

La didactique en sciences de l'ingénieur¹

Discipline récente dans le système éducatif français, les sciences de l'ingénieur sont orientées selon les séries, de la voie générale ou technologique, vers :

- l'étude des systèmes pluritechnologiques, connectés et communicants ou non, et des solutions qui les constituent (analyse, modélisation, expérimentation, simulation, réalisation, communication) ;
- l'étude des solutions qui réalisent les fonctions (étude fonctionnelle, étude structurelle, étude comportementale).

Les sciences de l'ingénieur, au travers des analyses menées, permettent la compréhension des systèmes ou produits conçus par l'Homme et pour l'Homme, à partir d'une analyse externe ou d'une analyse interne. Elles dépassent l'étude de phénomènes pour appréhender les systèmes.

Elles s'intègrent naturellement dans les STEM, acronyme de « science, technology, engineering and mathematics » (science, technologie, ingénierie et mathématiques).

Les programmes de cette discipline sont écrits en termes de compétences² à faire acquérir aux élèves. **Ces compétences sont indépendantes des systèmes étudiés lors des activités proposées aux élèves.**

Les sciences de l'ingénieur n'ont pas pour objectif la seule acquisition d'une culture des solutions technologiques de systèmes issus d'un domaine d'application donné. Elles doivent développer des compétences pour appréhender un système dans sa globalité et sa complexité, compétences qui sont transférables d'un système à l'autre.

La didactique doit être considérée comme l'organisation de l'accès aux compétences déclinées dans un programme. Elle ne doit pas être confondue avec la pédagogie qui concerne les différentes activités proposées aux élèves pour acquérir ces compétences.

Si la pédagogie, qui doit être adaptée aux élèves, relève de la liberté des enseignants et ne peut être proposée qu'à titre indicatif, la didactique relève des prérogatives de l'institution. Elle s'appuie sur quelques grands principes propres à chaque discipline.

Du collège (avec la technologie) aux CPGE via le cycle terminal du lycée, la didactique mise en place doit être homogène et cohérente et s'appuyer sur ces grands principes.

¹ Dans ce document, l'expression « sciences de l'ingénieur » regroupe la technologie, les sciences de l'ingénieur et les sciences industrielles de l'ingénieur enseignées respectivement au collège, au cycle terminal du LEGT et en CPGE.

² Compétence = 5C (Connaissance ou savoir, Capacité ou savoir-faire, Comportement ou savoir-être selon des Critères définis dans un Contexte donné).

1. Quels sont ces principes pour les sciences de l'ingénieur ?

Premier principe

La didactique en sciences de l'ingénieur organise de façon cohérente, les compétences nécessaires à l'analyse, la modélisation, l'expérimentation, la simulation, la résolution de problèmes, la conception, la réalisation et l'innovation. Cette organisation n'est pas une agglomération plus ou moins ordonnée de savoirs, issus du passé ou de disciplines scientifiques et technologiques différentes, anciennes ou nouvelles.

Deuxième principe

La didactique des sciences de l'ingénieur est indépendante des domaines d'application retenus dans les programmes. Les compétences acquises, quels que soient les supports retenus pour les activités proposées, doivent être transposables à l'étude d'autres supports.

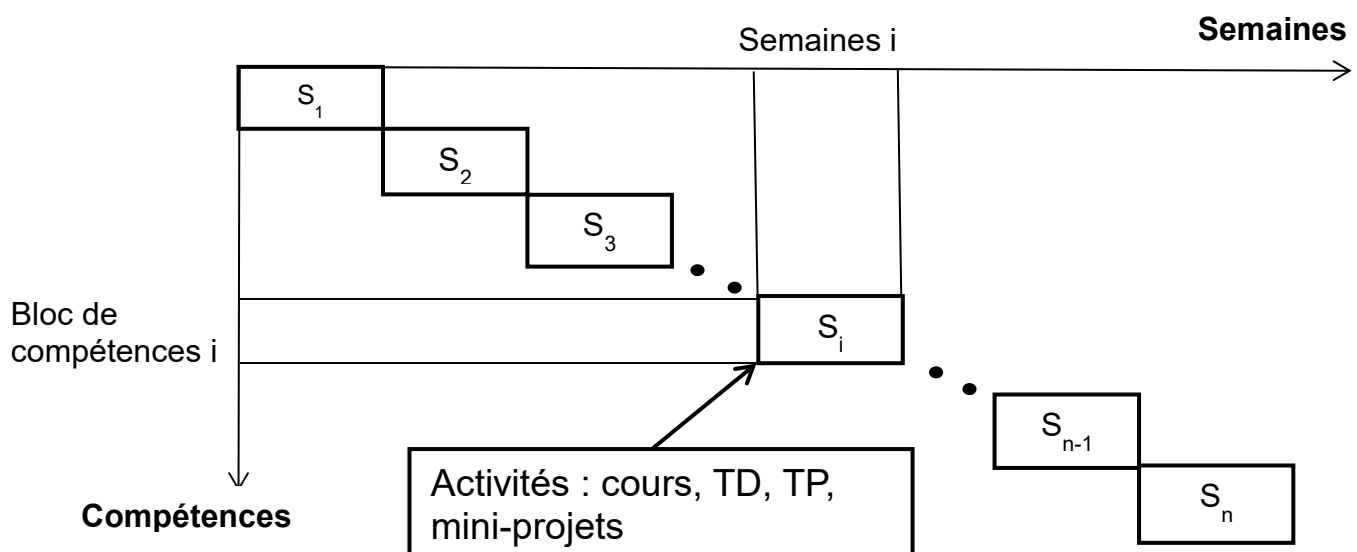
Troisième principe

Une progression didactique est organisée en cycles ou séquences de courte durée (2 à 4 semaines). Chaque séquence permet d'aborder, ou plus exactement de cibler, un bloc de compétences clairement identifiées et d'évaluer la maîtrise de celles-ci à l'issue de la séquence. Ceci n'exclut pas de mobiliser d'autres compétences qui ne constitueront pas un objectif « d'apprentissage » et qui ne seront donc pas évaluées.

Un cycle ou une séquence est une organisation structurelle, temporelle et spatiale visant à l'acquisition d'un bloc de compétences.

Un bloc de compétences est une association homogène et cohérente de compétences qui répond à une même problématique ou à une situation problème donnant du sens aux apprentissages.

Cette structuration permet aux élèves d'acquérir les mêmes compétences à la fin de chaque séquence.



Par exemple, sur la figure ci-dessus, la séquence S_i se déroule au cours des semaines i et a pour objectif de faire acquérir le bloc de compétences i . Toutes les activités proposées au cours de cette séquence (cours – TD – TP – mini projets) doivent concourir à l'acquisition des compétences déclinées dans le bloc i .

Au cours de ces semaines i , certaines activités (cours – TD par exemple) ne peuvent être centrées sur le bloc de compétences i , alors que d'autres (TP par exemple) s'intéressent à un ou plusieurs blocs de compétences antérieurs ou postérieurs au bloc i .

Les prérequis d'une séquence donnée sont en fait les compétences acquises dans les séquences précédentes, dans les années antérieures ou dans des disciplines connexes (mathématiques et sciences physiques).

Bien évidemment, au cours d'une séquence donnée, il est possible voire souhaitable de revenir sur des compétences présentées lors de séquences précédentes et qui n'auraient pas été évaluées ou acquises au niveau d'exigence visé.

L'intitulé de chaque bloc de compétences doit être caractéristique des compétences qu'il regroupe, et donc de la problématique qu'il représente. Cet intitulé ne peut être le nom d'un domaine disciplinaire restreint (cinématique, automatique....) ou celui d'un domaine d'application (les ouvrages, les objets connectés....). Cela évite des confusions entre les compétences abordées et le contexte d'apprentissage ou les technologies relatives à un domaine d'application.

Quatrième principe

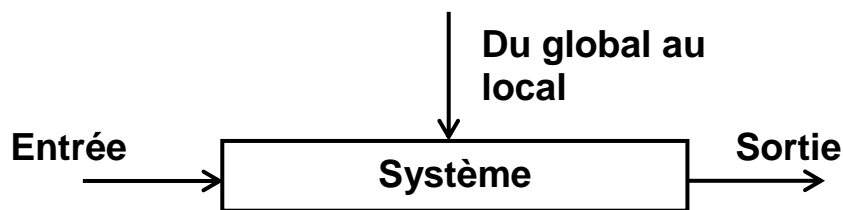
Afin de donner du sens aux enseignements, le positionnement relatif des blocs de compétences est fondamental. Il ne peut être fait de manière aléatoire. Ce positionnement s'appuie sur la logique de la démarche de l'ingénieur.

La démarche de l'ingénieur mobilise des compétences scientifiques et technologiques pour analyser et comprendre les systèmes créés par l'Homme pour répondre à ses besoins, en s'inscrivant dans une logique économique de développement durable ou de recherche d'innovation. Elle a pour objectif d'analyser les systèmes existants par l'évaluation de leurs performances en vue de les comprendre, de les faire évoluer ou de concevoir de nouvelles solutions.

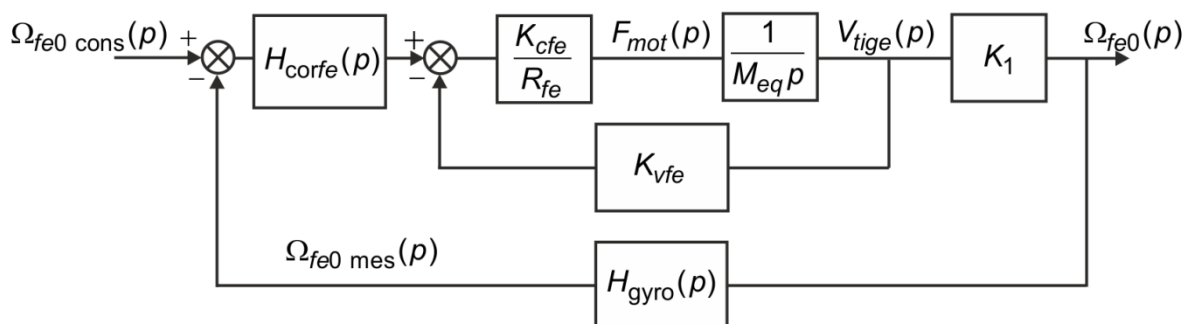
Dans un premier temps, elle appréhende un système par une approche externe globale qui qualifie les performances à partir de spécifications du système souhaité, de mesures sur le système réel, de simulations sur le système simulé. Les conclusions de l'analyse conduisent à optimiser les performances pour, éventuellement, réduire les écarts afin d'obtenir les valeurs attendues.

Puis, progressivement, et dans une démarche descendante, la démarche de l'ingénieur consiste à analyser les solutions technologiques retenues. Selon les filières, cette analyse peut être complétée par l'imagination de solutions innovantes pour répondre à un besoin spécifié.

L'analyse d'un système se fait donc du global vers le local (solution technologique ou composant), et en toute cohérence de l'entrée vers la sortie.



Aller du global au local conduit à décomposer les systèmes. Une première décomposition peut être présentée par le biais d'un schéma bloc définissant l'organisation fonctionnelle et structurelle qui évolue ensuite vers une modélisation de connaissance du type :



En parcourant un schéma bloc, comparable à celui-ci-dessus, de l'entrée vers la sortie, les premiers éléments rencontrés ne concernent pas la mécanique d'un système. Ils sont plutôt en relation avec les performances du système, la transmission des informations et de l'énergie d'un point de vue fonctionnel global. Ainsi, les premiers blocs de compétences d'une progression didactique en sciences de l'ingénieur ne doivent donc pas concerner la cinématique ou la dynamique des solides.

Cinquième principe

Le positionnement des différents blocs de séquences pédagogiques peut intégrer, si nécessaire, la logique spiralaire afin d'aborder en deux fois, par exemple, l'assimilation de certains concepts jugée difficile en une seule étape.

Ainsi, une compétence peut être visée dans plusieurs blocs de compétences si elle nécessite une acquisition progressive, une consolidation des acquis ou un niveau élevé d'apprentissage.

2. Propositions de progression didactique en sciences de l'ingénieur

Deux propositions de progression didactique sont fournies ci-après. L'une concerne le programme de sciences de l'ingénieur du cycle terminal du lycée publié au BOEN spécial n°1 du 22 janvier 2019. L'autre est relative au programme de sciences industrielles de l'ingénieur de la 1PCSI-2PSI (voir BOEN spécial n°5 du 30 mai 2013).

Ces progressions didactiques ont été élaborées en respectant les principes énoncés ci-dessus. Elles font apparaître des compétences à acquisition longue comme celles relatives à l'expérimentation ou à la communication par exemple ; ce sont en fait des compétences qui s'insèrent dans tous les blocs de compétences.

Avec celle du cycle 4 du collège publiée sur Eduscol, ces progressions didactiques mettent clairement en évidence le continuum qui a été mis en place du collège aux CPGE via le cycle terminal du lycée.

3. Remarques concernant les travaux pratiques et travaux dirigés

Travaux pratiques

Quelquefois, dans les programmes, il peut être conseillé ou recommandé de s'appuyer sur des systèmes issus de domaines d'application clairement identifiés. Cependant, les compétences à faire acquérir aux élèves ne sont pas spécifiques à ces domaines d'application, qu'il est d'ailleurs maladroît d'appeler thèmes ou thématiques. Un thème ou une thématique impose des programmes orientés selon ce thème. Changer de thème impose de réécrire le programme.

Les supports doivent être choisis pour permettre des activités relatives à plusieurs blocs de compétences d'une même progression didactique. Ainsi un support, utilisable sur un spectre de séquences large, est la garantie d'une approche système et donc du respect de la didactique décrite précédemment.

L'organisation des activités de travaux pratiques, selon le principe des îlots, permet :

- de pallier au nombre insuffisant de supports dans un laboratoire ;
- à une équipe d'élèves de développer un travail collaboratif.

Sur un même îlot, doivent figurer un ou plusieurs ordinateurs équipés de logiciels adaptés, un support réel ou une maquette didactisée et contextualisée, un ou des sous-ensembles du support. Les activités des membres de l'équipe présente sur l'îlot sont différentes mais concourent toutes aux mêmes objectifs pédagogiques et doivent permettre, entre autres, de caractériser les écarts entre le souhaité, le mesuré et le simulé. Cette pédagogie collaborative permet d'approfondir les études menées, et de construire des séances plus riches de sens car similaires à des situations d'ingénierie, et donc de mieux préparer les élèves aux méthodes itératives de gestion de projet. Elle permet aussi de préparer les élèves à la démarche de l'ingénieur et de développer des compétences comportementales (soft skills) si importantes pour un futur ingénieur. Chaque séance de travaux pratiques doit être élaborée à partir d'une problématique clairement énoncée et se terminer par une conclusion pertinente quant à cette problématique.

Travaux dirigés

Les exercices, proposés en travaux dirigés, doivent être élaborés à partir de supports contemporains et innovants, mais surtout replacés dans leur contexte.

Ils doivent s'appuyer sur un cahier des charges, un diagramme des exigences ou un problème technologique. Ainsi, ils pourront se terminer par une conclusion quant à ce cahier des charges, ce diagramme des exigences ou ce problème technologique.

Au cours de ces activités de travaux dirigés, les écarts entre les performances souhaitées, les performances mesurées et les performances simulées, prenant appui sur la modélisation multiphysique, doivent être mis en évidence.

Ainsi les apports des sciences de l'ingénieur par rapport à ceux des autres disciplines seront mis en évidence.

4. Conclusion

Depuis plusieurs années les programmes de sciences de l'ingénieur sont écrits, comme dans d'autres disciplines d'ailleurs, en fonction des compétences à faire acquérir aux élèves et non en fonction de savoirs disciplinaires. Cela change l'approche que l'on doit avoir de la discipline et impose de réfléchir à une organisation pour accéder aux compétences déclinées dans les programmes, donc de réfléchir à la didactique de la discipline.

Mises à part pour quelques antériorités ou prérequis, cette réflexion n'est pas nécessaire pour une organisation basée sur l'acquisition de savoirs. C'est ainsi que l'on rencontre de nombreuses progressions didactiques qui ne sont qu'une liste de séquences juxtaposées les unes à la suite des autres comme un empilage de briques indépendantes sans véritable fil conducteur, et surtout sans qu'aucun sens ne soit donné à l'enseignement.

La mise en place en 2009 d'un continuum du collège (technologie) aux CPGE (sciences industrielles de l'ingénieur) via le cycle terminal du lycée a pour colonne vertébrale la didactique de la discipline. Il est donc indispensable que les progressions didactiques de sciences de l'ingénieur soient élaborées à partir des principes énoncés ci-dessus.

Norbert PERROT
IGEN
Février 2019

Sciences de l'ingénieur – Classe de 1^{re}

Séquence	Semaines	Blocs de compétences	Compétences
1	2	Analyser les systèmes pluritechnologiques	Analyser le besoin, l'organisation matérielle et fonctionnelle d'un produit par une démarche d'ingénierie système
2	2	Analyser et modéliser les transferts d'énergie	Caractériser la puissance et l'énergie nécessaire au fonctionnement d'un produit ou d'un système
			Repérer les échanges d'énergie sur un diagramme structurel
			Caractériser les grandeurs physiques en entrées/sorties d'un modèle multi-physique traduisant la transmission de puissance
3	2	Analyser et modéliser le comportement d'un système séquentiel	Analyser le comportement d'un objet à partir d'une description à événements discrets
			Traduire le comportement attendu ou observé d'un objet
4	2	Modéliser les composants réalisant la fonction « Acquérir »	Modéliser sous une forme graphique un circuit
			Associer un modèle à un système asservi (capteurs)
			Déterminer les grandeurs flux et effort dans un circuit électrique
5	3	Analyser et modéliser le traitement de l'information « Fonction Traiter »	Analyser le traitement de l'information
			Traduire un algorithme en un programme exécutable
			Documenter un programme informatique
6	2	Analyser et modéliser la communication « Fonction Communiquer »	Analyser les principaux protocoles pour un réseau de communication et les supports matériels
			Caractériser les échanges d'informations
			Relever les grandeurs caractéristiques d'un protocole de communication
7	3	Analyser et modéliser une chaîne électro mécanique à courant continu (1)	Associer un modèle aux composants d'une chaîne de puissance
			Modéliser sous une forme graphique un circuit
			Déterminer les grandeurs flux et effort dans un circuit électrique

8	3	Innover pour apporter une solution à une problématique technologique ou scientifique	Rompre avec l'existant	Projet de 12 heures
			Améliorer l'existant	
			Imaginer une solution originale, approprié et esthétique	
			Représenter une solution originale	
9	1	Analyser et modéliser les chaînes de conversion pneumatiques et hydrauliques	Analyser la réversibilité d'un élément de la chaîne de puissance	
			Associer un modèle aux composants d'une chaîne de puissance	
10	2	Analyser et modéliser la chaîne de solides réalisant la transmission mécanique dans la chaîne d'énergie	Analyser la réversibilité d'un élément de la chaîne de puissance	
			Modéliser sous une forme graphique un mécanisme ou une structure	
11	3	Modéliser pour prévoir les performances cinématiques des systèmes	Modéliser les mouvements	
			Déterminer les grandeurs géométriques et cinématiques d'un mécanisme	
12	2	Analyser et modéliser les éléments de transmission de puissance mécanique	Analyser la réversibilité d'un élément de la chaîne de puissance	
			Associer un modèle aux composants d'une chaîne de puissance	
13	3	Analyser et modéliser les actions mécaniques	Analyser les charges appliquées à un ouvrage ou une structure	
			Modéliser les actions mécaniques	

Sciences de l'ingénieur – Classe de Terminale

Séquence	Semaines	Blocs de compétences	Compétences développées
1	4	Analyser et expérimenter la communication entre systèmes	Analyser les échanges d'information d'un système avec un réseau de communication Caractériser les échanges d'information d'un système avec un réseau de communication Analyser les principes de modulation et démodulation numériques Mettre en œuvre une communication entre objets dits intelligents
2	4	Analyser et modéliser les systèmes asservis	Analyser le comportement d'un système asservi Associer un modèle à un système asservi
3	2	Modéliser le comportement d'un système séquentiel	Analyser le comportement d'un objet à partir d'une description à événements discrets
4	2	Modéliser le traitement de l'information « Fonction Traiter »	Analyser le traitement de l'information Traduire un algorithme en un programme exécutable Documenter un programme informatique
5	4	Modéliser une chaîne électro mécanique à courant continu (2)	Analyser la réversibilité d'un élément de la chaîne de puissance Associer un modèle aux composants d'une chaîne de puissance Modéliser sous une forme graphique un circuit Déterminer les grandeurs flux et effort dans un circuit électrique
6	3	Modéliser pour vérifier les performances statiques d'un mécanisme, d'une structure ou d'un ouvrage	Modéliser les actions mécaniques (avec frottement) Analyser les charges appliquées à un ouvrage ou une structure Déterminer les actions mécaniques menant à l'équilibre statique d'un mécanisme, d'un ouvrage ou d'une structure
7	4	Modéliser pour prévoir et vérifier les performances dynamiques d'un mécanisme	Déterminer la grandeur flux lorsque les actions mécaniques sont imposées Déterminer la grandeur effort lorsque le mouvement est imposé
8	8	Innover pour proposer et mettre en œuvre une solution pour répondre à une problématique scientifique et technologique	Élaborer une démarche globale d'innovation Matérialiser une solution virtuelle Évaluer une solution Représenter une solution originale

Projet de 48 heures : une ou plusieurs séquences réparties sur l'année scolaire

Sciences de l'ingénieur cycle terminal– Compétences à acquisition longue

	Compétences développées
Analyser	Analyser les résultats d'expérimentation et de simulation
	Quantifier les écarts de performances entre les valeurs attendues, les valeurs mesurées et les valeurs obtenues par simulation
	Rechercher et proposer des causes aux écarts de performances constatés
	Valider les modèles établis pour décrire le comportement d'un objet
Modéliser et résoudre	Proposer des hypothèses ou simplification en vue d'une modélisation
	Justifier des hypothèses ou simplification en vue d'une modélisation
	Utiliser les lois et relations entre les grandeurs effort et flux pour élaborer un modèle de connaissance
	Quantifier les performances d'un objet réel ou imaginé en résolvant les équations qui décrivent le fonctionnement théorique
Expérimenter et simuler	Prévoir l'ordre de grandeur de la mesure
	Identifier les erreurs de mesure
	Conduire des essais en toute sécurité à partir d'un protocole expérimental fourni
	Proposer et justifier un protocole expérimental
	Instrumenter tout ou partie d'un produit en vue de mesurer les performances
	Modifier les paramètres influents et le programme de commande en vue d'optimiser les performances du produit
	Mettre en œuvre une simulation numérique à partir d'un modèle multi-physique pour qualifier et quantifier les performances d'un objet réel ou imaginé
	Valider un modèle numérique de l'objet simulé

Communiquer	Présenter un protocole, une démarche, une solution en réponse à un besoin
	Présenter et formaliser une idée
	Rendre compte des résultats
	Collecter et extraire des données
	Comparer, traiter, organiser et synthétiser les informations pertinentes
	Développer des tutoriels, établir une communication à distance
	Travailler de manière collaborative
	Trouver un tiers expert
	Collaborer en direct ou sur une plateforme, via un espace de fichiers partagés
	Adapter sa communication au public visé et sélectionner les informations à transmettre
	Scénariser un document suivant le public visé
	Communiquer de façon convaincante

Sciences industrielles de l'ingénieur – 1PCSI

Séquence	Semaines	Blocs de compétences	Compétences
1	3	Expérimenter et analyser les systèmes pluritechnologiques	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)
			Évaluer l'impact environnemental (matériaux, énergies, nuisances)
			Analyser les architectures fonctionnelle et structurelle
			Identifier les fonctions des différents constituants
			Repérer les constituants dédiés aux fonctions d'un système
			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, Restituer, Traiter
			Identifier les constituants de la chaîne d'énergie réalisant les fonctions Agir, Alimenter, Convertir, Moduler, Transmettre, Stocker
			Repérer les différents constituants de la chaîne d'énergie
			Repérer les différents constituants de la chaîne d'information

2	3	Analyser et modéliser la structure d'un Système Linéaire Continu Invariant	Identifier la structure d'un SLCI : chaîne directe, capteur, commande, consigne, comparateur, correcteur
			Déterminer les fonctions de transfert à partir d'équations physiques (modèle de connaissance)
			Caractériser les signaux canoniques d'entrée
			Analyser ou établir le schéma-bloc du système
3	3	Analyser, modéliser et expérimenter le comportement des Systèmes Linéaires Continus Invariants	Identifier et positionner les perturbations
			Différencier régulation et poursuite
			Déterminer les fonctions de transfert
			Renseigner les paramètres caractéristiques d'un modèle de comportement (premier ordre, deuxième ordre, dérivateur, intégrateur, gain, retard)
4	4	Modéliser, résoudre et expérimenter pour vérifier les performances temporelles et fréquentielles des Systèmes Linéaires Continus Invariants	Déterminer la réponse temporelle
			Déterminer la réponse fréquentielle
			Tracer le diagramme asymptotique de Bode
			Prévoir les performances en termes de rapidité
			Relier la rapidité aux caractéristiques fréquentielles
			Identifier les paramètres caractéristiques d'un modèle du premier ordre ou du deuxième ordre à partir de sa réponse indicielle
			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

5	3	Modéliser et résoudre pour déterminer la loi entrée-sortie d'une chaîne cinématique	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
			Préciser et justifier les conditions et les limites de la modélisation plane
			Déterminer la loi entrée - sortie géométrique d'une chaîne cinématique
6	4	Modéliser et résoudre pour vérifier les performances cinématiques des mécanismes	Déterminer le torseur cinématique d'un solide par rapport à un autre solide
			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
			Déterminer les relations de fermeture de la chaîne cinématique
			Déterminer la loi entrée - sortie cinématique d'une chaîne cinématique
			Réaliser un schéma cinématique
7	4	Modéliser et résoudre pour vérifier les performances statiques des mécanismes	Isoler un système et justifier l'isolement
			Associer un modèle à une action mécanique
			Associer à chaque liaison son torseur d'actions mécaniques transmissibles
			Déterminer la relation entre le modèle local et le modèle global
			Déterminer le calcul complet des inconnues de liaison
			Déterminer la valeur des paramètres conduisant à des positions d'équilibre (par exemple l'arc-boutement)

8	5	Analyser, modéliser et concevoir la partie commande d'un système	Interpréter tout ou partie de l'évolution temporelle d'un système
			Coder une information
			Exprimer un fonctionnement par des équations logiques
			Décrire et compléter un algorithme représenté sous forme graphique
			Représenter tout ou partie de l'évolution temporelle
			Modifier un programme pour faire évoluer le comportement du système
			Réaliser un schéma électrique

Compétences à acquisition longue – 1PCSI

Analyser	Utiliser des symboles et des unités adéquates
	Définir les éléments influents du milieu extérieur
	Identifier la nature des flux échangés (matière, énergie, information) traversant la frontière d'étude
	Vérifier l'homogénéité des résultats
	Justifier le choix des constituants dédiés aux fonctions d'un système
	Prévoir l'ordre de grandeur et l'évolution de la mesure ou de la simulation
	Critiquer les résultats issus d'une mesure ou d'une simulation
	Identifier des valeurs erronées
	Valider ou proposer une hypothèse
	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
	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
	Vérifier la cohérence du modèle choisi avec les valeurs souhaitées du cahier des charges
	Rechercher et proposer des causes aux écarts constatés
Modéliser	Qualifier les grandeurs d'entrée et de sortie d'un système isolé
	Décrire l'évolution des grandeurs
	Identifier la nature (grandeur effort, grandeur flux)
	Qualifier la nature des matières, quantifier les volumes et les masses
	Identifier la nature de l'information et la nature du signal
	Construire un modèle multiphysique simple

	Définir les paramètres du modèle
Résoudre	Choisir les valeurs des paramètres de la résolution numérique
	Choisir les grandeurs physiques tracées
Expérimenter	Prévoir l'allure de la réponse attendue
	Prévoir l'ordre de grandeur de la mesure
	Extraire les grandeurs mesurées et les traitées
Communiquer	Extraire les informations utiles d'un dossier technique
	Effectuer une synthèse des informations disponibles dans un dossier technique
	Vérifier la nature des informations
	Trier les informations selon des critères
	Distinguer les différents types de documents en fonction de leurs usages
	Lire et décoder un diagramme
	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

Sciences industrielles de l'ingénieur – 2PSI

Séquence	Semaines	Blocs de compétences	Compétences
1	3	Analyser et modéliser le comportement linéaire et non linéaire des systèmes complexes pluritechnologiques	Analyser ou établir le schéma-bloc du système
			Construire un modèle multiphysique simple
			Définir les paramètres du modèle
			Déterminer la réponse temporelle, fréquentielle
			Tracer le diagramme asymptotique de Bode
			Prévoir les performances en termes de rapidité
			Déterminer la loi entrée - sortie géométrique d'une chaîne cinématique
			Déterminer les relations de fermeture de la chaîne cinématique
			Déterminer la loi entrée - sortie cinématique d'une chaîne cinématique
			Analyser la réversibilité d'un constituant dans une chaîne d'énergie
			Linéariser le modèle autour d'un point de fonctionnement
2	3	Modéliser et résoudre pour valider les performances des systèmes asservis	Réduire l'ordre de la fonction de transfert selon l'objectif visé, à partir des pôles dominants qui déterminent la dynamique asymptotique du système
			Analyser la stabilité d'un système à partir de l'équation caractéristique
			Déterminer les paramètres permettant d'assurer la stabilité du système
			Relier la stabilité aux caractéristiques fréquentielles
			Proposer la démarche de réglage d'un correcteur proportionnel, proportionnel intégral et à avance de phase
			Relier la précision aux caractéristiques fréquentielles
			Déterminer l'erreur en régime permanent vis-à-vis d'une entrée en échelon ou en rampe (consigne ou perturbation)
			Associer un modèle à une source d'énergie
			Associer un modèle aux composants d'une chaîne d'énergie
			Associer un modèle aux composants d'une chaîne d'information
3	3	Concevoir la partie commande des systèmes asservis afin d'améliorer et de valider leurs performances	Proposer une architecture fonctionnelle et les constituants associés
			Choisir un modèle adapté à l'objectif
			Choisir un type de correcteur adapté

Révisions

4	3	Modéliser le comportement des systèmes mécaniques et résoudre pour déterminer une équation de mouvement ou des actions mécaniques en utilisant le PFD	Déterminer le torseur dynamique d'un solide, ou d'un ensemble de solides, par rapport à un autre solide
			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
			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
5	3	Modéliser le comportement des systèmes mécaniques et résoudre pour déterminer une équation de mouvement ou des actions mécaniques en utilisant le théorème de l'énergie puissance	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
			Déterminer l'énergie cinétique d'un solide ou d'un ensemble de solides, dans son mouvement par rapport à un autre solide
6	4	Modéliser des chaînes de solides pour déterminer les contraintes géométriques d'un mécanisme	Déterminer les conditions géométriques associées à l'hyperstatisme
			Résoudre le système associé à la fermeture cinématique et en déduire le degré de mobilité et d'hyperstatisme
			Régler les paramètres de fonctionnement d'un système
			Mesurer les grandeurs d'effort et de flux
			Quantifier les pertes dans les constituants d'une chaîne d'énergie
			Réaliser une intégration et une dérivation sous une forme numérique (somme et différence)
			Générer un programme et l'implanter dans le système cible

7	4	Modéliser et expérimenter la chaîne d'information numérique d'un système	Vérifier l'homogénéité et la compatibilité des flux entre les différents constituants
			Identifier la nature et les caractéristiques des flux échangés
			Identifier et interpréter les modèles des constituants du système
			Justifier la chaîne d'acquisition utilisée
			Prévoir la quantification nécessaire à la précision souhaitée
			Mettre en œuvre la chaîne d'acquisition
			Appréhender l'influence de la fréquence d'échantillonnage sur les mesures effectuées
			Régler les paramètres de fonctionnement d'un système
			Mesurer les grandeurs d'effort et de flux
			Quantifier les pertes dans les constituants d'une chaîne d'énergie
			Réaliser une intégration et une dérivation sous une forme numérique (somme et différence)
			Générer un programme et l'implanter dans le système cible

Compétences à acquisition longue – 2PSI

Analyser	Justifier le choix des constituants dédiés aux fonctions d'un système
	Extraire du cahier des charges les grandeurs pertinentes
	Traiter des données de mesures et en extraire les caractéristiques statistiques
	Exploiter et interpréter les résultats d'un calcul ou d'une simulation
	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
	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
	Vérifier la cohérence du modèle choisi avec les valeurs souhaitées du cahier des charges
	Rechercher et proposer des causes aux écarts constatés
	Prévoir l'ordre de grandeur et l'évolution de la mesure ou de la simulation
	Critiquer les résultats issus d'une mesure ou d'une simulation
	Identifier des valeurs erronées
	Valider ou proposer une hypothèse
Modéliser	Déterminer les grandeurs influentes
	Modifier les paramètres et enrichir le modèle pour minimiser l'écart entre les résultats simulés et les réponses mesurées
Résoudre	Choisir les paramètres de simulation
	Faire varier un paramètre et comparer les courbes obtenues

Expérimenter	Régler les paramètres de fonctionnement d'un système
	Mettre en évidence l'influence des paramètres sur les performances du système
	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
	Mettre en œuvre un système complexe en respectant les règles de sécurité
Communiquer	Lire et décoder un schéma
	Choisir l'outil de description adapté à l'objectif de la communication
	Décrire le fonctionnement du système en utilisant un vocabulaire adéquat