Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE
DE L'ENSEIGNEMENT
SUPÉRIEUR,
DE LA RECHERCHE
ET DE L'INNOVATION

Classes préparatoires aux grandes écoles

Filière scientifique

Voies Mathématiques, physique et sciences de l'ingénieur (MPSI) et Mathématiques et physique (MP)

Annexe 3

Programmes de sciences industrielles de l'ingénieur

© Ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation, 2021

http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr

PROGRAMME DE SCIENCES INDUSTRIELLES DE L'INGÉNIEUR DANS LA FILIÈRE MPSI-MP

1. Objectifs de formation

1.1. Finalité

Le programme de sciences industrielles de l'ingénieur de la filière MPSI-MP s'inscrit dans un parcours de formation initiale pour accéder au titre d'ingénieur. Il trouve ses racines dans le choix de spécialités scientifiques au cycle terminal du lycée. L'objectif de ce programme est de proposer des contenus d'enseignements qui permettent de développer progressivement les compétences nécessaires à l'intégration dans une grande école et à l'exercice des métiers d'ingénieurs. Ce programme est ambitieux quant au développement de compétences scientifiques et technologiques qui soutiennent l'expertise du futur ingénieur. Il l'est aussi pour le développement de compétences transversales nécessaires pour communiquer, travailler en équipe, exercer un sens critique et des responsabilités de manière éthique et déontologique. En cohérence avec les objectifs du cycle initial de la formation aux métiers de l'ingénierie, ce programme contribue à la pédagogie par les STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*).

1.2. Objectifs généraux

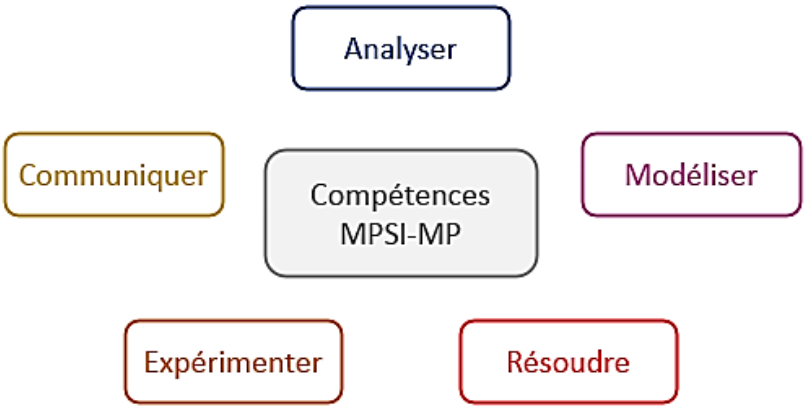
Les ingénieurs doivent être en capacité de résoudre de façon innovante des problèmes inédits afin de répondre aux besoins des personnes et d'apporter un progrès dans leur qualité de vie. Ils participent aux processus de développement des systèmes à chaque étape de leur cycle de vie, de la caractérisation du besoin jusqu'au recyclage, en respectant les contraintes de développement durable et d'écoconception.

Cette capacité des ingénieurs à proposer des solutions innovantes est plus que jamais indispensable au développement d'une industrie capable de faire face aux grands enjeux sociétaux, économiques et environnementaux. Ces enjeux sont notamment ceux de la transition énergétique, la préservation de la qualité de l'environnement, la progression des technologies du numérique, la mutation des métropoles et des territoires, l'évolution des besoins alimentaires et des exigences en matière de santé pour des humains toujours plus nombreux sur notre planète. Dans un contexte de concurrence mondialisée, la capacité d'innovation des ingénieurs est nécessaire à l'industrie de notre pays qui doit demeurer compétitive et souveraine.

Les objectifs généraux du programme de MPSI-MP visent à développer les compétences clés dans le large domaine des sciences industrielles de l'ingénieur qui sont nécessaires à l'exercice du métier d'ingénieur. Celles-ci sont consolidées et complétées par la formation poursuivie jusqu'à l'obtention du titre d'ingénieur.

L'enseignement en MPSI-MP se donne également pour objectif d'apporter aux étudiants des méthodes et des outils qui leur permettront de s'adapter aux évolutions permanentes des sciences et des technologies et de communiquer avec l'ensemble des acteurs associés à l'exercice des métiers d'ingénieurs et scientifiques.

© Ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation, 2021

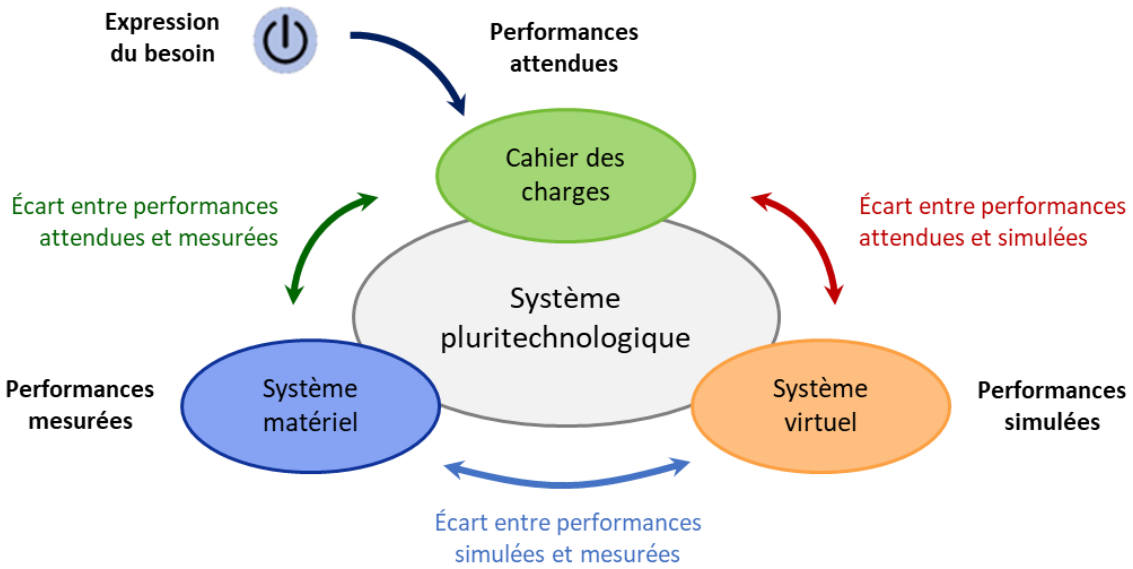


Les compétences générales de l'ingénieur développées en MPSI-MP

1.3. La démarche des enseignements en MPSI-MP

L'approche pédagogique et didactique des enseignements en MPSI-MP s'organise autour de systèmes pluritechnologiques. Chaque système est défini à partir de besoins fonctionnels et d'exigences, de modèles numériques et d'un système matériel. Un système sera étudié dans sa globalité à partir de ces trois approches imbriquées :

- la réalité du besoin ou exigences fonctionnelles. Elle se décline dans le cahier des charges défini avec un client ;
- la réalité virtuelle d'un système. Elle se traduit dans l'élaboration d'un modèle permettant de simuler son comportement afin d'en prévoir et d'en évaluer les performances ;
- la réalité matérielle d'un système. Les performances du système matériel sont mesurées par expérimentation.



La démarche pédagogique et didactique en sciences industrielles de l'ingénieur

Les objets et les systèmes, dans leur complexité, mobilisent plusieurs formes d'énergie et sont communicants. Ils sont pluritechnologiques.

© Ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation, 2021

La démarche en sciences industrielles de l'ingénieur en MPSI-MP vise à :

- s'approprier les trois réalités du système pluritechnologique (le cahier des charges, le système virtuel et le système matériel) ;
- comparer les performances issues de ces trois réalités ;
- optimiser le système virtuel et le système matériel afin de faire converger leurs performances vers celles attendues au cahier des charges.

Les contenus du programme de MPSI-MP permettent aux étudiants d'investir complètement la démarche de l'ingénieur en s'intéressant à toutes les représentations des systèmes. Pour cela les enseignements en MPSI-MP installent progressivement l'ensemble des connaissances et des compétences nécessaires à la maitrise des différentes représentations d'un même objet ou système, à la comparaison des différentes performances, à l'optimisation des systèmes dans leurs réalités numérique et matérielle, afin de répondre aux attentes du client.

Des solutions innovantes sont modélisées de façon numérique. Ces modèles numériques permettent la simulation du comportement des systèmes pluritechnologiques afin d'obtenir des performances simulées. Une démarche expérimentale menée sur des systèmes existants vient enrichir les compétences des étudiants au service de la démarche de l'ingénieur. Elle permet la comparaison des performances simulées et mesurées avec celles attendues au cahier des charges afin d'optimiser tout ou partie du modèle numérique.

1.4. Usage de la liberté pédagogique

Le programme définit les obligations faites aux professeurs des contenus à enseigner, les mêmes pour tous les étudiants, garantes de l'équité d'une formation offrant à chacun les mêmes chances de réussite. Les finalités et objectifs généraux de la formation en sciences industrielles de l'ingénieur laissent aux enseignants le choix pédagogique de l'organisation des enseignements et de ses méthodes. La nature des enseignements en sciences industrielles de l'ingénieur suppose la mise en œuvre d'une didactique naturellement liée à la discipline qui impose une réflexion sur le développement des compétences, la transmission des connaissances et leur ordonnancement dans la programmation des apprentissages. Les supports d'enseignement sont choisis afin d'être représentatifs des solutions innovantes pour répondre aux besoins actuels. Les solutions contemporaines sont mises en perspective avec l'histoire des sociétés, des sciences et des techniques, avec les préoccupations de respect de l'environnement et des ressources naturelles, de façon à construire les bases d'une culture d'ingénieur éthique et responsable.

2. Programme

Le programme est organisé en cinq compétences générales déclinées en compétences attendues qui pourront être évaluées en fin de cycle.

Partant de ces indications de fin de cycle, le programme détaille les compétences développées, précise les connaissances associées et fournit un indicateur de positionnement temporel dans le cycle.

© Ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation, 2021

Les compétences développées et les connaissances associées sont positionnées dans les semestres, cela signifie :

- qu'elles doivent être acquises en fin du semestre précisé ;
- qu'elles ont pu être introduites au cours des semestres précédents ;
- qu'elles peuvent être mobilisées aux semestres suivants.

Les compétences générales et compétences attendues sont détaillées ci-dessous.

A – Analyser
- A1 – Analyser le besoin et les exigences
- A2 – Définir les frontières de l'analyse
- A3 – Analyser l'organisation fonctionnelle et structurelle
- A4 – Analyser les performances et les écarts

B – Modéliser
- B1 – Choisir les grandeurs physiques et les caractériser
- B2 – Proposer un modèle de connaissance et de comportement
- B3 – Valider un modèle

C – Résoudre
- C1 – Proposer une démarche de résolution
- C2 – Mettre en œuvre une démarche de résolution analytique
- C3 – Mettre en œuvre une démarche de résolution numérique

D – Expérimenter
- D1 – Mettre en œuvre un système
- D2 – Proposer et justifier un protocole expérimental
- D3 – Mettre en œuvre un protocole expérimental

E – Communiquer
- E1 – Rechercher et traiter des informations
- E2 – Produire et échanger de l'information

Les liens avec l'enseignement d'informatique du tronc commun sont identifiés par le symbole $\leftrightarrows I$.

Les compétences identifiées par le signe (*) sont développées uniquement pour les MPSI option Sciences de l'Ingénieur au second semestre bénéficiant des 2 heures hebdomadaires d'activités pratiques à caractère expérimentale (TP).

© Ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation, 2021

A – Analyser

A1 – Analyser le besoin et les exigences

Compétences développées	Connaissances associées	Semestre
Décrire le besoin et les exigences.	Ingénierie Système et diagrammes associés. Cahier des charges.	S1
Commentaires *La connaissance de la syntaxe d'un langage d'Ingénierie Système n'est pas exigible.* *La structure des diagrammes d'Ingénierie Système (SysML) est fournie. Ils peuvent être proposés à lire ou à compléter.*		

Traduire un besoin fonctionnel en exigences.	Impact environnemental. Analyse du cycle de vie (extraction, fabrication, utilisation, fin de vie, recyclage et transport). Critères et niveaux.	S1
Définir les domaines d'application et les critères technico-économiques et environnementaux.		
Qualifier et quantifier les exigences.		
Évaluer l'impact environnemental et sociétal.		
Commentaire *Il s'agit de prendre en compte les exigences liées au développement durable et sensibiliser aux aspects sociétaux.*		

A2 – Définir les frontières de l'analyse

Compétences développées	Connaissances associées	Semestre
Isoler un système et justifier l'isolement.	Frontière de l'étude. Milieu extérieur.	S2
Définir les éléments influents du milieu extérieur.		
Identifier la nature des flux échangés traversant la frontière d'étude.	Flux de matière, d'énergie et d'information (définition, nature et codage).	S2

© Ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation, 2021

A3 – Analyser l'organisation fonctionnelle et structurelle

<table>
<tr><th>Compétences développées</th><th>Connaissances associées</th><th>Semestre</th></tr>
<tr><td>Associer les fonctions aux constituants.</td><td rowspan="4">Architecture fonctionnelle et structurelle.
Diagramme de définition de blocs.
Diagramme de bloc interne.
Chaines fonctionnelles (chaine d'information et chaine de puissance).
Fonctions acquérir, traiter et communiquer.
Fonctions alimenter, moduler, convertir, transmettre et agir.
Systèmes asservis et séquentiels.</td><td>S2</td></tr>
<tr><td>Justifier le choix des constituants dédiés aux fonctions d’un système.</td><td>S4</td></tr>
<tr><td>Identifier et décrire les chaines fonctionnelles du système.</td><td>S1</td></tr>
<tr><td>Identifier et décrire les liens entre les chaines fonctionnelles.</td><td>S1</td></tr>
<tr><td colspan="3">Commentaires
La description des chaines fonctionnelles de différents systèmes permet de construire une culture technologique.
Les chaines fonctionnelles, diagrammes de définition de blocs et diagrammes de bloc interne peuvent être à lire ou à compléter avec les éléments syntaxiques fournis.</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>Caractériser un constituant de la chaine d'information.</td><td>Capteurs :
– fonctions ;
– nature des grandeurs physiques d'entrées et de sorties ;
– nature du signal et support de l’information.</td><td>S2</td></tr>
<tr><td>Analyser un algorithme. ⇆ I</td><td>Définition et appel d’une fonction.
Variables (type et portée).
Structures algorithmiques (boucles et tests).</td><td>S1</td></tr>
<tr><td>Analyser les principes d'intelligence artificielle. ⇆ I</td><td>Régression et classification, apprentissages supervisé et non supervisé.
Phases d'apprentissage et d'inférence.
Modèle linéaire monovariable ou multivariable.
Réseaux de neurones (couches d'entrée, cachées et de sortie, neurones, biais, poids et fonction d'activation).</td><td>S3</td></tr>
</table>

© Ministère de l’enseignement supérieur, de la recherche et de l’innovation, 2021

Interpréter tout ou partie de l'évolution temporelle d'un système séquentiel.	Diagramme d'états. État, transition, événement, condition de garde, activité et action.	S2
Identifier la structure d'un système asservi.	Grandeurs d'entrée et de sortie. Capteur, chaine directe, chaine de retour, commande, comparateur, consigne, correcteur et perturbation. Poursuite et régulation.	S1
Commentaires *La connaissance de la syntaxe d'un langage d'Ingénierie Système n'est pas exigible. La structure des diagrammes d'Ingénierie Système (SysML) est fournie. Ils peuvent être proposés à lire ou à compléter.* *L'évolution temporelle des états et des variables d'un diagramme d'états est représentée sous la forme d'un chronogramme.*		

A4 – Analyser les performances et les écarts

Compétences développées	Connaissances associées	Semestre
Extraire un indicateur de performance pertinent à partir du cahier des charges ou de résultats issus de l'expérimentation ou de la simulation.	Ordre de grandeur. Homogénéité des résultats. Matrice de confusion (tableau de contingence), sensibilité et spécificité d'un test.	S4
Caractériser les écarts entre les performances.		
Interpréter et vérifier la cohérence des résultats obtenus expérimentalement, analytiquement ou numériquement. ⇆ *I*		
Rechercher et proposer des causes aux écarts constatés.		

© Ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation, 2021

B – Modéliser

B1 – Choisir les grandeurs physiques et les caractériser

Compétences développées	Connaissances associées	Semestre
Identifier les performances à prévoir ou à évaluer.	Grandeurs flux, grandeurs effort.	S4
Identifier les grandeurs d'entrée et de sortie d'un modèle.		
Identifier les paramètres d'un modèle.		
Identifier et justifier les hypothèses nécessaires à la modélisation.		

B2 – Proposer un modèle de connaissance et de comportement

Compétences développées	Connaissances associées	Semestre
Choisir un modèle adapté aux performances à prévoir ou à évaluer.	Phénomènes physiques. Domaine de validité. Solide indéformable.	S4
Compléter un modèle multiphysique.	Paramètres d'un modèle. Grandeurs flux et effort. Sources parfaites.	S3
Associer un modèle aux composants des chaines fonctionnelles.		
Commentaires *Un logiciel de modélisation multiphysique permettant d'assembler des composants technologiques issus d'une bibliothèque est privilégié pour la modélisation des systèmes pluritechnologiques. Les modèles mis en œuvre couvrent différents domaines (électrique, mécanique, thermique, hydraulique et pneumatique).*		

© Ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation, 2021

Établir un modèle de connaissance par des fonctions de transfert.	Systèmes linéaires continus et invariants : – causalité ; – modélisation par équations différentielles ; – transformées de Laplace ; – fonction de transfert ; – forme canonique ; – gain, ordre, classe, pôles et zéros.	S1
Commentaires *L'utilisation des transformées de Laplace ne nécessite aucun prérequis. Leur présentation se limite à leurs énoncés et aux propriétés du calcul symbolique strictement nécessaires. Les théorèmes de la valeur finale, de la valeur initiale et du retard sont donnés sans démonstration.*		

Modéliser le signal d'entrée.	Signaux canoniques d'entrée : – impulsion ; – échelon ; – rampe ; – signaux périodiques.	S1
Établir un modèle de comportement à partir d'une réponse temporelle ou fréquentielle. ⇆ I	Premier ordre, deuxième ordre, dérivateur, intégrateur, gain et retard. Paramètres caractéristiques. Allures des réponses indicielle et fréquentielle Diagramme de Bode.	S2
Modéliser un système par schéma-blocs.	Schéma-blocs organique d'un système. Élaboration, manipulation et réduction de schéma-blocs. Fonctions de transfert : – chaîne directe et chaîne de retour ; – boucle ouverte et boucle fermée.	S1
Simplifier un modèle.	Linéarisation d'un modèle autour d'un point de fonctionnement. Pôles dominants et réduction de l'ordre du modèle : – principe ; – justification ; – limites.	S3
Déterminer les caractéristiques d'un solide ou d'un ensemble de solides indéformables.	Solide indéformable : – définition ; – repère ; – équivalence solide/repère ; – volume et masse ; – centre d'inertie ; – matrice d'inertie.	S3

© Ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation, 2021

Commentaire *Les calculs intégraux des éléments d'inertie (matrice et centre d'inertie) ne donnent pas lieu à évaluation.*

Proposer une modélisation des liaisons avec leurs caractéristiques géométriques.	Liaisons : – liaisons parfaites ; – degrés de liberté ; – classe d'équivalence cinématique ; – géométrie des contacts entre deux solides ; – liaisons normalisées entre solides, caractéristiques géométriques et repères d'expression privilégiés ; – paramètres géométriques linéaires et angulaires ; – symboles normalisés. Graphe de liaisons. Schéma cinématique.	S1
Proposer un modèle cinématique à partir d'un système réel ou d'une maquette numérique.		
Modéliser la cinématique d'un ensemble de solides.	Vecteur position. Mouvements simple (translation et rotation) et composé. Trajectoire d'un point. Définition du vecteur vitesse et du vecteur taux de rotation. Définition du vecteur accélération. Composition des mouvements. Définition du contact ponctuel entre deux solides (roulement et glissement). Torseur cinématique (champ des vecteurs vitesse).	S2
Modéliser une action mécanique.	Modèle local (densités linéique, surfacique et volumique d'effort). Actions à distance et de contact. Modèle global. Passage d'un modèle local au modèle global. Frottements sec (lois de Coulomb) et visqueux. Torseur des actions mécaniques transmissibles. Torseur d'une action mécanique extérieure. Torseurs couple et glisseur.	S2
Simplifier un modèle de mécanisme.	Associations de liaisons en série et en parallèle. Liaisons équivalentes (approches cinématique et statique). Conditions et limites de la modélisation plane.	S2

© Ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation, 2021
https://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/

Décrire le comportement d'un système séquentiel.	Diagramme d'états.	S2
Commentaire *La description graphique permet de s'affranchir d'un langage de programmation spécifique*.		

B3 – Valider un modèle

Compétences développées	Connaissances associées	Semestre
Vérifier la cohérence du modèle choisi en confrontant les résultats analytiques et/ou numériques aux résultats expérimentaux.	Critères de performances.	S2
Préciser les limites de validité d'un modèle.	Point de fonctionnement. Non-linéarités (courbure, hystérésis, saturation et seuil) et retard pur.	S4
Modifier les paramètres et enrichir le modèle pour minimiser l'écart entre les résultats analytiques et/ou numériques et les résultats expérimentaux.		S4

C – Résoudre

C1 – Proposer une démarche de résolution

Compétences développées	Connaissances associées	Semestre
Proposer une démarche permettant d'évaluer les performances des systèmes asservis.	Critères du cahier des charges : – stabilité (marges de stabilité, amortissement et dépassement relatif) ; – précision (erreur/écart statique et erreur de trainage) ; – rapidité (temps de réponse à 5 %, bande passante et retard de trainage).	S2
Proposer une démarche de réglage d'un correcteur.	Compensation de pôles, réglage de marges, amortissement, rapidité et bande passante. Application aux correcteurs de type proportionnel, proportionnel intégral et à avance de phase.	S3

Choisir une démarche de résolution d'un problème d'ingénierie numérique ou d'intelligence artificielle. ⇆ ***I***	Décomposition d'un problème complexe en sous problèmes simples. Choix des algorithmes (réseaux de neurones, *k* plus proches voisins et régression linéaire multiple).	S3
Proposer une démarche permettant d'obtenir une loi entrée-sortie géométrique. ⇆ *I*	Fermetures géométriques.	S1
Proposer une démarche permettant la détermination d'une action mécanique inconnue ou d'une loi de mouvement.	Graphe de structure. Choix des isolements. Choix des équations à écrire pour appliquer le principe fondamental de la statique ou le principe fondamental de la dynamique dans un référentiel galiléen. Théorème de l'énergie cinétique.	S3

C2 – Mettre en œuvre une démarche de résolution analytique

Compétences développées	Connaissances associées	Semestre
Déterminer la réponse temporelle. ⇆ *I*	Expressions des solutions des équations différentielles pour les systèmes d'ordre 1 et 2 soumis à une entrée échelon. Allures des solutions des équations différentielles d'ordre 1 et 2 pour les entrées de type impulsion, échelon, rampe et sinus (en régime permanent).	S1
Commentaire *La résolution d'équations différentielles et les transformées inverses de Laplace ne sont pas au programme.*		

Déterminer la réponse fréquentielle. ⇆ ***I***	Allures des diagrammes réel et asymptotique de Bode.	S2
Déterminer les performances d'un système asservi.	Stabilité d'un système asservi : – définition ; – amortissement ; – position des pôles dans le plan complexe ; – marges de stabilité. Rapidité d'un système : – temps de réponse à 5 % ; – bande passante. Précision d'un système asservi : – théorème de la valeur finale ; – écart/erreur statique (consigne ou perturbation) ; – erreur de trainage vis-à-vis de la consigne ; – lien entre la classe de la fonction de transfert en boucle ouverte et l'écart statique.	S2
Commentaire *Les critères de Routh et de Nyquist ainsi que les diagrammes de Black-Nichols et de Nyquist, ne sont pas au programme.*		

Mettre en œuvre une démarche de réglage d'un correcteur.	Correcteurs proportionnel et proportionnel intégral.	S4
Caractériser le mouvement d'un repère par rapport à un autre repère.	Trajectoire d'un point. Mouvements de translation et de rotation. Mouvement composé.	S1
Déterminer les relations entre les grandeurs géométriques ou cinématiques. ⇆ *I*	Loi entrée-sortie géométrique. Loi entrée-sortie cinématique. Transmetteurs de puissance (vis-écrou, roue et vis sans fin, trains d'engrenages simples, pignon-crémaillère et poulies-courroie).	S2
Commentaire *Aucune connaissance spécifique aux trains d'engrenages épicycloïdaux n'est exigible.*		

Déterminer les actions mécaniques en statique.	Référentiel galiléen. Principe fondamental de la statique. Principe des actions réciproques.	S2

Déterminer les actions mécaniques en dynamique dans le cas où le mouvement est imposé.	Torseurs cinétique et dynamique d'un solide ou d'un ensemble de solides, par rapport à un référentiel galiléen. Principe fondamental de la dynamique en référentiel galiléen. Énergie cinétique. Inertie et masse équivalentes. Puissance d'une action mécanique extérieure à un solide ou à un ensemble de solides, dans son mouvement par rapport au repère galiléen. Puissance intérieure à un ensemble de solides. Théorème de l'énergie cinétique. Rendement en régime permanent.	S3
Déterminer la loi de mouvement dans le cas où les efforts extérieurs sont connus.		

C3 – Mettre en œuvre une démarche de résolution numérique

Compétences développées	Connaissances associées	Semestre
Mener une simulation numérique. ⇆ *I*	Choix des grandeurs physiques. Choix du solveur et de ses paramètres (pas de discrétisation et durée de la simulation). Choix des paramètres de classification. Influence des paramètres du modèle sur les performances.	S2
Résoudre numériquement une équation ou un système d'équations. ⇆ *I*	Réécriture des équations d'un problème. Résolution de problèmes du type *f(x) = 0* (méthodes de dichotomie et de Newton). Résolution d'un système linéaire du type *A·X = B*. Résolution d'équations différentielles (schéma d'Euler explicite). Intégration et dérivation numérique (schémas arrière et avant).	S3
Commentaires *La « réécriture des équations » signifie :* *– remettre en forme des équations pour leurs traitements par une bibliothèque ;* *– mettre sous forme matricielle un problème (problème de Cauchy et système linéaire).* *Les méthodes numériques sont introduites au fur et à mesure, en fonction des besoins de la formation. Pour la résolution d'un système d'équations du type A·X = B, l'utilisation d'une bibliothèque préimplémentée est privilégiée.* *Les aspects théoriques liés aux méthodes numériques ne sont pas exigibles (stabilité, convergence, conditionnement de matrices…).*		

© Ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation, 2021

Résoudre un problème en utilisant une solution d'intelligence artificielle. ⇆ ***I***	Apprentissage supervisé. Choix des données d'apprentissage. Mise en œuvre des algorithmes (réseaux de neurones, *k* plus proches voisins et régression linéaire multiple). Phases d'apprentissage et d'inférence.	S3
Commentaire *Des bibliothèques préimplémentées sont utilisées.*		

D – Expérimenter

D1 – Mettre en œuvre un système

Compétences développées	Connaissances associées	Semestre
Mettre en œuvre un système en suivant un protocole (*).		S2
Repérer les constituants réalisant les principales fonctions des chaines fonctionnelles (*).	Fonctions acquérir, traiter et communiquer. Fonctions alimenter, moduler, convertir, transmettre et agir.	S2
Identifier les grandeurs physiques d'effort et de flux (*).		S2

D2 – Proposer et justifier un protocole expérimental

Compétences développées	Connaissances associées	Semestre
Choisir les configurations matérielles et logicielles du système en fonction de l'objectif visé par l'expérimentation (*).		S2
Choisir les réglages du système en fonction de l'objectif visé par l'expérimentation (*).		
Choisir la grandeur physique à mesurer ou justifier son choix (*).		
Choisir les entrées à imposer et les sorties pour identifier un modèle de comportement (*).		

© Ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation, 2021

D3 – Mettre en œuvre un protocole expérimental

Compétences développées	Connaissances associées	Semestre
Régler les paramètres de fonctionnement d'un système (*).		S2
Mettre en œuvre un appareil de mesure adapté à la caractéristique de la grandeur à mesurer (*).		
Effectuer des traitements à partir de données. ⇆ I	Traitement de fichiers de données. Moyenne et écart type.	S2
Identifier les erreurs de mesure (*).	Incertitudes, résolution, quantification, échantillonnage, justesse, fidélité, linéarité et sensibilité.	S2
Identifier les erreurs de méthode (*).		
Commentaires *L'incertitude renvoie à la technologie des appareils de mesure et des capteurs. Il n'est pas souhaité de longs développements théoriques et calculs associés.*		

E – Communiquer

E1 – Rechercher et traiter des informations

Compétences développées	Connaissances associées	Semestre
Rechercher des informations (*).	Outils de recherche. Mots-clefs.	S2
Distinguer les différents types de documents et de données en fonction de leurs usages (*).		S2
Vérifier la pertinence des informations (obtention, véracité, fiabilité et précision de l'information) (*).		
Extraire les informations utiles d'un dossier technique (*).		
Lire et décoder un document technique.	Diagrammes SysML. Schéma cinématique.	S2
Commentaire *Les normes de représentation du langage SysML sont fournies.*		

© Ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation, 2021

Trier les informations selon des critères (*).		S2
Effectuer une synthèse des informations disponibles dans un dossier technique (*).		

E2 – Produire et échanger de l'information

Compétences développées	Connaissances associées	Semestre
Choisir un outil de communication adapté à l'interlocuteur (*).		S2
Faire preuve d'écoute et confronter des points de vue (*).		
Présenter les étapes de son travail (*).		
Présenter de manière argumentée une synthèse des résultats.		
Utiliser un vocabulaire technique, des symboles et des unités adéquats.	Grandeurs utilisées : – unités du système international ; – homogénéité des grandeurs.	S2

© Ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation, 2021