

Royaume du Maroc



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

**Ministère de l'Éducation Nationale, du préscolaire et Sports**  
**Classes Préparatoires aux Grandes Écoles**

**Filière : Technologie et Sciences Industrielles (TSI)**

**Programme des sciences industrielles pour l'ingénieur**

**Deuxième année Génie Électrique**

## Table des matières

<b>1. PREAMBULE :</b> .....	3
<b>2. Présentation :</b> .....	3
<b>2.1</b> Objectifs de la formation : .....	3
<b>2.2</b> Démarche pédagogique et didactique des enseignements : .....	3
<b>2.3</b> Compétences générales de l'ingénieur développées : .....	4
<b>2.4</b> Activités d'enseignement : .....	5
<b>2.5</b> Organisation du programme et volumes horaires (Cours, TD et TP) : .....	6
<b>2.6</b> Progression : .....	6
<b>3. Contenu détaillé du programme :</b> .....	7
<b>3.1</b> Premier trimestre : .....	7
<b>3.2</b> Deuxième trimestre : .....	9
<b>4. Annexe 1 : Compétences en commun avec l'informatique</b> .....	12
<b>5. Annexe 2 : Composantes de la compétence « Expérimenter »</b> .....	13
<b>6. Annexe 3 : Composantes de la compétence « Réaliser »</b> .....	14

## **1. PREAMBULE :**

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 au 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 leur 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 répondants 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 ces contraintes avec les règles du marché en matière 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 de 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 des processus industriels. 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 communication, de travail en équipe, d'autocritique et d'ouverture.

Les compétences acquises doivent constituer une plateforme solide sur laquelle s'appuiera la formation dispensée dans les grandes écoles. Dans ces écoles, il s'agira d'approfondir les connaissances acquises en CPGE, d'introduire et de découvrir de nouvelles connaissances et compétences propres aux différents profils de formation pour le métier d'ingénieur.

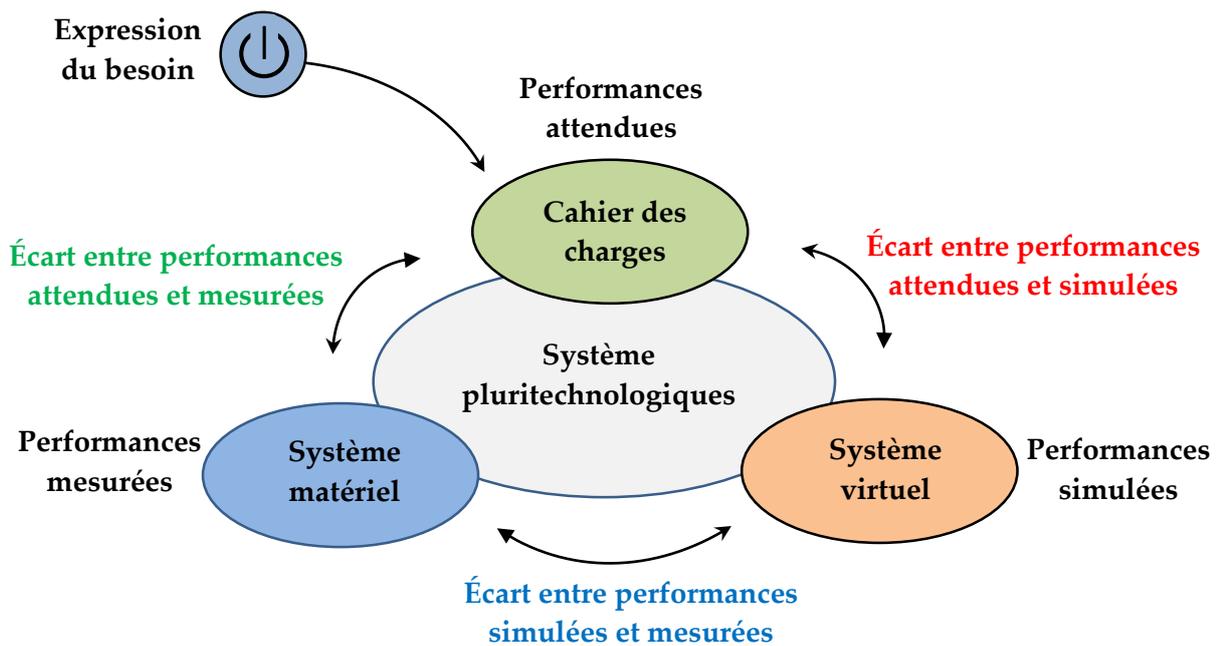
En cohérence avec les objectifs du cycle initial de la formation aux métiers de l'ingénierie, ce programme contribue à l'approche pédagogique basée sur les STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics).

### **2.2 Démarche pédagogique et didactique des enseignements :**

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 des exigences fonctionnelles. Cela se concrétise par l'élaboration d'un cahier des charges défini en collaboration avec un client.
- la réalité virtuelle d'un système Cela se manifeste par la création d'un modèle permettant de simuler le comportement du système afin de prévoir et d'évaluer ses 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 pluri technologique (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 d'adapter 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.
- **Réaliser** : Réaliser tout ou partie d'un prototype.

#### 2.4 **Activités d'enseignement :**

- **Cours – TD** : 2 heures hebdomadaires programmées, de préférence, le matin.
- **Travaux pratiques** : 1h30min 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 volumes horaires (Cours, TD et TP) :

Module	Contenu	Volume horaire indicatif (heure)	
Automatique et modélisation	Performances d'un système asservi	10.5	1 <sup>er</sup> trimestre
	Correction d'un système asservi	10.5	
Chaîne de puissance	Modélisation des composants de puissance	3,5	
	Modulation alternatif-continu	7	
	Modulation continu-alternatif	7	
	Machine synchrone triphasée	10.5	
	Machine asynchrone triphasée à cage	10.5	
Chaîne d'information	Transmission de l'information	4,5	
	Architecture des réseaux	4,5	
Ingénierie numérique et informatique	Intelligence artificielle (IA) (Annexe 1)	5	

## 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 (*Annexe 1*).
- La mention (*P*) indique que la notion est en commun avec la physique. L'enseignant doit se concerter avec le professeur de physique pour éviter toute répétition.

La collaboration entre les professeurs de GE et GM est impérative pour l'enseignement du module "Ingénierie numérique et information".

### 3. Contenu détaillé du programme :

NB : Sur la colonne de droite les **commentaires et limitations** sont écrits en italique.

#### 3.1 Premier trimestre :

Connaissances	Savoir-faire <i>Commentaires et limitations</i>
<p><b>A) Automatique et modélisation :</b></p> <p><b>A.1) Performances d'un système asservi :</b></p> <p>Stabilité : Définition, condition de stabilité, position des pôles dans le plan complexe, critère graphique de REVERS, marge de phase et de gain dans le plan de Bode.</p> <p>Précision : erreur/écart statique et erreur de traînage, classe d'une fonction de transfert.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- lien entre la classe de la fonction de transfert en boucle ouverte et l'écart statique ;</li> <li>- lien entre la position de l'intégrateur et la sensibilité aux perturbations.</li> </ul> <p>Rapidité : Bande passante et temps de réponse.</p>	<p><b>Déterminer</b> les performances d'un système asservi.</p> <p><b>Donner</b> des causes à l'erreur statique pas tout à fait nulle constatée dans un asservissement de position.</p> <p><i>Le critère de Routh est hors programme.</i></p> <p><i>La mise en évidence des non linéarités est faite lors des activités expérimentales ou au travers de simulations montrant l'intérêt et les conséquences de ce phénomène. (I)</i></p> <p><i>L'étude théorique des systèmes non linéaires est hors programme.</i></p> <p><i>Seul le diagramme de Bode est au programme.</i></p>
<p><b>A.2) Correction d'un système asservi :</b></p> <p>Correction des systèmes asservis.</p> <p>Effets sur les performances.</p> <p>Régulateurs P, PI et avance de phase.</p> <p>Discrétisation d'un correcteur. (I)</p> <p>Modélisation par équations aux différences (équations de récurrence) d'un correcteur numérique.</p> <p>Caractérisation des signaux à temps discret (échantillonnage et quantification).</p> <p>Choix des paramètres du solveur (pas de la discrétisation et durée de la simulation). (I)</p> <p>Influence des paramètres du modèle sur les performances.</p> <p>Carte de commande</p>	<p><b>Modifier</b> la commande pour faire évoluer le comportement du système.</p> <p><b>Utiliser</b> un correcteur PI pour réaliser un asservissement rapide et précis.</p> <p><b>Mettre</b> en œuvre une démarche de réglage d'un correcteur.</p> <p><b>Mener</b> une simulation numérique. (I)</p> <p><b>Modéliser</b> un correcteur numérique.</p> <p><i>La synthèse complète des correcteurs est hors-programme.</i></p> <p><i>Pour les correcteurs proportionnel intégral et à avance de phase, la démarche de réglage est fournie.</i></p> <p><i>Les limites de modélisation d'un système à temps discret par un modèle à temps continu pourront être mises en évidence par l'augmentation de la période d'échantillonnage. (I)</i></p> <p><i>La transformée en z n'est pas au programme.</i></p>

Connaissances	Savoir-faire <i>Commentaires et limitations</i>
<p><b>B) Chaine de puissance :</b></p> <p><b>B.1) Modélisation des composants de puissance :</b></p> <p>Nature et caractéristiques des grandeurs physiques d'entrée et de sortie : continu ou alternatif, Source de courant ou tension parfaite. (P)</p> <p>Règles d'association des sources parfaites-transformation de la nature d'une source.</p> <p>Caractéristiques statiques des interrupteurs.</p> <p>Bidirectionnalités des interrupteurs.</p> <p>Association des interrupteurs (cellule élémentaire de commutation).</p>	<p><b>Choisir</b> un modulateur en fonction des transferts énergétiques souhaités.</p> <p><b>Déterminer</b> la structure d'un interrupteur à partir de sa caractéristique statique.</p> <p><b>Choisir</b> un interrupteur à l'aide d'une notice constructeur.</p> <p><i>La modélisation se limite aux fonctions de modulation continu-continu, continu-alternatif et alternatif-continu non commandée et à leurs associations.</i></p> <p><i>Les caractéristiques statiques des interrupteurs sont limitées aux composants à 2 et 3 segments.</i></p> <p><i>Les critères de choix se limitent aux grandeurs électriques et aux nombres de segments.</i></p> <p><i>La modélisation des pertes dans les interrupteurs n'est pas exigible.</i></p>
<p><b>B.2) Modulation alternatif-continu :</b></p> <p>Redresseurs non commandés PD2, P3 et PD3.</p>	<p><b>Déterminer</b> les chronogrammes des tensions et des courants.</p> <p><b>Calculer</b> la valeur moyenne de la tension aux bornes de la charge.</p> <p><b>Calculer</b> les courants moyens et efficaces.</p> <p><b>Calculer</b> la puissance transmise ou fournie à la charge.</p> <p><b>Déterminer</b> les chronogrammes de la tension redressée et des courants dans les différents éléments.</p> <p><i>Dans le cadre d'une démarche pédagogique, les montages PD2 et PD3 sont abordés à partir des montages P2 et P3.</i></p>
<p><b>B.3) Modulation continu-alternatif :</b></p> <p>Onduleurs de tension autonomes monophasés et triphasés.</p>	<p><b>Déterminer</b> les éléments en conduction.</p> <p><b>Tracer</b> les chronogrammes des tensions.</p> <p><b>Calculer</b> la valeur efficace de la tension.</p> <p><b>Effectuer</b> des calculs et des mesures d'ondulation.</p> <p><i>On montre l'intérêt de la commande MLI du point de vue de la qualité de l'énergie.</i></p> <p><i>Les développements en série de Fourier seront fournis.</i></p>

### 3.2 Deuxième trimestre :

Connaissances	Savoir-faire <i>Commentaires et limitations</i>
<p><b>B.4) Machine synchrone triphasée ;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Commande scalaire</li> <li>- Principe de la commande vectorielle</li> </ul>	<p><b>Donner</b> le schéma équivalent monophasé.</p> <p><b>Faire</b> le bilan de puissance (entrée, perte, rendement)</p> <p><b>Etablir</b> les relations régissant le fonctionnement.</p> <p><i>Le modèle statique étudié est le modèle monophasé composé de l'inductance cyclique <math>L_s</math>, de la résistance statorique <math>R_s</math>, et de la force contre électromotrice à vide <math>E_v</math>.</i></p> <p><i>Pour le modèle dynamique :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• On adopte un modèle simplifié dans le plan <math>d, q</math> (<math>L_d = L_q</math>)</li> <li>• Donne sans démontrer les résultats des transformations.</li> </ul> <p><i>Il s'agit d'établir que la commande de la MS dans le plan <math>(d, q)</math> permet d'obtenir le même comportement qu'une MCC.</i></p>
<p><b>B.5) Machine asynchrone triphasée à cage :</b></p> <p>Caractéristiques mécaniques actionneur-charge.</p> <p>Point de fonctionnement.</p> <p>Stabilité d'un point de fonctionnement.</p>	<p><b>Identifier</b> le régime de fonctionnement</p> <p><b>Donner</b> les relations mécaniques, électriques et électromécaniques.</p> <p><b>Etablir</b> le bilan de puissance.</p> <p><b>Caractériser</b> le point de fonctionnement en régime permanent de l'association convertisseur électromécanique et charge.</p> <p><i>Le modèle étudié est un modèle statique monophasé composé de l'inductance magnétisante <math>L</math>, de la résistance rotorique ramenée au stator et de l'inductance de fuite rotorique ramenée au stator.</i></p> <p><i>Seule la commande scalaire est étudiée (commande en « <math>U/f</math> » constant)</i></p> <p><i>La physique des convertisseurs électromécaniques (machines électriques) n'est pas au programme. (P)</i></p>

Connaissances	Savoir-faire <i>Commentaires et limitations</i>
<p><b>C) Chaine d'information :</b></p> <p><b>C.1) Transmission de l'information :</b></p> <p>Modes de transmission série ; mise en œuvre d'une transmission série asynchrone.</p> <p>Topologie, sens de transfert.</p>	<p><b>Définir</b> le principe d'une liaison parallèle</p> <p><b>Interpréter</b> les niveaux électriques en niveau logiques.</p> <p><b>Indiquer</b> qu'une liaison parallèle n'est utilisable qu'à faible distance.</p> <p><b>Interpréter</b> un document technique de connecteur parallèle.</p> <p><b>Définir</b> le principe d'une liaison série.</p> <p><b>Donner</b> la signification des termes simplex, half duplex, full duplex.</p> <p><b>Donner</b> les caractéristiques qui différencient les liaisons synchrones et asynchrones</p> <p><b>Décrire</b> la trame de la transmission (Bit de start, bits de données, bit de parité, bits de stop, vitesse en bauds).</p> <p><b>Calculer</b> le débit maximum en caractères par seconde d'une liaison dont le protocole est donné.</p> <p><b>Interpréter</b> l'oscillogramme d'un caractère dans un codage sans retour à zéro (NRZ).</p> <p><b>Analyser</b> les signaux dans les standards de l'industrie (Exemple RS232).</p> <p><i>On n'exige pas l'explication détaillée de la synchronisation dans le cas de liaison asynchrone.</i></p> <p><i>On rappelle les niveaux électriques des signaux mais le principe du codage doit être connu.</i></p>
<p><b>C.2) Architecture des réseaux :</b></p> <p>Architecture matérielle et fonctionnelle des réseaux : supports de l'information, topologie, sens de transfert.</p> <p>Caractéristiques d'un canal de transmission.</p> <p>Multiplexage temporel et fréquentiel.</p>	<p><b>Identifier</b> dans une trame ou un paquet les différents champs.</p> <p><b>Identifier</b> dans les champs d'une trame ou d'un paquet l'émetteur de l'information,</p> <p><b>Décoder</b> une information contenue dans le champ des données afin d'en donner sa valeur dans le système international de mesure,</p>

<p>Notion de protocole : rôle des champs dans une trame.</p> <p>Architecture protocolaire : organisation en couches fonctionnelles.</p> <p>Adressage physique et logique d'un constituant.</p> <p>Paramètres de configuration d'un réseau.</p> <p>Internet des objets. (I)</p>	<p><b>Vérifier</b>, dans le champ de contrôle, si la transmission est exécutée sans erreur.</p> <p><b>Mettre</b> en œuvre une liaison entre objets communicants. (I)</p> <p>L'étude des différentes architectures est réalisée uniquement en vue de procéder à une classification en termes de performances.</p> <p><i>On se limite à une approche qualitative des techniques de multiplexage (temporel et fréquentiels)</i></p> <p>;</p> <p><i>Pour les supports de transmission, on propose : les paires torsadées, les fibres optiques et les liaisons sans fil.</i></p> <p><i>On se limite aux protocoles de la couche transport (UDP et TCP).</i></p> <p><i>On se limite à la couche application du modèle OSI.</i></p> <p><i>L'étude des réseaux de communication est focalisée sur les concepts communs aux protocoles de communication usuels.</i></p>
--	--

#### 4. Annexe 1 : Compétences en commun avec l'informatique

Connaissances	Savoir-faire <i>Commentaires et limitations</i>
<p><b>Intelligence artificielle : (I)</b></p> <p>Régression et classification, apprentissage supervisé.</p> <p>Phases d'apprentissage et d'inférence.</p> <p>Apprentissage supervisé.</p> <p>Choix des données d'apprentissage.</p> <p>Choix des paramètres de classification.</p> <p>Modèle linéaire monovariante, k plus proches voisins.</p> <p>Décomposition d'un problème complexe en sous problèmes simples.</p> <p>Choix des algorithmes d'intelligence artificielle:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- k plus proches voisins ;</li> <li>- régression linéaire monovariante</li> </ul> <p>Mise en œuvre des algorithmes (k plus proches voisins et régression linéaire monovariante).</p>	<p><b>Analyser</b> les principes d'intelligence artificielle</p> <p><b>Choisir</b> une démarche de résolution d'un problème d'ingénierie numérique.</p> <p><b>Résoudre</b> un problème en utilisant une solution d'intelligence artificielle.</p> <p><i>L'utilisation des bibliothèques (Python) pré-implémentées est privilégiée.</i></p> <p><i>L'apprentissage non supervisé est introduit en regard de l'apprentissage supervisé mais aucune connaissance spécifique n'est exigible.</i></p> <p><i>Les réseaux de neurones sont abordés mais aucune connaissance spécifique n'est exigible.</i></p> <p><b><u>Exemples d'applications :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Utilisation d'Euler pour discrétiser un correcteur.</i></li> <li>• <i>Résolution d'équation non linéaire (seuil, hystérésis ...) pour le cas des SLCI.</i></li> <li>• <i>Régression linéaire mono variable : création d'un modèle de comportement «gain pur» à partir de données expérimentales.</i></li> <li>• <i>k plus proches voisins : classification d'images et mise en évidence des erreurs de prédiction.</i></li> </ul>

## 5. Annexe 2 : Composantes de la compétence « Expérimenter »

Connaissances	Savoir-faire <i>Commentaires et limitations</i>
<p><b>Protocoles expérimentaux :</b></p> <p>Environnement du système.</p> <p>Mise en œuvre d'un système, paramètres de fonctionnement d'un système.</p> <p>Respect d'un protocole expérimental et des normes de sécurité.</p> <p>Protection des biens et des personnes.</p> <p>Règles de raccordement des appareils de mesure et des capteurs.</p> <p>Caractéristiques (calibre, position, etc.) et fonctions d'un appareil de mesure.</p> <p>Incertitudes, résolution, justesse, fidélité, linéarité et sensibilité.</p> <p>Échantillonnage, repliement de spectre, quantification.</p> <p>Outils de programmation</p> <p>Dispositifs de contrôle.</p> <p>Scénarios de test.</p> <p>Normes de sécurité.</p>	<p><b>Mettre</b> en œuvre un appareil de mesure adapté à la caractéristique de la grandeur à mesurer.</p> <p><b>Identifier</b> les erreurs de mesure et de méthode.</p> <p><b>Choisir</b> les grandeurs d'entrées à imposer et les grandeurs de sorties à acquérir pour identifier un modèle de comportement sur un système ou sur un constituant du système.</p> <p><b>Mettre</b> en œuvre un système en suivant un protocole dans le respect des règles de sécurité.</p> <p><b>Choisir</b> la grandeur physique à mesurer ou justifier son choix.</p> <p><b>Proposer</b> un protocole en fonction de l'objectif visé.</p> <p><b>Configurer et régler</b> le système en fonction de l'objectif visé.</p> <p><b>Générer</b> un programme et l'implanter dans le système cible.</p> <p><b>Analyser</b> les écarts entre les performances d'un prototype et les exigences.</p> <p><b>Rechercher et proposer</b> des causes aux écarts constatés.</p> <p><i>Dans le choix de l'appareil (y compris RMS ou non), des calibres et des réglages on attend une autonomie importante, éventuellement avec l'utilisation de la notice de l'appareil.</i></p> <p><i>Le respect des instructions de sécurité et des normes est une exigence qui s'appuie sur la fourniture des extraits de textes réglementaires.</i></p> <p><i>La connaissance des normes de sécurité n'est pas exigible.</i></p> <p><i>L'objectif consiste à qualifier et quantifier une performance et/ou renseigner un modèle de comportement.</i></p> <p><i>L'incertitude renvoie à la technologie des appareils de mesure et des capteurs. Il n'est pas exigé de longs développements théoriques et calculs associés.</i></p>

## 6. Annexe 3 : Composantes de la compétence « Réaliser »

Compétences	Détails et commentaires
<ul style="list-style-type: none"><li>- Réaliser tout ou partie d'un prototype</li><li>- Instrumenter tout ou partie d'un système pour valider une exigence ou renseigner un modèle de comportement.</li><li>- Intégrer les constituants correspondant à une fonction dans un prototype.</li><li>- Implémenter et exécuter un programme sur une cible.</li><li>- Valider le fonctionnement du prototype.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- La réalisation d'une chaîne d'asservissement numérique pourra servir de support.</li><li>- L'acquisition de savoir-faire professionnels est exclue.</li><li>- Tous les moyens de réalisation ou de prototypage rapide mutualisés dans l'établissement scolaire peuvent être utilisés, en particulier les ressources disponibles dans un espace d'innovation partagé (fablab).</li></ul>