**ÉLEMENTS DE CORRIGÉ**

**Question 1**

La progression prévue pour l’enseignement transversal organise par l’intermédiaire de centres d’intérêts pertinents, l’approche coordonnée des différents champs matière ,énergie et information. Cette approche caractérise la technologie industrielle actuelle qui doit faire face à une complexification grandissante des systèmes à concevoir. De plus en plus de systèmes adoptent désormais des comportements intelligents qui les rendent capables d’adapter leur comportement en fonction de données recueillies dans leur environnement proche ou distant. En effet, pour fonctionner, chaque système technique réunit :

* des éléments de structure qu’il faut définir, calculer et réaliser avec des matériaux qu’il faut identifier, choisir et vérifier,
* des éléments relatifs à la production, la transformation et la gestion de l’énergie,
* des éléments de commande et de communication, qui pilotent localement ou à distance le système, lui permettent de communiquer avec son environnement immédiat ou déporté et de s’intégrer, si cela est nécessaire, à des systèmes d’information locaux et globaux.

L’enseignement technologique transversal proposé aux élèves en sciences et technologies industrielles et du développement durable permet d’aborder ces problématiques de manière transversale sur trois niveaux d’analyse : fonctionnel, structurel et comportemental. Ce socle de connaissances, de compétences et de culture technologique permet un approfondissement éclairé dans la spécialité choisie par l’élève sans couper le lien avec les autres univers technologiques.

Les démarches pédagogiques déployées doivent permettre au travers d’activités concrètes et en s’appuyant sur des systèmes techniques réels de comprendre et maitriser les concepts théoriques, scientifiques en jeu pour une poursuite d’études réussies dans l’enseignement supérieur, mais aussi d’identifier la prise en compte des enjeux sociétaux et de développement durable dans les démarches industrielles actuelles.

Enfin une partie du travail abordé dans une séquence pédagogique doit permettre à l’élève de développer des compétences de communication.

La séquence pédagogique proposée vise à caractériser le choix des matériaux et des structures et à appliquer ces méthodes de choix sur des exemples concrets. Elle se déroule en deux temps.

La première étape consiste à dérouler une démarche d’investigation. Nous retrouvons dans la structure proposée les différentes phases de cette démarche pédagogique. La situation de problème proposée (la masse embarquée d’un système mobile a-t-elle une influence sur sa consommation d’énergie ?) ouvre le champ à la mise en œuvre d’expérimentations simples à concevoir.

Les essais et investigations décidées par chaque groupe d’élèves autorisent ainsi la formulation d’hypothèses et de conjectures. Les élèves élaborent des protocoles d’essais permettant par ajout de masses additionnelles sur les systèmes proposés de mettre en relation la masse embarquée et l’énergie consommée pour générer le déplacement du système. Une comparaison de l’impact de la masse sur la consommation d’énergie entre un déplacement sur terre, dans l’eau et dans les airs pourra être établie. A ce stade de l’année, les élèves disposent des acquis nécessaires pour mener cette activité avec une grande autonomie. Les protocoles d’essais ainsi élaborés contribueront judicieusement à préparer les élèves à une poursuite d’études réussie.

Les essais menés sur l’hydroplaneur sont ici un cas particulier. Une augmentation de la masse de l’hydroplaneur ne génère pas forcement une augmentation de l’énergie consommée pour assurer son déplacement. Une masse supplémentaire sur l’hydroplaneur peut en effet être compensée, dans une certaine mesure, par l’ajout d’une forme additionnelle sur la coque de l’hydroplaneur. Le volume occupé dans l’eau s’en trouve alors augmenté et le rapport masse de l’hydroplaneur/volume d’eau déplacé conservé. L’énergie nécessaire pour créer la variation du volume extérieur de l’hydroplaneur indispensable à son déplacement peut ici rester constante(dans une certaine mesure) malgré une augmentation de la masse embarquée.

Cette particularité, liée au contexte d’utilisation de l’hydroplaneur, permettra de nuancer les propos au moment de la phase de structuration des connaissances réalisée par l’enseignant. Cette activité pourra être proposée aux élèves les plus performants sur les compétences d’analyse.

Un travail de préparation par l’enseignant d’une maquette d’essai, homothétie du système réel et reprenant le principe de déplacement de ce système d’exploration innovant est ici nécessaire . Les moyens de prototypage rapide à disposition dans les laboratoires permettent l’élaboration de ce type de support.

L’organisation des activités reprend ici le principe de la complémentarité des analyses par des études menées sur des supports différents et complémentaires, menées par des groupes différents mais visant un même objectif.  Cette organisation ne nécessite donc pas de rotation des activités avant la phase de restitution. Cette disposition pédagogique permet d’optimiser les temps de formation et de répondre à des exigences de planification de la formation très contraignantes. Les activités menées en groupe sur les quatre systèmes différents permettent d’enrichir les contenus présentés au moment de la restitution devant la classe. La diversité des systèmes proposés permettra également de maintenir l’attention des élèves tout au long de cette phase de travail des compétences de communication.

Le seconde partie de la séquence propose des activités pratiques de découverte structurées par une démarche de résolution de problème technique. Les outils de simulation et les bases de données de matériaux prennent ici une place plus importante dans les activités proposées pour permettre aux élèves de dégager des critères de choix de matériaux (rigidité et masse) et de valider les choix opérés par les constructeurs des systèmes mobilisés quant à la définition des formes des châssis et les choix de matériaux opérés. Aucune modification des formes d’une pièce ou de matériau est demandée ici. L’élève se concentre sur l’analyse des résultats de simulation du comportement sous charge des châssis pour valider les choix des constructeurs au regard des performances mécaniques des matériaux utilisés et relevées dans une base de données.

Les supports mobilisés pour cette séquence d’enseignement transversal respectent les principes d’intégration, de transversalité et de complétude. Le caractère innovant des supports pédagogiques utilisés permet d’augmenter l’attractivité de la séquence. Le critère de nouveauté est par conséquent respecté.

**Question 2**

Le travail proposé vise les objectifs 7 et 8 du programme de la spécialité ITEC. Les activités pratiques proposées permettront :

* de définir, à l’aide d’un modeleur numérique, les formes et dimensions d'une pièce d'un mécanisme à partir des contraintes fonctionnelles, de son principe de réalisation et de son matériau (CO7.itec3),
* de définir, à l’aide d’un modeleur numérique, les modifications d'un mécanisme à partir des contraintes fonctionnelles (CO7.itec4),
* de paramétrer un logiciel de simulation mécanique (CO8.itec2),
* d’ interpréter les résultats d'une simulation mécanique pour valider une solution ou modifier une pièce ou un mécanisme(CO8.itec3).

Ce travail s’inscrit dans le prolongement des activités menées en enseignement transversal. Les élèves ont en charge de proposer des modifications des formes et/ou des matériaux des structures porteuses dans le but d’alléger ces structures tout en conservant les propriétés de rigidité.

3 groupes d’élèves travailleront sur trois systèmes différents : l’hydroplaneur, la voiture télécommandée et le robot aspirateur. Au sein de chaque groupe, des missions seront assignées par binôme d’élèves pour étudier différents cas de chargement des structures correspondants à différents cas d’utilisation.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| système | Groupe | binôme | Cas d’utilisation |
| hydroplaneur | G1 | B1 | Utilisation en exploitation normale |
| B2 | Mise à l’eau de l’hydroplaneur (élingage) |
| Robot aspirateur | G2 | B1 | Utilisation en exploitation normale |
| B2 | Manipulation du robot par l’utilisateur |
| B3 | Ecrasement du robot par le pied d’une personne |
| Voiture télécommandée | G3 | B1 | Utilisation en exploitation normale |
| B2 | Manipulation de la voiture par l’utilisateur |
| B3 | Choc frontal |

Des mini-revues de projet permettront aux binômes d’un groupe de confronter les résultats des différentes études menées de manière à arrêter les modifications de formes et de matériaux choisies. La dernière heure de travail en groupe allégée sera consacrée à la restitution des travaux. La préparation des présentations orales pour la phase de restitution peut être externalisée et effectuée dans le cadre d’un travail mené en centre de documentation et d’information.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **SÉQUENCE 8** | | | | Solutions constructives et comportement des structures dans les systèmes mécatroniques | | | | | | | | | | |
| **ORGANISATION** | **Centres d'intérêt abordés dans la séquence** (pas plus de 3) | | | | | | | | **Classe de 32 élèves ITEC / effectif du groupe** | | | | | **16 élèves** |
| 1 | | CI 3 | **Eco-conception des mécanismes** | | | | | | | | | |  |
| 2 | | CI 4 | **Structure, matériaux et protections d’un système** | | | | | | | | | |  |
| Nombre de semaines | | | 1 semaine |  | | Choix de l'utilisation de la DGH dans l'établissement | | | | **3** | Heures en classe entière | | |
| Horaire total de l’élève | | | 9 | h | | **6** | heures en groupes | | |
| Horaire élève CE \* | | | **3** | **h** | | **Activités en groupes allégés** | | | | | | | |
| Horaire élève groupe \* | | | **6** | **h** | |  | Hydroplaneur | | Robot aspirateur | | | Voiture télécommandée | |
| **Cours** | | | | | | **CI** | **CI 3 / CI 4** | | | | | | |
| **Sem 1** | 2.1 Conception des mécanismes - Influences du principe de réalisation et du matériau choisis sur les formes et dimensions d’une pièce simple | | | | 2h | Heures élèves | 5h | | | | | | |
| 2.2 Comportement d’un mécanisme et/ou d’une pièce | | | | Objectifs | L'objectif général de cette séquence est d'approfondir les relations optimisant la réalisation des systèmes mécaniques à travers leur conception et leur dimensionnement. L’optimisation de la masse de la structure tout en conservant les propriétés de rigidité sera ici recherchée. Cela induit l'approche de l'étude des comportements des structures en lien avec les matériaux qui les constituent. | | | | | | |
| Simulations mécaniques : modélisation et simulation (modèle simplifié et modèle numérique, validation des hypothèses) | | | |
| Résistance des matériaux : notion de contrainte et de déformation, loi de Hooke et module d’Young, limite élastique | | | |
| Interprétation des résultats d’une simulation : courbe, tableau, graphe, unités associées | | | | Nb élèves | 4 | | 6 | | | 6 | |
| Scénario de simulation pour comparer et valider une solution, modifier une pièce ou un mécanisme. | | | | Nb d’îlots | 2 | | 3 | | | 3 | |
| Structuration des connaissances | | | | 1h |  | Définition des cas de charge (charge ponctuelle, linéaire, surfacique), des appuis et interprétation des résultats (résistance et déformation). Influence des propriétés mécaniques d’un matériau et de la forme d’une structure sur le comportement sous charge de la structure. Démarche de choix des matériaux. | | | | | | |
| Evaluation sommative en groupe à effectifs allégés | | | | 1h | Objectifs | Paramétrer un modèle de simulation, analyser les résultats de la simulation et dérouler une démarche de choix d’un matériau. | | | | | | |

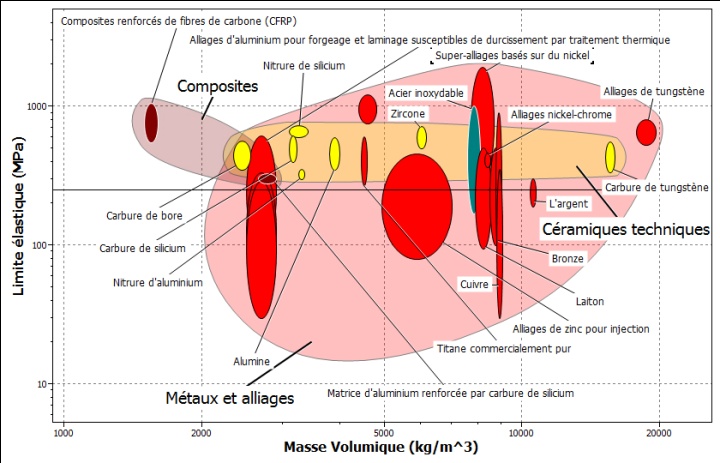
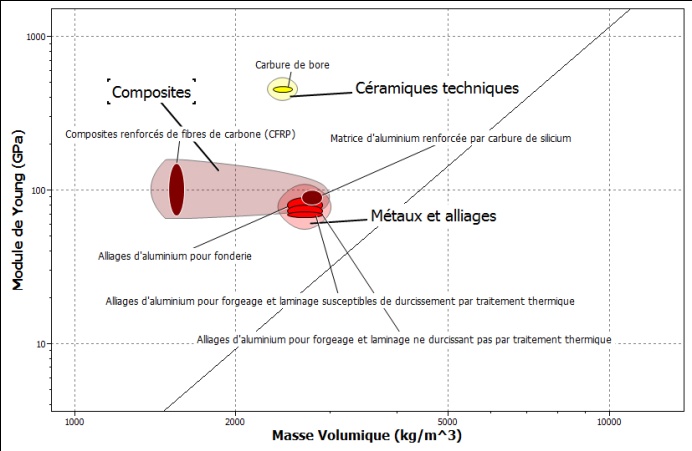
**Question 3**

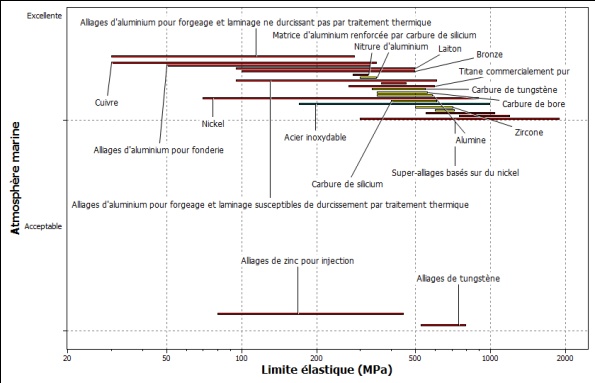
L’activité pratique portée par l’hydroplaneur concerne un groupe de 4 élèves composé de deux binômes.

Elle s’étale sur une durée de 6 heures en groupes allégés. Elle prépare une phase de structuration des connaissances réalisée par l’enseignant et qui portera sur la démarche de choix d’un matériau (fonction, astreinte, objectif) et les critères de validation d’une structure au regard des exigences de résistance et de rigidité.

Le corps de l’hydroplaneur ou l’enveloppe assure la préservation des organes internes à l’hydroplaneur. Il doit résister à un champ de pression externe de l’ordre de 10MPa dans des conditions normales d’utilisation. Sa masse doit être définie précisément pour permettre la remontée de l’hydroplaneur à la surface libre de l’océan. Lors des mises à l’eau de l’hydroplaneur ou pendant les phases de récupération, l’hydroplaneur est élingué et un plongeur peut être amené à s’assoir sur l’enveloppe pendant la phase de transfert entre la surface libre de l’océan et le pont du bateau. Le cas de chargement de l’enveloppe s’en trouve modifié. Il convient également de vérifier le comportement de l’enveloppe dans cette situation particulière. Chaque binôme aura pour mission d’étudier un cas de charge de l’enveloppe. Dans tous les cas, les élèves devront vérifier la résistance de l’enveloppe et rechercher le meilleur couple forme/matériau pour l’enveloppe de l’hydroplaneur. Dans les deux cas les élèves chercheront à minimiser la masse embarquée. Une mini revue de projet organisée dans la deuxième moitié du temps prévu pour cette activité permettra aux deux binômes de confronter leurs résultats de simulation et aboutir à un consensus sur le choix du matériau, la définition de la forme de l’enveloppe et les épaisseurs des parois à retenir pour minimiser au maximum la masse de l’hydroplaneur.

Pour y parvenir, les élèves disposent :

* d’une maquette 3D complète de l’hydroplaneur avec une définition de l’enveloppe non optimisée. Les surfaces de l’enveloppe, supports des cas de charge et des appuis seront préparées par l’enseignant pour faciliter le travail des élèves dans le réglage des paramètres du modèle en vue de la simulation,
* d’un module de simulation de comportement des structures par calcul par éléments finis,
* d’un dossier technique décrivant les conditions d’exploration de l’hydroplaneur (profondeur, température,…) et les conditions d’élingage de l’hydroplaneur,
* d’une base de données numérique comportant des informations complètes sur les propriétés techniques et économiques, et environnementales sur les matériaux et les procédés,
* des graphiques de sélection des matériaux au format numérique et préparés par l’enseignant ( masse volumique/limite élastique et masse volumique/module d’Young),
* d’un outil logiciel de planification des tâches.
* 



Exemples des cartes mises à disposition des élèves.

Les élèves auront à :

* planifier les tâches à réaliser en groupe de façon à respecter le temps imparti pour l’activité,
* analyser les cas de chargement de l’enveloppe à mettre en place en vue de la simulation,
* définir les appuis pour permettre la simulation,
* analyser les résultats de la simulation (contrainte maximale, déformation),
* rechercher le matériau franchissant les astreintes successives (masse volumique, comportement en atmosphère marine, résistance, rigidité,…),
* modifier les épaisseurs et la nature du matériau sur le modèle puis relancer la simulation,
* confronter, en revue de projet, les résultats d’analyse dans le but d’opérer un choix définitif du matériau et des épaisseurs à retenir pour l’enveloppe de l’hydroplaneur,
* constituer le dossier de l’étude comportant les résultats de la simulation en vue de la revue de projet,
* préparer les éléments de communication permettant de nourrir la restitution des travaux en classe.

**Question 4**

La séquence pédagogique prévue en spécialité déroule 3 activités pratiques de découverte structurées par une démarche de résolution de problème technique. Chaque activité portée respectivement par l’hydroplaneur, le robot aspirateur et la voiture télécommandée se déroule sur le même principe d’organisation que l’activité décrite à la question précédente.

Une évaluation par compétences durant l’activité pratique et au cours de la mini-revue de projet peut être envisagée. Elle s’appuiera sur les indicateurs extraits des grilles d’évaluation des projets et en relation avec les compétences CO7.3, CO7.4, CO8.1 et CO8.2.

Pendant la restitution, des compétences de communication pourront être évaluées. L’élève sera évalué sur ses capacités à :

* décrire une idée, un principe, une solution, un projet en utilisant des outils de représentation adaptés,
* décrire le fonctionnement et/ou l’exploitation d’un système en utilisant l'outil de description le plus pertinent,
* présenter et argumenter des démarches et des résultats.

Enfin une évaluation sommative s’appuyant sur une étude de dossier technique mobilisant un support différent de ceux mobilisés lors des activités pratiques menées en spécialité permettra de vérifier les aptitudes de l’élève à dérouler une méthode de choix de matériau par application successive d’astreinte en relation avec un objectif de réduction de la masse d’un système. Le support du drône peut être un excellent support d’évaluation. Les pieds du drône fortement sollicités au moment de l’accostage avec le sol peuvent être un bon sujet d’étude. Ce support présente l’avantage d’avoir déjà été travaillé en enseignement technologique transversal. Les élèves pourront donc se concentrer rapidement sur la problématique de choix de matériau et de validation des formes des pieds du drône sans être gênés par un temps d’appropriation du système étudié trop long.

Dans ses modalités, cette évaluation peut être menée en groupe allégés et en mobilisant les applications logicielles requises de simulation de comportement sous charge et de choix de matériaux. Il est bien entendu que l’évaluation de l’élève ne porte pas sur sa capacité à mettre en œuvre les fonctionnalités d’un outil logiciel mais bien sur ses aptitudes à régler les paramètres d’un modèle de simulation, interpréter les résultats de la simulation et dérouler une méthode de choix de matériaux par application d’astreintes successives.