

Annexe

Programme de sciences de l'ingénieur de première et terminale générales

Sommaire

Préambule

Les objectifs généraux

Une démarche scientifique affirmée

Un enseignement scientifique ambitieux pour préparer à l'enseignement supérieur

Des projets innovants mobilisant une approche design

Un enseignement contextualisé dans de grandes thématiques

Programme

Créer des produits innovants

Analyser les produits existants pour appréhender leur complexité

Modéliser les produits pour prévoir leurs performances

Valider les performances d'un produit par les expérimentations et les simulations numériques

S'informer, choisir, produire de l'information pour communiquer au sein d'une équipe ou avec des intervenants extérieurs

Préambule

Les objectifs généraux

Les ingénieurs imaginent et mettent en œuvre des solutions innovantes pour répondre aux besoins des personnes, avec l'ambition de rendre accessible à tous les progrès qu'apportent quotidiennement les sciences et les technologies.

Les enjeux de société sont considérables et se situent à la conjonction d'évolutions rapides et inédites. Par exemple, la transformation et la consommation d'énergie, qui ne font qu'augmenter, s'accompagnent de fortes contraintes de préservation de l'environnement. La densification des métropoles interroge aussi profondément l'organisation de ces nouveaux territoires, notamment la mobilité intra et extra urbaine et l'ensemble des infrastructures associées. Ces évolutions, parmi les plus importantes, imposent d'imaginer des solutions alternatives à celles existantes.

De façon concomitante, la révolution numérique bouleverse les rapports entre les personnes et leur environnement, entre les êtres humains et les machines. Elle modifie également la relation entre les machines elles-mêmes, capables d'échanger de façon autonome des quantités considérables d'informations en communiquant via ce que l'on nomme l'internet des objets. Grâce au déploiement et à la puissance des réseaux de communication, chacun accède rapidement à de multiples services en réponse à ses besoins, le bénéficie de l'usage l'emportant sur la possession des objets. Cette nouvelle culture du partage développe des valeurs de solidarité et est l'expression d'une attention portée à la qualité de l'environnement qui sera laissée aux prochaines générations.

Les ingénieurs, au terme de leur formation, sont capables d'imaginer des solutions innovantes qui ne se limitent pas à la conception des objets réduits à la seule dimension matérielle. Ils proposent des solutions qui associent les dimensions matérielles et numériques, intégrées et complémentaires, non plus pensées successivement et séparément mais de façon simultanée.

Les sciences de l'ingénieur s'intéressent aux objets et aux systèmes artificiels, appelés de façon plus générique « produits ». Cette appellation de « produit » réunit sous un même terme l'objet matériel et son jumeau numérique. Il intègre le programme informatique utile à son fonctionnement et, lorsqu'elle est nécessaire, l'interface homme-machine connectée à un réseau de communication. Ces produits, supports d'activités des élèves au cycle terminal du lycée, répondent à des besoins et définissent des usages. Leurs définitions permettent de qualifier et de quantifier les performances du service attendu.

Ces solutions s'inscrivent dans un contexte fortement contraint par les enjeux sociaux, sociétaux et environnementaux, par la prise de décisions éthiques et responsables.

Avec la contribution des autres enseignements scientifiques, l'objectif de l'enseignement de spécialité de sciences de l'ingénieur du cycle terminal du lycée est de faire acquérir des compétences fondamentales qui permettent aux élèves de poursuivre vers les qualifications d'ingénieur dont notre pays a besoin.

Comme tous les enseignements, cette spécialité contribue au développement des compétences orales à travers notamment la pratique de l'argumentation. Celle-ci conduit à préciser sa pensée et à expliciter son raisonnement de manière à convaincre. Elle permet à chacun de faire évoluer sa pensée, jusqu'à la remettre en cause si nécessaire, pour accéder progressivement à la vérité par la preuve. Si ces considérations sont valables pour tous les élèves, elles prennent un relief particulier pour ceux qui choisiront de poursuivre cet enseignement de spécialité en terminale et qui ont à préparer l'épreuve orale terminale du baccalauréat. Il convient que les travaux proposés aux élèves y contribuent dès la classe de première.

Une démarche scientifique affirmée

L'approche en sciences de l'ingénieur mobilise une démarche scientifique reposant sur l'observation, l'élaboration d'hypothèses, la modélisation, la simulation et l'expérimentation matérielle ou virtuelle ainsi que l'analyse critique des résultats obtenus. Il s'agit de comprendre et de décrire les phénomènes mis en œuvre et les lois de comportement associées, pour qualifier et quantifier les performances du produit afin de vérifier si le besoin initialement défini est satisfait.

Les enseignements du cycle terminal installent progressivement la démarche de l'ingénieur qui consiste à comparer les différentes performances du cahier des charges avec celles mesurées ou simulées. Les élèves sont conduits à mettre en œuvre une analyse critique des résultats pour s'interroger sur leur validité, pour optimiser les modèles numériques et les objets matériels afin d'obtenir les performances attendues.

Un enseignement scientifique ambitieux pour préparer à l'enseignement supérieur

La contribution des STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) permet une appropriation des concepts scientifiques et technologiques par l'interdisciplinarité.

L'enseignement de sciences de l'ingénieur intègre des contenus propres aux sciences physiques. De plus, en classe terminale, les élèves ayant choisi l'enseignement de spécialité sciences de l'ingénieur bénéficient de deux heures de sciences physiques enseignées par un professeur de physique-chimie. Ces deux heures sont dédiées aux aspects fondamentaux de sciences physiques.

Les champs abordés en sciences de l'ingénieur recouvrent le large spectre scientifique et technologique des champs de la mécanique, de l'électricité et du signal, de l'informatique et du numérique. Les simulations multi-physiques sont largement exploitées pour appréhender les performances des produits en établissant des liens entre ces différents champs.

Ainsi, les élèves qui choisissent l'enseignement de spécialité sciences de l'ingénieur en classe terminale développent les compétences attendues pour une orientation vers l'enseignement supérieur scientifique.

Des projets innovants mobilisant une approche design

La conduite de projet est inhérente à l'activité des ingénieurs, elle est menée en équipe et nécessite de mettre en place des stratégies d'ingénierie collaborative.

L'approche design induit l'innovation et questionne les fonctionnalités et les formes d'un produit en lien avec ses usages dans des environnements les plus divers. Elle exploite les possibilités offertes par les technologies du numérique. Les ingénieurs sont alors créateurs d'une réalité virtuelle et matérielle. Ces deux réalités s'enrichissent mutuellement en mobilisant le concept de jumeau numérique.

Au cours de la classe de première, un projet de 12 heures mené en équipe permet aux élèves d'imaginer et de matérialiser tout ou partie d'une solution originale. Ce projet peut être commun à toutes les équipes d'une même classe ou d'un établissement sous la forme d'un défi.

En classe terminale, un projet de 48 heures conduit en équipe est proposé à tous les élèves. L'objectif est d'imaginer tout ou partie d'un produit, développé sous forme de réalisations numérique et matérielle en vue de répondre à un besoin et d'obtenir des performances clairement définies. Ces réalisations matérialisent tout ou partie d'une solution imaginée associée à un modèle numérique. Elles permettent de simuler et de mesurer expérimentalement des performances et de les valider. Une partie de programmation est

nécessairement associée au projet. Elle peut prendre la forme d'un produit dans un environnement communicant.

Parmi les productions attendues, chaque équipe rédige obligatoirement une note interdisciplinaire. Limitée à quelques pages, cette note développe un point des programmes du cycle de spécialité, en montrant comment les notions liées à ces disciplines sont mobilisées dans le projet.

Ce projet sert de support à l'épreuve orale terminale.

Pour mener à bien ce projet, les élèves disposent des laboratoires de type laboratoire de fabrication (ou Fablab) de recherche et de fabrication.

Un enseignement contextualisé dans de grandes thématiques

Les thématiques proposées ne sont pas exhaustives. Elles sont représentatives de problématiques actuelles et permettent d'aborder les modalités pédagogiques : cours, activités dirigées, activités pratiques et projets.

Les thématiques proposées ne sont pas exhaustives. Elles sont représentatives de problématiques actuelles et permettent d'aborder les modalités pédagogiques : cours, activités dirigées, activités pratiques et projets.

x Les territoires et les produits intelligents, la mobilité des personnes et des biens :

les structures et les enveloppes ;

les mobilités des personnes et des biens.

x L'homme assisté, réparé, augmenté :

les applications numériques nomades.

x Le design responsable et le prototypage de produits innovants :

les applications numériques nomades.

Programme

Dans les tableaux ci-dessous, une indication précise le positionnement des enseignements dans le cycle.

Les contenus doivent être acquis et sont évalués à la fin de la classe de première, mais ils peuvent être remobilisés en classe terminale.

Les contenus doivent être acquis et sont évalués à la fin de la classe de première, mais ils peuvent être remobilisés en classe terminale.

Les contenus doivent être acquis et sont évalués à la fin de la classe de première, mais ils peuvent être remobilisés en classe terminale.

Créer des produits innovants

Au XXI^e siècle, dans des contextes fortement évolutifs, la compétitivité des entreprises et la formation des futurs ingénieurs doit stimuler leur créativité, les préparer à une disposition de projet et à la maîtrise de la conception. La formation des futurs ingénieurs doit stimuler leur créativité, les préparer à une disposition de projet et à la maîtrise de la conception.

Créer des produits innovants mobilise les compétences du cycle terminal de formation des ingénieurs.

Au cycle terminal, les élèves sont invités à proposer des solutions nouvelles sur des problématiques simples mais aussi des évolutions de solutions existantes pour prendre en compte une rupture technologique ou une évolution des attentes des clients.

Les solutions sont évaluées sur leur faisabilité fonctionnelle, leur nouveauté, leur originalité et leur pertinence. Les élèves sont invités à présenter leurs solutions lors de séminaires et de concours de projets au cours des études supérieures.

Au terme de la formation du cycle terminal, les élèves ont acquis de bonnes pratiques en termes de veille technologique et de questionnement permanent. Ils proposent des solutions nouvelles dans une démarche organisée et collective. Ils sont invités à décrire la solution par des schémas et de convaincre un auditoire de sa pertinence.

La compétence « innover » est essentiellement développée dans les activités de projet.

À l'issue du cycle terminal, les élèves sont évalués sur leurs compétences à :

- 1. Proposer une solution nouvelle, virtuelle ou matérielle à partir d'un cahier des charges et d'un produit existant.
- 2. Concevoir et matérialiser la solution réalisable avec des outils de prototypage intégrés dans une chaîne numérique.

INNOVER		
Compétences développées	Connaissances associées	Classe
5 RPSUH DYHF O H [S P p OLRUHU O H [LV	e O p P H Q W V G K L V W R L U H G H V	1 ^e
Élaborer une démarche globale d'innovation	Méthodes agiles Approche design, apports et limites Veille technologique	T ^{ale}
Imaginer une solution originale, appropriée et esthétique	Cartes heuristiques Méthodes de brainstorming G D Q D O R J L H G p W R X U Q H P H Q W G X V D J H 6 F p Q D U L R V G X V D J H H W H [S p ' H V L J Q G L Q W H U I D F H H W G L Éléme Q W V G H U J R Q R P L H	1 ^e
Représenter une solution originale	Outil numérique graphique Modeleur volumique	T ^{ale}
Matérialiser une solution virtuelle	0 L V H H Q ° X Y U H G R X W rapide G H Prototypage de la commande	T ^{ale}
Évaluer une solution	Mesures et tests des performances de tout ou partie de la solution innovante Amélioration continue	T ^{ale}

Contexte
<p>/HV pOpPHQWV FQWLFVQWUHFVXDOLVpV SDU XQ H[HPSO G¶XQH WKpPDMQDXSHHLLRrWesG¶processus G¶LQQRYeMptureQou G¶LQQRyDWLRQ LQFUpPHQWDOH</p> <p>La compétence « Innover » se développe de façon privilégiée dans la démarche de projet. Les connaissances associées aux « méthodes agiles » et j O¶approche design » se limitent à quelques éléments méthodologiques.</p> <p>/HV PpWKRGHV PLVHV HQ °XYUH SRXU LPDJLCoOuisent G¶ O¶pODERUDWLRQ GH FURTXLV HW GH VFKpPDV</p> <p>Les élèves ont à disposition des équipements matériels et numériques disponibles dans un espace de type « FabLab ».</p>

Analyser les produits existants pour appréhender leur complexité

/D VRFLpWp DWWHQG GHV LQJpQLHXUV TX¶LOV OXL SURSRVHQW aux besoins émergents. La capacité à proposer des solutions innovantes repose en partie sur une analyse des solutions existantes et des enjeux de société associés. Ainsi, les ingénieurs sont capables GH PHQHU XQH DQDO\XH VWUXFWXUpH GHV SURGX de connaissances scientifiques et technologiques.

À partir des prérequis installés au collège et des enseignements scientifiques communs en classe de seconde, le cycle terminal approfondit de façon qualita WLYH O¶DQDO\XH GHV SU G¶XQH FRPSOH[LW¶qualitatives performantes attendues. Il permet de constituer une large base de connaissances scientifiques et technologiques.

\$LQVL j O¶LVVXH GX F\FGont évalués sur le Ds compétences q¶YHVO\VHU O¶RUJDQLVDWDRQH IHWQFVLDVpQLHOOH G¶XQ SURGXLV OHV pFKDQJHV G¶pQHUJLH OHV WUDe échangés et RQ V GH SXL traitement des informations ;
les écarts entre les performances attendues, simulées ou mesurées.

ANALYSER		
Compétences développées	Connaissances associées	Classe
Analyser le besoin, O¶RUJDQLVDWLRQ IRQFWLRQ¶bOit¶at G¶XQH GpPDUFKH G¶système	Outils G¶LQJpSystème Ldiagrammes fonctionnels, définition des exigences et des FULWqUHVDVVRFLpV FDV G¶structurelle	1 ^e
Caractériser la puissance et O¶pQHUJLH QpFHV IRQFWLRQQHPHQW G¶système Repérer les échanges G¶pQHUJLH VXU XQ structurel	Grandeurs physiques (mécanique, électrique, thermique, etc.) mobilisées par le fonctionnement G¶XQDU*UDQGHXUV G¶HIIRUW HW GH procédés Rendements et pertes	1 ^e
\$QDO\VHU OD UpYH élément de la chaîne de puissance	Sens des transmissions de puissance 6WRFNDJH GH O¶pQHUJLH Réversibilité/irréversibilité des consti WXDQW chaîne de puissance	T ^{ale}

Analyser le traitement de O ¶ L Q I R U P D W L R Q	Algorithme, programme Langage informatique Notions V X Intelligence artificielle	T ^{ale}
\$ Q D O \ V H U O H F R P S R E M H W j S D U W L U C à événements discrets	Diagramme états-transitions Algorithme	T ^{ale}
Analyser et caractériser les p F K D Q J H V G ¶ L Q I R U système avec un réseau de communication	Architecture Client/Serveur, cloud Architecture des réseaux de communication Débit/vitesse de transmission	T ^{ale}
Analyser les principes de modulation et démodulation numériques	Internet des objets Notions de modulation-démodulation de signaux numériques en amplitude, en fréquence	T ^{ale}
Analyser les principaux protocoles pour un réseau de communication et les supports matériels	Protocoles, trames, encapsulation Support filaire et sans fil	1 ^e
\$ Q D O \ V H U O H F R P S système asservi	Systèmes asservis linéaires en régime permanent : structures par chaîne directe ou bouclée, perturbation, comparateur, correcteur proportionnel, précision (erreur statique)	T ^{ale}
Analyser les charges appliquées à un ouvrage ou une structure	& K D U J H S H U P D Q H Q W H F K D U J	T ^{ale}
Analyser des résultats G ¶ H [S p U L P et Q W D W L simulation	Lois physiques associées au fonctionnement G ¶ X Q S U R G X L W Description qualitative et quantitative des grandeurs physiques caractéristiques du I R Q F W L R Q Q H P H Q W G ¶ X Q S U R Critères de performances	T ^{ale}
Quantifier les écarts de performances entre les valeurs attendues, les valeurs mesurées et les valeurs obtenues par simulation	Écarts de performance absolu ou relatif, et interprétations possibles Erreurs et précision des mesures expérimentales ou simulées Traitement des données : tableaux, graphiques, valeurs moyennes, écarts types, incertitude de mesure & K R L [S H U W L Q H Q W G ¶ X Q R X comparaison	1 ^e
Rechercher et proposer des causes aux écarts de performances constatés	Analyse des écarts de performances	T ^{ale}
Valider les modèles établis pour décrire le comportement G ¶ X Q R E M H W		

Contexte

/ ¶ R X W L O G ¶ L Q J p Q L H U L H V \ V W q P H D F W X H O O H P H Q W S U de description de type SysML Q ¶ H V W S D V X Q H I L Q D O L W p H W G R L V nécessaires.

/ H V V X S S R U sont caractérisés par des objets physiques et multi-physiques, ils peuvent aussi être une structure, une enveloppe ou un ouvrage.

La puissance instantanée est caractérisée par (U O H S U R G X L W G ¶ X Q H J U couple, pression, tension, etc.) par une grandeur de flux (vitesse, vitesse angulaire, débit, intensité du courant, etc.).

/ ¶ L Q W H O O L J H Q F H D U E L d a n s l e c a d r e d e l ' a p p r o c h e s i m p l i f i e e p r a c t i q u e d e l e a r n i n g , P R W H X U G ¶ L Q type de Relation entrées/sorties. Celle-ci est purement applicative sans entrer dans les détails des outils mathématiques. Elle est abordée sous la forme G ¶ D F W dirigées de simulation.

/ H V I O X [G ¶ L Q I R U P D W L R Q O L p V D X [p F K D Q J H V H Q W U H sont caractérisés en termes de quantité de données et de vitesse de transmission. Les objets communicants connectés et « O ¶ L Q W H U Q H » sont typiques de la HW. Le langage informatique actuellement proposé est Python. De façon complémentaire, G ¶ D X M a g a s i n s peuvent être présentés afin de sensibiliser les élèves à la diversité des langages informatiques.

/ ¶ D Q D O \ V H G H V - F e r m e d u c a d r e d e l ' e d u c a t i o n m u l t i - p h y s i q u e s e s t a b o r d e e d e f a ç o n q u a l i t a t i v e . E l l e e s t f o n d e e s u r l e s r e s u l t a t s i s s u s d e s i m u l a t i o n s m u l t i - p h y s i q u e s .

Modéliser les produits pour prévoir leurs performances

La création de produits technologiques a pour objectif de répondre à des besoins H W G ¶ R E W H Q L U des performances préalablement définies. Les ingénieurs, pour prévoir les performances des solutions développées, construisent des modèles. Ils disposent pour cela des outils numériques, logiciels multi-physiques associés à des modélisateurs volumiques. Cela permet de construire des modèles j S D U W L U G ¶ X Q H R U J D Q L V D W L R Q I R Q F W L R Q Q H O O H imaginées.

Ils disposent de Q W D X V u l t i m o d e l i s a t e u r s p o u r p r e v o i r l e c o m p o r t e m e n t d e t o u t o u p a r t i e d u p r o d u i t .

Pour les élèves du cycle terminal, la résolution des équations issues de la modélisation est F R Q G X L W H j O ¶ D u n e r i t u e G ¶ D a n s l e s c a s l e s p l u s s i m p l e s , u n e r e s o l u t i o n a n a l y t i q u e p e u t e t r e m e n e e . E l l e n e s e r a r e a l i s e e q u e s i e l l e p r e s e n t e u n i n t e r e t p e d a g o g i q u e j O ¶ D F T X L à l ' a b r e p e r c e p t i o n d e l a d e m a r c h e s c i e n t i f i q u e , d e s l o i s e t c o n c e p t s a s s o c i e s .

La résolution des équations de comportement et la simulation numérique des modèles multi-physiques permettent de prévoir les grandeurs associées aux performances attendues.

\$ L Q V L j O ¶ L V V X H G X F \ F O H W H U P L Q D O O H V p O q Y H V V R Q W p Y D O construire un modèle multi-SK \ V L T X H G ¶ X Q R E M H W S D U D V V R F L D W L R Q X P p U L T X H V L V V X V G ¶ X Q H E L E O L F R V Q V T X M X W Q R Q R Q Q D L V R E M H W ou de sa maquette numérique ;

F R Q V W U X L U H X Q P R G q O H G H F R P S R V D Q W R X G ¶ X Q H D V V R F L D l o i s p h y s i q u e s , e n e t a b l i s s a n t l e s e q u a t i o n s a n a l y t i q u e s d u c o m p o r t e m e n t ; r e s o l d r e l e s e q u a t i o n s i s s u s d e l a m o d e l i s a t i o n e n v u e d e c a r a c t e r i s e r l e s S H U I R U P D Q F H V G ¶ X Q R E M H W

MODÉLISER ET RÉSOUDRE

Compétences développées	Connaissances associées	Classe
Proposer et justifier des hypothèses ou simplification en Y X H G ¶ X Q H P R G p O L	Hypothèses simplificatrices Modélisation plane	1 ^e
Caractériser les grandeurs physiques en entrées/sorties G ¶ X Q P R G ¶ O X W traduisant la transmission de puissance	Grandeur effort, grandeur flux Énergie Puissance instantanée, moyenne Réversibilité de la chaîne de puissance	1 ^e
Associer un modèle aux compo V D Q W V G ¶ X Q H P puissance	6 R X U F H V S D U I D L ¶ ¶ W ¶ G H I O X Interrupteur parfait Modèle associé aux composants élémentaires de transformation, de modulation, de conversion R X G H V W R F N D J H G H O ¶ p Q H U	1 ^e
Traduire le comportement D W W H Q G X R X R E V H	Comportement séquentiel Structures algorithmiques (variables, fonctions, structures séquentielles, itératives, répétitives, conditionnelles) ' L D J U D P P H - C a p t u r e D W V	1 ^e
Traduire un algorithme en un programme exécutable	Langage de programmation	T ^{ale}
Modéliser sous une forme graphique une structure, un mécanisme ou un circuit	Circuit électrique Schéma cinématique Graphe de liaisons et des actions mécaniques	1 ^e
Modéliser les mouvements Modéliser les actions mécaniques	Trajectoires et mouvement Liaisons Torseurs cinématiques H W G ¶ D ¶ ¶ ¶ ¶ ¶ ¶ ¶ V transmissibles, de contact ou à distance Réciprocité mouvement relatif/actions mécaniques associées	1 ^e
Caractériser les échanges G ¶ L Q I R U P D W L R Q V	Natures et caractéristiques des signaux, des données, des supports de communication Protocole, trame Débit maximal, débit utile	1 ^e
Associer un modèle à un système asservi	Capteurs	1 ^e
	Notion de système asservi : F R Q V L J Q H G grandeur de sortie, perturbation, erreur, correcteur proportionnel	T ^{ale}
Utiliser les lois et relations entre les grandeurs effort et flux pour élaborer un modèle de connaissance	Modèle de connaissance sur des systèmes G ¶ R U G U H : gain p ¶ X intégrateur, dérivateur	T ^{ale}
Déterminer les grandeurs flux (courant) et effort (tension) dans un circuit électrique	Lois de Kirchhoff Lois de comportement	1 ^e

Déterminer les actions mécaniques (inconnues statiques de liaisons ou action mécanique extérieure) menant à	Principe fondamental de la statique Modèle de frottement \pm Loi de Coulomb	T ^{ale}
Déterminer les grandeurs géométriques et cinématiques	Positions, vitesses et accélérations linéaire et angulaire sous forme vectorielle Champ des vitesses & R P S R V L W L R Q G H V Y L W H V V H chaîne ouverte / R L G \uparrow H V R W U V L H cas \neq dans le cas G \uparrow X Q H F K D v Q H I H U P p H I H U P	1 ^e
Déterminer la grandeur flux (vitesse linéaire ou angulaire) lorsque les actions mécaniques sont imposées	Principe fondamental de la dynamique 6 R O L G H H Q U R W D W L R Q D X W F centre de gravité est sur O \uparrow D [H G H U R W 1 R W L R Q G \uparrow L Q H U W L H H W G \uparrow L	T ^{ale}
Déterminer la grandeur effort (force ou couple) lorsque le mouvement souhaité est imposé		
4 X D Q W L I L H U O H V S objet réel ou imaginé en résolvant les équations qui décrivent le fonctionnement théorique	Méthodes de résolution analytique et numérique	T ^{ale}

Contexte
<p>Les connaissances associées dans les différents champs disciplinaires visent à apporter les</p> <p>EDVHV QpFHVVDLUHV j OD SR Xés scientifiques Sppt W X G S de V X S p</p> <p>manière indicative les éléments suivants.</p> <p>Mécanique du point :</p> <ul style="list-style-type: none"> - bases, repères et référentiels ; - fermeture géométrique ; - d p U L Y p H G \uparrow X Q position exprimé dans la base de dérivation ; - principe fondamental de la dynamique. <p>Mécanique du solide :</p> <ul style="list-style-type: none"> - torseur cinématique, composition des mouvements ; - force appliquée en un point, couple, action de la pesanteur W R U V H X U V G \uparrow D F - transmissible dans les liaisons, frottements sec et visqueux ; - principe fondamental de la dynamique pour les mouvements de translation et de rotation D X W R X U G \uparrow X Q D [H I L [H <p>Électrocinétique :</p> <ul style="list-style-type: none"> - résistance, inductance, condensateur, interrupteurs parfaits de type diode et transistor ; - sources parfaites continues, sources alternatives, systèmes monophasé et triphasé ; - Q R W L R Q G H S p U L R G H G H I U p T X H G \uparrow D i a c O L W X G H - lois de Kirchhoff ; - principe de superposition.

Énergétique :

- énergie cinétique, énergie potentielle ;
- rendement, puissance instantanée, puissance moyenne ;
- E L O D Q G ¶ p Q H U J L H F R Q V H U Y D W L R Q G ¶ p Q H U J L H

Informatique :

- variables, fonctions, structures séquentielles, itératives, répétitives, conditionnelles ;
- programmation événementielle (interface graphique) ;
- protocoles standards de communication des objets dits intelligents (LoRa) ;
- bus de communication et réseaux, clients et serveurs ;
- diagramme états-transitions (automates).

/ D P R G p O L V D W L R Q G H V D F W L R Q X m P a r i s D e s S t r u c t u r e s E t D S S O ouvrages.

Les méthodes graphiques peuvent être utilisées, mais leur maî L W U L V H Q ¶ H V W S ¶

9 D O L G H U O H V S H U I R U P D Q F H e x p é r i m e n t a t i o n s L e R I e s X L W S D U simulations numériques

Pour valider les performances G ¶ X Q S U R G X L W R e a l i s e n t d e s e x p é r i m e n t a t i o n s e t G H V H V D L V , O V S H U P H W W H Q W G ¶ R E W H Q L U G H V Y D O H X U V H [S p fonctionnement du produit réel.

Par ailleurs, les ingénieurs simulent O H I R Q F W L R Q Q H P H j Q W ¶ D I L Q S U R G X L W O R q u i e x p l o i t e n t l e s m o d è l e s n u m é r i q u e s . L e s s i m u l a t i o n s m o b i l i s a n t l e s m o d è l e s n u m é r i q u e s a t t e i n g e n t u n h a u t d e g r é d e f i a b i l i t é . E l l e s p e r m e t t e n t d e r é a l i s e r d e s e s s a i s v i r t u e l s s u r u n j u m e a u n u m é r i q u e q u i s o n t c o m p a r a b l e s à d e s e x p é r i m e n t a t i o n s s u r u n o b j e t m a t é r i e l , v o i r e G ¶ H I I H S W X H P U H V X U H V T X L V H U D L H Q W L Q D F F H V V L E O H V L P S R V V L E matériel.

/ D F R P S D U D L V R Q G H V p F D U W V H Q W U H O H V U p V X O W D W V G H V L P attendus est aussi source de multiples réflexions quant à la pertinence du modèle, la pertinence du protocole expérimental ou encore la validité de la solution au regard du cahier des charges.

\$ L Q V L j d d ¶ c y c l e t e r m i n a l , l e s é l è v e s s o n t é v a l u é s s u r l e u r s c o m p é t e n c e s à :

S U R S R V H U H W P H W W U H H Q ° X Y U H X Q S U R W R F R O H H [S p U L P H S H U I R U P D Q F H V G H W R X W R X \$ D U W L H G ¶ X Q R E M H W P D W p U L H S U R S R V H U H W P H W W U H H Q ° X Y U H G H V R X W L O V G H V L P X O quantifier les performances de tout ou p D U W L H G ¶ X Q M X P H D X Q X P p U L T X H P H W W U H H Q ° X Y U H X Q S U R W R F R O H D I L Q G H Y D o j e t s G H U O H V p à travers un réseau de communication ;

simuler le fonctionnement G ¶ X Q S U R G X L W P r o c e d u r e s G ¶ D I L Q X G P X Q T X H H Q Y X H caractériser les performances.

EXPÉRIMENTER ET SIMULER

Compétences développées	Connaissances associées	Classe
3 U p Y R L U O ¶ R U G U H G mesure	* D P P H G ¶ D S S D U H L O V G H P H	1 ^e
Identifier les erreurs de mesure		

Conduire des essais en toute sécurité à partir d'un protocole expérimental fourni	Règle de raccordement des appareils de mesure et des capteurs	1 ^e
Proposer et justifier un protocole expérimental		T ^{ale}
Instrumenter tout ou partie d'un produit en vue de mesurer les performances	Capteurs, composants d'une chaîne d'acquisition Paramétrage d'une chaîne d'acquisition Carte micro - contrôleur	T ^{ale}
Mettre en œuvre une communication entre objets dits intelligents	Paramètres de configuration d'un réseau	T ^{ale}
Relever les grandeurs caractéristiques d'un protocole de communication	Caractéristiques des signaux Protocole, trame Débit maximal, débit utile	1 ^e
Modifier les paramètres influents et le programme de commande en vue d'optimiser les performances du produit	Processus itératif d'amélioration des performances	T ^{ale}
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	Paramètres de simulation : durée, incrément temporel, choix des grandeurs affichées, échelles adaptées à l'amplitude et la dynamique des grandeurs simulées	T ^{ale}
Valider un modèle numérique de l'objet simulé	Écarts entre les performances simulées et mesurées Limites de validité d'un modèle	T ^{ale}

<p>Contexte</p> <p>Les produits supports des expérimentations sont multi-physiques. Ils peuvent également être une structure ou un ouvrage.</p> <p>Les expérimentations peuvent s'effectuer sur tout ou partie du produit matériel ou son jumeau numérique. L'implantation de blocs de mesure préconfigurés (fournis dans des bibliothèques logicielles intégrées) dans un modèle multi-physique est à développer particulièrement.</p> <p>L'usage pédagogique des smartphones ou des tablettes numériques est possible, notamment pour leurs capacités d'acquisitions de grandeurs physiques ainsi que pour l'interfaçage homme-machine.</p>
--

S'informer, choisir, produire de l'information pour communiquer au sein d'une équipe ou avec des intervenants extérieurs

Les ingénieurs communiquent avec de nombreuses personnes. Ils échangent avec des spécialistes pour comprendre leur besoin ainsi qu'avec de nombreux intervenants au sein de l'entreprise et avec des partenaires.

Les ingénieurs sélectionnent des informations pertinentes, ils produisent et présentent des informations relatives à leur activité.

Les ingénieurs proposent G H V V R O X W L R Q V L p r é s e n t e r d e m a n i è r e a r g u m e n t é e pour convaincre partenaires et décideurs.

- \$ L Q V L j O t y p e t e x t e l
- Des élèves sont évalués sur leurs compétences à :
 - rechercher, traiter et organiser des informations ;
 - choisir et produire un support de communication via un média adapté ;
 - argumenter et adapter les stratégies de communication au contexte ;
 - travailler de manière collaborative en présentiel ou à distance.

COMMUNIQUER		
Compétences développées	Connaissances associées	Classe
Présenter un protocole, une démarche, une solution en réponse à un besoin Présenter et formaliser une idée	Diagrammes fonctionnels, schémas, croquis	T ^{ale}
Rendre compte de résultats	Tableau, graphique, diaporama, carte mentale	1 ^e
Collecter et extraire des données Comparer, traiter, organiser et synthétiser les informations pertinentes	ENT, moteurs de recherche, internet, blog, base de données, dossiers techniques	1 ^e
Documenter un programme informatique	Commentaires de programmes	T ^{ale}
Développer des tutoriels, établir une communication à distance	Montage audio / vidéo	1 ^e
Travailler de manière collaborative Trouver un tiers expert Collaborer en direct ou sur une plateforme, via un espace de fichiers partagés	Espaces partagés et de stockage, ENT	1 ^e
Adapter sa communication au public visé et sélectionner les informations à transmettre Scénariser un document suivant le public visé	Média, outils multimédia, outils bureautiques, carte mentale, diagramme de l'ingénierie-système, schéma, croquis, prototype	1 ^e
Communiquer de façon convaincante	3 O D F H P H Q W G H O D Y R L [T] gestion du temps	T ^{ale}

Contexte
/ H V Q R U P H V G H V F U R T X L V H W V F K p o u r d e s p e c i f i q u e s e t d e m o d e s d e disposition des élèves. / D F R P P X Q L F D W L R Q H V W X Q u e l e s a c t i v i t é s e t a u l p p o j e t . j ' E l l e s e r a t favoriser dès que possible. Le travail collaboratif est un a [H P D M H X U G D Q V n o t i d u s W L Y L W p G H V L