

# Sciences et technologie industrielles

## Spécialité : Génie Mécanique

### Classe de terminale

### Programme d'enseignement des matières spécifiques

### Sciences physiques et physique appliquée



CE TEXTE REPREND LE PROGRAMME PUBLIE EN ANNEXE DE  
L'ARRETE DU 10 JUILLET 1992 ET Y INTEGRE LES MODIFICATIONS  
PUBLIEES DANS UN PROCHAIN B.O.

L'enseignement des sciences physiques (physique et chimie) constitue un tout indissociable qui est dispensé de manière résolument expérimentale sous forme :

- de cours, illustrés d'expériences réalisées par le professeur devant ses élèves ;
- de séances de travaux pratiques mises à profit pour initier chaque élève, individuellement, à la méthode expérimentale.

Pour des raisons d'efficacité pédagogique, dans leur grande majorité, les thèmes du programme devront être abordés par le biais d'un travail expérimental : c'est par une approche concrète et accessible aux élèves que le professeur pourra ensuite introduire les concepts, en évitant toute mathématisation excessive.

Les travaux pratiques sont organisés sous forme d'une séance de deux heures par quinzaine. Il serait bon d'organiser les deux séances de quinzaine dans la même semaine afin d'harmoniser la progression dans les deux groupes de la classe : l'alternance peut se faire facilement avec une autre discipline disposant aussi d'un horaire de quinzaine.

Les thèmes de ces travaux pratiques, en liaison directe avec l'apprentissage des notions du programme, sont laissés au libre choix du professeur ; mais l'acquisition d'un certain nombre de savoir-faire faisant l'objet d'une vérification dans le cadre de l'épreuve de sciences physique du baccalauréat, il importe que les séances soient effectives, qu'elles permettent d'illustrer toutes les parties du programme et qu'elles s'appuient sur un matériel suffisant.

Le programme proprement dit est accompagné d'une liste de compétences que tous les élèves devront, en principe, acquérir. Ces compétences sont divisées en trois rubriques :

- **les connaissances scientifiques** : ce sont les connaissances de la partie du programme considéré que les élèves doivent mémoriser. On y retrouve des définitions des lois des unités, des modèles des ordres de grandeur, des exemples d'application ;
- **les savoir-faire expérimentaux** : ce sont des savoir-faire qui doivent être acquis essentiellement en travaux pratiques. Ils peuvent être évalués par quelques questions de l'épreuve écrite du baccalauréat. Ils concernent deux domaines :
  - l'utilisation d'appareils de mesure généralement classique dont tous les laboratoires doivent être équipés,
  - des méthodes de mesure que les élèves doivent avoir pratiquées au moins une fois ;
- **les savoir-faire théoriques** : ce sont des savoir-faire concernant l'utilisation raisonnée des lois et formules essentielles, des méthodes de raisonnement, des techniques de calcul.

Les différents points du programme sont abordés en ayant constamment à l'esprit le volume horaire global d'une part, la spécificité de la section d'autre part.

Les professeurs de Sciences physiques participent à l'éducation à la sécurité électrique (Cf. BO Hors série du 24/9/92, tome III, brochure 4, pages 535 et suivantes : « Liste des notions en hygiène, sécurité et prévention des accidents du travail »).

**Avertissement : quelques commentaires ont été développés afin de mieux limiter le programme.**

## **A. ENERGETIQUE. OPTIQUE GEOMETRIQUE.**

### *PROGRAMME*

**A.1.** Energétique.

**A.1.1.** Les différentes formes de l'énergie.

**A.1.2.** Transformations de l'énergie et conservation globale.

**A.2.** Optique géométrique.

**A.2.0.** Réflexion, réfraction, indice de réfraction. Dispersion de la lumière.

**A.2.2.** Faisceau lumineux : composants de base permettant de modifier les caractéristiques géométriques d'un faisceau : miroirs, lentilles.

### *Instructions et commentaires*

**A.1.1.** La partie « Energétique » du programme ne doit pas faire l'objet d'un chapitre spécifique : elle doit être intégrée naturellement dans les différents chapitres. La partie B.3. (conversions de l'énergie) se prête bien au développement des compétences des élèves.

**A.1.2.** Le professeur insistera sur le principe de la conservation de l'énergie.

**A.2.0.** En utilisant un demi-cylindre de plexiglas, on détermine l'indice "moyen" de la lumière visible, ou indice du jaune, pour ce matériau. On signale que les fibres optiques (particulièrement les fibres à saut d'indice) utilisent les lois de la réflexion et de la réfraction.

**A.2.2.** Les miroirs et lentilles sont les composants de base des instruments d'optique qu'on n'étudie pas ici, mais ils permettent aussi d'agir sur un faisceau, de le guider, d'en modifier la section, de le faire converger en un point, etc. Il s'agit donc seulement de montrer aux élèves que ces actions sont facilement réalisables.

## **B. ELECTRICITE.**

### *PROGRAMME*

**B.1.** Systèmes triphasés équilibrés.

**B.1.1.** Définitions : tensions simples, tensions composées.

**B.1.2.** Couplages en étoile et en triangle.

**B.1.3.** Puissances.

**B.2.** Electromagnétisme et magnétisme.

**B.2.0.** Flux  $\Phi$  du champ magnétique à travers une spire. Mise en évidence expérimentale de la f.é.m. induite dans un circuit fixe placé dans un champ magnétique variable et dans un circuit que l'on fait tourner ou que l'on déforme dans un champ magnétique indépendant du temps.

**B.2.1.** Vecteur excitation magnétique  $\vec{H}$ .

**B.2.2.** Courbes d'aimantation. Hystérésis. Champ magnétique rémanent, excitation coercitive.

**B.3.** Etude de quelques convertisseurs.

**B.3.1.** Convertisseurs statiques.

**B.3.1.1.** Le transformateur.

Modèle du transformateur parfait ; rendement du transformateur réel ; rôle des transformateurs dans le transport et la distribution de l'énergie électrique.

**B.3.1.2.** Redressement, redressement commandé.

Notions sur le redressement double alternance des tensions et courants alternatifs : filtrage de la tension ou lissage du courant. Application au pont à 4 diodes et au pont mixte monophasé à 2 thyristors ayant leur cathode commune, alimentés sous une tension sinusoïdale et dans l'hypothèse du courant parfaitement lissé.

**B.3.1.3.** Hacheur série.

**B.3.1.4.** Onduleur autonome.

**B.3.2.** Convertisseurs tournants.

**B.3.2.1.** Moteur à courant continu : principe, réversibilité.

Moteur à excitation indépendante : propriétés essentielles ; caractéristiques électromécanique et mécanique ; réglage de la vitesse ; inversion du sens de rotation.

**B.3.2.2.** Champs tournants : production par un système triphasé de courants.

**B.3.2.3.** Alternateur.

Organisation simplifiée ; caractéristique  $U(I)$  dans le cas d'une charge résistive. Puissance mise en jeu.

**B.3.3.4.** Moteur asynchrone.

Principe du fonctionnement ; vitesse de synchronisme ; glissement ; bilan des puissances.

Caractéristique mécanique. Réglage de la vitesse par association avec un onduleur autonome.

### *Instructions et commentaires*

**B.1.** Avant de définir les différentes puissances en triphasé, il conviendra, à l'occasion d'un retour sur la puissance en régime sinusoïdal monophasé, de définir la puissance réactive.

On montre l'intérêt des systèmes triphasés pour le transport et la distribution de l'énergie électrique. Les relations entre grandeurs simples et grandeurs composées, ainsi que les expressions des puissances sont connues des élèves.

- Le wattmètre (ou la pince wattmétrique) est utilisé(e) en Travaux Pratiques.
- La méthode dite « des deux wattmètres » est hors programme.

**B.2.0.** On se limite au cas du flux de  $\vec{B}$  à travers une spire orientée par le sens du courant dans le but d'introduire le flux embrassé par une spire du bobinage d'une machine électrique.

On montre expérimentalement que toute variation de flux dans un circuit produit à ses bornes une f.e.m. induite. On ne demande pas aux élèves de retenir l'expression de la loi de Faraday.

En l'absence de milieu ferromagnétique, le flux  $\Phi$  à travers un circuit est proportionnel à l'intensité  $i$  du courant qui parcourt ce dernier. Cette propriété reste vraie, dans la limite de saturation du circuit magnétique pour des bobines à noyau ferro ou ferrimagnétique. On montre à l'oscilloscope, ou à l'ordinateur, les effets de la fém d'auto-induction qui prend naissance lorsque  $i$  varie. On avertit les élèves des risques que présente l'ouverture d'un circuit très inductif et des précautions indispensables qui doivent accompagner cette opération : en effet l'apparition d'une f.e.m. induite importante à ses bornes peut être dangereuse pour le matériel et les personnes.

**B.2.** Il s'agit d'acquérir le vocabulaire et les connaissances de base sur les matériaux et circuits magnétiques afin de fixer les propriétés fondamentales des vecteurs champ et excitation, ainsi que les divers ordres de grandeur de champs magnétiques et d'excitations magnétiques. On attirera l'attention des élèves sur les qualités extrêmement différentes des matériaux magnétiques "durs", comme ceux qui constituent les aimants, et celles des matériaux "doux" comme ceux qui sont utilisés pour former les tôles des transformateurs.

L'étude est avant tout expérimentale et pourra être complétée par la projection de films montrant des expériences spectaculaires d'électromagnétisme, ou par l'utilisation de logiciels d'animation : il s'agit de mettre en scène les différentes grandeurs permettant de comprendre le fonctionnement d'un moteur, la génération d'une tension, et le transfert d'énergie. Aucune théorie n'est exigible des élèves.

**B.3.** L'étude des convertisseurs est réduite à ce que doit en connaître un utilisateur averti. Le professeur illustrera le fait que dans "les machines électriques" la transformation réversible énergie électrique/énergie mécanique se fait par le biais de l'énergie magnétique. Pour ce faire, il est souhaitable de montrer expérimentalement que le fonctionnement de ces machines s'explique par les lois fondamentales de l'électromagnétisme :

- présence d'un champ magnétique au voisinage de conducteurs parcourus par un courant électrique (à mettre en relation avec le comportement d'un bobinage) ;
- existence de la force électromagnétique de Laplace (à mettre en relation avec le moteur à courant continu) ;
- existence d'interactions entre pôles magnétiques (à mettre en relation avec l'alternateur) ;
- existence de phénomènes d'auto-induction (à mettre en relation avec la notion de moteur asynchrone).

**B.3.1.1.** On explique aux élèves pourquoi un transformateur ne peut être alimenté sous n'importe quelle tension. Le transformateur réel a un rendement inférieur à l'unité : on en explique qualitativement les raisons.

L'étude des transformateurs triphasés est hors programme. Leur rôle en ce qui concerne le transport et la distribution d'énergie électrique est toutefois mis en évidence.

**B.3.1.** Les notions de valeur moyenne, valeur efficace et puissance moyenne sont rappelées, et les formules de définition utilisant le calcul intégral peuvent être données en relation avec le cours de mathématiques. Néanmoins, pour les applications, qui resteront toujours limitées à des signaux de forme simple, on privilégiera l'interprétation géométrique de la formule de définition plutôt que le calcul intégral que les élèves n'ont pas suffisamment assimilé à ce niveau de formation. Dans le cas du redressement, l'équation donnant la valeur moyenne de la tension de sortie du pont pourra être établie durant l'année scolaire, mais ni le calcul, ni la connaissance de la formule ne sont exigibles à l'examen.

Au moment où il en a besoin, le professeur rappellera le fonctionnement des composants électroniques (diodes, transistors...) utiles à la compréhension du fonctionnement de ces convertisseurs statiques : pour

cela, il exploitera leurs caractéristiques. Dans tous les exercices les interrupteurs électroniques seront modélisés par des interrupteurs idéaux ( $i = 0$  ou bien  $v = 0$ ). Au moyen d'une série de chronogrammes relevés sur les convertisseurs statiques du programme (Cf. B.3.1.2, B.3.1.3, B.3.1.4); on expliquera leur fonctionnement en identifiant en particulier les phases actives et les phases de récupération.

**B.3.1.2.** L'essentiel de l'étude est menée expérimentalement.

On n'entre pas dans le détail du fonctionnement d'un redresseur commandé, mais on montre que les thyristors permettent de réaliser efficacement la conversion alternatif-continu réglable de l'énergie électrique.

On justifie qualitativement le fait que le filtrage de la tension de sortie d'un redresseur par condensateur (commode en courants faibles) est remplacé par un lissage inductif du courant pour les fortes puissances.

Les seuls dispositifs pouvant faire l'objet d'une question à l'examen seront les suivants :

- pont monophasé à quatre diodes,
- pont monophasé mixte à deux thyristors ayant une cathode commune et à deux diodes.

**B.3.1.3.** Seul le principe du hacheur série est au programme. On n'omet pas de signaler que l'intérêt de ce dispositif réside dans son association avec un moteur à courant continu de manière à régler la vitesse de ce dernier.

L'étude théorique est limitée à celle du hacheur série à transistor débitant sur une charge inductive en régime de conduction ininterrompue (cas le plus simple).

**B.3.1.4.** Le principe de la conversion continu-alternatif de fréquence variable est présenté à l'aide d'un onduleur didactique autonome à deux transistors ; sur ce montage, on signale le rôle des diodes de récupération, mais les élèves n'ont pas à mémoriser celui-ci. L'existence d'onduleurs autonomes industriels, monophasés ou triphasés, donnant des formes d'ondes plus élaborées, est signalée, mais en aucun cas le fonctionnement interne de ces dispositifs n'est abordé. On en montre seulement l'intérêt et les applications. L'alimentation de l'onduleur sera supposée réversible en tension et en courant.

**B.3.2.** L'étude expérimentale pourra être complétée par la projection de films ou l'utilisation de logiciels d'animation illustrant le fonctionnement d'un moteur, la génération d'une tension et le transfert d'énergie.

**B.3.2.1.** L'étude du moteur à courant continu se justifie par le fait que, malgré son prix et sa fragilité liée à son collecteur, il reste encore souvent inégalé en petite puissance (moins de 400W), dès que l'on veut associer un fort couple et de grandes variations de vitesse, ou que l'éloignement d'une prise du secteur oblige le technicien à n'utiliser que l'énergie d'accumulateurs.

Les élèves doivent seulement connaître les résultats fondamentaux qui sont :

$$E = K \Phi \Omega ; T = K \Phi I$$

Ces résultats doivent être simplement reliés respectivement aux lois de Faraday, de Laplace et au principe de la conservation de l'énergie.

On cite la possibilité d'associer induit et inducteur en série pour former un moteur à excitation série, mais celui-ci n'est pas étudié et ne pourra pas faire l'objet d'un problème au baccalauréat.

**B.3.2.2.** Une présentation théorique simplifiée est relayée par une étude expérimentale.

**B.3.2.3.** Les élèves doivent seulement connaître l'expression donnant la valeur efficace de la f.e.m induite dans un enroulement :  $E = K n \Phi$ . Ils n'ont, ni à faire le choix d'un modèle décrivant l'alternateur, ni à justifier un tel modèle. En revanche, on peut leur demander d'exploiter un modèle donné : c'est l'auteur d'un sujet d'examen portant sur ce thème qui doit expliciter le modèle choisi.

**B.3.2.4.** Le moteur asynchrone est présenté comme le plus répandu, le plus robuste et le moins onéreux des moteurs électriques (la visite de la salle des machines d'un lycée montre que de nombreuses machines outils sont équipées de moteurs asynchrones triphasés de 1,5 kW).

D'une manière générale, l'étude porte sur le moteur asynchrone triphasé (même si la commande de vitesse d'un moteur asynchrone par un onduleur est illustrée par de petites machines monophasées).

On dégage les qualités essentielles du moteur asynchrone triphasé (glissement limité, couple qui augmente fortement avec  $g$ ) en faisant référence aux lois de l'électromagnétisme étudiées en Première et terminale.

Le moteur asynchrone est encore appelé moteur à induction ; le stator y joue en effet le rôle d'inducteur (création de champ) et d'induit. Le couple maximal  $y$  est dû uniquement au flux qui traverse un enroulement du stator.

On montre qualitativement que l'onduleur alimentant un moteur asynchrone dont on veut faire varier la vitesse, et qui lui fournit pour cela une tension de valeur efficace  $U$  et de fréquence  $f$  variable, doit satisfaire à la condition :  $U/f = \text{Cte}$ .

## C. CHIMIE

### PROGRAMME

C.1. Oxydoréduction.

**C.1.1.** Oxydation et réduction par voie sèche ; application à la sidérurgie.

**C.1.2.** Application de l'oxydoréduction à la corrosion des métaux.

*Instructions et commentaires*

**C.1.** Ce complément d'étude de l'oxydoréduction prolonge l'enseignement qui a été donné en classe de Première.

La lutte contre le fléau que constitue la corrosion ne peut être menée avec succès que si les principes fondamentaux de ses mécanismes sont compris des techniciens.