
PROGRAMME DE PHYSIQUE

SECTION PC

PREMIÈRE ANNÉE

Formation disciplinaire

A. PREMIER SEMESTRE

I. ÉLECTROCINETIQUE

1. CIRCUITS ELECTRIQUES DANS L'ARQS

NOTIONS ET CONTENUS	CAPACITES EXIGIBLES
Charge électrique, intensité du courant. Potentiel, référence de potentiel, tension. Puissance.	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. Utiliser la loi des mailles et loi des nœuds. Citer les ordres de grandeur des intensités et des tensions dans différents domaines d'application.
Dipôles : résistances, bobines, condensateurs, sources décrites par un modèle linéaire.	Utiliser les relations entre l'intensité et la tension. Algébriser les grandeurs électriques et utiliser les conventions récepteur et générateur. 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. Modèle de Thévenin et de Norton, théorème de Millman.
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.
Caractéristique d'un dipôle. Point de fonctionnement.	Étudier la caractéristique d'un dipôle pouvant être éventuellement non-linéaire et mettre en œuvre un capteur dans un dispositif expérimental.

2. CIRCUIT LINEAIRE DU PREMIER ORDRE

NOTIONS ET CONTENUS	CAPACITES EXIGIBLES
Régime libre, réponse à un échelon.	<p>Établir l'équation différentielle du premier ordre vérifiée par une grandeur électrique dans un circuit comportant une ou deux mailles.</p> <p>Interpréter et utiliser les continuités de la tension aux bornes d'un condensateur ou de l'intensité traversant une bobine.</p> <p>Prévoir l'évolution du système avant toute résolution de l'équation différentielle à partir d'une analyse s'appuyant sur une représentation graphique du type portrait de phase.</p>
Stockage et dissipation d'énergie.	Réaliser des bilans énergétiques.

3. OSCILLATEURS AMORTIS

NOTIONS ET CONTENUS	CAPACITES EXIGIBLES
<p>Circuit RLC série</p> <p>Oscillateur mécanique amorti par frottement visqueux par analogie avec le circuit RLC série.</p>	<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.	Étudier l'influence de ces impédances (résistances) sur le signal délivré par un GBF, sur la mesure effectuée par un

	<p>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>
<p>Oscillateur électrique. Résonance.</p> <p>Oscillateur mécanique soumis à une excitation sinusoïdale par analogie avec l'oscillateur électrique.</p>	<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> <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.</p> <p>Relier l'acuité d'une résonance forte au facteur de qualité.</p>

4. 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> <p>Savoir que le carré de la valeur efficace d'un signal périodique est la somme des carrés des valeurs efficaces de ses harmoniques.</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 moyennneur, intégrateur, ou dérivateur.</p> <p>Comprendre l'intérêt, pour garantir leur fonctionnement lors de mise en cascade, de réaliser des filtres de tension de faible impédance de sortie et de forte impédance d'entrée.</p> <p>Approche documentaire : expliquer la nature du filtrage introduit par un dispositif mécanique (sismomètre, amortisseur, accéléromètre...).</p>

II. MECANIQUE

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

NOTIONS ET CONTENUS	CAPACITES EXIGIBLES
Espace et temps classiques. Référentiel d'observation. Caractère relatif du mouvement.	Déterminer l'évolution temporelle des vecteurs vitesse et accélération à partir d'expériences simples ou d'un enregistrement vidéo.
Systèmes de coordonnées cartésiennes, cylindriques et polaires.	Exprimer à partir d'un schéma le déplacement élémentaire dans les différents systèmes de coordonnées. Etablir les expressions des composantes du vecteur-position, vecteur-vitesse et vecteur-accélération dans différents systèmes de coordonnées. Choisir un système de coordonnées adapté au problème posé.
Repère de Serret-Frenet.	Construire le trièdre local associé et en déduire les composantes du vecteur vitesse en coordonnées cartésiennes et cylindriques.
Exemples de mouvements :	
Exemple 1 : Mouvement rectiligne de vecteur accélération constant.	Exprimer la vitesse et la position en fonction du temps. Obtenir la trajectoire en coordonnées cartésiennes.
Exemple 2 : Mouvement circulaire uniforme et non-uniforme	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.

2. DYNAMIQUE DU POINT MATERIEL

NOTIONS ET CONTENUS	CAPACITES EXIGIBLES
Forces. Principe des actions réciproques.	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.
Quantité de mouvement d'un point matériel et d'un système de deux points. Lien avec la vitesse du centre d'inertie d'un système fermé.	Etablir l'expression de la quantité de mouvement d'un système restreint au cas de deux points sous la forme $\vec{p} = m \vec{v}(G)$.
Référentiel galiléen. Principe de l'inertie.	Décrire le mouvement relatif de deux référentiels galiléens.

Loi de la quantité de mouvement dans un référentiel galiléen.	Déterminer les équations du mouvement d'un point matériel.
Mouvement dans le champ de pesanteur uniforme.	Mettre en équation le mouvement sans frottement et le caractériser comme un mouvement à vecteur-accélération constant.
Exemples	
Exemple 1 : influence de la résistance de l'air.	Approche numérique : Etude d'une situation réelle par voie de simulation numérique (prendre en compte la trainée 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.
Exemple 2 : pendule simple.	Établir l'équation du mouvement du pendule simple. Justifier l'analogie avec l'oscillateur harmonique dans le cadre de l'approximation linéaire. 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.	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.
Énergie potentielle. Théorème de l'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).
Force conservative et force non conservative. Force conservative dérive d'une énergie potentielle E_p : $\vec{F} = -\overrightarrow{\text{grad}} E_p$	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.
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. Approche numérique : Mettre en évidence les effets non linéaires à l'aide des résultats fournis par voie de simulation numérique.
Barrière de potentiel.	Evaluer l'énergie minimale nécessaire pour franchir la barrière.

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

NOTIONS ET CONTENUS	CAPACITÉS EXIGIBLES
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.
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. Le cas de la superposition de \vec{E} et \vec{B} dans une même région est hors programme 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 $p = \gamma mv$

5. MOUVEMENTS DANS UN CHAMP DE FORCE CENTRAL CONSERVATIF

NOTIONS ET CONTENUS	CAPACITÉS EXIGIBLES
Point matériel soumis à un seul champ de force centrale Newtonien ou coulombien.	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.

	Approche documentaire : Relier l'échelle spatiale sondée à l'énergie mise en jeu lors d'une collision en s'appuyant sur l'expérience de Rutherford.
Champ newtonien. Lois de Kepler.	Énoncer les lois de Kepler pour les planètes et les transposer au cas des satellites terrestres.
Cas particulier du mouvement circulaire : satellite, planète.	Montrer que le mouvement est uniforme et savoir calculer sa période. 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 de grand axe 2a. L'étude détaillée des coniques est hors programme.
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. Admettre la généralisation de l'expression de 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.

6. 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</p>	<p>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.</p> <p>Déterminer le vecteur rotation d'un référentiel par rapport à un autre.</p> <p>Relier les dérivées d'un vecteur dans des référentiels différents par la formule de la dérivation composée.</p> <p>Utiliser la notion de point coïncident pour retrouver les expressions de la vitesse d'entraînement et de l'accélération d'entraînement.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p>

référentiels : référentiel de Copernic, référentiel géocentrique, référentiel terrestre.	<p>Analyser, dans une situation donnée de dynamique terrestre, les conditions qui permettent de considérer un référentiel comme galiléen.</p> <p>Citer quelques manifestations du caractère non galiléen du référentiel terrestre.</p> <p>Le phénomène de marrée est hors programme.</p>
--	--

B. DEUXIÈME SEMESTRE

III. OPTIQUE GÉOMETRIQUE

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>Caractériser une source lumineuse par son spectre.</p> <p>Décrire qualitativement le mécanisme d'émission de chaque source. Citer en particulier les différentes causes de l'élargissement spectral de la source.</p> <p>Commentaire : la source ponctuelle monochromatique n'est qu'un modèle parfait</p>
Indice optique d'un milieu transparent.	<p>Relier la longueur d'onde dans le vide et la longueur d'onde dans le milieu.</p> <p>Relier la longueur d'onde dans le vide et la couleur.</p>
Approximation de l'optique géométrique et notion de rayon lumineux.	<p>Définir le modèle de l'optique géométrique et indiquer ses limites.</p> <p>Définir les notions d'objet et d'image par un système optique quelconque.</p>
Réflexion - Réfraction. Lois de Descartes.	<p>Établir la condition de réflexion totale.</p> <p>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.</p>
Miroir plan.	Construire l'image d'un objet, identifier sa nature réelle ou virtuelle.
Conditions de Gauss.	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).
Lentilles minces.	<p>Connaître les définitions et les propriétés du centre optique, des 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</p>

	<p>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>

IV. THERMODYNAMIQUE

1. DESCRIPTIONS MICROSCOPIQUE ET MACROSCOPIQUE D'UN SYSTEME À L'ÉQUILIBRE

NOTIONS ET CONTENUS	CAPACITES EXIGIBLES
Échelles microscopique, mésoscopique et macroscopique. Libre parcours moyen.	Définir l'échelle mésoscopique et en expliquer la nécessité. Connaître quelques ordres de grandeur de libre parcours moyen.
Description des caractères généraux de la distribution des vitesses moléculaires d'un gaz (homogénéité et isotropie). Vitesse quadratique moyenne. Pression cinétique (utiliser la variation de la quantité de mouvement....)	Utiliser un modèle unidirectionnel avec une distribution discrète de vitesse pour montrer que la pression est proportionnelle à la masse des particules, à la densité particulaire et à la vitesse quadratique moyenne au carré
Température cinétique. Exemple du gaz parfait monoatomique $E_c = 3/2 KT$.	Calculer l'ordre de grandeur d'une vitesse quadratique moyenne dans un gaz parfait. Cas du gaz diatomique : l'air.
Système thermodynamique.	Identifier un système ouvert, un système fermé, un système isolé.
État d'équilibre d'un système soumis aux seules forces de pression. Pression, température, volume, équation d'état. Grandeur extensive, grandeur intensive. Exemples du gaz parfait et d'une phase condensée indilatable et incompressible.	Calculer une pression à partir d'une condition d'équilibre mécanique. Déduire une température d'une condition d'équilibre thermique. Connaître quelques ordres de grandeur de volumes molaires ou massiques dans les conditions usuelles de pression et de température. Connaître et utiliser l'équation d'état des gaz parfaits.
Énergie interne d'un système. Capacité thermique à volume constant dans le cas du gaz parfait.	Définir l'énergie interne U d'un système comme la somme des énergies cinétique et potentielle Exprimer l'énergie interne d'un gaz parfait monoatomique à partir de l'interprétation microscopique de la température.

	Savoir que $U_m = U_m(T)$ pour un gaz parfait (Première loi de Joule). Connaître l'expression de l'énergie interne d'un gaz parfait monoatomique et diatomique.
Énergie interne et capacité thermique à volume constant d'une phase condensée considérée incompressible et indilatable.	Savoir que $U_m = U_m(T)$ pour une phase condensée incompressible et indilatable.
Approximation des phases condensées peu compressibles et peu dilatables.	Interpréter graphiquement la différence de compressibilité entre un liquide et un gaz à partir d'isothermes expérimentales.
Du gaz réel au gaz parfait	Comparer le comportement d'un gaz réel au modèle du gaz parfait sur des réseaux d'isothermes expérimentales en coordonnées de Clapeyron ou d'Amagat.
Corps pur diphasé en équilibre. Diagramme de phases (P,T) Cas de l'équilibre liquide-vapeur : diagramme de Clapeyron (P,v), titre en vapeur.	Analyser un diagramme de phase expérimental (P,T). Définition du point triple. les relations de Clapeyron pour les pentes $P=f(T)$ sont hors programme. 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).

1. 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.	Définir le système. Exploiter les conditions imposées par le milieu extérieur pour déterminer l'état d'équilibre final. On définira les différents types de transformations : isochore, isobare, monobare, isotherme, monotherme, adiabatique.
Travail des forces de pression. Transformations isochore, monobare, ou quelconque.	Déterminer le travail des forces de pression pour une transformation donnée en utilisant l'expression du travail élémentaire. Interpréter géométriquement le travail des forces de pression dans un diagramme de Clapeyron.
Transfert thermique.	Identifier dans une situation expérimentale le ou les systèmes modélisables par un thermostat.

Transformation adiabatique. Thermostat, transformations monotherme et isotherme.	Proposer de manière argumentée le modèle limite le mieux adapté à une situation réelle entre une transformation adiabatique et une transformation isotherme.
---	--

2. PREMIER PRINCIPE. BILANS D'ENERGIE

NOTIONS ET CONTENUS	CAPACITES EXIGIBLES
<p>Premier principe de la thermodynamique pour une transformation infinitésimale $(dU + dE_c = \delta Q + \delta W)$ et pour une transformation entière $(\Delta U + \Delta E_c = Q + W)$.</p> <p>Première loi de Joule pour un gaz parfait : $U=U(T)$.</p>	<p>Définir un système fermé et établir pour ce système un bilan énergétique faisant intervenir le travail W et le transfert thermique Q.</p> <p>Exploiter l'extensivité de l'énergie interne.</p> <p>Distinguer le statut de la variation de l'énergie interne du statut des termes d'échange.</p> <p>Calculer le transfert thermique Q sur un chemin donné connaissant le travail W et la variation de l'énergie interne ΔU.</p> <p>Détente de Joule Gay-Lussac</p> <p>Mettre en œuvre un protocole expérimental de mesure d'une grandeur thermodynamique énergétique (capacité thermique, enthalpie de fusion...).</p>
<p>Enthalpie d'un système. Capacité thermique à pression constante dans le cas du gaz parfait et d'une phase condensée incompressible et indilatable.</p> <p>Deuxième loi de Joule pour un gaz parfait : $H=H(T)$.</p>	<p>Exprimer l'enthalpie $H_m(T)$ du gaz parfait à partir de l'énergie interne.</p> <p>Détente de Joule-Thomson</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>Connaître l'ordre de grandeur de la capacité thermique massique de l'eau liquide.</p>
<p>Enthalpie associée à une transition de phase : enthalpie de fusion, enthalpie de vaporisation, enthalpie de sublimation.</p>	<p>Exploiter l'extensivité de l'enthalpie et réaliser des bilans énergétiques en prenant en compte des transitions de phases.</p>
<p>Loi de Laplace.</p>	<p>Connaître la loi de Laplace et ses conditions d'application.</p>

3. DEUXIEME PRINCIPE. BILANS D'ENTROPIE

NOTIONS ET CONTENUS	CAPACITES EXIGIBLES
<p>Deuxième principe : fonction d'état entropie, entropie créée, entropie échangée.</p>	<p>Définir un système fermé et établir pour ce système un bilan entropique. Relier l'existence d'une entropie créée à une ou</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> $\Delta S = S_{ech} + S_{créée} \text{ avec } S_{ech} = \sum Q_i/T_i .$	<p>plusieurs causes physiques de l'irréversibilité.</p>
<p>Variation d'entropie d'un système.</p> <p>Cas particulier d'une transition de phase.</p>	<p>Utiliser l'expression fournie de la fonction d'état entropie.</p> <p>Donner l'expression des deux identités thermodynamique ($dU=TdS - pdV$ et $dH=TdS+VdP$).</p> <p>Exploiter l'extensivité de l'entropie.</p> <p>Déterminer et utiliser la relation entre les variations d'entropie et d'enthalpie associées à une transition de phase : $\Delta h_{12}(T)=T \Delta s_{12}(T)$.</p>

4. 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>Donner le sens des échanges énergétiques pour un moteur ou un récepteur thermique ditherme.</p> <p>Analyser un dispositif concret et le modéliser par une machine cyclique ditherme.</p> <p>Définir un rendement ou une efficacité et la relier aux énergies échangées au cours d'un cycle. Justifier et utiliser le théorème de Carnot.</p> <p>Citer quelques ordres de grandeur des rendements des machines thermiques réelles actuelles (moteur à explosion ou machine frigorifique).</p>
<p>Exemples d'études de machines thermodynamiques réelles à l'aide de diagrammes (p,h).</p>	<p>Utiliser le 1er principe dans un écoulement stationnaire sous la forme $h_2-h_1=w_0+q$, pour étudier une machine thermique.</p> <p>Etudier des machines thermiques réelles à l'aide du diagramme (p,h).</p>

V. ÉLECTROMAGNÉTISME

La loi de Biot et Savart et hors programme.

1. SOURCES DU CHAMP ELECTROMAGNETIQUE

a. DESCRIPTION MICROSCOPIQUE ET MESOSCOPIQUE DES SOURCES

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

Densité volumique de charges. Charge traversant un élément de surface fixe et vecteur densité de courant. Intensité du courant.	Exprimer ρ et j en fonction de la vitesse moyenne des porteurs de charge, de leur charge et de leur densité volumique. Relier l'intensité du courant et le flux de j .
---	---

b. CONSERVATION DE LA CHARGE

NOTIONS ET CONTENUS	CAPACITES EXIGIBLES
Équation locale de conservation de la charge.	Établir l'équation traduisant la conservation de la charge dans le seul cas d'un problème unidimensionnel en géométrie cartésienne. Citer et utiliser une généralisation (admise) en géométrie quelconque utilisant l'opérateur divergence, son expression étant fournie.
Conséquences en régime stationnaire.	Exploiter le caractère conservatif du vecteur j en régime stationnaire. Relier ces propriétés aux lois usuelles de l'électrocinétique.

c. CONDUCTION ELECTRIQUE DANS UN CONDUCTEUR OHMIQUE

NOTIONS ET CONTENUS	CAPACITES EXIGIBLES
Loi d'Ohm locale dans un métal fixe, l'action de l'agitation thermique et des défauts du réseau fixe étant décrite par une force phénoménologique de la forme $-mv/\tau$ Conductivité électrique. Résistance d'une portion de conducteur filiforme.	Déduire du modèle un ordre de grandeur de τ et en déduire un critère de validité du modèle en régime variable.
Approche descriptive de l'effet Hall.	Interpréter qualitativement l'effet Hall dans une géométrie rectangulaire.
Effet thermique du courant électrique : loi de Joule locale.	Exprimer la puissance volumique dissipée par effet Joule dans un conducteur ohmique

2. ÉLECTROSTATIQUE

a. CHAMP ELECTROSTATIQUE

NOTIONS ET CONTENUS	CAPACITES EXIGIBLES
Loi de Coulomb. Champ et potentiel électrostatiques créés par une charge ponctuelle. Relation entre le champ électrostatique et son potentiel Principe de superposition.	Citer l'ordre de grandeur du champ créé par le noyau sur l'électron dans un atome d'hydrogène. relation $\vec{E} = -\overline{\text{grad}}(V)$
Circulation conservative du champ électrique et signification physique : énergie potentielle d'une charge q dans un champ \vec{E}	Associer la circulation de \vec{E} au travail de la force électrostatique.

Équation locale $\text{rot}(\vec{E}) = \vec{0}$	Utiliser le théorème de Stokes. Associer les propriétés locales $\text{rot}(\vec{E}) = \vec{0}$ dans tout l'espace et $\vec{E} = -\text{grad}(V)$. Associer la relation $\vec{E} = -\text{grad}(V)$ au fait que les lignes de champ sont orthogonales aux surfaces équipotentielles et orientées dans le sens des potentiels décroissants.
Propriétés de symétrie.	Exploiter les propriétés de symétrie des sources (translation, rotation) et identifier les plans de symétrie et d'antisymétrie d'une distribution de charge pour prévoir les propriétés du champ créé.
Théorème de Gauss et équation locale $\text{div}(\vec{E}) = \frac{\rho}{\epsilon_0}$	Choisir une surface adaptée et utiliser le théorème de Gauss.
Propriétés topographiques.	Justifier qu'une carte de lignes de champs puisse ou non être celle d'un champ électrostatique ; repérer d'éventuelles sources du champ et leur signe. Associer l'évolution de la norme de E à l'évasement des tubes de champ loin des sources. Dédire les lignes équipotentielles d'une carte de champ électrostatique, et réciproquement. Évaluer le champ électrique à partir d'un réseau de lignes équipotentielles

b. EXEMPLES DE CHAMPS ELECTROSTATIQUES

NOTIONS ET CONTENUS	CAPACITES EXIGIBLES
Dipôle électrostatique. Moment dipolaire.	Décrire les conditions de l'approximation dipolaire.
Potentiel et champ créés.	Établir l'expression du potentiel V. Comparer la décroissance avec la distance du champ et du potentiel dans le cas d'une charge ponctuelle et dans le cas d'un dipôle. Tracer l'allure des lignes de champ. Utiliser les expressions fournies de l'énergie potentielle, de la résultante des forces et du moment.
Actions subies par un dipôle placé dans un champ électrostatique extérieur : force résultante et moment.	Prévoir qualitativement l'évolution d'un dipôle dans un champ extérieur.
Énergie potentielle d'un dipôle dans un champ électrostatique extérieur. Approche descriptive des interactions ion-molécule et molécule-molécule. Dipôle induit. Polarisabilité.	Expliquer qualitativement la solvatation des ions dans un solvant polaire. Expliquer qualitativement que la variation de l'énergie d'interaction entre deux molécules polaires diffère de celle entre ion et dipôle. Exprimer la polarisabilité d'un atome en utilisant le modèle

	de Thomson. Associer la polarisabilité et le volume de l'atome en ordre de grandeur.
Plan infini uniformément chargé en surface.	Établir l'expression du champ créé.
Condensateur plan modélisé par deux plans parallèles portant des densités superficielles de charges opposées et uniformes. Capacité. Densité volumique d'énergie électrostatique.	Établir l'expression du champ créé. Déterminer la capacité du condensateur. Citer l'ordre de grandeur du champ disruptif dans l'air. Associer l'énergie d'un condensateur apparue en électrocinétique à une densité volumique d'énergie.
Noyau atomique modélisé par une boule uniformément chargée : énergie de constitution de la distribution.	Exprimer l'énergie de constitution du noyau à un préfacteur numérique près par analyse dimensionnelle. Obtenir le préfacteur numérique en construisant le noyau par adjonction progressive de charges apportées de l'infini. Relier les ordres de grandeur mis en jeu : rayons et énergies. Justifier la nécessité de l'interaction forte

3. MAGNETOSTATIQUE

a. CHAMP MAGNETOSTATIQUE

NOTIONS ET CONTENUS	CAPACITES EXIGIBLES
Formes intégrales et équations locales de la magnétostatique : flux conservatif et théorème d'Ampère.	Choisir un contour, une surface et les orienter pour appliquer le théorème d'Ampère.
Linéarité des équations.	Utiliser une méthode de superposition
Propriétés de symétrie.	Exploiter les propriétés de symétrie des sources (translation, rotation) et identifier les plans de symétrie et d'antisymétrie d'une distribution de courant pour prévoir les propriétés du champ créé.
Propriétés topographiques	Justifier qu'une carte de lignes de champs puisse être ou non celle d'un champ magnétostatique ; repérer d'éventuelles sources du champ et leur sens. Associer l'évolution de la norme de B à l'évasement des tubes de champ (écartement des lignes de champ).

b. EXEMPLES DE CHAMPS MAGNETOSTATIQUES

NOTIONS ET CONTENUS	CAPACITES EXIGIBLES
Cylindre infini parcouru par un courant volumique. Limite du fil rectiligne infini.	Déterminer le champ créé par un cylindre infini parcouru par un courant volumique. Calculer et connaître le champ créé par un fil rectiligne infini.
Solénoïde infini.	Calculer et connaître le champ à l'intérieur, la nullité du champ extérieur étant admise.
Densité volumique d'énergie magnétique.	Utiliser l'analogie électrique-magnétique pour déterminer l'expression de la densité volumique d'énergie magnétique. Déduire l'énergie magnétique et l'inductance propre du

	circuit.
--	----------

c. DIPOLES MAGNETOSTATIQUES

NOTIONS ET CONTENUS	CAPACITES EXIGIBLES
Moment magnétique d'une boucle de courant plane.	
Rapport gyromagnétique de l'électron. Magnéton de Bohr	Utiliser un modèle planétaire pour relier le moment magnétique d'un atome d'hydrogène à son moment cinétique. Construire en ordre de grandeur le magnéton de Bohr par analyse dimensionnelle. Interpréter sans calculs les sources microscopiques du champ magnétique. Évaluer l'ordre de grandeur maximal du moment magnétique volumique d'un aimant permanent
Actions subies par un dipôle magnétique placé dans un champ magnétostatique extérieur : résultante et moment. Énergie potentielle d'un dipôle magnétique rigide placé dans un champ magnétostatique d'origine extérieure.	Utiliser des expressions fournies. Approche documentaire de l'expérience de Stern et Gerlach : expliquer sans calculs les résultats attendus dans le cadre de la mécanique classique ; expliquer les enjeux de l'expérience.

4. INDUCTION ET FORCES DE LAPLACE

La notion du champ électromoteur ne relève pas du programme.

a. ACTIONS D'UN CHAMP MAGNÉTIQUE

NOTIONS ET CONTENUS	CAPACITES EXIGIBLES
Densité linéique de la force de Laplace dans le cas d'un élément de courant filiforme.	Différencier le champ magnétique extérieur subi du champ magnétique propre créé par le courant filiforme.
Résultante et puissance des forces de Laplace s'exerçant sur une barre conductrice en translation rectiligne sur deux rails parallèles (rails de Laplace) dans un champ magnétique extérieur uniforme, stationnaire et orthogonal à la barre.	Établir et connaître l'expression de la résultante des forces de Laplace dans le cas d'une barre conductrice placée dans un champ magnétique extérieur uniforme et stationnaire. Évaluer la puissance des forces de Laplace.
Couple et puissance des actions mécaniques de Laplace dans le cas d'une spire rectangulaire, parcourue par un courant, en rotation autour d'un axe de symétrie de la spire passant par les deux milieux de côtés opposés et placée dans un champ magnétique extérieur uniforme et stationnaire orthogonal à l'axe.	Établir et connaître l'expression du moment du couple subi en fonction du champ magnétique extérieur et du moment magnétique de la spire rectangulaire.

Action d'un champ magnétique extérieur uniforme sur un aimant. Positions d'équilibre et stabilité.	Mettre en œuvre un dispositif expérimental pour étudier l'action d'un champ magnétique uniforme sur une boussole.
Effet moteur d'un champ magnétique tournant.	Créer un champ magnétique tournant à l'aide de deux ou trois bobines et mettre en rotation une aiguille aimantée.

b. LOIS DE L'INDUCTION

Flux d'un champ magnétique à travers une surface s'appuyant sur un contour fermé orienté.	Évaluer le flux d'un champ magnétique uniforme à travers une surface s'appuyant sur un contour fermé orienté plan.
Courant induit par le déplacement relatif d'une boucle conductrice par rapport à un aimant ou un circuit inducteur. Sens du courant induit.	Décrire, mettre en œuvre et interpréter des expériences illustrant les lois de Lenz et de Faraday.
Loi de modération de Lenz. Force électromotrice induite, loi de Faraday.	Utiliser la loi de Lenz pour prédire ou interpréter les phénomènes physiques observés. Utiliser la loi de Faraday en précisant les conventions d'algébrisation.

c. CIRCUIT FIXE DANS UN CHAMP MAGNETIQUE QUI DEPEND DU TEMPS

Auto-induction. Flux propre et inductance propre.	Différencier le flux propre des flux extérieurs. Utiliser la loi de modération de Lenz. Évaluer et connaître l'ordre de grandeur de l'inductance propre d'une bobine de grande longueur, le champ magnétique créé par une bobine infinie étant donné. Mesurer la valeur de l'inductance propre d'une bobine.
Étude énergétique	Conduire un bilan de puissance et d'énergie dans un système siège d'un phénomène d'auto-induction en s'appuyant sur un schéma électrique équivalent.
Cas de deux bobines en interaction. Inductance mutuelle entre deux bobines.	Déterminer l'inductance mutuelle entre deux bobines de même axe de grande longueur en « influence totale », le champ magnétique créé par une bobine infinie étant donné.
Circuits électriques à une maille couplés par le phénomène de mutuelle induction en régime sinusoïdal forcé.	Connaître des applications dans le domaine de l'industrie ou de la vie courante. Établir le système d'équations en régime sinusoïdal forcé en s'appuyant sur des schémas électriques équivalents.
Transformateur de tension.	Établir la loi des tensions
Étude énergétique.	Conduire un bilan de puissance et d'énergie.

d. CIRCUIT MOBILE DANS UN CHAMP MAGNETIQUE STATIONNAIRE

Conversion de puissance mécanique en puissance électrique.	
--	--

<p>Rail de Laplace. Spire rectangulaire soumise à un champ magnétique extérieur uniforme et en rotation uniforme autour d'un axe fixe orthogonal au champ magnétique.</p> <p>Freinage par induction</p>	<p>Interpréter qualitativement les phénomènes observés.</p> <p>Écrire les équations électrique et mécanique en précisant les conventions de signe.</p> <p>Effectuer un bilan énergétique.</p> <p>Connaître des applications dans le domaine de l'industrie ou de la vie courante.</p> <p>Expliquer l'origine des courants de Foucault et en connaître des exemples d'utilisation.</p> <p>Mettre en évidence qualitativement les courants de Foucault.</p>
<p>Conversion de puissance électrique en puissance mécanique</p> <p>Moteur à courant continu à entrefer plan.</p> <p>Haut-parleur électrodynamique</p>	<p>Décrire qualitativement le principe du moteur à courant continu à entrefer plan.</p> <p>Citer des exemples d'utilisation du moteur à courant continu.</p> <p>Expliquer le principe de fonctionnement d'un haut-parleur électrodynamique dans la configuration simplifiée des rails de Laplace. La fem induite est donnée.</p> <p>Effectuer un bilan énergétique.</p>