

Enseignement : Spécialité ingénierie innovation et développement durable (2I2D)

Voie : *technologique*

Série : *STI2D*

Niveau : *terminale*

Projet de fin de terminale

MOTS-CLÉS

Projet, travail collaboratif, STEM, ingénierie système, innovation, développement durable, travail collaboratif, 2I2D, STI2D, terminale

RÉFÉRENCES AU PROGRAMME

Arrêté du JORF du 16 juillet 2018
BOEN spécial n°1 du 22 janvier 2019
BOEN n°17 du 25 avril 2019
BOEN n°2 du 13 février 2020
BOEN n° 36 du 28 septembre 2023

RÉFÉRENCES AUX DOCUMENTS RESSOURCES

Organisation pédagogique 2I2D : <https://eduscol.education.fr/document/24952/download>

Projet de fin de terminale : <https://eduscol.education.fr/document/3483/download>

RESSOURCES SUR L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Rapport Inspection générale de l'éducation, du sport et de la recherche :
<https://eduscol.education.fr/sti/actualites/25-recommandations-pour-lintelligence-artificielle-en-france>

MEN_DEN_brochure IA_2024_FR :
https://edunumrech.hypotheses.org/files/2024/04/MEN_DNE_brochure_IA_2024_FR_HD.pdf

6855_BulletinVeille_5ia : https://www.reseau-canope.fr/fileadmin/user_upload/Projets/agence_des_usages/6855_BulletinVeille_5ia.pdf

SOMMAIRE

Le projet au cœur des enseignements en STI2D	3
Le projet de terminale.....	4
• La démarche de projet.....	4
• La définition du projet.....	5
• Le projet dans la progression pédagogique	6
• Outil de programmation et de suivi de la progression pédagogique	8
• Le suivi et l'évaluation du projet.....	9
L'usage de L'IA en STI2D	10
• Extraits de ressources concernant l'IA	10
• L'usage de l'IA dans un projet STI2D	11
Annexe 1 – Exemples	12
• Exemple 1 : usage de l'intelligence artificielle en conception préliminaire	12
• Exemple 2 : choix de solutions constructives en conception détaillée	13
• Exemple 3 : choix de solutions constructives – amélioration d'un prototype	14
• Exemple 4 : usage de l'intelligence artificielle dans la phase de test et validation	15
Annexe 2 – Compétences et propositions d'indicateurs d'évaluation.....	16

Le projet au cœur des enseignements en STI2D

Le projet visant la réalisation et la validation d'un prototype est une modalité pédagogique qui, à partir d'un travail individuel intégré dans un travail d'équipe, vise à développer chez l'élève l'esprit de synthèse, l'autonomie, l'initiative et le sens créatif. Il constitue une synthèse des apprentissages du cycle terminal tout en étant le pivot des enseignements spécifiques (AC, ITEC, EE, SIN). Il requiert un développement pluritechnologique mené de manière collaborative.

Comme précisé dans le BOEN n° 36 du 28 septembre 2023, les épreuves EDS sont maintenant positionnées en fin d'année scolaire, ce qui permet de reconsidérer la place du projet de terminale dans la progression pédagogique.

Ce document a pour objectif de clarifier le rôle du projet dans la formation du cycle terminal STI2D. Il propose aussi des pistes d'usages de l'intelligence artificielle (IA) dans la démarche de projet.

Le projet, **suivi durant l'année de terminale**, vise à mobiliser les connaissances acquises **tout au long** du cycle terminal pour atteindre le niveau taxonomique indiqué dans le programme. **Les activités d'expérimentation, de simulation, ainsi que l'analyse des écarts renforcent les compétences développées dans les séquences et ceci aussi bien de façon synchrone qu'asynchrone.** Il favorise le travail collaboratif et aborde les concepts clés associés aux champs matière, énergie et information qui constituent la base de l'enseignement technologique en STI2D. Cela permet ainsi de conforter et de mobiliser le corpus de connaissances scientifiques et technologiques, indispensable à la poursuite d'études.

Le projet, **intégré à la progression pédagogique et en complément des séquences** permet de :

- proposer une façon d'apprendre motivante, contextualisée et en lien avec le concret/la réalité ;
- conjuguer la logique de l'action (élève acteur, créatif et actif) et l'apprentissage ;
- créer des situations de développement de compétences et d'acquisition de savoirs dans le cadre d'une tâche complexe ;
- développer une culture de l'engagement pour réaliser ce qui paraissait difficile au départ ;
- apprendre à travailler en groupe, gérer le temps et tirer parti des moyens mis à disposition.

• ACTIONS DE PROMOTION

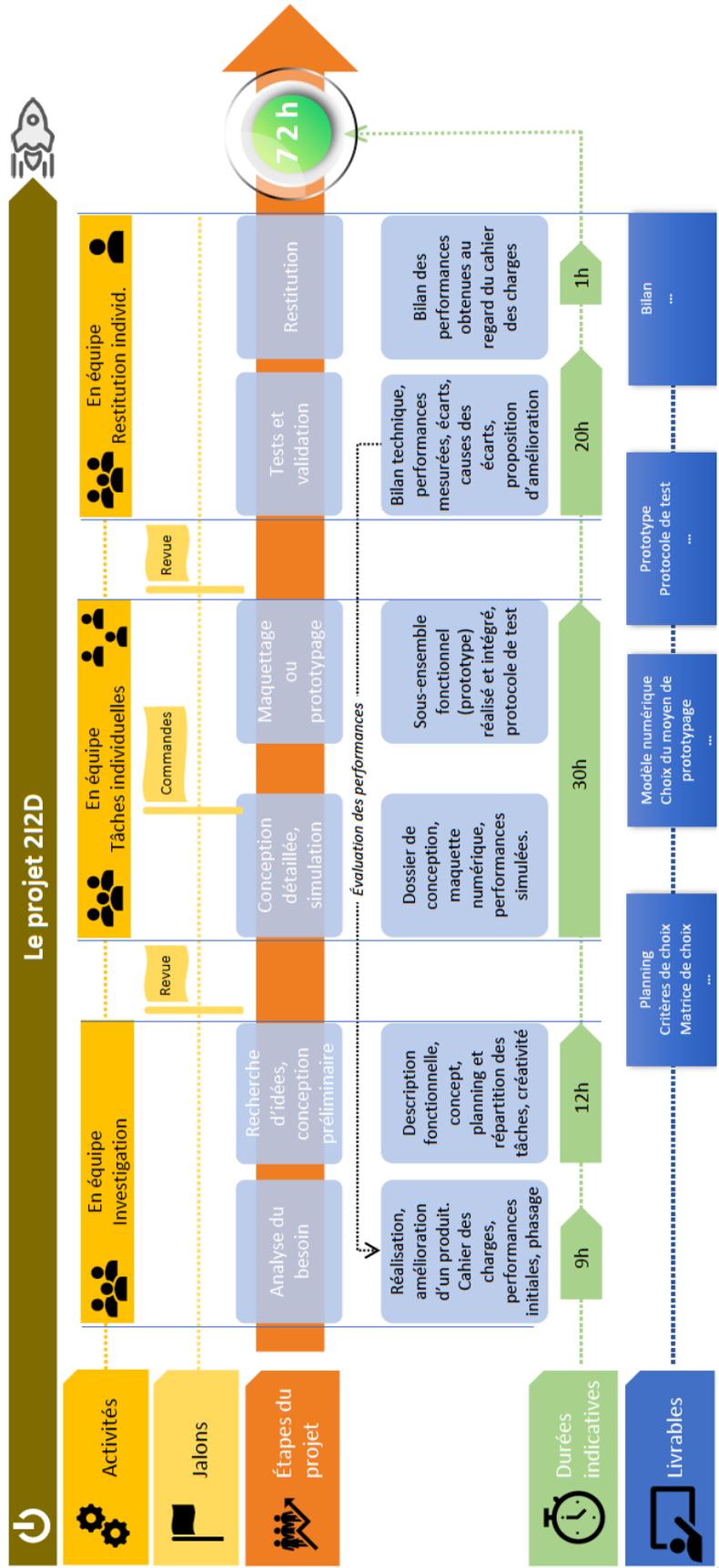
- Le projet peut s'ouvrir sur l'extérieur du lycée, donner lieu à une participation, des démonstrations,
- Des présentations, des défis internes ou externes à l'établissement.

Le projet de terminale

Le projet de terminale d'une durée de 72 heures est un marqueur fort de la série STI2D. Il s'appuie sur la démarche de projet développée en classe de première notamment en Innovation Technologique.

La démarche de projet

La démarche de projet s'organise en six étapes décrites par la figure ci-dessous (le nombre d'heures par étape est donné à titre indicatif).



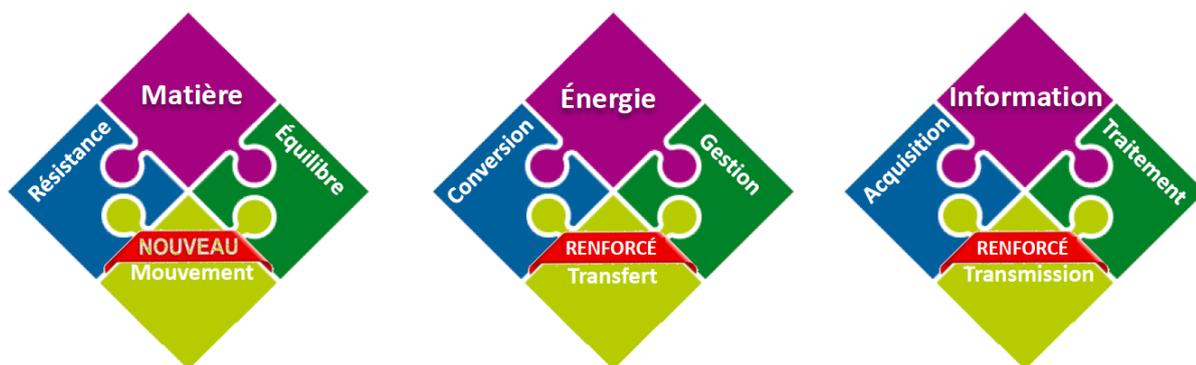
Le projet contribue au développement des compétences de communication par la pratique de l'argumentation, notamment pour préciser une pensée, expliquer un raisonnement et justifier un choix.

Des activités jalonnent ce parcours pour développer ces compétences :

- traduire le besoin initial ;
- rendre compte à l'oral et/ou à l'écrit des activités de chacun et faire le point sur l'avancement du projet ;
- vérifier les documents produits attestant des résultats obtenus ;
- confronter des solutions ;
- justifier les choix retenus ;
- partager les informations au sein de l'équipe ;
- prendre des décisions pour la suite du projet ;
- vérifier les performances attendues par de la **simulation et de l'expérimentation** ;
- rendre compte.

Les élèves, répartis en groupe de trois à cinq au maximum, réalisent un projet pluritechnologique collaboratif de conception - réalisation, d'amélioration ou d'optimisation d'un produit. Celui-ci est **intégré à la progression pédagogique en complémentarité avec les séquences pédagogiques**.

Le projet vise à mettre en œuvre les compétences déclinées dans le programme de l'enseignement de spécialité 2I2D. Il permet notamment l'acquisition spiralaire de compétences de conception, d'expérimentation, de dimensionnement et de réalisation de prototypes. À cette fin, les démarches de créativité, d'ingénierie collaborative et d'écoconception ainsi que l'approche design et innovation sont mises en œuvre permettant aussi à chacun de faire preuve d'initiative et d'autonomie.



La définition du projet

L'enseignant responsable du suivi de projet s'assure de son niveau de faisabilité et de son caractère pluritechnologique permettant une approche matière, énergie, information. Les prototypes ou maquettes réelles ou numériques réalisés devront permettre les expérimentations nécessaires à leur qualification et à la validation fonctionnelle et/ou comportementale. Le projet participe au rapprochement avec l'enseignement de spécialité physique-chimie/mathématiques et l'enseignement commun des mathématiques. Il prend appui **aussi souvent que possible** avec ces enseignements pour, par exemple des expérimentations ou des analyses de résultats, dans une approche scientifique des phénomènes observés, favorisant ainsi l'approche STEM.

Le cahier des charges est fourni par l'enseignant via un espace collaboratif de travail.

Il doit comporter les éléments suivants issus de l'ingénierie système :

- le besoin général associé à un enjeu global authentique ;
- la mission du produit ;
- les diagrammes de cas d'utilisation, de contexte et de besoins des parties prenantes ;
- la définition et la répartition des tâches pour chaque élève ;
- les livrables et le type de production que devront fournir les élèves ;
- le lien avec les autres enseignements scientifiques.

Une fiche de définition de projet est proposée en annexe 1 du document « Projet de fin de terminale ».

L'enseignant responsable du suivi du projet veille à ce que la répartition des tâches permette d'évaluer chaque élève sur l'ensemble des compétences visées en tenant compte de l'enseignement spécifique choisi par l'élève.

Le projet dans la progression pédagogique

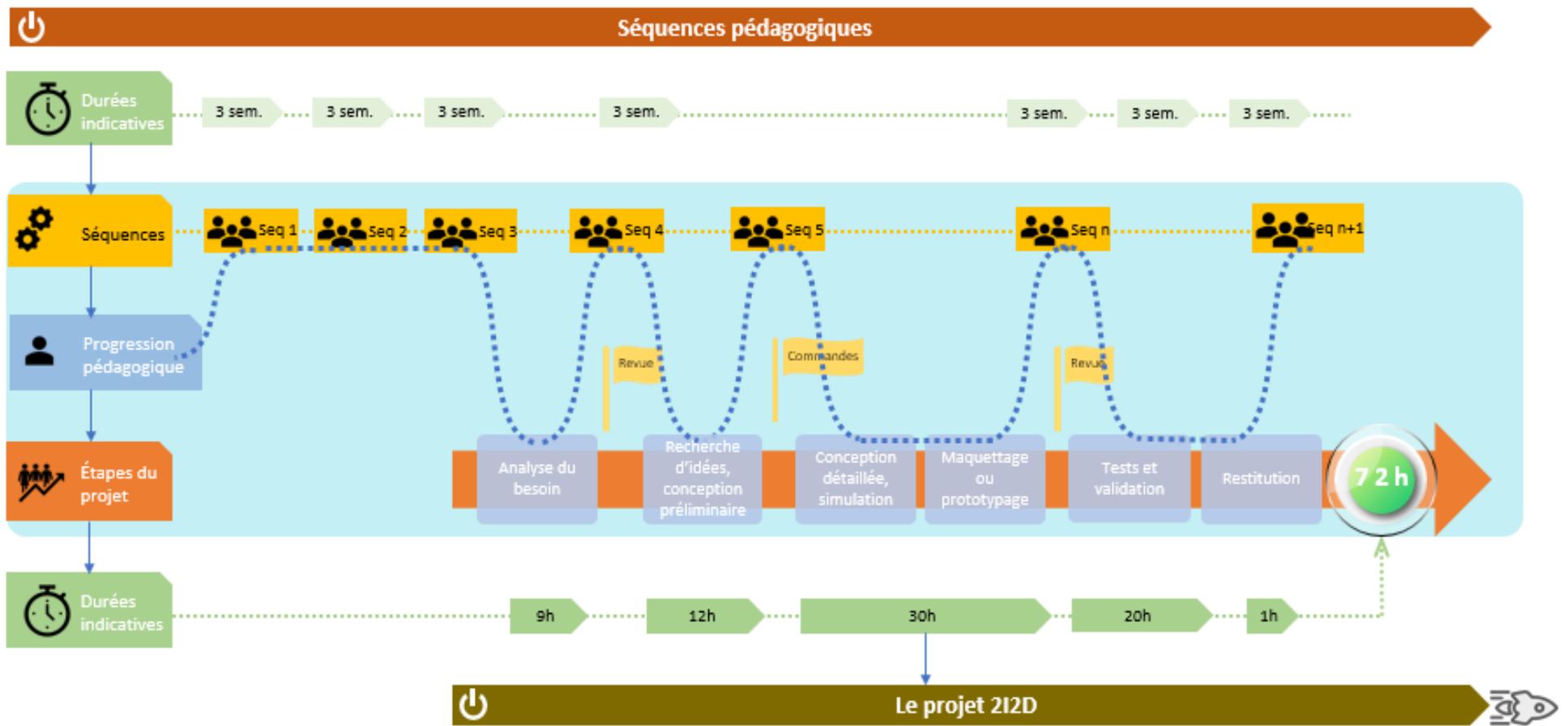
Le projet de terminale 2I2D n'est pas une simple composante additionnelle du cursus ; il est au cœur de la progression pédagogique. En se nourrissant mutuellement, séquences pédagogiques et phases de projet offrent aux élèves un parcours riche et complet, les préparant efficacement aux défis futurs.

Cette intégration harmonieuse entre séquences pédagogiques et phases de projet permet aux élèves de développer les compétences attendues de manière progressive et cohérente. Ils apprennent non seulement à maîtriser des connaissances théoriques, mais aussi à les appliquer de façon pertinente et efficace dans des contextes variés.

L'élève va ainsi bénéficier d'un parcours enrichi par une alternance dynamique entre séquences pédagogiques et phases du projet. Cette alternance permet d'approfondir les compétences de manière contextualisée et concrète.

Les activités expérimentales et les structurations de connaissances des séquences pédagogiques fournissent des bases solides que les élèves vont appliquer et approfondir dans le cadre du projet.

Inversement, le projet peut révéler des besoins ou des lacunes qui seront comblés par des séquences pédagogiques ciblées. Par exemple, si une difficulté particulière apparaît lors du projet, une séquence spécifique pourra être mise en place pour y répondre et apporter les compétences nécessaires.



Outil de programmation et de suivi de la progression pédagogique

L'outil d'élaboration d'une progression didactique proposé en 2019 a été repris afin d'intégrer les phases d'un projet dans la progression. La version 2024 est simplifiée mais garde le même principe de liste de séquences écrites sous forme de problématiques, associées aux compétences ciblées. Le fichier permet ensuite une visualisation globale des compétences abordées sur le cycle terminal.

La partie « générateur de séquences » n'a pas été modifiée et reste accessible via les onglets masqués.

Thème de séquence		Problématiques proposées	STI2D	C01.1 C01.2 C01.3 C02.1				
Thème de séquence		Problématiques proposées		STI2D				
Thème de séquence		Nombre de fois (séquence ou projet) où la compétence est travaillée						
1) Réduire l'impact environnemental	P1_1 : Qu'est-ce qu'un produit éco-conçu ?		0					
	P1_2 : Comment éclairer une rue de façon autonome tout en réduisant l'impact écologique ?	S2	2			X		
	P1_3 : Comment réduire l'impact environnemental d'un afficheur lumineux ?	S10	0					
2) Assurer le confort dans l'habitat	P2_1 : comment améliorer le confort dans l'habitat ?	S1	2	X			X	
	P2_2 : comment assainir l'air d'une salle de bain ?	S4	0					
	P2_3 : comment améliorer le confort des usagers du CDI du lycée ?	S7	3		X			X
	P2_4 : comment optimiser le confort "climatique" de combles aménagés ?	S7	3		X			X
Projet MEI	Projet P1_1 : analyse du besoin	S13	4					X
	Projet P1_2 : recherche d'idées, conception préliminaire	S15	5	X		X		
	Projet P1_3 : conception détaillée, simulation	S17	8					
	Projet P1_4 : maquettage, prototypage	S18	1					
	Projet P1_5 : test et validation	S20	6					
	Projet P1_6 : revue de projet, soutenance	S21	2					

Chronologie dans la progression
Nombre de compétences développées

Justifier le choix des structures matérielles et technologiques d'un produit, identifier les box kits en œuvre dans une approche de développement durable
 Justifier le choix d'une solution selon des critères ergonomiques et de design
 Justifier les solutions constructives retenues en fonction des performances environnementales, des contraintes réglementaires et des normes
 Décrire le cahier de charges et la réalisation d'un produit

Phase du projet de terminale

S1	P2_1 : comment améliorer le confort dans l'habitat ?	
S2	P1_2 : Comment éclairer une rue de façon autonome tout en réduisant l'impact	
S3	P5_2 : Comment optimiser le confort climatique de combles aménagés ?	
S4	P2_2 : comment assainir l'air d'une salle de bain ?	
S5	P3_1 : Comment les objets connectés peuvent-ils nous aider à prendre soin de	
S6	P7_1 : Comment prévenir les défaillances d'un ouvrage ?	
S7	P2_4 : comment optimiser le confort "climatique" de combles aménagés ?	
S8	P6_4 : Comment protéger les personnes dans une zone limitée à 30 km/h ?	
S9	P6_2 : Comment éclairer une rue de façon autonome tout en respectant	
S10	P1_3 : Comment réduire l'impact environnemental d'un afficheur lumineux ?	
S11	P8_1 : Comment maintenir ses performances sportives chez soi ?	
S12	P3_2 : Comment effectuer un acte médical dans un lieu isolé ?	
S13	Projet P1_1 : analyse du besoin	P
S14	P7_2 : Comment coordonner les travaux sur un chantier ?	
S15	Projet P1_2 : recherche d'idées, conception préliminaire	P
S16	P3_3 : Comment faciliter les déplacements d'une personne à mobilité réduite ?	
S17	Projet P1_3 : conception détaillée, simulation	P
S18	Projet P1_4 : maquettage, prototypage	P
S19	P4_1 : Comment améliorer le confort dans l'habitat ?	
S20	Projet P1_5 : test et validation	P
S21	Projet P1_6 : revue de projet, soutenance	P

Le suivi et l'évaluation du projet

Le suivi s'effectue tout au long du projet « au fil de l'eau » et par l'intermédiaire des revues de projet. Celles-ci, planifiées par l'enseignant, favorisent la structuration temporelle de la démarche et aident les élèves à se positionner dans l'avancement de leur projet. Tout au long du projet les élèves peuvent renseigner un carnet de bord numérique qui aide les enseignants au suivi de son évolution au sein de chaque groupe. Cet outil facilite l'accompagnement du professeur entre les séances.

Une dernière restitution (revue de projet finale) permet de confronter les performances obtenues au regard du cahier des charges.

Évalué dans le cadre du contrôle continu, le projet permet de connaître le niveau d'acquisition des compétences des élèves tout au long de la démarche et pas seulement dans le cadre des revues. Des indicateurs d'évaluation (exemples proposés en annexe 2) permettent d'objectiver et de rendre explicite l'évaluation auprès des élèves.

Comme le précise la **note de service du 26-9-2023 (NOR : MENE2323117N)** relative à l'épreuve orale dite « Grand oral » de la classe de terminale de la voie technologique, *les questions du Grand oral s'appuient sur l'enseignement de spécialité pour lequel le programme prévoit la réalisation d'une étude approfondie. Cette étude approfondie correspond, dans certaines séries, au projet réalisé pendant l'année.*

En lien avec l'épreuve du grand oral, le projet de terminale permet aux élèves de développer des compétences oratoires et de structuration de la pensée, essentielles pour cette épreuve. Le grand oral évalue la capacité des élèves à présenter un sujet, à argumenter et à répondre à des questions de manière claire et cohérente. Les temps d'échange entre élèves, le suivi régulier des revues de projet et l'utilisation du carnet de bord numérique offrent aux élèves des opportunités de s'exprimer sur leurs avancées et d'affiner leur capacité à communiquer efficacement leurs idées et leurs résultats. Ainsi, la démarche de projet contribue directement à la préparation des élèves pour le Grand oral, en les habituant à prendre la parole **de manière progressive et structurée et à défendre leurs choix** méthodologiques et techniques.

EXTRAIT « GUIDE DU GRAND ORAL », NOVEMBRE 2023

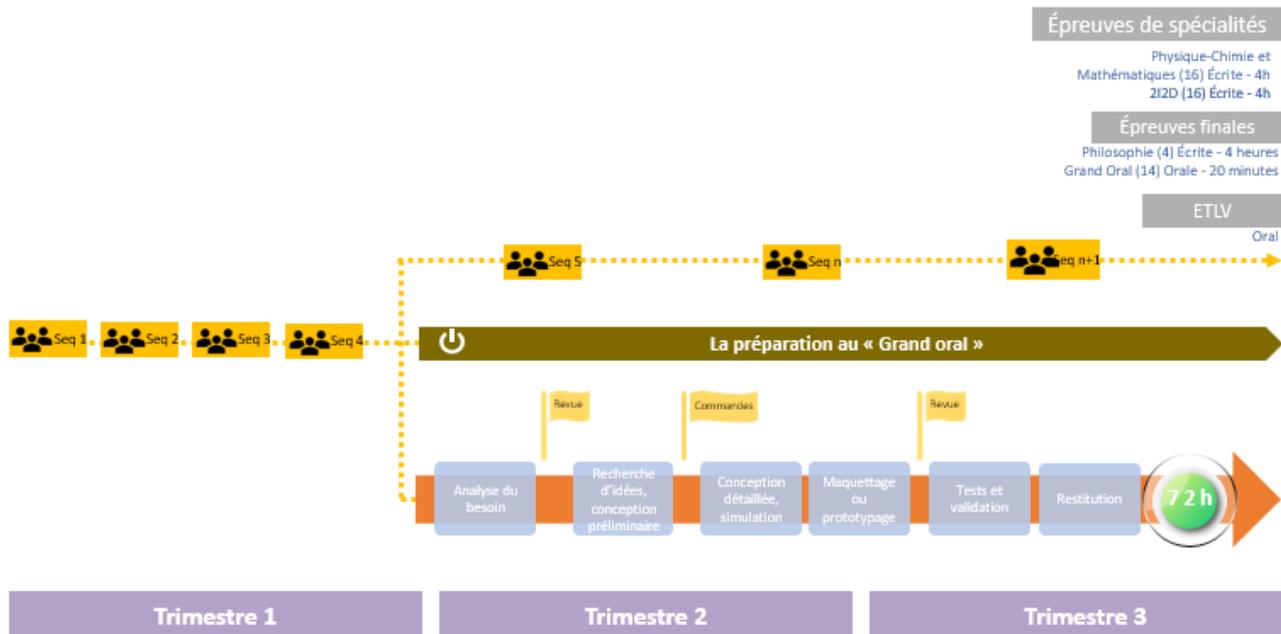
L'expérience vécue par l'élève lors de la réalisation du projet va ainsi servir de fil rouge au Grand oral :

- en étant support des questions présentées pour le premier temps de l'épreuve ;
- en préparant l'élève au deuxième temps d'échanges avec le jury.

Des étapes incontournables jalonnent le projet et préparent l'élève au Grand oral :

- les revues de projet qui permettent aux équipes de faire le point sur l'avancement du projet, de confronter les solutions, les valider et soutenir une collaboration efficace entre les membres de l'équipe ;
- la présentation du projet qui permet à l'élève de communiquer sur les choix technologiques effectués, de justifier ces derniers sous l'angle du développement durable et/ou de l'innovation technologique et d'analyser les résultats obtenus relativement au cahier des charges du projet.

La définition des deux questions et la préparation pour le grand oral nécessitent du temps et de la maturation. Il est donc crucial de réfléchir à ces aspects dès le début du projet. En intégrant cette réflexion dès le départ, les élèves peuvent progressivement construire et affiner leurs questions en lien avec le projet, leur permettant ainsi de développer une compréhension approfondie et une argumentation solide. Cette préparation anticipée aide les élèves à gagner en confiance et en maîtrise pour le jour de l'épreuve du grand oral, en leur donnant l'opportunité de relier leurs travaux pratiques et théoriques à des problématiques plus larges et pertinentes.



L'usage de L'IA en STI2D

Extraits de ressources concernant l'IA

Les avantages de l'IA dans l'éducation (Extrait Bulletin de veille n°5 CANOPE) :

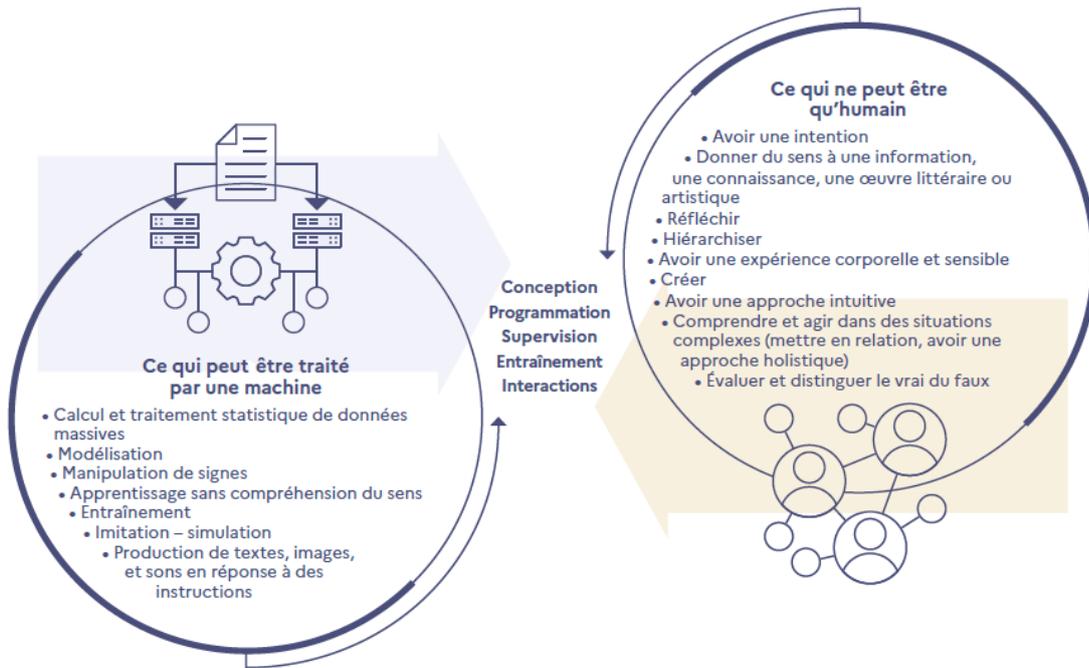
- faire gagner du temps aux enseignants ;
- personnaliser les accompagnements ;
- favoriser l'école inclusive ;
- apprendre tout au long de la vie.

LES NOMBREUSES POSSIBILITÉS QU'OFFRE L'IA POURRAIENT NE PAS ÊTRE TOUTES FAVORABLES POUR L'ÉDUCATION.

IL EST NÉCESSAIRE DE FAIRE ATTENTION À :

- ne pas substituer les temps individuels aux temps collectifs ;
- ne pas obéir aux ordres d'une IA, les décisions reviennent toujours à l'humain ;
- ne pas tomber dans des logiques de surveillances ou de performances accrues ;
- ne pas perdre les capacités d'agir des humains, mais au contraire renforcer le pouvoir d'agir ;
- ne pas s'appuyer sur des logiques déterministes, chaque individu est unique ;
- ne pas oublier les besoins d'accompagnement humains ;
- ne pas réduire les savoirs aux seules compétences.

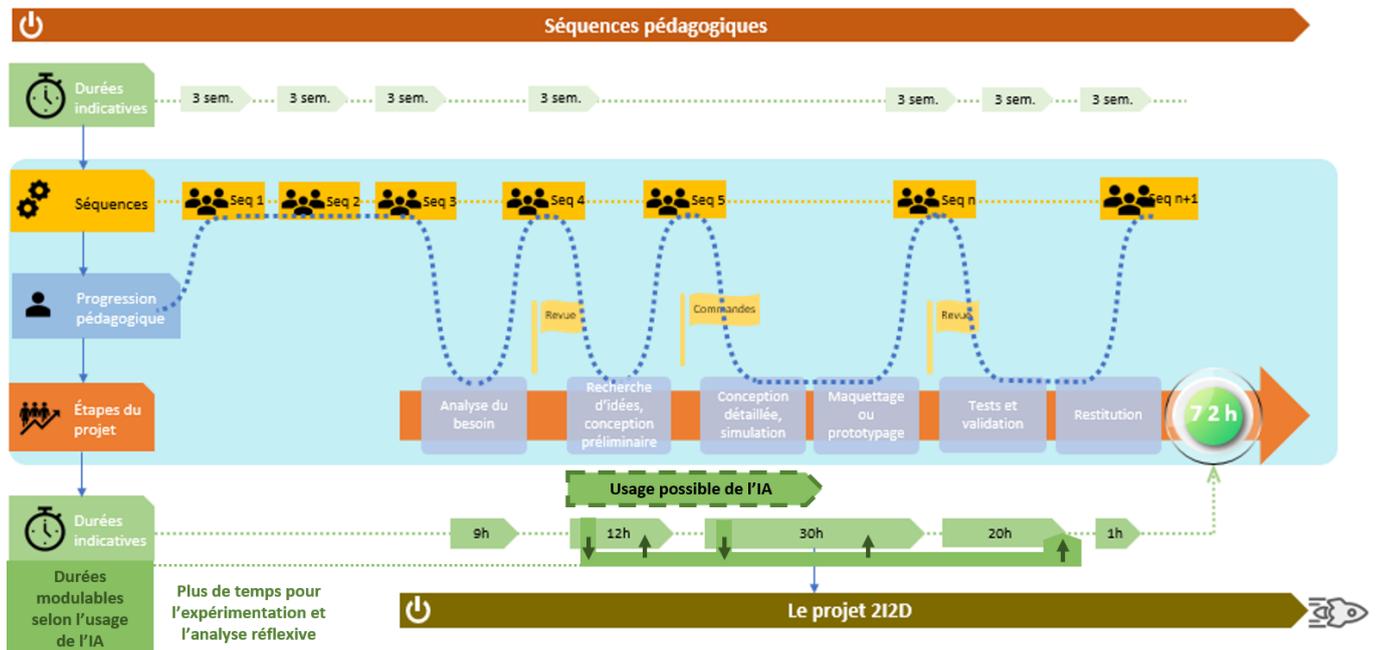
L'usage de l'IA dans un projet STI2D



(DNE-TN2, 2023)

(Extrait MEN_DNE_brochure_IA_2024_FR_HD.pdf)

L'illustration précédente met en évidence ce qui peut relever d'une IA et ce qui incombe à l'humain. Cet éclairage permet donc d'envisager d'optimiser la répartition des 72h de projet afin de **donner davantage de place à l'expérimentation et à l'analyse réflexive** dans les différentes phases de la démarche de projet et en particulier lors de la qualification du produit dans la phase « Tests et validation ». Il s'agit de faire un usage raisonné de l'intelligence artificielle, en l'utilisant notamment en appui lors de phases de choix de solutions constructives par un traitement de données massives, également en conception préliminaire et en conception détaillée. Le gain de temps qu'offre l'usage de l'IA durant ces différentes phases pourra se reporter sur le temps que l'élève pourra consacrer à l'expérimentation, et aux temps d'analyse réflexive.



Annexe 1 – Exemples

Les exemples proposés sont le fruit d'expérimentations qui ont permis de mettre en évidence l'intérêt de l'usage de l'intelligence artificielle dans les phases de conception lors des choix de solutions constructives ou de technologies.

Les démarches décrites suivent un schéma commun :

- analyse du cahier des charges : exigences et contraintes associées ;
- préparation d'un prompt précis et détaillé ;
- rédaction du prompt ;
- analyse du ou des résultats ;
- amélioration des résultats le cas échéant : modification du prompt.

POINT DE VIGILANCE CONCERNANT L'USAGE RAISONNÉ DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Certains outils d'intelligence artificielle, ne peuvent pas accéder à certaines bases de données techniques telles que INIES ni à certains catalogues de fournisseurs. Les élèves pourront être sensibilisés au fait qu'il n'est pas toujours judicieux de faire appel à l'intelligence artificielle.

Exemple 1 : usage de l'intelligence artificielle en conception préliminaire

Thème de l'étude : le confort thermique dans une habitation

Objectifs :

- identifier les performances attendues ;
- formuler un prompt clair et précis ;
- réaliser une analyse comparative de solutions techniques.

Compétences abordées :

CO5.5. Proposer des solutions à un problème technique identifié en participant à des démarches de créativité, choisir et justifier la solution retenue.

CO5.8. AC1 : Proposer et choisir des solutions constructives répondant aux contraintes et attentes d'une construction.

Démarche retenue :

1. **Formuler** un problème technique, sous la forme d'une question, à partir de l'exigence et des contraintes du cahier des charges :
 - **Comment** assurer le confort thermique à travers un mur entre un espace intérieur et l'extérieur ?
2. **Rédiger** un prompt précis et utiliser un outil de recherche basé sur l'intelligence artificielle générative.
 - Exemple** d'éléments de précision à indiquer dans le prompt :
 - **préciser** la position de l'isolant (*ITE ou ITI*) ;
 - **indiquer** la performance thermique à partir des données du diagramme des exigences du cahier des charges (*besoin thermique ou résistance thermique*) ;
 - **indiquer** si nécessaire d'autres critères (prix-impact environnemental) ;
 - **formuler** ces différentes étapes avec des mots précis et une syntaxe juste.
3. **Analyser et critiquer** les résultats proposés par l'intelligence artificielle.
 - **comparer** les réponses en terme de précision et de justesse des écarts avec la performance souhaitée ;
 - **comparer** ces réponses avec celles fournies par une base de données de référence (*INIES par exemple*).

Exemple 2 : choix de solutions constructives en conception détaillée

Thème de l'étude : le confort thermique dans une habitation éco-responsable

Objectifs :

- identifier les performances attendues ;
- formuler un prompt clair et précis ;
- réaliser une analyse comparative de solutions techniques.

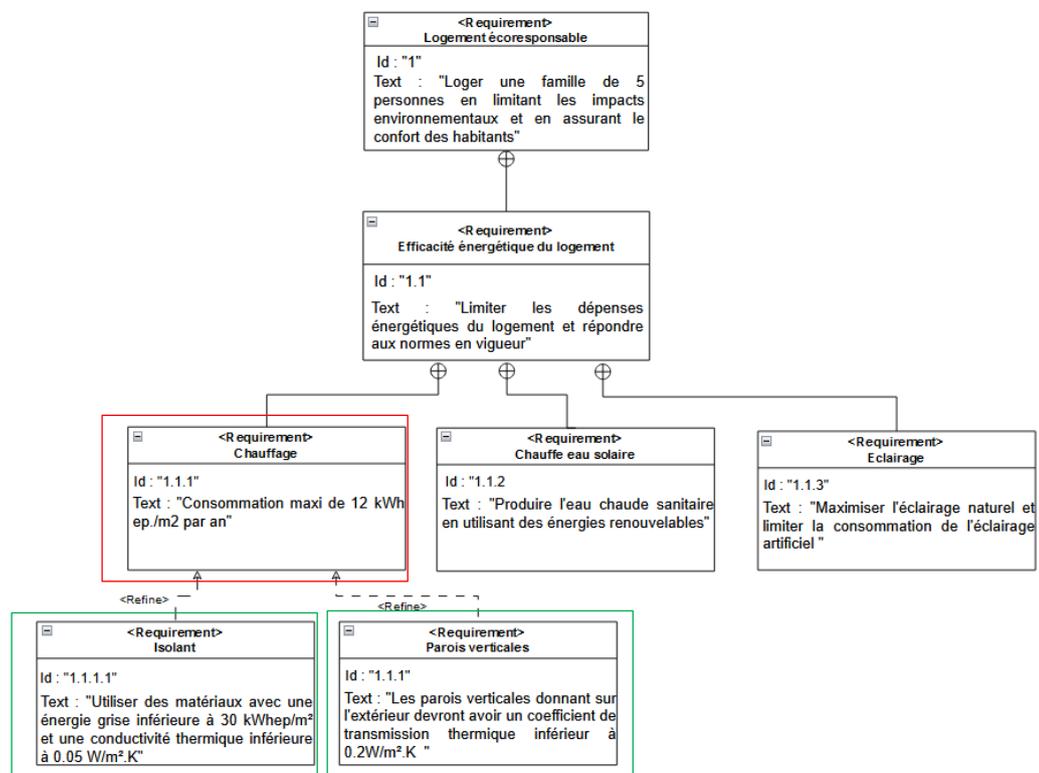
Compétences abordées :

CO5.5. Proposer des solutions à un problème technique identifié en participant à des démarches de créativité, choisir et justifier la solution retenue.

CO5.8. AC1 : Proposer et choisir des solutions constructives répondant aux contraintes et attentes d'une construction.

Démarche retenue :

1. **Identifier** dans le cahier des charges, l'exigence étudiée et les contraintes associées.



2. **Formuler** le problème technique associé.
3. **Identifier** le rôle de l'intelligence artificielle :
 - ➔ Tâche attendue (exemple : proposer 3 choix de matériaux pour l'isolant)
 - ➔ Résultat attendu (exemple : un tableau avec les performances pour les 3 isolants)
 - ➔ Précision attendue (exemple : valeur chiffrées pour l'année 2023)
4. **Identifier** les détails techniques nécessaires à la tâche :
 - ➔ Autres composants prévus sur la paroi (exemple : mur en bloc de béton manufacturés de 20 cm d'épaisseur, plaque de BA 13...)
 - ➔ Performances attendues (exemple : résistance thermique, conductivité thermique, coefficient de transmission surfacique...)
 - ➔ Critères de choix à retenir (exemple : énergie grise, prix, durabilité...)
 - ➔ Sources à utiliser
5. **Rédiger** un prompt en utilisant les données précédentes et un utilisant un vocabulaire précis.

Exemple : Proposer 3 matériaux pour isoler un mur en béton de 20 cm afin d'obtenir un coefficient de transmission thermique inférieur à $0,2 \text{ W}\cdot\text{m}^2\cdot\text{K}^{-1}$. Donner les valeurs chiffrées de la conductivité thermique, le prix, son énergie grise et son origine. Présenter les résultats sous forme de tableau.

6. **Tester** le prompt et identifier les données manquantes par rapport aux attendus.

7. **Affiner** la demande dans le prompt.

Exemple de résultats obtenus :

Matériau d'Isolation	Conductivité Thermique (W/m.K)	Prix (€/m ²)	Énergie Grise	Origine
Laine de Roche	0,035	15-20	Variable	Minérale
Polystyrène Expansé	0,035	10-15	Variable	Synthétique
Laine de Bois	0,040	20-25	Variable	Naturelle

Source : ChatGPT 3.5

8. **Analyser** les résultats obtenus et **choisir** une solution.

Exemple 3 : choix de solutions constructives – amélioration d'un prototype

(lien capsule vidéo)

Thème de l'étude : amélioration des performances d'un drone

Objectifs :

- identifier les performances attendues ;
- formuler un prompt clair et précis ;
- réaliser une analyse comparative de solutions techniques.

Compétences abordées :

CO5.5. Proposer des solutions à un problème technique identifié en participant à des démarches de créativité, choisir et justifier la solution retenue.

CO5.8. EE1 : Définir (ou modifier) la structure, les choix de constituants, les paramètres de fonctionnement d'une chaîne d'énergie afin de répondre à un cahier des charges ou à son évolution.

Démarche retenue :

1. **Formuler** le problème technique :
 - **Comment** choisir une technologie de « moteur électrique » permettant d'optimiser les performances du drone en répondant à l'exigence « se déplacer rapidement **sans** entraîner ni un échauffement ni une surconsommation d'énergie » ?
2. **Identifier** les **contraintes issues du diagramme des exigences** :
 - **Identifier** la caractéristique à améliorer : la fréquence de rotation
 - **Identifier** les caractéristiques à préserver :
 - énergie consommée
 - température
3. **Rédiger** un prompt à l'aide d'une méthodologie de type TRIZ :
 - **rechercher** un moteur électrique de fréquence de rotation supérieure à celle précisée dans le cahier des charges ;
 - **ne pas augmenter** la consommation d'énergie ;
 - **limiter** l'augmentation de la température moteur.

4. **Analyser** la réponse obtenue et choisir une solution constructive :

- **réponse** proposée par l'IA : Moteur Brushless

Dans cet exemple une seule solution est proposée et l'analyse montre que celle-ci est pertinente. Sans utiliser de méthode les solutions sont nombreuses et il est difficile de sélectionner une réponse pertinente.

Exemple 4 : usage de l'intelligence artificielle dans la phase de test et validation

(lien [capsule vidéo](#))

Thème de l'étude : Modifier un système suite à l'évolution des performances

Objectifs :

- identifier les performances attendues ;
- s'appuyer sur l'IA pour mettre en place un protocole d'essais ;
- expérimenter et qualifier les nouvelles solutions technologiques ;
- comparer avec les résultats annoncés par l'IA ;
- valider le choix du moteur et de la commande.

Compétences abordées :

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.

CO7.3. ITEC1 : mesurer des performances d'un constituant ou d'un sous-ensemble d'un produit.
CO7.3. SIN 1 : expérimenter 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.

Démarche retenue :

1. **Rédiger** un prompt explicitant la problématique sous la forme d'une question, à partir de l'exigence et des contraintes du cahier des charges.

Exemple

- Avec 4 nouveaux moteurs brushed de 2W sur le Drone tello que j'ai modifié, peux-tu tracer un tableau indiquant pour chaque signal PWM de 0% à 100%, la tension moyenne aux bornes des moteurs, la poussée en gramme et la vitesse de rotation des hélices ?

2. **Rédiger** un prompt ou plusieurs prompts pour la mise en place d'un protocole d'essais.

Exemple

- Quelle expérimentation puis-je mettre en œuvre pour déterminer la poussée en fonction du signal PWM ?
- Peux-tu me créer un programme Arduino permettant de générer un signal PWM de 95 à 255 sur la sortie 9 de ma carte Arduino ?

3. **Mettre** en place l'expérimentation et **comparer** les résultats proposés par l'intelligence artificielle.

4. **Mettre en forme** les résultats et **valider** les solutions technologiques.

Annexe 2 – Compétences et propositions d'indicateurs d'évaluation

Compétences évaluées		Indicateurs d'évaluation
O1 - Caractériser des produits ou des constituants privilégiant un usage raisonné du point de 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	La structure matérielle et/ou informationnelle est correctement justifiée.
		Le flux et la forme de l'énergie et/ou de l'information sont décrits de façon qualitative.
CO1.2	Justifier le choix d'une solution selon des contraintes d'ergonomie et de design	La solution choisie est justifiée du point de vue des notions de confort, d'efficacité et de sécurité dans les relations Homme - produit, Homme - système.
CO1.3	Justifier les solutions constructives d'un produit au regard des performances environnementales et estimer leur impact sur l'efficacité globale	Les solutions constructives sont identifiées.
		La relation entre une fonction, des solutions et leur impact environnemental ou sociétal est précisée.
		L'influence de la solution constructive sur l'efficacité globale (vis-à-vis du cahier des charges) est déterminée.
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	Les critères du cahier des charges sont explicités et les principaux points de vigilance relatifs au projet sont identifiés au regard du besoin.
		Les modifications apportées au cahier des charges sont pertinentes vis-à-vis du demandeur.
CO2.2	Évaluer la compétitivité d'un produit d'un point de vue technique et économique	Les principaux paramètres de compétitivité du produit (innovation, contraintes environnementales, sociétales et économiques...) sont identifiés.
		Le compromis technico économique et/ou la prise en compte des normes et réglementations est expliqué.
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	Les constituants et leurs fonctions sont identifiés.
		Les caractéristiques d'entrées sorties des constituants sont correctement précisées.
CO3.2	Identifier et caractériser l'agencement matériel et/ou logiciel d'un produit	L'agencement structurel et informationnel est correctement identifié.
		L'agencement structurel et informationnel est correctement caractérisé.
CO3.3	Identifier et caractériser le fonctionnement temporel d'un produit ou d'un processus	Les cycles de fonctionnement sont correctement identifiés.
		Les cycles de fonctionnement sont correctement caractérisés.
CO3.4	Identifier et caractériser des solutions techniques	La solution technique pour chaque fonction est identifiée.
		Les solutions techniques retenues sont caractérisées.

O4 – Communiquer une idée, un principe ou une solution technique, un projet, y compris en langue étrangère		
CO4.1	Décrire une idée, un principe, une solution, un projet en utilisant des outils de représentation adaptés.	La présentation est synthétique et s'appuie sur des outils pertinents.
		Les outils de représentation sont correctement décodés.
		La description est compréhensible.
CO4.2	Décrire le fonctionnement et/ou l'exploitation d'un produit en utilisant l'outil de description le plus pertinent.	La description du principe ou de la solution est synthétique et correcte.
		Le bon outil est utilisé pour décrire le fonctionnement ou l'exploitation du produit.
CO4.3	Présenter de manière argumentée des démarches, des résultats, y compris dans une langue étrangère.	Le choix de la démarche retenue est argumenté.
		Les résultats sont présentés et commentés de manière simple.
O5 – Imaginer une solution, répondre à un besoin		
CO5.1	S'impliquer dans une démarche de projet menée en groupe	La problématique est correctement explicitée.
		Les missions de chaque membre du groupe sont identifiées et peuvent être expliquées.
		Les interactions entre les différents acteurs du projet sont identifiées.
		Les outils de travail collaboratif sont correctement utilisés.
CO5.2	Identifier et justifier un problème technique à partir de l'analyse globale d'un produit (approche matière – énergie – information)	Les problèmes techniques proposés sont en lien avec le besoin exprimé.
CO5.3	Mettre en évidence les constituants d'un produit à partir des diagrammes pertinents.	Les constituants sont correctement identifiés à partir du cahier des charges.
CO5.4	Planifier un projet (diagramme de Gantt, chemin critique) en utilisant les outils adaptés et en prenant en compte les données technico-économiques	Les différentes phases du projet sont identifiées et présentées avec un outil adapté.
CO5.5	Proposer des solutions à un problème technique identifié en participant à des démarches de créativité, choisir et justifier la solution retenue	La démarche de créativité mise en œuvre pour rechercher des solutions est présentée.
		Le choix de la solution (logiciels, matériaux, constituants) retenue est argumenté au regard des performances attendues.
CO5.6	Participer à une étude de design d'un produit dans une démarche de développement durable	Une démarche développement durable est apportée à l'étude de design.
CO5.7	Définir la structure matérielle, la constitution d'un produit en fonction des caractéristiques technico-économiques et environnementales attendues	La structure matérielle et/ou la constitution d'un produit est correctement définie.
		Les impacts technico-économiques et environnementaux du produit sont explicités.
CO5.8 AC1	Proposer et choisir des solutions constructives répondant aux contraintes et attentes d'une construction	Les moyens conventionnels de représentation des solutions sont correctement utilisés (croquis, schémas, ...).
		Les contraintes de normes, propriété industrielle, brevets sont identifiées.
		Les solutions constructives proposées sont pertinentes des points de vue DD & économique.
		Les choix sont explicités dans une démarche d'analyse globale de réponse au cahier des charges.

CO5.8 AC2	Proposer et choisir des procédés de mise en œuvre d'un projet de construction et organiser les modalités de sa réalisation	Le phasage des opérations de réalisation est réaliste, le chemin critique est identifié.
		Les procédés de mise en œuvre sont choisis et justifiés.
		La logistique de réalisation répond aux contraintes techniques et de site du chantier.
		Les impacts environnementaux sont identifiés, des solutions de limitation sont proposées.
CO5.8 EE1	Définir (ou modifier) la structure, les choix de constituants, les paramètres de fonctionnement d'une chaîne d'énergie afin de répondre à un cahier des charges ou à son évolution.	La structure est correctement définie.
		Les modifications respectent les contraintes du cahier des charges ou son évolution.
		Le choix des constituants est pertinent.
		Les caractéristiques d'entrées-sorties des transformations ou modulations sont correctement précisées.
CO5.8 EE2	Définir (ou modifier), paramétrer et programmer le système de gestion d'une chaîne d'énergie afin de répondre à un cahier des charges et d'améliorer la performance énergétique.	Le système de gestion de l'énergie est correctement défini.
		Le système de gestion de l'énergie est correctement programmé.
		Le système de gestion de l'énergie est paramétré pour répondre au cahier des charges.
		La définition, la programmation et le paramétrage du système de gestion améliorent les performances du système.
CO5.8 ITEC1	Définir à l'aide d'un modeler numérique, les formes et dimensions d'une pièce d'un produit à partir des contraintes fonctionnelles, de son procédé de réalisation et de son matériau	Une méthode de créativité rationnelle est mise en œuvre.
		Les contraintes fonctionnelles sont traduites de manière complète.
		Les formes et dimensions sont compatibles avec le principe de réalisation, le matériau choisi et les contraintes subies.
		Les modifications du modèle numérique respectent les contraintes fonctionnelles.
CO5.8 ITEC2	Définir, à l'aide d'un modeler numérique, les modifications d'un sous-ensemble mécanique à partir des contraintes fonctionnelles	La procédure de modification est rationnelle.
CO5.8 SIN1	Proposer/choisir l'architecture d'une solution logicielle et matérielle au regard de la définition d'un produit	La définition du système est exprimée correctement.
		Une liste non exhaustive de solutions pertinentes est établie .
		Le choix de la solution est argumenté.
CO5.8 SIN2	Rechercher et écrire l'algorithme de fonctionnement puis programmer la réponse logicielle relative au traitement d'une problématique posée.	L'algorithme de fonctionnement est établi.
		Les paramètres de l'algorithme sont définis.
		L'algorithme est correctement programmé.
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	Le modèle multiphysique est expliqué de manière globale.
		Les différents éléments du modèle multiphysique sont explicités.
CO6.2	Identifier et régler des variables et des paramètres internes et externes utiles à une simulation mobilisant une modélisation multiphysique	Les variables et les paramètres internes/externes sont identifiés.
		Les variables et les paramètres internes/externes sont correctement paramétrés.
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	L'interprétation des résultats est cohérente.
		L'analyse des écarts est méthodique.
		Les résultats de la simulation et les mesures sont corrélés.
		La conclusion sur la validité du modèle est correctement formulée.

CO6.4	Choisir pour une fonction donnée, un modèle de comportement à partir d'observations ou de mesures faites sur le produit	L'association fonction-modèle de comportement est correctement établie.
		L'observation ou la mesure de la fonction est correctement réalisée.
CO6.5 AC1	Simulation d'un usage ou d'un comportement structurel, thermique, acoustique, etc. de tout ou partie d'une construction	Les variables et les paramètres internes et externes des modèles sont identifiés.
		Leurs influences respectives sont identifiées.
		Les scénarios de simulation sont identifiés.
		L'interprétation des résultats de la simulation est pertinente.
CO6.5 AC2	Simulation de procédés pour valider un moyen de réalisation	Les procédés de mise en œuvre sont choisis et justifiés.
		La logistique de réalisation répond aux contraintes techniques et de site du chantier.
CO6.5 EE1	Simulation énergétique (électrique, mécanique, thermique, lumineuse, ...) de tout ou partie d'un produit connaissant les caractéristiques utiles et les paramètres externes et internes.	Les variables et les paramètres internes et externes du modèle sont identifiés (partie puissance).
		Leurs influences respectives sont identifiées (partie puissance).
		Les scénarios de simulation sont identifiés (partie puissance).
		L'interprétation des résultats de la simulation est pertinente (partie puissance).
CO6.5 EE2	Simulation de la gestion de la chaîne de puissance	Les variables et les paramètres internes et externes du modèle sont identifiés (partie commande).
		Leurs influences respectives sont identifiées (partie commande).
		Les scénarios de simulation sont identifiés (partie commande).
		L'interprétation des résultats de la simulation est pertinente (partie commande).
CO6.5 ITEC1	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	Les variables et les paramètres internes et externes des modèles sont identifiés.
		Leurs influences respectives sont identifiées.
		Les scénarios de simulation sont identifiés.
		L'interprétation des résultats de la simulation est pertinente.
CO6.5 ITEC2	Simulation de procédés pour valider les formes et dimensions d'une pièce	Les procédés de mise en œuvre sont choisis et justifiés.
CO6.5 SIN1	Simulation d'un comportement informationnel faisant intervenir un ou plusieurs constituants matériels et/ou traitements logiciels simples d'une chaîne d'information	Les variables et les paramètres internes et externes du système simulé sont identifiés.
		Leurs influences respectives sont identifiées.
		Les conditions de simulation sont argumentées pour valider le choix d'une solution.
		L'interprétation des résultats de la simulation est pertinente.
		Les paramètres du système simulé sont affinés pour réduire les écarts avec le système réel.
07 – 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.	Les moyens mobilisés pour la réalisation du prototype sont adaptés.
		Le prototype réalisé permet de valider les performances attendues.
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	Les conditions de l'essai sont identifiées et justifiées.
		Le protocole est adapté à l'objectif.
		Les incertitudes sont estimées.
		L'expérimentation est correctement mise en œuvre.

CO7.3 AC1	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	Les paramètres significatifs à observer sont identifiés.
		Le protocole d'essai est justifié et adapté à l'objectif.
		Les observations et mesures sont méthodiquement menées avec une estimation des incertitudes.
		L'interprétation des résultats est cohérente et pertinente.
		La solution est validée au vu du cahier des charges.
CO7.3 EE1	Des procédés de stockage, de production, de transformation, de récupération d'énergie pour aider à la conception d'une chaîne de puissance	Les paramètres significatifs à observer sont identifiés (partie puissance).
		Le protocole d'essai est justifié et adapté à l'objectif.
		Les caractéristiques principales et leurs conséquences constructives sont identifiées.
CO7.3 EE2	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	Le protocole d'essai est justifié et adapté à l'objectif (partie commande).
		Les observations et mesures sont méthodiquement menées avec une estimation des incertitudes.
		L'interprétation des résultats est cohérente et pertinente.
		La solution est validée au vu du cahier des charges.
CO7.3 ITEC1	Des procédés de réalisation pour caractériser les paramètres de transformation de la matière et leurs conséquences sur la définition et l'obtention de pièces	Les paramètres significatifs à observer sont identifiés.
CO7.3 ITEC2	Mesurer des performances d'un constituant ou d'un sous-ensemble d'un produit	Le protocole d'essai est justifié et adapté à l'objectif.
		Les observations et mesures sont méthodiquement menées et les incertitudes de mesures estimées.
		L'interprétation des résultats est cohérente et pertinente.
		La solution est validée au vu du cahier des charges.
CO7.3 SIN1	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	Les paramètres significatifs à observer sont identifiés.
CO7.3 SIN2	Des architectures matérielles et logicielles en réponse à une problématique posée	Le protocole d'essai est justifié et adapté à l'objectif.
		Les observations et mesures sont méthodiquement menées avec une estimation des incertitudes.
		L'interprétation des résultats est cohérente et pertinente.
		La solution est validée au vu du cahier des charges.