

## PROGRAMME PCSI

Le programme est découpé en deux parties qui font toutes deux appel à l'approche expérimentale et à l'approche théorique.

La première partie, qui devra être traitée en début d'année (huit à dix semaines), a pour objectif majeur de faciliter la transition avec l'enseignement secondaire. Trois idées ont guidé sa rédaction :

- i) En raison du nombre important d'outils et de méthodes nécessaires à la construction d'un enseignement de physique post-baccalauréat, il convient d'introduire ces outils et méthodes de manière progressive.
- ii) Par ailleurs, il est préférable qu'en début d'année ces outils nouveaux soient introduits sur des situations conceptuelles aussi proches que possible de celles qui ont été rencontrées au lycée ; de même l'introduction à ce stade de concepts physiques nouveaux doit éviter au mieux l'emploi d'outils mathématiques non encore maîtrisés.
- iii) Enfin, dès lors que ces outils sont souvent communs à plusieurs disciplines scientifiques, la recherche d'une cohérence maximale entre les enseignements de mathématiques, sciences industrielles, physique et chimie est indispensable pour faciliter le travail d'assimilation des étudiants. Ceci interdit tout cloisonnement des enseignements scientifiques et suppose au contraire une concertation importante au sein de l'équipe pédagogique.

Ces différentes contraintes ont conduit à placer dans la première partie des éléments d'optique géométrique, de mécanique du point et d'électrocinétique. Il est important que les enseignants des classes préparatoires connaissent précisément les rubriques des programmes de l'enseignement secondaire qu'ils sont amenés à approfondir.

Pour que les objectifs de la première partie soient atteints, il est essentiel d'éviter tout débordement, même par simple anticipation sur le programme de deuxième partie. Par ailleurs à ce stade, on ne saurait exiger des étudiants qu'ils puissent traiter des exercices et problèmes directement issus des épreuves de concours sans que ceux-ci aient fait l'objet d'adaptations.

Dans la deuxième partie du programme, l'ordre d'exposition relève de la liberté pédagogique du professeur. Les outils mathématiques sont introduits au fur et à mesure que leur nécessité apparaît. Une bonne concertation au sein de l'équipe pédagogique peut permettre de bénéficier de synergies : le produit vectoriel, les nombres complexes, des notions sur les équations différentielles linéaires, des notions sur les coniques, font par exemple partie de l'enseignement de mathématiques de début d'année ; par ailleurs la cinématique du solide enseignée en sciences industrielles fournit l'outil nécessaire pour aborder les changements de référentiel en physique.

# PROGRAMME PCSI - PREMIÈRE PARTIE

## I. APPROCHE THÉORIQUE

### A) Mécanique du point

L'objectif est d'introduire progressivement quelques-uns des concepts de base de la mécanique tridimensionnelle ainsi que les premiers outils nécessaires à l'étude de la mécanique du point, et cela en accord avec les idées mises en œuvre dans l'enseignement de sciences industrielles.

Le programme ci-dessous est fondé sur l'introduction d'un objet conceptuel, "le point matériel". Cette notion permet d'une part de modéliser des "particules" quasi-ponctuelles au mouvement desquelles on s'intéresse ; elle est d'autre part utilisable pour le centre d'inertie d'un système. Enfin, elle permettra ultérieurement l'analyse et l'étude du mouvement d'un système quelconque (solide, fluide), à l'aide d'une décomposition "par la pensée" en éléments matériels considérés comme quasi-ponctuels.

Pour cette première partie, les outils mathématiques nécessaires sont volontairement limités :

- Pour la cinématique : à la géométrie dans  $\mathbb{R}^2$  et dans  $\mathbb{R}^3$  (vecteurs, produit scalaire) ainsi qu'aux notions de dérivée temporelle d'un vecteur dans un référentiel donné et de dérivée d'une fonction composée.
- Pour la dynamique : à la distinction entre équation différentielle linéaire ou non-linéaire (superposition de solutions ou non), à la résolution d'équations différentielles linéaires d'ordre un ou deux à coefficients constants, sans second membre ou avec second membre, aux idées sur les méthodes numériques de résolution d'équations différentielles (méthode d'Euler).
- Pour les aspects énergétiques : à l'intégrale première de l'énergie mécanique (équation différentielle du premier ordre) et au développement limité d'une fonction d'une variable à l'ordre 2 au voisinage d'une valeur de la variable. La notion de gradient n'est pas introduite à ce stade.

### Programme

### Commentaires

#### 1. Description du mouvement d'un point et paramétrage d'un point.

Espace et temps.  
Référentiel d'observation.

Description du mouvement : vecteurs position, vitesse et accélération.

Deux exemples de bases de projection orthogonales : vitesse et accélération en coordonnées cartésiennes (base fixe) et en coordonnées cylindro-polaires (base mobile).

Exemples du mouvement de vecteur accélération constant, du mouvement rectiligne sinusoïdal, du mouvement circulaire.

*À ce stade, le point n'a aucune matérialité.*

*Il est important de faire la distinction entre la description du mouvement et l'étude de ses causes.*

*Un point essentiel est de souligner que le paramétrage et la base de projection doivent être adaptés au problème posé. Ainsi, pour le mouvement de vecteur accélération constant, la base cartésienne de projection doit être judicieusement orientée. De même, pour le mouvement circulaire, le paramétrage cartésien est moins adapté que le paramétrage polaire.*

*On se limite à des mouvements plans. L'utilisation de la base de Frenet (même plane) est exclue. On se borne à souligner que dans le cas d'un mouvement circulaire uniforme il existe un vecteur accélération lié au*

*changement de direction du vecteur vitesse.*

## **2. Dynamique du point en référentiel galiléen.**

Notion de force.

Référentiels galiléens.

Lois de Newton : loi de l'inertie, loi fondamentale de la dynamique du point matériel, loi des actions réciproques.

Équation du mouvement.

Applications : mouvement dans le champ de pesanteur uniforme sans résistance de l'air puis avec résistance de l'air, mouvement d'une masse accrochée à un ressort dont l'autre extrémité est fixe.

Puissance et travail d'une force.  
Théorème de l'énergie cinétique.

## **3. Problèmes à un degré de liberté.**

3.1 Énergie potentielle dans les problèmes à un degré de liberté.

Énergie potentielle : exemples de l'énergie potentielle de pesanteur et de l'énergie potentielle élastique.

Énergie mécanique.

Cas de conservation de l'énergie mécanique.

Intégrale première de l'énergie.

Utilisation d'une représentation graphique de l'énergie potentielle : caractère borné ou non d'un mouvement.

Positions d'équilibre, stabilité.

Petits mouvements au voisinage d'une position d'équilibre stable.

Approche du portrait de phase.

*On souligne que la dynamique relie le mouvement observé à ses causes, qu'elle fait intervenir une caractéristique matérielle de l'objet (sa masse ou inertie) et que les causes admettent une représentation vectorielle sous le nom de forces.*

*On ne soulève pas de difficulté sur les répartitions de forces (étendue des systèmes) ni sur la notion de point matériel.*

*À ce stade, l'existence de référentiels galiléens est simplement affirmée et on ne se préoccupe pas de la recherche de tels référentiels. On indique que le référentiel terrestre peut être considéré comme galiléen dans la plupart des expériences usuelles.*

*L'inventaire des forces associé au principe fondamental de la dynamique conduit à une équation différentielle. L'objectif est de passer lorsque c'est possible à une résolution analytique de l'équation différentielle (cas d'une force de frottement proportionnelle à la vitesse) et de mettre en œuvre sur d'autres exemples une résolution numérique (cas d'une force de frottement proportionnelle au carré de la vitesse).*

*L'objectif est de fonder le concept d'énergie potentielle sur l'expression du travail de la force considérée. Le gradient n'est pas utilisé à ce stade. Il est important de dégager l'idée que l'énergie potentielle est une fonction de la position seulement.*

*La notion d'oscillateur harmonique apparaît ici comme un cas limite. Les oscillateurs couplés sont hors programme.*

*Il s'agit de savoir lire et interpréter un portrait de phase : présence ou non de frottements, identification des positions d'équilibre stables ou instables. On fait constater le lien entre le caractère fermé du portrait de phase et le caractère périodique du mouvement.*

3.2 Oscillateur harmonique à un degré de liberté.

Régimes libres d'un oscillateur harmonique à un degré de liberté amorti par frottement visqueux. Rôle de l'amortissement, facteur de qualité.

*On met l'équation différentielle sous une forme canonique.*

*Une fois traités le circuit RLC série en régime libre et l'oscillateur harmonique amorti, on insiste sur le fait qu'un même squelette algébrique conduit à une analyse analogue pour des situations physiques a priori très différentes.*

## B) Électrocinétique

L'outil mathématique nécessaire à l'étude de cette partie se limite en pratique aux équations différentielles linéaires à coefficients constants du premier et du deuxième ordre.

Programme	Commentaires
<b>1. Lois générales dans le cadre de l'approximation quasi-stationnaire.</b>	<p><i>Le cadre précis de l'approximation des régimes quasi-stationnaires (ou quasi-permanents) sera discuté en seconde année. On se contente ici d'en affirmer les modalités d'application.</i></p> <p><i>La théorie générale des réseaux est hors programme.</i></p> <p><i>On signale que tous les éléments d'un circuit réel sont représentés par des modèles dont les domaines de validité possèdent des limites ; cet aspect est surtout vu en travaux pratiques.</i></p>
Notion d'intensité du courant. Loi des nœuds.	<p><i>L'intensité du courant dans une branche orientée de circuit est le débit de charges à travers une section du conducteur. La loi des nœuds traduit une conservation de la charge en régime stationnaire dont on ne donne aucune formulation locale ; on admet l'extension de la loi des nœuds aux régimes lentement variables.</i></p>
Différence de potentiel (ou tension), potentiel. Loi des mailles.	<p><i>La notion de champ électrique n'a pas encore été introduite à ce stade.</i></p>
Puissance électrocinétique reçue par un dipôle. Caractère générateur ou récepteur.	
<b>2. Circuits linéaires.</b>	<p><i>Un comportement linéaire est décrit par une équation différentielle linéaire à coefficients constants.</i></p>
Dipôles modèles R, L, C.	<p><i>On affirme la relation <math>q = Cu</math> entre charge du condensateur et tension à ses bornes qui sera établie dans le cours d'électromagnétisme ; on établit ensuite la relation <math>i = dq/dt</math> à partir de la conservation de la charge.</i></p> <p><i>On affirme de même pour une bobine en convention</i></p>

*récepteur la relation  $u = r i + L di/dt$  qui sera établie en deuxième année où seront aussi étudiés les circuits couplés par mutuelle.*

Association des résistances en série, en parallèle.

*A cette occasion on introduit les outils diviseur de tension et diviseur de courant.*

Aspects énergétiques : énergie emmagasinée dans un condensateur et dans une bobine, puissance dissipée dans une résistance (effet Joule).

Modélisations linéaires d'un dipôle actif : générateur de courant (représentation de Norton) et générateur de tension (représentation de Thévenin) ; équivalence entre les deux modélisations.

*On se limite à des circuits à petit nombre de mailles. Outre la loi des nœuds et la loi des mailles, on utilise les outils diviseur de tension, diviseur de courant, équivalence entre les modèles de Thévenin et de Norton. On se limite à des situations ne comportant pas de sources liées ainsi qu'à des situations pour lesquelles la détermination des éléments des modèles de Thévenin et de Norton est immédiate.*

Étude des circuits RC série, RL série, RLC série soumis à un échelon de tension.

*L'objectif est d'aborder l'étude de ces systèmes simples en s'appuyant les solutions analytiques des équations différentielles et en déterminant les constantes à partir des paramètres du circuit et des conditions initiales.*

*À cette occasion, on habitue les étudiants à trouver dans le problème des grandeurs physiques caractéristiques qui permettent d'aboutir à une réduction canonique, en vue d'un traitement numérique éventuel ou du rapprochement avec un autre phénomène physique analogue. Une fois que le circuit RLC série en régime transitoire et l'oscillateur harmonique amorti ont tous deux été traités, on insiste sur le fait qu'un même squelette algébrique conduit à une analyse analogue pour des situations physiques a priori très différentes.*

## II. APPROCHE EXPÉRIMENTALE

### A) Formation des images optiques

L'objectif de cette partie est de maîtriser les applications pratiques de l'optique géométrique dans les conditions de Gauss. À l'exception du cours d'optique géométrique, cette rubrique est traitée au laboratoire, en TP ou en TP-COURS, et conduit les étudiants à se familiariser avec des montages simples. De cette approche expérimentale, complétée avantageusement par l'utilisation de logiciels de simulation, on dégage et on énonce quelques lois générales. Le caractère de cet enseignement donne inévitablement au professeur l'occasion de faire observer des phénomènes, tels les aberrations, dont le traitement est hors programme ; on se borne dans ces conditions à leur observation, en l'accompagnant éventuellement d'un bref commentaire, mais on ne cherche en aucun cas à en rendre compte de façon théorique.

La rédaction des rubriques TP-COURS est détaillée car elle constitue un ensemble de compétences exigibles. En revanche, les thèmes de TP ne sont que des propositions ; le contenu et l'organisation des TP relèvent de l'initiative pédagogique du professeur en ne faisant appel qu'aux connaissances du programme de la classe.

Les outils mathématiques nécessaires sont ceux de la trigonométrie élémentaire : angles orientés, lecture des lignes trigonométriques dans un triangle rectangle, cas des petits angles.

Programme	Commentaires
<b>1. Cours : formation des images dans les conditions de Gauss.</b>	
Notion de rayon lumineux.	<i>On se limite à une présentation qualitative de l'approximation de l'optique géométrique. Cette notion sera reprise en deuxième année à propos du cours sur la diffraction.</i>
Réfraction. Réflexion. Miroir plan.	<i>Les lois de Descartes sont présentées comme des lois d'origine expérimentale. On évite à ce stade tout exercice portant sur l'étude quantitative des trajets lumineux dans un milieu d'indice continûment variable.</i>
Miroirs sphériques et lentilles minces dans l'approximation de Gauss. Image réelle, image virtuelle. Relations de conjugaison et de grandissement.	<i>L'approximation de Gauss est avantageusement introduite par l'intermédiaire d'un logiciel de simulation de trajets lumineux. À cette occasion, on met en évidence les aberrations géométriques et chromatiques qui sont aussi observées en TP. Le dioptré sphérique est hors-programme. L'expression de la distance focale d'une lentille à bords sphériques en fonction de l'indice et des rayons de courbure est hors-programme. L'objectif premier est de maîtriser la construction des rayons lumineux. Le stigmatisme approché et l'aplanétisme correspondant étant admis, on montre que les constructions</i>

*géométriques permettent d'obtenir des formules de conjugaison et de grandissement.*

*Toute étude générale des systèmes centrés, des associations de lentilles minces et des systèmes catadioptriques est hors-programme, notamment la notion de plan principal et la formule de Gullstrand.*

## **2. TP-COURS : l'instrumentation optique au laboratoire.**

*La rédaction des rubriques TP-COURS est détaillée car elle constitue un ensemble de compétences exigibles. Le but poursuivi est de maîtriser la mise en œuvre des montages qui seront notamment utilisés en optique ondulatoire en seconde année.*

a) Présentation des appareils usuels.

Sources de lumière : lampes spectrales, sources de lumière blanche, laser.

Lentilles minces, miroirs sphériques et plans. Banc d'optique.

Collimateur. Viseurs. Oculaires.

Lunette autocollimatrice.

Goniomètre.

*Aucune connaissance sur les sources de lumière, notamment les mécanismes d'émission n'est exigible.*

*On sensibilise les étudiants aux causes d'erreurs dans les réglages : latitude de mise au point, parallaxe...*

b) Réglage et utilisation des appareils.

Mise en œuvre d'un objet réel ou virtuel, à distance finie ou infinie.

Centrage, alignement et réglage de hauteur.

Reconnaissance rapide du caractère convergent ou divergent d'une lentille, du caractère convexe ou concave d'un miroir sphérique ou de son caractère plan.

Réglage des oculaires, des viseurs, des lunettes autocollimatrices.

Rôle et réglage d'un collimateur.

*À l'occasion de cette étude, on dégage le rôle de l'œil : processus d'accommodation, distance minimale de vision distincte, limite de résolution angulaire et vision de détails, champ visuel, profondeur de champ. Aucune question ne peut porter sur l'œil.*

*On insiste sur le fait que l'étendue transversale d'un objet ou d'une image à l'infini est caractérisée par un angle.*

*On insiste sur les contraintes de distance objet-image et de grandissement linéaire pour le choix des lentilles de projection..*

Observation des images réelles ou virtuelles au viseur. Mesures de distances longitudinales.

Projection : obtention d'une image réelle à partir d'un objet réel.

*Le réglage de la perpendicularité de l'axe de rotation de la plate-forme et de l'axe optique de la lunette n'est pas exigible. Le réglage de la perpendicularité des normales aux faces du prisme à l'axe de rotation de la plate-forme n'est pas exigible.*

Réglage d'un goniomètre. Mesures d'angles.