

## Présentation du support d'étude :

---

L'objectif de la séquence, en direction d'élèves de classe de première STI2D, est d'étudier le produit "Aspirateur autonome" en associant le concept d'étude MEI (Matière-Énergie-Information) propre à la réforme de la formation STI2D de 2019.

Cette séquence a pour finalité :



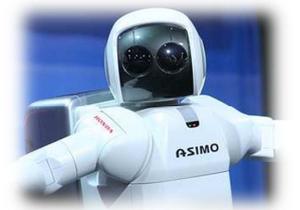
- L'étude de l'innovation technologique et du design du produit ainsi que son impact environnemental
- L'étude fonctionnelle et structurelle du produit
- L'étude du comportement du produit dans sa conception (**M**), son déplacement (**E**), sa détection des obstacles (**I**) et sa gestion de l'énergie (**E**)
- L'étude des solutions technologiques pour sa construction
  - La réalisation d'une maquette mettant en œuvre les concepts de la robotique et des produits mécatroniques

## Mise en situation :

---

Sur le thème du Confort : étude de la robotique domestique

On attendait beaucoup du robot au sein de la maison : les systèmes androïdes, le robot de ménage qui saurait faire la vaisselle, changer les draps et faire la lecture aux enfants... Mais même si la robotique a investi la maison, appelée « maison domotique », force est de constater que la première décennie du millénaire n'aura pas été marquée par une arrivée massive du robot dans les foyers, et encore moins "d'humanoïdes". Que peut-on attendre de la domotique et du robot de service ?



Bien que des robots dits "d'accompagnement" font timidement leur apparition, et outre les assistants vocaux lancés par Google© ou Amazon© (Google assistant ou Alexia), il n'en demeure pas moins que la majeure partie des applications robotiques propres à réaliser les tâches du quotidien des humains concerne essentiellement le **robot aspirateur autonome**. Il est aujourd'hui le plus populaire à avoir investi la maison des particuliers.

## Problématique de la séquence :

---

**En quoi la robotique permet-elle d'améliorer le confort de vie domestique ?**

Afin de répondre à cette problématique, les élèves vont devoir étudier le produit *aspirateur autonome*, et ainsi s'approprier les concepts liés à la robotique et aux produits mécatroniques pour réaliser leur propre robot.



## Déroulement de la séquence :

---

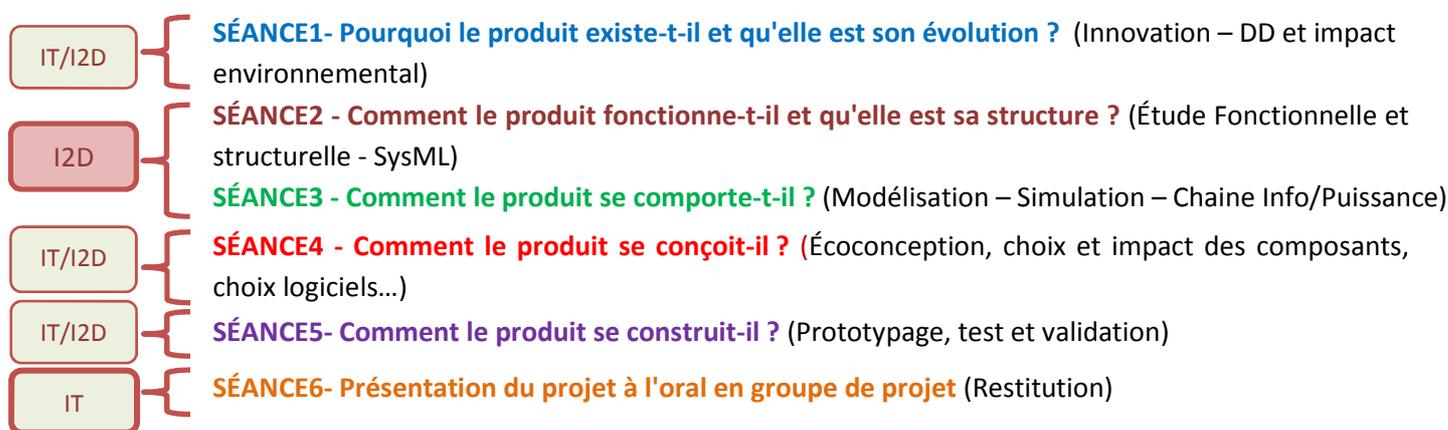
Celle-ci est divisée en **5 séances**, permettant l'étude jusqu'à la réalisation du produit "Aspirateur autonome". La notion de pédagogie de projet est privilégiée dans cette séquence, car elle contribue fortement au développement des compétences et connaissances associées du programme en donnant **du sens aux apprentissages**. L'objectif principal est d'amener les élèves à une certaine autonomie et compétences leur permettant de réaliser le projet de fin d'année de première.

L'organisation des séances implique une étude de compétences et de connaissances liées aux deux spécialités que sont IT (Innovation Technologique) et I2D (Ingénierie et Développement Durable) :

	IT	I2D
Principes de conception des produits et développement durable	50 %	5 %
Approche fonctionnelle et structurelle des produits	-	25 %
Approche comportementale des produits	-	35 %
Éco-conception des produits	20 %	20 %
Solutions constructives	15 %	5 %
Prototypage et expérimentations	15 %	10 %

[Ressources d'accompagnement – eduscol.education.fr](https://eduscol.education.fr)

Chaque séance se doit de répondre à une **problématique**, l'ensemble de ces problématiques permettant la mise en œuvre par les élèves du produit sous forme d'un mini-projet :



Cette organisation des séances est propice aux apprentissages de l'élève : "**apprends en faisant... et fais pour apprendre**". Il devient ainsi acteur de la pédagogie collaborative, avec comme chef d'orchestre ses professeurs. L'élève vit une aventure personnelle, puis collective mais également interdisciplinaire. Nous donnons ainsi non seulement du sens à la discipline technologique, mais également à **TOUTES** les disciplines auxquelles l'élève est astreint : il ne subit plus l'enseignement mais devient un "**acteur**" de son propre apprentissage, avec pour finalité la mise en œuvre de son prototype au sein d'un groupe de projet.

## Modalités d'évaluation :



**Évaluation des compétences** : - Revue de Projet (Fin de la SÉANCE 5)  
- Présentation orale du mini-Projet (SÉANCE 6)

**Évaluation des connaissances** : - Étude du Robot Tondeuse– Sujet format Type BAC (3H)





- **Phase d'investigation (1H30) : Quelle est la structure du Robot aspirateur ?**

- À partir du dossier technique et en observant le système réel présent au lycée, recherche des différents composants constituant l'élément "Robot Aspirateur".
- Les élèves complètent alors le diagramme de définition de bloc de l'élément "Robot Aspirateur"

- **Phase de recherche (1H00) : Quels sont les échanges entre les constituants du Robot aspirateur ?**

- À partir du dossier technique, recherche des échanges matière, énergie et information entre les différents constituants
- Les élèves complètent le diagramme de bloc interne de l'élément "Robot Aspirateur" en faisant apparaître les échanges matière, énergie et information entre les différents constituants
- Rappel du rôle du diagramme de bloc interne et des règles de construction

## 🔴 SÉANCE 3 : Comment le produit se comporte-t-il ? (I2D)

Durée 9H

### 🔧 Activité 1 : Comment le Robot se déplace-t-il ? (3H00)

#### Spécialité IT

À travers cette activité de préférence en effectif réduit, l'élève découvre le principe de réduction de vitesse nécessaire au déplacement du Robot. Il doit être capable de calculer le rapport de réduction d'un système poulies-courroie et d'un engrenage.

- **Situation déclenchante** : démonstration de l'enseignant du fonctionnement d'un moteur CC. Mise en évidence de la relation Tension/Vitesse et Couple/Courant.
- **Questionnement** : participation orale avec la classe sur la nécessité de réduire la vitesse de rotation d'un moteur CC pour le déplacement du Robot aspirateur.
- **Problème posé** : Comment adapter la vitesse de rotation du moteur ?

🔴 Étude par **modélisation** sous Inventor :

- Du système réducteur Poulies/Courroie
- Du système réducteur épicycloïdal

🔴 Étude et calcul du rapport de réduction global

- 🔴 Recherche de la vitesse de déplacement du robot aspirateur en observant le système réel présent au lycée pour le calcul de la vitesse de rotation du moteur

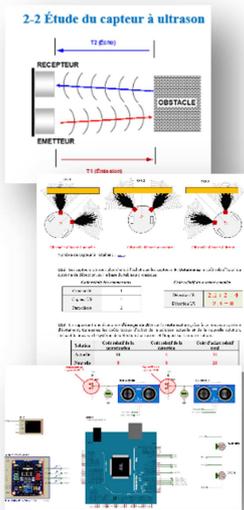
- 🔴 **Bilan** : les élèves complètent le **diagramme de bloc interne** en y faisant apparaître les vitesses en entrée et sortie de chaque constituant de la chaîne de puissance

## Activité 2 : Quelles sont les stratégies de déplacement ? (3H00)

### Spécialité I2D

À travers cette activité de préférence en effectif réduit, l'élève découvre le principe de détection des obstacles à distance (concept des ultrasons) et la programmation d'un nouveau scénario d'évitement afin d'augmenter l'autonomie du robot.

- **Situation déclenchante** : Analyse des stratégies d'évitement du robot aspirateur par observation du système réel présent au lycée.
  - **Questionnement** : participation orale avec la classe sur la gestion des obstacles et l'impact sur l'autonomie énergétique du produit.
  - **Problème posé** : Comment définir une nouvelle stratégie afin d'optimiser le déplacement ?
- Comparaison de deux stratégies d'évitement et analyse de l'impact sur le déplacement
  - Étude technologique du capteur à Ultrason (STEM) et son impact sur le prix de revient du produit
  - Étude de la **programmation** du nouveau modèle d'évitement sous **Arduino/Ardublock**
  - **Modélisation et simulation** de la solution programmée sous **Proteus ISIS** :
  - Mise en point et validation de la solution proposée

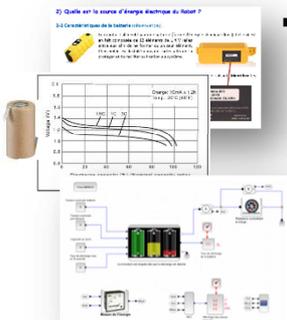


## Activité 3 : Comment assurer l'autonomie énergétique du produit ? (3H00)

### Spécialité I2D

À travers cette activité de préférence en effectif réduit, l'élève découvre les différentes technologies de batteries et la notion de décharge dite "profonde". Il doit être capable d'évaluer un écart entre le comportement du réel et les résultats fournis par un modèle multiphysique.

- **Situation déclenchante** : Observation par les élèves de différentes batteries présentées par l'enseignant, avec relevé des caractéristiques affichées. Montrer par une simple mesure au voltmètre que la tension d'une batterie ne correspond pas à la valeur de charge affichée sur un téléphone portable.
  - **Questionnement** : participation orale avec la classe sur la notion de "charge restante" en lien avec la capacité d'une batterie.
  - **Problème posé** : Comment évaluer l'autonomie énergétique du robot ?
- Étude et comparaison des différentes technologies de batteries à partir de documents ressources
  - Analyse de l'autonomie du robot aspirateur par observation des éléments de la batterie
  - Étude du comportement d'une batterie par **modélisation multiphysique** sous **Scilab**. Analyse de l'influence des différents paramètres du modèle.
  - Bilan : conclure sur la validité du modèle de simulation



## SEANCE 4 : Comment le produit se conçoit-il ? (IT-I2D)

Durée 6H

### Activité 1 : Conception numérique du produit (3H00)

#### Spécialité IT



À travers cette activité de préférence en effectif réduit, l'élève découvre comment élaborer une maquette numérique du produit. Il doit être capable à la fin de l'activité de modifier/compléter un assemblage à partir d'un document fourni par l'enseignant.

- **Situation déclenchante** : L'enseignant présente aux élèves le support et les composants qu'ils vont devoir mettre en œuvre pour le prototypage du robot aspirateur.
- **Questionnement** : participation orale avec la classe sur la nécessité d'agencer correctement les composants sur le châssis, mais aussi de créer des éléments de support pour la fixation sur celui-ci.
- **Problème posé** : Comment concevoir la mise et le maintien en position des composants sur la maquette ?

#### Réalisation des supports sous Inventor :

- Chaque élève du groupe projet doit réaliser un support pour un composant qu'il devra mettre en œuvre lors du prototypage
- Le groupe entier doit effectuer sur la maquette numérique l'agencement des composants et valider ainsi le placement des composants.

### Activité 2 : Conception logicielle du produit (3H00)

#### Spécialité I2D

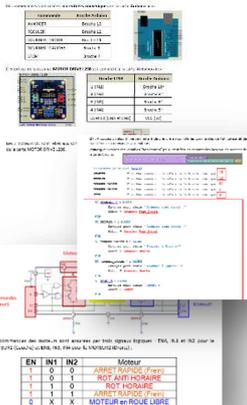
À travers cette activité de préférence en effectif réduit, l'élève découvre comment programmer les éléments de puissance permettant le déplacement du robot. Il doit être capable à la fin de l'activité de modifier/compléter un programme à partir d'un document fourni par l'enseignant, de le tester sur simulateur et de le mettre au point. Une attention toute particulière est apportée sur le débogage du programme afin de faciliter sa mise au point.

- **Situation déclenchante** : L'enseignant présente aux élèves à partir d'une maquette constituée de 2 roues motrices les notions de commande nécessaires pour les différentes directions souhaitées (Avancer, Reculer, tourner à gauche, pivoter...)
- **Questionnement** : participation orale et démonstration avec la classe sur l'influence du signe de la tension appliquée au moteur pour lui donner un sens de rotation, et des différentes combinaisons possibles avec deux roues motrices.
- **Problème posé** : Comment modifier la direction du Robot par programmation ?

#### Étude de l'interface de puissance L298 (Pont en H)

#### Définition des différentes commandes nécessaires aux différentes directions du robot

- Programmation du robot à partir de 5 commandes de base et d'un algorithme donné par l'enseignant



- Modélisation puis simulation du programme
- Test et mise au point du programme par débogage

## **SÉANCE 5 : Comment le produit se construit-il ? (IT-I2D)**

**Durée 12H**

### **Activité 1 : Réalisation du Prototype (9H00)**

#### *Spécialité IT*

Chaque élève de chaque groupe de projet doit mettre en œuvre une fonction de la maquette. L'ensemble correspond à 4 tâches indépendantes :

- Tâche 1 :** - Conception du support de la batterie et de l'interrupteur M/A.  
 - Programmation de la surveillance de la tension batterie et de l'info visuelle
- Tâche 2 :** - Conception du support des capteurs Ultrasons.  
 - Programmation de la détection d'obstacles et de l'alerte Sonore
- Tâche 3 :** - Conception du support du bouton poussoir.  
 - Programmation du déplacement du Robot et du bouton M/A
- Tâche 4 :** - Conception de la grille de protection du ventilateur (aspiration)  
 - Programmation de l'aspiration lorsque le robot est en mouvement

Les élèves doivent se réapproprier l'ensemble des compétences et connaissances abordées lors de l'étude du produit, et les mettre en application pour la réalisation de la tâche qui leur a été attribuée. L'enseignant a un rôle important dans cette activité puisqu'il doit guider les élèves vers les solutions, sans jamais leur apporter LA solution. Il doit apporter ses compétences pour une mise en situation de réussite des élèves, indispensable à la bonne démarche du projet.

### **Activité 2 : Tests, mesures et validation (3H00)**

#### *Spécialité I2D*

Chaque élève de chaque groupe de projet doit par un protocole de tests et des mesures définis avec l'enseignant montrer à celui-ci que son prototype est valide.

- Tâche 1 :** Comparer la mesure au voltmètre de la tension batterie avec la valeur mesurée par le système microprogrammé
- Tâche 2 :** Vérifier par mesure avec une règle ou un mètre la distance mesurée par le système microprogrammé, et la distance minimale de détection.
- Tâche 3 :** Vérifier par mesure avec voltmètre la présence de tension aux bornes du moteur et l'adéquation entre le signe de la tension et la commande demandée. Mesurer le courant consommé et valider l'autonomie du système.
- Tâche 4 :** Vérifier le courant consommé par l'aspiration et valider le choix de n'aspirer les poussières que si le robot est en déplacement (autonomie).

**Évaluation des compétences :** Une revue de projet individuelle est organisée à la fin de cette activité suivant une grille de compétences établie par l'enseignant : CO1.1, CO1.2, CO3.1, CO3.2, CO3.4, CO6.1, CO6.3



À noter que ces compétences ne sont pas évaluées lors de la restitution orale.

## ● SÉANCE 6 : Présentation du projet à l'oral en groupe de projet (IT)

Durée 3H

Spécialité IT



**Évaluation des compétences** : Chaque groupe de projet devra réaliser un support présentant l'ensemble des travaux réalisés lors de la mise en œuvre du projet. Une présentation orale de 5' sera effectuée pour chaque groupe de projet, présentant dans l'ensemble les éléments de conception et de programmation, ainsi que les résultats obtenus lors du mini-projet.

Cette présentation sera ensuite suivie de 5' d'entretien avec l'enseignant. Les compétences ciblées lors de cette présentation orale sont les suivantes :

CO2.1, CO4.1, CO5.2, CO5.5, CO7.1

Compétences évaluées	
<b>D2</b>	<b>Identifier les éléments influents du développement d'un produit</b>
CO2.1	Décoder le cahier des charges d'un produit, participer, si besoin, à sa modification
CO2.2	Évaluer la compétitivité d'un produit d'un point de vue technique et économique
<b>D4</b>	<b>Communiquer une idée, un principe ou une solution technique, un projet y compris en langue étrangère</b>
CO4.1	Décrire une idée, un principe, une solution, un projet en utilisant des outils de représentation adaptés
<b>D5</b>	<b>Imaginer une solution, répondre à un besoin</b>
CO5.2	Identifier et justifier un problème technique à partir de l'analyse globale d'un produit (approche matière-énergie-information)
CO5.4	Planifier un projet (diagramme Gantt, chemin critique) en utilisant les outils adaptés et en prenant en compte les données technicoéconomiques
CO5.5	Proposer des solutions à un problème technique identifié en participant à des démarches de créativité, choisir et justifier la solution retenue.
<b>D7</b>	<b>Expérimenter et réaliser des prototypes ou des maquettes</b>
CO7.1	Réaliser et valider un prototype ou une maquette obtenus en réponse à tout ou partie du cahier des charges initial



## ● BILAN – EVALUATION ECRITE (3H) : Étude MEI du produit robot tondeuse, format type BAC (épreuve E3C).

**ANNEXE : Dossier Technique**  
DT1 : Analyse SystMI du produit  
Diagramme initial des Besoins :  
Robot Tondeuse

**2) PARTIE 2 : Étude structurelle du robot**  
Q2 : À partir du document technique DT1, indiquez par leur identifiant (IG) les éléments nécessaires à la réalisation des actions suivantes :

**Innovation technologique, Ingénierie et développement durable**  
Évaluation SÉQUENCE 1  
Étude du Robot Tondeuse

**Q2** : À partir du document technique DT1, indiquez par leur identifiant (IG) les éléments nécessaires à la réalisation des actions suivantes :

**Q3** : À partir du document technique DT1, complétez le placement du Robot sur le document réponse DR3

**du robot**  
Le déplacement du robot

**Robot tondeuse**  
Le déplacement du robot

**COEFFICIENT : 4**  
L'USAGE DE TOUT MOYEN DE CALCULatrice, AVEC OU SANS MOYEN EXAMEN, EST AUTORISÉ. LE COUROS EST AUTORISÉ.  
Ce sujet comporte 16 pages numérotées de la page 1 à la page 1616.  
Avant de composer, assurez-vous que l'exemplaire qui vous a été remis est bien complet.  
Sous peine de nullité, il est interdit de consulter les documents (manuel, notes de cours, etc.) pendant la durée de l'épreuve.  
Lors des applications numériques, les résultats seront donnés avec un nombre de chiffres significatifs cohérent avec ceux de l'énoncé et une précision particulière sera portée sur ces chiffres.  
La copie des énoncés et de la qualité de la rédaction interviennent dans l'évaluation des copies.  
Les parties du sujet sont indépendantes et peuvent être traitées séparément dans l'ordre choisi par le candidat ou le candidat.

**Mise en situation**  
Le tondeuse robot permet la tonte en autonomie complète d'une pelouse dont la surface maximum de la zone de tonte peut avoisiner 2200 m<sup>2</sup>. Pour une surface supérieure, plusieurs zones de tonte peuvent être définies.  
Chaque zone de tonte est délimitée par un fil électrique périmétrique tendu à même le sol et alimenté par un boîtier électronique (commutateur de périmètre). La mise en service du commutateur de périmètre permet l'établissement d'un champ magnétique reconnaissable par le tondeuse robot.  
Les zones de tonte interdites (parties de fleurs, piscines, bassins, etc.) sont également délimitées par un champ magnétique. Les obstacles (pièces, murs, etc.) sont eux également évités par le tondeuse robot (détecteurs dans les pare-chocs).

### Évaluation des Connaissances :

- PARTIE 1 : Étude fonctionnelle du robot
- PARTIE 2 : Étude structurelle du robot
- PARTIE 3 : Étude du déplacement du robot
- PARTIE 4 : Étude de l'autonomie du robot
- PARTIE 5 : Étude de la programmation du robot
- PARTIE 6 : Étude environnementale

## Objectifs et compétences visées :

---

### SÉANCE 1 : Pourquoi et vers quoi le produit évolue-t-il ?

#### Durée 6H

- O1** - Caractériser des produits ou des constituants privilégiant un usage raisonné du point de vue développement durable
- O2** - Identifier les éléments influents du développement d'un produit

#### Activité 1 : Étude Innovation Technologique et Design (3H)

- CO1.2.** Justifier le choix d'une solution selon des contraintes d'ergonomie et de design
- CO2.2.** Évaluer la compétitivité d'un produit d'un point de vue technique et économique

#### Activité 2 : Analyse impact Environnemental (3H')

- CO1.3.** Justifier les solutions constructives d'un produit au regard des performances environnementales et estimer leur impact sur l'efficacité globale

---

### SÉANCE 2 : Comment le produit fonctionne-t-il et qu'elle est sa structure ?

#### Durée 6H

- O3** - Analyser l'organisation fonctionnelle et structurelle d'un produit

#### Activité 1 : Étude fonctionnelle (3H00) – SysML

- CO3.1.** Identifier et caractériser les fonctions d'un produit
- CO3.3.** Identifier et caractériser le fonctionnement temporel d'un produit ou d'un processus

#### Activité 2 : Étude Structurelle (3H00) - SysML

- CO3.1.** Identifier et caractériser les constituants d'un produit ainsi que ses entrées/sorties
- CO3.4.** Identifier et caractériser des solutions techniques

---

### SÉANCE 3 - Comment le produit se comporte-t-il ?

#### Durée 9H

- O6 – Préparer une simulation et exploiter les résultats pour prédire un fonctionnement, valider une performance ou une solution**

#### Activité 1 : Étude de la motricité du Robot (3H) – Modélisation Inventor

- 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
- CO4.2.** Décrire le fonctionnement et/ou l'exploitation d'un produit en utilisant l'outil de description le plus pertinent

#### Activité 2 : Étude de la détection des obstacles (3H) - Modélisation Proteus ISIS

- CO3.1.** Identifier et caractériser les constituants d'un produit ainsi que ses entrées/sorties
- CO6.4.** Choisir pour une fonction donnée, un modèle de comportement à partir d'observations ou de mesures faites sur le produit

#### Activité 3 : Étude de l'autonomie énergétique (3H) - Modélisation Scilab / Mesures sur système

- CO3.4.** Identifier et caractériser des solutions techniques
- CO6.2.** Identifier et régler des variables et des paramètres internes et externes utiles à une simulation mobilisant une modélisation multiphysique

**C06.3.** 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

#### **SÉANCE 4 - Comment le produit se conçoit-il ?**

**Durée 6H**

**O5** - Imaginer une solution, répondre à un besoin

**O6** – Préparer une simulation et exploiter les résultats pour prédire un fonctionnement, valider une performance ou une solution

#### **Activité 1 : Étude et conception des éléments supports du Robot (M) – Inventor (3H)**

**C05.5** Proposer des solutions à un problème technique identifié en participant à des démarches de créativité, choisir et justifier la solution retenue

**C05.6** Participer à une étude de design d'un produit dans une démarche de développement durable

**C05.7** Définir la structure matérielle, la constitution d'un produit en fonction des caractéristiques technico-économiques et environnementales attendues

#### **Activité 2 : Étude des constituants de puissance (E) et conception logiciel du Robot (I) - Proteus ISIS et Arduino (3H)**

**C05.3** Mettre en évidence les constituants d'un produit à partir des diagrammes pertinents.

**C03.1** Identifier et caractériser les fonctions et les constituants d'un produit ainsi que ses entrées/sorties

**C06.2** Identifier et régler des variables et des paramètres internes et externes utiles à une simulation mobilisant une modélisation

#### **SÉANCE 5 : Comment réaliser et valider le fonctionnement du produit ?**

**Durée : 12H**

#### **O7 – Expérimenter et réaliser des prototypes ou des maquettes**

**C07.1.** Réaliser et valider un prototype ou une maquette obtenus en réponse à tout ou partie du cahier des charges initial.

**C07.2.** 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

**ACTIVITÉ 1 : Réalisation du Prototype (9H) - IT**

**ACTIVITÉ 2 : Tests, Mesures et validation (3H) – I2D**

#### **SÉANCE 6 : Présentation du projet à l'oral en groupe de projet**

**Durée : 3H**

#### **O4 - Communiquer une idée, un principe ou une solution technique, un projet, y compris en langue étrangère**

**C02.1.** Décoder le cahier des charges d'un produit, participer, si besoin, à sa modification

**C04.1.** Décrire une idée, un principe, une solution, un projet en utilisant des outils de représentation adaptés

**C05.2.** Identifier et justifier un problème technique à partir de l'analyse globale d'un produit (approche matière – énergie – information)

**C05.5.** Proposer des solutions à un problème technique identifié en participant à des démarches de créativité, choisir et justifier la solution retenue

**C07.1.** Réaliser et valider un prototype ou une maquette obtenus en réponse à tout ou partie du cahier des

**ACTIVITÉ : Préparation du support de présentation et Restitution orale (3H)**