

B. - ÉTUDE DES SYSTÈMES TECHNIQUES INDUSTRIELS

B2 - Productique systèmes motorisés

I. OBJECTIFS DU PROGRAMME DE PRODUCTIQUE SYSTÈMES MOTORISÉS

L'homme a constamment **cherché** à créer et à utiliser une « force motrice » de substitution pour satisfaire **ses** besoins de déplacement, de transport d'objets, de culture et d'élevage, de construction de **bâtiments** et d'ouvrages de **génie civil**. Cela l'a conduit à concevoir des ensembles technologiques (véhicules, **machines agricoles**, engins de chantier) de plus en plus performants, **compte tenu** de l'évolution de **ses** capacités à maîtriser une énergie « **primaire** ».

Aujourd'hui les caractéristiques **principales** de cette famille de « systèmes motorisés » sont les suivantes :

- ils présentent une autonomie physique par **rapport** à leur source d'énergie « **primaire** ». Une réserve d'énergie est embarquée à **bord** du système (**hier le charbon**, aujourd'hui les dérivés du pétrole, demain...);
- ils utilisent une source d'énergie « **primaire** » abondante, facilement stockable et distribuable (**coûts**, sécurité, ...);
- l'optimisation de leurs performances conduit à les automatiser: les grandeurs d'entrée et de **sortie** sont reliées par des boucles de « **rétroaction** ». Les informations échangées **entre** les différents modules **fonctionnels** deviennent prépondérantes **dans** la réalisation de la fonction globale;
- une **chaîne** cinématique de plus en plus adaptable **aux** contraintes « **entrée-sortie** » transmet l'énergie mécanique du moteur **aux** lieux d'**utilisation**;
- ils sont pluritechniques, **font** largement **appel** aux technologies **nouvelles**, à l'innovation, mettent en œuvre des matériaux nouveaux.

Pour optimiser la fonction d'usage de **ces** systèmes **compte tenu** du vaste champ des technologies rencontrées et de leur évolution **particulièrement** rapide, une bonne compréhension des phénomènes **mis en jeu** ainsi qu'une parfaite connaissance des solutions techniques appliquées sont nécessaires.

Les connaissances à dispenser et les activités qui leurs sont associées visent à amener l'élève à la maîtrise d'un système motorisé, ce qui implique de développer chez l'élève :

- des facultés d'acquisition de connaissances nouvelles **nécessaires** à la maîtrise des évolutions des systèmes techniques face **aux** transformations technologiques;
- des capacités d'analyse des interactions **entre** les systèmes **techniques** et la société **dans laquelle** ils se développent ou s'atrophient selon **que** le besoin exprimé **croît** ou diminue;

— une méthodologie rigoureuse de décomposition fonctionnelle d'un système motorisé mettant en lumière (pour un niveau d'analyse limitée, du **point de vue** de l'utilisateur ou du technicien de maintenance) :

- les interactions du système étudié **avec** l'extérieur (grandeurs d'entrée et de **sortie**, données de contrôle),
- les différents modules fonctionnels,
- les interactions (définies par des grandeurs physiques) qui relient chacun de **ces** modules fonctionnels;

— des capacités de mise en œuvre (**dans le but** de **comparer** les performances effectives du système étudié ou de **ses** constituants, à **celles** indiquées **dans** le cahier des **charges**), des processus de mesure des grandeurs caractéristiques des « **matières d'œuvre** » énergétiques traitées et des interactions reliant les modules fonctionnels **entre eux**;

— une méthodologie rigoureuse de **diagnostic** des sources de **dysfonctionnement** d'un système motorisé;

— des capacités à la mise en application des problèmes de réglage et de mise au point, conduisant à l'optimisation du rendement et des performances du système étudié;

— une aptitude à mobiliser des connaissances face à un problème **posé**.

A travers l'enseignement dispensé l'élève devra prendre conscience :

- de la nécessité d'étudier les problèmes posés par les besoins à satisfaire **avant** de chercher les solutions;
- de l'**intérêt** de l'analyse partant du modèle **vers** le réel et vice-versa (elle sera constamment exploitée au travers des différents systèmes étudiés);
- **que** l'ampleur et la rapidité des évolutions économiques exigent :
 - l'optimisation des systèmes techniques et des systèmes de **production**,
 - le recours **aux** technologies de pointe et à une **main-d'œuvre** de haut niveau;
 - de l'enjeu économique, **social**, technologique **que** représente le **développement** du **concept** de qualité totale au **sein** de l'entreprise;
 - de la nécessité du travail en équipe;
 - du **rôle** de la communication;
 - de l'absolue nécessité du respect permanent des règles de sécurité relatives à la protection des personnes et des biens.

II. PROGRAMME

Remarque préliminaire : il ne s'agit en **aucun cas** d'une présentation chronologique des connaissances à **faire** acquérir **aux** élèves.

1. L'entreprise industrielle de production de biens et de services

1.1. Etude structurelle et fonctionnelle de l'entreprise

- L'entreprise: système de production de **biens** et de services.

7.2. Aspects économiques

- Les **coûts**.
- La rentabilité.
- Approvisionnements et stocks.

Commentaire: cette partie du programme doit permettre aux élèves d'exercer leur réflexion critique sur les systèmes de production de biens et de services, sur la manière dont ils ont été conçus, dont ils évoluent. Il est nécessaire de montrer que les contraintes économiques et humaines sont souvent importantes pour l'avenir d'un produit et d'une entreprise.

2. La démarche qualité

2.7. Définition de la qualité (cf. norme)

2.2. La non-qualité (cf. norme)

- Défaillances internes : rebuts, retouches, réparations.
- Défaillances externes : garantie, retours, pénalité de retard.

2.3. La gestion de la qualité (cf. norme)

Construction de la qualité.

- Politique qualité d'une entreprise.
- La qualité totale.

3. La sécurité dans le domaine des systèmes motorisés

3.1. La sécurité en situation:

- d'utilisation des véhicules :
 - sécurité des personnels embarqués (choc, retournement, ergonomie),
 - sécurité des personnels environnants (signalisation, dispositif de protection, règles d'évolution...),
 - règles d'emploi et prévention dans l'utilisation des produits toxiques dans le respect de l'environnement ;
- de chargement de transport et manutention :
 - normes, procédures, dispositifs de protection, signalisation ;
- de maintenance:
 - règles de sécurité en intervention.

Commentaire: ce chapitre sera largement illustré par des films ou documents audiovisuels réalisés par les constructeurs.

3.2. La sécurité active

- Pneumatiques.
- Freinage.
- Direction.

- Tenue de route.
- Alarmes (informations de dysfonctionnement).
- Modes de marche dégradés.

3.3. La sécurité et la maintenance

- Visites périodiques, contrôles légaux, certification.
- Intervention sur les organes de sécurité :
 - vérification de la conformité des composants de remplacement,
 - méthodes de remplacement,
 - check list et essais.

Commentaire: les divers points de ces chapitres seront abordés de façon globale. Leurs conséquences sur les solutions technologiques seront détaillées dans les chapitres correspondants.

4. Etude fonctionnelle et structurale des systèmes

4.1. Identification des fonctions

4.2. Transformation de l'énergie primaire en énergie mécanique

4.2.1. — Approche externe

4.2.1.1. — Grandeurs d'entrée.

- Masse d'air.
- Masse de carburant.

4.2.1.2. — Grandeurs de sortie.

— Principales :

- fréquence de rotation du moteur,
- couple moteur.

— Secondaires :

- gaz brûlés à une température supérieure à celle de l'air,
- chaleur,
- informations d'état.

4.2.1.3. — Données de contrôle.

— Réglage de la masse de carburant :

- injectée (moteur diesel et à injection d'essence),
- débit massique (section de la tubulure d'admission, moteur à essence).

4.2.1.4. — Relations caractéristiques.

- Puissance et couple du moteur en relation avec sa vitesse de rotation.
- Consommation spécifique.
- Bilan énergétique.

- Composition des **gaz brûlés** - Normes **anti-pollution**.
- Relations **entre** masse d'air et masse de **carburant** admises par cycle.

Commentaire : cette approche externe s'appuiera sur des expérimentations conduites sur un moteur au banc d'essai.

4.2.2. — Approche interne

4.2.2.1. — Transformation de l'énergie chimique en énergie calorifique.

- Combustion :
 - condition d'inflammabilité du mélange **air-carburant**,
 - analyse de la combustion **dans** le cylindre,
 - rendement de la combustion,
 - les **carburants** (caractéristiques et composition),
 - les **gaz brûlés** (les polluants),
 - les **aléas** de combustion.

Commentaire : les différents paramètres liés à la composition du **carburant** et à la forme de la chambre de combustion seront **mis** en évidence. Leur influence sur l'optimisation de la combustion sera précisée.

— Préparation de la charge combustible :

- hors du cylindre :
 - carburation,
 - injection **d'essence**,
- **dans** le cylindre :
 - injection **directe** de **gazole**,
 - injection **indirecte**.

Modalités d'inflammation de la charge :

- **allumage commandé** :
 - principe de la production d'une étincelle **chaude**,
 - **commande** du système,
- **allumage** par compression :
 - injection **directe**,
 - injection **indirecte** et préchauffage,
 - mise en **pression** du **gazole**,
 - **commande** du système.

Commentaire : l'analyse fonctionnelle et structurelle des différentes **solutions** technologiques sera effectuée en se limitant, pour **chaque famille** de solutions, à l'étude et à l'analyse d'un système représentatif. Pour **chaque** système retenu, les réglages et leurs influences seront abordés **expérimentalement**.

4.2.2.2. — Transformation de l'énergie calorifique en énergie mécanique.

— Etude des cycles **4 temps** et **2 temps** :

- moteurs à **allumage commandé**,
- moteurs à **allumage** par compression.

— Principe de la transformation de l'énergie :

- transformation de « l'énergie indiquée » (pression-volume) en énergie **effective** (effort, déplacement) : le système **bielle-manivelle**.

— Renouvellement de la charge combustible :

- la distribution (ouverture et fermeture des soupapes) : le taux de remplissage.

Commentaire : pour chacun de ces sous-ensembles, les différents **paramètres** qui conduisent à l'optimisation du moteur seront **mis** en évidence. L'**influence** de la variation de leurs caractéristiques sur les performances sera étudiée expérimentalement au **banc d'essai** du moteur.

— Répartition des **temps** moteur :

- nombre et disposition des cylindres,
- **ordre** de fonctionnement.

4.2.3. — Optimisation du rendement et limites technologiques.

— Régulation thermique du moteur :

- échanges calorifiques et limitation des températures de **fonctionnement**.

Commentaire : l'étude sera effectuée **sur** un système didactisé dont le dispositif **reste** conforme au montage d'origine.

4.2.4. Démarrage d'un moteur.

4.2.4.1. Conditions de démarrage d'un moteur.

4.2.4.2. Le démarreur électrique.

Commentaire : les caractéristiques du démarreur seront déterminées **sur** un **banc d'essai**.

4.3. Utilisation de l'énergie mécanique primaire

4.3.1. — Transmettre la puissance mécanique

4.3.1.1. — Approche externe.

- a) Fonction globale :
 - transmettre et adapter le couple et/ou la vitesse moteur compte tenu du besoin.
- b) Grandeurs d'entrée :
 - couple moteur,
 - vitesse de rotation du moteur.
- c) Grandeurs de sortie :
 - principales :
 - couple adapté,
 - vitesse de rotation ;
 - secondaire :
 - énergie dégradée en chaleur.
- d) Grandeurs de contrôle :
 - action de l'utilisateur.

4.3.1.2. — Approche interne.

- a) L'énergie **transite** sous forme mécanique.
 - Au travers d'une transmission « classique ».

Fonctions élémentaires **nécessaires** à la réalisation de la fonction globale:

- accoupler un générateur et un récepteur;
- adapter une énergie ;
- répartir une énergie ;
- transmettre une énergie ;
- **accumuler** une quantité d'énergie.

Commentaire: pour chacune de ces fonctions on **précisera** les données d'entrée, de **sortie** et de contrôle. On étudiera les structures matérielles assurant ces fonctions.

- accoupler:
 - embrayage,
 - coupleur;
- adapter:
 - **boîte** de vitesses ;
- répartir:
 - différentiel (classique et à glissement limité) ;
- transmettre:
 - arbres et joints.

Commentaire: l'étude des structures qui supportent les fonctions élémentaires **nécessaires** à la réalisation de la fonction globale (transmettre et adapter le **couple** moteur **aux** besoins) aura pour **support** : **soit** le mécanisme **installé sur banc** d'essai, **soit** les maquettes pédagogiques, et à défaut le dossier technique comprenant le dessin d'ensemble, les performances...

Pour **chaque** composant, participant à la fonction globale, on **précisera**, **chaque fois que** cela sera possible, les **lois** de comportement et les critères de choix.

4.3.2. — Produire, gérer, utiliser l'énergie électrique.

4.3.2.1. — Les exigences de la sécurité.

4.3.2.2. — Fonction « production, **gestion** et utilisation des énergies annexes ».

a) Fonction « produire et gérer de l'énergie électrique »

Approche **externe** :

- grandeur d'entrée : énergie mécanique issue du moteur;
- grandeur de **sortie** : énergie électrique consommée par les récepteurs embarqués ;
- **support** matériel : alternateur + redresseur + batterie + **régulateur**.

Approche interne:

- fonction « production de l'énergie électrique » : le générateur est l'ensemble alternateur + redresseur (régulateur exclu) :
 - **technologie** des alternateurs à configuration monophasée et triphasée,

- singularités de fonctionnement **dues** à l'auto-excitation du générateur:
 - réseau des caractéristiques externes tension-courant (la **vitesse** étant le paramètre),
 - condition **d'amorçage** ;

— fonction « stockage de l'énergie électrique » : le récepteur est la batterie:

- analyse de la caractéristique **externe** tension-courant et de sa dérive en fonction de l'état de la **charge** et de la **température** de la batterie,

— fonction « régulation de la tension de **bord** » :

- principe du réglage du courant **dans** l'indicateur.

Commentaire:

— L'enseignement du paragraphe 4.3.2. sera conduit en liaison étroite **avec celui des sciences physiques**.

— Le générateur **complet** doit obéir à des contraintes internes vis-à-vis de la batterie (**gestion** de l'énergie stockée) et externes vis-à-vis des **récepteurs** embarqués (maintien de la tension de **bord** dans les limites nominales).

— L'étude expérimentale (alternateur au **banc** d'essai) débouchera **sur** un travail graphique **dans le plan** tension-courant **afin** de permettre:

- le **suivi** du **point** de fonctionnement de la batterie,
- la détermination des limites **extrêmes** du courant de **charge** et de la tension de **bord**.

— **Afin** de mettre en évidence la nécessité du régulateur, l'étude **expérimentale** sera effectuée **dans un premier temps sans celui-ci (boucle ouverte)**.

b) Fonction utiliser l'énergie électrique

Approche **externe** :

- grandeurs d'entrée: états des organes de **commande** ;
- grandeurs de **sortie** : états des récepteurs.

Approche interne :

- **contrôle et veille** ;
- schémas des **circuits**.

Commentaires:

— La fonction globale « utilisation de l'énergie électrique » constitue un **domaine** privilégié pour l'exploitation des connaissances acquises **dans la partie B.1.** « Automatique et informatique industrielle ».

— Les outils de description **tels que** tables de vérité, GRAFCET, **représentation** littérale structurées, chronogrammes, définiront **avec** précision les relations entrées-sorties.

— La description fonctionnelle dégagera les fonctions de base **nécessaires** à l'obtention de la fonction étudiée, indépendamment de la nature **câblée** ou micro-programmée de la **solution** technologique.

— La description technologique montrera **entre autres, sur** quelques exemples simples et judicieusement choisis **comment** une **solution** de **type** « micro-programmé » peut se substituer à une **solution type** « **câblée** ».

4.3.3. — Produire, gérer, utiliser l'énergie hydraulique

4.3.4. — Produire, gérer, utiliser l'énergie pneumatique

4.4. Fonctions associées **aux** modifications des paramètres cinématiques du véhicule

Fonction globale : maintenir le véhicule **sur** la trajectoire voulue par le conducteur **dans** toutes les phases de déplacement **compte tenu** des exigences de sécurité et de **confort**.

4.4.1. — Les exigences de la sécurité

4.4.2. — Fonction diriger

— Fonctions à assurer :

Orienter les **roues** directrices : les **commandes** de direction.

- grandeurs d'entrée : **angle** de braquage initial des roues,
- grandeurs de **sortie** : **angle** de braquage **final** des roues,
- grandeurs de **contrôle** : **angle** de **rotation** du volant,
- étude de quelques solutions technologiques :
 - dispositif de direction non-assistée,
 - dispositif de direction assistée.

Commentaire : on privilégiera l'étude des dispositifs de direction **assistée**.

Ramener automatiquement les **roues** directrices en position initiale.

— Les paramètres caractéristiques d'un **train** roulant : définitions, mesurage et réglage.

4.4.3. — Fonction freiner

4.4.3.1. — Approche **externe**

a) Grandeurs d'entrée :

- **vitesse** V_e du véhicule à l'instant t ;
- position du véhicule à l'instant t .

b) Grandeurs de **sortie** :

- **principales** :
 - **vitesse** V_s du véhicule à l'instant $t + \Delta t$,
 - position du véhicule à l'instant $t + \Delta t$;
- **secondaires** :
 - chaleur,
 - informations d'état ;

c) Données de **contrôle** :

- actions du conducteur **sur** le volant ;
- actions du conducteur **sur** la pédale de **frein** et/ou d'**accélérateur**.

4.4.3.2. — Approche interne

— Freiner à l'aide d'un dispositif en **boucle ouverte**.

Fonctions à assurer :

- établir une **pression** :
 - émetteurs (maitre-cylindre, doseurs, dispositifs d'assistance) ;

- moduler et transmettre la **pression** :
 - limiteurs, compensateurs ;
- **dissiper** l'énergie mécanique en chaleur :
 - différents types de freins (freins à disques, à tambour).

Commentaire : cette approche se **fera** à l'aide de manipulation effectuée **sur** des sous-ensembles réels ou didactisés et de **banc** d'essai.

4.4.4. — Atténuer les effets des défauts du sol **sur** les passagers ou les matériels transportés.

— **Etude** des structures matérielles qui remplissent **ces** fonctions (**suspension** à ressort, suspension hydropneumatique).

4.4.5. — Lier le véhicule au sol.

5. La fonction maintenance

5.1. Concepts associés à la maintenance

5.1.1. — Coût global d'exploitation d'un système.

- Coût d'acquisition.
- Coût d'exploitation.
- Coût de maintenance.
- Coût de destruction ou de revente.

Commentaire : à partir d'étude de **cas** industriels on montrera l'influence de la variation de l'un de **ces coûts** **sur** les autres **coûts**.

5.1.2. — Typologies des maintenances

5.1.2.1.- Maintenance **corrective** (cf. norme NFX 60 010).

5.1.2.2.- Maintenance préventive (cf. norme NFX 60 010).

- Systématique.
- Conditionnelle.

Commentaire : à partir d'un ou **deux** exemples industriels on montrera **comment** les différents investissements (**salaires**, équipements, outillages, stocks...) concourent à améliorer les performances de l'entreprise **dans** le **domaine** de la maintenance **aussi bien sur** le **plan** technique **que sur** le **plan** financier.

5.1.3.- La disponibilité d'un **bien** durable

- Définition.
- Critères d'évaluation.
- Les composantes de la disponibilité.
- La fiabilité :
 - définition,
 - critères d'évaluation.
- La maintenabilité :
 - définition,
 - critères d'évaluation.
- Les moyens à mettre en **œuvre** pour optimiser l'intervention (personnel, **matériel**, documentation).

Commentaire: à partir de l'analyse de l'évolution de quelques solutions technologiques retenues pour assurer une fonction donnée, on montrera l'évolution de la disponibilité du produit.

5.1.4. — Sécurité et maintenance

- Stratégies de maintenance sur les systèmes où l'aspect sécurité est prépondérant: mines, nucléaire, pétrochimie, aéronautique, transpot-k...

Commentaire: à partir d'étude de cas industriels on montrera la stratégie de maintenance mise en oeuvre. On fera apparaître dans ce chapitre que lorsqu'il s'agit de sécurité les coûts ne seront plus prépondérants.

5.2. Diagnostic

5.2.1. — Explication de l'anomalie du dysfonctionnement.

— Point de vue de l'utilisateur:

- identification des symptômes en rapport à la fonction globale.

— Point de vue du technicien de maintenance:

- traduction des symptômes au niveau des grandeurs d'entrée, de sortie, de contrôle du bloc fonctionnel concerné.

5.2.2. — Méthode de diagnostic.

— A partir de l'analyse fonctionnelle du système:

- émettre des hypothèses de défaillance à chaque niveau en rapport avec les grandeurs perturbées du niveau précédent (interrelations reliant les blocs fonctionnels),
- choisir l'ordre de validation des hypothèses en fonction des critères de:
 - rapidité d'exécution,
 - disponibilité des moyens,
 - probabilité de panne (vétusté, historique, conditions d'utilisation...),
 - compétence requise de l'intervenant.

5.2.3. — Algorithme de diagnostic.

- Consignation de la démarche dans un algorithme de diagnostic.
- Validation des hypothèses par essais, tests, contrôles.
- Identification du composant, de l'élément défaillant.
- Recherche des causes à l'origine de la panne.
- Recherche des conséquences induites sur le comportement et l'état du système.

Commentaire: à la démarche de diagnostic sera associée la connaissance des:

Techniques de mesurage:

- des spécifications dimensionnelles et géométriques;
- des efforts, des pressions du débit et des températures;
- des déplacements et des vitesses;
- des courants et des tensions.

Techniques d'acquisition des données :

- mise en oeuvre des appareils de mesure;
- acquisition, mémorisation et traitement automatique des données.

5.3. Intervention corrective et préventive

5.3.1. — Dépose - repose d'un sous-ensemble

- Typologie des liaisons avec l'environnement (mécanique, hydraulique, électrique).
- Influence de la suppression de ces liaisons sur l'environnement, le fonctionnement et la sécurité (vidange, mise en sécurité, décompression, étayage...).
- Technique de repérage des liaisons.
- Moyens et procédés de manutention et d'assemblage-démontage.

5.3.2. — Démontage - remontage - réglage - contrôle d'un mécanisme

- Typologie et critères caractéristiques des fonctions techniques élémentaires (mise en position, maintien en position, étanchéité, lubrification...).
- Moyens et procédés d'installation des conditions fonctionnelles relatives à ces fonctions.

5.3.3. — Mise au point d'un système ou d'un sous-système

- Les techniques de contrôle.
- Les techniques de réglage.

Commentaire: Les interventions seront conduites sur des organes ou des véhicules. On vérifiera, à l'issue de l'intervention, la conformité fonctionnelle et celle des paramètres associés à la fonction.

III. ASPECTS MÉTHODOLOGIQUES

C.1. Etude fonctionnelle et structurelle

C. 1.1. Etude fonctionnelle

Pour chaque sous-ensemble étudié le professeur précisera :

- les grandeurs d'entrée;
- les grandeurs de sortie ;
- les données de contrôle ;
- les caractéristiques physiques de ces grandeurs ;
- la ou les relations liant les grandeurs d'entrée et de sortie ;
- l'influence des données de contrôle sur ces relations.

Le sous-ensemble sera situé dans son environnement, c'est-à-dire que les grandeurs d'entrée, de sortie et les données de contrôle seront présentées comme les interactions reliant les modules fonctionnels qui environnent le sous-ensemble étudié.

— On effectuera la mesure des grandeurs d'entrée et de sortie, et l'étude de l'influence des données de contrôle sur la réalisation de la fonction globale.

— Des travaux pratiques de mesurage seront organisés sur des systèmes didactisés, sur véhicule instrumenté ou des bancs d'essai.

— La didactisation de systèmes supports d'étude sera explicitée.

— Une analyse du système dans sa configuration industrielle sera menée en précisant bien la situation éventuelle de différents capteurs, ainsi que la nature physique des grandeurs d'entrée, de sortie et des données de contrôle.

— Chaque fois que cela sera nécessaire, compte tenu de la complexité du sous-ensemble étudié, on le décomposera en blocs fonctionnels. Une étude de la fonction globale, comprenant des TP de mesurage, sera organisée pour certains d'entre eux.

— L'influence de la modification de la fonction d'un bloc fonctionnel sur la fonction globale du sous-ensemble étudié sera montrée à l'occasion de ces TP de mesurage.

C. 1.2. Analyse structurelle

C.1.2.1. Identification des solutions technologiques

Pour chaque sous-ensemble étudié sur le plan fonctionnel, les solutions technologiques proposées devront être significatives.

Des TP permettront aux élèves d'observer et d'appréhender:

- l'agencement des composants;
- le fonctionnement des mécanismes ;
- les spécifications des composants.

Ainsi que l'élève puisse approfondir la démarche du passage du réel au modèle et vice versa, tous les documents nécessaires seront fournis (dessins d'ensembles, schémas cinématiques, schémas électriques, schémas hydrauliques, etc.).

C. 1.2.2. Etudes comparatives de solutions technologiques réalisant une même fonction

On fera apparaître les éléments caractéristiques différents d'une solution à l'autre (performances, coûts, fiabilité, maintenabilité...).

Certaines études comparatives judicieusement choisies permettront d'appréhender les facteurs qui ont provoqué dans le temps des évolutions ou des ruptures.

C.2. Diagnostic

Le diagnostic est une activité de synthèse associant les connaissances et les activités. Les connaissances développées dans l'étude fonctionnelle et structurelle des systèmes devront être largement utilisées dans l'activité de diagnostic.

Les connaissances développées dans la partie « Automatique et Informatique Industrielle » devront être intégrées à l'activité du diagnostic.

Les connaissances dispensées, techniques de mesurage et techniques d'acquisition de données, seront abordées en liaison avec le professeur assurant les travaux pratiques de construction et le professeur enseignant la physique.

Les activités de diagnostic devront être réalisées sur des systèmes industriels présentant un dysfonctionnement.

C.3. Intervention

Les supports des activités d'intervention seront du domaine industrie1 (organes, véhicules, engins...).

Les travaux pratiques d'intervention seront effectués à partir de procédures clairement définies.

A l'utilisation de documents de réparation constructeurs seront associées des fiches pédagogiques qui permettront de justifier les procédures, le choix des outils et appareillages utilisés.

Les connaissances ou savoir-faire développés au travers de l'analyse fonctionnelle et structurelle des systèmes seront exploités.

Une attention particulière sera apportée à la rigueur des méthodes mises en œuvre et à la qualité de l'intervention.

Nota : Compte tenu de la particularité des supports sur lesquels doivent intervenir les élèves (véhicules, organes...) et des problèmes de sécurité qui peuvent se poser, les groupes d'atelier comprennent 9 à 12 élèves.

IV. COMPÉTENCES ATTENDUES

Remarque préliminaire: on trouvera dans ce chapitre pour chacun des paragraphes du programme, la compétence que l'on attend des élèves à l'issue des deux années d'études (Première et Terminale STI, Génie mécanique, option B : Systèmes motorisés).

1. L'entreprise industrielle de production de biens et de services

2. La démarche qualité

3. La sécurité dans le domaine des systèmes motorisés

4. Etude fonctionnelle et structurelle des systèmes

Identification des fonctions

A partir d'un système ou sous-système, de sa représentation graphique et des documents constructeurs:

- définir la frontière du système étudié;
- définir sa fonction globale;
- identifier les grandeurs d'entrée, les grandeurs de sortie et les données de contrôle ;

- *déterminer*, chaque fois que ceci est possible, les relations caractéristiques entre les grandeurs d'entrée, de sortie et les données de contrôle ;
- *conduire* l'analyse fonctionnelle ;
- *identifier* les « processeurs » qui réalisent les fonctions ;
- *décrire* le fonctionnement du système ;
- *conduire* des observations, des tests, des mesures afin d'en comprendre le fonctionnement.

Transformation de l'énergie primaire en énergie mécanique

— A partir d'un moteur situé sur banc d'essai et des caractéristiques « constructeurs » :

- . *définir* les procédures d'essais et de tests (modification des paramètres),
- . *relever* les courbes de couple, de puissance, de consommation spécifique,

- *effectuer* les réglages nécessaires,
- *analyser* l'influence de la variation de ces paramètres (composition du mélange, allumage, distribution...) sur les performances du moteur.

— A partir d'un démarreur situé au banc d'essai et de ses caractéristiques :

- . *définir* la procédure d'essai,
- . *relever* la courbe caractéristique (couple fonction de l'intensité...),
- *interpréter* les résultats.

Transmission de puissance

— A partir d'une transmission donnée, de ses représentations graphiques et des données constructeurs :

- *caractériser* le type de transmission,
- *identifier* les constituants et/ou les composants.

Lier le véhicule au sol

— A partir d'un véhicule, des données constructeurs d'un système de contrôle de train roulant :

- *identifier* les paramètres caractéristiques d'un train roulant,
- *effectuer* les mesures de ces paramètres,
- *décrire* l'influence de la variation de l'un d'eux sur le comportement du véhicule.

— A partir d'un sous-ensemble de freinage réel ou didactisé, ou du véhicule sur banc d'essai :

- . *identifier* le type de système de freinage,
- *effectuer* des essais sur banc.

Produire, gérer et utiliser les énergies annexes

— A partir de sous-systèmes, dans lesquels le flux principal des données est de type énergétique (alternateur, moteur...) :

- . *identifier* le mode de conversion de l'énergie,

- *identifier* le procédé de contrôle de l'énergie (tout ou rien, régulation...),
- *valider* expérimentalement le comportement d'un composant.

5. La fonction maintenance

Concepts associés à la maintenance

— A partir d'une étude de cas concernant l'exploitation d'un véhicule ou d'une flotte pour laquelle les stratégies de maintenance sont définies :

- . *identifier* les paramètres qui interviennent dans le coût global d'exploitation,
- *évaluer* l'influence de la variation de l'un des différents coûts (acquisition, maintenance, destruction ou revente...) sur le coût global,
- *identifier* les méthodes de maintenance mises en œuvre.

Diagnostic

— A partir d'un système en situation de dysfonctionnement :

- *donner* une signification fonctionnelle ou organique aux symptômes,
- *émettre* des hypothèses suivant les critères de :
 - probabilité de panne,
 - rapidité d'exécution des contrôles,
- *associer* à l'hypothèse retenue les caractéristiques contrôlables qui permettent de la valider,
- *définir* les contrôles à effectuer,
- *choisir* les moyens de contrôle adaptés et disponibles,
- *élaborer* le processus de contrôle,
- *organiser* le poste de travail,
- *effectuer* les contrôles,
- *comparer* les résultats des contrôles aux références,
- *identifier* l'élément défaillant ou *émettre* une nouvelle hypothèse,
- *définir* la ou les causes de la défaillance,
- *définir* l'intervention de réparation à effectuer, compte tenu des contraintes techniques, de sécurité, économiques.

Intervention corrective et préventive

— A partir d'une intervention corrective ou préventive (dont la durée ne sera pas supérieure à 4 heures) et des documents constructeurs (le diagnostic est effectué) :

- a) concernant une mise au point :
 - *définir et rédiger* la procédure d'intervention,
 - *repérer* les éléments de réglage,
 - *rechercher* les appareils adaptés,
 - *vérifier* la conformité des paramètres aux références,
 - *effectuer* le réglage,
 - *contrôler* ;

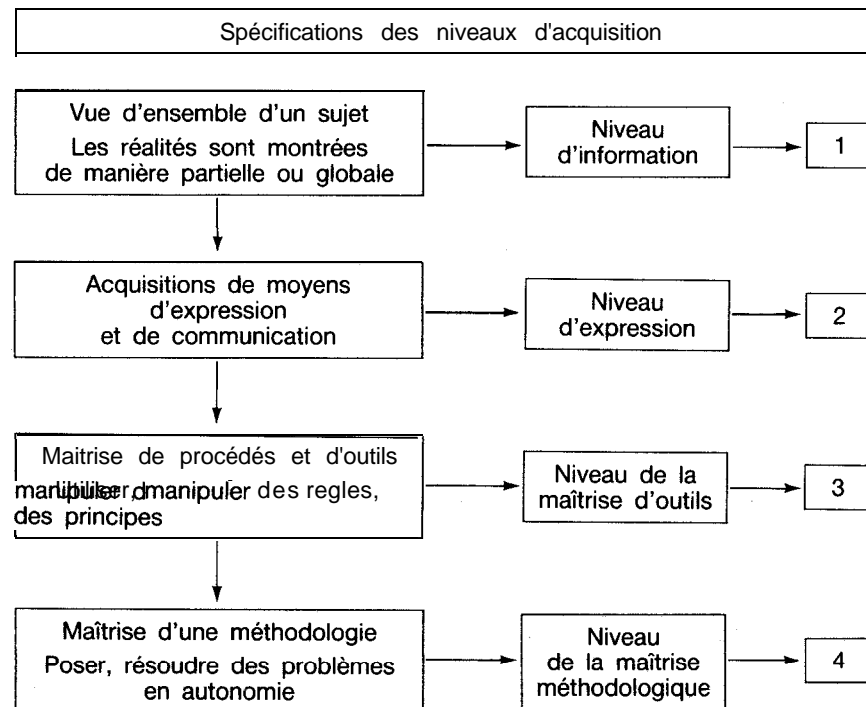
b) concernant le remplacement d'un organe ou d'un sous-ensemble

- définir et rédiger la procédure d'intervention,
- rédiger le bon de sortie des pièces de rechange,
- organiser le poste de travail,
- rechercher les références de l'élément ou de l'organe défaillant,
- repérer les différentes liaisons,
- déposer l'organe ou le sous-ensemble,
- remplacer,
- effectuer les réglages nécessaires,
- contrôler.

V. SPÉCIFICATIONS DES NIVEAUX D'ACQUISITION

Afin de préciser le niveau des différentes questions à traiter dans le programme, en relation avec les compétences attendues, le tableau ci-après spécifie les niveaux d'acquisition à attendre à l'issue de la classe de Terminale.

Il doit permettre de guider le professeur dans le développement de son enseignement. A chaque point du programme est associé un niveau repéré de 1 à 4.



1. L'entreprise industrielle de production de biens et de services
2. La démarche qualité
3. La sécurité dans le domaine des systèmes motorisés
4. Etude fonctionnelle et structurelle des systèmes
 - 4.1. Identification des fonctions
 - 4.2. Transformation de l'énergie primaire en énergie mécanique
 - 4.3. Utilisation de l'énergie mécanique primaire
 - 4.4. Fonctions associées aux modifications des paramètres cinématiques du véhicule
5. La fonction maintenance
 - 5.1. Concepts associés à la maintenance
 - 5.2. Diagnostic
 - 5.3. Intervention corrective et préventive

	1	2	3	4
1. L'entreprise industrielle de production de biens et de services	+			
2. La démarche qualité	+			
3. La sécurité dans le domaine des systèmes motorisés	+			
4. Etude fonctionnelle et structurelle des systèmes				
4.1. Identification des fonctions	+			
4.2. Transformation de l'énergie primaire en énergie mécanique		+		
4.3. Utilisation de l'énergie mécanique primaire		+		
4.4. Fonctions associées aux modifications des paramètres cinématiques du véhicule		+		
5. La fonction maintenance				
5.1. Concepts associés à la maintenance	+			
5.2. Diagnostic				+
5.3. Intervention corrective et préventive			+	

VI. COMMENTAIRES

Le programme de productique de l'option « systèmes motorisés » peut être décomposé en trois parties:

1^{re} partie

- L'entreprise industrielle de production de biens et de services.
- La démarche qualité.

Cette partie vise à permettre à l'élève d'appréhender les grandes fonctions, les contraintes de l'entreprise de production de biens et de services située dans un marché concurrentiel.

Au travers d'exemples concrets le professeur montrera que l'ampleur et la rapidité des évolutions exigent:

- l'optimisation des systèmes de production, tant au plan technique qu'au plan humain ;
- le recours à l'innovation et aux technologies de pointe.

L'accent sera mis sur les problèmes spécifiques aux entreprises de production de service.

2^e partie

- La sécurité dans le domaine des systèmes motorisés.
- Etude fonctionnelle et structurelle des systèmes motorisés.

L'approche concrète sera privilégiée. Les supports de formation sont des bancs d'essais, des systèmes didactisés ou des véhicules instrumentés.

Après chaque manipulation conduite par l'élève, une synthèse sera proposée par le professeur. Cela dans le but de permettre à l'élève de

s'approprier les méthodologies mise en œuvre, de structurer les connaissances acquises.

Cette partie de programme sera traitée en étroite liaison avec l'enseignement d'études des constructions, d'automatique et d'informatique industrielle. En effet les savoirs acquis à l'occasion de ces enseignements seront sans cesse utilisés dans cette seconde partie.

3^e partie

— La fonction maintenance.

Bien que l'acquisition de savoir-faire ne soit pas l'objectif essentiel de cette partie du programme, elle se traduit par des activités concrètes réalisées autour d'une réalité technologique particulièrement motivante pour les élèves. Une véritable pédagogie de l'action sera développée.

Il s'agit d'appliquer les méthodologies et connaissances acquises à l'occasion de l'étude fonctionnelle et structurelle des systèmes motorisés.

Les interventions réalisées par les élèves ont essentiellement pour objet la validation de choix et de décisions résultant de l'approche méthodologique d'un problème posé à partir du dysfonctionnement d'un module fonctionnel.

Les travaux pratiques ont pour supports des systèmes motorisés en état réel de fonctionnement.

Structure fonctionnelle de l'espace de formation

L'analyse des compétences à acquérir fait apparaître trois zones fonctionnelles de formation.

— Zone d'approche fonctionnelle et structurelle des systèmes (bancs d'essais et systèmes didactisés).

— Zone d'études technologiques des composants.

— Zone d'activités de maintenance (systèmes motorisés en état réel de fonctionnement).

Flépartition du programme

	Classe de Première	Classe de Terminale
– L'entreprise industrielle de production de biens et de services	5 %	5 %
– La démarche qualité	Transversal	Transversal
– La sécurité dans le domaine des systèmes motorisés	Transversal	Transversal
– Etude fonctionnelle et structurelle des systèmes		
Identification des fonctions	Transversal	Transversal
Transformation de l'énergie primaire en énergie mécanique	30 %	20 %
Utilisation de l'énergie mécanique	15 %	15 %
Fonctions associées aux modifications des paramètres cinématiques	20 %	10 %
La fonction maintenance	30 %	50 %

OPTION C : Structures métalliques

A. Etude des constructions

B. Etude des systèmes techniques industriels

A. - ÉTUDE DES CONSTRUCTIONS

A 3 - Construction

(Programme complémentaire : construction structures métalliques)

- I. Objectifs du programme
- II. Programme
- III. Aspects méthodologiques
- IV. Compétences attendues
- V. Spécifications des niveaux d'acquisition
- VI. Commentaires

B. - ÉTUDE DES SYSTÈMES TECHNIQUES INDUSTRIELS

B2 - Productique structures métalliques

- I. Objectifs du programme
- II. Programme
- III. Aspects méthodologiques
- IV. Compétences attendues
- V. Spécifications des niveaux d'acquisition
- VI. Commentaires