

Royaume du Maroc



Ministère de l'Éducation Nationale,
du Préscolaire et des Sports

Ministère de l'Éducation Nationale, du Préscolaire et des Sports

Classes Préparatoires aux Grandes Écoles

Filière : Physique, Chimie et Sciences de l'ingénieur (PCSI)

Programme des sciences industrielles pour l'ingénieur

Première année

Table des matières

1. Préambule	3
2. Présentation.....	3
2.1. Objectifs de la formation.....	3
2.2. Démarche pédagogique et didactique de l'enseignant.....	3
2.3. Compétences générales de l'ingénieur développées.....	4
2.4. Activités d'enseignement.....	5
2.5. Organisation du programme et volume horaire indicatif.....	5
2.6. Progression	6
3. Contenu détaillé du programme.....	6
3.1. Premier trimestre.....	6
3.2. Deuxième trimestre.....	10
3.3. Troisième trimestre.....	11
4. Annexe : Composantes de la compétence « <i>Expérimenter</i> ».....	13

1. Préambule

Les ingénieurs de demain doivent répondre efficacement et de manière innovante aux besoins de progrès et d'amélioration de la qualité de vie des personnes et par ricochet participer dans le développement de la société dans un cadre plus large. Cette réponse se manifeste par leurs implications dans les divers secteurs de l'économie de production et de service. Ils participent aux processus de développement des systèmes à chaque étape de leurs cycle de vie, de la caractérisation du besoin jusqu'au recyclage, en respectant les contraintes écologiques visant un développement durable et en adoptant les règles et concept de l'éco-conception

Ces nouvelles manières d'aborder les enjeux contemporains de notre société génèrent des problématiques complexes nécessitant la conception de systèmes innovants le plus souvent pluri-technologiques répondant exactement aux besoins des clients. Le développement, la réalisation et la mise en œuvre de ces systèmes nécessitent l'adoption d'une démarche d'analyse qui intègre une multitude de contraintes d'ordre réglementaire, écologique, technologique et économique.

La conciliation de ses contraintes avec les règles du marché en termes de délai et de compétitivité impose l'introduction des concepts de l'ingénierie numérique ainsi que les outils de résolution et de modélisation numérique dans le programme d'enseignement des SII.

2. Présentation

2.1. Objectifs de la formation

L'enseignement des sciences industrielles pour l'ingénieur (SII) nécessite la mobilisation des compétences scientifiques fondamentales transversales du programme du CPGE ainsi que les outils d'analyse et de résolution numérique qui en découlent pour constituer une panoplie d'outils d'accompagnement de l'apprenant dans la recherche et la conception de solutions industrielles appropriées aux problématiques complexes liées au développement continu du processus industriel. Au terme des deux années de formation, l'appréhension des sciences industrielles vise le développement chez les élèves d'une vision globale de l'approche projet qui nécessite le développement des aptitudes de communiquer, de travailler en équipe, d'auto critique et d'ouverture.

Les compétences acquises doivent constituer une plate-forme solide sur laquelle prendra appui la formation dans les grandes écoles. Dans ces écoles, il sera question d'approfondir les savoirs appréhendés en CPGE, l'introduction et la découverte de nouvelles connaissances et compétences propres aux divers profils de formation au métier d'ingénieur.

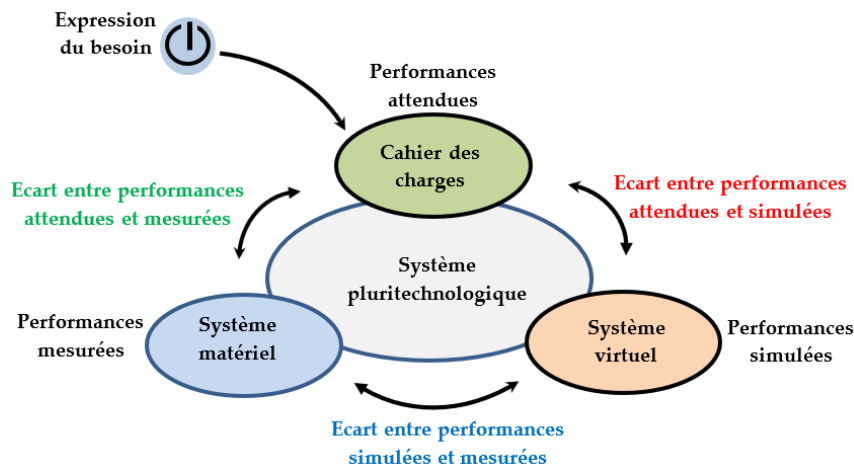
Ce programme contribue aussi à l'approche pédagogique par les STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) qui permet de favoriser le décroisement entre les disciplines enseignées en CPGE marocaines.

2.2. Démarche pédagogique et didactique de l'enseignant

L'approche des enseignements en SII s'organise autour de systèmes pluri technologiques. 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.

L'illustration suivante montre les trois représentations des systèmes et les écarts constatés entre les performances attendues, simulées et mesurées (Démarche d'ingénieur).



La démarche pédagogique en sciences industrielles de l'ingénieur 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 des sciences industrielles pour l'ingénieur permettent aux élèves d'investir complètement la démarche de l'ingénieur en s'intéressant à toutes les représentations des systèmes. Pour cela les enseignements en SII installent progressivement l'ensemble des connaissances et des compétences nécessaires à la maîtrise 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.

2.3. Compétences générales de l'ingénieur développées

Les compétences développées en sciences industrielles pour 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. Des solutions innovantes sont modélisées de façon numérique. Ces modèles numériques permettent la simulation du comportement des systèmes pluri technologiques 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.

Ces compétences sont :

- **Analyser** : permet des études fonctionnelles, structurelles et comportementales des systèmes conduisant à la compréhension de leur fonctionnement et à une justification de leur architecture. Via les activités expérimentales, elles permettent d'acquérir une culture des solutions industrielles qui facilitent l'appropriation de tout système nouveau. Cette approche permet de fédérer et assimiler les connaissances présentées dans l'ensemble des disciplines scientifiques de classes préparatoires aux grandes écoles.
- **Modéliser** : permet d'appréhender le réel et d'en proposer, après la formulation d'hypothèses, une représentation graphique, symbolique ou équationnelle pour comprendre son fonctionnement, sa structure et son comportement. Le modèle retenu permet des simulations afin d'analyser, de vérifier, de prévoir et d'améliorer les performances d'un système.
- **Résoudre** : permet de donner la démarche pour atteindre de manière optimale un résultat. La résolution peut être analytique ou numérique. L'outil de simulation numérique permet de prévoir les performances de systèmes complexes en s'affranchissant de la maîtrise d'outils mathématiques spécifiques.
- **Expérimenter** : permet d'appréhender le comportement des systèmes, de mesurer, d'évaluer et de modifier les performances. Les activités expérimentales sont au cœur de la formation et s'organisent

autour de produits industriels instrumentés ou de systèmes didactisés utilisant des solutions innovantes. Elles permettent de se confronter à la complexité de la réalité industrielle, d'acquérir une culture des solutions technologiques, de formuler des hypothèses pour modéliser le réel, d'en apprécier leurs limites de validité, de développer le sens de l'observation, le goût du concret et la prise d'initiative.

- **Concevoir** : permet de modifier l'architecture des systèmes pour satisfaire un cahier des charges. Elle permet également de faire évoluer le comportement des systèmes. Elle développe l'esprit d'initiative et la créativité des élèves.
- **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.

2.4. Activités d'enseignement

- **Cours – TD** : 2 heures hebdomadaires programmées, de préférence, le matin ;
- **Travaux pratiques** : 2 heures hebdomadaires par demi-classe découpée en groupes ;
- **T.I.P.E** : 2 heures hebdomadaires ;
- **Colles** : 0.5 heure par élève par semaine.

2.5. Organisation du programme et volume horaire indicatif

Thème	Parties	Volume horaire indicatif des activités de cours, TD et TP confondues	
Ingénierie Système et diagrammes associés	Présentation générale des systèmes	20 h	PREMIER TRIMESTRE
	Identification du besoin et des exigences		
	Définition des frontières de l'analyse		
	Analyse de l'organisation fonctionnelle et structurelle		
	Identification et caractérisation des grandeurs physiques		
	Recherche et traitement des informations		
	Caractérisation des écarts		
Mécanique	Modélisation géométrique des liaisons	24 h	PREMIER TRIMESTRE
	Cinématique du solide indéformable : - Rappels et compléments du calcul vectoriel et torsorien - Définition d'un solide indéformable - Paramétrage de la position d'un solide par rapport à un autre solide - Trajectoire, vecteur taux de rotation et vecteur vitesse - Champs des vecteurs vitesse - Torseur cinématique		
Mécanique	Cinématique du solide indéformable : - Vecteur accélération - Torseurs cinématiques des liaisons - Composition des mouvements - Cinématique du contact ponctuel - Loi entrée – sortie - Application aux transmetteurs de puissance	16 h	DEUXIEME TRIMESTRE
Mécanique	Statique des solides	20 h	
Mécanique	Chaînes des solides : - Structure d'un mécanisme - Définition du degrés de mobilité et du degrés d'hyperstatisme	4 h	
Mécanique	Chaînes des solides : - Cas des chaînes fermées simples et complexes - Proposition de construction isostatique	8 h	TROISIEME TRIMESTRE
Automatique	Systèmes séquentiels	10 h	
	Analyse d'un algorithme	4 h	
IA	Introduction – Réseaux de neurones	8 h	

2.6. Progression

Un découpage trimestriel a été adopté pour développer le contenu du programme des sciences industrielles pour l'ingénieur. Dans le cadre de la liberté pédagogique, l'enseignant peut traiter le contenu relatif à un trimestre selon ses préférences et ses dispositions pédagogiques.

Certaines notions et compétences du programme des sciences industrielles pour l'ingénieur sont en commun avec la physique ou l'informatique.

- La mention (**I**) indique que la notion est en commun avec l'informatique. L'enseignant se contentera de proposer à ses élèves des applications spécifiques à la SII ;
- La mention (**P**) indique que la notion est en commun avec la physique. L'enseignant doit se concerter en permanence avec le professeur de physique pour éviter toute répétition.

3. Contenu détaillé du programme

3.1. Premier trimestre

Détails du programmes	Compétences et commentaires
<p>1- Ingénierie Système et diagrammes associés :</p> <p>1.1) Présentation générale des systèmes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Matière d'œuvre ; - Valeur ajoutée ; - Fonction ; - Performance ; <p>1-2) Identification du besoin et des exigences :</p> <p>Cahier des charges :</p> <ul style="list-style-type: none"> - diagramme des exigences ; -critères et niveaux. - diagramme des cas d'utilisation. <p>1-3) Définition des frontières de l'analyse :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Frontière de l'étude ; - Milieu extérieur ; 	<p>Les activités sont organisées à partir de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - dossiers techniques incluant des documents multimédia ; - supports physiques dédiés ; - outils de simulation numérique. <p>L'étude des chaînes fonctionnelles comme sous-ensembles de systèmes permet de construire une base de données de solutions industrielles associées aux fonctions principales.</p> <p>Les compétences acquises doivent permettre de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - situer le système industriel dans son domaine d'activité ; - identifier les matières d'œuvre entrantes et sortantes du système ; - préciser les caractéristiques de la valeur ajoutée par le système ; <p>Ainsi ces activités d'analyse et de modélisation des systèmes peuvent être introduites dès le début de l'année scolaire, et serviront de présentation pour l'enseignement dispensé tout au <u>long des deux années de formation</u>.</p> <p>L'approfondissement des outils et du vocabulaire de communication technique se fera progressivement et horizontalement pendant l'avancement sur le programme.</p> <p>Le Cahier des Charges Fonctionnel (<u>fourni</u>) est l'outil privilégié pour associer les performances attendues aux fonctions à satisfaire par un système.</p> <p>Les compétences acquises doivent permettre de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Décrire le besoin ; • Traduire un besoin fonctionnel en exigences ; • Présenter la fonction globale ; • Définir les domaines d'application ; • Définir les critères technico-économiques et

<p>- Flux échangés : flux de matière, flux d'information et flux d'énergie (définition et nature) ;</p> <p>- Codage de l'information (I) : binaire naturel, binaire réfléchi, code p parmi n</p> <p>- Impact environnemental et sociétal.</p> <p>- Analyse du cycle de vie (extraction, fabrication, utilisation, fin de vie, recyclage et transport).</p> <p>1-4) Analyse de l'organisation fonctionnelle et structurelle :</p> <ul style="list-style-type: none"> - partie commande, partie opérative ; - relations entre partie commande et partie opérative ; - relations entre partie commande et opérateur. - chaîne d'information et de puissance : <ul style="list-style-type: none"> ✓ Présentation de la chaîne d'information : Fonctions acquérir, traiter et communiquer. ✓ Capteurs : fonctions ; nature des grandeurs physiques d'entrées et de sorties ; nature du signal et support de l'information. ✓ Notions de base (Succinctes) liées à l'incertitude, la résolution, la quantification, l'échantillonnage, la justesse, la fidélité, la linéarité et la sensibilité (P). ✓ Présentation de la chaîne de puissance : fonctions alimenter, moduler, convertir, transmettre et agir. ✓ Alimentation d'énergie : source 	<p>environnementaux ;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Isoler un système et justifier l'isolement ; • Définir les éléments influents du milieu extérieur ; • Identifier et caractériser les fonctions ; • Identifier la nature des flux échangés (Matière, énergie, information) traversant la frontière d'étude ; • Identifier la nature de l'information et la nature du signal ; • Qualifier la nature des matières ; • Qualifier et quantifier les exigences (critère, niveau) ; • Lire et décoder un diagramme SysML ; • Evaluer l'impact environnemental et sociétal du système. <p>L'enseignant prendra en compte les exigences liées au développement durable et sensibilisera les élèves aux aspects sociétaux.</p> <p>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.</p> <p>Les compétences acquises doivent permettre de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identifier et décrire les chaînes fonctionnelles : la chaîne d'information et la chaîne de puissance du système ; • Identifier et décrire les liens entre la chaîne de puissance et la chaîne d'information ; • Identifier les constituants de la chaîne d'information réalisant les fonctions acquérir, traiter et communiquer ; • Identifier les constituants de la chaîne d'énergie réalisant les fonctions, alimenter, moduler, convertir, transmettre et agir. • Caractériser les éléments des deux chaînes fonctionnelles. • Justifier le choix des constituants Dédiés aux fonctions d'un système. • Vérifier l'homogénéité et la compatibilité des flux entre les différents constituants ; • Analyser la réversibilité d'un constituant dans une chaîne de puissance. <p>La description des chaînes fonctionnelles de différents systèmes permet de construire une culture technologique.</p> <p>L'étude de la réversibilité de la chaîne de puissance porte sur la structure, sans aborder la technologie interne du constituant.</p> <p>Les chaînes fonctionnelles, diagrammes de définition</p>
--	---

<ul style="list-style-type: none"> ✓ Modulateur ; ✓ Actionneur ; ✓ Transmetteurs de puissance : vis écrou, roue et vis sans fin, trains d'engrenages simples, trains épicycloïdaux, pignon- crémaillère, poulies-courroie et bielle manivelle (caractéristiques ; réversibilité, domaines d'application). <p>- Association de préactionneurs et d'actionneurs :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Caractéristiques ; ✓ Réversibilité ; ✓ Domaines d'application. <p>- diagramme de définition des blocs ; - diagramme de blocs internes ;</p> <p>1-5) Identification et caractérisation des grandeurs physiques :</p> <p>Grandeurs utilisées :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grandeur effort, Grandeur flux - unités du système international ; - homogénéité des grandeurs (P). <p>Caractéristiques des grandeurs physiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> - nature physique ; - caractéristiques fréquentielles ; - caractéristiques temporelles. <p>1-6) Recherche et traitement des informations :</p> <ul style="list-style-type: none"> - informations techniques : identification et description des constituants (actionneurs, pré- actionneurs et capteurs) ; - schéma électrique, hydraulique et pneumatique. <p>1-7) Caractérisation des écarts :</p> <ul style="list-style-type: none"> - définition des écarts ; - identification des écarts. <p>2- Mécanique :</p> <p>2.A) Modélisation géométrique des liaisons</p> <p>2.A.1) Contact entre solides : Géométrie générale des contacts entre deux solides, degrés de liberté (mobilité).</p> <p>2.A.2) Liaisons entre solides :</p>	<p>de blocs et diagrammes de bloc interne peuvent être à lire ou à compléter avec les éléments syntaxiques fournis.</p> <p>Les compétences acquises doivent permettre de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utiliser des symboles et des unités adéquates (P) ; • Vérifier l'homogénéité des résultats (P) • Qualifier les grandeurs d'entrée et de sortie d'un système isolé ; • Identifier la nature (grandeur effort, grandeur flux) ; • Décrire l'évolution des grandeurs ; • Critiquer les résultats issus d'une mesure ou d'une simulation ; • Valider ou proposer une hypothèse. <p>Tout au long des deux années préparatoires, l'enseignant insistera sur l'évaluation des ordres de grandeur ce qui permettra à l'élève d'interpréter les résultats en vue de valider ou proposer une hypothèse.</p> <p><u>Les normes de représentation des schémas fournies,</u> les compétences acquises doivent permettre de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rechercher les informations ; • Distinguer les différents types de documents et de données en fonction de leurs usages ; • Extraire les informations utiles d'un dossier technique ; • Effectuer une synthèse des informations disponibles dans un dossier technique ; • Vérifier la nature et la pertinence des informations (obtention, véracité, fiabilité et précision de l'information); • Trier les informations selon des critères • Lire et décoder un schéma électrique, pneumatique ou hydraulique ; <p>Se limiter à l'introduction des notions d'écarts.</p> <p>D'autres compétences tels que :</p> <ul style="list-style-type: none"> • La quantification des écarts, leurs interprétations (vérification, recherche et proposition des causes aux écarts constatés), le traitement des données de mesures et l'extraction de leurs caractéristiques statistiques ; • Le choix d'un outil de communication adapté à l'interlocuteur ; • La capacité à l'écoute et à la confrontation des points de vue ; • La présentation des étapes d'un travail ; • La capacité à présenter de manière argumentée une synthèse des résultats ; • La production des documents techniques adaptés à l'objectif de la communication (I) ; <p>seront développées tout au long des deux années préparatoires.</p> <p>Les compétences acquises doivent permettre de :</p>
---	--

<p>- Définition ;</p> <p>- Liaisons normalisées entre solides :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Caractéristiques géométriques ; ✓ Degrés de liberté ; ✓ Symboles normalisés et repères d'expression privilégiés. <p>2.A.3) Modélisation cinématique des systèmes mécaniques :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Modélisation des liaisons, liaisons parfaites ; ✓ Classe d'équivalence cinématique ; ✓ Graphe de liaisons ; ✓ Schéma cinématique : spatial et Plan. <p>2.B) Cinématique du solide indéformable</p> <p>2.B.1) Rappels et compléments de calcul vectoriel (P) et torsoriel.</p> <p>2.B.2) Définition d'un solide indéformable :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Référentiel : espace, temps (P). ✓ Repère attaché à un référentiel (P); ✓ Équivalence entre référentiel et solide indéformable. <p>2.B.3) Paramétrage de la position d'un solide par rapport à un autre solide (paramètres géométriques linéaires et angulaires) ;</p> <p>2.B.4) Dérivée temporelle d'un vecteur par rapport à un référentiel. Relation entre les dérivées temporelles d'un vecteur par rapport à deux référentiels distincts. Trajectoire d'un point par rapport à un référentiel. Vecteur position. Vecteur vitesse et vecteur taux de rotation de deux référentiels en mouvement l'un par rapport à l'autre (P).</p> <p>2.B.5) Champs des vecteurs vitesse pour un solide ; torseur cinématique.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Proposer une modélisation des liaisons avec une définition précise de leurs caractéristiques géométriques ; • Décoder un schéma cinématique spatial ou plan ; • Réaliser le graphe de structure ; • Réaliser un schéma cinématique simple (se limiter à 4 solides maximum) ; • Compléter une partie de schéma cinématique. <p>Les conditions et les limites de la modélisation plane seront précisées et justifiées.</p> <p>Mettre l'accent sur les opérations vectorielles rencontrées en cinématique (P). Seuls les éléments essentiels de la théorie des torseurs (opérations, invariants, couple et glisseur) sont présentés.</p> <p>Les compétences acquises doivent permettre de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 ; • Justifier le paramétrage du modèle retenu. <p>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 et ne doit pas donner lieu à évaluation.</p> <p>Pour la dérivée d'un vecteur, on insiste sur la différence entre référentiel d'observation et éventuelle base d'expression du résultat.</p> <p>A partir d'un système mécanique pour lequel un <u>paramétrage est donné</u>, les compétences citées ci-dessous devront permettre de modéliser la cinématique d'un ensemble de solides et de déterminer le torseur cinématique d'un solide par rapport à un autre solide.</p>
---	--

3.2. Deuxième trimestre

<p>2.B.5) - Définition du vecteur accélération ;</p> <ul style="list-style-type: none"> - torseurs cinématiques des liaisons normalisées, repères d'expressions privilégiées. <p>2.B.6) Composition des mouvements : composition des taux de rotation et des vitesses linéaires.</p> <p>2.B.7) Mouvements simples (translation et rotation) et composé.</p> <p>2.B.8) Cinématique du contact ponctuel entre deux solides :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Roulement, pivotement, - Vitesse de glissement ; - Condition cinématique de maintien du contact. <p>2.B.9) loi entrée-sortie géométrique et cinématique ;</p> <p>2.B.10) Application aux transmetteurs de puissance : vis écrou, roue et vis sans fin, trains d'engrenages simples, train épicycloïdal de type 1 (*), pignon-crémaillère, poulies-courroie et bielle manivelle.</p>	<p>A partir d'un système mécanique pour lequel un <u>paramétrage est donné</u>, les compétences citées ci-dessous devront permettre de modéliser la cinématique d'un ensemble de solides :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Déterminer le vecteur accélération d'un point d'un solide par rapport à un autre solide ; • Exploiter le roulement sans glissement. <p>La composition des vecteurs accélération est hors programme. Etant donné une chaîne cinématique, les compétences acquises doivent permettre de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Déterminer les relations de fermeture géométrique ; • Déterminer sa loi entrée - sortie géométrique ; • Déterminer les relations de fermeture cinématique ; • Déterminer la loi entrée – sortie cinématique. • Proposer et mettre en œuvre une démarche permettant d'obtenir les relations entre les grandeurs géométrique ou cinématique (<i>I</i>). <p>L'étude des transmetteurs de puissance devra se limiter à leur loi entrée-sortie cinématique. Toute autre étude est hors programme.</p> <p>(*) : l'étude générale des trains épicycloïdaux est hors programme</p> <p>L'étude des trains épicycloïdaux se limitera au type 1 qui sera traité comme application de la composition de mouvements. L'enseignant veillera, à travers une application simple, à initier les élèves aux méthodes graphiques de détermination des vecteurs vitesses. Toutefois, la maîtrise de ces méthodes ne devra donner lieu à aucune évaluation.</p>
<p>2.C) Statique des solides</p> <p>2.C.1) Modélisation locale des actions mécaniques (densités linéique, surfacique et volumique d'effort) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - actions à distance et de contact ; - lois de Coulomb relatives au glissement ; - résistance au roulement et au pivotement. <p>2.C.2) Modélisation globale des actions mécaniques :</p> <ul style="list-style-type: none"> - torseur associé. - frottement visqueux ; <p>2.C.3) Action mécanique transmissible par une liaison sans frottement</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cas des liaisons normalisées et de la modélisation plane. 	<p>Les compétences acquises doivent permettre de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Associer un modèle à une action mécanique ; • Déterminer la relation entre le modèle local et le modèle global ; • Associer à chaque liaison son torseur d'action mécanique transmissible ; • Proposer et mettre en œuvre une démarche permettant de déterminer une action mécanique ; • Déterminer les inconnues de liaison ;

<p>2.C.4) Schéma d'analyse (graphe des actions mécaniques)</p> <p>2.C.5) Principe fondamental de la Statique :</p> <ul style="list-style-type: none"> - référentiel Galiléen ; - équilibre d'un solide, d'un ensemble de solides ; - Énoncé du PFS ; - théorèmes généraux ; - théorème des actions réciproques. <p>2. D) Chaînes des solides</p> <p>2.D.1) Structure d'un mécanisme :</p> <ul style="list-style-type: none"> - associations de liaisons en série et en parallèle ; - liaisons équivalentes. - Conditions et limites de la modélisation plane. <p>2.D.2) Définitions : (Cas des liaisons en parallèle et en série)</p> <ul style="list-style-type: none"> - degré de mobilité ; - degré d'hyperstatisme. 	<ul style="list-style-type: none"> • Déterminer la valeur des paramètres conduisant à des positions d'équilibre ; • Exploiter et interpréter (dans la limite du possible) les résultats d'un logiciel de calcul (analyse de la modélisation proposée et des résultats obtenus). <p>Un schéma cinématique d'une partie opérative étant fourni, l'étudiant doit être capable de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identifier la liaison équivalente aux liaisons en parallèles ou en série par une étude statique et cinématique ; • Sans calcul, identifier la liaison équivalente aux liaisons en parallèle ou en série (se limiter aux cas simples et usuels) ; • Simplifier un modèle de mécanisme ; • Déterminer les mobilités cinématiques ; • Déterminer les conditions géométriques associées à l'hyperstatisme. • Modifier un modèle pour le rendre Isostatique.
--	--

3.3. Troisième trimestre

<p>2- Mécanique :</p> <p>2.D.3) Cas des chaînes fermées (Simple et complexes) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - mise en équation : Analyse géométrique et cinématique. - détermination du degré de mobilité et du degré d'hyperstatisme (Formule de mobilité); <p>2.D.4) Proposition de constructions isostatiques d'une chaîne de solides hyperstatique (Substitution de liaisons).</p> <p>3- Automatique :</p> <p>3.A) Systèmes séquentiels :</p> <ul style="list-style-type: none"> - définition ; - chronogramme ; - diagramme de séquence - diagramme d'états : État, transition, événement, condition de garde, activité et action. 	<p>Un schéma cinématique d'une partie opérative étant fourni, l'étudiant doit être capable de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Déterminer les mobilités cinématiques ; • Résoudre le système associé à la fermeture cinématique et en déduire le degré de mobilité et d'hyperstatisme ; • Déterminer le nombre de conditions géométriques associées à l'hyperstatisme. • Modifier un modèle pour le rendre Isostatique. <p>Les chaînes complexes ne doivent être abordées qu'à travers une approche globale.</p> <p>La compétence acquise sur le diagramme d'états doit permettre de décrire le comportement d'un système séquentiel et d'interpréter tout ou partie de son évolution temporelle.</p> <p>L'évolution temporelle des états et des variables d'un diagramme d'états est représentée sous la forme d'un chronogramme.</p>
---	--

<p>3.B) Analyse d'un algorithme :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Définition et appel d'une fonction (I). -Variables (type et portée) (I). -Structures algorithmiques (boucles et tests) (I). <p>4- Intelligence artificielle</p> <p>Introduction à l'IA : vocabulaire et définition</p> <p>Notions de classification et régression</p> <p>Notions d'apprentissages supervisé et non supervisé.</p> <p>Réseaux de neurones (couches d'entrée, cachées et de sortie, neurones, biais, poids et fonction d'activation).</p>	<p>Les compétences acquises devront permettre de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Analyser un algorithme (I). - décrire et compléter un algorithme représenté sous forme graphique (algorigramme). <p>Introduire aux principes d'intelligence artificielle.</p> <p>Le candidat devra être capable de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - utiliser le vocabulaire adéquat à l'IA ; - différencier entre la régression et la classification ; - analyser une solution à base de réseaux de neurones ; - résoudre un problème simple en utilisant une solution à base de réseaux de neurones ; - rechercher et proposer des causes aux écarts constatés.
---	---

3-Annexe : Composantes de la compétence « *Expérimenter* »

Compétence	Détails
<p align="center">Mettre en œuvre un système en suivant un protocole</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Repérer les différents constituants de la chaîne de puissance ; ✓ Repérer les différents constituants de la chaîne d'information ; ✓ Régler les paramètres de fonctionnement d'un système ; ✓ Mettre en évidence l'influence des paramètres sur les performances du système. ✓ Identifier les grandeurs physiques d'effort et de flux. ✓ Proposer un modèle cinématique à partir d'un système réel ou d'une maquette numérique.
<p align="center">Proposer et justifier un protocole expérimental</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Prévoir l'allure de la réponse attendue ; ✓ Prévoir l'ordre de grandeur de la mesure ; ✓ 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 ; ✓ Introduire, pour une chaîne d'acquisition, la notion d'échantillonnage en vue de justifier la chaîne d'acquisition utilisée et de prévoir la quantification nécessaire à la précision souhaitée. ✓ Identifier les erreurs de mesure et les erreurs de méthode.
<p align="center">Mettre en œuvre un protocole expérimental</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Mettre en œuvre un système complexe en respectant les règles de sécurité ; ✓ 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 à travers les constituants de la chaîne d'énergie (Source, modulateur, actionneur et chaîne de transmission) ; ✓ Extraire les grandeurs désirées et les traiter afin de construire un modèle de comportement du système.
<p align="center">Mettre en œuvre une démarche de simulation et de résolution numérique</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Choisir les valeurs des paramètres de la résolution numérique : durée et pas de calcul ; ✓ Choisir les tracés des grandeurs physiques en fonction des performances à vérifier ; ✓ Choisir les paramètres de simulation ; ✓ Faire varier un paramètre et comparer les courbes obtenues.