

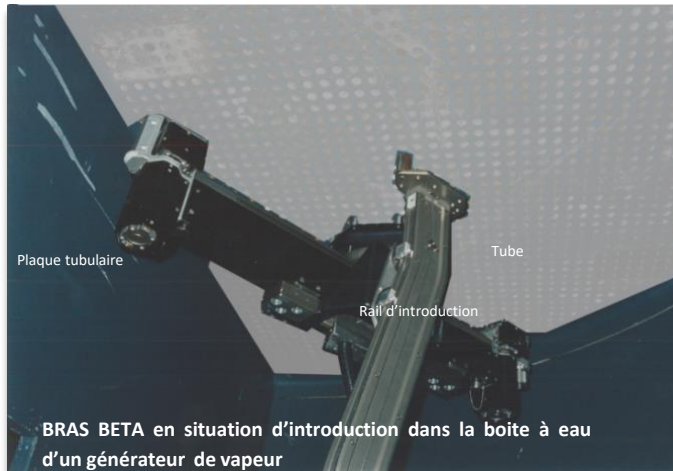
Axe BETA

Thématique : l'homme assisté

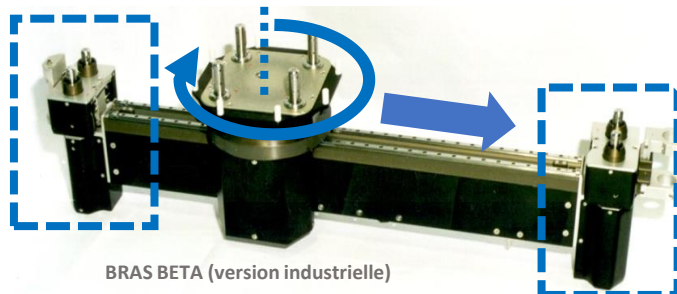
Fonctions : Contrôle par Courant de Foucault des tubes des Générateurs de Vapeur d'une Centrale Nucléaire.

Du **BRAS BETA** produit réel 

Système de maintenance des tubes des Générateurs de Vapeur d'une Centrale Nucléaire



Ascenseurs et pinces de bridage non reproduites dans l'AXE BETA didactique pour des raisons de simplicité et de sécurité

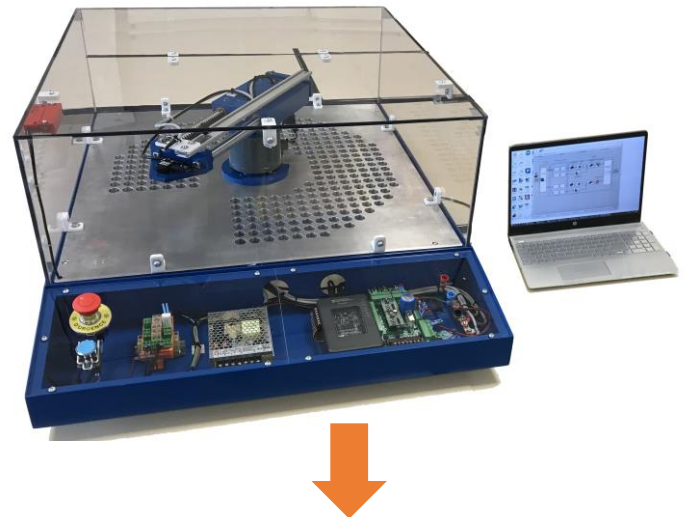


CONFORME AUX NOUVEAUX PROGRAMMES SCIENCES DE L'INGÉNIEUR BAC 2021

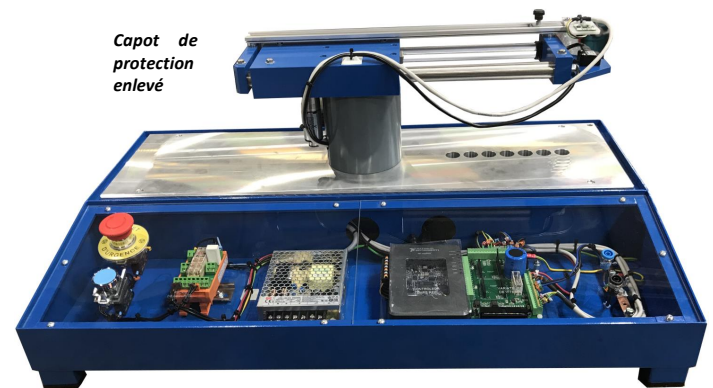
La fourniture comprend :

- ✓ Un AXE BETA (longueur 500 mm), une plaque de 240*700 mm perforée (7 trous)
- ✓ Un contrôle commande comprenant 1 carte d'asservissement et un logiciel de pilotage et d'acquisition, un dossier technique (industriel et didactique)
- ✓ Un dossier pédagogique avec TP, corrigés et fiches de formalisation

au **BRAS BETA didactique** (système pour les CPGE, double asservissements)



et à l'**AXE BETA didactique** (système pour la spécialité " Sciences de l'Ingénieur ", asservissement linéaire)



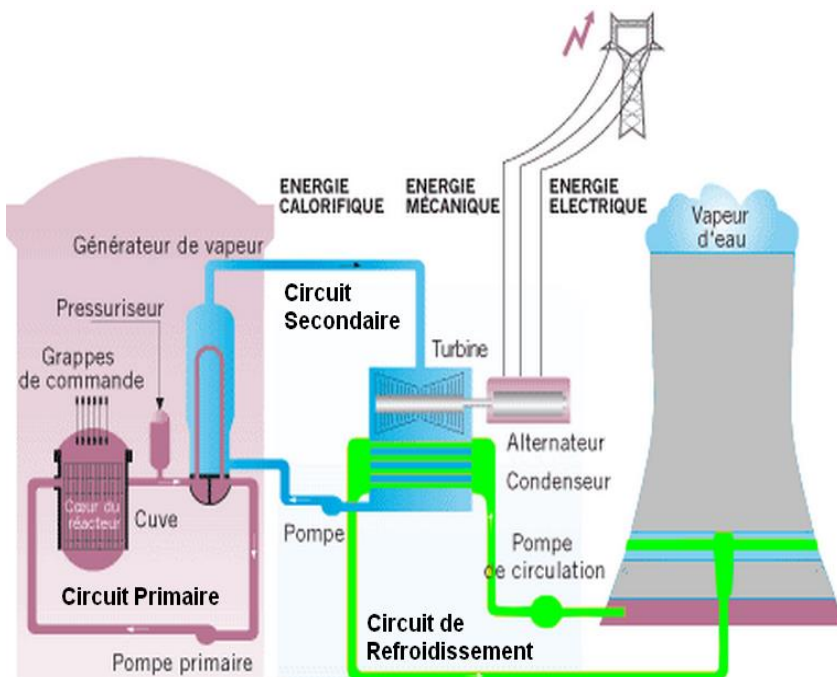
Banc d'étude du comportement d'un asservissement

L'**AXE BETA** matérialise un mouvement de translation asservi en position. Il est équipé d'une caméra pour contrôler la précision de positionnement et d'un accéléromètre pour quantifier le rendement réel.

L'IHM de l'AXE BETA est construite avec la plateforme LabVIEW. Il permet de visualiser en temps réel les courbes de comportement réel, souhaité et simulé, de les superposer et d'ajuster les correcteurs pour rapprocher le modèle au réel.

Axe BETA

Fonctionnement succinct d'une centrale nucléaire



• le circuit primaire

Dans le réacteur, la fission nucléaire produit une grande quantité de chaleur. L'eau chauffée à 320°C circule dans le circuit où elle est mise sous pression pour la maintenir à l'état liquide.

• le circuit secondaire

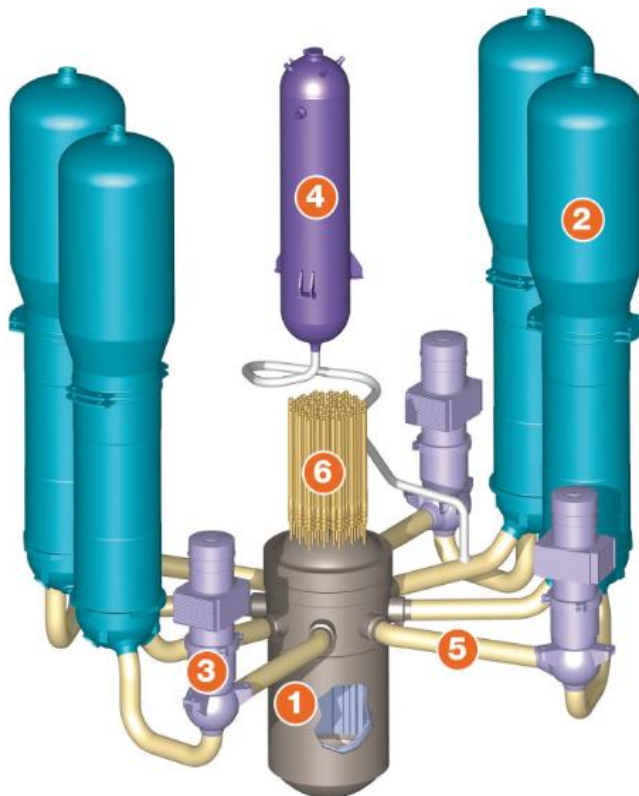
Le circuit primaire chauffe le circuit secondaire par échange thermique. Dans le générateur de vapeur, l'eau du circuit secondaire se transforme en vapeur. Cette vapeur fait tourner une turbine couplée à un alternateur qui produit de l'électricité.

• le circuit de refroidissement

L'eau de ce troisième circuit refroidit le circuit secondaire à travers un condenseur alimenté par de l'eau en provenance de la mer ou d'un fleuve.

Ces trois circuits opèrent des échanges thermiques entre eux tout en devant rester **indépendants**, pour éviter la dispersion de substance radioactive à l'extérieur de la centrale.

Détail du Circuit Primaire



1- Cuve de réacteur et internes de cuve

Enceinte métallique étanche de forte épaisseur en acier renfermant le cœur du réacteur : les assemblages combustibles

2- Générateurs de Vapeur

Assurent le transfert de chaleur de l'eau du circuit primaire à l'eau du circuit secondaire, la transformant en vapeur qui entraîne une turbine couplée à un alternateur.

3- Groupes motopompes Primaires

Participent à la sûreté de l'installation en permettant la circulation de l'eau primaire à travers le cœur du réacteur et les générateurs de vapeur.

4- Pressuriseur

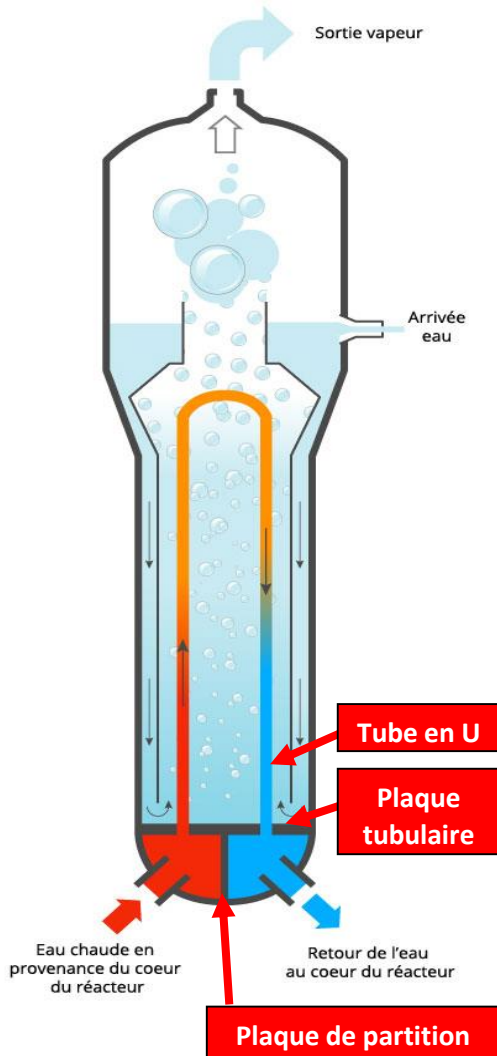
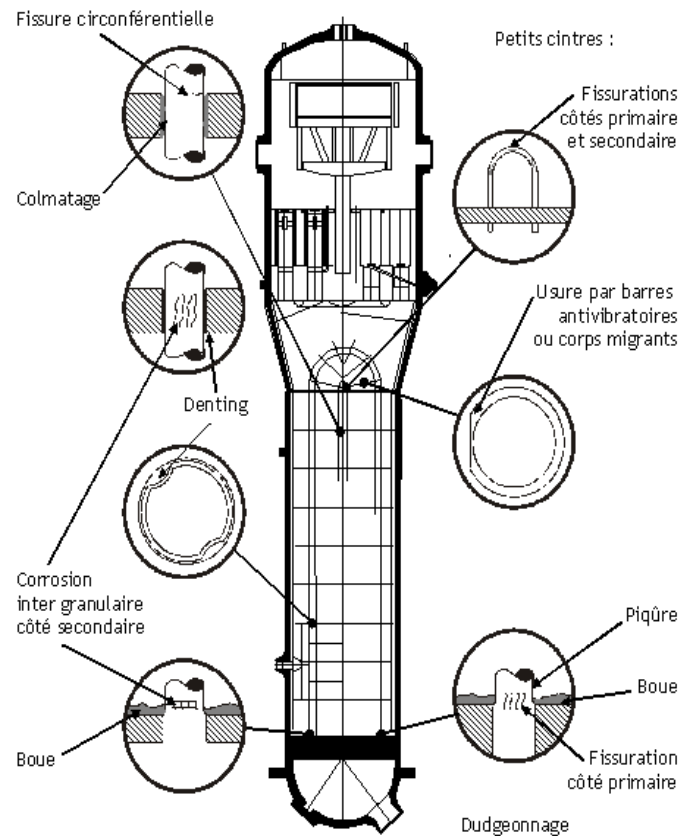
Maintient l'eau du circuit primaire en phase liquide grâce à une pression de 155 bars

5-Tuyauteries primaires

Assurent le transfert de l'eau entre la cuve et les générateurs de vapeur

6- Mécanismes de commande de grappe

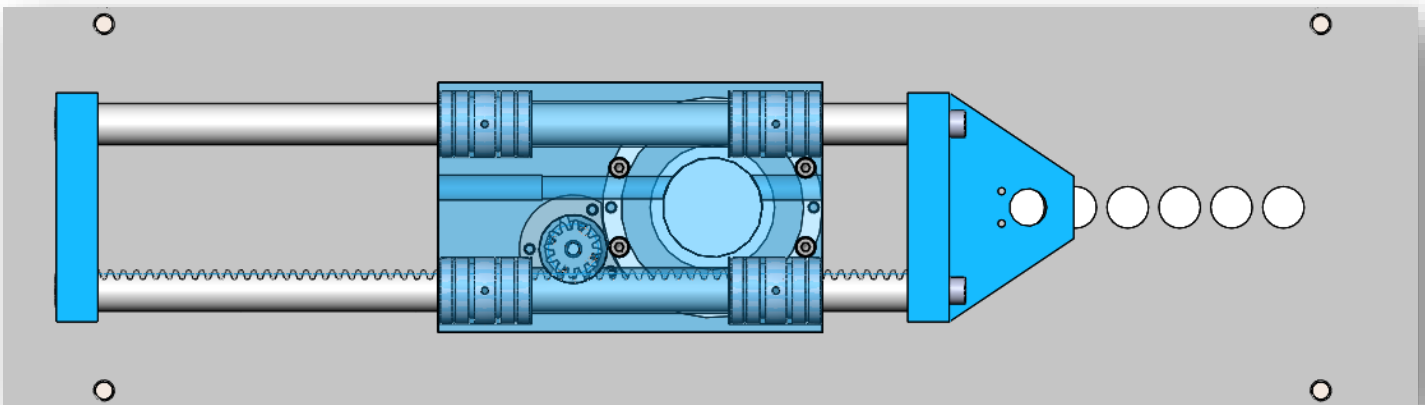
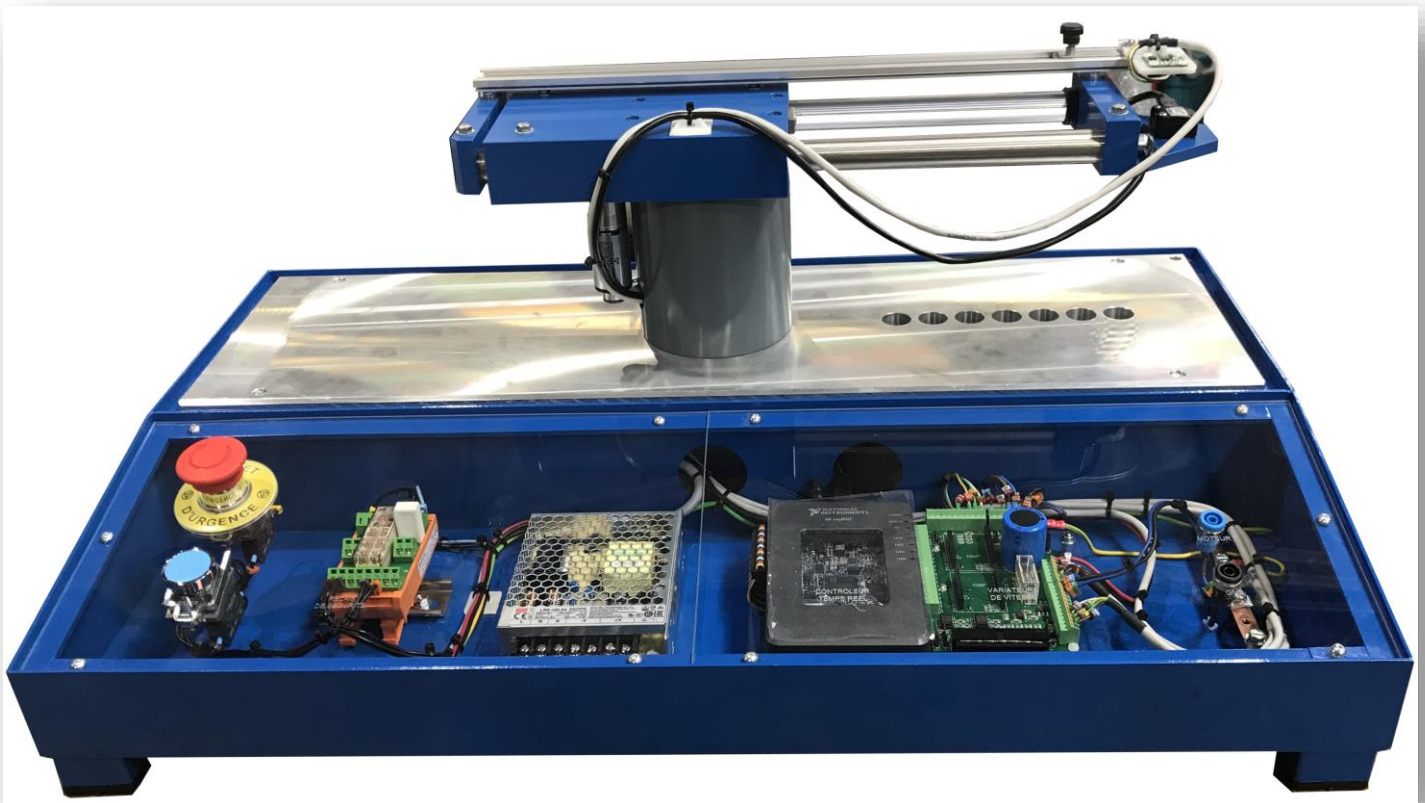
Permettent de réguler la réaction nucléaire dans la cuve du réacteur et de la stopper en 2 secondes assurant ainsi la sûreté de la centrale

Axe BETA
Coupe d'un générateur de vapeur

Problèmes techniques rencontrés lors de l'exploitation


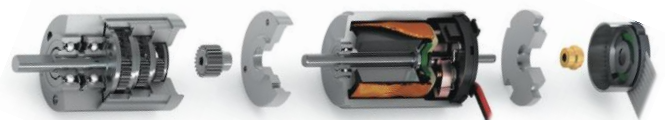
BRAS BETA en situation de d'introduction dans la boîte à eau d'un Générateur de Vapeur

Dans les centrales nucléaires, des mesures permanentes permettent de savoir qu'il y a des fuites radioactives imputables à la fissuration des tubes des générateurs de vapeur. Sous les effets de la chaleur, des vibrations et de la pression, les tubes sont soumis à de très fortes contraintes et peuvent se fissurer. En phase d'arrêt de la centrale pour maintenance (arrêts programmés), les tubes des générateurs de vapeur doivent être inspectés.

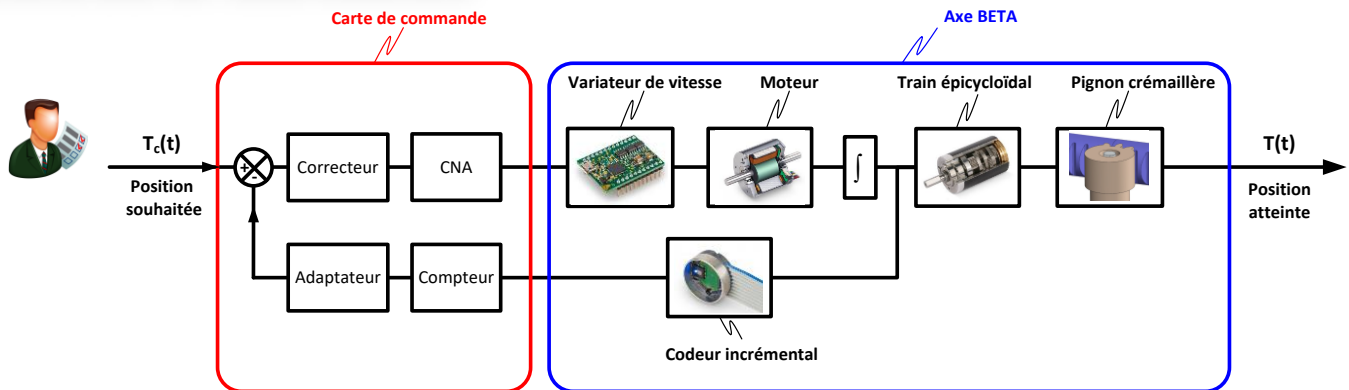
Les tubes sont contrôlés avec une sonde CF (Courants de foucault). Cette sonde propulsée par un tireur pousseur est positionnée au droit des tubes à contrôler par un robot type Bras BETA.

Axe BETA
Description technique de la partie mécanique


Le mouvement de translation est réalisé par une transmission pignon/crémaillère à partir d'un motoréducteur Maxon constitué d'un moteur à courant continu DC-MAX26S GB KL 24V, d'une puissance de 22W, d'un réducteur épicycloïdal GPX26 LZ 26:1 et d'un détecteur de proximité ENX16 EASY 1024IMP



Le guidage en translation est réalisée par deux arbres cylindriques dont l'un est une crémaillère guidée par quatre douilles.

Axe BETA
Description de la partie commande
Schéma bloc de l'asservissement

Matériel

- Carte de commande industrielle NI myRIO : OS temps réel implémenté sur processeur double cœur ARM Cortex-A9 cadencé à 667 MHz + FPGA XILINX Z-7010.
- Pas de boîte noire : tous les comportements sont connus → possibilité de modéliser


Logiciel

- Véritable logiciel de contrôle-commande temps réel déterministe.
- Fonctions : pilotage, en boucle ouverte, boucle fermée, correcteur PID linéaire et industriel
- Possibilité de comparer les comportements, souhaité, simulé et réel, dans un seul environnement logiciel.



Comparaison des courbes de comportement, souhaité, simulé et réel

Axe BETA
Exploitation pédagogique pour la Première

Des TP sont proposés en avec les corrigés et les fiches de formalisation

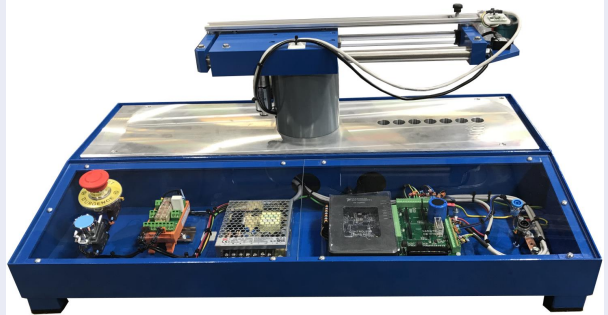
CAPACITÉS	COMPÉTENCES DÉVELOPPÉES	ACTIVITÉS DÉCRITES DANS LES FICHES TP
INNOVER	Rompre avec l'existant Améliorer l'existant	
	Imaginer une solution originale, appropriée et esthétique	
ANALYSER	Analyser le besoin, l'organisation matérielle et fonctionnelle d'un produit par une démarche d'ingénierie système Caractériser la puissance et l'énergie nécessaire au fonctionnement d'un produit ou d'un système Repérer les échanges d'énergie sur un diagramme structurel	Caractériser les transformations de puissance.
	Analyser les principaux protocoles pour un réseau de communication et les supports matériels Quantifier les écarts de performances entre les valeurs attendues, les valeurs mesurées et les valeurs obtenues par simulation	Valider le modèle / comportement réel. Valider le comportement réel /cahier des charges.
MODELISER ET RESOUDRE	Proposer et justifier des hypothèses ou simplification en vue d'une modélisation	Modéliser la conversion électromécanique.
	Caractériser les grandeurs physiques en entrées/sorties d'un modèle multi-physique traduisant la transmission de puissance	
	Associer un modèle aux composants d'une chaîne de puissance	Modéliser le variateur de vitesse, le moteur.
	Traduire le comportement attendu ou observé d'un objet Modéliser sous une forme graphique une structure, un mécanisme ou un circuit	
	Modéliser les mouvements Modéliser les actions mécaniques	Mettre en place les relations entrée-sortie géométrique, cinématique et en effort.
	Caractériser les échanges d'informations	
	Associer un modèle à un système asservi	Caractériser la chaîne de retour de l'asservissement
	Déterminer les grandeurs flux (courant) et effort (tension) dans un circuit électrique Déterminer les grandeurs géométriques et cinématiques d'un mécanisme	Caractériser la transformation de mouvement
EXPERIMENTER ET SIMULER	Prévoir l'ordre de grandeur de la mesure Identifier les erreurs de mesure Conduire des essais en toute sécurité à partir d'un protocole expérimental fourni	
	Relever les grandeurs caractéristiques d'un protocole de communication	
COMMUNIQUER	Rendre compte de résultats Collecter et extraire des données Comparer, traiter, organiser et synthétiser les informations pertinentes Développer des tutoriels, établir une communication à distance	
	Travailler de manière collaborative Trouver un tiers expert Collaborer en direct ou sur une plateforme, via un espace de fichiers partagés	
	Adapter sa communication au public visé et sélectionner les informations à transmettre Scénariser un document suivant le public visé	

Axe BETA
Exploitation pédagogique pour la Terminale

Des TP sont proposés avec les corrigés et les fiches de formalisation

CAPACITÉS	COMPÉTENCES DÉVELOPPÉES	ACTIVITÉS DES FICHES TP
INNOVER	Élaborer une démarche globale d'innovation	
	Représenter une solution Originale	
	Matérialiser une solution Virtuelle	
	Évaluer une solution	
ANALYSER	Analyser la réversibilité d'un élément de la chaîne de puissance	Caractériser la réversibilité de la transmission de puissance
	Analyser le traitement de l'information	Caractériser / reprogrammer l'algorithme de contrôle-commande
	Analyser le comportement d'un objet à partir d'une description à événements discrets	
	Analyser et caractériser les échanges d'information d'un système avec un réseau de communication	
	Analyser les principes de modulation et démodulation numériques	
	Analyser le comportement d'un système asservi	Caractériser le comportement en BO/BF
	Analyser les charges appliquées à un ouvrage ou une structure	
	Analyser des résultats d'expérimentation et de simulation Rechercher et proposer des causes aux écarts de performances constatés Valider les modèles établis pour décrire le comportement d'un objet	Valider le modèle de connaissance (itérations modèle-réel)
MODELISER ET RESOUDRE	Traduire un algorithme en un programme exécutable	
	Associer un modèle à un système asservi	Découvrir l'organisation d'un système asservi
	Utiliser les lois et relations entre les grandeurs effort et flux pour élaborer un modèle de connaissance	Mettre en place un modèle de connaissance de l'asservissement
	Déterminer les actions mécaniques (inconnues statiques de liaisons ou action mécanique extérieure) menant à l'équilibre statique d'un mécanisme, d'un ouvrage ou d'une structure	Mettre en place la relation entrée-sortie en effort
	Déterminer la grandeur flux (vitesse linéaire ou angulaire) lorsque les actions mécaniques sont imposées	Mettre en place l'équation dynamique du système
	Déterminer la grandeur effort (force ou couple) lorsque le mouvement souhaité est imposé	Mettre en place l'équation dynamique du système
	Quantifier les performances d'un objet réel ou imaginé en résolvant les équations qui décrivent le fonctionnement théorique	Mettre en œuvre la résolution du modèle de connaissance
EXPERIMENTER ET SIMULER	Proposer et justifier un protocole expérimental	
	Instrumenter tout ou partie d'un produit en vue de mesurer les performances	
	Mettre en œuvre une communication entre objets dits intelligents	
	Modifier les paramètres influents et le programme de commande en vue d'optimiser les performances du produit	Effectuer la synthèse d'un correcteur (méthode essai/erreur)
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	Régler les paramètres de simulation (causal/acausal)	
Valider un modèle numérique de l'objet simulé	Valider un modèle (causal ou acausal)	
COMMUNIQUER	Présenter un protocole, une démarche, une solution en réponse à un besoin	
	Présenter et formaliser une idée	
	Documenter un programme informatique	
	Communiquer de façon convaincante	

Axe BETA
Exemple de Fiche TP destinée à la rédaction complète du TP

Cycle terminal : Spécialité SCIENCES DE L'INGENIEUR		Séquence	2	TP	SI-2-4
		Niveau	Terminale	Durée	2 heures
Capacités	Innovier- Analyser – Modéliser et Résoudre - Expérimenter et Simuler - Communiquer				
Blocs de compétences	Analyser et modéliser les systèmes asservis				
SUPPORT	Axe BETA	Thématique	L'homme assisté		
Problématique technique	Vérifier la capacité du système Axe BETA à obtenir la précision souhaitée				
1- Conditions générales Ressources matérielles : Axe BETA en état de fonctionnement Ressources informatiques et logicielles : <ul style="list-style-type: none"> - 1 Ordinateur central associé au produit et disposant du logiciel de pilotage (non fourni) - 2 ordinateurs communicants avec l'ordinateur central organisés en ilot disposant de MagicDraw (non fourni ordinateur et logiciel) Ressources numériques : <ul style="list-style-type: none"> - Dossier technique numérique chargé sur ordinateur central - Dossier ressource numérique chargé sur ordinateur central 2- Pré requis <ul style="list-style-type: none"> - Lecture des diagrammes SysML : BDD et IBD en particulier - Notion de chaînes fonctionnelles, type de constituants, partie commande, partie opérative 3- Conditions particulières de réalisation (Travail demandé) En présence du produit en état de fonctionnement, installé au sein d'un ilot, l'enseignant doit décrire le travail commun à toute l'équipe et les démarches de résolution spécifiques à chaque poste (approche matérielle, virtuelle, numérique...) Les élèves du poste 1 doivent : <ul style="list-style-type: none"> - Analyser le SysML de la maquette (exigences et ibd). - Compléter un document chaîne d'énergie et d'information (translation) Les élèves du poste 2 doivent : <ul style="list-style-type: none"> - Analyser le SysML de la maquette (exigences et ibd). - Déduire par le calcul si la précision donnée par la chaîne d'information permet d'obtenir la précision souhaitée Les élèves du poste 3 doivent : <ul style="list-style-type: none"> - Analyser le SysML de la maquette (exigences et ibd) - Expérimenter pour valider, grâce à la caméra, si la précision obtenue est conforme à la théorie (écart). L'équipe d'élèves doit : <ul style="list-style-type: none"> - Comparer les résultats et quantifier les écarts obtenus - Produire une synthèse écrite ou orale. 4- Résultats attendus <ul style="list-style-type: none"> - Document de synthèse commun à l'équipe, en réponse au problème posé et mettant en œuvre les techniques de communication - Fiche de formalisation des connaissances et des compétences abordées durant le TP 5- Critères et Indicateurs de réussite : <ul style="list-style-type: none"> - La rigueur dans la démarche - Le travail en équipe avec échange d'arguments pertinents - La qualité des documents numériques réalisés - La conformité des résultats obtenus 					
			Compétences développées <ul style="list-style-type: none"> - Analyser le comportement d'un système asservi 		
			Connaissances abordées <ul style="list-style-type: none"> - Systèmes asservis linéaires en régime permanent : structures par chaîne directe ou bouclée, perturbation, comparateur, correcteur proportionnel, précision (erreur statique) - Notion de système asservi : consigne d'entrée, grandeur de sortie, perturbation, erreur, correcteur proportionnel 		
			Compétences à acquisition longue nécessaires à la démarche de résolution mais qui seront évaluées ultérieurement ANALYSER <ul style="list-style-type: none"> - Analyser les résultats d'expérimentation et de simulation - Quantifier les écarts de performances entre les valeurs attendues, les valeurs mesurées et les valeurs obtenues par simulation - Rechercher et proposer des causes aux écarts de performances constatés - Valider les modèles établis pour décrire le comportement d'un objet MODELISER ET RESOUDRE <ul style="list-style-type: none"> - Proposer des hypothèses ou simplification en vue d'une modélisation - Justifier des hypothèses ou simplification en vue d'une modélisation - Utiliser les lois et relations entre les grandeurs effort et flux pour élaborer un modèle de connaissance - Quantifier les performances d'un objet réel ou imaginé en résolvant les équations qui décrivent le fonctionnement théorique 		