

Annexe V

GÉNIE MÉCANIQUE

I - OBJECTIFS DE FORMATION

L'objectif de l'enseignement de la technologie dans les classes de première et seconde années de TSI est d'apporter aux étudiants les connaissances et les méthodologies de base dans le domaine du génie mécanique, du génie électrique et de l'automatique.

Les connaissances technologiques de référence des étudiants à l'entrée de la classe de première année de TSI sont celles des filières STI et STL du baccalauréat technologique.

La formation s'appuie sur trois enseignements: le génie mécanique, le génie électrique et l'automatique, l'automatique étant le lien privilégié entre les deux autres disciplines. L'enseignement s'organise de sorte qu'une réelle association fasse coopérer les professeurs de génie mécanique et de génie électrique dans le cadre de l'étude des systèmes techniques. Les enseignements s'articuleront autour de thèmes permettant de familiariser le futur ingénieur ou le futur professeur avec l'approche globale des problèmes techniques. L'exploitation de logiciels d'application, dans les trois domaines, contribuera à donner une plus grande cohérence et une meilleure efficacité à l'enseignement.

Au terme des deux années de formation, l'étudiant doit être capable:

- d'analyser l'organisation et le fonctionnement de systèmes ou parties de systèmes pluritechniques,
- d'analyser et de justifier des solutions techniques adaptées au regard d'un cahier des charges donné,
- d'élaborer des solutions partielles ou complètes répondant à des problèmes résultant de nouvelles exigences du cahier des charges :
 - modification de solutions existantes ;
 - adaptation à de nouvelles données.

Ces connaissances sont dispensées sous forme:

- de cours permettant d'énoncer les lois et descriptions générales, d'effectuer des synthèses,
- d'études decas présentant des solutions techniques faisant appel à des calculs de prédétermination et/ou de vérification (travaux dirigés),
- de travaux pratiques destinés à mettre en œuvre des dispositifs illustrant les concepts fondamentaux, les connaissances de base et les méthodes,
- de travaux d'initiative personnelle encadrés, développés autour de thèmes nationaux, pour permettre un approfondissement et une synthèse de ces connaissances tout en conférant à l'étudiant une autonomie d'étude et de présentation.

II - PROGRAMME

• Lignes directrices du programme

Toutes les activités proposées aux étudiants visent une synthèse cohérente des connaissances. Cette stratégie impose une collaboration étroite entre les deux professeurs de technologie, en liaison avec les autres disciplines: sciences physiques et mathématiques notamment.

Le programme ci-après ne traduit pas une progression imposée. Les professeurs restent maîtres de leur organisation pédagogique et du déroulement de leur enseignement dans l'année.

a - Mécanique

À la fin de la classe de seconde année de TSI, les étudiants devront être capables de calculer les efforts s'exerçant sur les divers éléments d'un ensemble mécanique et de dimensionner ces éléments en faisant les hypothèses nécessaires. Ils devront savoir passer du réel au modèle, graphique ou mathématique, les résultats devant être confrontés aux hypothèses pour vérifier leur validité.

L'enseignement doit être conçu comme un ensemble cohérent associé à de nombreux travaux dirigés et à des travaux pratiques partant du réel et non d'un schéma.

L'exploitation de l'outil informatique mettant en œuvre des logiciels de modélisation, de calcul ou de simulation renforcera l'enseignement de la mécanique et permettra une étude plus fine et plus approfondie du comportement des mécanismes en libérant des calculs complexes.

Les applications informatiques privilégieront les activités suivantes:

- aide au choix de modèles mécaniques,
- résolution d'équations et simulations,
- approche méthodologique du choix du paramétrage et des équations dans un problème de mécanique.

b - Construction mécanique

L'enseignement de la construction permet aux étudiants de concevoir les parties mécaniques de systèmes techniques. Toutefois, en classe préparatoire, il sera limité à l'analyse et à l'étude du comportement des mécanismes, et à la conception des liaisons et des pièces s'intégrant dans un ensemble mécanique dont la structure est donnée.

Pour chaque élément de machine étudié, il devra être procédé à:

- l'analyse du dispositif en recherchant:

les fonctions associées,

la vérification des performances et/ou l'énoncé des performances potentielles du point de vue géométrique, cinématique, dynamique, de la durée de vie, . . .

les conditions particulières de la réalisation,

. les possibilités de montage et de démontage.

- la recherche de critères de choix prépondérants parmi les critères généraux de conception (qualité technique, poids, encombrement, ...). L'aboutissement en est généralement l'optimisation de leur fabrication, de leur coût et de leurs performances par la réduction du nombre de pièces et la simplification de leur forme.

L'outil informatique apportera une aide à la conception des systèmes en permettant la gestion et les modifications des plans ainsi que l'utilisation de fichiers et de bibliothèques de composants.

Les applications informatiques privilégieront les objectifs suivants:

- aide à la connaissance des solutions,
- développement d'une approche systématique de recherche, d'élaboration et de choix de solutions constructives,
- mise en forme de solutions constructives: dessin d'ensemble et de délimitation.

La formation s'appuiera essentiellement sur des travaux dirigés et des travaux pratiques.

c - Fabrication mécanique

L'enseignement de la fabrication permet aux étudiants de *comprendre* et de *maîtriser* en partie le processus d'industrialisation d'un produit. En classe préparatoire, il ne s'agit pas de faire un bilan exhaustif des fabrications de tous les types de produits, mais de dégager, à partir de l'exemple de la fabrication de pièces mécaniques par enlèvement de matière, quel que soit le brut de départ, les contraintes, principes fondamentaux et méthodes de la production industrielle.

L'enseignement de la fabrication peut être enrichi par l'utilisation de logiciels d'aide à la décision, de traitement des résultats, de métrologie ...

La formation s'appuiera essentiellement sur des cours, des travaux dirigés et des travaux pratiques qui auront pour objectif:

- d'élaborer totalement ou partiellement les documents nécessaires à la fabrication d'un produit en petite et moyenne série,
- de mettre en œuvre les équipements de production,
- de conduire des expérimentations.

Les applications informatiques privilégieront les objectifs suivants:

- recherche et optimisation de gammes standard,
- choix et optimisation des conditions de coupe, des processus et des flux,
- aide à la conception des porte pièces,
- introduction à la métrologie analytique.

d - Automatique

L'enseignement de l'automatique est organisé sur la base de cours théoriques et présentent les connaissances fondamentales du programme. Les travaux dirigés permettront d'appréhender des solutions techniques récentes utilisées dans les systèmes automatisés.

Les outils de représentation fonctionnelle, temporelle et structurelle seront utilisés en permanence lors de l'étude des parties commandées des systèmes automatisés. Les aspects méthodologiques permettant l'analyse des modes de marche et d'arrêt, le choix et la justification des technologies de commande seront privilégiés.

Les applications informatiques privilégieront les objectifs suivants:

- analyse du comportement d'une partie commande,
- adaptation d'une partie commande à une modification du cahier des charges,
- validation de la syntaxe et de la structure d'un GRAFCET,
- simulation et validation de la commande d'un système automatisé en référence à un modèle de représentation donné.

Les travaux pratiques porteront essentiellement sur:

- des analyses de fonctionnement de systèmes automatisés,
- des analyses de partie commande,
- des études de capteurs inclus dans la chaîne d'acquisition d'informations,
- la mise en œuvre de logiciels de programmation automatique et de simulation,
- la programmation assistée, la mise au point et l'installation de parties commande programmées³ (API).

Seconde année TSI

PROGRAMME

COMMENTAIRES

1- MÉCANIQUE

1.1 Dynamique des solides

Caractéristiques d'inertie pour un solide; centre d'inertie; opérateur d'inertie.

Torseur cinétique; torseur dynamique; énergie cinétique; expression dans le cas d'un solide ou d'un système de solides.

Principe fondamental de la dynamique; théorème des actions réciproques; théorèmes généraux.

L'étudiant doit être capable:

- de calculer la matrice d'inertie d'un solide;
- de calculer cette matrice en un autre point par translation;
- de calculer l'énergie cinétique d'un solide ou d'un ensemble de solides ;
- d'appliquer le principe fondamental de la dynamique à un solide;
- de calculer les torseurs cinétique et dynamique d'un solide soit en un point fixe, soit au centre d'inertie du solide, les matrices d'inertie étant connues ou déterminées en ces points ;

1.2 Mécanique des structures

Les poutres droites:

- Expression locale du principe fondamental de la statique.
- Contraintes et déformations dans le cas des sollicitations suivantes:
 - . Traction pure;
 - . Flexion pure;
 - . Flexion plane simple (dans ce dernier cas seul le calcul de la contrainte normale sera envisagé); poutre chargée dans un seul plan;
 - . Torsion poutre cylindrique droite (section circulaire).

2- CONSTRUCTION MÉCANIQUE

2.1 Liaisons réelles

Liaison glissière:

- réalisation par glissement ou roulement (les problèmes de pré-contrainte ne sont pas traités).

- d'appliquer le théorème de l'énergie cinétique à un solide ou à un ensemble de solides ;
- de trouver les relations entre les actions mécaniques agissant sur un solide et les mouvements qu'elles provoquent;
- d'étudier l'équilibrage d'un solide tournant autour d'un axe fixe.

Le mouvement étudié se limitera à l'étude autour du centre d'inertie ou autour d'un point fixe.

L'étude du gyroscope n'est pas au programme.

L'exploitation de logiciels de calculs permettra d'obtenir plus rapidement les valeurs numériques des efforts appliqués à un mécanisme.

Pour l'ensemble du cours de mécanique, les problèmes traités seront définis à partir d'exemples industriels.

L'étudiant doit être capable:

- de déterminer le torseur des efforts intérieurs (ou torseur de cohésion);
 - de déterminer les sollicitations s'exerçant sur une poutre droite (ou à grand rayon de courbure);
 - de tracer les variations de ces sollicitations le long de la poutre;
 - de déterminer les états de contrainte dans le cas des sollicitations au programme;
 - de déterminer, à partir des valeurs de résistance pratique données, les dimensions des poutres ;
 - de déterminer les déformations des poutres sous l'effet de ces sollicitations ;
 - pour les poutres hyperstatiques, de déterminer par la méthode de superposition les actions aux appuis et les états de contrainte (on évitera les calculs longs et fastidieux en fournissant des formulaires de résultats de poutres isostatiques).
- La méthode des poutres droites pourra être présentée à l'aide des torseurs à partir de l'hypothèse de Navier-Bemoulli (les sections droites se déplacent comme des solides).
- Cétude des sollicitations composées de flexion-torsion n'est pas au programme.

Pour la torsion, on exploitera uniquement la formule:

$$\tau = Mt \cdot \rho / IG$$

Les charges roulantes, les poutres isocontrainte ne sont pas au programme.

En flexion les poutres seront chargées dans un seul plan.

Les méthodes énergétiques ne sont pas au programme.

Il ne sera pas proposé de détermination complète de problème hyperstatique dans les épreuves d'évaluation ; dans le cas d'application de la méthode de superposition, les résultats partiels concernant les poutres isostatiques seront fournis.

Cexploitation de logiciels de modélisation et de calculs permettra de conduire des études de comportement de structures hyperstatiques, de répartition de contraintes et de déformation ainsi que d'optimisation de formes.

Pour les trois liaisons, l'étudiant doit être capable:

- de proposer des solutions technologiques et de déterminer celles le mieux adaptées au problème de guidage ;
- de dimensionner, à partir de documents industriels, les

PROGRAMME

COMMENTAIRES

Liaison hélicoïdale :

- réalisation par glissement ou roulement;
- liaisons lisses ; solutions constructives, domaine d'application, rendement, réversibilité (cas du filet carré) ;
- liaisons à roulement: utilisation des éléments du commerce.

Liaison rotule:

- utilisation d'éléments du commerce.

2.2 Étude des systèmes mécaniques

Analyse des caractéristiques géométriques et mécaniques des éléments et composants.

Analyse des performances des liaisons associées aux caractéristiques des éléments.

Conception et définition graphique de systèmes mécaniques:

- recherche et exploitation d'une documentation industrielle;
- analyse comparative de solutions ;
- expérimentation éventuelle de solutions partielles envisagées;
- détermination des conditions fonctionnelles installant les conditions;
- choix des tolérances liées aux paramètres fonctionnels ;
- détermination de condition uni limite: maximum de matière (pour la fonction assemblage uniquement).

3- FABRICATION MÉCANIQUE

3.1- Enlèvement de matière

Étude des procédés et des processus d'usinage par enlèvement de matière (tournage, fraisage, perçage, alésage).

éléments constituant les liaisons.

La liaison glissière par roulement sera connue mais ne donnera pas lieu à des calculs; sa conception sera limitée à la mise en place d'éléments normalisés à partir de documentations et d'instructions de montage de constructeurs.

La liaison hélicoïdale par roulement sera connue mais ne donnera pas lieu à des calculs; sa conception sera limitée à la mise en place d'éléments normalisés à partir de documentations et d'instructions de montage de constructeurs.

La liaison lisse à rotule sera connue mais ne donnera pas lieu à des calculs; sa conception sera limitée à la mise en place d'éléments normalisés simples à partir de documentations et d'instructions de montage de constructeurs.

Pour chacune des liaisons, les solutions technologiques pourront être justifiées par l'analyse des modèles associés (schéma cinématique, torseur des inter-efforts etc.).

L'étudiant doit être capable:

- de déterminer les lois de transformation de mouvement;
- de déterminer, à partir de documentations industrielles, le dimensionnement à donner aux différents éléments constituant le mécanisme;
- de réaliser un avant-projet d'agencement de composants choisis;
- de faire une cotation fonctionnelle de l'avant-projet.

À partir du cours de cinématique, déterminer les lois de transformation de mouvement des systèmes mécaniques utilisés dans les actionneurs étudiés: systèmes articulés, excentriques, engrenages (axes parallèles ou perpendiculaires), trains épicycloïdaux, roues de friction, roues libres.

À partir des lois et résultats de la statique et de la dynamique, déterminer les actions mécaniques supportées par les liaisons et les analyser (liaisons réelles).

On portera attention:

- aux caractéristiques géométriques des liaisons (proportions, dimensions, positions) ;
- aux critères de choix des composants;
- aux spécifications fonctionnelles.

L'étude des actions de contact sur les roues dentées sera limitée à celles des engrenages cylindriques à denture droite.

L'exploitation de bases de données et de logiciels d'aide à la décision permettront de développer des méthodologies de choix de composants.

L'étudiant doit être capable de:

- justifier l'ordonnement proposé pour un usinage;
- analyser les phases de l'usinage.

PROGRAMME

Étude de la coupe :

- usure des outils: loi de Taylor non généralisée, droite de Taylor;
- calcul de la durée de vie;
- pression spécifique de coupe, détermination des efforts de coupe, détermination de la puissance nécessaire à la coupe ;
- formation du copeau.

Étude des processus d'usinage :

- ordonnancement des phases ;
- définition des opérations.

3.2 Métrologie des pièces

Géométrie des pièces:

- modèle géométrique de définition: surfaces géométriques simples ;
- surfaces réelles ou fabriquées.

Méthodes et moyens de mesurage:

- méthodes de mesurage;
- moyens: instruments traditionnels, machines à mesurer tridimensionnelles.

COMMENTAIRES

Les autres procédés pourront être décrits mais ne feront pas l'objet de question d'évaluation (rectification, brochage, emboutissage, découpage, électroérosion, ...).

L'étudiant doit être capable de choisir les conditions de coupe adaptées au problème posé, selon le critère de coût de la phase considérée.

Pour chaque phase l'étudiant doit être capable:

- de choisir le référentiel de mise en position ;
- de préciser les degrés de liberté supprimés ;
- d'apprécier la stabilité pièce par la prise en compte du torseur d'effort transmissible par la liaison ;
- de proposer une direction principale de serrage pour le maintien de la pièce sur son support.

Le montage porte pièce sera toujours fourni

La description des phases ainsi que leur ordonnancement seront toujours donnés.

L'étude sera limitée aux outils en ARS ou en carbures métalliques, le choix des nuances pourra se faire à partir de banques de données.

Les critères d'usure seront indiqués.

Cette étude pourra se faire à l'aide d'une base de données informatisée et de logiciels d'aide à la décision.

Pour la symbolisation des éléments technologiques, la norme NFE04 013 sera toujours fournie lors des épreuves d'évaluation.

L'étudiant doit être capable:

- d'interpréter la cotation d'un dessin de définition : cotation dimensionnelle et cotation de position;
- d'identifier les éléments réels de référence, les éléments réels tolérancés les éléments géométriques associés;
- de proposer des moyens de contrôle pour des cas simples ;
- de représenter les zones de tolérance et de donner les conditions limites sur les écarts angulaires ou dimensionnels.

On se fixera comme objectif la mesure et le contrôle des dimensions et spécifications géométriques de position et d'orientation, en négligeant les écarts macro et micro-géométriques de la surface.

L'étude du battement sera exclue.

Les calculs d'erreur ne sont pas au programme.

L'approche de la métrologie analytique et/ ou le traitement des résultats seront facilités par l'utilisation de logiciels didactiques

PROGRAMMI

COMMENTAIRES

appliqués à la recherche de la valeur de la grandeur mesurée.

4 - AUTOMATIQUE

4.1 Systèmes logiques

Commande combinatoire.

Commande séquentielle.

Représentation par équations logiques d'un système logique.

Représentation du comportement temporel d'un système logique.

Notion d'état.

4.2 Le modèle GRAFCET

Implémentation du **Grafcet** en constituants programmables.

Validation du comportement d'un système réel.