

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère de l'éducation nationale et
de la jeunesse

Arrêté du fixant le programme des enseignements de spécialité des classes de première et terminale conduisant au baccalauréat technologique série sciences et technologies de l'industrie et du développement durable (STI2D)

NOR : MENE

Le ministre de l'éducation nationale et de la jeunesse ;

Vu le code de l'éducation, notamment son article D. 311-5 ;

Vu l'arrêté du XXXX portant abrogation de programmes d'enseignement de la classe de seconde générale et technologique et des classes de première et terminale des voies générale et technologique

Vu l'avis du Conseil supérieur de l'éducation du XXXX ,

Arrête :

Article 1

Le programme des enseignements de spécialité des classes de première et terminale conduisant au baccalauréat technologique série sciences et technologies de l'industrie et du développement durable (STI2D) est fixé conformément à l'annexe du présent arrêté.

Article 2

Les dispositions du présent arrêté entrent en vigueur à la rentrée scolaire 2019 pour la classe de première et à la rentrée 2020 pour la classe terminale.

Article 3

Le directeur général de l'enseignement scolaire est chargé de l'exécution du présent arrêté, qui sera publié au *Journal officiel* de la République française.

Fait le

Pour le ministre de l'éducation nationale et de la jeunesse et par délégation :
Le directeur général de l'enseignement scolaire,
Jean-Marc HUART

ANNEXES

1- Programme d'enseignement de spécialité d'innovation technologique et d'ingénierie et développement durable de la classe de première, et d'ingénierie, innovation et développement durable de la classe terminale de la voie technologique, série sciences et technologies de l'industrie et du développement durable (STI2D)

2- Programme d'enseignement de spécialité de physique-chimie et mathématiques de la classe de première de la voie technologique, série sciences et technologies de l'industrie et du développement durable (STI2D)

ANNEXE 1

Programme d'enseignement de spécialité d'innovation technologique et d'ingénierie et développement durable de la classe de première, et d'ingénierie, innovation et développement durable de la classe terminale de la voie technologique, série sciences et technologies de l'industrie et du développement durable (STI2D)

Sommaire

Introduction	2
■ <i>Préambule</i>	2
■ <i>Modalités d'enseignement</i>	4
■ <i>Les enseignements technologiques, de la conception de produits à la réalisation de prototypes</i>	5
Objectifs et compétences des enseignements technologiques	8
Connaissances associées des enseignements technologiques	14
1. Principes de conception des produits et développement durable	15
1.1. <i>La démarche de projet</i>	15
1.2. <i>Outils de l'ingénierie système</i>	17
1.3. <i>Compétitivité des produits</i>	18
1.4. <i>Créativité et innovation technologique</i>	19
1.5. <i>Approche environnementale</i>	19
2. Approche fonctionnelle et structurelle des produits	21
2.1. <i>Représentation des flux MEI</i>	21
2.2. <i>Approche fonctionnelle et structurelle des ossatures et des enveloppes</i>	21
2.3. <i>Approche fonctionnelle et structurelle des chaînes de puissance</i>	22
2.4. <i>Approche fonctionnelle et structurelle d'une chaîne d'information</i>	24
3. Approche comportementale des produits	27
3.1. <i>Modélisations et simulations</i>	27
3.2. <i>Comportement mécanique des produits</i>	28
3.3. <i>Comportement énergétique des produits</i>	31
3.4. <i>Comportement informationnel des produits</i>	31
4. Eco-conception des produits	34
4.1. <i>Outils de représentation du réel</i>	34
4.2. <i>Démarches de conception</i>	35
4.3. <i>Conception des produits</i>	36
5. Solutions constructives	41
5.1. <i>Constituants des ossatures et enveloppes</i>	41
5.2. <i>Constituants de puissance</i>	41
5.3. <i>Constituants de l'information</i>	43
6. Prototypage et expérimentations	45
6.1. <i>Moyens de prototypage rapide</i>	45
6.2. <i>Expérimentations et essais</i>	45
6.3. <i>Vérification, validation et qualification du prototype d'un produit</i>	46

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**¹ 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 matière², 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

¹ 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.

² La matière représente l'ensemble matériau et la structure matérielle.

au long de sa vie, sur son environnement. Les préoccupations liées au développement durable et l'éco-conception³ 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 s'appuyant sur des bases de connaissances et engagent 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.

³ 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.).

■ 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 maître-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**⁴ » 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 enseignants puissent accéder au laboratoire de technologie. Cet aspect permet à

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

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 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** : Energie 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
	O7 – Expérimenter et réaliser des prototypes ou des maquettes	CO7.1. 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
		CO7.2. 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
		CO7.3. Expérimenter			XX	
		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			AC1	3-2 / 5-1 / 6-2 / 6-3
		Des procédés de stockage, de production, de transformation, de récupération d’énergie pour aider à la conception d’une chaîne de puissance			EE1	2-1 / 3-3 / 5-2 / 6-2 / 6-3
		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			EE2	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

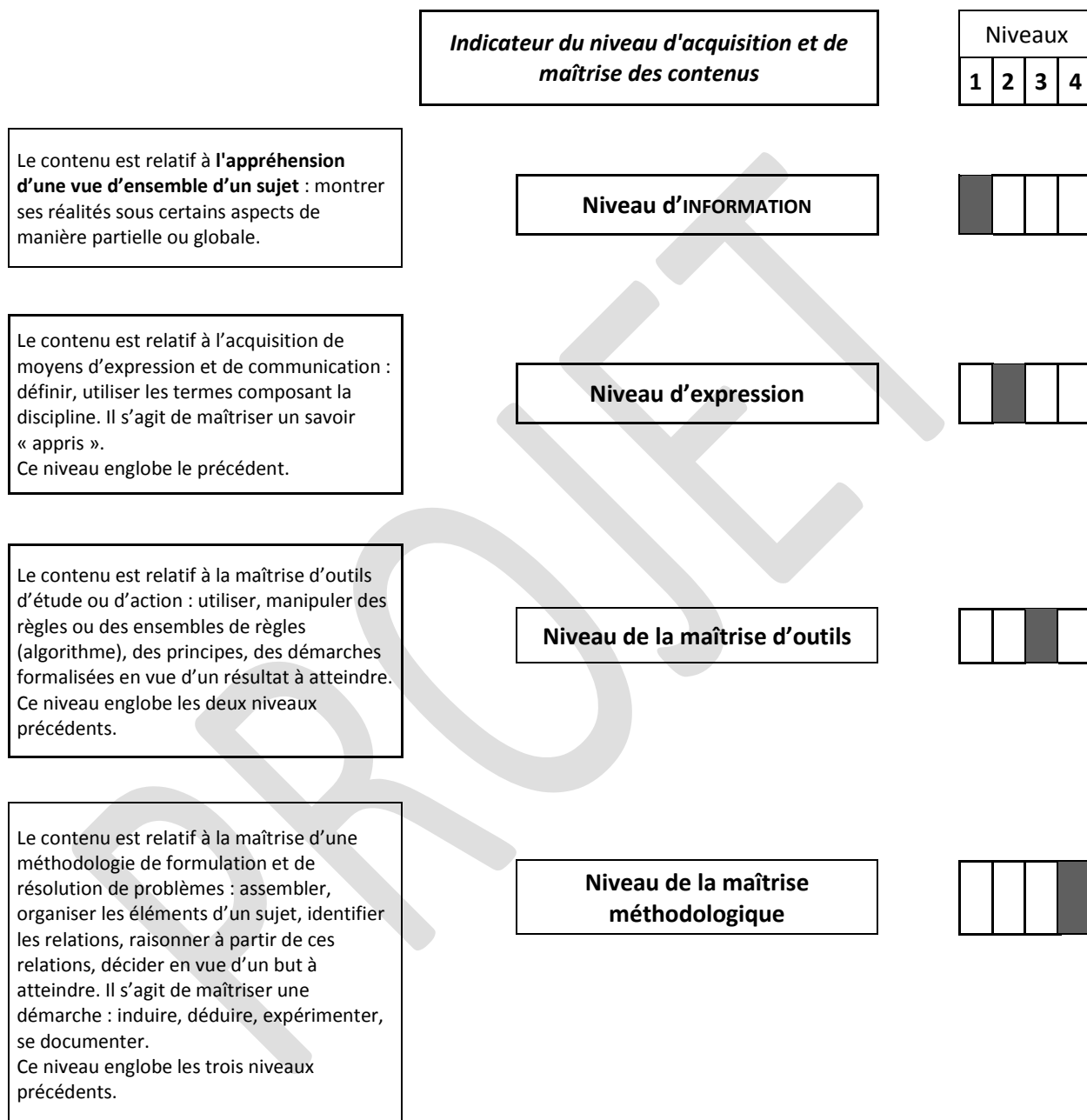
Dimension socio - culturelle	O1 - Caractériser des produits ou des constituants privilégiant un usage raisonné du point de vue développement durable	CO1.1. Justifier les choix des structures matérielles et/ou logicielles d'un produit, identifier les flux mis en œuvre dans une approche de développement durable	X	XX	XX	1-3 / 1-4 / 1-5 / 2-1 / 4-2
		CO1.2. 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
		CO1.3. 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	O2 - Identifier les éléments influents du développement d'un produit	CO2.1. Décoder le cahier des charges d'un produit, participer, si besoin, à sa modification	XX		XX	1-1 / 1-2
		CO2.2. Évaluer la compétitivité d'un produit d'un point de vue technique et économique	XX		XX	1-1 / 1-3 / 1-4 / 1-5
	O3 - Analyser l'organisation fonctionnelle et structurelle d'un produit	CO3.1. 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
		CO3.2. Identifier et caractériser l'agencement matériel et/ou logiciel d'un produit		XX	XX	1-2 / 2 / 4-1 / 4-3 / 5
		CO3.3. 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
Communication	O4 - Communiquer une idée, un principe ou une solution technique, un projet, y compris en langue étrangère	CO3.4. Identifier et caractériser des solutions techniques	X	XX	XX	1-2 / 2 / 4-3 / 5 / 6-2
		CO4.1. 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
		CO4.2. 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
		CO4.3. 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

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	CO6.1. 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
		CO6.2. Identifier et régler des variables et des paramètres internes et externes utiles à une simulation mobilisant une modélisation multiphysique		XX	XX	3
		CO6.3. 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
		CO6.4. 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
		CO6.5. Interpréter les résultats d'une simulation et conclure sur la performance de la solution			XX	
		Simulation d'un usage ou d'un comportement structurel, thermique, acoustique, etc... de tout ou partie d'une construction			AC1	3-1 / 3-2 / 4-1 / 5-1
		Simulation de procédés pour valider un moyen de réalisation			AC2	3-1 / 3-2
		Simulation énergétique (électrique, mécanique, thermique, lumineuse, ...) de tout ou partie d'un produit connaissant les caractéristiques utiles et les paramètres externes et internes.			EE1	3-1 / 3-2 / 3-3 / 5-2
		Simulation de la gestion de la chaîne de puissance			EE2	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			ITEC1	3-1 / 3-2 / 3-3 / 4-1 / 5-1
		Simulation de procédés pour valider les formes et dimensions d'une pièce			ITEC2	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			SIN1	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	CO7.4. 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
		CO7.5. 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
		CO7.6. Expérimenter			XX	
		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			AC1	3-2 / 5-1 / 6-2 / 6-3
		Des procédés de stockage, de production, de transformation, de récupération d'énergie pour aider à la conception d'une chaîne de puissance			EE1	2-1 / 3-3 / 5-2 / 6-2 / 6-3
		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			EE2	2-1 / 2-3 / 3-3 / 5-2 / 5-3 / 6-2 / 6-3
		Des procédés de réalisation pour caractériser les paramètres de transformation de la matière et leurs conséquences sur la définition et l'obtention de pièces			ITEC1	6-1 / 6-2
		Mesurer des performances d'un constituant ou d'un sous-ensemble d'un produit			ITEC2	3-2 / 3-3 / 6-2 / 6-3
		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			SIN1	3-4 / 5-3 / 6-1 / 6-2
		Des architectures matérielles et logicielles en réponse à une problématique posée			SIN2	3-4 / 6

Connaissances associées des enseignements technologiques

Description de la taxonomie utilisée



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
- Rôle, fonctions et responsabilité des principaux intervenants d'un projet (maître d'ouvrage, d'œuvre, entreprises, coordonnateurs, contrôleurs). - Animation d'une équipe projet.		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.
- 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). - Principes d'organisation et planification d'un projet (développement séquentiel, découpage du projet en fonctions élémentaires ou en phases, phases de réalisation).		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.
- Phases d'un projet industriel (marketing, pré conception, pré industrialisation et conception détaillée, industrialisation, maintenance et fin de vie). - Gestion, suivi et finalisation d'un projet (coût, budget, bilan d'expérience).		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.
Contexte réglementaire des projets.		2		3				Mise en situation du projet dans son contexte et adaptation des solutions constructives en fonction des réglementations en vigueur.

1.1.2. Communication technique	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
■ Cartes mentales, représentations numériques, diagrammes SysML pertinents, prototype et maquette, croquis et schémas non normalisés, organigrammes.		2				3 ⁵		<i>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.</i>
■ Outils de partage et d'organisation du travail collaboratif (cloud, PLM, BIM).						2		<i>Il s'agit principalement d'utiliser ces outils lors des projets collaboratifs.</i>
1.1.3. Approche design et architecturale des produits	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
■ Évolution historique et culturelle des formes. Relations entre objet fonctionnel et art contemporain lié à une époque.		1						<i>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.</i> <i>Ces études doivent permettre de conforter l'approche design en projet.</i>
■ Le contexte : enjeux culturels, écologiques, économiques, technologiques. Inscription et statut de la production dans le temps. ■ Relations et interactions avec d'autres productions : environnement naturel et sociétal, segments commerciaux et cibles de vente, supports et espaces de diffusion.		2						
■ La fonction services rendus, relations à l'utilisateur, aux modes de vie. Les expériences utilisateurs. ■ Besoins et usages, fonctions utilitaires et/ou symboliques en relation avec les formes. Design d'interaction et ergonomie.		2						
■ Typologie des constructions, techniques,		2						
								<i>Relations entre des propositions architecturales ou</i>

⁵ Les cases fusionnées indiquent les enseignements de terminale communs aux quatre enseignements spécifiques

périodes et styles des projets. ■ Identification des différents types de constructions.								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
■ Typologie des systèmes (système à faire, système pour faire, sur et sous-systèmes).		1						La notion de système est présentée comme une typologie de produits technologiques.
■ Approche système (environnement, frontières, système d'intérêt, points de vue).		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
■ Approche processus (typologie).		1						L'approche se limite à la définition d'un processus (désigné parfois sous le procédé mnémonique 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.
■ Approche temporelle, cycle en V.		2						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. 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.
■ Analyse du besoin : besoin initial, mission principale, contexte, cas d'utilisations, scénarios d'utilisation, besoins des parties prenantes.		2			3			À la lecture d'un cahier des charges, l'élève doit savoir extraire les informations pertinentes décrites en langage SysML. En projet de construction, l'analyse du besoin peut faire

									appel à d'autres outils complémentaires.
■ Spécification technique, conception de l'architecture. ■ Etats, séquences. ■ Fonctionnalités, structure physique, flux internes/externes.		2			3				Les grands principes sont évoqués en démarche de projet. Le but recherché est : - 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 ; - d'amener l'élève en phase de conception à proposer sa propre architecture fonctionnelle et structurelle, satisfaisant et validant les exigences systèmes, définies préalablement.
■ IVVQ : intégration, vérification, validation, qualification.		2			3				Les grands principes sont là aussi évoqués en démarche de projet : - l'intégration (entendue « sur site d'exploitation ») quand elle est possible est évoquée ; - l'accent est mis sur les outils de vérification et de validation ; - la qualification étant la mesure de performance une fois le système produit, le savoir-faire inhérent relève du domaine expérimental.
1.3. Compétitivité des produits									
1.3.1. Paramètres de la compétitivité	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires	
■ Principe des labels de performance.		2						Définition des labels de performance et impact sur les produits. Exemples : Bâtiment Passif ; HQE, E+C- ...	
■ Importance du service rendu (besoin réel et besoin induit).		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	
■ Innovation (de produit, de procédé, de marketing, de rupture).		2							

■ 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.		2						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.
■ Ergonomie : notion de confort, d'efficacité, de sécurité dans les relations homme – produit, homme – système.		2						
1.3.2. Compromis complexité-efficacité-coût	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
■ Relation Fonction/Coût/Besoin. ■ Relation Fonction/Coût/Réalisation. ■ Relation Fonction/Impact environnemental.		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
■ Méthodes de créativité rationnelles et non rationnelles.		2						Lois d'évolutions et principes d'innovation, contradictions, relations entre solutions techniques et principes scientifiques/technologiques associés, brainstorming.
■ Intégration des fonctions et optimisation du fonctionnement : approche pluri technologique et transfert de technologie.		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
■ Cycle de vie d'un produit.		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
■ Coûts relatifs, disponibilité, impacts environnementaux des matériaux.	PC : L'énergie et		2					Les études de dossiers technologiques doivent permettre l'identification des paramètres influant sur le

■ Enjeux énergétiques mondiaux : extraction et transport, production centralisée, production locale.	ses enjeux. PC : Organisation de la matière, propriétés des matériaux.		2					<i>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.</i>
1.5.3. Utilisation raisonnée des ressources	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
■ Propriétés physico-chimiques, mécaniques et thermiques des matériaux.	PC : L'énergie et ses enjeux.		2					<i>Uniquement en complément du programme de physique chimie.</i>
■ Impacts environnementaux associés au cycle de vie du produit : — conception (optimisation des masses et des assemblages) ; — contraintes d'industrialisation, de réalisation, d'utilisation (minimisation et valorisation des pertes et des rejets) et de fin de vie.	PC : Organisation de la matière, propriétés des matériaux.		2	3	3	3		<i>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.</i>
■ Efficacité énergétique d'un produit.			2			3		<i>Minimisation de la consommation énergétique. Apport de la chaîne d'information associée à la commande pour améliorer l'efficacité globale d'un produit.</i>

2. Approche fonctionnelle et structurelle des produits

2.1. Représentation des flux MEI								
	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
■ Notion de flux et de stock. ■ Principaux flux de transfert de matière, d'énergie, d'information. ■ Principes de caractérisation des flux, unités, calcul.	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...)
■ Diagrammes de blocs internes IBD (Internal Block Diagram) SysML.			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.
■ Diagrammes de SANKEY (représentation qualitative et quantitative des flux de matière, énergie et information).			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 ...)
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
■ Principaux types d'enveloppe des produits. ■ Principales fonctions (esthétique, isolations diverses, sécurité, étanchéités ou perméabilités, agencement d'éléments).	PC : Organisation de la matière, propriétés des matériaux.		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.

■ Caractéristiques, niveaux de performance.	PC : Les ondes sonores							<i>Il s'agit ici d'étudier différents types d'enveloppes, d'identifier, comparer, caractériser les fonctions assurées.</i>
2.2.2. Typologie des ossatures	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
■ Principaux types de sous-ensembles élémentaires des ossatures (câbles, poutres, parois, plaques, coques, portiques, treillis). ■ Principales caractéristiques des ossatures.			2	3				<i>Il s'agit :</i> - d'analyser leurs principales caractéristiques géométriques, mécaniques, technologiques. - 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. <i>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.</i>
2.2.3. Typologie des assemblages	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
■ Principaux assemblages fixes et démontables.				3	3			<i>Il s'agit de différencier les assemblages selon leur fonction (montage, démontage, fixation ou scellement définitif).</i>
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
■ Notion de chaîne de puissance. ■ Principales fonctions relatives à la chaîne de puissance : — captation d'énergie ; — stockage, transport, distribution ; — conversion, transformation ; — modulation, adaptation, transmission. ■ Caractérisation des fonctions.	PC : Énergie interne PC : L'énergie électrique. PC : Énergie mécanique.		2		3	3		<i>Est entendu ici par l'expression « chaîne de puissance » l'ensemble des fonctions dédiées spécifiquement aux énergies de toutes natures.</i> <i>La représentation graphique d'une chaîne de puissance est réalisée par des schémas blocs.</i> <i>L'approche limite à la caractérisation externe des fonctions.</i> <i>Il convient d'insister sur les organisations très variées dans lesquelles ces fonctions peuvent s'organiser ou</i>

■ Représentation graphique d'une chaîne de puissance.								<i>s'enchaîner, notamment dans le cas où l'on utilise une représentation simplifiée de chaîne de puissance.</i>
2.3.2. Stockage d'énergie	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
■ Types d'énergie stockée : chimique, électrique, mécanique, thermique.	PC : L'énergie et ses enjeux.		2					<i>Il s'agit de connaître les types d'énergies stockables et les grands principes utilisés (formes potentielles et/ou cinétiques).</i>
2.3.3. Conversion de puissance	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
■ Types de conversion : électrique↔mécanique, chimique→thermique, chimique↔électrique, électrique↔lumineuse.	PC : L'énergie et ses enjeux.		2					<i>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.</i>
2.3.4. Modulation de puissance	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
■ Types de modulation électrique commandée (AC/AC, AC/DC, DC/AC, DC/DC).	PC : L'énergie électrique		2			3		<i>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.</i>
2.3.5. Adaptation de puissance	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
■ Types d'adaptation : électrique non commandée (AC/AC, AC/DC, DC/AC, DC/DC).	PC : L'énergie électrique		2			3		<i>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.</i>
2.3.6. Transmission de puissance	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
■ Représentation plane et spatiale des liaisons élémentaires parfaites. ■ Classes d'équivalences cinématiques, graphe de liaison. ■ Schéma cinématique, schéma cinématique minimal.	PC : Énergie mécanique.		2	3	3			<i>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</i>

									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	
■ Notion de chaîne d'information. ■ Principales fonctions relatives à la chaîne d'information : acquérir, traiter, communiquer. ■ Caractérisation des fonctions. ■ Représentation graphique d'une chaîne d'information.	PC : Introduction à la notion d'onde.		2			3	3	<i>La représentation graphique d'une chaîne d'information est réalisée par des schémas blocs.</i> <i>Se limiter à la caractérisation externe des fonctions.</i> <i>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.</i>	
2.4.2. Acquisition et restitution de l'information	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires	
■ Acquisition d'une grandeur physique (principe, démarches et méthodes, notions requises).	PC : Mesures et incertitudes.		2				3	<i>Prélèvement de l'information (grandeurs physiques, états logiques, valeurs numériques) depuis le produit, son environnement ou l'IHM (Interface Homme Machine).</i> <i>Grandeurs mesurées et grandeurs d'influence ; signal restitué.</i> <i>Caractéristiques utiles : étendue de mesure, résolution, sensibilité, précision, fonction de transfert et linéarité.</i> <i>Choix d'un dispositif d'acquisition adapté à un objectif donné.</i>	
■ Conditionnement d'une grandeur électrique (mise en forme, amplification, filtrage).			2				3	<i>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.</i>	
■ Conversion Analogique/Numérique (CAN).			2				3	<i>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).</i>	

								<i>La structure interne des CAN n'est pas développée.</i>
2.4.3. Codage et traitement de l'information	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
■ Encodage de l'information : binaire, hexadécimal, ASCII.			2				3	<i>Identification du type de codage. En première se limiter aux règles de numération et aux changements de base binaire/décimal et décimal/binaire.</i>
■ Algorithmique.	Mathématiques : algorithmique et programmation.		2			3	3	<i>Structures conditionnelles, itératives. Utilisation de variables (type, taille, ...). Appel de procédures/sous-programme.</i>
■ Traitement numérique.			2				3	<i>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.</i>
■ Compression de données.							2	<i>Seules des notions de taux de compression sont étudiées ici à travers des exemples simples.</i>
2.4.4. Transmission de l'information	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
■ Typologie des transmissions.	PC : Les ondes électromagnétiques.		2				3	<i>Connections point à point (filaire, sans fil). Typologie des réseaux (étoile, anneau à jeton,...)</i>
■ Architecture d'un réseau informatique.			2				3	<i>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.</i>
■ Architecture Client/Serveur.			1				2	<i>Serveur Web : distribution AMP (Apache + MySQL + Php) ou autre distribution équivalente. Serveur DHCP et serveur de nom de domaine (DNS).</i>
2.4.5. Structure d'une application logicielle	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
■ Organisation structurelle d'une application logicielle : (programme principal, interfaces, entrées-sorties, sous programmes, procédures,	Mathématiques : algorithmique et programmation.		2			3	3	<i>Analyse de la constitution d'une application logicielle en termes de programme principal, interfaces, entrées et sorties, sous-programmes, procédures, ou fonctions.</i>

fonctions).								<i>Représentation graphique schématique de la structure.</i>
-------------	--	--	--	--	--	--	--	--

PROJET

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
■ Typologie des progiciels. ■ Critères de choix.			2			3		Les principaux outils de modélisation simulables sont abordés, en définissant précisément le domaine d'application : - modèle volumique ; - modèle multiphysique ; - modèle fonctionnel (de type schéma-bloc) ; - modèle comportemental (de type diagramme d'états/activités) ; - modèle de régression (de type tableur).
3.1.2. Paramétrage d'un modèle	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
■ Variables internes, variables externes.			2			3		Sous l'expression « variable interne » sont considérés les paramètres d'un modèle de type « boîte noire », paramètres de constituants physiques. Sous l'expression « variables externes » est entendu le signal temporel, pour les liens hors modèle multi-physique (de type schéma-bloc).
■ Notion de grandeur flux, grandeur effort.			2			3		Différencier un flux MEI d'une « grandeur flux » d'un modèle multiphysique. Identifier les principales grandeurs flux et grandeur effort pour différentes technologies : - mécanique (force ou couple / vitesse ou vitesse angulaire) ; - électrique (tension / courant) ; - hydraulique (Pression / débit volumique).
■ 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.
3.1.3. Paramétrage d'une simulation	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
■ Typologie des solveurs, pas d'intégration.			2					Se limiter aux notions de : - pas d'intégration : mettre en évidence la discrétisation des calculs numériques à des temps précis, et l'interpolation linéaire effectuée entre deux temps successifs ; - solveur à pas variable : les temps de calculs sont calculés « à la volée » pour s'adapter au mieux aux variations des résultats ; - solveur à pas fixe. 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					
3.1.4. Post-traitement et analyse des résultats	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
■ Principaux traitements de données postérieurs aux résultats issus de simulation. ■ Interprétation des résultats d'une simulation : courbe, tableau, graphe, unités associées.	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
■ Degré de mobilité d'une structure matérielle : — structure matérielle mobile (mécanisme) ; — structure matérielle immobile (structure fixe).			2					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.

■ Mouvements des mécanismes (en lien avec la modélisation des liaisons) : — rotation autour d'un axe fixe et translation rectiligne et mouvements plans ; — les trajectoires ; — les vitesses et accélérations ; — analyse/recherche de lois d'entrée-sortie de systèmes mécaniques plans issus d'objets techniques observables.	PC : Énergie mécanique. Mathématiques : Analyse (dérivées et primitives).		2		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 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.
■ Comportement des liaisons élémentaires en relation avec les mouvements et les efforts.			2	3	3			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
■ Équilibre des solides : — principe fondamental de la statique ; — modélisation des actions mécaniques ; — modélisation des liaisons: liaison complète, pivot, glissière, pivot glissant, rotule, ponctuelle et appui plan ; — résolution d'un problème de statique par progiciel.	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.
■ Concept de stabilité et d'instabilité d'un composant ou d'une structure mécanique : — équilibre stable et instable ; — phénomène de flambement ;				3	2			Il s'agit de sensibiliser de manière qualitative aux comportements amenant aux principaux risques d'instabilité d'un ensemble matériel : - présentation du risque et phénomène de

— stabilité d'une structure dans l'espace ; — comportement vibratoire.								<i>flambement d'une pièce comprimée ;</i> - <i>présentation du risque et phénomène d'instabilités d'une structure nécessitant des contreventements dans les trois directions de l'espace.</i>
■ Transmission des efforts.			2	3	3	3		<i>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.</i>
3.2.3. Concept de résistance	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
■ Résistance à la rupture, résistance à la déformation. ■ Résistance des matériaux : — hypothèses et modèle poutre ; — notion de contrainte normale ; — pour une sollicitation de traction simple, notion de déformation et loi de Hooke ; — module d'Young ; — limite élastique ; — sollicitation simple de type traction, compression, flexion simple. ■ Simulations par éléments finis.			2	3	3			<i>L'utilisation de progiciels intégrant un module de calcul par éléments finis ou dédié est privilégiée.</i> <i>Lien indispensable avec les essais des matériaux du chapitre 6.</i>
■ Déformation et contraintes normales dans une structure isostatique : — en flexion simple (poutre isostatique) ; — en traction et en compression simple.				3	3			<i>Analyse de structures simples en traction/compression simple ou flexion simple, analyse des contraintes normales et tangentielles, des déformations et déplacements.</i>
■ Scénario de simulation pour comparer et valider une solution, modifier une pièce ou un sous-ensemble.				3	3			<i>Il s'agit, par études de cas successives, d'appréhender différentes natures de simulation ou différents paramétrages au sein d'une même simulation.</i>

3.3. Comportement énergétique des produits								
	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
■ Principe de conservation d'énergie, pertes et rendements, principe de réversibilité.	PC : L'énergie et ses enjeux. PC : Énergie interne.		2			3		<i>Il s'agit d'insister sur la conservation d'énergie et sur la notion de systèmes isolés ou d'échanges avec l'extérieur.</i>
■ Natures et caractéristiques des sources d'énergie et des charges.			2			3		<i>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.</i>
■ Optimisation des échanges d'énergie entre source et charge, amélioration de l'efficacité.						3		<i>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.</i>
■ Comportement temporel des constituants d'une chaîne d'énergie. ■ Représentation des phases de transferts et de stockages.	Mathématiques : Analyse (dérivées et primitives).					3		<i>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.</i>
■ Bilan énergétique d'un produit, rendement, performance énergétique.			3					<i>À faire sur des mesures. Insister sur le rendement instantané (rendement en puissance) et le rendement énergétique (sur cycle).</i>
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		2				3	<i>Signal logique, analogique, numérique (TOR,</i>

	la notion d'onde. Mathématiques : nombres complexes.							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
■ Diagramme de séquence.			2				3	Le diagramme de séquence est utilisé comme outil de description d'échanges d'information, déroulé temporel d'un scénario d'utilisation. Les diagrammes d'états et/ou d'activités servent d'outils de description voire de simulation quand cela est possible : - simulation événementielle dont le but est de simuler les différents états possibles d'un produit et ses changements d'états selon des événements définis ; - simulation algorithmique pour exploiter la dualité diagramme d'activités/algorithme pour simuler un algorithme séquentiel.
■ Diagramme d'états, d'activités.			2			3	3	
3.4.3. Inter-opérabilité des produits	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
■ Typologies des communications.			2				3	Se limiter aux aspects qualitatifs des notions de : - synchrone/asynchrone : communication en continu (streaming) ou à la demande ;

								- half/full duplex : par analogie avec le talkie/walkie, le téléphone ; - maître/esclave ; - client /serveur.
■ Liaisons séries : protocoles de communication, sens du flux de données, débit et rapidité de transmission.			2				3	En I2D : se limiter à la lecture de trame binaire, et à sa conversion. En SIN : les concepts de bit de start/stop doivent être assimilés, la notion de bit de parité sert d'introduction aux codes correcteurs.
■ Configuration d'un réseau : — routage de l'information ; — adressage statique, dynamique.			2				3	Se limiter à l'étude du fonctionnement d'un switch, d'un routeur, et à la manière dont circulent les informations (trames).
■ Communication au sein d'un réseau : — trames TCP/IP, UDP ; — sockets ; — protocoles FTP, http.							2	Se limiter à mettre en évidence les différentes requêtes entre les constituants de manière expérimentale.
■ Système temps-réel.							2	Temps de cycle, interruptions (sur entrées, cycliques), de produits temps-réel.
3.4.4. Comportement des systèmes régulés ou asservis	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
■ Représentation d'une boucle de régulation ou d'asservissement.			2			3		Il s'agit d'étudier l'organisation fonctionnelle d'une boucle de régulation ou d'asservissement.
■ Contrôle du fonctionnement d'un système régulé ou asservi en vue d'un maintien au plus près d'un point de fonctionnement.	Mathématiques : nombres complexes.					3		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
■ Élaboration de la maquette numérique d'un produit : — conception de la maquette numérique d'un sous-ensemble et/ou d'une pièce à l'aide d'un modelleur volumique paramétrique ; — structuration des modèles via les arbres de construction de pièce et d'assemblage ; — robustesse du modèle numérique.		2		3	3			<i>En IT, se limiter à modifier/compléter un assemblage à partir d'un composant fourni.</i> <i>La méthode de conception est adaptée au résultat attendu : simulation comportementale, résistance des matériaux, conception détaillée, ...</i>
■ 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.		2		3	3			<i>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).</i> <i>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.</i>
■ Visite virtuelle d'un ouvrage.				3				<i>Préparation d'une visite virtuelle afin de valider les usages de la construction (déplacements, organisation spatiale, éléments de sécurité).</i>
4.1.2. Outils de représentation schématique	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
■ Schéma architectural (mécanique, énergétique, informationnel).			2	3				<i>Le schéma architectural permet de décrire l'organisation structurelle d'un produit de manière non normalisée, il fait apparaître les composants et</i>

								constituants (choix techniques, cheminement des câbles, des gaines, des tuyaux).
■ Schéma électrique.	PC : L'énergie électrique.		2			3		Les schémas respectent les normes en vigueur.
■ Schéma fluidique.			2			3		
■ Représentations planes d'un projet de construction.				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
■ Outils de l'éco-conception et de l'éco-construction.		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
■ Caractéristiques des matériaux naturels et artificiels. ■ Critères et principes de choix des matériaux, méthodes structurées d'optimisation d'un choix, critères environnementaux.	PC : Organisation de la matière, propriétés des matériaux.	2		3	3	3		Mettre en œuvre une démarche structurée et argumentée de choix de couple matériau / procédé sur des cas simples. 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. En EE : se contenter du choix de matériau du point de vue de leur comportement énergétique.
4.2.3. Choix des constituants	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
■ 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.		2		3	3	3		En articulation avec le chapitre « solutions constructives ». En classe de première, la matrice de comparaison est fournie pour tout ou partie. En classe de terminale, la matrice peut être élaborée dans le cadre des projets.

■ Choix de solutions logicielles, d'une unité de traitement et des interfaces.		2					3	<i>Choix des bibliothèques logicielles adaptées.</i> <i>Choix d'un environnement de développement intégré (IDE).</i> <i>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.</i> <i>Choix des interfaces et des protocoles de communication entre les constituants au regard du nombre, du type et du format des entrées/sorties.</i>
4.3. Conception des produits								
4.3.1. Les réseaux intelligents	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
■ Structures des réseaux (routiers, informatiques, énergétiques) : — principales caractéristiques : maillé, étoile ; — composants principaux : nœuds, branches, flux, supervision et pilotage intelligent des réseaux.			2					<i>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...</i> <i>Analyse comparée des problématiques rencontrées (gestion de flux, encombrements, redondance de sécurité...) et des solutions y répondant (structure des réseaux, équipements de gestion ...).</i>
■ Réseaux de transport (fluides) et réseaux communicants.	PC : L'énergie électrique. PC : Énergie mécanique.		2	3				<i>Il s'agit de différencier les différents réseaux secs et humides et leurs caractéristiques principales (adduction d'eau potable, assainissement, fibre ...).</i> <i>Insister sur le maillage et l'importance et les nœuds de connexion, afin d'assurer la continuité du service.</i>

■ Structure d'un réseau de transport et de distribution d'énergie électrique alternatif, caractéristiques et pertes. ■ Distribution et répartition de l'énergie.			2				<i>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.</i> <i>Il est important ici d'insister sur l'adaptation de la production à la demande.</i>
■ Structure des réseaux électriques spécifiques. ■ Structure d'un réseau de production, de transport et de distribution de fluides.						2	<i>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) ...</i> <i>Exemples : réseaux de chaleur (écoquartier), réseaux d'air comprimé, ventilation, distribution d'eau chaude ou d'eau glacée...</i>
■ Micro énergies pour dispositifs autonomes.						2	<i>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...</i>
■ Gestion des réseaux de transport et de distribution de l'énergie, multiplicité et complémentarité des divers procédés (production, stockage, ...). ■ Production décentralisée et coopérative, cogénération. ■ Optimisation énergétique et performance environnementale.			2				<i>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 ...</i> <i>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 ...) grâce à la généralisation du numérique et des objets connectés.</i>

4.3.2. Conception bioclimatique, pré dimensionnement des structures et ouvrages	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
■ Principes de conception et de pré-dimensionnement des principales solutions constructives : — principes de conception bioclimatique ; — principes de pré - dimensionnement des structures.				3				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 pré - dimensionner.
■ Conception des ossatures : bâtiment et ouvrages de travaux publics.				3				Il s'agit de proposer une structure porteuse (porteurs verticaux, horizontaux, fondations, charpentes) adapté au projet.
■ Conception des enveloppes.				3				Il s'agit d'aborder l'enveloppe d'une construction comme objet multi-contraint (esthétique, étanchéité, mécanique, confort, sécurité et communication ...).
■ Conception des aménagements et équipements.	PC : Les ondes sonores.			3				Il s'agit de vérifier que les solutions choisies sont conformes aux exigences (besoin, réglementations, ...) dans différents domaines (thermique, acoustique, éclairage, domotique...).
4.3.3. Efficacité énergétique passive et active d'un produit	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
■ Enveloppe du bâtiment, isolation.	PC : Organisation de la matière, propriétés des matériaux. PC : Énergie interne.		2	3				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.
■ Rendement énergétique des équipements techniques du bâtiment.			2					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.
■ Conception de fonctionnalités intelligentes à caractère domotique et immotique.			2				3	<i>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.</i>
■ Récupération par réversibilité de la chaîne de puissance, par revalorisation des pertes.						2		<i>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.</i>
4.3.4. Conception numérique d'une pièce	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
■ Définition numérique d'une pièce d'un produit industriel.					3			<i>Il s'agit de travailler, par extraction depuis un assemblage, sur la création de maquettes volumiques respectant les contraintes fonctionnelles (dimensionnelles et géométriques).</i> <i>Les maquettes numériques peuvent éventuellement être extraites de scan 3D.</i> <i>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.</i> <i>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).</i> <i>L'identification des surfaces fonctionnelles et des contraintes géométriques est facilitée par la conception sous assemblage.</i>
■ Influences du procédé de réalisation et du matériau choisis sur les formes et dimensions d'une pièce simple.					3			<i>Les études de cas sont traitées en lien avec l'expérimentation des procédés (chapitre), en utilisant les outils de simulation directement accessibles dans le modelleur volumique et adaptés à la découverte</i>

								<i>et à l'initiation.</i>
4.3.5. Conception informationnelle des produits	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
■ Bilan et nature des entrées-sorties. ■ Structures de programmation. ■ Fonctions logicielles. ■ Méthodes et propriétés utiles en lien avec les bibliothèques logicielles choisies. ■ Types de variables. ■ Diagrammes de description.	Mathématiques : algorithmique et programmation.		2				3	<i>Lister les entrées et les sorties du système en fonction de leur nature (analogique, logique, numérique). Identifier, pour les bibliothèques logicielles utilisées, les méthodes utiles ainsi que les propriétés de celles-ci. Le choix des diagrammes retenus pour décrire le système est motivé par l'intention de communiquer à l'écrit comme à l'oral.</i>
■ Codage dans un langage spécifique. ■ Règles d'écriture (organisation du code, commentaires, documentation...).			2				3	<i>Les langages Python et C++ sont à utiliser. Pour l'écriture de pages web on utilisera HTML/CSS et PHP.</i>
■ Mise au point			2				3	<i>Débogage (pas à pas, point d'arrêt, ...) Intégration et fusion de différents programmes en un programme unique.</i>

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
■ Façades mur-rideau, enveloppes construction bois, acier, béton.	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, ...) pour répondre à une exigence.
5.1.2. Fondations, soutènement, porteurs horizontaux et verticaux, contreventement	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
■ Soutènements : mur, paroi moulée, terre armée.	PC : Énergie mécanique.			3				Il s'agit de choisir un constituant en fonction de ses propriétés et de définir ses caractéristiques (géométriques, mécaniques, ...) pour répondre à une exigence.
■ Fondations superficielles et profondes : semelle isolée et filante, pieux.				3				
■ Porteurs verticaux et horizontaux (poteaux, poutres, voiles, planchers), contreventement, charpentes en béton, bois et métal, préfabriqués ou réalisés sur site.					3			
5.2. Constituants de puissance								
5.2.1. Convertisseurs, adaptateurs et modulateurs de puissance	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
■ Convertisseurs. ■ Modulateurs de puissance. ■ Adaptateurs de puissance.	PC : Les énergies.	2				3		Porter attention aux grandeurs efforts/ flux et aux caractéristiques de transfert des constituants, en privilégiant l'utilisation de formulaires et d'abaques. 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). Sont entendus sous le terme « convertisseur » les

								<i>ventilateurs, pompes, compresseurs, moteurs électriques, vérins, vannes, panneaux solaires, modules Peltier, éclairage, ...</i> <i>Sont entendus sous l'expression « modulateur de puissance » les interfaces de puissance, variateurs de vitesse, de luminosité, ...</i> <i>Sont entendus sous l'expression « adaptateur de puissance » les réducteurs, transformateurs électriques parfaits et échangeurs thermiques.</i>
5.2.2. Stockeurs d'énergie	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
■ Stockage mécanique. ■ Stockage chimique. ■ Stockage électrostatique. ■ Stockage thermique.	PC : Les énergies.					3		<i>Se limiter à l'étude du bilan énergétique externe des systèmes de stockage durant les principales phases de fonctionnement en distinguant charge et décharge.</i> <i>Caractéristiques principales : énergie massique ; puissance massique ; capacité énergétique maximale ; puissance maximale ; constante de temps ; état de charge ; rendement.</i> <i>Les performances de stockage sont comparées pour mettre en évidence leur différenciation et leur complémentarité en matière de compromis énergie/puissance (diagramme de Ragone).</i> <i>Exemples pouvant être traités : volant d'inertie, barrage hydraulique, piles et accumulateurs, combustibles, carburants, comburants, condensateur et super condensateur, module eutectique, mur trombe ...</i>
5.2.3. Transmetteurs des mouvements	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
■ Organes mécaniques de transmission et d'adaptation de puissance : — réducteurs ; — transmission par lien flexible ; — accouplements.	PC : Énergie mécanique.	2			3			<i>Se limiter aux principales caractéristiques et performances, notamment environnementales et énergétiques, des technologies présentées.</i>

■ Organes mécaniques de transformation de mouvement.					3			
■ Guidage en translation et en rotation			2		3			
■ Liaison complète démontable et non démontable.			2		3			
■ Etanchéité.					3			Protection contre les poussières. Etanchéité aux fluides.
5.3. Constituants de l'information								
5.3.1. Capteurs, conditionneurs	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
■ Capteurs analogiques. ■ Capteurs numériques, détecteurs.		2				3	3	Se limiter à caractériser les capteurs par leurs relations d'entrée/sortie.
■ Amplificateurs.							2	Privilégier l'utilisation de circuits spécialisés dont le gain est réglable. Ne pas étudier les montages à Amplificateurs Linéaires Intégrés.
■ Filtres passe-bas.	Mathématiques : Nombres complexes						2	Se limiter aux filtres passe-bas du premier ordre.
■ Convertisseurs analogique-numérique.						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
■ Constituants sonores, visuels, tactiles.		2					3	Afficheur, clavier, écran...
■ Interfaces hybrides.							2	Interfaces visuelles, tactiles. Interfaces haptiques.
5.3.3. Composants programmables	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
■ 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

								<i>périphériques (écran, clavier, caméra...).</i>
■ Objets connectés.						2	3	<i>Internet des objets. Utilisations de modules programmables permettant de connecter un produit à internet et le rendre communiquant à distance.</i>
5.3.4. Composants de transmission de l'information	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
■ Constituants d'un réseau.							3	<i>Se limiter à l'usage de commutateurs, routeurs et tout type de serveur.</i>
■ Caractéristiques des bus de communication.						2	3	<i>Aborder les différentes natures de bus (bus de terrain, bus de périphériques) et leurs caractéristiques (longueur de bus, débit, fiabilité, ...) Privilégier les bus KNX, EnOcean, CAN, I²C voire SPI...</i>
■ Composants émetteurs et récepteurs pour la transmission sans fil.						2	3	<i>Privilégier l'usage de modules intégrés Se limiter aux technologies WiFi, Bluetooth, RF...</i>

6. Prototypage et expérimentations

6.1. Moyens de prototypage rapide								
	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
■ Prototypage de pièces et de la chaîne d'information.		2			3			Les activités pratiques de prototypage rapide relèvent des activités classiques d'un fablab. La chaîne numérique est complète et continue.
■ Coulage de pièces prototypées en résine et/ou en alliage métallique.					3			Prototypage de pièces de petites dimensions en « bonne matière », alliages d'aluminium ou cuivreux.
■ Virtualisation de solutions logicielles.							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
■ Protocole d'essai. ■ Sécurité de mise en œuvre.	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.
■ Expérimentation de procédés.	PC : Organisation de la matière, propriétés des matériaux.				3			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.

■ Expérimentation sur les matériaux et sur les structures.	PC : Organisation de la matière, propriétés des matériaux.		2	3	3			Les expérimentations seront réalisées sur des : - éprouvettes (traction, compression, flexion simple), afin de valider une forme, une répartition de matière ou une caractéristique d'un matériau (y compris composite) ; - 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.
■ Expérimentations de constituants de la chaîne de puissance.			2			3		L'expérimentation porte sur la mise en œuvre de constituants standard du commerce pour en vérifier les caractéristiques externes.
■ Expérimentations de constituants de la chaîne d'information.			2				3	L'expérimentation porte sur la mise en œuvre de constituants standard du commerce pour en vérifier les fonctionnalités.
6.3. Vérification, validation et qualification du prototype d'un produit								
	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
■ Intégration des éléments prototypés du produit.		2			3			Vérifier la conformité aux spécifications fonctionnelles nécessaires à l'intégration des éléments prototypés en un produit avant assemblage.
■ Mesure et validation de performances.	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.

ANNEXE 2

Programme d'enseignement de spécialité de physique-chimie et mathématiques de la classe de première de la voie technologique, série sciences et technologies de l'industrie et du développement durable (STI2D)

Sommaire

Introduction	3
Programme de physique-chimie : préambule	4
■ Mesure et incertitudes	7
■ Énergie	8
■ Matière et matériaux	15
■ Ondes et information	19
Programme de mathématiques	21
■ Intentions majeures	21
■ Géométrie dans le plan	21
■ Nombres complexes	24
■ Analyse	24

Introduction

L'enseignement de spécialité de physique-chimie et mathématiques vise à donner aux élèves une formation scientifique solide les préparant à la poursuite d'études. Si chacune des disciplines qui le composent a ses enjeux propres, les programmes qui suivent ont été conçus pour donner une cohérence et une unité à l'ensemble. Les modes de pensée spécifiques à chaque champ disciplinaire s'acquièrent au travers d'un ensemble limité de savoirs, savoir-faire et méthodes qui trouvent leur efficacité lors de l'étude de problèmes communs, sur lesquels les différentes disciplines apportent des éclairages complémentaires.

Les professeurs de physique-chimie et de mathématiques s'attachent à travailler conjointement les notions qui se prêtent à un croisement fructueux. Il est essentiel d'organiser des passerelles pédagogiques entre les deux disciplines afin que les élèves puissent enrichir la compréhension de concepts communs et l'assimilation de méthodes partagées.

C'est notamment le cas du calcul infinitésimal (dérivée et primitive), où il est essentiel de préciser les démarches à l'œuvre dans les calculs menés avec des variations Δx ou Δt très petites mais finies et leurs liens avec les résultats acquis par passage à la limite. Il importe notamment d'adopter des notations parlantes et concertées. Cela nécessite un travail pédagogique commun des deux professeurs. De même, le travail statistique sur les incertitudes de mesure ou encore la modélisation du travail d'une force par le produit scalaire appellent une réelle collaboration des deux professeurs.

Les contenus et méthodes abordés dans l'enseignement de spécialité de physique-chimie et mathématiques sont suffisamment riches pour permettre aux élèves de conduire des projets variés en vue de l'épreuve orale terminale du baccalauréat.

Programme de physique-chimie : préambule

Objectifs de formation

La série « Sciences et technologies pour l'industrie et le développement durable » (STI2D) est une série à dominantes scientifique et technologique. Les élèves l'ayant choisie doivent être initiés, dans ces domaines, aux concepts, démarches méthodologiques et savoir-faire expérimentaux qui leur permettront de progresser et de réussir quel que soit leur choix d'orientation dans l'enseignement supérieur : BTS ou DUT de l'industrie et du développement durable, licences scientifiques et technologiques, formations d'ingénieurs et CPGE de la filière TSI, etc. Ce programme d'enseignement de physique-chimie poursuit cet objectif, dans la continuité des apprentissages du collège et de la classe de seconde. Il s'agit de renforcer la culture scientifique des futurs bacheliers de la série STI2D, de les faire accéder à une compréhension plus globale des concepts et notions de physique-chimie étudiés, d'améliorer leurs capacités d'investigation, d'analyse et de raisonnement, de les faire progresser dans la maîtrise de la démarche expérimentale scientifique et des compétences qui lui sont associées.

Pour étayer cet objectif, il s'avère indispensable de conforter les outils mathématiques nécessaires pour la conceptualisation, la modélisation et le calcul des grandeurs associées aux notions de physique et de chimie du programme, sans oublier que leur utilisation prépare à la poursuite d'études supérieures. Le professeur veille à la meilleure articulation possible du programme de physique-chimie avec les programmes de mathématiques, notamment celui des enseignements communs et de cette spécialité.

L'ambition de conduire les élèves à une compréhension de l'utilité et de la portée universelle des notions et de la méthodologie de la physique-chimie ne doit pas faire perdre de vue leurs applications constantes et généralisées dans le domaine technologique. Les réalisations technologiques fournissent naturellement les exemples de contextualisation et d'application de l'enseignement de physique-chimie. La connaissance scientifique nourrit ces réalisations ; certaines d'entre elles, à leur tour, améliorent les capacités d'investigation et de compréhension du réel. La mise en évidence de cette articulation, à travers la permanence d'un contexte technologique illustrant les notions de physique et de chimie étudiées, donne d'abord du sens à cet enseignement pour les élèves ; au-delà, elle permet de leur fournir des clés pour s'approprier les grands défis scientifiques et technologiques du XXI^e siècle, en particulier ceux de l'énergie, du réchauffement climatique et du traitement de l'eau.

Contenus et progression

Partant de ces objectifs généraux, quatre domaines d'études ont été privilégiés : la mesure et les incertitudes, l'énergie, la matière et les matériaux, les ondes et l'information.

- Le premier domaine permet de poursuivre la sensibilisation des élèves, commencée en seconde, au rôle de la mesure pour approcher et quantifier les phénomènes physiques et chimiques, suivre leur évolution dans le temps, observer leurs discontinuités, élaborer des modèles et délimiter leurs

domaines de validité, ainsi qu'à l'importance de présenter chaque résultat final d'une mesure avec la mention de l'incertitude-type et de l'unité associées. Les notions sont introduites en s'appuyant sur les thématiques abordées dans les trois autres domaines et dans une logique de progressivité, à l'occasion de travaux pratiques, mais aussi de façon récurrente lors d'exercices et de résolutions de problèmes tout au long du cycle terminal.

Les trois autres domaines sont conçus selon l'approche systémique que doit conduire le technologue lors de l'étude des objets ou installations et répondent aux questions suivantes : quels sont les échanges d'énergie ou de matière entre le système étudié et le milieu extérieur ? Quels sont les supports pour les échanges d'information entre le système étudié et le milieu extérieur ?

- Le deuxième domaine, l'énergie, constitue le pôle central du programme de physique-chimie du cycle terminal de STI2D. En classe de première, les élèves sont sensibilisés aux enjeux de l'énergie, à ses différentes formes, à ses conversions, à son transport et sa distribution, à son stockage, afin d'être familiarisés à la diversité et à la complexité des problèmes liés à l'énergie. Ils sont amenés à identifier les conditions nécessaires pour qualifier une ressource d'énergie de « renouvelable ». Tout au long du cycle terminal, les grandes formes d'énergie (électrique, interne, chimique, mécanique, électromagnétique) sont étudiées, ainsi que les principales notions qui leur sont associées. L'étude de l'énergie mécanique aborde explicitement la notion d'actions mécaniques. Les notions fondamentales sont introduites en classe de première ; puis on procède à leur approfondissement et à des applications plus complexes en classe terminale.
- Dans le troisième domaine, la matière et les matériaux sont envisagés d'abord du point de vue de la présentation des propriétés des matériaux (électriques, thermiques, mécaniques, optiques, chimiques) qui permet d'éclairer les choix technologiques. L'organisation de la matière en lien avec les propriétés physiques des matériaux (atomes, liaisons entre atomes, molécules, macromolécules, ions et solutions aqueuses) complète cette approche. Les transformations chimiques importantes dans le domaine industriel (combustion, oxydo-réduction et corrosion) sont ensuite étudiées. Les notions fondamentales sont mobilisées et approfondies dès la classe de première, pour être développées en classe terminale avec des applications importantes : transformations chimiques, physiques et nucléaires, effets énergétiques associés, corrosion, piles et accumulateurs, traitement de l'eau, contraintes industrielles, acidification des océans, etc.
- Les ondes sonores et électromagnétiques sont étudiées comme exemples de vecteurs d'information. En classe de première sont introduites les caractéristiques d'une onde, les phénomènes de propagation, d'absorption, de réflexion. Puis sont approfondies les caractéristiques, propriétés particulières et notions associées aux ondes sonores et aux ondes électromagnétiques.

Tout au long du cycle terminal, en particulier en conclusion des grands domaines du cours (énergie, matière et matériaux, ondes et information), un mini-projet d'application illustrant la thématique est proposé aux élèves. Le programme propose une série d'exemples de thèmes possibles pour ces mini-projets, sans exhaustivité, en laissant aux professeurs et à leurs élèves l'initiative et le choix des contenus dans les thématiques industrielles ou sociétales du développement durable.

Place des compétences expérimentales

Les compétences expérimentales des élèves sont systématiquement construites à travers les grands domaines d'études, au cours de séances régulières de pratique expérimentale, mais également dans le cadre d'exercices et de résolutions de problèmes. Il s'agit d'abord de se familiariser avec les appareils de mesure et leur utilisation, de développer le savoir-faire expérimental et la capacité à suivre un protocole.

Sur cette base, les élèves sont amenés également à conceptualiser la démarche expérimentale, à choisir et décrire la façon d'obtenir une mesure en lui associant une incertitude, à choisir et positionner un instrument d'acquisition ou de mesure, à élaborer et proposer un protocole expérimental simple, à proposer un ou des modèles possibles des phénomènes étudiés dans des conditions de mesure et d'observation spécifiées et en précisant les limites de ces modèles.

Les compétences expérimentales sont valorisées au même titre que les capacités théoriques : outre qu'elle valide des modèles donnés, la démarche expérimentale permet aux élèves de concevoir de nouveaux modèles simples et d'évaluer leurs limites de validité.

Compétences de la démarche scientifique

Il est rappelé ci-dessous les compétences retenues dès le programme de seconde pour caractériser la démarche scientifique. Dans le souci de veiller à la continuité de l'enseignement de physique-chimie au lycée, elles continuent de structurer la formation et l'évaluation des élèves tout au long du cycle terminal. L'ordre de leur présentation ne préjuge en rien de celui dans lequel les compétences doivent être mobilisées par l'élève dans le cadre d'activités. Quelques exemples de capacités associées précisent les contours de chaque compétence ; ces exemples ne prétendent à aucune exhaustivité.

Compétences	Quelques exemples de capacités associées
S'approprier	— Énoncer une problématique — Rechercher, sélectionner et organiser l'information en lien avec la problématique — Représenter la situation par un schéma
Analyser/ Raisonner	— Formuler des hypothèses — Proposer une stratégie de résolution — Planifier des tâches — Évaluer des ordres de grandeur — Choisir un modèle ou des lois pertinentes — Choisir, élaborer, justifier un protocole — Faire des prévisions à l'aide d'un modèle — Procéder à des analogies
Réaliser	— Mettre en œuvre les étapes d'une démarche — Utiliser un modèle — Effectuer des procédures courantes (calculs, représentations, collectes de données, etc.)

	– Mettre en œuvre un protocole expérimental en respectant les règles de sécurité – Proposer un protocole expérimental
Valider	– Faire preuve d'esprit critique, procéder à des tests de vraisemblance – Identifier des sources d'erreur, estimer une incertitude, comparer une valeur mesurée à une valeur de référence – Confronter un modèle à des résultats expérimentaux – Proposer d'éventuelles améliorations à la démarche ou au modèle
Communiquer	À l'écrit comme à l'oral : – Présenter une démarche de manière argumentée, synthétique et cohérente ; utiliser un vocabulaire adapté et choisir des modes de représentation appropriés – Échanger entre pairs

Le niveau de maîtrise de ces compétences dépend de l'autonomie et de l'initiative requises dans les activités proposées aux élèves au cours du cycle sur les notions et capacités exigibles du programme. L'approche spiralaire permet le développement progressif du niveau de maîtrise attendu.

La mise en œuvre des programmes doit aussi être l'occasion d'aborder avec les élèves des questions mettant en jeu le respect d'autrui, la responsabilité individuelle et collective, la sécurité pour soi et pour autrui, l'éducation à l'environnement et au développement durable. Une ouverture sur l'histoire des sciences peut être porteuse de sens et éclairer le cheminement de la connaissance.

Les différentes parties du programme sont présentées autour des rubriques suivantes : notions et contenus, capacités exigibles et activités expérimentales, repères pour l'enseignement, liens avec les mathématiques et exemples de situation-problème d'apprentissage et projets d'application.

■ Mesure et incertitudes

Notions et contenu	Capacités exigibles
Grandeurs et unités. Système international d'unités.	Distinguer les notions de grandeur, valeur et unité. Citer les sept unités de base du système international.
Sources d'erreurs. Variabilité de la mesure d'une grandeur physique. Justesse et fidélité. Dispersion des mesures, incertitude-type sur une série de mesures.	Identifier les principales sources d'erreurs lors d'une mesure. Exploiter des séries de mesures indépendantes (histogramme, moyenne et écart-type) pour comparer plusieurs méthodes de mesure d'une grandeur physique, en termes de justesse et de fidélité. Procéder à une évaluation par une approche statistique (type A) d'une incertitude-type.

Écriture d'un résultat.	Estimer une incertitude-type sur une mesure unique.
	Exprimer un résultat de mesure avec le nombre de chiffres significatifs adaptés et l'incertitude-type associée et en indiquant l'unité correspondante.
Valeur de référence.	Discuter de la validité d'un résultat en comparant la différence entre le résultat d'une mesure et la valeur de référence d'une part et l'incertitude-type d'autre part.

Repères pour l'enseignement

Le professeur insiste sur l'importance d'associer une unité à chaque résultat de mesure ou de calcul. L'incertitude-type rend compte de l'étendue des valeurs que l'on peut raisonnablement attribuer à une grandeur physique.

La valeur attendue, si elle existe ou si elle est issue de l'exploitation d'un modèle, est appelée valeur de référence.

On indique que l'écart maximal raisonnable entre le résultat d'une mesure et une valeur de référence peut être évalué en nombre d'incertitudes-types. L'évaluation de cet écart peut contribuer à délimiter le domaine de validité d'un modèle.

Liens avec les mathématiques

L'écart-type est étudié en classe de seconde.

La fluctuation d'échantillonnage est abordée dans le programme de mathématiques des enseignements communs.

■ Énergie

L'énergie et ses enjeux

Notions et contenu	Capacités exigibles / Activités expérimentales
Formes d'énergie.	— Citer les différentes formes d'énergie utilisées dans les domaines de la vie courante, de la production et des services. — Distinguer les formes d'énergie des différentes sources d'énergie associées.
Énergie et puissance.	— Énoncer et exploiter la relation entre puissance, énergie et durée. — Évaluer et citer des ordres de grandeur des puissances mises en jeu dans les secteurs de l'énergie, de l'habitat, des transports, des communications, etc.
Les conversions et les chaînes	— Identifier les principales conversions d'énergie :

énergétiques. Stockage de l'énergie.	électromécanique, photoélectrique, électrochimique, thermodynamique (conversions réalisées par une machine thermique), etc. — Schématiser une chaîne énergétique ou une conversion d'énergie en distinguant formes d'énergie, sources d'énergie et convertisseurs. — Évaluer ou mesurer une quantité d'énergie transférée, convertie ou stockée.
Principe de la conservation de l'énergie. Rendement.	— Énoncer le principe de conservation de l'énergie pour un système isolé. — Exploiter le principe de conservation de l'énergie pour réaliser un bilan énergétique et calculer un rendement pour une chaîne énergétique ou un convertisseur. — Déterminer le rendement d'une chaîne énergétique ou d'un convertisseur
Ressource d'énergie dite « renouvelable ».	— Énoncer qu'une ressource d'énergie est qualifiée de « renouvelable » si son renouvellement naturel est assez rapide à l'échelle de temps d'une vie humaine.

Repères pour l'enseignement

Le professeur contextualise son enseignement dans les domaines thématiques de la vie courante, de la production et des services. Il fournit aux élèves des éléments de compréhension pour aborder les grands débats de société du XXI^e siècle (ressources énergétiques, climat, ...).

Liens avec les mathématiques

Nombre dérivé.

Exemples de situation-problème d'apprentissage et mini-projets d'application

- Stockage de l'énergie de freinage par volant d'inertie.
- Étude énergétique d'un voilier de course : justification des choix énergétiques.
- Utilisation de super-condensateurs dans la charge rapide de bus électrique.
- Étude de la récupération d'énergie de bus hybrides et de rames de tramway.

Énergie chimique

Notions et contenu	Capacités exigibles / Activités expérimentales
Transformation chimique d'un système et conversion d'énergie associée ; effets thermiques associés.	— Identifier le système chimique. — Identifier un effet thermique associé à la transformation chimique d'un système. — Associer à une transformation chimique exothermique (endothermique) une diminution (augmentation) de l'énergie du système.
Un exemple de transformations	— Identifier, dans une réaction de combustion, le

exothermiques : les combustions.	combustible et le comburant.
Pouvoir calorifique d'un combustible (en $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$)	— Identifier l'apport d'énergie nécessaire pour initier une combustion et interpréter l'auto-entretien de celle-ci. — Comparer les pouvoirs calorifiques de différents combustibles. — Mettre en œuvre une expérience pour déterminer le pouvoir calorifique d'un combustible.
Protection contre les risques liés aux combustions.	— Citer les dangers liés aux combustions et les moyens de prévention et de protection associés.

Repères pour l'enseignement

Dans ce chapitre, on se préoccupe seulement des aspects énergétiques associés aux transformations chimiques, la modélisation de ces transformations par des réactions étant donnée. L'établissement de ces réactions, l'écriture des équations et leur interprétation en termes d'oxydo-réduction pour les combustions sont abordés dans le domaine « Matière et matériaux ».

Exemples de situation-problème d'apprentissage et mini-projets d'application

- Détermination du pouvoir calorifique d'une cartouche de gaz à partir de ressources documentaires.
- Retardateurs de flammes, extincteurs.

Énergie électrique

Notions et contenu	Capacités exigibles / Activités expérimentales
Circuit électrique : symboles et conventions générateur et récepteur. Comportement générateur ou récepteur d'un dipôle.	— Réaliser un circuit électrique à partir d'un schéma donné, et inversement, les symboles étant fournis. — Représenter le branchement d'un ampèremètre, d'un voltmètre et d'un système d'acquisition ou d'un oscilloscope sur un schéma électrique.
Tension électrique, intensité électrique. Grandeurs périodiques : valeur moyenne, valeur efficace, composante continue et composante alternative. Grandeurs sinusoïdales.	— Visualiser, à l'aide d'un système d'acquisition, des représentations temporelles d'une tension électrique périodique, d'un courant électrique périodique dans un circuit et en analyser les caractéristiques (période, fréquence, composantes continue et alternative). — Choisir le réglage des appareils pour mesurer une valeur moyenne ou une valeur efficace. — Mesurer la valeur moyenne d'une tension électrique, d'une intensité électrique dans un circuit. — Mesurer la valeur efficace d'une tension électrique, d'une intensité électrique dans un circuit.
Loi des mailles, loi des nœuds.	— Utiliser les conventions d'orientation permettant

	d'algébriser tensions et intensités électriques. – Utiliser la loi des nœuds et la loi des mailles dans un circuit comportant trois mailles au plus.
Puissance et énergie électriques. Comportement énergétique d'un dipôle. Loi d'Ohm. Effet Joule.	– Analyser les transferts d'énergie dans un circuit électrique, à partir du signe de la puissance et de la convention choisie. – Calculer la puissance moyenne et l'énergie électrique mises en jeu sur une durée donnée dans le cas d'un récepteur et d'un générateur électrique. – Analyser le domaine de validité d'un modèle à partir d'un ensemble de mesures (dipôles passifs résistifs). – Mesurer la puissance moyenne et l'énergie électrique transportée par une ligne électrique pendant une durée donnée.
Sécurité électrique.	– Adopter un comportement responsable et respecter les règles de sécurité électriques lors des manipulations.

Repères pour l'enseignement

Les circuits électriques étudiés sont inspirés de circuits simples utilisés dans les systèmes techniques réels.

L'étude de l'électrocinétique est réalisée dans le cas de signaux variables : le régime continu et le régime sinusoïdal sont présentés comme des cas particuliers.

L'étude portant sur les signaux variables est principalement fondée sur l'exploitation de chronogrammes (on se place très souvent dans des cas où ceux-ci sont composés de segments de droite) : l'utilisation et l'introduction des outils mathématiques sont progressives.

Tous les types de composants (résistor, bobine, condensateur, diode, etc.) sont utilisés après avoir simplement indiqué leur nom, leur symbole et la grandeur qui les caractérise. On ne se préoccupe pas des phénomènes physiques mis en jeu, mais de leur comportement en générateur ou en récepteur et du bilan énergétique.

Dans les schémas électriques, on veille à ne faire apparaître que la borne « COM » à côté des symboles des appareils de mesure (jamais de bornes « plus » ou « moins » ou « étoile »).

Le professeur distingue dans les notations utilisées valeur moyenne, valeur efficace et valeur instantanée d'une grandeur électrique telle que la tension par exemple.

Liens avec les mathématiques

Fonctions périodiques, fonctions trigonométriques.

Exemples de situation-problème d'apprentissage et mini-projets d'application

- Détection de métaux par variation d'inductance.
- Détermination de l'hyperbole de dissipation d'un résistor et limites du modèle.
- Modèle du moteur à courant continu dans un contexte donné.

Énergie interne

Notions et contenu	Capacités exigibles / Activités expérimentales
Température.	- Associer qualitativement la température d'un corps à l'agitation interne de ses constituants microscopiques. - Citer les deux échelles de températures et les unités correspondantes (degré Celsius et kelvin). - Convertir en kelvin, une température exprimée en degré Celsius et réciproquement. - Citer plusieurs exemples de thermomètres et identifier leurs principes de fonctionnement. Mesurer des températures
Énergie interne d'un système. Capacité thermique massique. Énergie massique de changement d'état. Les différents modes de transferts thermiques : conduction, convection, rayonnement.	- Relier l'énergie interne d'un système à des contributions d'origine microscopique (énergie cinétique et énergie potentielle d'interaction). - Exprimer et calculer la variation d'énergie interne d'un solide ou d'un liquide lors d'une variation de température. - Définir et exploiter la capacité thermique massique. - Définir et exploiter l'énergie massique de changement d'état d'une espèce chimique. - Prévoir le sens d'un transfert thermique entre deux systèmes pour déterminer leur état final. - Décrire qualitativement les trois modes de transferts thermiques en citant des exemples. Réaliser expérimentalement le bilan thermique d'une enceinte en régime stationnaire.

Repères pour l'enseignement

Le professeur souligne la polysémie du terme « chaleur » et des termes qui lui sont associés (« chaud », « froid », ...) dans le langage courant et leurs significations sensorielles qui conduisent souvent à une confusion entre chaleur et température.

Le terme de chaleur est utilisé pour nommer un transfert thermique d'origine microscopique entre deux systèmes.

Exemples de situation-problème d'apprentissage et mini-projets d'application

- Étude d'un ballon d'eau chaude dans le contexte de l'habitat.
- Étude d'une installation thermique.
- Le grand four solaire d'Odeillo en lien avec l'énergie transportée par la lumière.

Énergie mécanique

Notions et contenu	Capacités exigibles / Activités expérimentales
Référentiels et trajectoires. Notion de solide. Mouvement de translation d'un solide.	- Choisir un référentiel et caractériser un mouvement par rapport à celui-ci. - Distinguer différents types de translation. - Comparer les trajectoires des différents points d'un solide en translation. - Assimiler le mouvement d'un solide en translation à celui d'un point matériel (centre de masse) concentrant toute sa masse.
Mouvement rectiligne : vitesse moyenne. Vitesse. Accélération.	- Écrire et exploiter la relation entre distance parcourue, durée du parcours et vitesse moyenne pour un point en mouvement rectiligne. - Dans le cas d'un mouvement rectiligne, définir la vitesse comme la limite de la vitesse moyenne pour un intervalle de temps infiniment petit. - Dans le cas d'un mouvement rectiligne, définir la vitesse comme la dérivée par rapport au temps de la position $x(t)$ et l'accélération comme la dérivée par rapport au temps de la vitesse. Mesurer des vitesses et accélérations dans le cas d'un mouvement rectiligne.
Actions de contact et actions à distance. Exemples de forces s'exerçant sur un objet : - poids ; - force exercée par un support ; - force élastique ; - force de frottement fluide. Résultante des forces appliquées à un solide.	- Exploiter la représentation d'une force s'exerçant en un point par un vecteur : direction, sens et norme. - Identifier, inventorier, caractériser et modéliser par des forces, les actions mécaniques s'exerçant sur un solide. - Effectuer un bilan quantitatif de forces pour un solide à l'équilibre ou en translation rectiligne uniforme.
Travail d'une force. Énergie cinétique d'un solide en mouvement de translation. Transfert d'énergie par travail mécanique.	- Écrire et exploiter l'expression du travail d'une force constante. - Écrire et exploiter la relation de définition de l'énergie cinétique d'un solide en translation. - Relier une modification de l'énergie cinétique d'un solide en translation rectiligne à la nature de son mouvement (accéléré ou décéléré). - Associer une variation d'énergie cinétique d'un solide en translation au travail des forces appliquées.

Puissance moyenne. Energie potentielle associée à une force conservative ; exemple des énergies potentielles de pesanteur et élastique. Énergie mécanique. Gain ou dissipation d'énergie mécanique.	— Citer et exploiter la relation entre travail et puissance moyenne. — Déterminer la puissance moyenne nécessaire pour modifier la valeur d'une vitesse pendant une durée donnée. — Exprimer et évaluer l'énergie mécanique d'un solide en translation. — Analyser des variations de vitesse d'un solide en translation en termes d'échanges entre énergie cinétique et énergie potentielle (de pesanteur ou élastique). — Analyser le mouvement d'un solide en translation en termes de conservation et de non-conservation de l'énergie mécanique. — Estimer la puissance moyenne nécessaire pour maintenir constante la vitesse d'un solide en translation, en présence de frottements. — Étudier l'évolution des énergies cinétique, potentielle et mécanique d'un solide en mouvement de translation rectiligne.
--	---

Repères pour l'enseignement

Le professeur veille à adopter une approche contextualisée à partir de l'étude de systèmes réels simplifiés et assimilés du point de vue de leur mouvement à un point matériel. Il réduit l'étude du mouvement de translation d'un solide à celle de son centre de masse.

La notion de vitesse est introduite à partir de celle de la vitesse moyenne pour un intervalle de temps infiniment petit, puis elle est définie par la dérivée de la position, en lien avec l'enseignement de mathématiques.

Les vitesses et accélérations sont mesurées à l'aide de capteurs dédiés ou évaluées en utilisant des logiciels de pointage.

Liens avec les mathématiques

Dérivées.

Produit scalaire.

Exemples de situation-problème d'apprentissage et mini-projets d'application

- Étude de la chute libre avec ou sans frottements ; vitesse limite.
- Étude d'un vélo à assistance électrique : étude de l'efficacité énergétique d'un vélo à assistance électrique sur des trajets rectilignes horizontaux et inclinés.
- Puissance développée par un remonte-pente pour tracter un skieur.

Énergie transportée par la lumière

Notions et contenu	Capacités exigibles / Activités expérimentales
Puissance transportée par la lumière, irradiance. Lumière émise par un laser. Protection contre les risques associés à l'utilisation d'un laser.	— Utiliser un appareil pour déterminer ou mesurer une irradiance (ou éclairement énergétique, en $W \cdot m^{-2}$) : pyranomètre, solarimètre, etc. — Calculer la puissance reçue par une surface, l'irradiance du rayonnement étant donnée. — Citer les principales caractéristiques de la lumière émise par un laser. — Estimer l'irradiance d'un laser, la puissance émise étant connue, pour conclure sur ses domaines d'utilisation et les mesures de protection associées.
Conversion photovoltaïque.	— Effectuer expérimentalement le bilan énergétique et déterminer le rendement d'un panneau photovoltaïque.

Repères pour l'enseignement

L'étude du laser peut être contextualisée dans le domaine de la production industrielle (métallerie par exemple) ou dans celui de la santé (chirurgie).

Les phénomènes physiques mis en jeu dans un panneau photovoltaïque ou un laser ne sont pas abordés, seuls certains aspects énergétiques sont traités.

Liens avec les mathématiques

Géométrie dans le plan.

Exemple de situation-problème d'apprentissage et mini-projet d'application

Étude de la production d'une mini-centrale solaire à l'aide de panneaux solaires.

■ Matière et matériaux

Propriétés des matériaux et organisation de la matière

Notions et contenu	Capacités exigibles / Activités expérimentales
Famille de matériaux : matériaux métalliques, organiques, minéraux, composites.	— Citer des métaux et alliages usuels et quelques exemples de matériaux organiques, minéraux et composites. — Conduire des tests permettant de distinguer et d'identifier des matériaux à partir de banques de données (densités, aspects, combustions, corrosions,

	etc.).
Propriétés des matériaux : électriques, thermiques, mécaniques, optiques, magnétiques et chimiques.	– Choisir, à partir d'un cahier des charges, des matériaux en fonction de propriétés physiques attendues : électriques, thermiques, mécaniques, optiques et magnétiques. – Déterminer ou mesurer quelques caractéristiques physiques de matériaux (résistivité électrique, résistance thermique surfacique, indice de réfraction, etc.).
Cycle de vie d'un matériau.	– Rechercher, extraire et exploiter des informations relatives à la production industrielle, l'utilisation et le recyclage de quelques matériaux usuels.
Schéma de Lewis de molécules et d'ions polyatomiques usuels.	– Établir les schémas de Lewis de l'eau, du dioxygène, du dioxyde de carbone et du chlorure d'hydrogène.
Molécules et macromolécules organiques.	– Reconnaître une molécule et une macromolécule organique. Passer des formules développées aux formules semi-développées et aux formules brutes. – Reconnaître les groupes caractéristiques des fonctions alcool et acide carboxylique.
Masses molaires atomique et moléculaire.	– Calculer une masse molaire moléculaire à partir des masses molaires atomiques des éléments qui composent la molécule.
Concentration d'un soluté (en g·L ⁻¹ ou en mol·L ⁻¹).	– Déterminer une concentration d'un soluté dans une solution à partir du protocole de préparation de celle-ci ou à partir de mesures expérimentales. – Réaliser une solution de concentration donnée par dilution ou dissolution d'un soluté.
Règlement CLP (Classification, Labelling, Packaging) européen.	– Adapter son attitude en fonction des pictogrammes des produits utilisés et aux consignes de sécurité correspondantes.

Repères pour l'enseignement

L'approche à privilégier est celle de démarches contextualisées de choix de matériaux répondant à un cahier des charges. Une interprétation microscopique de quelques propriétés de ces matériaux permet de revenir sur les modélisations, introduites en classe de seconde, de l'atome, de l'état solide, du cortège électronique et des molécules et de la prolonger par les notions de molécules et macromolécules « organiques » en lien avec les matériaux plastiques de synthèse et les matériaux organiques naturels (papier, carton, caoutchouc, etc.).

Exemples de situation-problème d'apprentissage et mini-projets d'application

- Le CND (Contrôle Non Destructif) pour la détection des défauts d'un matériau.
- Étude documentaire sur les propriétés et applications des nanomatériaux.

Combustions

Notions et contenu	Capacités exigibles / Activités expérimentales
Combustions, combustibles. Carburants, agro-carburants.	— Citer des carburants fossiles et des agro-carburants usuels et connaître l'impact de leur utilisation sur l'environnement. — Identifier les produits d'une combustion complète pour établir l'équation de la réaction correspondante. — Écrire et exploiter l'équation chimique d'une réaction de combustion complète d'un hydrocarbure ou d'un « biocarburant » pour prévoir le réactif limitant et les quantités de matière des produits formés. — Écrire et exploiter une équation chimique de combustion incomplète pour un carburant donné, les produits étant indiqués.
Alcanes, alcènes, alcools. Chaînes carbonées, groupes caractéristiques.	— Identifier un alcane ou un alcène à partir de sa formule brute et de sa formule semi-développée. — Identifier le groupe caractéristique et la chaîne carbonée d'un alcool à partir de sa formule semi-développée.

Repères pour l'enseignement

Les carburants étudiés sont limités aux alcanes, alcènes et alcools. La modélisation des combustions par des réactions d'un carburant avec le dioxygène sont abordées expérimentalement dans le prolongement de la seconde. La notion de réactif limitant est réinvestie et des raisonnements mobilisant la proportionnalité sont mis en œuvre pour déterminer des quantités de produits formés et notamment le dioxyde de carbone pour lequel une sensibilisation à l'impact sur le réchauffement climatique sera indiqué. Ces raisonnements permettent notamment de déterminer l'énergie libérée par un système chimique lors d'une combustion à partir du pouvoir calorifique et de la masse de combustible et de faire ainsi le lien avec la partie « Énergie chimique ».

Exemples de situation-problème d'apprentissage et mini-projets d'application

- Étude d'un chauffage d'appoint ou d'un chauffage au bioéthanol.
- La carburant bioéthanol : comparaison avec les carburants actuels.
- Nouvelle génération de biocarburants.

Oxydo-réduction, corrosion des matériaux, piles

Notions et contenu	Capacités exigibles / Activités expérimentales
Transfert d'électrons lors d'une transformation chimique ; réactions d'oxydo-réduction.	— À partir d'expériences ou de données expérimentales, identifier un transfert d'électrons entre des espèces chimiques et en déduire la réaction d'oxydo-réduction modélisant la transformation. — Définir et distinguer un oxydant, un réducteur, une oxydation, une réduction et un couple oxydant/réducteur. — Écrire une demi-équation électronique, le couple oxydant/réducteur étant donné. — Écrire l'équation d'une réaction d'oxydoréduction, les deux couples oxydant/réducteur étant donnés.
Corrosion des matériaux. Aciers inoxydables, métaux nobles. Protection contre la corrosion.	— Exploiter l'équation d'une réaction d'oxydo-réduction pour analyser une situation de corrosion d'un matériau. — Citer des métaux ou des alliages résistants à la corrosion. — Citer et interpréter des méthodes de protection contre la corrosion.
Piles.	— Analyser le fonctionnement d'une pile en termes de transfert d'électrons et de réaction d'oxydo-réduction. — Étudier le fonctionnement d'une pile.

Repères pour l'enseignement

L'étude des phénomènes de corrosion ou de dispositifs comme les piles permet de contextualiser l'étude des réactions d'oxydo-réduction dans les domaines de la vie courante et de l'industrie. Après avoir identifié des transferts d'électrons entre espèces chimiques, différentes notions théoriques liées à l'oxydo-réduction sont introduites puis remobilisées pour analyser les corrosions de matériaux et les piles en fonctionnement, ainsi que pour comprendre les méthodes de protection des matériaux sensibles à la corrosion.

Exemples de situation-problème d'apprentissage et mini-projets d'application

- Production de dioxygène au sein de la station spatiale internationale : réaction d'oxydo-réduction en milieu basique.
- Protection par anode sacrificielle.

■ Ondes et information

Notion d'onde

Notions et contenu	Capacités exigibles / Activités expérimentales
Ondes mécaniques. Ondes électromagnétiques. Phénomènes de propagation. Onde longitudinale, onde transversale.	— Citer des exemples d'ondes mécaniques (sonores, sismiques, etc.) et leurs milieux matériels de propagation. — Distinguer le cas particulier de l'onde électromagnétique qui ne nécessite pas de milieu matériel de propagation. — Associer la propagation d'une onde à un transfert d'énergie sans déplacement de matière. — Distinguer une onde longitudinale d'une onde transversale. — Mettre en œuvre un guide d'onde.
Ondes périodiques. Ondes sinusoïdales. Période. Longueur d'onde. Relation entre période, longueur d'onde et célérité.	— Définir et déterminer (par une mesure ou un calcul) les grandeurs physiques caractéristiques associées à une onde périodique. — Pour une onde sinusoïdale, citer et exploiter la relation entre longueur d'onde, célérité et fréquence.
Onde et transport de l'information.	— Associer une onde à une perturbation qui se propage, dont les caractéristiques peuvent transporter des informations. — Associer le transport de l'information à la propagation entre l'émetteur et le récepteur d'une onde modulée selon un code donné.
Phénomènes de transmission, de réflexion, d'absorption.	— Mettre en œuvre un dispositif expérimental permettant d'observer les phénomènes de transmission, d'absorption et de réflexion d'une onde.

Repères pour l'enseignement

L'enseignement s'appuie sur les systèmes communicants mis en œuvre dans les domaines de la vie courante et de l'industrie.

Liens avec les mathématiques

Géométrie dans le plan.

Fonctions périodiques, fonctions trigonométriques.

Exemples de situation-problème d'apprentissage et mini-projets d'application

- Étude des systèmes communicants dans le domaine de la domotique.
- Transport d'information en téléphonie mobile.

Ondes sonores

Notions et contenu	Capacités exigibles / Activités expérimentales
Propriétés, propagation des ondes sonores et ultrasonores. Phénomène de réflexion. Intensité et puissance acoustiques.	— Énoncer qu'un milieu matériel est nécessaire à la propagation d'une onde sonore ou ultrasonore. — Déterminer ou mesurer les grandeurs physiques associées à une onde sonore ou ultrasonore : célérité, période, amplitude, fréquence et longueur d'onde. — Citer l'ordre de grandeur de la célérité du son dans l'air. — Évaluer la célérité du son dans quelques milieux : air, eau, métal. — Déterminer des distances à partir de la propagation d'un signal avec ou sans réflexion. — Identifier et citer les deux grandeurs influençant la perception sensorielle d'un son : amplitude et fréquence. — Associer qualitativement fréquence et amplitude à la hauteur et à l'intensité acoustique d'un son. — Citer l'ordre de grandeur des limites du domaine de fréquences audibles par l'oreille humaine. — Exploiter la relation entre la puissance et l'intensité acoustiques.

Exemple de situation-problème d'apprentissage et projets d'application

Principe de l'échographie en imagerie médicale.

Ondes électromagnétiques

Notions et contenu	Capacités exigibles / Activités expérimentales
Ondes électromagnétiques (rayonnements gamma, X, UV, visible, IR, radio). Relation entre longueur d'onde, célérité de la lumière et fréquence.	— Ordonner les domaines des ondes électromagnétiques en fonction de la fréquence et de la longueur d'onde dans le vide. — Citer les longueurs d'ondes perceptibles par l'œil humain. — Citer la valeur de la célérité d'une onde électromagnétique dans le vide.
Sources lumineuses : rayonnement solaire, corps chauffés, diodes électroluminescentes, lasers, lampes spectrales, lampes UV.	— Citer quelques caractéristiques du rayonnement émis par différentes sources lumineuses d'usage courant. — Extraire d'une documentation fournie et exploiter les principales caractéristiques (longueur d'onde, puissance, directivité) d'un laser. — Citer les risques et les précautions associés à l'utilisation de sources lumineuses variées.

Repères pour l'enseignement

Les valeurs limites des différentes plages des ondes électromagnétiques (rayonnements gamma, X, UV, visible, IR, radio) ne sont pas exigibles.

Liens avec les mathématiques

Géométrie dans le plan.

Fonctions périodiques, fonctions trigonométriques.

Exemples de situation-problème d'apprentissage et projets d'application

- Couverture anti-onde : efficacité de la cage de Faraday.
- Télémétrie laser.
- Transmission par fibre optique.
- Utilisation des ondes électromagnétique dans le diagnostic médical et le traitement des patients.
- Étude des mesures préventives des risques des rayons X pour les travailleurs exposés.

Programme de mathématiques

■ Intentions majeures

En étroite articulation avec le programme de l'enseignement commun de mathématiques qu'il permet à la fois de compléter et d'approfondir, le programme de la partie « mathématiques » de l'enseignement de spécialité physique-chimie et mathématiques est organisé autour de trois thèmes : géométrie dans le plan, nombres complexes et analyse. Il vise deux objectifs :

- permettre l'acquisition de connaissances et le développement de compétences mathématiques immédiatement utiles pour la physique et la chimie (produit scalaire, fonctions trigonométriques, dérivées, techniques et automatismes de calcul) ;
- développer des capacités d'abstraction, de raisonnement et d'analyse critique essentielles à la réussite d'études supérieures.

Les activités menées en lien avec la physique-chimie donnent l'occasion de développer plus particulièrement les compétences « modéliser » et « représenter ».

■ Géométrie dans le plan

Trigonométrie

Contenus

- Cercle trigonométrique, radian.
- Mesures d'un angle orienté, mesure principale.
- Fonctions circulaires sinus et cosinus : périodicité, variations, parité. Valeurs remarquables en $0, \frac{\pi}{6}, \frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{3}, \frac{\pi}{2}, \pi$.
- Fonctions $t \mapsto A\cos(\omega t + \varphi)$ et $t \mapsto A\sin(\omega t + \varphi)$: amplitude, périodicité, phase à l'origine, courbes représentatives.

Capacités attendues

- Effectuer des conversions de degré en radian, de radian en degré.
- Résoudre, par lecture sur le cercle trigonométrique, des équations du type $\cos(x) = a$ et $\sin(x) = a$.
- Connaître et utiliser les relations entre sinus et cosinus des angles associés :
 $x ; -x ; \pi - x ; \pi + x ; \frac{\pi}{2} - x ; \frac{\pi}{2} + x$.
- Utiliser ces relations pour justifier les propriétés de symétrie des courbes des fonctions circulaires.

Commentaires

On vise une bonne familiarisation des élèves avec les fonctions trigonométriques, en appui sur le cercle trigonométrique.

Les élèves sont entraînés à mémoriser certains résultats sous forme d'images mentales basées sur le cercle trigonométrique.

En lien avec la physique, on utilise le vocabulaire « phase instantanée » pour désigner l'expression

$(\omega t + \varphi)$ et « phase à l'origine » pour le paramètre φ .

Liens avec l'enseignement de physique-chimie

Grandeurs physiques associées à une onde mécanique sinusoïdale : amplitude, période, fréquence.

Produit scalaire

Contenus

- Définition géométrique : si $\vec{u}$ et $\vec{v}$ sont non nuls alors $\vec{u} \cdot \vec{v} = \|\vec{u}\| \times \|\vec{v}\| \times \cos(\theta)$ où θ est une mesure de l'angle entre $\vec{u}$ et $\vec{v}$; si $\vec{u}$ ou $\vec{v}$ est nul alors $\vec{u} \cdot \vec{v} = 0$.
- Projection orthogonale d'un vecteur sur un axe.
- Interprétation du produit scalaire en termes de projections orthogonales (du vecteur $\vec{u}$ sur l'axe dirigé par $\vec{v}$ ou du vecteur $\vec{v}$ sur l'axe dirigé par $\vec{u}$).
- Propriétés du produit scalaire : bilinéarité, symétrie.
- Expressions, dans une base orthonormée, du produit scalaire de deux vecteurs, de la norme d'un vecteur.
- Caractérisation de l'orthogonalité.
- Théorème d'Al Kashi, égalité du parallélogramme.

Capacités attendues

- Calculer la projection d'un vecteur sur un axe.
- Interpréter $\|\vec{u}\| \cos(\theta)$ en termes de projection.
- Utiliser un produit scalaire pour démontrer l'orthogonalité de deux vecteurs, pour calculer un angle non orienté.
- Utiliser un produit scalaire pour calculer des longueurs.

Commentaires

Les situations de géométrie repérée sont traitées uniquement dans un repère orthonormé. Le théorème d'Al Kashi est présenté comme une généralisation du théorème de Pythagore.

Liens avec l'enseignement de physique-chimie

L'étude du travail d'une force lors d'un mouvement rectiligne permet de réinvestir la notion de produit scalaire et de projection d'un vecteur sur un axe. On démontre que le travail d'une force perpendiculaire à la trajectoire est nul ou encore que le travail de la force résultante est la somme des travaux des forces en présence (illustration de la propriété de bilinéarité du produit scalaire).

■ Nombres complexes

Contenus

- Forme algébrique :
 - définition, conjugué, module ;
 - représentation dans un repère orthonormé direct ; affixe d'un point, d'un vecteur.
 - somme, produit, quotient ;
 - conjugué d'une somme, d'un produit, d'un quotient ;
 - module d'un produit et d'un quotient ;
- Argument et forme trigonométrique.

Capacités attendues

- Calculer et interpréter géométriquement la partie réelle, la partie imaginaire, le conjugué, le module et un argument d'un nombre complexe.
- Passer de la forme algébrique à la forme trigonométrique et *vice versa*.

Commentaires

La notation exponentielle et les opérations entre nombres complexes sous forme trigonométrique sont étudiées en classe terminale.

■ Analyse

Dérivées

Contenus

Point de vue local

- Notations : $\left(\frac{\Delta y}{\Delta x}\right)_{x_0}$, $\frac{dy}{dx}(x_0)$, $\frac{df}{dx}(x_0)$, $f'(x_0)$.
- Approximation affine d'une fonction au voisinage d'un point.

Point de vue global

- Calcul des dérivées :
 - d'une somme, d'un produit, de l'inverse, d'un quotient ;
 - de $x \mapsto x^n$ pour n entier naturel non nul et de $x \mapsto \frac{1}{x}$;
 - d'un polynôme ;
 - des fonctions cosinus et sinus ;
 - de $x \mapsto f(ax+b)$, $t \mapsto A\cos(\omega t + \varphi)$ et $t \mapsto A\sin(\omega t + \varphi)$.

Capacités attendues

- Utiliser les différentes notations du taux de variation et du nombre dérivé en un point.
- Effectuer des calculs approchés à l'aide de l'approximation affine en un point.
- Calculer une fonction dérivée.
- Étudier le sens de variation d'une fonction à l'aide du signe de sa dérivée.

Commentaires

Pour la fonction $x \mapsto x^n$, on généralise les résultats étudiés pour $n=2$ et $n=3$ dans le cadre de l'enseignement commun.

On fait remarquer la forme unifiée de l'expression de la dérivée de $x \mapsto x^n$ pour $n \geq -1$ comme moyen mnémotechnique.

Pour la dérivée d'un produit, on présente le principe de la démonstration à partir du taux de variation. Le résultat pour le quotient est admis à ce stade.

Liens avec l'enseignement de physique-chimie

Relation entre la puissance, l'énergie et la durée.

- Si la relation $y = f(x)$ traduit une dépendance entre deux grandeurs, les notations $\left(\frac{\Delta y}{\Delta x}\right)_{x_0}$, $\frac{dy}{dx}(x_0)$ ou $\frac{df}{dx}(x_0)$ favorisent l'interprétation du nombre dérivé comme taux de variation infinitésimal.
- L'approximation affine de f au voisinage de x_0 permet de calculer, au premier ordre, l'accroissement de la grandeur $y = f(x)$ en fonction de celui de la grandeur x : $\Delta y = f'(x_0)\Delta x$.
- Cas particulier où la variable est le temps : lien entre nombre dérivé et vitesse, coordonnées du vecteur vitesse, accélération ; vitesse d'apparition d'un produit, de disparition d'un réactif.

Primitives

Contenus

- Définition d'une primitive.
- Deux primitives d'une même fonction sur un intervalle diffèrent d'une constante.
- Primitives d'un polynôme.
- Primitives des fonctions $t \mapsto A\cos(\omega t + \varphi)$ et $t \mapsto A\sin(\omega t + \varphi)$.
- Exemples de calcul approché d'une primitive par la méthode d'Euler.

Capacités attendues

- Calculer des primitives.
- Construire point par point, par la méthode d'Euler, une approximation de la courbe représentative de la solution d'un problème de Cauchy du type : $y'(t) = f(t)$ et $y(t_0) = y_0$.

Commentaires

Le théorème affirmant que deux primitives d'une même fonction sur un intervalle diffèrent d'une constante est admis mais commenté : on peut justifier par un argument cinématique qu'une fonction de dérivée identiquement nulle est constante ou encore, par un argument géométrique, que deux fonctions ayant en tout point le même nombre dérivé ont des « courbes parallèles », l'une étant obtenue à partir de l'autre par une translation verticale.

Pour la méthode d'Euler, on choisit une fonction dont l'expression explicite d'une primitive n'est pas connue à ce stade (par exemple $t \mapsto \frac{1}{t}$ ou $t \mapsto \frac{1}{1+t^2}$).

Situations algorithmiques

Construire différents points d'une approximation de courbe intégrale par la méthode d'Euler.