

On présente ici les capacités exigibles du programme de PCSI.

Comment l'utiliser ? Prendre une à une les exigences de chaque partie et s'interroger : ai-je acquis cette capacité ? Puis-je la restituer ? Il permet de rédiger son résumé du cours de PCSI.

Chaque thème est associé à une notation qui sera utilisée pour classer les cours de PC. Dans cette première partie du référentiel, on trouvera : PO Physique des Ondes , OG Optique géométrique, EL Electrocinétique, MP Mécanique du point, MS Mécanique du solide et MQ Monde quantique.

### A) PO Physique des ondes

**1. Oscillateur harmonique** Établir et reconnaître l'équation différentielle qui caractérise un oscillateur harmonique. La résoudre compte tenu des conditions initiales. Caractériser le mouvement en utilisant les notions d'amplitude, de phase, de période, de fréquence, de pulsation. Contrôler la cohérence de la solution obtenue avec la conservation de l'énergie mécanique, l'expression de l'énergie potentielle élastique étant donnée.

**2. Propagation d'un signal** Identifier les grandeurs physiques correspondant à des signaux acoustiques, électriques, électromagnétiques. Citer quelques ordres de grandeur de fréquences dans les domaines acoustiques et électromagnétiques

**a- Onde progressive dans le cas d'une propagation unidimensionnelle linéaire non dispersive.**

Célérité, retard temporel. Écrire les signaux sous la forme  $f(x-ct)$  ou  $g(x+ct)$ .

Écrire les signaux sous la forme  $f(t-x/c)$  ou  $g(t+x/c)$ . Prévoir dans le cas d'une onde progressive pure l'évolution temporelle à position fixée, et prévoir la forme à différents instants.

**b- Onde progressive sinusoïdale : déphasage, double périodicité spatiale et temporelle.**

Établir la relation entre la fréquence, la longueur d'onde et la célérité.

Interférences entre deux ondes acoustiques ou mécaniques de même fréquence.

Utiliser la représentation de Fresnel pour déterminer l'amplitude de l'onde résultante en un point en fonction du déphasage. Exprimer les conditions d'interférences constructives ou destructives.

**c- Battements** Calculer la fréquence et la période des battements.

**d- Ondes stationnaires mécaniques** Caractériser une onde stationnaire par l'existence de noeuds et de ventres. Exprimer les fréquences des modes propres connaissant la célérité et la longueur de la corde. Savoir qu'une vibration quelconque d'une corde accrochée entre deux extrémités fixes se décompose en modes propres.

Faire le lien avec le vocabulaire de la musique et savoir que le spectre émis par un instrument est en réalité plus complexe.

**e- Diffraction à l'infini** Utiliser la relation entre l'échelle angulaire du phénomène de diffraction et la taille caractéristique de l'ouverture. Connaître les conséquences de la diffraction sur la focalisation et sur la propagation d'un faisceau laser.

### B) OG Optique géométrique

**1- Sources lumineuses** Modèle de la source ponctuelle monochromatique. Caractériser une source lumineuse par son spectre.

**2- Indice d'un milieu transparent** Relier la longueur d'onde dans le vide et la longueur d'onde dans le milieu. Relier la longueur d'onde dans le vide et la couleur.

**3- Approximation de l'optique géométrique et notion de rayon lumineux** Définir le modèle de l'optique géométrique et indiquer ses limites.

**4- Réflexion - Réfraction** Lois de Descartes. Interpréter la loi de la réfraction à l'aide du modèle ondulatoire. Établir la condition de réflexion totale.

**5- Miroir plan** Construire l'image d'un objet, identifier sa nature réelle ou virtuelle.

**6- Conditions de Gauss** Énoncer les conditions permettant un stigmatisme approché et les relier aux caractéristiques d'un détecteur.

**7- Lentilles minces** Connaître les définitions et les propriétés du centre optique, des foyers principaux et secondaires, de la distance focale, de la vergence. Construire l'image d'un objet situé à distance finie ou infinie à l'aide de rayons lumineux. Exploiter les formules de conjugaison et de grandissement transversal fournies (Descartes, Newton). Choisir de façon pertinente dans un contexte donné la formulation (Descartes ou Newton) la plus adaptée. Établir et connaître la condition pour former l'image réelle d'un objet réel par une lentille convergente.

**8- L'oeil** Modéliser l'oeil comme l'association d'une lentille de vergence variable et d'un capteur fixe. Connaître les ordres de grandeur de la limite de résolution angulaire et de la plage d'accommodation.

### **C) EL Electrocinétique (Circuits électriques dans l'ARQS)**

**1- Charge électrique, intensité du courant** Savoir que la charge électrique est quantifiée. Exprimer l'intensité du courant électrique en termes de débit de charge. Exprimer la condition d'application de l'ARQS en fonction de la taille du circuit et de la fréquence. Relier la loi des noeuds au postulat de la conservation de la charge.

**2- Potentiel, référence de potentiel, tension** Définir les notions. Utiliser la loi des mailles. Algébriser les grandeurs électriques et utiliser les conventions récepteur et générateur.

**3- Puissance** Définir la notion. Citer les ordres de grandeur des intensités et des tensions dans différents domaines d'application.

**4- Dipôles : résistances, condensateurs, bobines, sources décrites par un modèle linéaire** Utiliser les relations entre l'intensité et la tension. Citer les ordres de grandeurs des composants R, L, C. Exprimer la puissance dissipée par effet Joule dans une résistance. Exprimer l'énergie stockée dans un condensateur ou une bobine. Modéliser une source non idéale en utilisant la représentation de Thévenin.

**5- Association de deux résistances** Remplacer une association série ou parallèle de deux résistances par une résistance équivalente. Établir et exploiter les relations de diviseurs de tension ou de courant.

**6- Résistance de sortie, résistance d'entrée** Étudier l'influence de ces résistances sur le signal délivré par un GBF, sur la mesure effectuée par un oscilloscope ou un multimètre.

**7- Caractéristique d'un dipôle. Point de fonctionnement** Étudier la caractéristique d'un dipôle pouvant être éventuellement non-linéaire et mettre en oeuvre un capteur dans un dispositif expérimental.

**8- Circuit linéaire du premier ordre** Régime libre, réponse à un échelon. Distinguer, sur un relevé expérimental, régime transitoire et régime permanent au cours de l'évolution d'un système du premier ordre soumis à un échelon. Interpréter et utiliser les continuités de la tension aux bornes d'un condensateur ou de l'intensité dans une bobine. Établir l'équation différentielle du premier ordre vérifiée par une grandeur électrique dans un circuit comportant une ou deux mailles. Prévoir l'évolution du système, avant toute résolution de l'équation différentielle, à partir d'une analyse s'appuyant sur une représentation graphique de la dérivée temporelle de la grandeur en fonction de cette grandeur. Déterminer analytiquement la réponse temporelle dans le cas d'un régime libre ou d'un échelon. Déterminer un ordre de grandeur de la durée du régime transitoire.

**9- Stockage et dissipation d'énergie** Réaliser des bilans énergétiques.

**10- Oscillateurs amortis** Circuit RLC série et oscillateur mécanique amorti par frottement visqueux. Analyser, sur des relevés expérimentaux, l'évolution de la forme des régimes transitoires en fonction des paramètres caractéristiques. Prévoir l'évolution du système à partir de considérations énergétiques. Prévoir l'évolution du système en utilisant un portrait de phase fourni. Écrire sous forme canonique l'équation différentielle afin d'identifier la pulsation propre et le facteur de qualité.

Connaître la nature de la réponse en fonction de la valeur du facteur de qualité. Déterminer la réponse détaillée dans le cas d'un régime libre ou d'un système soumis à un échelon en recherchant les racines du polynôme caractéristique. Déterminer un ordre de grandeur de la durée du régime transitoire, selon la valeur du facteur de qualité.

**11- Régime sinusoïdal forcé, impédances complexes** Établir et connaître l'impédance d'une résistance, d'un condensateur, d'une bobine en régime harmonique. Association de deux impédances. Remplacer une association série ou parallèle de deux impédances par une impédance équivalente.

**12- Oscillateur électrique ou mécanique soumis à une excitation sinusoïdale** Résonance. Utiliser la construction de Fresnel et la méthode des complexes pour étudier le régime forcé. Relier l'acuité d'une résonance forte au facteur de qualité. Déterminer la pulsation propre et le facteur de qualité à partir de graphes expérimentaux d'amplitude et de phase.

**13 - Filtrage linéaire** Signaux périodiques. Savoir que l'on peut décomposer un signal périodique en une somme de fonctions sinusoïdales. Définir la valeur moyenne et la valeur efficace. Établir par le calcul la valeur efficace d'un signal sinusoïdal. Savoir que le carré de la valeur efficace d'un signal périodique est la somme des carrés des valeurs efficaces de ses harmoniques.

**14- Fonction de transfert harmonique** Diagramme de Bode. Utiliser une fonction de transfert donnée d'ordre 1 ou 2 et ses représentations graphiques pour conduire l'étude de la réponse d'un système linéaire à une excitation sinusoïdale, à une somme finie d'excitations sinusoïdales, à un signal périodique. Utiliser les échelles logarithmiques et interpréter les zones rectilignes des diagrammes de Bode d'après l'expression de la fonction de transfert. Notion de gabarit. Modèles simples de filtres passifs : passe-bas et passe-haut d'ordre 1, passe-bas et passe-bande d'ordre 2. Établir le gabarit d'un filtre en fonction du cahier des charges. Expliciter les conditions d'utilisation d'un filtre afin de l'utiliser comme moyenneur, intégrateur, ou dérivateur. Comprendre l'intérêt, pour garantir leur fonctionnement lors de mises en cascade, de réaliser des filtres de tension de faible impédance de sortie et forte impédance d'entrée.

## **D) MP Mécanique du point**

**1- Description et paramétrage du mouvement d'un point** Espace et temps classiques. Référentiel d'observation. Caractère relatif du mouvement. Description d'un mouvement. Vecteur-position, vecteur-vitesse, vecteur-accélération. Systèmes de coordonnées cartésiennes, cylindriques et sphériques. Établir les expressions des composantes du vecteur-position, du vecteur-vitesse et du vecteur accélération dans le seul cas des coordonnées cartésiennes et cylindriques. Choisir un système de coordonnées adapté au problème posé. Situer qualitativement la direction du vecteur-accélération dans la concavité d'une trajectoire plane.

**2- Quantité de mouvement** Quantité de mouvement d'un point et d'un système de points. Lien avec la vitesse du centre d'inertie d'un système fermé.

**3- Forces** Principe des actions réciproques. Établir un bilan des forces sur un système, ou plusieurs systèmes en interaction et en rendre compte sur une figure.

**4- Loi de la quantité de mouvement dans un référentiel galiléen** Référentiel galiléen. Principe de l'inertie. Décrire le mouvement relatif de deux référentiels galiléens. Déterminer les équations du mouvement d'un point matériel ou du centre d'inertie d'un système fermé. Mouvement dans le champ de pesanteur uniforme. Mettre en équation le mouvement sans frottement et le caractériser comme un mouvement à vecteur-accélération constant.

**5- Approche énergétique du mouvement d'un point matériel** Puissance et travail d'une force. Reconnaître le caractère moteur ou résistant d'une force. Savoir que la puissance dépend du référentiel. Loi de l'énergie cinétique et loi de la puissance cinétique dans un référentiel galiléen. Utiliser la loi appropriée en fonction du contexte.

**6- Énergie potentielle. Énergie mécanique** Établir et connaître les expressions des énergies potentielles de pesanteur (champ uniforme), énergie potentielle gravitationnelle (champ créé par un astre ponctuel), énergie potentielle élastique, énergie électrostatique (champ uniforme et champ créé par une charge

ponctuelle). Mouvement conservatif. Mouvement conservatif à une dimension. Distinguer force conservative et force non conservative. Reconnaître les cas de conservation de l'énergie mécanique. Utiliser les conditions initiales. Déduire d'un graphe d'énergie potentielle le comportement qualitatif : trajectoire bornée ou non, mouvement périodique, positions de vitesse nulle. Expliquer qualitativement le lien entre le profil d'énergie potentielle et le portrait de phase.

**7- Positions d'équilibre. Stabilité** Déduire d'un graphe d'énergie potentielle l'existence de positions d'équilibre, et la nature stable ou instable de ces positions. Petits mouvements au voisinage d'une position d'équilibre stable, approximation locale par un puits de potentiel harmonique. Identifier cette situation au modèle de l'oscillateur harmonique.

**8- Barrière de potentiel** Évaluer l'énergie minimale nécessaire pour franchir la barrière.

**9- Mouvement de particules chargées dans des champs électrique et magnétique, uniformes et Stationnaires** Force de Lorentz exercée sur une charge ponctuelle ; champs électrique et magnétique. Évaluer les ordres de grandeur des forces électrique ou magnétique et les comparer à ceux des forces gravitationnelles. Puissance de la force de Lorentz. Savoir qu'un champ électrique peut modifier l'énergie cinétique d'une particule alors qu'un champ magnétique peut courber la trajectoire sans fournir d'énergie à la particule. Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrostatique uniforme. Mettre en équation le mouvement et le caractériser comme un mouvement à vecteur-accélération constant. Effectuer un bilan énergétique pour calculer la vitesse d'une particule chargée accélérée par une différence de potentiel. Citer une application Mouvement circulaire d'une particule chargée dans un champ magnétostatique uniforme dans le cas où le vecteur-vitesse initial est perpendiculaire au champ magnétique. Déterminer le rayon de la trajectoire sans calcul en admettant que celle-ci est circulaire.

**9- Moment cinétique** Moment cinétique d'un point matériel par rapport à un point et par rapport à un axe orienté. Relier la direction et le sens du vecteur moment cinétique aux caractéristiques du mouvement. Moment cinétique d'un système discret de points par rapport à un axe orienté. Maîtriser le caractère algébrique du moment cinétique scalaire.

**10- Moment d'une force par rapport à un point ou un axe orienté** Couple. Liaison pivot. Notions simples sur les moteurs ou freins dans les dispositifs rotatifs. Calculer le moment d'une force par rapport à un axe orienté en utilisant le bras de levier.

**11- Loi du moment cinétique en un point fixe dans un référentiel galiléen** Reconnaître les cas de conservation du moment cinétique.

**12- Mouvements dans un champ de force centrale conservatif** Point matériel soumis à un seul champ de force centrale. Déduire de la loi du moment cinétique la conservation du moment cinétique. Connaître les conséquences de la conservation du moment cinétique : mouvement plan, loi des aires. Énergie potentielle effective. État lié et état de diffusion. Exprimer la conservation de l'énergie mécanique et construire une énergie potentielle effective. Décrire qualitativement le mouvement radial à l'aide de l'énergie potentielle effective. Relier le caractère borné à la valeur de l'énergie mécanique. Établir la troisième loi de Kepler dans le cas particulier de la trajectoire circulaire. Exploiter sans démonstration sa généralisation au cas d'une trajectoire elliptique. Satellite géostationnaire. Calculer l'altitude du satellite et justifier sa localisation dans le plan équatorial. Énergie mécanique dans le cas du mouvement circulaire puis dans le cas du mouvement elliptique. Exprimer l'énergie mécanique pour le mouvement circulaire. Exprimer l'énergie mécanique pour le mouvement elliptique en fonction du demi-grand axe. Vitesses cosmiques : vitesse en orbite basse et vitesse de libération. Exprimer ces vitesses et connaître leur ordre de grandeur en dynamique terrestre.

### E) MS Mécanique du solide

#### 1- Description du mouvement d'un solide dans deux cas particuliers

Définition d'un solide. Différencier un solide d'un système déformable. Translation. Reconnaître et décrire une translation rectiligne, une translation circulaire. Rotation autour d'un axe fixe. Décrire la trajectoire d'un point quelconque du solide et exprimer sa vitesse en fonction de sa distance à l'axe et de la vitesse angulaire.

**2- Loi de la quantité de mouvement** Loi de la quantité de mouvement dans un référentiel galiléen. Déterminer les équations du mouvement du centre d'inertie.

**3- Moment cinétique** Cas du solide en rotation autour d'un axe : moment d'inertie.

Exploiter la relation pour le solide entre le moment cinétique scalaire, la vitesse angulaire de rotation et le moment d'inertie fourni. Relier qualitativement le moment d'inertie à la répartition des masses.

**4- Moment d'une force par rapport à un axe orienté** Couple. Liaison pivot. Notions simples sur les moteurs ou freins dans les dispositifs rotatifs. Calculer le moment d'une force par rapport à un axe orienté en utilisant le bras de levier. Définir un couple. Définir une liaison pivot et justifier le moment qu'elle peut produire. Savoir qu'un moteur ou un frein contient nécessairement un stator pour qu'un couple puisse s'exercer sur le rotor.

**5- Loi scalaire du moment cinétique appliquée au solide en rotation autour d'un axe fixe orienté dans un référentiel galiléen.** Pendule de torsion. Établir l'équation du mouvement. Expliquer l'analogie avec l'équation de l'oscillateur harmonique. Établir une intégrale première du mouvement. Pendule pesant. Établir l'équation du mouvement. Expliquer l'analogie avec l'équation de l'oscillateur harmonique. Établir une intégrale première du mouvement.

**6- Approche énergétique du mouvement d'un solide en rotation autour d'un axe fixe orienté, dans un référentiel galiléen** Énergie cinétique d'un solide en rotation.

### F) MQ Introduction au monde quantique

**1- Dualité onde-particule pour la lumière et la matière Relations de Planck-Einstein et de Louis de Broglie** Évaluer des ordres de grandeurs typiques intervenant dans des phénomènes quantiques.

**2- Interprétation probabiliste associée à la fonction d'onde : approche qualitative** Interpréter une expérience d'interférences (matière ou lumière) « particule par particule » en termes probabilistes

**3- Inégalité de Heisenberg spatiale** À l'aide d'une analogie avec la diffraction des ondes lumineuses, établir l'inégalité en ordre de grandeur :

**4- Énergie minimale de l'oscillateur harmonique quantique** Établir le lien entre confinement spatial et énergie minimale (induit par l'inégalité de Heisenberg spatiale).

**5- Quantification de l'énergie d'une particule libre confinée 1D** Obtenir les niveaux d'énergie par analogie avec les modes propres d'une corde vibrante. Établir le lien qualitatif entre confinement spatial et la quantification.