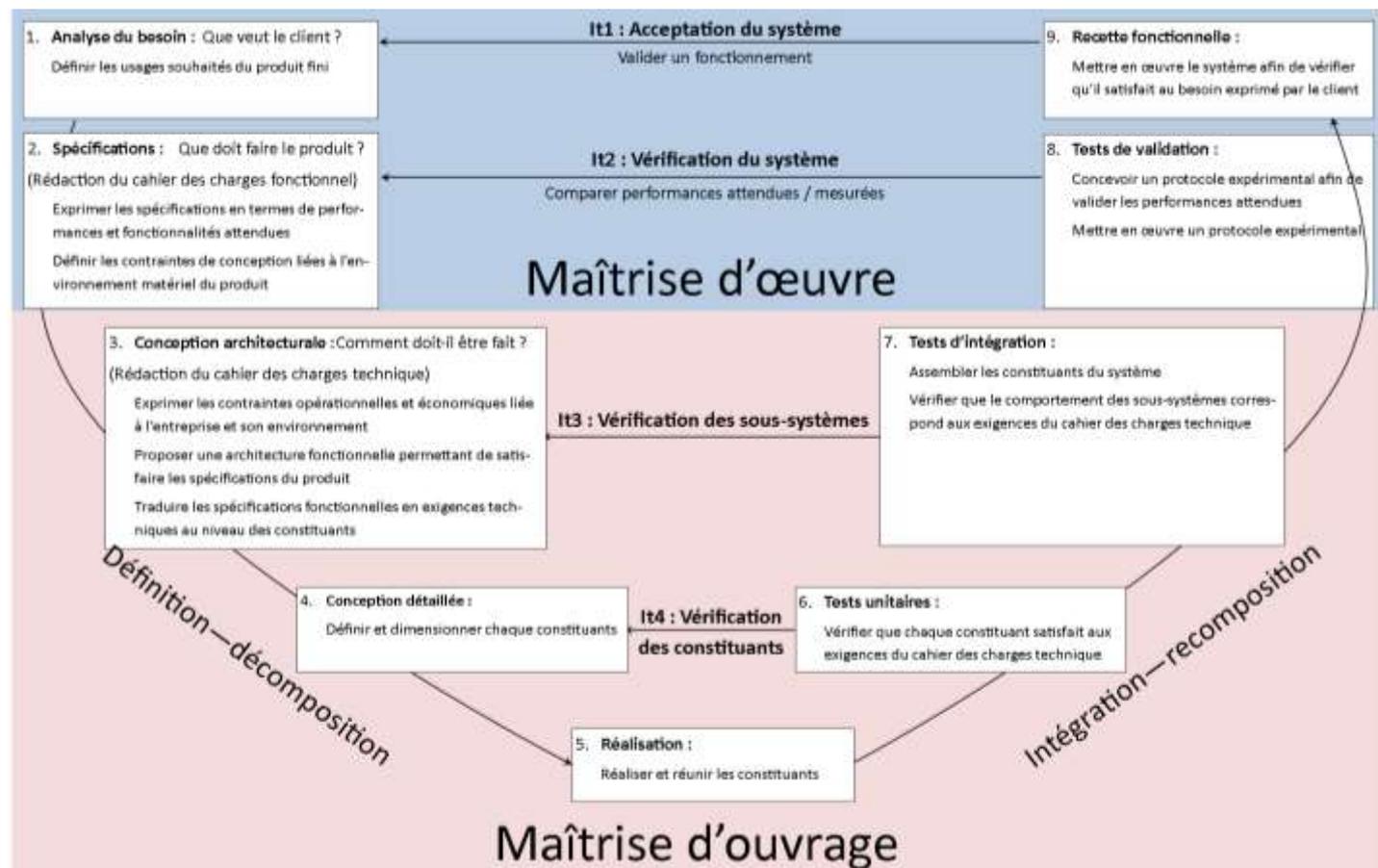


Module de robotisation de boîte de vitesse

EXPLOITATION PEDAGOGIQUE en CPGE-PTSI

I. Sciences Industrielles de l'Ingénieur en CPGE PTSI/PT

L'aspect pluri-technologique des systèmes modernes implique le travail conjoint de spécialistes de culture différente, des délais de conception courts et des modifications du cahier des charges en cours de conception. **C'est pourquoi, les entreprises adoptent une démarche itérative basée sur le modèle en « V » :**



Les enseignements de Sciences Industrielles de l'Ingénieurs sont structurés en séquences pédagogiques visant à **mettre en pratique la démarche de conception selon le modèle en « V »** et permettant de situer les activités proposées dans la progression vers les **compétences évaluées au concours**.

Les études des **Sciences Industrielles** introduisent des démarches pour **Analyser, Concevoir et Réaliser des systèmes complexes pluri-technologiques** :

- Les problématiques abordées relèvent de secteurs variés (énergie, BTP, production de biens et de services...).
- Elles constituent une initiation aux méthodes de raisonnement et aux pratiques utilisées en entreprise.
- Elles visent à constituer une **culture technologique** en amont du cycle de spécialisation en Ecole d'Ingénieurs.

Les compétences acquises sont ainsi **transposables à l'ensemble des domaines scientifiques et technologiques**, et permettent d'appréhender des situations inédites (l'ingénieur n'exerce pas toujours en milieu industriel).

L'organisation et les attendus du programme sont directement inspirés de la **démarche de projet de l'ingénieur**.

II. Module Quickshift de robotisation Renault

Présentation

Les boîtes de vitesse robotisées sont une alternative intéressante aux boîtes de vitesses automatiques. De nombreux constructeurs proposent une version robotisée de leur boîte de vitesse à commande manuelle.

Pour ses véhicules utilitaires type « Trafic », la société Renault propose une transmission à boîte de vitesse mécanique à commande manuelle pouvant être robotisée (en option).



- 1 : Points de fixation
- 2 : Levier de sélection
- 3 : Levier d'engagement
- 4 : Capteur de vitesse primaire

Il s'agit d'une boîte de vitesses à 6 rapports «PK6» équipée d'un robot électro-hydraulique appelé «Add-on». Ce dernier permet d'automatiser les fonctions embrayage/débrayage et changement de rapports. Il effectue les changements de rapports via les leviers de sélection et d'engagement de la commande de boîte de vitesses manuelle de base.

(La proximité de ces deux leviers a permis d'implanter le groupe hydraulique sans modification de la commande interne à la boîte de vitesses manuelle).



Problématique :

Afin d'améliorer le confort de conduite, le groupe électrohydraulique se substitue au conducteur pour effectuer les manœuvres d'embrayage/débrayage, sélection et engagement des rapports.

La commande interne de la boîte de vitesse n'étant pas modifiée (ce qui permet de minimiser le coût de l'option), les actionneurs du groupe électrohydraulique doivent animer les leviers de sélection et d'engagement avec la même souplesse qu'un bon conducteur afin de préserver la cinématique de la boîte de vitesse et maîtriser les temps de synchronisation dans toutes les situations de conduite.

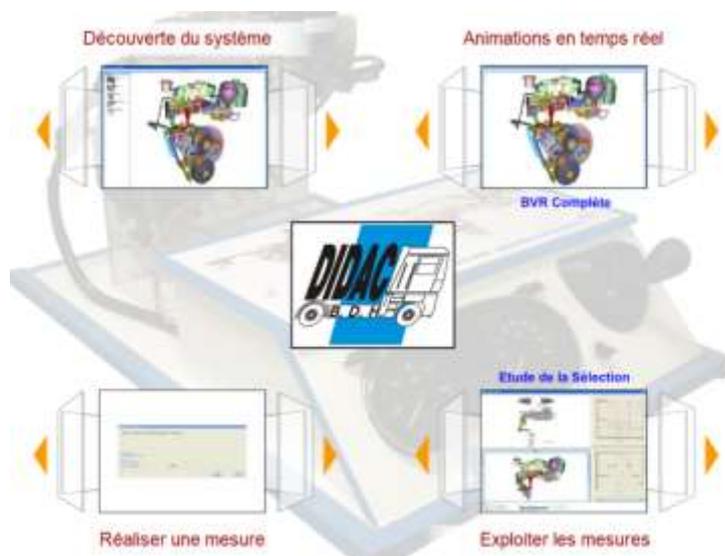
Documentation :

La **documentation du système** est structurée suivant les phases du projet de conception :

1. **Analyse du besoin** : Que veut le client ?
2. **Spécifications** : Que doit faire le système ?
3. **Conception architecturale et comportementale** : Comment est fait le système ?
4. **Conception détaillée** : Choix et dimensionnement des constituants.

III. Système didactisé

Commercialisé par la société DIDAC BDH, le système didactisé comprend le module de robotisation (commande électro-hydraulique, les afficheurs du tableau de bord (cadrons compte tours et de vitesse + voyants), le levier de vitesses, le calculateur et le module de robotisation seul.



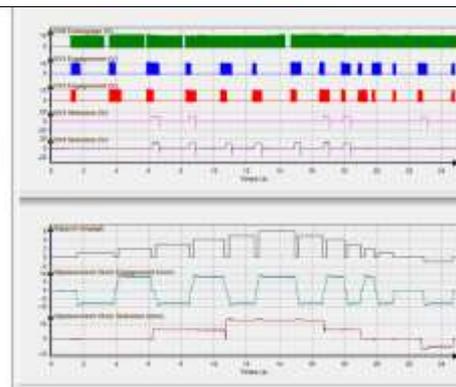
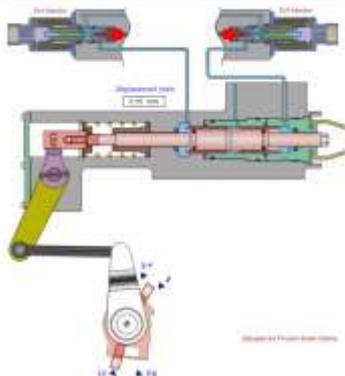
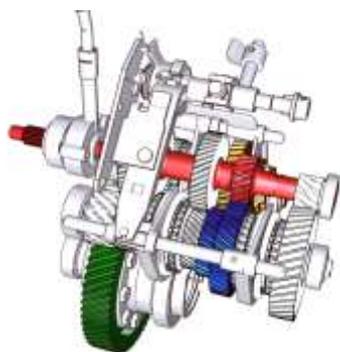
<http://www.didacbdh.com/produit/gamme-agricole/module-de-commande-de-boite-de-vitesse-robotisee-bvr-pa6/>

Il permet d'étudier :

- Le fonctionnement global de la BVR
- Les échanges d'informations sur le BUS CAN
- La commande et le comportement des actionneurs du module de robotisation (vérins de sélection, d'engagement et d'embrayage).

Un logiciel dédié conçu par la société Didac permet de :

- Découvrir la boîte de vitesse à partir de sa maquette virtuelle
- Animer le modèle virtuel de la boîte de vitesse en temps réel
- Réaliser et exploiter des mesures



Fonctions étudiées :

- **Chaine de transmission** : Adapter la puissance motrice du véhicule
- **Confort de conduite** : Exécuter les manœuvres de changement de rapport automatiquement
- **Efficacité énergétique** : Réduire la consommation et les émissions de CO2
- **Transmission de données** : Communiquer avec les autres calculateurs du véhicule (bus CAN)
- **Performances** : Ajuster le temps de synchronisation

IV. Activités de travaux pratiques proposées

Les travaux pratiques, au-delà du développement de la compétence expérimentale, jouent un rôle essentiel en mettant en évidence deux aspects de la **démarche de conception** :

- **L'aspect itératif** du modèle en réalisant les vérifications associées à chaque étape du projet.
- **L'intérêt du prototypage virtuel** pour anticiper sur les vérifications qui seront réalisées lors des étapes de test précédant l'acceptation du système et sa mise en production.

Les activités proposées comme exploitation pédagogique du module de robotisation de boîte de vitesses de Renault sont ainsi déclinées suivant le schéma itératif introduit dans la première partie :

It1 : Acceptation du système : valider un fonctionnement

It2 : Vérification du système : Comparer les performances attendues et mesurées ou simulées

It3 : Vérification des sous-systèmes

It4 : Vérification des constituants

Activité 0 : Découverte d'un système pluri-technique (It1 – S1)



Compétences développées	Problématique et objectifs de l'activité
<p>Analyser :</p> <p>A1 Identifier le besoin et définir les exigences du système</p> <p>A2 Système réel/système didactisé : définir les frontières de l'étude</p>	<p>Les constructeurs automobiles mettent en avant les gains en termes de confort de conduite et d'efficacité énergétique qu'apporte une Boîte de Vitesses robotisée. Qu'en est-il réellement ?</p> <p>Il s'agit de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Caractériser la robotisation en termes d'usage et d'estime (à partir d'un document vidéo). • Evaluer l'intérêt de la robotisation vis-à-vis des autres solutions d'automatisation de l'adaptation du rapport de transmission (au travers d'une étude de dossier) • Comprendre le fonctionnement d'une boîte de vitesses robotisée (à partir de manipulations sur le banc didactique (observation du système réel et de son modèle virtuel))
<p>Expérimenter :</p> <p>D1 Découvrir le fonctionnement d'un système complexe</p>	
<p>Communiquer :</p> <p>G2 Mettre en œuvre une communication orale</p>	

Modalités de mise en œuvre :

La séquence comporte 2 séances de travaux pratiques et est associée à l'introduction des concepts de bases de l'ingénierie système et de l'analyse du besoin en cours. Après une brève présentation des systèmes du laboratoire, les étudiants sont répartis en groupes autour de 4 systèmes différents.

La restitution est réalisée sous forme d'une présentation orale au cours de la dernière heure.

Activité 1 : Fonctionnement (It1 – S2)



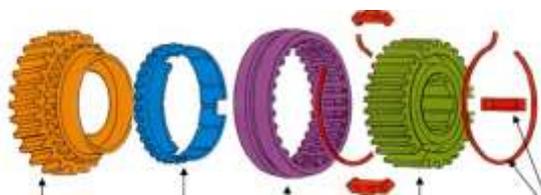
Compétences développées	Problématique et objectifs de l'activité
Analyser : A3 Conduire l'analyse	<p>Le module « Add on » qui équipe la boîte « PK6 » du Renault « Trafic » permet d'automatiser les fonctions embrayage-débrayage et changement de rapports. Pour programmer le calculateur de ce module, il faut décrire les états du système et détailler les tâches qu'il réalise.</p> <p>Il s'agit de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identifier les modes de fonctionnement du module « Add-on » et compléter le diagramme d'états. • Décrire l'enchaînement d'actions permettant de remplir la tâche « changement de rapport »
Modéliser : B2 Modéliser le comportement d'un système à événements discrets	
Expérimenter : D1 Découvrir le fonctionnement d'un système complexe	
Communiquer : G1 Élaborer, rechercher et traiter des informations	

Activité 2 : Validation de performances : efficacité énergétique (It2 – S1)

Compétences développées	Problématique et objectifs de l'activité
<p>Modéliser :</p> <p>B1 Choisir les grandeurs nécessaires à la modélisation</p> <p>B2 Proposer un modèle de la chaîne d'énergie</p>	<p>Afin de maintenir le moteur thermique au plus près de son point de fonctionnement optimal les constructeurs automobiles proposent différentes solutions d'architecture de la chaîne de transmission mécanique.</p> <p>Il s'agit de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identifier les pignons de la BV assurant la transmission de la puissance motrice pour chaque rapport engagé (à partir du modèle virtuel animé de la BVR fourni avec la didactisation du système) • Déterminer le point de fonctionnement du moteur thermique et faire un bilan de puissances sur la chaîne de transmission pour différentes situations de circulation : vitesse constante sur le plat, montée/descente, accélération/décélération, etc. (à partir d'un modèle comportemental issu d'une caractérisation expérimentale du moteur thermique en banc d'essais) • Evaluer la consommation électrique du module robotisé et la comparer à l'énergie consommée par le véhicule sur un parcours type (mesures de courant et de tension).
<p>Résoudre :</p> <p>C1 Déterminer la loi entrée / sortie d'un mécanisme</p>	
<p>Expérimenter :</p> <p>D1 Découvrir le fonctionnement d'un système complexe</p> <p>D2/3 Proposer et Mettre en œuvre un protocole expérimental</p>	

Modalités de mise en œuvre : Mini-projet sur 3 semaines (Semestre 1)

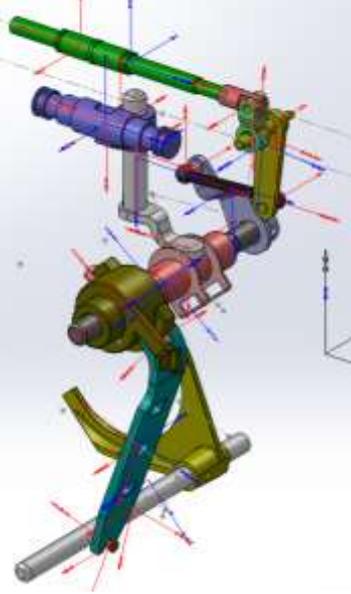
Activité 3 : Validation de performances : Synchronisation (It2 – S3)



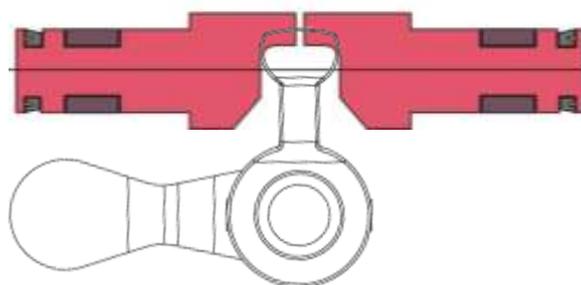
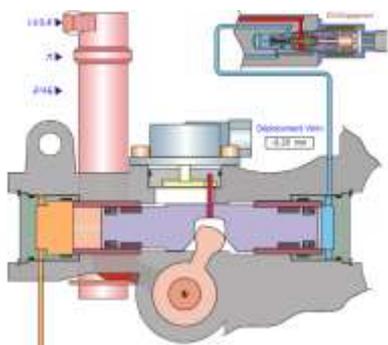
Compétences développées	Problématique et objectifs de l'activité
<p>Analyser :</p> <p>A1 Identifier le besoin et définir les exigences du système</p>	<p>Afin de maîtriser le temps de synchronisation lors d'un changement de rapport et de protéger la cinématique de la BV, la pression dans le vérin d'engagement est modulée.</p> <p>Il s'agit de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comprendre l'intérêt de la modulation de l'effort d'engagement au travers d'une étude de dossier (brevet déposé par le groupe PSA). • Modéliser l'action mécanique de l'anneau de synchronisation sur le pignon fou (action mécanique répartie) • Modéliser le comportement dynamique d'une chaîne de solides en rotation autour d'axes fixes (notion d'inertie équivalente) • Simulation multiphysique de l'engagement d'un rapport.
<p>Modéliser :</p> <p>B2 Proposer un modèle (modélisation dynamique des solides)</p> <p>B3 Valider un modèle</p>	
<p>Expérimenter :</p> <p>D2/3 Proposer et mettre en œuvre un protocole expérimental</p>	

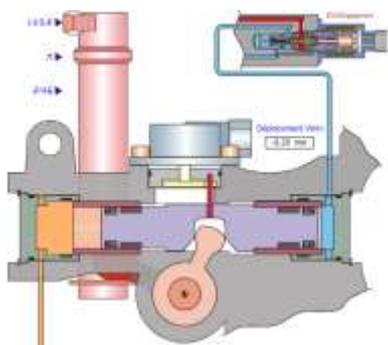
Modalités de mise en œuvre : Mini-projet sur 3 semaines (Semestre 3)

Activité 4 : Modélisation : Mécanisme de changement de rapport (It3 – S1)

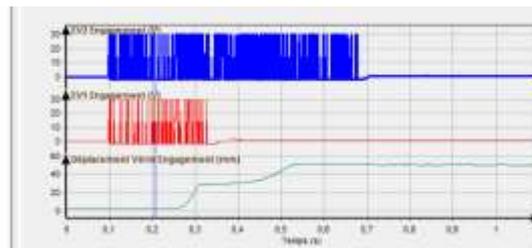
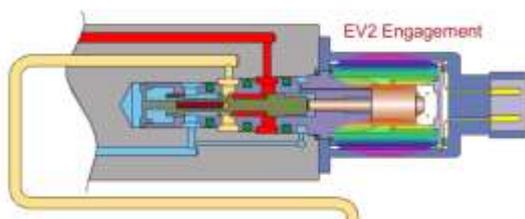
Compétences développées	Problématique et objectifs de l'activité	
Analyser : A3 Analyser la structure, et le comportement d'un système	<p>Le module de robotisation se substitue au conducteur pour effectuer les manœuvres de changement de rapport et fonctionne à l'énergie hydraulique.</p> <p>Il s'agit de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Paramétrer chaque solide du mécanisme (points caractéristiques, repère de pièce et constantes dimensionnelles) • Définir les paramètres variables et faire apparaître les bases vectorielles sur le schéma cinématique. • Réaliser un modèle virtuel, du mécanisme sous SolidWorks et une simulation sous Méca3D 	
Modéliser : B2 Proposer un modèle cinématique d'un mécanisme		
Résoudre : C1 Déterminer la loi entrée / sortie d'un mécanisme		
Expérimenter : D1 Repérer les constituants d'une chaîne d'énergie / Identifier les grandeurs physiques d'effort et de flux.		

Activité 5 : Modélisation : Module d'engagement (It3 – S2)



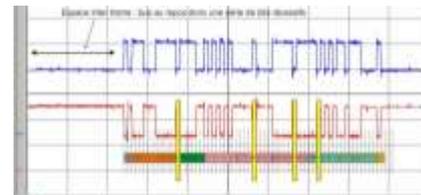
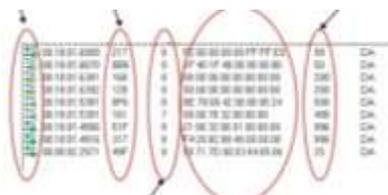
Compétences développées	Problématique et objectifs de l'activité	
Analyser : A3 Analyser la structure, et le comportement d'un système	<p>La maîtrise du temps de synchronisation dépend de la capacité du système à moduler l'effort d'engagement comme le fait naturellement le conducteur, ce qui suppose d'ajuster la pression dans le vérin d'engagement...</p> <p>Il s'agit de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • D'analyser les mouvements des pièces de la chaîne cinématique interne à la boîte de vitesses mécanique. • Décrire la séquence de changement de rapport et proposer un chronogramme d'activation des électrovannes. • Etablir la relation entre la pression dans le vérin d'engagement et l'effort d'engagement. 	
Modéliser : B2 Proposer un modèle numérique d'un système linéaire		
Résoudre : C1 Résoudre un problème de mécanique		
Expérimenter : D1 Repérer les constituants d'une chaîne d'énergie / Identifier les grandeurs physiques d'effort et de flux. D2/3 Proposer un protocole expérimental		

Activité 6 : Etude de la commande du vérin d'engagement (It4 – S2)



Compétences développées	Problématique et objectifs de l'activité
<p>Analyser :</p> <p>A1 Identifier le besoin et définir les exigences du système</p>	<p>Afin de maîtriser le temps de synchronisation lors d'un changement de rapport et de protéger la cinématique de la BV, la pression dans le vérin d'engagement est modulée.</p> <p>Il s'agit de :</p> <ul style="list-style-type: none"> Comprendre l'intérêt de la modulation de l'effort d'engagement au travers d'une étude de dossier (brevet déposé par le groupe PSA). Modéliser la commande des électrovannes d'engagement (pilotage en MLI des bobines) et de caler le modèle à partir d'une mesure de réponse indicielle. Modéliser le comportement du tiroir de l'électrovanne au travers d'une étude mécanique. Formuler des hypothèses simplificatrices. Modéliser la relation entre la pression et le courant dans la bobine de l'électrovanne dans une approche comportementale. Comparer le comportement du système simulé à celui du système réel et interpréter les écarts constatés.
<p>Modéliser :</p> <p>B2 Proposer un modèle (Modélisation d'une chaîne de conversion électromécanique)</p> <p>B3 Valider un modèle</p>	
<p>Expérimenter :</p> <p>D2/3 Proposer et mettre en œuvre un protocole expérimental</p>	

Activité 7 : Transmission de données : étude du BUS CAN (It4 – S2)



Compétences développées	Problématique et objectifs de l'activité
<p>Analyser :</p> <p>A1 Identifier le besoin et définir les exigences du système</p>	<p>Les véhicules modernes intègrent un certain nombre de fonctions pilotées par des calculateurs communiquant entre eux au travers d'un bus de données : le bus CAN.</p> <p>Il s'agit de :</p> <ul style="list-style-type: none"> Comprendre l'intérêt du bus CAN par rapport aux autres types de bus de terrain dans le cas d'un véhicule automobile au travers d'une étude de dossier. Réaliser le décodage des trames circulant sur le bus à l'aide d'un module Peak et du logiciel pcanview (lecture et écriture). Etudier la transmission de données au niveau de la couche physique grâce à des mesures réalisées à l'oscilloscope.
<p>Modéliser :</p> <p>B2 Caractériser et justifier le choix d'un type de réseau à partir des exigences (débit, robustesse, dimension, topologie)</p>	
<p>Expérimenter :</p> <p>D2/3 Proposer et mettre en œuvre un protocole expérimental</p>	