

# **Brevet de technicien supérieur**

## **CONCEPTION ET INDUSTRIALISATION EN MICROTECHNIQUES**

### *Objectifs de référence en physique appliquée*

Pour chaque subdivision du programme officiel, le document comporte cinq rubriques :

- Prérequis : Programmes de 1<sup>ère</sup> et Terminale STI Génie Mécanique pour l'ensemble du programme.
- Commentaires.
- Connaissances scientifiques.
- Savoir-faire expérimentaux.
- Savoir-faire théoriques.

#### **Description des différentes rubriques :**

##### **Connaissances scientifiques :**

Il s'agit essentiellement :

- Du vocabulaire scientifique, des symboles et des unités.
- D'ordres de grandeurs relatifs aux grandeurs caractéristiques de chacun des domaines étudiés.
- Des définitions, des lois et des modèles.

##### **Savoir-faire expérimentaux :**

Les savoir-faire expérimentaux sont acquis par les élèves principalement au cours d'activités expérimentales, dans une salle spécialisée, équipée du matériel permettant d'atteindre les objectifs du programme. Ils portent sur :

- La connaissance fonctionnelle du matériel de mesure et d'expérimentation.
- La connaissance et la mise en œuvre raisonnée des procédures d'expérimentation et de mesures.
- Le respect des consignes, en particulier celles qui ont trait à la prévention des personnes et des biens.
- La maîtrise des nouvelles technologies associées à la pratique expérimentale.

##### **Savoir-faire théoriques :**

Les savoir-faire théoriques sont acquis au cours de différentes situations d'apprentissage en séances de cours, de travaux dirigés ou de Travaux Pratiques. Ils portent essentiellement sur :

- L'application des lois et l'utilisation des concepts.
- La connaissance et l'utilisation rationnelle des méthodes de raisonnement, de modèles de référence ou de techniques de calcul.
- L'exploitation et le traitement de données, qu'elles soient expérimentales, technologiques ou documentaires, en utilisant notamment les TICE.

*L'évaluation des capacités expérimentales acquises en cours de formation est réalisée au cours d'épreuves expérimentales courtes dédiées, en première comme en deuxième année ; les notes et les appréciations qui s'y rapportent, figureront au livret scolaire de l'élève en les distinguant dans la mesure du possible des évaluations écrites (2 évaluations expérimentales/an).*

## MODULE 1 : ACQUISITION D'UNE GRANDEUR PHYSIQUE : CAPTEUR

- 1.1 Transducteur, principe, caractérisation.  
Cas des capteurs de température, de déplacement, de vitesse, de force : aspects physiques et technologiques, conditionnement et transmission de l'information représentative.  
Capteur intelligent.
- 1.2 Eléments de métrologie.
  - Le système international d'unités ; définitions des unités de base.
  - Approche statistique de la mesure.

### Connaissances scientifiques :

- Définir le rôle d'un transducteur : identifier la grandeur physique à mesurer et la nature de l'information délivrée par le capteur (analogique ou numérique).
- Expliciter un exemple : transducteur et phénomène physique mis en jeu dans les domaines suivants : température, déplacement, position angulaire, vitesse angulaire ou linéaire, force.
- Citer les principales qualités statiques d'un capteur en complétant par les explications adéquates : sensibilité, linéarité, plage de mesure, résolution.
- Citer les principales qualités dynamiques d'un capteur : bande passante, rapidité, temps de réponse.
- Donner la définition de : grandeur, mesurande, étalon, étalonnage, norme, certification. Proposer des exemples.
- Citer les unités de base et le phénomène physique attaché ainsi que l'ordre de grandeur de la précision obtenue.
- Expliciter le schéma fonctionnel d'un capteur intelligent ; préciser le contexte d'emploi.

### Savoir-faire théoriques :

- Exploiter la caractéristique statique de transfert d'un capteur pour modéliser la relation entre grandeurs d'entrée et de sortie, pour déterminer la plage de variation de chacune des deux grandeurs et la sensibilité du capteur et son unité.
- Exploiter la réponse dynamique d'un capteur (enregistrement, notice...) pour déterminer son temps de réponse, sa bande passante.
- Identifier les composants principaux d'une chaîne de mesure : capteur, conditionneur, transmetteur, système d'acquisition, afficheur ; énoncer leur rôle.
- Evaluer les composantes de l'incertitude ; établir un budget d'incertitudes.

### Savoir-faire expérimentaux :

- Tracer et exploiter des caractéristiques statiques et dynamiques de capteurs.
- Mettre en œuvre un conditionneur, un transmetteur (boucle de courant...).
- Mettre en œuvre une chaîne de mesure associée à un capteur. Evaluer ses caractéristiques.
- Mettre en œuvre un opto-coupleur : isolation galvanique ; transmission d'information.

### Commentaires :

*Ce chapitre doit présenter le transducteur dans son environnement, c'est à dire comme l'un des éléments de la chaîne de mesure, sans l'isoler des autres éléments dont les fonctions pourront être approfondies ultérieurement. Il est plus que vivement déconseillé de dresser un catalogue exhaustif des différents principes et des différents capteurs et de leurs technologies pour les domaines répertoriés. La consultation et l'exploitation de la documentation technique constituent des activités de première importance, notamment celle en ligne. Le domaine de l'optoélectronique doit être abordé même s'il ne fait pas partie explicitement des compétences exigibles. Toutes les définitions seront données en s'appuyant sur un contexte expérimental (manipulations de cours –TP-Cours).*

*Ce chapitre doit aussi donner l'occasion de mettre en relief l'importance de la mesure : choix raisonnés des appareils et des méthodes, expression des résultats de mesure (chiffres significatifs, unités), apport des statistiques, évaluation de l'incertitude. Ce module doit être traité en étroite relation avec le **module 3**.*

## MODULE 2 : GRANDEURS ELECTRIQUES ET CIRCUITS

- 2.1 Propriétés temporelles : Représentations temporelles d'une grandeur électrique. Valeurs moyenne et efficace. Représentation complexe d'une grandeur électrique sinusoïdale. Régimes transitoire et permanent. Régime permanent sinusoïdal.
- 2.2 Propriétés fréquentielles : cas des signaux périodiques ; spectre en amplitude.
- 2.3 Propriétés énergétiques : puissances instantanée et moyenne.

### 2.1 Propriétés temporelles

#### Connaissances scientifiques :

- Définir la valeur moyenne d'une grandeur périodique au moyen d'une intégrale (aire).
- Définir la valeur efficace d'une grandeur périodique ; cas des grandeurs sinusoïdales.
- Définir les termes : régime transitoire, régime permanent en s'appuyant sur des exemples.
- Citer la définition de l'impédance complexe d'un dipôle ; l'exprimer pour les trois dipôles élémentaires (R, L, C).
- Exprimer l'impédance complexe pour une association série et parallèle de dipôles.
- Définir la résonance de tension .
- Donner la définition de la constante de temps d'un circuit RC, RL ; de la pulsation propre du circuit RLC.

#### Savoir-faire théoriques :

- Calculer, dans les cas simples, la valeur moyenne et la valeur efficace d'une grandeur électrique à partir de son chronogramme en utilisant une méthode graphique.
- Passer de la représentation temporelle (chronogramme) d'une grandeur sinusoïdale à son expression temporelle et à sa représentation complexe et réciproquement.
- Passer du schéma électrique réel d'un circuit à son schéma opérationnel en grandeurs complexes.
- Déterminer, dans quelques cas simples, l'impédance complexe équivalente à une association série ou parallèle de dipôles ; exploiter le résultat dans le domaine temporel (retour aux expressions des grandeurs instantanées  $u(t)$ ,  $i(t)$ ).
- Exprimer sous forme canonique l'impédance ( $\underline{U}/\underline{I}$ ) du circuit RLC //. Exprimer le coefficient de qualité Q en fonction de R, L, C.
- Exprimer la fréquence de résonance, l'amplitude à la résonance, la bande passante. (Résonance de tension).
- Citer une application de la résonance de tension.
- Analyser la réponse à un échelon de tension d'un circuit R-C, d'un circuit R-L, d'un circuit R-L-C : Etablir l'équation différentielle suivie par la grandeur variable au cours du temps. Expliciter la constante de temps, l'état de régime permanent. Utiliser un logiciel solveur pour obtenir le graphe de la réponse.
- Reconnaître, pour un circuit du second ordre, le chronogramme relatif à chacun des 3 régimes.

#### Savoir-faire expérimentaux :

- Mesurer des valeurs moyennes, des valeurs efficaces pour des tensions et des intensités périodiques (sinusoïdales, impulsionnelles, redressées...) en utilisant de manière raisonnée les appareils de mesures divers ; évaluer la précision de la mesure.
- Mesurer une fréquence, une différence de phase.
- Mesurer une impédance.
- Tracer une courbe de résonance en tension (circuit R-L-C //) ; mesurer l'amplitude à la résonance, la fréquence centrale, la bande passante.
- Utiliser un système d'acquisition ou un oscilloscope numérique pour visualiser le régime transitoire des circuits R-C, R-L, R-L-C ; mesurer un temps de réponse, un dépassement.

#### Commentaires :

*Dans cette section, l'approche temporelle des grandeurs électriques doit primer, sans toutefois que les grandeurs considérées soient déconnectées de leurs contextes (circuits). Mai il est exclu de reprendre, à cette occasion, les notions fondamentales d'électricité. En conséquence, la maîtrise des appareils de mesure (oscilloscope en particulier) et de toutes leurs*

fonctionnalités (traditionnelles et orientées TIC), leur utilisation raisonnée, l'exploitation des mesures pour analyser les phénomènes temporels et construire des modèles qui seront réinvestis ultérieurement, constituent l'objectif principal de ce module.

L'introduction du calcul complexe ne doit pas être le prétexte à un long cours formel sur les circuits en régime sinusoïdal, le calcul complexe n'étant qu'un détour permettant de revenir sur les lois des circuits vues les années antérieures.

Même si le chapitre est centré sur le domaine électrique, il convient d'ores et déjà, de sensibiliser les élèves sur les représentations des grandeurs utilisées dans d'autres domaines de la Physique, de la mécanique en particulier et sur le transfert des outils vus en électricité. Une ouverture sur le module 7 (en liaison avec le module 1) paraît donc indispensable.

Il est hors de question d'exiger qu'un étudiant exprime la solution des équations différentielles linéaires ni d'ailleurs de les résoudre analytiquement. Ce chapitre, comme beaucoup d'autres, donne de larges possibilités d'application des solveurs.

## 2.2 Propriétés fréquentielles

### Connaissances scientifiques :

- Énoncer la propriété selon laquelle un signal périodique  $s(t)$  alternatif et de fréquence  $f$  peut être considéré comme la somme d'une composante sinusoïdale de fréquence  $f$  [appelée le fondamental ou premier harmonique] et d'autres composantes sinusoïdales dont les fréquences sont des multiples entiers de  $f$  [appelées les harmoniques].
- Citer un dispositif électronique linéaire permettant de modifier le spectre d'une grandeur.
- Donner un exemple de signal à spectre borné ; préciser numériquement ses bornes.

### Savoir-faire théoriques :

- Exploiter un spectre d'amplitude pour déterminer l'amplitude et la fréquence des différentes harmoniques.
- Tracer un spectre d'amplitude, la fréquence et l'amplitude des différentes composantes étant données.

### Savoir-faire expérimentaux :

- Pour des signaux "simples" périodiques, passer, par sommation pondérée des composantes harmoniques, à la représentation temporelle de la grandeur périodique à l'aide d'un logiciel de calcul, spécialisé ou non, ou d'un tableur.
- Utiliser un dispositif d'acquisition pour visualiser et exploiter des spectres de signaux simples. Analyser expérimentalement l'action sur le spectre d'une grandeur sinusoïdale et sur sa représentation temporelle d'un système linéaire, d'un système non linéaire.

### Commentaires :

Ce module a pour objectif de faire percevoir aux élèves, à travers une démarche résolument expérimentale et en limitant autant que faire se peut le formalisme mathématique, la double représentation d'une grandeur dans les deux domaines : celui du temps et celui des fréquences. Et par extension, les « effets » d'un traitement (analogique/numérique) sur l'une et l'autre représentations. On pourra initier expérimentalement les élèves à l'effet d'un traitement non linéaire (multiplieur) sur une grandeur (sinusoïdale) et sur son spectre.

Ni la définition mathématique d'une série de Fourier, ni l'expression littérale des coefficients de Fourier ne sont au programme de Physique Appliquée.

Pour l'expérimentation, on peut utiliser, un analyseur de spectre, une maquette didactique, une carte FFT ou un logiciel spécialisé associé à un système d'acquisition.

Une ouverture complémentaire vers le domaine acoustique, pourra rendre plus attractive et plus concrète cette double approche.

## 2.3 Propriétés énergétiques

### Connaissances scientifiques :

- Définir la puissance instantanée  $p(t)$  reçue par un dipôle en précisant les conventions.
- Définir la puissance moyenne  $\langle p(t) \rangle$ .
- Donner des ordres de grandeurs de puissances selon les domaines d'application.
- En régime sinusoïdal, exprimer la puissance moyenne :  $P = UI \cos\Phi$ , la puissance apparente.
- Donner la définition générale du facteur de puissance.

- Citer un appareil de mesure de puissance.

### Savoir-faire théoriques :

- Calculer dans des cas simples, la valeur moyenne de la puissance à partir du chronogramme de  $p(t)$  ou de ceux de  $u(t)$  et  $i(t)$  en utilisant une méthode graphique, un logiciel de calcul numérique.
- En régime sinusoïdal, déterminer la puissance moyenne reçue par des dipôles élémentaires, par des associations de ces dipôles.

### Savoir-faire expérimentaux :

- Utiliser un multiplieur analogique ou un dispositif d'acquisition pour visualiser la puissance instantanée reçue par un dipôle ou un montage ; mesurer la puissance moyenne reçue :
  - Régime sinusoïdal : dipôles élémentaires.
  - Régime de commutation d'un composant ou d'un système.
- Mesurer une puissance moyenne en régime sinusoïdal (pince wattmétrique) absorbée par des dispositifs réels (moteur, transformateur...) faisant partie d'une chaîne d'action ou de traitement.
- Mesurer la puissance dissipée par un régulateur intégré linéaire en charge ; mesurer le rendement.

### Commentaires :

*On regarde les circuits et les systèmes comme sièges de processus d'échanges énergétiques ; ce ne sont plus prioritairement les phénomènes instantanés qui nous intéressent ici mais on recherche une évaluation de ce qui est échangé globalement pendant une certaine durée, d'où le centrage sur la mesure de valeurs moyennes et le rendement. Il est tout aussi inutile( cf modules précédents) de refaire un cours complet sur la puissance en régime sinusoïdal qui ne saurait être le seul régime donnant lieu à investigation (régime continu avec le RIT, régime de commutation). C'est bien entendu, l'occasion de sensibiliser les élèves à la prise en compte de la dissipation thermique dans les choix technologiques.*

*La puissance réactive n'est pas exigible. Le facteur de puissance sera repris lors de l'étude des convertisseurs.*

*On s'efforcera de travailler avec des dispositifs mettant en jeu des puissances de valeur quantitativement significative et représentatifs du domaine de microtechniques.*

- 3.1 Systèmes linéaires :
  - Fonction amplification de tension, de puissance.
  - Fonctions linéaires de traitement analogique à base d'ADI.
  - Fonction filtrage analogique : filtre passe-bas, passe-haut et sélectif.
- 3.2 Systèmes non linéaires :
  - Fonction "comparaison" à un ou deux seuils.

### 3.1 Systèmes linéaires

#### Connaissances scientifiques :

- Définir la fonction amplification.
- Exploiter la caractéristique de transfert d'un amplificateur de tension pour déterminer le domaine de linéarité, le facteur d'amplification.
- Définir les modèles linéaires de l'entrée et de la sortie d'un amplificateur à l'aide de schémas électriques.
- Donner la définition de l'amplification en tension en régime harmonique, de son module, du gain en dB.
- Donner la définition d'une décade.
- Définir graphiquement la bande passante d'un amplificateur.
- Donner le modèle de l'amplificateur opérationnel idéal.
- Définir l'amplification, le gain en Puissance d'un amplificateur.
- Exprimer la puissance utile (charge  $R_u$ ), la puissance absorbée, le rendement.

#### Savoir-faire théoriques :

- Le modèle de l'amplificateur de tension, le générateur équivalent en amont et la charge en aval étant donnés :
- Déterminer le facteur d'amplification à vide, en charge.
  - Exploiter ces données pour examiner la transmission de la grandeur tension le long de la chaîne d'amplification.
  - Calculer, à partir du modèle, la puissance utile (charge  $R_u$ ), la puissance absorbée, le rendement.
  - Appliquer le modèle de l'ADI idéal pour déterminer la fonction de quelques montages linéaires simples à ADI : amplificateur inverseur et non-inverseur, sommateur, soustracteur, amplificateur d'instrumentation, intégrateur, dérivateur.
  - Reconnaître les fonctions élémentaires dans une chaîne de traitement analogique comportant plusieurs étages.

#### Savoir-faire expérimentaux :

- Tracer la caractéristique de transfert d'un amplificateur de tension.
  - Déterminer l'excursion maximale de la tension d'entrée pour un fonctionnement linéaire.
  - Mesurer une amplification en tension, un gain.
  - Mesurer une impédance d'entrée.
  - Tracer une courbe de réponse en fréquence ; l'exploiter pour en déduire la bande passante en régime de petits signaux.
  - Exploiter la réponse à un échelon de grande amplitude d'un amplificateur pour déterminer le temps de réponse en grands signaux.
- La structure et la maquette étant données :
- Mesurer l'amplification de puissance, le rendement pour un amplificateur de Puissance en charge passive, en charge active (MCC).
  - Valider les fonctions de quelques montages linéaires simples à ADI : amplificateur inverseur et non-inverseur, sommateur, soustracteur, intégrateur, amplificateur d'instrumentation. Mise en cascade de plusieurs étages élémentaires : validation des traitements partiels, global réalisés.

### **Commentaires :**

*On aborde la fonction amplification en appui sur une matérialisation «boîte noire» sans en donner la structure électronique pour établir progressivement un modèle.*

*En fin de chapitre, quand le modèle de l'ADI idéal est acquis, il peut être exploité pour « construire » les fonctions de traitement analogique figurant au programme.*

*En synthèse, on réalisera une fonction de traitement analogique comportant plusieurs étages, afin de faire analyser le cheminement du signal de la source vers le récepteur (qui doivent être des entités physiques bien réelles et non des appareils de laboratoire !) en validant les fonctions prédéterminées et en expliquant les causes des éventuelles différences avec les modèles. Le couplage avec le module suivant est particulièrement indiqué.*

*Amplification de puissance : Le montage support des mesures peut être soit un amplificateur classe B avec contre réaction de la charge vers l'entrée d'un ADI placé en amont (élimination de la distorsion de croisement), soit préférentiellement un amplificateur de puissance intégré. Il est souhaitable de dissiper au moins quelques Watts. On peut, à l'occasion de cette étude, faire quelques modestes digressions sur le transistor, son fonctionnement en régime linéaire ou de commutation.*

### **Connaissances scientifiques :**

- Dessiner le diagramme idéalisé  $|A(f)|$  du module de la fonction de transfert d'un filtre passe-bas, passe-haut sélectif citer son unité.
- Définir la bande passante d'un filtre réel à partir de la courbe de réponse en fréquence.
- Citer le paramètre qui permet de caractériser la qualité d'un filtre sélectif; donner des ordres de grandeurs.
- Donner le schéma structurel d'un filtre passif passe-bas, d'un filtre passif passe-haut.
- Citer une application des filtres passe-bas, passe-haut, sélectif.

### **Savoir-faire théoriques :**

- Etablir l'expression de la fonction de transfert isochrone pour les filtres :
  - Passe-bas et passe-haut du premier ordre.
  - Passe bande du second ordre.
- Mettre sous forme canonique en identifiant les paramètres.
- Pour le filtre passe-bande du second ordre, établir l'expression de la fréquence centrale.
- Représenter les variations du gain du filtre en fonction de la fréquence, en échelles logarithmiques ou linéaires (sélectif) pour les trois types de filtres.
- Exploiter la courbe précédente : positionner les asymptotes et préciser les pentes.
- Représenter le graphe de l'argument de la fonction de transfert, en fonction de la fréquence, en utilisant une échelle logarithmique pour le filtre passe-bas.

### **Savoir-faire expérimentaux :**

- Mesurer un gain, une fréquence de coupure à  $-3$  dB, une bande passante, une différence de phase.
- Relever la réponse en fréquence d'un filtre.
- Visualiser la représentation temporelle et le spectre de la tension de sortie d'un filtre donné auquel on applique une sollicitation donnée (sinusoïdal sans et avec composante continue ; carrée...); interpréter.
- Mettre en œuvre une application de chaque type de filtres. Exploiter quantitativement. Visualiser les spectres en amplitude des signaux d'entrée et de sortie du filtre ; interpréter.

### **Commentaires :**

*Cette partie prolonge le module 2 ; elle permet de donner sens aux deux représentations d'une grandeur en montrant l'interaction signal-système.*

*Les diagrammes asymptotiques de Bode ne sont pas au programme. Pour le filtre du second ordre, il n'est pas nécessaire de se limiter au seul circuit RLC // ; le filtre de Wien ou des filtres actifs peuvent convenir.*

*Dans les applications, on pourra mettre en œuvre des filtres d'ordre supérieur, d'autres technologies (à capacités commutées).*

*Bien qu'aucune connaissance ne soit exigée, ce chapitre fournit l'opportunité d'évoquer le bruit électronique et son traitement.*

*Dans cette partie, l'usage de l'outil informatique (acquisition, modélisation) est vivement conseillé.*

## 3.2 Systèmes non linéaires

### Connaissances scientifiques :

- Citer les régimes de fonctionnement d'un Amplificateur Différentiel Intégré.
- Définir la fonction comparaison.
- Donner la structure d'un comparateur à un seuil à ADI et la caractéristique de transfert.
- Représenter la caractéristique de transfert d'un comparateur à hystérésis.

### Savoir-faire théoriques :

- Identifier les seuils de basculement et le sens de parcours de la caractéristique de transfert.
- Représenter la tension de sortie d'un comparateur à un ou deux seuils, connaissant la caractéristique de transfert et la tension de commande.

### Savoir-faire expérimentaux :

- Mettre en œuvre un comparateur réalisé avec une porte logique, le schéma du montage étant donné : visualiser la caractéristique de transfert et mesurer les seuils.
- Comparer les réalisations à ADI et Circuits logiques (aspects dynamiques selon la technologie).
- Mettre en œuvre une application comportant un comparateur à deux seuils associé à des fonctions linéaires précédemment rencontrées.

### Commentaires :

*Pour ce qui est des comparateurs à hystérésis, il n'est pas demandé de procéder à la détermination des seuils de basculement par le calcul, la structure étant donnée. Une approche fonctionnelle permet aux élèves de prendre conscience qu'une même fonction peut être réalisée à base de circuits intégrés analogiques ou logiques. On profite de l'occasion pour comparer les limites en fréquence des deux technologies, ce qui pourra être repris lors de l'étude des « horloges ».*

## MODULE 4 : DISCRETISATION ET TRAITEMENT NUMERIQUE DES GRANDEURS ANALOGIQUES.

- 4.1 Fonction Echantillonnage : représentations temporelles des grandeurs mises en jeu ; aspects fréquentiels. Blocage.
- 4.2 Fonction Génération de signaux impulsionnels : réalisation et applications.
- 4.3 Fonction Conversion Analogique-Numérique : principe(s) ; réalisation ; caractéristiques instrumentales.
- 4.4 Fonction Conversion Numérique-Analogique : réalisation ; caractéristiques instrumentales.
- 4.5 Chaîne de mesure et de commande : organisation.

### Connaissances scientifiques :

- Définir les termes : prise d'échantillon, maintien (ou blocage), période d'échantillonnage.
- Justifier la nécessité du blocage de l'information. Représenter un schéma de réalisation simplifié de la fonction « maintien ».
- Donner la définition d'une période, du rapport cyclique.
- Donner la signification de : élément binaire ou bit, mot binaire ou byte.
- Passer d'une grandeur donnée sous forme binaire (mot) à sa représentation analogique et réciproquement.
- Définir un convertisseur analogique-numérique (C.A.N) par la relation entre sa grandeur de sortie et sa grandeur d'entrée.
- Citer un exemple de C.A.N en donnant le principe et le schéma fonctionnel.
- Définir un convertisseur numérique-analogique (C.N.A) par la relation entre sa grandeur de sortie et sa grandeur d'entrée.
- Citer un exemple de C.N.A en donnant le schéma de principe (résistances pondérées ou réseau R-2R).
- Définir les termes : résolution, quantum, non-linéarité, temps de conversion.
- Représenter l'architecture simplifiée d'une carte d'entrées-sorties en nommant les fonctions.

### Savoir-faire théoriques :

- Représenter en concordance de temps la grandeur continue et la grandeur discrétisée.
- Choisir une période d'échantillonnage, le spectre de la grandeur à échantillonner étant connu.
- Le schéma et les chronogrammes des signaux d'un astable à circuit(s) logique(s) étant donnés, analyser qualitativement le fonctionnement.
- Calculer numériquement la période, la fréquence, le rapport cyclique d'un générateur d'impulsions, les formules étant données. Indiquer les limites d'utilisation compte tenu de la technologie employée.
- Exploiter la caractéristique sortie/entrée d'un C.N.A pour déterminer le quantum.
- Exploiter la caractéristique sortie/entrée d'un C.A.N pour déterminer la résolution.
- Calculer la tension de sortie d'un C.N.A, le nombre à convertir et le quantum étant donnés.

### Savoir-faire expérimentaux :

- Mettre en œuvre un astable, un timer : câbler le montage d'après un schéma ; mesurer la période, le rapport cyclique ; déterminer les limites technologiques d'utilisation.
- Tracer la caractéristique de transfert d'un CNA, d'un CAN ; déterminer le quantum, la résolution ; mesurer le temps de conversion.
- Interpréter la notice technique d'un CAN, d'un CNA.
- Réaliser une acquisition de mesures et un traitement numérique spécifié. Configurer et régler le système d'acquisition pour que le temps de traitement soit compatible avec la constante de temps du phénomène étudié.
- Etudier une chaîne modulaire de mesure de voltmètre numérique.

## **Commentaires :**

*Le professeur de Physique Appliquée ne manquera pas de coordonner sa progression avec celle de ses collègues de l'enseignement technologique ; une connaissance minimale des fonctions, circuits et signaux logiques et de la représentation numérique d'une grandeur constitue un pré-requis pour cette partie.*

*L'objectif principal du module est de montrer la possibilité de passer d'une représentation à une autre, celle-ci permettant un traitement non pas matériel mais logiciel de la grandeur considérée. C'est une approche fonctionnelle qui doit donc être à nouveau privilégiée ; une étude exhaustive des montages de CAN (reposant sur une diversité de principes) est totalement exclue. Par contre, il est impératif de mettre en relief quelques caractéristiques technologiques des fonctions et circuits et leur importance pour l'utilisation (explicitation des critères de choix !) qu'on en fera.*

*Le théorème de Shannon n'est pas au programme. On pourra montrer expérimentalement l'existence d'une limite basse de la fréquence d'échantillonnage.*

*Il ne s'agit pas de donner aux élèves une bibliothèque exhaustive de schémas de générateurs d'impulsions mais de montrer que l'association d'un circuit RC avec un comparateur à hystérésis permet de réaliser facilement une horloge. Il est recommandé d'étudier la structure constituée par un quartz et un circuit logique en vue des applications à microprocesseurs.*

- 5.1 Distribution électrique et sécurité :
  - Notions générales sur le transport et la distribution électrique ; rôle d'un transformateur.
  - Sécurité : danger d'électrocution ; limites des domaines de tension ; régime de liaison à la terre.
- 5.2 Conversion électromécanique d'énergie :
  - Moteur à courant continu-réversibilité.
  - Moteurs alternatifs.
  - Moteur pas à pas.
- 5.3 Conversion statique d'énergie :
  - Convertisseur alternatif-continu : redresseur.
  - Convertisseur continu-continu : hacheur série.
  - Convertisseur continu-alternatif : onduleur.

### 5.1 Distribution électrique et sécurité

#### Connaissances scientifiques :

- Définir les termes : phase, neutre, terre.
- Enonce avec précision, la définition d'un transformateur statique.
- Donner le sens de : isolation galvanique.
- Enoncer qu'un autotransformateur n'assure pas l'isolation galvanique.
- Donner le modèle du transformateur parfait
- Citer les applications du transformateur : isolation galvanique, abaissement et élévation de tension.
- Citer les caractéristiques du régime de liaison à la terre de type T.T en précisant le rôle du conducteur de terre.
- Citer le rôle du disjoncteur différentiel.
- Énoncer que le danger d'électrocution pour un individu est lié à la valeur, la nature et la durée de l'intensité du courant électrique qui le traverse.
- Citer les limites des différents domaines de tensions T.B.T, B.T et H.T en continu et en alternatif.

#### Savoir-faire théoriques :

- Utiliser le vocabulaire de base relatif à la distribution électrique.
- Donner la signification des caractéristiques nominales d'un transformateur monophasé.
- Repérer, sur des schémas, des situations présentant un caractère de dangerosité.
- Repérer, sur des schémas, des situations relevant de contacts directs, de contacts indirects avec la B.T.
- Distinguer, sur un exemple donné, les notions de masse électrique et de terre électrique.

#### Savoir-faire expérimentaux :

- Interpréter la plaque signalétique d'un appareil de mesure, d'un transformateur.
- Conduire les essais à vide et en court-circuit d'un transformateur. Les exploiter pour déterminer le rapport de transformation, les pertes fer nominales, les pertes cuivre nominales.
- Conduire un essai en charge nominale ; mesurer le rendement, la chute de tension.

#### Commentaires :

*Le programme de Physique Appliquée doit contribuer à la formation à la prévention des risques électriques. Il est de première importance faire appliquer aux élèves les bonnes procédures ; à ce titre, ils doivent connaître et mettre en œuvre les principales mesures de sécurité concernant les installations électriques, concernant le matériel électrique, concernant les interventions. C'est l'occasion de leur faire comprendre les fondements scientifiques sur lesquels repose la législation du travail. Le transformateur monophasé trouve logiquement sa place dans cette section. On s'en tiendra au modèle équivalent parfait. On pourra signaler l'existence de transformateurs triphasés, du transformateur de mesure.*

## 5.2 Conversion électromécanique d'énergie.

### Connaissances scientifiques :

- Citer les principes fondamentaux (lois de Faraday, loi de Laplace) mis en œuvre dans les convertisseurs électromécaniques
- Énoncer la propriété de réversibilité de fonctionnement d'une machine électrique tournante.
- Citer les organes principaux d'une machine électrique tournante : rotor /stator ; inducteur/induit.
- Citer trois types de moteurs : moteurs à courant continu, moteurs à courants alternatifs (synchrone et asynchrone), moteurs pas à pas.
- Citer l'intérêt de la plaque signalétique d'une machine.
- Citer des grandeurs de commande ( $U$ ,  $I$  et  $f$ ) agissant sur les paramètres mécaniques ( $T$  et  $\Omega$ ) d'un convertisseur électromécanique.
- Donner la définition de la puissance absorbée et de la puissance utile pour une machine électrique.
- Donner la définition d'un bilan global des puissances pour un convertisseur électromécanique.
- Citer la formule de la puissance mécanique mise en jeu pour une machine.
- Citer quelques ordres de grandeur pour la puissance électrique mise en jeu dans des machines électriques suivant les domaines d'application.

#### Moteur pas à pas :

- Représenter le schéma de principe simplifié d'un moteur pas à pas à aimant permanent 4 phases. Distinguer les deux cas : unipolaire ou bipolaire.
- Définir : pas, demi-pas ; rotation horaire, rotation anti-horaire.
- Définir : couple de maintien, couple de démarrage, fréquence de démarrage.
- Citer d'autres types : moteur à réluctance variable, moteur hybride.

#### Moteur sans balai :

- Citer les deux types : Moteur sans balai type continu, et type synchrone et le principe.

### Savoir-faire théoriques :

- Exploiter la caractéristique mécanique d'un moteur électrique et celle de sa charge mécanique :
  - pour déterminer les conditions à réunir pour démarrer un groupe machine-charge,
  - pour déterminer graphiquement le point de fonctionnement en régime permanent du groupe machine-charge.

#### Moteur pas à pas :

- décrire la séquence d'alimentation des phases pour une rotation horaire, pour une rotation anti-horaire (moteur à aimant permanent).
- commenter la caractéristique Couple  $\leftrightarrow$  Fréquence.

### Savoir-faire expérimentaux :

- Mettre en œuvre un moteur à courant continu en fonctionnement sous tension d'induit constante à excitation constante.
  - Effectuer un démarrage en charge.
  - Mesurer le couple nominal en charge, la fréquence de rotation, le rendement.
  - Tracer la caractéristique mécanique.
  - Visualiser le régime de démarrage ; mesurer le temps de montée. Proposer un modèle.
- Mettre en œuvre un moteur asynchrone triphasé :
  - Couplage sur le réseau.
  - A vide : mesurer la fréquence de rotation ; le facteur de puissance.
  - En charge nominale : mesurer la fréquence de rotation, le glissement ; le facteur de puissance ; interpréter.
  - Tracer la caractéristique  $T_u : f(n)$  dans la zone utile

- Mettre en œuvre un moteur pas à pas avec sa commande.
  - Démarrage, accélération, pas, couple de maintien.

### Commentaires :

*Les machines électriques sont uniquement regardées comme des convertisseurs d'énergie : l'étude de leur structure interne ne figure pas au programme de physique appliquée. Les essais viseront à développer une connaissance fonctionnelle du convertisseur permettant de bien situer son rôle dans une chaîne constituée par le convertisseur statique connecté à une source d'énergie en amont et par la charge mécanique en aval.*

*Il n'est pas question de faire un cours d'électromagnétisme préalable mais simplement, à l'aide de quelques manipulations élémentaires de cours bien exploitées, de rafraîchir les connaissances des élèves sur les concepts généraux et le vocabulaire spécifique utilisés dans les machines tournantes : f.e.m induite, loi Laplace, couple électromagnétique. Puis un exemple bien choisi de chaîne permettra d'introduire expérimentalement les connaissances et les savoir-faire théoriques du programme.*

## 5.3 Conversion statique d'énergie

### Connaissances scientifiques :

- Donner la définition d'un convertisseur alternatif-continu, d'un convertisseur continu-continu, d'un convertisseur continu-alternatif en précisant les grandeurs d'entrée et de sortie et les réglages possibles.
- Citer des exemples de convertisseurs statiques : redresseurs, hacheurs, alimentations à découpage, onduleur en caractérisant la conversion.
- Citer une application de la conversion continu-alternatif, de la conversion continu-continu dans le domaine industriel ou grand public.
- Définir le modèle équivalent électrique d'un interrupteur idéal.
- Citer des composants électroniques permettant de réaliser un interrupteur non commandé ou commandé avec le mode de commande.
- Enoncer qu'un convertisseur statique engendre de la pollution électromagnétique en créant des harmoniques dans son environnement (sur le réseau, sur les lignes de transmission et dans l'air).

### Savoir-faire théoriques :

- Analyser le fonctionnement d'un convertisseur statique, la structure étant donnée, à partir de l'observation d'une série d'oscillogrammes correspondant à une séquence, c'est à dire :
  - indiquer l'état de conduction de chaque interrupteur pour cette séquence,
  - établir les schémas équivalents correspondant à cette séquence,
  - écrire les relations entre les grandeurs électriques pour cette séquence,
  - indiquer les diverses phases d'échanges d'énergie entre la source et la charge : phase d'alimentation, phase de roue libre, phase de récupération.
- Calculer la puissance moyenne échangée entre la charge et la source en utilisant une méthode graphique.
- Représenter graphiquement la tension théorique aux bornes de la charge, la commande étant donnée.
- Calculer la valeur moyenne et la valeur efficace d'une tension ou d'un courant dont la forme d'onde est donnée en utilisant une méthode graphique.
- Calculer la valeur moyenne de la tension aux bornes d'un redresseur en conduction ininterrompue, la formule étant donnée.
- Définir du point de vue énergétique : une phase d'alimentation, une phase de roue libre, une phase de récupération.

### Savoir-faire expérimentaux :

- Mettre en oeuvre un hacheur série à transistor de puissance en conduction ininterrompue, alimentant une charge inductive (ex : Moteur à CC à excitation indépendante de faible puissance) :
  - Mesurer un rapport cyclique, une valeur moyenne d'intensité, une ondulation de courant.
  - Relever les oscillogrammes des différentes grandeurs en régime permanent en utilisant des sondes différentielles et des sondes de courant ; interpréter le fonctionnement.
  - Tracer la caractéristique de commande de vitesse  $\Omega(\alpha)$ .
- Mettre en oeuvre un pont mixte monophasé à thyristors en conduction ininterrompue, alimentant une charge inductive (Moteur à CC à excitation indépendante de faible puissance).

- Mesurer des valeurs moyennes, des valeurs efficaces de tensions, d'intensités.
  - Relever et interpréter des oscillogrammes. Mesurer des durées à l'oscilloscope.
  - Mesurer une puissance ; déduire le facteur de puissance.
  - Régler un point de fonctionnement en vitesse du moteur.
- Mettre en oeuvre un onduleur de tension monophasé à 4 interrupteurs alimentant une charge inductive (moteur monophasé de faible puissance).
- Mesurer une période, une fréquence.
  - Mesurer la valeur moyenne et la valeur efficace de la tension, la valeur crête et la valeur efficace de l'intensité dans la charge.
  - Relever et interpréter des oscillogrammes (état des interrupteurs et phases de fonctionnement).

**Commentaires :**

*On limite l'étude des convertisseurs statiques aux trois exemples suivants : un convertisseur continu-continu (hacheur série), un convertisseur alternatif-continu (pont mixte monophasé), et un convertisseur continu-alternatif (onduleur 4 interrupteurs). Il ne serait pas judicieux de faire précéder les séances de TP COURS consacrées à chaque convertisseur par un corpus exhaustif de connaissances générales sur les 3 types de conversions. Par contre, il serait souhaitable d'exploiter les enregistrements réalisés en séances expérimentales pour analyser le fonctionnement au cours des différentes phases selon une démarche bien structurée, permettant de valider les modèles théoriques utilisés. En TD, on pourra étudier d'autres structures en veillant à ne pas embrouiller les élèves (pont 4 thyristors, hacheur //, alimentation à découpage, onduleur à commande décalée...).*

## MODULE 6 : MODELISATION, COMMANDE ET CONTROLE DE SYSTEMES LINEAIRES.

- 6.1 Identification d'un système analogique : réponse indicielle ; cas des systèmes des premier et second ordres ; retard pur ; caractérisation.
- 6.2 Systèmes asservis analogiques : représentation fonctionnelle ; stabilité ; précision ; correction.
- 6.3 Asservissements échantillonnés : structure d'une chaîne de contrôle commande numérique ; algorithme de contrôle.

### Connaissances scientifiques :

- Citer un exemple de système linéaire du premier ordre et donner sa structure.
- Donner l'allure de la réponse indicielle d'un système du premier ordre ; préciser le régime établi.
- Exprimer l'ordre de grandeur du temps de réponse à 5 % à un échelon pour un système du premier ordre.
- Donner l'allure de la réponse indicielle d'un système du second ordre et le nom des régimes correspondants.
- Donner le schéma fonctionnel d'un système commandé analogique en chaîne fermée et citer le vocabulaire attaché : chaîne directe, chaîne de retour, consigne, mesure, erreur, procédé, régulateur, perturbation.
- Définir les fonctions de transferts isochrones : FTBO ; FTBF.
- Définir l'action proportionnelle, l'action intégrale, l'action dérivée.
- Donner le schéma d'un correcteur PID (structure parallèle).
- Estimer l'action d'un correcteur proportionnel, d'un correcteur P-I-D sur la stabilité et la précision d'un système en chaîne fermée.
- Donner la structure d'un système bouclé numérique.

### Savoir-faire théoriques :

- Ecrire les équations différentielles correspondant aux systèmes linéaires canoniques du premier et second ordre ; définir le vocabulaire correspondant. ( $\tau$ ,  $m$ ,  $\omega_0$ ).
- Passer de l'équation différentielle à la FT isochrone et réciproquement.
- Utiliser un solveur ou un simulateur pour obtenir la réponse indicielle ; exploiter pour apprécier le temps de réponse, le dépassement dans différents régimes.
- A partir de la réponse indicielle d'un système sans intégration présentant un temps mort, déterminer les paramètres du modèle de Broida ( $T$  et  $\tau$ ) équivalent.
- Etablir le schéma fonctionnel d'un asservissement de vitesse et de position d'un MCC (les F.T. des différents blocs étant connues. Choisir la valeur de  $P$ ). Déterminer le temps de réponse en chaîne fermée.
- Calculer une FTBO, une FTBF, les FT des chaînes directes et de retour étant connues.
- Utiliser un tableur, un logiciel de calcul numérique pour déterminer la réponse indicielle correspondant à un système représenté par son équation aux différences (cas simple). Exploiter qualitativement.
- Exprimer les équations aux différences correspondant à une opération de dérivation, d'intégration.

### Savoir-faire expérimentaux :

- Utiliser un dispositif d'acquisition ou un oscilloscope numérique pour visualiser la réponse indicielle d'un système du premier ordre (système mécanique ; système thermique). Modéliser.
- Mettre en œuvre un asservissement de vitesse, un asservissement de position d'un Moteur à CC ; effectuer un réglage raisonné des correcteurs.
- Utiliser un logiciel de simulation pour vérifier l'influence des trois paramètres d'un correcteur PID sur la stabilité et la précision d'un système : cas d'un procédé du premier ordre sans et avec retard, d'un système du premier ordre avec intégration.
- Mettre en œuvre une carte d'entrée sortie pour réaliser un système de contrôle commande numérique (exemple : asservissement de vitesse) ; expliciter l'algorithme (équation de récurrence) de contrôle.

## Commentaires :

*Ce chapitre poursuit deux objectifs :*

- *Le premier visant à sensibiliser les élèves à la modélisation de systèmes «complexes» : celle-ci passe par des essais permettant de les identifier à des systèmes linéaires de référence, simples, qui doivent être bien connus, ces modèles de comportement étant pertinents pour prévoir le fonctionnement dans de nombreuses circonstances.*
- *Le second qui consiste à leur donner des éléments de connaissances sur les systèmes bouclés, en particulier sur leur structure et sur les notions de précision et de stabilité, ainsi que sur les deux domaines possibles (continu/discret).*

*On s'appuiera principalement sur la régulation de vitesse et de position d'un MMC. Si le temps le permet, une régulation de température ou de toute autre grandeur physique ne pourra que convaincre les élèves de l'intérêt de mettre en place des boucles de régulation. Cela donnera en outre une occasion d'évoquer la régulation Tout Ou Rien.*

*Il est évident que les notions de stabilité et de précision ne doivent pas être traitées avec les méthodes algébriques et géométriques utilisées dans des cours d'Automatique : la simulation doit être l'outil privilégié permettant de faire comprendre qualitativement puis quantitativement les réglages du régulateur. A ce sujet, on insistera peu sur la correction différentielle.*

## MODULE 7 : LE SOLIDE EN MOUVEMENT

- 7.1 Les systèmes mécaniques en mouvements.
  - Système mécanique ; forces, couple, moments ; centre et moment d'inertie d'un système ; Référentiels ; vitesse et accélération.
  - La seconde loi de Newton.
  - Rotation d'un solide autour d'un axe fixe : le théorème du moment cinétique projeté sur l'axe de rotation
  - Etude de quelques mouvements "simples" : application de la seconde loi de Newton et du théorème du moment cinétique ; modélisation.
- 7.2 Systèmes mécaniques oscillants :
  - Pendule simple ; pendule pesant ; système élastique ; pendule de torsion.
- 7.3 La résonance en mécanique :
  - Oscillations forcées ; résonance.
  - Analogies électromécaniques.
  - Couplage électromécanique.
- 7.4 Aspects énergétiques.
  - Travail d'une force.
  - Energie cinétique, potentielle (pesanteur, élastique), mécanique.

### 7.1. Les systèmes mécaniques en mouvement.

#### Connaissances scientifiques :

- Énoncer la seconde loi de Newton.
- Énoncer le théorème du moment cinétique pour un mouvement de rotation d'un solide autour d'un axe fixe.
- Citer la définition de : mouvement uniforme, mouvement uniformément varié.

#### Savoir-faire théoriques :

- Choisir un système. Choisir les repères d'espace et de temps.
- Faire l'inventaire des forces extérieures appliquées à ce système.
- Exploiter la deuxième loi de Newton.
- Exploiter le théorème du moment cinétique pour un mouvement de rotation d'un solide autour d'un axe fixe.
- Appliquer la deuxième loi de Newton, le théorème du moment cinétique pour un mouvement de rotation d'un solide autour d'un axe fixe.
- Établir l'équation de la trajectoire à partir des équations horaires paramétriques.
- Donner le principe d'une méthode numérique pour la résolution approchée d'une équation différentielle.
- Connaître l'importance des conditions initiales.
- Valider un modèle en confrontant les résultats théoriques et les observations.

#### Savoir-faire expérimentaux :

- Enregistrer expérimentalement différents mouvements puis exploiter le document obtenu.
- Utiliser un tableur et un solveur pour résoudre une équation différentielle.

#### Commentaires :

*L'objectif consiste principalement à faire acquérir aux élèves une démarche structurée d'autre part, pour analyser, calculer et prévoir le mouvement d'un système mécanique, une fois données les forces et les conditions initiales. On s'en tiendra à l'essentiel, les connaissances ayant été acquises dans le cadre de l'enseignement de technologie avec lequel une coordination est absolument nécessaire. On ne manquera pas de se référer à des mouvements réels pour donner du sens aux notions. Le recours à des enregistrements numérisés de mouvements, à la simulation évitera un développement formel et trop abstrait qui ne trouverait pas de signification concrète aux yeux des élèves. Les élèves devront être capables d'interpréter des graphes de trajectoires, de vitesses, d'accélération pour construire des modèles simples du mouvement.*

Propositions de mouvements :

Mouvements de chute libre ou avec frottements. Mouvements de projectiles. Mouvements de solides en rotation autour d'un axe.

## 7.2. Systèmes mécaniques oscillants.

### Connaissances scientifiques :

- Définir un pendule simple.
- Décrire un pendule élastique.
- Définir l'abscisse angulaire, l'amplitude, la période, la pseudo-période.
- Décrire un système peut atteindre un régime apériodique.
- Décrire comment évolue la pseudo-période en fonction de l'amortissement.
- Citer les caractéristiques de la force de rappel exercé par un ressort.
- Donner l'expression du couple de torsion.

### Savoir-faire théoriques :

- Établir l'équation différentielle suivie par l'abscisse angulaire au cours du temps, dans le cas du pendule simple.
- Établir l'équation différentielle suivie par l'élongation au cours du temps, dans le cas du pendule élastique.
- Établir l'équation différentielle suivie par l'abscisse angulaire au cours du temps, dans le cas du pendule pesant avec ou sans frottement fluide.
- Vérifier la validité de la solution de l'équation différentielle satisfaisant aux conditions initiales.
- Justifier la forme de l'expression de la période propre par analyse dimensionnelle.

### Savoir-faire expérimentaux :

- Mettre en oeuvre un protocole expérimental permettant :
  - d'enregistrer le mouvement d'un système oscillant plus ou moins amorti.
  - de modéliser les forces de frottement d'après l'enregistrement.
  - de vérifier l'expression de la période propre dans le cas du pendule simple.
- Montrer l'influence de la masse et de la rigidité du ressort sur le mouvement d'un pendule élastique.

## 7.3 La résonance en mécanique.

### Connaissances :

- Enoncer que la résonance mécanique se produit lorsque la période de l'excitateur est voisine de la période propre du résonateur.
- Enoncer que l'augmentation de l'amortissement provoque une diminution de l'amplitude.
- Citer des exemples de résonance mécanique.

### Savoir-faire théoriques :

- Les deux équations différentielles (système mécanique, système électrique) étant données, établir les correspondances entre les grandeurs de chacun des deux domaines.
- Passer du circuit électrique au système mécanique et réciproquement dans un cas simple.
- Etablir, dans un cas simple, l'équation différentielle qui régit la grandeur mécanique (électrique), les deux équations différentielles (du premier ordre) couplées étant données ; donner l'allure de la réponse en régime permanent.
- En utilisant l'analogie électrique, donner l'allure de la courbe de résonance de vitesse, la fréquence de résonance.

### Savoir-faire expérimentaux :

- Mettre en œuvre un système mécanique oscillant : enregistre le régime libre. Réaliser des oscillations sinusoïdales forcées ; caractériser la résonance de la vitesse.

### Commentaires :

*Il est évident que cette partie devra être traitée en jouant largement de l'analogie avec ce qui été étudié en électricité. On pourra être amené à utiliser des relations temporelles de l'électromagnétisme (fem induite, courant induit, force de Laplace, force électrique...); il n'est pas utile de tout reprendre à zéro ; une manipulation de cours remplacera utilement un grand discours. On doit faire saisir l'importance du couplage électromécanique dans les systèmes complexes que constituent les appareillages microtechniques.*

### **7.4 Aspects énergétiques .**

#### Connaissances :

- Donner l'expression du travail élémentaire d'une force, d'un couple de forces. Citer les unités.
- Citer les expressions :
  - de l'énergie cinétique de translation,
  - de l'énergie potentielle de pesanteur,
  - de l'énergie potentielle élastique de translation, l'énergie potentielle élastique de torsion.

#### Savoir-faire théoriques :

- Calculer le travail d'une force, d'un couple de forces.
- Établir l'expression du travail d'une force extérieure appliquée à l'extrémité d'un ressort.
- Établir l'expression de l'énergie potentielle élastique d'un ressort.
- Établir l'expression de l'énergie mécanique d'un système solide-ressort et d'un projectile dans un champ de pesanteur uniforme.
- Exploiter la relation traduisant, lorsqu'elle est justifiée, la conservation de l'énergie mécanique d'un système.
- Calculer la variation de l'énergie cinétique d'un système à partir de la variation d'énergie potentielle et réciproquement.
- Retrouver les équations différentielles associées au pendules simple et élastique sans frottements en appliquant la conservation de l'énergie mécanique.
- 

#### Savoir-faire expérimentaux :

- Exploiter un document expérimental pour calculer des énergies.

## MODULE 8 : OPTIQUE

### 8.1 Images données par un système optique :

- Propagation de la lumière : modèle du rayon lumineux ; point objet ; lois de la réflexion et de la réfraction pour un dioptre plan.
- Image donnée par un miroir plan.
- Image donnée par une lentille mince convergente : centre optique ; foyers ; point image conjugué d'un point objet ; distance focale ; vergence.

### 8.2 Sources et récepteurs de lumière

- Grandeurs et unités photométriques : puissance énergétique, intensité, luminance, éclairement.
- Emetteurs et Récepteurs de lumière : diode électroluminescente ; photodiode ; capteur optoélectronique.
- Une source de lumière cohérente : le laser. Monochromaticité, puissance, directivité. Diode laser.

### 8.3 Modèle ondulatoire de la lumière.

- Présentation expérimentale du phénomène de diffraction et des interférences en lumière monochromatique. Applications industrielles.
- Le spectre des ondes électromagnétiques.

#### Connaissances scientifiques :

- Citer les lois de Descartes pour la réflexion et la réfraction .
- Schématiser une lentille mince convergente et indiquer la position de ses foyers et du centre optique.
- Laser :
  - Caractériser la directivité d'un faisceau laser ; d'un faisceau d'une diode laser.
  - Définir la monochromaticité.
  - Donner des ordres de grandeurs des puissances (et types de laser) selon l'utilisation
- Donner une description et explication simple du phénomène d'interférences localisées ; citer une application en mesures dimensionnelles.
- Citer les définitions des grandeurs énergétiques et leurs unités.
- Citer les domaines des longueurs d'onde et des fréquences des ondes électromagnétiques.

#### Savoir-faire théoriques :

- Déterminer graphiquement la position et la grandeur de l'image d'un objet droit dans le cas d'un miroir plan.
- Déterminer graphiquement la position et la grandeur de l'image d'un objet droit donnée par une lentille convergente. Déterminer le grandissement.

#### Savoir-faire expérimentaux :

- Mesurer la distance focale d'une lentille convergente par une méthode simple. Réaliser l'image d'un objet donnée par une lentille mince convergente ; mesurer sa position et le grandissement.
- Mettre en oeuvre des transducteurs opto- électroniques.
- Observer et interpréter des figures de diffraction et d'interférences.

## MODULE 9 : CHIMIE DES MATERIAUX

Description microscopique et propriétés macroscopiques de la matière.

On s'intéresse plus spécialement aux :

- métaux et les alliages métalliques (fontes, aciers) ; alliages à mémoire de forme.
- polymères et les élastomères.
- céramiques et les verres.
- matériaux composites.

On s'attachera en particulier à expliciter les procédés de fabrication et les applications industrielles dans le domaine des microtechniques.

### **Commentaires :**

*On s'attachera à développer une connaissance de la structure microscopique de la matière en orientant vers les matériaux utilisés dans le domaine des microtechniques. On recherchera une bonne articulation entre le microscopique et les propriétés physico-chimiques. Il est indiqué de donner des éléments de culture sur le «cycle de vie» d'un matériau en mettant l'accent sur les différentes transformations opérées et les processus industriels mis en œuvre à ces occasions. La consultation de ressources documentaires (vidéo, CD ROM, Internet) est particulièrement conseillée.*

## PROPOSITIONS POUR UNE REPARTITION INDICATIVE DU VOLUME HORAIRE

	<b>Cours</b>	<b>Travaux Pratiques</b>
Première année	33 X 1 = 33 h	33 X 2 = 66 h
Deuxième année	33 X 1 = 33 h	33 X 2 = 66 h

<b>MODULE-Intitulé</b>	<b>COURS-TD</b>	<b>TP COURS</b>	<b>TP</b>
<b>MODULE 1 :</b> ACQUISITION D'UNE GRANDEUR PHYSIQUE : CAPTEUR	6H	8 H	6 H
<b>MODULE 2 :</b> GRANDEURS ELECTRIQUES et CIRCUITS	10H	12 H	6 H
<b>MODULE 3 :</b> TRAITEMENT ANALOGIQUE DES GRANDEURS ELECTRIQUES	10H	12 H	10 H
<b>MODULE 4 :</b> DISCRETISATION ET TRAITEMENT NUMERIQUE DES GRANDEURS ANALOGIQUES	6 H	8 H	8 H
<b>MODULE 5 :</b> ENERGIE ELECTRIQUE : DISTRIBUTION ET CONVERSION	8 H	10 H	8 H
<b>MODULE 6 :</b> MODELISATION, COMMANDE ET CONTROLE DE SYSTEMES LINEAIRES.	6 H	8H	6 H
<b>MODULE 7 :</b> LE SOLIDE EN MOUVEMENT	8H	10H	6H
<b>MODULE 8 :</b> OPTIQUE	5H	4H	4H
<b>MODULE 9 :</b> CHIMIE DES MATERIAUX	7H		
<b>TOTAL</b>	66H	72 H	54 H