

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

## 1. OBJECTIFS DE FORMATION

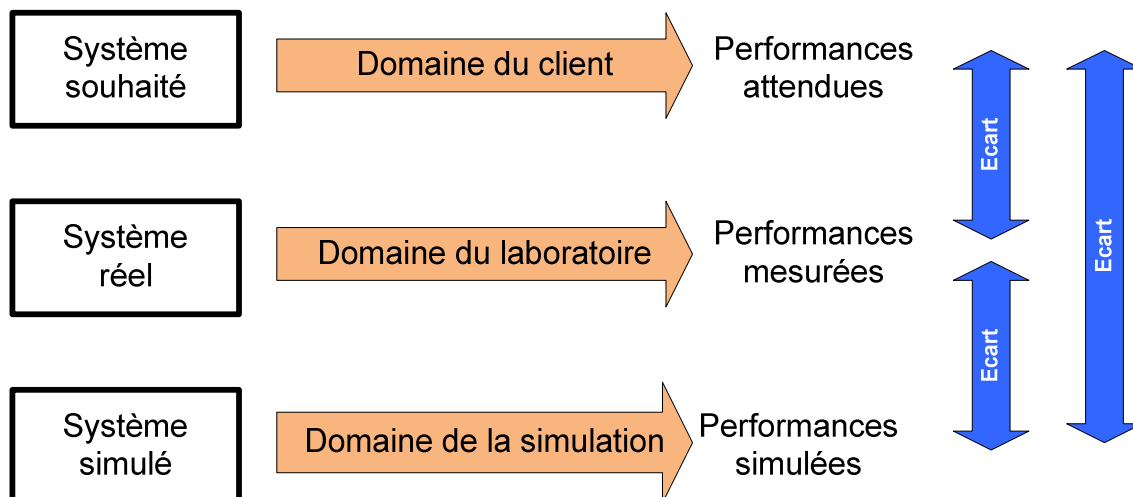
### 1.1. Finalités

La complexité des systèmes et leur développement dans un contexte économique et écologique contraint requièrent des ingénieurs ayant des compétences scientifiques et technologiques de haut niveau, capables d'innover, de prévoir et maîtriser les performances de ces systèmes.

Le programme de sciences industrielles de l'ingénieur s'inscrit dans la préparation des élèves à l'adaptabilité, la créativité et la communication nécessaires dans les métiers d'ingénieur.

L'enseignement des sciences industrielles de l'ingénieur a pour objectif d'aborder la démarche de l'ingénieur qui permet, en particulier :

- de conduire l'analyse fonctionnelle, structurelle et comportementale d'un système pluritechnologique ;
- de vérifier les performances attendues d'un système, par l'évaluation de l'écart entre un cahier des charges et des réponses expérimentales ;
- de proposer et de valider des modèles d'un système à partir d'essais, par l'évaluation de l'écart entre les performances mesurées et les performances calculées ou simulées ;
- de prévoir les performances d'un système à partir de modélisations, par l'évaluation de l'écart entre les performances calculées ou simulées et les performances attendues au cahier des charges ;
- d'analyser ces écarts et de proposer des solutions en vue d'une amélioration des performances.



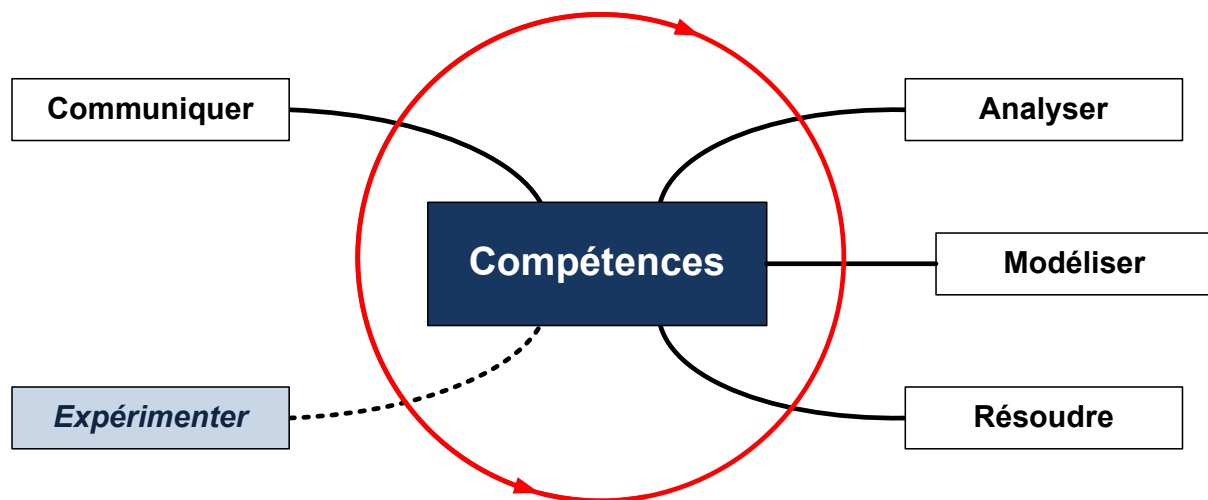
Dans la filière MPSI-MP, les résultats expérimentaux et simulés sont fournis en l'absence d'activités pratiques.

Seuls les élèves de MPSI qui choisissent l'option sciences de l'ingénieur sont sensibilisés aux démarches expérimentales et à la simulation numérique.

Les systèmes complexes pluritechnologiques étudiés relèvent de grands secteurs technologiques : transport, énergie, production, bâtiment, santé, communication, environnement. Cette liste n'est pas exhaustive et les enseignants ont la possibilité de s'appuyer sur d'autres domaines qu'ils jugent pertinents. En effet, les compétences développées dans le programme sont transposables à l'ensemble des secteurs industriels.

## 1.2. Objectifs généraux

À partir de systèmes industriels placés dans leur environnement technico-économique, la carte heuristique ci-dessous présente l'organisation du programme qui est décliné en compétences associées à des connaissances et savoir-faire (expérimenter est spécifique à l'option sciences de l'ingénieur) :



Les compétences développées en sciences industrielles de l'ingénieur forment un tout cohérent, en relation directe avec la réalité industrielle qui entoure l'élève. Couplées à la démarche de l'ingénieur, elles le sensibilisent aux travaux de recherche, de développement et d'innovation.

*Analyser* permet des études fonctionnelles, structurelles et comportementales des systèmes conduisant à la compréhension de leur fonctionnement et à une justification de leur architecture. Cette approche permet de fédérer et assimiler les connaissances présentées dans l'ensemble des disciplines scientifiques de classes préparatoires aux grandes écoles.

*Modéliser* permet de proposer, après la formulation d'hypothèses, une représentation graphique, symbolique ou équationnelle pour comprendre le fonctionnement, la structure et le comportement d'un système réel

*Résoudre* permet de donner la démarche pour atteindre de manière optimale un résultat. La résolution est analytique.

*Communiquer* permet de décrire, avec les outils de la communication technique et l'expression scientifique et technologique adéquate, le fonctionnement, la structure et le comportement des systèmes.

Pour les élèves qui choisissent l'option sciences de l'ingénieur, les deux compétences suivantes sont abordées.

*Expérimenter* permet d'appréhender le comportement des systèmes, de mesurer et de modifier les performances.

*Résoudre* permet d'utiliser la simulation pour prévoir les performances de systèmes complexes en s'affranchissant de la maîtrise d'outils mathématiques spécifiques.

## **2. PROGRAMME**

Pour assurer la cohérence du programme, la totalité de l'enseignement est assurée par un même professeur sur chaque année de formation.

Le programme de sciences industrielles de l'ingénieur introduit des compétences fondamentales pour l'ingénieur. Celles-ci forment un tout que l'enseignant organise en fonction des connaissances et savoir-faire exigibles.

Le programme est élaboré en s'inspirant de l'approche projet, sans pour autant prétendre former les élèves à la conduite de projets.

La diversité des outils existants pour décrire les systèmes pluritechnologiques rend difficile la communication et la compréhension au sein d'une équipe regroupant des spécialistes de plusieurs disciplines. Il est indispensable d'utiliser des outils compréhensibles par tous et compatibles avec les spécificités de chacun.

Le langage de modélisation SysML (System Modeling Language) s'appuie sur une description graphique des systèmes et permet d'en représenter les constituants, les programmes, les flux d'information et d'énergie.

L'adoption de ce langage en classes préparatoires, situées en amont des grandes écoles, permet de répondre au besoin de modélisation à travers un langage unique. Il intègre la double approche structurelle et comportementale des systèmes représentatifs du triptyque matière - énergie - information.

Le langage SysML permet de décrire les systèmes selon différents points de vue cohérents afin d'en permettre la compréhension et l'analyse. Les diagrammes SysML remplacent les outils de description fonctionnelle et comportementale auparavant utilisés.

Les diagrammes SysML sont présentés uniquement à la lecture. La connaissance de la syntaxe du langage SysML n'est pas exigible.

Le programme est organisé selon la structure ci-dessous :

- **Analyser**
  - Identifier le besoin et les exigences
  - Définir les frontières de l'analyse
  - Appréhender les analyses fonctionnelle et structurelle
  - Caractériser des écarts
  - Apprécier la pertinence et la validité des résultats
  
- **Modéliser**
  - Identifier et caractériser les grandeurs physiques
  - Proposer un modèle de connaissance et de comportement
  - Valider un modèle
  
- **Résoudre**
  - Proposer une démarche de résolution
  - Procéder à la mise en œuvre d'une démarche de résolution analytique
  - Procéder à la mise en œuvre d'une démarche de résolution numérique
  
- **Communiquer**
  - Rechercher et traiter des informations
  - Mettre en œuvre une communication
  
- **Expérimenter**
  - S'approprier le fonctionnement d'un système pluritechnologique
  - Proposer et justifier un protocole expérimental
  - Mettre en œuvre un protocole expérimental

La progression pédagogique est laissée à l'initiative des professeurs. Les tableaux ci-dessous ne définissent pas une chronologie dans la mise en œuvre du programme. Celui-ci est découpé en quatre semestres.

Lorsqu'une connaissance et le(s) savoir-faire associé(s) sont positionnés au semestre Si, cela signifie :

- qu'ils doivent être acquis en fin de semestre Si ;
- qu'ils peuvent être utilisés aux semestres suivants ;
- qu'ils ont pu être introduits au cours des semestres précédents.

## A – Analyser

### A1 Identifier le besoin et les exigences

Connaissances	Savoir-faire	1 <sup>re</sup> année	2 <sup>e</sup> année	Commentaires
Cahier des charges : - diagramme des exigences - diagramme des cas d'utilisation	Décrire le besoin Traduire un besoin fonctionnel en exigences Présenter la fonction globale Définir les domaines d'application, les critères technico-économiques Identifier les contraintes Identifier et caractériser les fonctions Qualifier et quantifier les exigences (critère, niveau)	S1		Les diagrammes SysML sont présentés uniquement à la lecture. La connaissance de la syntaxe du langage SysML n'est pas exigible.
Impact environnemental	Évaluer l'impact environnemental (matériaux, énergies, nuisances)	S1		Il s'agit de sensibiliser les élèves au développement durable.

### A2 Définir les frontières de l'analyse

Connaissances	Savoir-faire	1 <sup>re</sup> année	2 <sup>e</sup> année	Commentaires
Frontière de l'étude Milieu extérieur	Isoler un système et justifier l'isolement Définir les éléments influents du milieu extérieur	S2		
Flux échangés	Identifier la nature des flux échangés (matière, énergie, information) traversant la frontière d'étude	S2		

### A3 Appréhender les analyses fonctionnelle et structurelle

Connaissances	Savoir-faire	1 <sup>re</sup> année	2 <sup>e</sup> année	Commentaires
Architectures fonctionnelle et structurelle : - diagrammes de définition de blocs - chaîne directe - système asservi - commande	Analyser les architectures fonctionnelle et structurelle Identifier les fonctions des différents constituants Identifier la structure d'un système asservi : chaîne directe, capteur, commande, consigne, comparateur, correcteur Identifier et positionner les perturbations Différencier régulation et poursuite	S1		Il faut insister sur la justification de l'asservissement par la présence de perturbations.
	Repérer les constituants dédiés aux fonctions d'un système	Option SI		
Chaîne d'information et d'énergie : - diagramme de blocs internes - diagramme paramétrique	Identifier et décrire la chaîne d'information et la chaîne d'énergie du système Identifier les liens entre la chaîne d'énergie et la chaîne d'information Identifier les constituants de la chaîne d'information réalisant les fonctions acquérir, coder, communiquer, mémoriser,	S1		Cette description permet de construire une culture de solutions industrielles.

	restituer, traiter Identifier les constituants de la chaîne d'énergie réalisant les fonctions agir, alimenter, convertir, moduler, transmettre, stocker			
	Identifier les constituants de la chaîne d'information réalisant les fonctions acquérir, coder, communiquer, mémoriser, restituer, traiter Identifier les constituants de la chaîne d'énergie réalisant les fonctions agir, alimenter, convertir, moduler, transmettre, stocker	Option SI		
	Vérifier l'homogénéité et la compatibilité des flux entre les différents constituants Identifier la nature et les caractéristiques des flux échangés		S4	
Systèmes à événements discrets : - diagramme de séquences - diagramme d'états	Interpréter tout ou partie de l'évolution temporelle d'un système	S2		

#### A4 Caractériser des écarts

La caractérisation des écarts est essentielle et commence dès le premier semestre.

Connaissances	Savoir-faire	1 <sup>re</sup> année	2 <sup>e</sup> année	Commentaires
Identification des écarts	Extraire du cahier des charges les grandeurs pertinentes Exploiter et interpréter les résultats d'un calcul ou d'une simulation		S4	Il faut insister sur la pertinence du choix des grandeurs à évaluer.
	Traiter des données de mesures et en extraire les caractéristiques statistiques	Option SI		
Quantification des écarts	Quantifier des écarts entre des valeurs attendues et des valeurs mesurées Quantifier des écarts entre des valeurs attendues et des valeurs obtenues par simulation Quantifier des écarts entre des valeurs mesurées et des valeurs obtenues par simulation		S4	Les résultats simulés et expérimentaux sont fournis.
Interprétation des écarts obtenus	Vérifier la cohérence du modèle choisi avec les valeurs souhaitées du cahier des charges Rechercher et proposer des causes aux écarts constatés		S4	
	Vérifier la cohérence des résultats d'expérimentation avec les valeurs souhaitées du cahier des charges Vérifier la cohérence du modèle choisi avec des résultats d'expérimentation	Option SI		

## A5 Apprécier la pertinence et la validité des résultats

L'évaluation de la pertinence des résultats commence dès le premier semestre.

Connaissances	Savoir-faire	1 <sup>re</sup> année	2 <sup>e</sup> année	Commentaires
Grandeurs utilisées : - unités du système international - homogénéité des grandeurs	Utiliser des symboles et des unités adéquates Vérifier l'homogénéité des résultats	S1		
Ordres de grandeur	Prévoir l'ordre de grandeur Identifier des valeurs erronées Valider ou proposer une hypothèse		S4	

## B – Modéliser

### B1 Identifier et caractériser les grandeurs physiques

En fonction de la complexité des grandeurs physiques utilisées, celles-ci seront données au semestre 1 et exigées au semestre 2.

Connaissances	Savoir-faire	1 <sup>re</sup> année	2 <sup>e</sup> année	Commentaires
Caractéristiques des grandeurs physiques : - nature physique - caractéristiques fréquentielles - caractéristiques temporelles	Qualifier les grandeurs d'entrée et de sortie d'un système isolé Identifier la nature (grandeur effort, grandeur flux) Décrire l'évolution des grandeurs	S2		Le point de vue de l'étude conditionne le choix de la grandeur d'effort ou de la grandeur de flux à utiliser. La dualité temps-fréquence est mise en évidence.
Flux de matière Flux d'information	Qualifier la nature des matières, quantifier les volumes et les masses Identifier la nature de l'information et la nature du signal	S2		
Énergie Puissance Rendement	Associer les grandeurs physiques aux échanges d'énergie et à la transmission de puissance Identifier les pertes d'énergie Évaluer le rendement d'une chaîne d'énergie en régime permanent Déterminer la puissance des actions mécaniques extérieures à un solide ou à un ensemble de solides, dans son mouvement rapport à un autre solide Déterminer la puissance des actions mécaniques intérieures à un ensemble de solides		S3	La puissance est toujours égale au produit d'une grandeur « effort » (force, couple, pression, tension électrique, température) par une grandeur « flux » (vitesse, vitesse angulaire, débit volumique, intensité du courant, flux thermique).

## B2 Proposer un modèle de connaissance et de comportement

Connaissances	Savoir-faire	1 <sup>re</sup> année	2 <sup>e</sup> année	Commentaires
Chaîne d'énergie et d'information	Construire un modèle multiphysique simple Définir les paramètres du modèle	Option SI		Un logiciel de modélisation acausale sera privilégié pour la modélisation des systèmes multiphysiques.
Systèmes linéaires continus et invariants : - modélisation par équations différentielles - calcul symbolique - fonction de transfert ; gain, ordre, classe, pôles et zéros	Déterminer les fonctions de transfert à partir d'équations physiques (modèle de connaissance)	S1		L'utilisation de la transformée de Laplace ne nécessite aucun pré-requis. Sa présentation se limite à son énoncé et aux propriétés du calcul symbolique strictement nécessaires à ce cours. Les théorèmes de la valeur finale de la valeur initiale et du retard sont donnés sans démonstration.
Signaux canoniques d'entrée : - impulsion - échelon - rampe - signaux sinusoïdaux	Déterminer les réponses temporelles et fréquentielles aux entrées de type signal canonique	S1		
Schéma-bloc : - fonction de transfert en chaîne directe - fonction de transfert en boucle ouverte et en boucle fermée	Analyser ou établir le schéma-bloc du système Déterminer les fonctions de transfert	S1		
Linéarisation des systèmes non linéaires	Linéariser le modèle autour d'un point de fonctionnement		S3	
Modèles de comportement	Renseigner les paramètres caractéristiques d'un modèle de comportement (premier ordre, deuxième ordre, dérivateur, intégrateur, gain, retard)	S1		Un modèle de comportement est associé à une réponse expérimentale donnée.
Solide indéformable : - définition - référentiel, repère - équivalence solide/référentiel - degrés de liberté - vecteur-vitesse angulaire de deux référentiels en mouvement l'un par rapport à l'autre	Paramétrer les mouvements d'un solide indéformable Associer un repère à un solide Identifier les degrés de liberté d'un solide par rapport à un autre solide	S1		Le paramétrage avec les angles d'Euler ou les angles de roulis, de tangage et de lacet est présenté, mais la maîtrise de ces angles n'est pas exigible.



<p>Cinématique plane :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- centre instantané de rotation</li> <li>- champ de vecteur-vitesses</li> </ul>	<p>Prendre en compte les symétries ou les restrictions de mouvement pour simplifier le modèle</p>	S1		<p>Les conditions et les limites de la modélisation plane sont précisées et justifiées.</p>
<p>Torseur cinématique</p>	<p>Déterminer le torseur cinématique d'un solide par rapport à un autre solide</p>	S2		<p>Seuls les éléments essentiels de la théorie des torseurs - opérations, invariants, axe central, couple et glisseur – sont présentés.</p>
<p>Centre d'inertie Opérateur d'inertie Matrice d'inertie Torseur cinétique Torseur dynamique Énergie cinétique</p>	<p>Déterminer le torseur dynamique d'un solide, ou d'un ensemble de solides, par rapport à un autre solide Déterminer l'énergie cinétique d'un solide, ou d'un ensemble de solides, dans son mouvement par rapport à un autre solide</p>		S3	<p>Les calculs des éléments d'inertie (matrice d'inertie, centre d'inertie) ne donnent pas lieu à évaluation. La relation entre la forme de la matrice d'inertie et la géométrie de la pièce est exigible.</p>
<p>Actions mécaniques :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- modélisation locale, actions à distance et de contact</li> <li>- modélisation globale, torseur associé.</li> <li>- lois de Coulomb ; adhérence et glissement</li> <li>- résistance au roulement et au pivotement</li> </ul>	<p>Associer un modèle à une action mécanique Déterminer la relation entre le modèle local et le modèle global</p>	S2		
<p>Liaisons :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- géométrie des contacts entre deux solides</li> <li>- définition du contact ponctuel entre deux solides : roulement, pivotement, glissement, condition cinématique de maintien du contact</li> <li>- définition d'une liaison</li> <li>- liaisons normalisées entre solides, caractéristiques géométriques et repères d'expression privilégiés</li> <li>- torseur cinématique des liaisons normalisées</li> <li>- torseur des actions mécaniques transmissibles dans les liaisons normalisées</li> <li>- associations de liaisons en série et en parallèle</li> <li>- liaisons cinématiquement équivalentes</li> </ul>	<p>Proposer une modélisation des liaisons avec une définition précise de leurs caractéristiques géométriques Associer le paramétrage au modèle retenu Associer à chaque liaison son torseur cinématique Associer à chaque liaison son torseur d'actions mécaniques transmissibles</p>	S2		<p>L'analyse des surfaces de contact entre deux solides et de leur paramétrage associé permet de mettre en évidence les degrés de mobilités entre ces solides. Les normes associées aux liaisons usuelles seront fournies.</p> <p>Les conditions et les limites de la modélisation plane sont précisées et justifiées.</p>
<p>Systèmes logiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- codage de l'information</li> <li>- binaire naturel, binaire réfléchi</li> <li>- représentation hexadécimale</li> <li>- table de vérité</li> <li>- opérateurs logiques fondamentaux</li> </ul>	<p>Coder une information Exprimer un fonctionnement par des équations logiques</p>	S2		<p>La table de vérité est réservée à la représentation de systèmes logiques, mais elle ne sera pas utilisée pour la</p>

(ET, OU, NON)				simplification des équations logiques.
Systèmes à événements discrets : - Chronogramme	Représenter tout ou partie de l'évolution temporelle	S2		
Structures algorithmiques : - variables - boucles, conditions, transitions conditionnelles	Décrire et compléter un algorithme représenté sous forme graphique	S2		La présentation graphique permet de s'affranchir d'un langage de programmation spécifique.

### B3 Valider un modèle

Connaissances	Savoir-faire	1 <sup>re</sup> année	2 <sup>e</sup> année	Commentaires
Pôles dominants et réduction de l'ordre du modèle : - principe - justification	Réduire l'ordre de la fonction de transfert selon l'objectif visé, à partir des pôles dominants qui déterminent la dynamique asymptotique du système		S3	
Grandeurs influentes d'un modèle	Déterminer les grandeurs influentes Modifier les paramètres et enrichir le modèle pour minimiser l'écart entre les résultats simulés et les réponses mesurées	Option SI		

## C – Résoudre

### C1 Proposer une démarche de résolution

Connaissances	Savoir-faire	1 <sup>re</sup> année	2 <sup>e</sup> année	Commentaires
Chaines de solides : - principe fondamental de la dynamique - théorème de l'énergie cinétique	Proposer une démarche permettant la détermination de la loi de mouvement Proposer une méthode permettant la détermination d'une inconnue de liaison Choisir une méthode pour déterminer la valeur des paramètres conduisant à des positions d'équilibre		S3	Le principe fondamental de la statique est proposé comme un cas particulier du principe fondamental de la dynamique.

### C2 Procéder à la mise en œuvre d'une démarche de résolution analytique

Connaissances	Savoir-faire	1 <sup>re</sup> année	2 <sup>e</sup> année	Commentaires
Évaluation des performances : - systèmes du 1 <sup>er</sup> et du 2 <sup>e</sup> ordre - intégrateur - diagramme de Bode	Prévoir la réponse temporelle à un échelon Prévoir la réponse fréquentielle dans le plan de Bode	S1		Seul le diagramme de Bode est au programme.
Stabilité des SLCI : - définition entrée	Analyser la stabilité d'un système à partir de l'équation caractéristique		S3	La définition de la stabilité est faite au

bornée - sortie bornée (EB-SB) - équation caractéristique - position des pôles dans le plan complexe - marges de stabilité (de gain et de phase)	Déterminer les paramètres permettant d'assurer la stabilité du système Relier la stabilité aux caractéristiques fréquentielles			sens : entrée bornée - sortie bornée (EB – SB) Il faut insister sur le fait qu'un système perturbé conserve la même équation caractéristique dans le cas de perturbations additives.
Rapidité des SLCI : - temps de réponse à 5 % - bande passante	Prévoir les performances en termes de rapidité Relier la rapidité aux caractéristiques fréquentielles	S1		
Précision des SLCI : - erreur en régime permanent - influence de la classe de la fonction de transfert en boucle ouverte	Déterminer l'erreur en régime permanent vis-à-vis d'une entrée en échelon ou en rampe (consigne ou perturbation) Relier la précision aux caractéristiques fréquentielles		S3	Il faut insister sur la nécessité de comparer des grandeurs homogènes, par exemple la nécessité d'adapter la sortie et sa consigne. L'erreur est la différence entre la valeur de la consigne et celle de sortie.
Correction	Déterminer les paramètres d'un correcteur proportionnel, proportionnel intégral et à avance de phase		S3	Les relations entre les paramètres de réglage sont fournies.
Loi entrée – sortie géométrique	Déterminer la loi entrée - sortie géométrique d'une chaîne cinématique.	S1		
Dérivée temporelle d'un vecteur par rapport à un référentiel Relation entre les dérivées temporelles d'un vecteur par rapport à deux référentiels distincts Loi entrée – sortie cinématique Composition des vitesses angulaires Composition des vitesses	Déterminer les relations de fermeture de la chaîne cinématique Déterminer la loi entrée - sortie cinématique d'une chaîne cinématique	S2		Pour la dérivée d'un vecteur, on insiste sur la différence entre référentiel d'observation et éventuelle base d'expression du résultat. La maîtrise des méthodes graphiques n'est pas exigible.
Principe fondamental de la statique Équilibre d'un solide, d'un ensemble de solides Théorème des actions réciproques Modèles avec frottement : arc-boutement	Déterminer les inconnues de liaison Déterminer la valeur des paramètres conduisant à des positions d'équilibre (par exemple l'arc-boutement)	S2		Le principe fondamental de la statique est proposé comme un cas particulier du principe fondamental de la dynamique. L'étude des conditions

				d'équilibre pour les mécanismes qui présentent des mobilités constitue une première sensibilisation au problème de recherche des équations de mouvement étudié en seconde année. Les conditions et les limites de la modélisation plane sont précisées et justifiées. La maîtrise des méthodes graphiques n'est pas exigible.
Principe fondamental de la dynamique Conditions d'équilibrage statique et dynamique.	Déterminer les inconnues de liaison ou les efforts extérieurs spécifiés dans le cas où le mouvement est imposé Déterminer la loi du mouvement sous forme d'équations différentielles dans le cas où les efforts extérieurs sont connus		S3	Le modèle utilisé est isostatique.
Inertie équivalente Théorème de l'énergie cinétique ou théorème de l'énergie/puissance	Déterminer la loi du mouvement sous forme d'équations différentielles dans le cas où les efforts extérieurs sont connus		S4	

### C3 Procéder à la mise en œuvre d'une démarche de résolution numérique

Connaissances	Savoir-faire	1 <sup>re</sup> année	2 <sup>e</sup> année	Commentaires
Paramètres de résolution numérique : - durée de calcul - pas de calcul	Choisir les valeurs des paramètres de la résolution numérique	Option SI		
Grandeurs simulées	Choisir les grandeurs physiques tracées	Option SI		Le choix des grandeurs analysées doit être en lien avec les performances à vérifier.

## D – Communiquer

### D1 Rechercher et traiter des informations

Connaissances	Savoir-faire	1 <sup>re</sup> année	2 <sup>e</sup> année	Commentaires
Informations techniques	Extraire les informations utiles d'un dossier technique	S2		
Schémas cinématique, électrique, hydraulique et pneumatique	Lire et décoder un schéma		S4	Les normes de représentation des schémas sont fournies.
Langage SysML	Lire et décoder un diagramme	S2		Les normes de représentation du langage SysML sont fournies et la connaissance de la syntaxe n'est pas exigible.

### D2 Mettre en œuvre une communication

Connaissances	Savoir-faire	1 <sup>re</sup> année	2 <sup>e</sup> année	Commentaires
Outils de communication	Choisir les outils de communication adaptés par rapport à l'interlocuteur Faire preuve d'écoute et confronter des points de vue Présenter les étapes de son travail Présenter de manière argumentée une synthèse des résultats	Option SI		Les outils de communication sont découverts au travers des activités expérimentales.
Langage technique	Décrire le fonctionnement du système en utilisant un vocabulaire adéquat		S4	
Schémas cinématique, électrique	Réaliser un schéma cinématique Réaliser un schéma électrique	S2		Les normes de représentation sont fournies.

## E – Expérimenter

Cette partie ne concerne que les élèves qui choisissent l'option sciences de l'ingénieur en première année.

### E1 S'approprier le fonctionnement d'un système pluritechnologique

Connaissances	Savoir-faire	1 <sup>re</sup> année	2 <sup>e</sup> année	Commentaires
Chaîne d'énergie	Repérer les différents constituants de la chaîne d'énergie	Option SI		
Chaîne d'information	Repérer les différents constituants de la chaîne d'information	Option SI		
Paramètres influents	Régler les paramètres de fonctionnement d'un système Mettre en évidence l'influence des paramètres sur les performances du système	Option SI		Les activités expérimentales permettent d'appréhender les incompatibilités entre les exigences de performances.

## E2 Proposer et justifier un protocole expérimental

Connaissances	Savoir-faire	1 <sup>re</sup> année	2 <sup>e</sup> année	Commentaires
Modèles de comportement d'un système	Prévoir l'allure de la réponse attendue Prévoir l'ordre de grandeur de la mesure	Option SI		
Protocoles expérimentaux	Choisir les configurations matérielles du système en fonction de l'objectif visé Choisir la grandeur physique à mesurer ou justifier son choix Choisir les entrées à imposer pour identifier un modèle de comportement	Option SI		

## E3 Mettre en œuvre un protocole expérimental

Connaissances	Savoir-faire	1 <sup>re</sup> année	2 <sup>e</sup> année	Commentaires
Règles de sécurité élémentaires	Mettre en œuvre un système complexe en respectant les règles de sécurité	Option SI		Les règles de sécurité sont découvertes au travers des activités expérimentales.
Paramètres de configuration du système	Régler les paramètres de fonctionnement d'un système	Option SI		
Routines, procédures Systèmes logiques à événements discrets	Générer un programme et l'implanter dans le système cible	Option SI		
Modèles de comportement	Extraire les grandeurs désirées et les traiter	Option SI		
Identification temporelle d'un modèle de comportement	Identifier les paramètres caractéristiques d'un modèle du premier ordre ou du deuxième ordre à partir de sa réponse indicielle	Option SI		Les abaques nécessaires à l'identification sont fournis.
Identification fréquentielle d'un modèle de comportement	Identifier les paramètres caractéristiques d'un modèle de comportement à partir de sa réponse fréquentielle Associer un modèle de comportement (premier ordre, deuxième ordre, intégrateur, gain) à partir de sa réponse fréquentielle	Option SI		D'un point de vue fréquentiel, seul le diagramme de Bode est développé pour l'identification d'un modèle de comportement.