
PROGRAMME DE PHYSIQUE

SECTIONS MP et PT

PREMIÈRE ANNÉE

FORMATION DISCIPLINAIRE

A. PREMIER SEMESTRE

I. SIGNAUX PHYSIQUES

1. PROPAGATION D'UN SIGNAL

NOTIONS ET CONTENUS	CAPACITES EXIGIBLES
Exemples de signaux, spectre.	<i>Identifier les grandeurs physiques correspondant à des signaux acoustiques, électriques, électromagnétiques.</i> <i>Réaliser l'analyse spectrale d'un signal ou sa synthèse.</i> <i>Citer quelques ordres de grandeur de fréquences dans les domaines acoustiques et électromagnétiques.</i>
Onde progressive dans le cas d'une propagation unidimensionnelle linéaire non dispersive, célérité, retard temporel.	<i>Écrire les signaux sous la forme $f(x-ct)$ ou $g(x+ct)$.</i> <i>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.</i>
Onde progressive sinusoïdale : déphasage, double périodicité spatiale et temporelle.	<i>Établir la relation entre la fréquence, la longueur d'onde et la célérité.</i> <i>Mesurer la célérité, la longueur d'onde et le déphasage dû à la propagation d'un phénomène ondulatoire.</i>
Interférences entre deux ondes acoustiques ou mécaniques de même fréquence.	<i>Mettre en œuvre un dispositif expérimental pour visualiser le phénomène d'interférences de deux ondes.</i> <i>Utiliser la représentation de Fresnel pour déterminer l'amplitude de l'onde résultante en un point en fonction du déphasage.</i> <i>Exprimer les conditions d'interférences constructives ou destructives.</i>
Ondes stationnaires mécaniques.	<i>Décrire une onde stationnaire observée par stroboscopie sur la corde de Melde.</i> <i>Caractériser une onde stationnaire par l'existence de nœuds et de ventres.</i>

	<p><i>Exprimer les fréquences des modes propres connaissant la célérité et la longueur de la corde.</i></p> <p><i>Savoir qu'une vibration quelconque d'une corde accrochée entre deux extrémités fixes se décompose en modes propres.</i></p> <p><i>Mettre en œuvre un dispositif expérimental permettant d'analyser le spectre du signal acoustique produit par une corde vibrante.</i></p>
Diffraction à l'infini.	<p><i>Utiliser la relation $\sin\theta \approx \lambda/d$ (dans le cas d'une incidence normale) entre l'échelle angulaire du phénomène de diffraction et la taille caractéristique de l'ouverture.</i></p> <p><i>(Aucun développement mathématique n'est demandé).</i></p> <p><i>Connaître les conséquences de la diffraction sur la focalisation et sur la propagation d'un faisceau laser (divergence du faisceau laser loin de la source, longueur de Rayleigh).</i></p> <p><i>Choisir les conditions expérimentales permettant de mettre en évidence le phénomène de diffraction en optique ou en mécanique (exemple : diffraction d'une onde de surface dans le cas d'une cuve à onde).</i></p>

2. OPTIQUE GEOMETRIQUE

NOTIONS ET CONTENUS	CAPACITES EXIGIBLES
<p>Sources lumineuses.</p> <p>Présenter les différentes sources lumineuses : source thermique, source spectrale, laser</p> <p>Modèle de la source ponctuelle monochromatique.</p>	<p><i>Caractériser une source lumineuse par son spectre.</i></p> <p><i>Décrire qualitativement le mécanisme d'émission de chaque source. Citer en particulier les différentes causes de l'élargissement spectral de la source.</i></p> <p><i>Commentaire : la source ponctuelle monochromatique n'est qu'un modèle parfait</i></p>
Indice optique d'un milieu transparent.	<p><i>Relier la longueur d'onde dans le vide et la longueur d'onde dans le milieu.</i></p> <p><i>Relier la longueur d'onde dans le vide et la couleur.</i></p>
Approximation de l'optique géométrique et notion de rayon lumineux.	<p><i>Définir le modèle de l'optique géométrique et indiquer ses limites.</i></p> <p><i>Définir les notions d'objet et d'image par un système optique quelconque.</i></p>
Réflexion - Réfraction. Lois de Descartes.	<p><i>Établir la condition de réflexion totale.</i></p> <p><i>Application des lois de Descartes sur un prisme de faible angle au sommet dans le but d'établir l'expression de l'angle de déviation.</i></p>
Miroir plan.	<i>Construire l'image d'un objet, identifier sa nature réelle ou virtuelle.</i>
Conditions de Gauss.	<i>Énoncer les conditions permettant un stigmatisme et un aplanétisme approchés et les relier aux caractéristiques d'un détecteur (limitation de la résolution en pixel du détecteur).</i>
Lentilles minces.	<i>Connaître les définitions et les propriétés du centre optique, des</i>

	<p>foyers principaux et secondaires (plans focaux), de la distance focale, de la vergence.</p> <p>Construire l'image d'un objet situé à distance finie ou infinie à l'aide de rayons lumineux.</p> <p>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.</p> <p>Établir et connaître la condition $D \geq 4f'$ pour former l'image réelle d'un objet réel par une lentille convergente.</p> <p>Modéliser expérimentalement à l'aide de plusieurs lentilles un dispositif optique d'utilisation courante (lunette astronomique ou autre).</p> <p>Approche documentaire : en comparant des images produites par un appareil photographique numérique, discuter l'influence de la focale, de la durée d'exposition, du diaphragme sur la formation de l'image.</p>
L'œil.	<p>Modéliser l'œil comme l'association d'une lentille de vergence variable et d'un capteur fixe.</p> <p>Connaître les ordres de grandeur de la limite de résolution angulaire et de la plage d'accommodation.</p> <p>Connaître les défauts de l'œil et les corrections apportées.</p>

II. ELECTRODYNAMIQUE

Dans cette partie on se limitera à l'utilisation des lois de Kirchoff, diviseur de tension et de courant, théorème de Milleman et la représentation de Thévenin et Norton pour les générateurs.

Les théorèmes de Thévenin et Norton sont hors programme.

1. CIRCUIT LINEAIRE DU PREMIER ORDRE

NOTIONS ET CONTENUS	CAPACITES EXIGIBLES
Régime libre, réponse à un échelon.	Établir l'équation différentielle du premier ordre vérifiée par une grandeur électrique dans un circuit comportant une ou deux

Stockage et dissipation d'énergie.	Réaliser des bilans énergétiques.

2. OSCILLATEURS AMORTIS

NOTIONS ET CONTENUS	CAPACITES EXIGIBLES
Circuit RLC série et oscillateur mécanique amorti par frottement visqueux.	<p>Mettre en évidence la similitude des comportements des oscillateurs mécanique et électronique.</p> <p>Réaliser l'acquisition d'un régime transitoire du deuxième ordre et analyser ses caractéristiques.</p> <p>Analyser, sur des relevés expérimentaux, l'évolution de la forme des régimes transitoires en fonction des paramètres caractéristiques.</p> <p>Prévoir l'évolution du système à partir de considérations énergétiques.</p> <p>Prévoir l'évolution du système en utilisant un portrait de phase fourni.</p> <p>Écrire sous forme canonique l'équation différentielle afin d'identifier la pulsation propre et le facteur de qualité.</p> <p>Connaître la nature de la réponse en fonction de la valeur du facteur de qualité.</p> <p>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.</p> <p>Déterminer un ordre de grandeur de la durée du régime transitoire, selon la valeur du facteur de qualité.</p>
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.
Impédance de sortie, impédance d'entrée.	<p>Étudier l'influence de ces impédances (résistances) sur le signal délivré par un GBF, sur la mesure effectuée par un oscilloscope ou un multimètre.</p> <p>Évaluer les grandeurs à l'aide d'une notice ou d'un appareil afin d'appréhender les conséquences de leurs valeurs sur le fonctionnement d'un circuit.</p>
Oscillateur électrique ou mécanique soumis à une excitation sinusoïdale. Résonance.	<p>Mettre en œuvre un dispositif expérimental autour du phénomène de résonance.</p> <p>Utiliser la construction de Fresnel et la méthode des complexes pour étudier le régime forcé en intensité ou en vitesse.</p> <p>Déterminer la pulsation propre et le facteur de qualité à partir de graphes expérimentaux d'amplitude et de phase dans le cas de la résonance en intensité ou en vitesse.</p>

À l'aide d'un outil de résolution numérique, mettre en évidence le rôle du facteur de qualité pour l'étude de la résonance en élongation.

Relier l'acuité d'une résonance forte au facteur de qualité.

3. FILTRAGE LINEAIRE

NOTIONS ET CONTENUS	CAPACITES EXIGIBLES
Signaux périodiques.	<p>Savoir que l'on peut décomposer un signal périodique en une somme de fonctions sinusoïdales.</p> <p>Définir la valeur moyenne et la valeur efficace. Etablir par le calcul la valeur efficace d'un signal sinusoïdal.</p>
Fonction de transfert harmonique. Diagramme de Bode.	<p>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 un signal à une ou deux composantes spectrales.</p> <p>Mettre en œuvre un dispositif expérimental illustrant l'utilité des fonctions de transfert pour un système linéaire à un ou plusieurs étages.</p> <p>Utiliser les échelles logarithmiques et interpréter les zones rectilignes des diagrammes de Bode d'après l'expression de la fonction de transfert.</p>
Modèles simples de filtres passifs : passe-bas et passe-haut d'ordre 1, passe-bas et passe-bande d'ordre 2.	<p>Expliciter les conditions d'utilisation d'un filtre afin de l'utiliser comme moyenneur, intégrateur, ou dérivateur.</p> <p>Approche documentaire : expliquer la nature du filtrage introduit par un dispositif mécanique (sismomètre, amortisseur, accéléromètre...).</p>

III. MECANIQUE

1. DESCRIPTION ET PARAMETRAGE DU MOUVEMENT D'UN POINT MATERIEL

NOTIONS ET CONTENUS	CAPACITES EXIGIBLES
<p>Espace et temps classiques, Référentiel d'observation.</p> <p>Caractère relatif du mouvement.</p> <p>Description d'un mouvement. Vecteur-position, vecteur- vitesse, vecteur-accélération.</p>	<p>Déterminer l'évolution temporelle des vecteurs vitesse et accélération à partir d'expériences simples ou d'un enregistrement vidéo.</p>
<p>Systèmes de coordonnées cartésiennes, cylindriques (et polaires) et sphériques.</p>	<p>Exprimer à partir d'un schéma le déplacement élémentaire dans les différents systèmes de coordonnées.</p> <p>Etablir les expressions des composantes du vecteur-position, vecteur-vitesse et vecteur-accélération dans les seuls cas des coordonnées cartésiennes et cylindriques</p> <p>Choisir un système de coordonnées adapté au problème posé.</p>

Exemples de mouvements :	
Exemple 1 : Mouvement rectiligne de vecteur accélération constant.	<i>Exprimer la vitesse et la position en fonction du temps. Obtenir la trajectoire en coordonnées cartésiennes.</i>
Exemple 2 : Mouvement circulaire uniforme et non-uniforme	<i>Exprimer les composantes du vecteur-position, du vecteur-vitesse et du vecteur-accélération en coordonnées polaires planes. Identifier les liens entre les composantes du vecteur accélération, la courbure de la trajectoire, la norme du vecteur-vitesse et sa variation temporelle. Situer qualitativement la direction du vecteur-accélération dans la concavité d'une trajectoire plane.</i>

2. DYNAMIQUE DU POINT MATERIEL

NOTIONS ET CONTENUS	CAPACITES EXIGIBLES
Forces. Principe des actions réciproques.	<i>Etablir un bilan des forces sur un système, ou plusieurs systèmes en interaction et en rendre compte sur une figure. Proposer un protocole expérimental d'étudier une loi de force.</i>
Quantité de mouvement d'un point matériel et d'un système de points. Lien avec la vitesse du centre d'inertie d'un système fermé.	<i>Etablir l'expression de la quantité de mouvement d'un système restreint au cas de deux points sous la forme $\vec{p} = m\vec{v}(G)$.</i>
Référentiel galiléen. Principe de l'inertie.	<i>Décrire le mouvement relatif de deux référentiels galiléens.</i>
Loi de la quantité de mouvement dans un référentiel galiléen.	<i>Déterminer les équations du mouvement d'un point matériel.</i>
Moment cinétique. Théorème du moment cinétique dans un référentiel galiléen. Loi de conservation du moment cinétique.	
Mouvement dans le champ de pesanteur uniforme.	<i>Mettre en équation le mouvement sans frottement et le caractériser comme un mouvement à vecteur-accélération constant.</i>
Exemples	
Exemple 1 : poussée d'Archimède	<i>Exploiter la loi d'Archimède.</i>
Exemple 2 : influence de la résistance de l'air.	<i>Approche numérique : Etude d'une situation réelle par voie de simulation numérique (prendre en compte la traînée pour modéliser une situation réelle). Exploiter un portrait de phase. Approche numérique : exploiter une équation différentielle sans la résoudre analytiquement : analyse en ordres de grandeurs, détermination de la vitesse limite, utilisation des résultats fournis par un logiciel d'intégration numérique-</i>
Exemple 3 : pendule simple.	<i>Établir l'équation du mouvement du pendule simple. Justifier l'analogie avec l'oscillateur harmonique dans le cadre de l'approximation linéaire.</i>

Établir l'équation du portrait de phase (intégrale première) dans ce cadre et le tracer.

3. APPROCHE ENERGETIQUE DU MOUVEMENT D'UN POINT MATERIEL

NOTIONS ET CONTENUS	CAPACITES EXIGIBLES
Puissance et travail d'une force.	<i>Reconnaître le caractère moteur ou résistant d'une force. Savoir que la puissance dépend du référentiel.</i>
Loi de l'énergie cinétique et loi de la puissance cinétique dans un référentiel galiléen.	<i>Utiliser la loi appropriée en fonction du contexte.</i>
Énergie potentielle. Théorème de l'énergie mécanique.	<i>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).</i>
Force conservative et force non conservative.	<i>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.</i>
Positions d'équilibre. Stabilité.	<i>Déduire d'un graphe d'énergie potentielle l'existence de positions d'équilibre, et la nature stable ou instable de ces positions.</i>
Petits mouvements au voisinage d'une position d'équilibre stable, approximation locale par un puits de potentiel harmonique.	<i>Identifier cette situation au modèle de l'oscillateur harmonique. Approche numérique : Mettre en évidence les effets non linéaires à l'aide des résultats fournis par voie de simulation numérique.</i>
Barrière de potentiel.	<i>Évaluer l'énergie minimale nécessaire pour franchir la barrière.</i>

4. MOUVEMENT DE PARTICULES CHARGÉES DANS DES CHAMPS ÉLECTRIQUE ET MAGNÉTIQUE, UNIFORMES ET STATIONNAIRES

NOTIONS ET CONTENUS	CAPACITES EXIGIBLES
Force de Lorentz exercée sur une charge ponctuelle ; champs électrique et magnétique.	<i>Évaluer les ordres de grandeur des forces électrique ou magnétique et les comparer à ceux des forces gravitationnelles.</i>
Puissance de la force de Lorentz.	<i>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.</i>
Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrostatique uniforme.	<i>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</i>

	<i>particule chargée accélérée par une différence de potentiel.</i>
Mouvement circulaire d'une particule chargée dans un champ magnétostatique uniforme dans le cas où le vecteur-vitesse initial est perpendiculaire au champ magnétique.	<p><i>Déterminer le rayon de la trajectoire sans calcul en admettant que celle-ci est circulaire.</i></p> <p>Approche documentaire : analyser des documents scientifiques montrant les limites relativistes en s'appuyant sur les expressions fournies de l'énergie cinétique $E_c = (\gamma - 1)mc^2$ et de la quantité de mouvement $p = \gamma mv$</p>

5. MOUVEMENTS DANS UN CHAMP DE FORCE CENTRALE CONSERVATIF

NOTIONS ET CONTENUS	CAPACITES EXIGIBLES
Point matériel soumis à un seul champ de force centrale $\vec{F} = -\frac{k}{r^2}\vec{u}_r$.	<p><i>Déduire de la loi du moment cinétique la conservation du moment cinétique.</i></p> <p><i>Connaître les conséquences de la conservation du moment cinétique : mouvement plan, loi des aires.</i></p>
Énergie potentielle effective. État lié et état de diffusion.	<i>Exprimer la conservation de l'énergie mécanique et définir une énergie potentielle effective. Relier la nature de la trajectoire au signe de l'énergie et déduire l'expression de l'énergie correspondante au mouvement circulaire.</i>
<p>Champ newtonien.</p> <p>Cas particulier du mouvement circulaire.</p> <p>Mouvement des satellites et des planètes.</p>	<p><i>Énoncer les lois de Kepler pour les planètes et les transposer au cas des satellites terrestres.</i></p> <p><i>Montrer que le mouvement est uniforme et savoir calculer sa période.</i></p> <p><i>Établir la troisième loi de Kepler dans le cas particulier de la trajectoire circulaire. Admettre sa généralisation au cas d'une trajectoire elliptique de demi grand axe a.</i></p> <p><u><i>L'étude des coniques est hors programme.</i></u></p> <p><i>Cas particulier d'un satellite géostationnaire.</i></p>
Vitesses cosmiques : vitesse en orbite basse et vitesse de libération.	<i>Exprimer ces vitesses à partir de l'énergie et connaître leur ordre de grandeur en dynamique terrestre.</i>

5. REFERENTIELS NON GALILEENS

NOTIONS ET CONTENUS	CAPACITES EXIGIBLES
---------------------	---------------------

<p>Mouvement d'un référentiel par rapport à un autre dans les cas du mouvement de translation et du mouvement de rotation uniforme autour d'un axe fixe.</p> <p>Vecteur rotation d'un référentiel par rapport à un autre.</p> <p>Lois de composition des vitesses et des accélérations dans le cas d'une translation, et dans le cas d'une rotation uniforme autour d'un axe fixe : vitesse d'entraînement, accélérations d'entraînement et de Coriolis.</p> <p>Lois de la dynamique du point en référentiel non galiléen dans le cas où le référentiel entraîné est en translation, ou en rotation uniforme autour d'un axe fixe par rapport à un référentiel galiléen. Forces d'inertie.</p> <p>Caractère galiléen approché de quelques référentiels : référentiel de Copernic, référentiel géocentrique, référentiel terrestre.</p>	<p><i>Reconnaître et caractériser un mouvement de translation et un mouvement de rotation uniforme autour d'un axe fixe d'un référentiel par rapport à un autre.</i></p> <p><i>Déterminer le vecteur rotation d'un référentiel par rapport à un autre.</i></p> <p><i>Relier les dérivées d'un vecteur dans des référentiels différents par la formule de la dérivation composée.</i></p> <p><i>Utiliser la notion de point coïncident pour retrouver les expressions de la vitesse d'entraînement et de l'accélération d'entraînement.</i></p> <p><i>Exprimer les forces d'inerties, dans les seuls cas où le référentiel entraîné est en translation, ou en rotation uniforme autour d'un axe fixe par rapport à un référentiel galiléen.</i></p> <p><i>Décrire et interpréter les effets des forces d'inertie dans des cas concrets : sens de la force d'inertie d'entraînement dans un mouvement de translation ; caractère centrifuge de la force d'inertie d'entraînement dans le cas où le référentiel est en rotation uniforme autour d'un axe fixe par rapport à un référentiel galiléen.</i></p> <p><i>Utiliser les lois de la dynamique en référentiel non galiléen dans les seuls cas où le référentiel entraîné est en translation, ou en rotation uniforme autour d'un axe fixe par rapport à un référentiel galiléen.</i></p> <p><i>Analyser, dans une situation donnée de dynamique terrestre, les conditions qui permettent de considérer un référentiel comme galiléen.</i></p> <p><i>Citer quelques manifestations du caractère non galiléen du référentiel terrestre.</i></p>
--	--

B. DEUXIÈME SEMESTRE

IV. THERMODYNAMIQUE

1. DESCRIPTIONS MICROSCOPIQUE ET MACROSCOPIQUE D'UN SYSTEME A L'EQUILIBRE

NOTIONS ET CONTENUS	CAPACITES EXIGIBLES
Échelles macroscopique.	<i>Connaître l'ordre de grandeur de la constante d'Avogadro.</i>
Système thermodynamique.	<i>Identifier un système ouvert, un système fermé, un système isolé.</i>
État d'équilibre d'un système soumis aux seules forces de pression. Pression, température, volume, équation d'état. Grandeur extensive, grandeur intensive. Exemples d'un gaz réel aux faibles pressions et d'une phase condensée peu compressible peu dilatable.	<i>Comparer le comportement d'un gaz réel au modèle du gaz parfait sur des réseaux d'isothermes en coordonnées de Clapeyron ou d'Amagat. Variation infinitésimale d'une grandeur extensive. Connaître et utiliser l'équation d'état des gaz parfaits. Calculer une pression à partir d'une condition d'équilibre mécanique. Connaître quelques ordres de grandeur de volumes molaires ou massiques dans les conditions usuelles de pression et de température.</i>
Énergie interne d'un système. Capacité thermique à volume constant d'un gaz parfait.	<i>Définir l'énergie interne U d'un système comme la somme des énergies cinétique et potentielles microscopiques. Savoir que l'énergie interne molaire $U_m=U_m(T)$ pour un gaz parfait. Citer l'expression de l'énergie interne d'un gaz parfait monoatomique et diatomique.</i>
Énergie interne et capacité thermique à volume constant d'une phase condensée considérée incompressible et indilatable.	<i>Savoir que $U_m=U_m(T)$ pour une phase condensée incompressible et indilatable.</i>
Corps pur diphasé en équilibre. Diagramme de phases (P,T). Cas de l'équilibre liquide-vapeur : diagramme de Clapeyron (P,v), titre en vapeur.	<i>Analyser un diagramme de phase expérimental (P,T). Définition du point triple. Proposer un jeu de variables d'état suffisant pour caractériser l'état d'équilibre d'un corps pur diphasé soumis aux seules forces de pression. Indexer les diagrammes (P,T) et (P,v) (positionner les phases sur les diagrammes).. Interpréter graphiquement la différence de compressibilité entre un liquide et un gaz à partir d'isothermes expérimentales. Déterminer la composition d'un mélange diphasé en un point d'un diagramme (P,v).</i>

2. ÉNERGIE ECHANGEE PAR UN SYSTEME AU COURS D'UNE TRANSFORMATION

NOTIONS ET CONTENUS	CAPACITES EXIGIBLES
---------------------	---------------------

Transformation thermodynamique subie par un système. Transformations réversible et irréversible.	<i>Définir le système.</i> <i>Exploiter les conditions imposées par le milieu extérieur pour déterminer l'état d'équilibre final.</i> <i>On définira les différents types de transformations : isochore, isobare, monobare, isotherme, monotherme, adiabatique.</i>
Travail des forces de pression. Transformations isochore, monobare, ou quelconque.	<i>Déterminer le travail des forces de pression pour une transformation donnée en utilisant l'expression du travail élémentaire.</i> <i>Interpréter géométriquement le travail des forces de pression dans un diagramme de Clapeyron.</i>
Transfert thermique. Transformation adiabatique. Thermostat, transformations monotherme et isotherme.	<i>Identifier dans une situation expérimentale le ou les systèmes modélisables par un thermostat.</i> <i>Proposer de manière argumentée le modèle limite le mieux adapté à une situation réelle entre une transformation adiabatique et une transformation isotherme.</i>

3. PREMIER PRINCIPE. BILANS D'ENERGIE

NOTIONS ET CONTENUS	CAPACITES EXIGIBLES
Premier principe de la thermodynamique pour une transformation infinitésimale ($dU + dE_c = \delta Q + \delta W$) et pour une transformation entière ($\Delta U + \Delta E_c = Q + W$).	<i>Définir un système fermé et établir pour ce système un bilan énergétique faisant intervenir le travail W et le transfert thermique Q.</i> <i>Exploiter l'extensivité de l'énergie interne.</i> <i>Distinguer le statut de la variation de l'énergie interne du statut des termes d'échange.</i> <i>Calculer le transfert thermique Q sur un chemin donné connaissant le travail W et la variation de l'énergie interne ΔU.</i>
Enthalpie d'un système. Capacité thermique à pression constante dans le cas du gaz parfait et d'une phase condensée incompressible et indilatable.	<i>Exprimer l'enthalpie $H_m(T)$ du gaz parfait à partir de l'énergie interne.</i> <i>Comprendre pourquoi l'enthalpie H_m d'une phase condensée peu compressible et peu dilatable peut être considérée comme une fonction de l'unique variable T.</i> <i>Exprimer le premier principe sous forme de bilan d'enthalpie dans le cas d'une transformation monobare avec équilibre mécanique dans l'état initial et dans l'état final.</i> <i>Connaître l'ordre de grandeur de la capacité thermique massique de l'eau liquide.</i>
Enthalpie associée à une transition de phase : enthalpie de fusion, enthalpie de vaporisation, enthalpie de sublimation.	<i>Exploiter l'extensivité de l'enthalpie et réaliser des bilans énergétiques en prenant en compte des transitions de phases.</i>

4. DEUXIEME PRINCIPE. BILANS D'ENTROPIE

NOTIONS ET CONTENUS	CAPACITES EXIGIBLES
---------------------	---------------------

<p>Deuxième principe : fonction d'état entropie, entropie créée, entropie échangée.</p> <p>Ecriture du second principe pour une transformation infinitésimale :</p> $dS = \delta S_{ech} + \delta S_{créée}$ <p>et pour une transformation entière :</p> $S = S_{ech} + S_{créée} \text{ avec } S_{ech} = \sum Q_i/T_i .$	<p><i>Définir un système fermé et établir pour ce système un bilan entropique. Relier l'existence d'une entropie créée à une ou plusieurs causes physiques de l'irréversibilité.</i></p>
<p>Variation d'entropie d'un système.</p> <p>Loi de Laplace.</p> <p>Cas particulier d'une transition de phase.</p>	<p><i>Utiliser l'expression fournie de la fonction d'état entropie.</i></p> <p><i>Donner l'expression de l'identité thermodynamique ($dU=TdS - pdV$)</i></p> <p><i>Exploiter l'extensivité de l'entropie.</i></p> <p><i>Connaître la loi de Laplace et ses conditions d'application.</i></p> <p><i>Déterminer et utiliser la relation entre les variations d'entropie et d'enthalpie associées à une transition de phase : $\Delta h_{12}(T)=T \Delta s_{12}(T)$.</i></p>

5. SYSTEMES OUVERTS EN REGIME STATIONNAIRE

<p>Systèmes ouverts en régime stationnaire</p> <p>Premier et deuxième principes de la thermodynamique pour un système ouvert en régime stationnaire, dans le seul cas d'un écoulement unidimensionnel dans la section d'entrée et la section de sortie.</p>	<p><i>Introduire les notions de débits de masse, de volume. Définir la surface de contrôle. Ramener l'étude à un système fermé afin d'établir les relations: $\Delta h + \Delta e = w_u + q$ et $\Delta s = s_e + s_c$.</i></p>
--	---

6. MACHINES THERMIQUES

NOTIONS ET CONTENUS	CAPACITES EXIGIBLES
<p>Application du premier principe et du deuxième principe aux machines thermiques cycliques dithermes : rendement, efficacité, théorème de Carnot.</p>	<p><i>Donner le sens des échanges énergétiques pour un moteur ou un récepteur thermique ditherme.</i></p> <p><i>Analyser un dispositif concret et le modéliser par une machine cyclique ditherme.</i></p> <p><i>Définir un rendement ou une efficacité et la relier aux énergies échangées au cours d'un cycle. Justifier et utiliser le théorème de Carnot.</i></p> <p><i>Citer quelques ordres de grandeur des rendements des machines thermiques réelles actuelles (moteur à explosion ou machine frigorifique).</i></p>
<p>Exemples d'études de machines thermodynamiques réelles à l'aide de diagrammes (p,h).</p>	<p><i>Utiliser le 1er principe dans un écoulement stationnaire sous la forme $h_2-h_1=w_u+q$, pour étudier une machine thermique.</i></p> <p><i>Etudier des machines thermiques réelles à l'aide du diagramme (p,h).</i></p>

V. ÉLECTROMAGNETISME

1. ÉLECTROSTATIQUE

NOTIONS ET CONTENUS	CAPACITES EXIGIBLES
Loi de Coulomb. Champ électrostatique créé par une charge ponctuelle.	<i>Exprimer le champ électrostatique créé par une distribution discrète de charges.</i>
Champ électrostatique créé par une distribution de charges discrète : Principe de superposition.	<i>Citer quelques ordres de grandeur de champs électrostatiques.</i>
Distributions continues de charges : volumique, surfacique, linéique.	<i>Relier les densités de charges de deux types de distributions modélisant une même situation.</i>
Propriétés de symétrie et d'invariances du champ électrostatique.	<i>Identifier les plans de symétrie et d'antisymétrie d'une distribution de charges.</i> <i>Identifier les invariances d'une distribution de charges.</i> <i>Exploiter les symétries et les invariances d'une distribution de charges pour caractériser le champ électrostatique créé.</i>
Circulation du champ électrostatique. Notion de potentiel électrostatique. Opérateur gradient.	<i>Relier le champ électrostatique au potentiel.</i> <i>Exprimer le potentiel créé par une distribution discrète de charges.</i> <i>Connaitre l'expression de l'opérateur gradient en coordonnées cartésiennes.</i> <i>Calculer le champ électrostatique à partir du potentiel pour différents systèmes de coordonnées qui sont fournis notamment dans le cas des coordonnées sphériques et cylindriques.</i> <i>Calculer une différence de potentiel par circulation du champ électrostatique entre deux points dans des cas simples.</i>
Flux du champ électrostatique : Théorème de Gauss. Conditions d'application du théorème de Gauss pour déterminer l'intégralité du champ.	<i>Reconnaitre les situations pour lesquelles le champ électrostatique peut être calculé à l'aide du théorème de Gauss.</i>
Applications à la sphère, au cylindre « infini » et au plan « infini ».	<i>Établir les expressions des champs électrostatiques créés en tout point de l'espace par une sphère uniformément chargée en volume (montrer qu'à l'extérieur de cette sphère le champ est le même que celui créé par une charge ponctuelle), par un cylindre « infini » uniformément chargé en volume et par un plan « infini » uniformément chargé en surface.</i>
Étude du condensateur plan comme la superposition de deux distributions surfaciques, de charges opposées.	<i>Connaitre et établir l'expression de la capacité d'un condensateur plan dans le vide.</i>
Lignes de champ, tubes de champ, surfaces équipotentielles.	<i>Représenter les lignes de champ électrostatique créées par une distribution de charges présentant une grande symétrie.</i> <i>Représenter les surfaces équipotentielles connaissant les lignes de champ et inversement.</i> <i>Repérer dans une cartographie de lignes de champs les endroits où le champ est intense et là où il est faible.</i>

	<p>Vérifier qu'une carte de lignes de champ est compatible avec les symétries et les invariances d'une distribution.</p> <p>Approche numérique : représenter des cartes de lignes de champ et d'équipotentiels.</p>
Énergie potentielle électrostatique d'une charge placée dans un champ électrostatique extérieur.	Établir et exploiter l'expression de l'énergie potentielle d'une charge ponctuelle placée dans un champ électrostatique extérieur.
Notion de dipôle, moment dipolaire.	<p>Exprimer le moment dipolaire de deux charges.</p> <p>Donner un ordre de grandeur au niveau microscopique.</p>
Champ et potentiel créés par un dipôle.	<p>Expliciter l'approximation dipolaire.</p> <p>Donner l'allure des lignes de champ et des surfaces équipotentiels d'un dipôle électrostatique.</p> <p>Établir et exploiter les expressions du champ et du potentiel créés par un doublet dans l'approximation dipolaire.</p>
Action d'un champ électrostatique extérieur sur un dipôle : énergie potentielle d'interaction.	<p>Expliquer qualitativement le comportement d'un dipôle placé dans un champ électrostatique extérieur.</p> <p>Établir et exploiter les expressions des actions mécaniques subies par un doublet dans un champ électrostatique extérieur uniforme.</p> <p>Exploiter l'expression donnée de la force subie par un dipôle placé dans un champ électrostatique extérieur non uniforme.</p> <p>Connaître et exploiter l'expression de l'énergie potentielle d'interaction.</p>
Analogies avec la gravitation.	Utiliser le théorème de Gauss de la gravitation.

2. MAGNETOSTATIQUE

La loi de Biot et Savart et hors programme.

NOTIONS ET CONTENUS	CAPACITES EXIGIBLES
Vecteur densité de courant volumique.	Calculer l'intensité du courant électrique traversant une surface orientée.
Symétries et invariances du champ magnétostatique.	<p>Identifier les plans de symétrie et d'antisymétrie d'une distribution de courants.</p> <p>Identifier les invariances d'une distribution de courants.</p> <p>Exploiter les symétries et les invariances d'une distribution de courants pour caractériser le champ magnétostatique créé.</p>
Conservation du flux du champ magnétostatique.	<p>Reconnaître les situations pour lesquelles le champ magnétostatique peut être calculé à l'aide du théorème d'Ampère.</p> <p>Donner quelques ordres de grandeur du champ magnétostatique.</p>

<p>Théorème d'Ampère : critères d'application.</p> <p>Applications au fil rectiligne « infini » de section non nulle et au solénoïde « infini ».</p>	<p><i>Établir les expressions des champs magnétostatiques créés en tout point de l'espace par un fil rectiligne « infini » de section non nulle, parcouru par des courants uniformément répartis en volume, par un solénoïde « infini » en admettant que le champ est nul à l'extérieur.</i></p> <p><i>Utiliser le théorème d'Ampère pour déterminer le champ magnétostatique créé par une distribution présentant un haut degré de symétrie.</i></p> <p><i>(le calcul direct du champ magnétostatique et la notion du potentiel vecteur sont hors programme).</i></p>
<p>Lignes de champ, tubes de champ.</p>	<p><i>tracer les lignes de champ magnétostatique créées par une distribution de courants.</i></p> <p><i>Relier les variations de l'intensité du champ magnétostatique à la position relative des lignes de champ.</i></p> <p><i>Vérifier qu'une carte de lignes de champ est compatible avec les symétries et les invariances d'une distribution.</i></p> <p>Approche numérique : représenter des cartes de lignes de champ magnétostatique.</p>
<p>Notion de dipôle. Moment magnétique.</p>	<p><i>Exprimer le moment magnétique d'une boucle de courant plane.</i></p> <p><i>Évaluer des ordres de grandeur dans les domaines macroscopique et microscopique.</i></p> <p><i>Expliciter l'approximation dipolaire.</i></p>
<p>Champ créé par un dipôle.</p>	<p><i>Connaître l'allure des lignes de champ d'un dipôle magnétique.</i></p> <p><i>Exploiter l'expression du champ créé par un dipôle magnétostatique par analogie avec celle du champ créé par un dipôle électrostatique.</i></p>
<p>Dipôle placé dans un champ magnétostatique extérieur : actions subies et énergie potentielle d'interaction.</p>	<p><i>Expliquer qualitativement le comportement d'un dipôle passif placé dans un champ magnétostatique extérieur.</i></p> <p><i>Connaître et exploiter les expressions fournies des actions mécaniques subies par un dipôle dans un champ magnétostatique extérieur uniforme.</i></p> <p><i>Exploiter l'expression fournie de la force subie par un dipôle dans un champ magnétostatique extérieur non uniforme.</i></p> <p><i>Connaître et exploiter l'expression de l'énergie potentielle d'interaction.</i></p> <p>Approche documentaire : Expérience de Stern et Gerlach : expliquer sans calculs les résultats attendus dans le cadre de la mécanique classique ; expliquer les enjeux de l'expérience.</p>

Formation expérimentale des sections MP et PT

Première année

L'outil informatique sera utilisé :

- dans le domaine de la simulation : pour interpréter et anticiper des résultats ou des phénomènes, pour comparer des résultats obtenus expérimentalement à ceux fournis par un modèle et pour visualiser, notamment dans les domaines de la cristallographie, de la modélisation moléculaire, et plus généralement dans les situations exigeant une représentation tridimensionnelle.
- pour l'acquisition de données, en utilisant un appareil de mesure interfacé avec l'ordinateur.
- pour la saisie et le traitement de données à l'aide d'un tableur ou d'un logiciel dédié

Nature et méthodes	Capacités exigibles
<p>1. Mesures de longueurs et d'angles</p> <p>Longueurs : sur un banc d'optique.</p> <p>Longueurs : à partir d'une photo ou d'une vidéo.</p> <p>Angles : avec un goniomètre.</p> <p>Longueurs d'onde.</p>	<p><i>Mettre en œuvre une mesure de longueur par déplacement du viseur entre deux positions.</i></p> <p><i>Pouvoir évaluer avec une précision donnée, par comparaison à un étalon, une longueur (ou les coordonnées d'une position) sur une image numérique.</i></p> <p><i>Utiliser un viseur à frontale fixe, une lunette auto-collimatrice.</i></p> <p><i>Utiliser des vis micrométriques et un réticule pour tirer parti de la précision affichée de l'appareil utilisé.</i></p> <p><i>Étudier un spectre à l'aide d'un spectromètre à fibre optique.</i></p> <p><i>Mesurer une longueur d'onde optique à l'aide d'un goniomètre à réseau.</i></p> <p><i>Mesurer une longueur d'onde acoustique à l'aide d'un support gradué et d'un oscilloscope bicourbe.</i></p>
<p>2. Mesures de temps et de fréquences</p> <p>Fréquence ou période : mesure directe au fréquencemètre numérique, à l'oscilloscope ou via une carte d'acquisition.</p> <p>Analyse spectrale.</p> <p>Décalage temporel/Déphasage à l'aide d'un oscilloscope numérique.</p>	<p><i>Choisir de façon cohérente la fréquence d'échantillonnage, et la durée totale d'acquisition.</i></p> <p><i>Effectuer l'analyse spectrale d'un signal périodique à l'aide d'un oscilloscope numérique ou d'une carte d'acquisition.</i></p> <p><i>Reconnaître une avance ou un retard.</i></p> <p><i>Passer d'un décalage temporel à un déphasage et</i></p>

	<p><i>inversement.</i></p> <p><i>Repérer précisément le passage par un déphasage de 0 ou π en mode XY.</i></p>
<p>3. Électricité</p> <p>Mesurer une tension :</p> <ul style="list-style-type: none"> - mesure directe au voltmètre numérique ou à l'oscilloscope numérique. <p>Mesurer un courant :</p> <ul style="list-style-type: none"> - mesure directe à l'ampèremètre numérique ; - mesure indirecte à l'oscilloscope aux bornes d'une résistance adaptée. <p>Mesurer une résistance ou une impédance :</p> <ul style="list-style-type: none"> - mesure directe à l'ohmmètre/capacimètre ; - mesure indirecte à l'oscilloscope ou au voltmètre sur un diviseur de tension. <p>Résistance de sortie, résistance d'entrée. Caractéristique d'un dipôle. Point de fonctionnement.</p> <p>Circuits linéaires de premier ordre Régime libre, réponse à un échelon.</p> <p>Oscillateurs amortis Circuit RLC série et oscillateur mécanique amorti par frottement visqueux</p> <p>Élaborer un signal électrique analogique périodique simple à l'aide d'un GBF.</p> <p>Agir sur un signal électrique à l'aide des fonctions simples suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - isolation, amplification, filtrage ; - sommation, intégration ; 	<p><i>Capacités communes à l'ensemble des mesures électriques :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - préciser la perturbation induite par l'appareil de mesure sur le montage et ses limites (bande passante, résistance d'entrée) ; - définir la nature de la mesure effectuée (valeur efficace, valeur moyenne, amplitude, valeur crête à crête, ...). <p>Étudier l'influence de ces résistances sur le signal délivré par un GBF, sur la mesure effectuée par un oscilloscope ou un multimètre.</p> <p><i>Évaluer les grandeurs à l'aide d'une notice ou d'un appareil afin d'appréhender les conséquences de leurs valeurs sur le fonctionnement d'un circuit.</i></p> <p>Étudier la caractéristique d'un dipôle pouvant être éventuellement non-linéaire et mettre en œuvre un capteur dans un dispositif expérimental.</p> <p><i>Visualiser la caractéristique d'un capteur à l'aide d'un oscilloscope numérique ou d'une carte d'acquisition.</i></p> <p>Réaliser pour un circuit l'acquisition d'un régime transitoire du premier ordre et analyser ses caractéristiques. Confronter les résultats expérimentaux aux expressions théoriques.</p> <p><i>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.</i></p> <p>Mettre en évidence la similitude des comportements des oscillateurs mécanique et électronique. Réaliser l'acquisition d'un régime transitoire du deuxième ordre et analyser ses caractéristiques</p> <p><i>Obtenir un signal de valeur moyenne, de forme, d'amplitude et de fréquence données.</i></p> <p><i>Gérer, dans un circuit électronique, les contraintes liées à la liaison entre les masses.</i></p> <p><i>Mettre en œuvre les fonctions de base de l'électronique réalisées par des blocs dont la structure ne fait pas l'objet d'une étude spécifique.</i></p> <p><i>Associer ces fonctions de base pour réaliser une fonction complexe en gérant les contraintes liées aux impédances d'entrée et/ou de sortie des blocs.</i></p>

<p>4. Optique</p> <p>Former une image.</p> <p>Créer ou repérer une direction de référence.</p> <p>Analyser une lumière.</p>	<p><i>Éclairer un objet de manière adaptée. Choisir une ou plusieurs lentilles en fonction des contraintes expérimentales, et choisir leur focale de façon raisonnée. Optimiser la qualité d'une image (alignement, limitation des aberrations...).</i></p> <p><i>Estimer l'ordre de grandeur d'une distance focale.</i></p> <p><i>Régler et mettre en œuvre une lunette auto-collimatrice et un collimateur.</i></p> <p><i>Obtenir et analyser quantitativement un spectre à l'aide d'un réseau.</i></p>
<p>5. Mécanique</p> <p>Mesurer une masse, un moment d'inertie.</p> <p>Visualiser et décomposer un mouvement.</p>	<p><i>Utiliser une balance de précision. Repérer la position d'un centre de masse et mesurer un moment d'inertie à partir d'une période et de l'application de la loi d'Huygens fournie.</i></p> <p><i>Mettre en œuvre une méthode de stroboscopie.</i></p>

Mesurer une accélération.	<i>Enregistrer un phénomène à l'aide d'une caméra numérique et repérer la trajectoire à l'aide d'un logiciel dédié, en déduire la vitesse et l'accélération.</i>
Quantifier une action.	<i>Mettre en œuvre un accéléromètre.</i>
6. Thermodynamique	
Mesurer une pression.	<i>Mettre en œuvre un capteur, en distinguant son caractère différentiel ou absolu.</i>
Mesurer une température.	<i>Mettre en œuvre un capteur de température : thermomètre, thermistance, ou capteur infrarouge.</i>
Effectuer des bilans d'énergie.	<i>Mettre en œuvre une technique de calorimétrie.</i>

Liste de matériel de première année

1. Domaine optique

- Goniomètre
- Viseur à frontale fixe
- Lunette auto-collimatrice
- Spectromètre à fibre optique
- Laser à gaz
- Lampes spectrales
- Source de lumière blanche à condenseur

2. Domaine électrique

- Oscilloscope numérique
- Carte d'acquisition et logiciel dédié
- Générateur de signaux Basse Fréquence
- Multimètre numérique
- Émetteur et récepteur acoustique (domaine audible et domaine ultrasonore)

3. Domaines mécanique et thermodynamique

- Dynamomètre
- Capteur de pression
- Accéléromètre
- Stroboscope
- Webcam avec logiciel dédié
- Appareil photo numérique ou caméra numérique avec cadence de prise de vue supérieure à 100 images par seconde
- Thermomètre, thermistance, capteur infrarouge
- Calorimètre