'énergie électrique		3					La nécessité d'une démarche raisonnée, progressive, organisée en fonction de l'objectif recherché est expliquée. La nécessité de procédures de mise en œuvre en sécurité est expliquée vis-à-vis des risques rencontrés.

<ul style="list-style-type: none"> <li>Expérimentation de procédés.</li> </ul>	<p>PC : organisation de la matière, propriétés des matériaux</p>				<b>3</b>		<p>Enseignement excluant l'utilisation de moyens de production de type professionnel. La formation à l'optimisation des processus et des paramètres de réglage est exclue. Les procédés sont abordés par le biais d'expérimentations sur des systèmes didactiques simples, puis par des activités de simulation numérique, des visites d'ateliers et/ou d'entreprises locales et d'analyses de bases de connaissances numériques. Les activités expérimentales proposées s'intéressent aux principes physiques et chimiques employés, aux contraintes techniques associées.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Expérimentation sur les matériaux et sur les structures.</li> </ul>	<p>PC : organisation de la matière, propriétés des matériaux</p>		<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>		<p>Les expérimentations seront réalisées sur des :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- éprouvettes (traction, compression, flexion simple), afin de valider une forme, une répartition de matière ou une caractéristique d'un matériau (y compris composite) ;</li> <li>- des maquettes de solutions techniques à échelle réduite, réelle ou in situ pour déterminer l'influence d'un paramètre par comparaison ou valider la solution.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Expérimentations de constituants de la chaîne de puissance.</li> </ul>			<b>2</b>			<b>3</b>	<p>L'expérimentation porte sur la mise en œuvre de constituants standard du commerce pour en vérifier les caractéristiques externes.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Expérimentations de constituants de la chaîne d'information.</li> </ul>			<b>2</b>			<b>3</b>	<p>L'expérimentation porte sur la mise en œuvre de constituants standard du commerce pour en vérifier les fonctionnalités.</p>

6.3. Vérification, validation et qualification du prototype d'un produit								
	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>Intégration des éléments prototypés du produit.</li> </ul>		2				3		Vérifier la conformité aux spécifications fonctionnelles nécessaires à l'intégration des éléments prototypés en un produit avant assemblage.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Mesure et validation de performances.</li> </ul>	PC : mesures et incertitudes. Mathématiques : statistiques et probabilités	2				3		Ces activités s'effectuent dans le cadre des projets, sur des dispositifs expérimentaux et instrumentés liés aux supports étudiés. Elles permettent de faire apparaître les écarts entre les résultats de simulation et le comportement réel d'un produit.