

# CLASSE DE TECHNOLOGIE, PHYSIQUE ET CHIMIE (TPC)

## PROGRAMME (A partir de Septembre 2000)

### PHYSIQUE ET TECHNOLOGIE PHYSIQUE

#### Seconde année

→ (Modifications par rapport à l'ancien programme ; suppressions :  ~~mots barrés~~ ; ajouts :  **gras, souligné**)

#### PROGRAMME

#### COMMENTAIRES

### I - APPROCHE THÉORIQUE

#### A. Mécanique des fluides

Les notions sur la viscosité sont introduites uniquement pour classer les écoulements et évoquer la résolution des paradoxes auxquels peut conduire le modèle de l'écoulement parfait. En conséquence, s'agissant du fluide visqueux, seule la définition de la viscosité est exigible.

Les bilans d'énergie interne et d'entropie en dynamique des fluides compressibles seront l'occasion de compléter l'enseignement de thermodynamique par l'étude de systèmes ouverts simples généralisant la détente de Joule-Thomson.

Aucune question ne pourra porter sur de tels bilans pour des systèmes autres qu'unidimensionnels.

#### 1. Étude phénoménologique des fluides

Définition du fluide : modèle continu.

Pression. Notion élémentaire de viscosité.

On mentionnera les trois échelles spatiales : échelle microscopique (moléculaire), mésoscopique (de la particule de fluide), macroscopique.

On interprétera la viscosité comme un phénomène de transport de la quantité de mouvement dans l'unique situation simplifiée d'un champ de vitesses  $\mathbf{v} = v_x(y)\mathbf{u}_x$ . (On ne manquera pas de faire référence au contenu du programme à propos de la diffusion). Partant de l'expression de la force surfacique, on établira l'expression de la force volumique de viscosité dans un fluide newtonien en faisant un bilan de quantité de mouvement.

La deuxième viscosité (de compressibilité) n'est pas au programme.

Distinction entre écoulement laminaire et écoulement turbulent : nombre de Reynolds.

On s'intéressera à l'écoulement engendré par le mouvement rectiligne uniforme d'une sphère. En exploitant d'une part, des graphes expérimentaux donnant la traînée en fonction du nombre de Reynolds, et d'autre part des cartes d'écoulements, des photos ou des films de cet écoulement, on fera apparaître les modèles limites de l'écoulement laminaire et de l'écoulement turbulent, ainsi que les expressions correspondantes de la traînée.

Les écoulements turbulents en tant que tels ne sont pas au programme. Aucune question ne pourra porter sur les écoulements turbulents.

Définition d'un écoulement parfait.

Un écoulement parfait est un écoulement où tous les phénomènes diffusifs, notamment la viscosité, sont

négligables : les particules de fluides évoluent de manière adiabatique et réversible.

On introduira qualitativement la notion de couche limite afin de préciser le domaine de validité de l'approximation de l'écoulement parfait.

## 2. Cinématique des fluides

Description de Lagrange, description d'Euler : champ des vitesses.

Dérivée particulière d'un champ.

Densités de courant, débits.

Bilans de masse : équation locale de conservation de la masse.

Classification des écoulements laminaires : écoulements stationnaires, écoulements incompressibles, écoulements irrotationnels (potentiel des vitesses).  
(\*)

## 3. Bilans dynamiques et thermodynamiques

Exemples de bilans de quantité de mouvement, d'énergie cinétique, d'énergie interne ~~et d'entropie~~ pour un écoulement unidimensionnel en dynamique des fluides.

## 4. Équations dynamiques locales pour les écoulements parfaits

Équations d'Euler et de Bernoulli.

Cas particulier des écoulements incompressibles et homogènes.

## B. Électromagnétisme

L'enseignement d'électromagnétisme est centré d'une part, sur l'étude des phénomènes d'induction électromagnétique et de leurs applications, et d'autre part, sur l'étude de la propagation des ondes électromagnétiques, intégrée dans la partie physique des ondes.

On se limitera à des modélisations simples pour lesquelles les calculs de forces de Laplace ne requièrent

La cinématique des fluides est considérée exclusivement comme un outil : elle ne peut être l'objet principal d'un problème d'écrit ou d'un exercice d'oral.

On se limitera au champ de masse volumique et au champ des vitesses.

La distribution locale des vitesses dans un milieu continu et la matrice des taux de déformation ne sont pas au programme.

On se limitera à illustrer sur quelques exemples pertinents la signification de  $\text{div}\mathbf{V}$  et de  $\text{rot}\mathbf{V}$ . On signalera que le vocabulaire de l'analyse vectorielle est issu de l'hydrodynamique : flux, circulation, etc.

Il s'agit ici simplement d'introduire le vocabulaire nécessaire à la mécanique des fluides. On pourra s'appuyer sur la lecture de cartes d'écoulements.

Un écoulement incompressible est caractérisé par  $D\rho/Dt = 0$  (ou  $\text{div}\mathbf{V} = 0$ ).

Un écoulement est stationnaire si tous les champs eulériens correspondants sont indépendants du temps.

Les notions de fonction courant, de potentiel complexe des vitesses, de fonction holomorphe et de transformation conforme sont hors programme.

On se ramènera à un système fermé.

L'enseignement de cette partie a pour but l'acquisition d'un savoir-faire. Toute formulation générale, le théorème d'Euler, le théorème de Reynolds et la formulation locale de ces bilans, sont exclus du programme.

aucune technicité. Toute étude générale du travail des forces de Laplace (flux coupé, théorème de Maxwell) est hors programme. Tout calcul de forces de Laplace à partir de l'énergie magnétique est hors programme. ~~Dans le cas particulier du dipôle magnétique, on affirmera les expressions de la résultante et du moment des forces de Laplace. La connaissance des formules correspondantes n'est pas exigible.~~ Le formalisme quadridimensionnel et les transformations relativistes sont hors programme. L'électrostatique des conducteurs est hors programme. Le programme d'électrostatique et de magnétostatique reste celui de première année : aucune technicité supplémentaire ne sera notamment recherchée dans les calculs de champs magnétiques dans l'ARQS.

### 1. Équations locales de l'électromagnétisme

Densité volumique de courant.

On soulignera les analogies avec l'équation locale de conservation de la masse en mécanique des fluides.

Équation locale de conservation de la charge ; cas de l'ARQS.

Les conditions de validité de l'ARQS seront précisées en "Physique des ondes".

Équations de Maxwell dans le vide ; cas de l'ARQS.

On insistera sur le fait que les expressions des champs magnétiques obtenues en régime statique en première année sont valables dans l'ARQS.

**Les relations de passage seront données.**

La loi de Biot et Savart pour  $\mathbf{A}$  est hors programme ; on se limitera à des situations où  $\mathbf{A}$  est calculable directement à partir de  $\mathbf{B}$ . L'expression du potentiel-vecteur  $\mathbf{A}$  créé par un dipôle magnétique est hors programme.

Existence des potentiels ( $\mathbf{A}, V$ ). Jauge de Lorentz ; cas de l'ARQS.

On introduira la jauge de Lorentz comme unique exemple de jauge sans se préoccuper de l'étude générale des transformations de jauge.

Densité volumique d'énergie électromagnétique et vecteur de Poynting ; équation locale de Poynting.

On fera apparaître l'équation de Poynting comme la traduction locale d'un bilan d'énergie électromagnétique. On affirmera la signification du vecteur de Poynting.

### 2. Induction électromagnétique dans un circuit fixe

Loi de Faraday ; définitions des coefficients d'inductance propre  $L$  et mutuelle  $M$  de deux circuits filiformes.

Tout calcul de coefficients  $L$  et  $M$  est hors programme : ces coefficients seront fournis.

Le théorème de Neumann ( $M_{1-2} = M_{2-1}$ ) sera affirmé.

~~L'étude du transformateur sera faite en TP.~~

La notion de "champ électromoteur"  $\mathbf{E}_m = -\frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t}$

n'est pas exigible.

Bilan énergétique de l'établissement du courant dans un ensemble de deux circuits filiformes indéformables et fixes : énergie magnétique (expression en fonction des courants et des coefficients d'inductance).

On vérifiera sur l'exemple du solénoïde long la cohérence de cette expression de l'énergie magnétique avec celle qui a été obtenue à partir des équations de Maxwell. L'expression de l'énergie magnétique en fonction de  $\mathbf{j}$  et  $\mathbf{A}$  est hors programme.

### 3. Induction électromagnétique dans un circuit mobile dans un champ $\mathbf{B}$ stationnaire

Loi de Faraday.  
Circulation du terme  $\mathbf{v}_e \wedge \mathbf{B}$ .

Le terme  $\mathbf{v}_e \wedge \mathbf{B}$  pourra être introduit en utilisant les transformations non relativistes des forces et des vitesses, sans que cette démarche soit exigible.  
On vérifiera sur un exemple simple la validité de la loi de Faraday dont on affirmera la généralité.  
On évitera les situations exceptionnelles où la loi de Faraday est prise en défaut. La notion de flux coupé est hors programme.

#### 4. Modélisations

Modèle classique de loi d'Ohm locale.  
Effet Hall et loi de Laplace dans une géométrie filiforme et rectangulaire.

#### 5. APPLICATION

~~Exemple de couplage électromécanique : haut-parleur électrodynamique ; bilan énergétique.~~

~~On fera remarquer sur l'exemple du haut-parleur que la somme de la puissance de la fem induite et de la puissance des forces de Laplace est nulle. On affirmera la généralité de ce résultat dans les problèmes de couplage électromécanique.~~

### C. Physique des ondes

Cet enseignement permet une approche synthétique. Les concepts unificateurs sont introduits sur un exemple et utilisés ensuite dans d'autres cas.

#### 1. Phénomènes de propagation unidimensionnels non dispersifs

Vibrations transversales d'une corde : équation d'onde de d'Alembert.  
Formation de la solution générale par superposition de deux ondes planes progressives ou d'ondes planes harmoniques ou d'ondes stationnaires.  
Application à l'étude des petits mouvements libres d'une corde vibrante fixée à ses deux extrémités : modes propres.  
Corde de Melde : ondes stationnaires, résonances.

On se limitera dans tout ce paragraphe à des petits mouvements transversaux où la corde reste dans un plan fixe.  
On fera remarquer le caractère non physique de l'onde progressive harmonique.

#### 2. Ondes électromagnétiques dans le vide

Équations de propagation du champ électromagnétique et des potentiels.  
Structure des ondes planes progressives harmoniques ; états de polarisation.

À cette occasion, on précisera les conditions de validité de l'ARQS.  
On se limitera ici à donner la définition des différents états de polarisation. Leur mise en évidence, leur modification seront étudiées exclusivement en TP-Cours.

#### 3. Ondes électromagnétiques dans un milieu diélectrique linéaire homogène et isotrope

Vecteur polarisation  $\mathbf{P}$  ; notions élémentaires sur les charges de polarisation et les courants de polarisation ; vecteur  $\mathbf{D}$ .

L'objectif de cette rubrique est uniquement d'introduire de manière modeste et concrète l'électromagnétisme des milieux matériels qui servira exclusivement de support à l'étude de la propagation d'ondes dans un diélectrique linéaire homogène et isotrope. On affirmera les expressions des densités de charges de polarisation en les

illustrant sur des exemples simples.

Équations de Maxwell dans un milieu matériel **diélectrique non magnétique**. Définitions de la permittivité diélectrique ~~et de la perméabilité magnétique~~ des milieux linéaires, homogènes et isotropes.

L'électrostatique des diélectriques et la magnéto-statique des milieux aimantés sont hors programme ; en particulier tout calcul de champ est exclu.

Permittivité diélectrique d'un milieu peu dense dans le modèle de l'électron élastiquement lié.

Le champ local est hors programme : on ne soulèvera donc aucune difficulté à son sujet.

Propagation d'une onde plane proportionnelle à  $\exp(j(\omega t - kx))$  avec  $\omega$  réel et  $k$  *a priori* complexe dans un diélectrique linéaire homogène, isotrope, non magnétique : dispersion, absorption, indice complexe.

Pour ce qui concerne la propagation, les milieux considérés sont, du point de vue magnétique, équivalents au vide.

Réflexion et réfraction d'une onde plane progressive harmonique polarisée rectilignement à l'interface entre deux diélectriques linéaires homogènes et isotropes, dans le cas de l'incidence normale : coefficients de réflexion et transmission pour l'amplitude et le flux énergétique.

Pour le calcul des flux énergétiques, on affirmera l'expression du vecteur de Poynting dans un milieu diélectrique.

En dehors de cette utilisation, les notions d'énergie dans un milieu matériel sont hors programme.

## D. Optique ondulatoire

On signalera le caractère très général des phénomènes d'interférences et de diffraction étudiés en optique en insistant notamment sur le rôle des ordres de grandeur des longueurs d'ondes rencontrées dans les différents domaines de la physique ondulatoire.

### 1. Modèle scalaire de la lumière

Propagation d'une vibration scalaire le long d'un rayon lumineux : chemin optique.

On définira les surfaces d'onde relatives à une source ponctuelle  $S$  par l'ensemble des points  $M$  tels que  $[SM] = \text{Constante}$ .

Surfaces d'onde, onde plane, onde sphérique quasi plane.

On admettra le théorème de Malus, outil nécessaire à l'étude de l'optique ondulatoire.

Il ne s'agit en aucun cas de réintroduire subrepticement, par le biais du théorème de Malus, un exposé théorique d'optique géométrique.

Le programme d'optique géométrique reste celui défini dans la partie expérimentale du cours de première année.

Éclairement.

### 2. Interférences (\*)

Interférences non localisées à deux ondes totalement cohérentes.

La comparaison des prévisions théoriques et des réalités expérimentales conduira à affirmer un critère opérationnel de cohérence mettant en œuvre les notions de trains d'ondes, de sources synchrones, de diviseur d'ondes et de longueur de cohérence.

Exemple de diviseur d'ondes : l'interféromètre de Michelson éclairé par une source ponctuelle.

On montrera l'équivalence du Michelson à une lame coin d'air ou à une lame d'air à faces parallèles et on

Figure d'interférences, champ d'interférences, franges, ordre d'interférences et défilement éventuel de franges, contraste de la figure d'interférences.

Notion élémentaire de cohérence temporelle limitée à l'étude de l'interféromètre de Michelson éclairé par une source ponctuelle : modèles du doublet spectral et du profil spectral rectangulaire.

Notion élémentaire de cohérence spatiale limitée à l'étude du dispositif d'Young à fentes fines éclairées par deux sources ponctuelles temporellement cohérentes.

### 3. Diffraction à l'infini (\*)

Principe de Huygens-Fresnel.

Diffraction à l'infini d'une onde plane par une pupille rectangulaire, cas de la pupille fente. Limite de l'optique géométrique.

Diffraction à l'infini par les fentes d'Young éclairées par une source ponctuelle à l'infini, par une source fente parallèle ; ~~notion de cohérence spatiale.~~

## E. Diffusion

### 1. Diffusion de particules (\*)

Loi de Fick.

Conservation des particules, équation de diffusion. Interprétation microscopique, libre parcours moyen.

### 2. Loi de Fourier

Bilans d'énergie. Équation de la diffusion thermique. (\*)

fera apparaître les sources secondaires.

L'essentiel étant de maîtriser la physique du phénomène d'interférences, les épreuves banniront tous les dispositifs utilisant des lentilles et/ou des prismes (bilentilles de Billet, de Meslin, biprismes de Fresnel, etc.).

Il s'agit simplement de mettre en évidence, de la façon la plus élémentaire, possible l'influence de la largeur spectrale d'une source sur le contraste du système de franges d'interférences.

La théorie générale de la cohérence temporelle (définition du degré de cohérence partielle etc.) est hors programme.

Les interférences en lumière blanche seront vues uniquement en TP.

Le principe de Huygens-Fresnel sera simplement énoncé.

On donnera l'allure de la figure de diffraction à l'infini par ~~des pupilles rectangulaires~~ ~~une pupille circulaire~~ (la démonstration de la formule correspondante est hors programme).

On soulignera, sans démonstration aucune, le rôle de la diffraction à l'infini dans la formation des images.

Les réseaux seront abordés exclusivement en TP-Cours.

On se limitera au cas unidirectionnel.

On signalera l'irréversibilité de l'équation de diffusion.

L'objectif du programme se limite à l'obtention des

expressions :  $\ell \approx \frac{1}{n\sigma}$  et  $D \approx \ell v$ .

L'étude microscopique de la loi de Fourier est hors programme.

On soulignera les analogies entre la loi de Fourier et celles d'Ohm et de Fick.

L'étude de la convection thermique est hors programme. Toutefois, on pourra, si nécessaire, faire intervenir des termes convectifs dans les applications étudiées, en affirmant leur expression. Aucune connaissance sur ce sujet n'est donc exigible.

Aucune méthode de résolution de l'équation de la diffusion ne pourra être supposée connue.

Régime forcé continu : conductance thermique.

On fera remarquer que les calculs sont identiques à ceux des conductances électriques.

~~Régime sinusoïdal forcé : onde plane de diffusion thermique. (\*)~~

~~On fera le lien avec l'étude des phénomènes de propagation dispersifs.~~

## F. Thermodynamique

### 1. Potentiels thermodynamiques

Condition d'évolution et d'équilibre d'un système thermodynamique fermé.

Toute étude des mélanges (potentiel chimique, grandeur molaires partielles) est hors du programme de physique et relève exclusivement du programme de chimie.

a) Évolution monotherme : travail maximum récupérable.

Potentiel thermodynamique :  $F^* = U - T_0S$ .

b) Évolution monobare et monotherme : travail maximum récupérable.

Potentiel thermodynamique :  $G^* = U - T_0S + P_0V$ .

Cas particulier de l'énergie libre et de l'enthalpie libre.

Application au corps pur sous deux phases : condition d'équilibre, condition d'évolution ; formule de Clapeyron.

### 2. Fonctions caractéristiques : $F(v,T)$ et $G(P,T)$

Coefficients calorimétriques  $C_p$ ,  $C_v$ ,  $l$ , et  $k$ .

Relations de Clapeyron ; relation de Mayer.

Afin d'éviter toute confusion avec l'enthalpie

massique, on posera :  $k = T \left( \frac{\partial S}{\partial P} \right)_T$ .

## G) Mécanique

### 1. CINÉMATIQUE

~~Cinématique du solide : champ des vitesses et vecteur rotation instantanée.~~

~~Tous les résultats de cinématique du solide seront affirmés et utilisés, sans justification.~~

~~Cinématique du contact de deux solides : vitesse de glissement, condition de roulement sans glissement.~~

### 2. CINÉTIQUE D'UN SYSTÈME DE POINTS MATÉRIELS

~~Masse, centre d'inertie, quantité de mouvement, moment cinétique en un point, moment cinétique par rapport à un axe, énergie cinétique.~~

~~La cinétique du solide est hors programme.~~

~~On se limitera à des exemples simples pour lesquels des considérations de symétrie permettront de prévoir la position du centre d'inertie.~~

~~Référentiel du centre de masse; théorèmes de Kœnig.~~

### 3. DYNAMIQUE D'UN SYSTÈME DE POINTS MATÉRIELS

~~Système de forces, intérieures et extérieures. Résultante d'un système de forces, moment d'un système de forces, en un point et par rapport à un~~

axe.

~~Théorèmes généraux.~~

~~Aucun mode de présentation n'est imposé, l'objectif étant l'acquisition rapide des points fondamentaux : théorème de la quantité de mouvement, théorème du moment cinétique en un point fixe, théorème du moment cinétique par rapport à un axe fixe, théorème des actions mutuelles.~~

~~Toute étude concernant des forces dépendant explicitement du temps est exclue.~~

~~Puissance d'un système de forces relativement à un référentiel. Travail.~~

~~Puissance des forces intérieures.~~

~~On étudiera la puissance des forces intérieures sur l'unique exemple, simple mais générique, de deux points en interaction. L'objectif est de dégager des idées fortes : la puissance des forces intérieures est indépendante du référentiel; elle est en général non nulle bien que la somme des forces et la somme de leurs moments soient nulles; elle est nulle pour un système indéformable.~~

~~Énergie potentielle.~~

~~Théorème de l'énergie cinétique. Énergie mécanique.~~

#### ~~4. SCHÉMATISATION DES EFFORTS SUR UN SOLIDE~~

~~Actions de contact entre deux solides : loi phénoménologique de Coulomb restreinte au frottement de glissement. Puissance des actions de contact.~~

~~Cas particulier des liaisons glissière et pivot parfaites.~~

~~La statique des solides est hors programme.~~

#### ~~5. EXEMPLE D'ÉTUDE DYNAMIQUE DE SOLIDE~~

~~Mouvement d'un solide en rotation autour d'un axe dont la direction reste fixe dans un référentiel galiléen.~~

~~Le calcul des moments d'inertie est hors programme. Le moment d'inertie par rapport à l'axe de rotation sera fourni.~~

~~Toute étude de l'équilibrage statique ou dynamique des solides en rotation est exclue du programme.~~

~~On habituera les étudiants à exploiter le théorème du moment cinétique barycentrique pour se ramener au cas du solide en rotation autour d'un axe fixe.~~

~~En revanche, on bannira toute situation nécessitant l'utilisation explicite des forces d'inertie.~~

## **II - APPROCHE EXPÉRIMENTALE**

Cette partie est traitée en TP-Cours et en TP. La rédaction des rubriques TP-Cours est volontairement détaillée, parce qu'elle correspond à un ensemble de compétences exigibles. Celle des TP est sommaire : elle relève de l'initiative pédagogique du professeur.

## 1. TP-Cours

### INTERFÉROMÉTRIE À DEUX ONDES : L'INTERFÉROMÈTRE DE MICHELSON

- Présentation de l'appareil

Reconnaissance de l'optique : miroirs, séparatrice, compensatrice.

Reconnaissance de la mécanique : axes de rotation et vis de réglages, translation du chariot.

- Réglage et utilisation du Michelson

Utilisation d'une source étendue spatialement : localisation des franges d'interférences.

Réglage géométrique de l'interféromètre.

Obtention des franges du coin d'air, d'égal épaisseur avec une lampe spectrale : conditions d'éclairage et de projection.

Obtention des franges de la lame d'air, d'égal inclinaison avec une lampe spectrale : conditions d'éclairage et de projection.

Passage à la teinte plate et contrôle de sa qualité en lumière blanche.

Franges du coin d'air en lumière blanche.

Influence de la translation d'un miroir sur la figure d'interférences.

## 2. TP-Cours

### SPECTROSCOPIE À RÉSEAU

- Éléments théoriques

Formule des réseaux par transmission : images de diffraction.

Minimum de déviation dans un ordre donné : intérêt expérimental.

Dispersion par le réseau dans un ordre donné : spectre d'ordre  $p$ , mélange des ordres.

- Présentation du spectroscopie

Reconnaissance de l'optique : viseur à l'infini, lunette de lecture éventuelle, collimateur, fente source réglable.

Reconnaissance de la mécanique : axes de rotation et vis de réglages.

En élargissant progressivement la source à l'aide d'un diaphragme, on mettra en évidence la diminution du contraste et la localisation des franges d'interférences.

La finalité est de comprendre pourquoi, expérimentalement, on utilise un éclairage convergent ou plutôt quasi parallèle, pourquoi, expérimentalement, on fait l'image des miroirs ou une projection dans le plan focal d'un objectif de sortie.

À cette occasion, on montrera que l'ordre d'utilisation des différentes sources (laser éventuellement, puis lampe spectrale, enfin lumière blanche) est lié à la cohérence temporelle des sources lumineuses.

Dans cette partie du TP-Cours, les notions introduites devront le plus naturellement possible être issues de l'expérimentation.

Les expressions de l'intensité diffractée et du pouvoir de résolution sont hors programme.

- Réglage et utilisation du goniomètre

Visualisation de spectres divers : raies, bandes, continuum.

Lampe étalon, courbe d'étalonnage, mesure de longueurs d'onde.

Analyse d'un blanc d'ordre supérieur : spectre cannelé.

Résolution des composantes d'un doublet spectral.

Pour le réglage, on s'appuiera sur les techniques vues dans la partie expérimentale du programme de première année.

### 3.TP-Cours

#### POLARISATION DE LA LUMIÈRE

- Éléments du modèle vectoriel

Vibration vectorielle propagée.

Caractère transversal de la vibration vectorielle.

Définition des polarisations rectiligne, circulaire, elliptique.

Lumière naturelle.

Interprétation élémentaire des propriétés des lames quart d'ondes et demi-onde : existence des axes rapide et lent, indices  $n_x$  et  $n_y$ .

On mettra en évidence la polarisation par réflexion et par diffusion.

On négligera, à ce stade de la modélisation, les réflexions sur les faces de la lame et l'absorption interne à la lame.

On insistera sur la dénomination demi-onde ou quart d'onde pour telle ou telle longueur d'onde.

On insistera sur l'intérêt de la décomposition d'une vibration quelconque en deux vibrations rectilignes, orthogonales, adaptées.

#### PRODUCTION ET ANALYSE DE LUMIÈRE POLARISÉE

Utilisation de polaroïds, lames demi-onde et quart d'onde pour la fabrication de lumière polarisée.

Analyse de lumière polarisée : reconnaissance de la polarisation, des axes et de l'excentricité éventuels, du caractère droit ou gauche.

On considérera que la lumière fabriquée est totalement polarisée.

### 4.TP-Cours

#### MULTIPLICATION DE SIGNAUX

- a) Etude d'un composant multiplicateur analogique

Présentation de la fonction et du composant, limites et précaution d'emploi.

Observation des signaux en entrée et en sortie dans les cas suivants :

— multiplication d'un signal continu et d'un signal sinusoïdal ;

— de deux signaux sinusoïdaux identiques ;

— de deux signaux sinusoïdaux de fréquences différentes.

On s'attachera à mesurer et interpréter dans chaque cas la valeur moyenne, l'amplitude et la fréquence du signal de sortie. On envisagera l'effet d'un décalage en entrée et en sortie et l'intérêt de le compenser.

Dans le cas de deux fréquences très différentes, on effectuera l'analyse spectrale du signal de sortie et on signalera l'intérêt d'une telle opération dans la transmission des signaux sur des supports dispersifs. On complétera cette dernière observation par l'étude du cas d'un signal basse fréquence de forme non-sinusoïdale.

## b) Application à la détection synchrone

### 54.TP

Les thèmes de TP présentés ne sont que des propositions, la liberté de choix du professeur restant entière : ils ne correspondent pas à des connaissances exigibles, mais exclusivement à l'acquisition d'une pratique expérimentale

- |                                 |   |
|---------------------------------|---|
| a) Électronique                 | Approfondissement du thème "traitement du signal" abordé en première année.               |
| b) Électronique                 | Approfondissement de l'électronique des systèmes linéaires.                               |
| c) Électronique                 | Commande d'un système.  |
| d) Transformateur               | <del>Transformateur de tension, transformateur de courant, adaptateur d'impédances.</del> |
| ed) Interféromètre de Michelson | Il s'agit d'accéder à une utilisation autonome de l'interféromètre.                       |
| fe) Conduction thermique        |   |
| gf) Mécanique des fluides       |   |

## LES TP-COURS ET LES TRAVAUX PRATIQUES

Pour que les étudiants puissent atteindre un bon niveau de connaissances et de savoir-faire dans le domaine expérimental, il convient que les sujets de TP-Cours et de TP proposés leur permettent d'acquérir une bonne maîtrise des appareils, des méthodes et des phénomènes au programme et les habituent à les utiliser, en faisant preuve d'initiative et d'esprit critique. Les étudiants seront amenés à réfléchir, à comprendre le phénomène par une série d'hypothèses, de vérifications expérimentales qui exigeront d'eux initiative, savoir-faire, rigueur, honnêteté intellectuelle. On doit s'efforcer de développer chez eux une bonne faculté d'adaptation à un problème qui peut être nouveau, à condition qu'il soit présenté de façon progressive. La nouveauté peut résider dans le phénomène étudié, dans la méthode particulière ou dans l'appareillage. Dans cette hypothèse, la séance doit comporter, non seulement la manipulation proprement dite, mais aussi des temps de réflexion, de construction intellectuelle, de retour en arrière, d'échanges avec le professeur.

Le TP-Cours est effectué au laboratoire de physique.

Le TP-Cours a pour objet essentiel de rapprocher le temps de l'expérimentation du temps de son interprétation dans le cadre d'un modèle théorique.

Pour des raisons d'évidence, toutes les disciplines de la physique ne s'y prêtent pas : aussi a-t-on choisi les plus indiquées dans ce but, l'électronique et l'optique.

Le TP-Cours mêle de façon intime, dans l'ordre décidé par le professeur, l'expérience et le cours : l'essentiel est l'interprétation immédiate et raisonnée d'une manipulation ou bien l'illustration en temps réel d'un modèle élaboré, afin de lutter contre la déconnexion souvent observée à ce jour entre la physique au tableau et la physique à la paillasse !

L'utilisation d'un ordinateur, en tant qu'assistant, soit pour l'acquisition et le traitement de données expérimentales, soit pour comparer les résultats des mesures aux données théoriques évitera des calculs longs et répétitifs et favorisera le tracé des courbes ainsi que la présentation graphique des résultats. On pourra ainsi multiplier les expériences en faisant varier les conditions d'expérimentation, montrant en particulier l'influence des paramètres pertinents sur le phénomène étudié et renforcer ainsi le lien entre la théorie et les travaux expérimentaux par référence à des modèles de divers niveaux d'élaboration.

Le programme des TP-Cours est volontairement détaillé, parce qu'il correspond à un ensemble de compétences exigibles. Celui des TP est ouvert : il relève de l'initiative du professeur. Il est rappelé que les

connaissances et les savoirs-faire exigibles se limitent aux parties de la "Démarche Expérimentale" abordées en Cours et TP-Cours.