



<b>Enseignement secondaire classique</b>
<b>Classes supérieures – classes de 1<sup>ère</sup></b>
<b>Sections BC</b>
<b>PHYSI - Physique</b>
<b>Programme<sup>1</sup></b>

Langue véhiculaire :	français
Nombre de leçons :	4
Nombre minimal de devoirs par semestre :	2/2
Dernière mise à jour par la CNES :	28/06/2023

Programme directeur	<b>Finalités disciplinaires</b> La physique est une science expérimentale qui étudie les lois et les principes de base qui permettent de décrire et de comprendre les phénomènes naturels, les développements scientifiques et les applications technologiques. Il s'agit d'éveiller chez l'élève la curiosité pour son environnement, les découvertes scientifiques et de le guider dans l'apprentissage de la démarche scientifique.
	<b>Compétences disciplinaires</b> Le cours de physique vise à développer chez l'élève les compétences théoriques et expérimentales suivantes : <ul style="list-style-type: none"><li>• Interpréter un phénomène à l'aide d'un modèle ou d'une loi</li><li>• Observer, décrire et analyser des expériences</li><li>• Appliquer des lois physiques à des exercices et à des phénomènes quotidiens</li><li>• Résoudre un problème en identifiant ses caractéristiques principales et en appliquant des méthodes adéquates pour dégager la solution.</li></ul>
	<b>Domaines de savoirs</b> Mouvement circulaire uniforme et mouvement curviligne, mouvement de satellites, mouvement dans un champ magnétique uniforme, oscillations et ondes, relativité d'Einstein, physique nucléaire, dualité onde-corpuscule, spectrométrie

<sup>1</sup> Certains programmes des classes supérieures sont également valables pour les variantes de sections.

Voir article 49 de la loi modifiée du 10 mai 1968 portant réforme de l'enseignement secondaire classique et ses règlements d'exécution.

### Indications pédagogiques et didactiques

Le cours de physique comprend 3,5 leçons de cours et 0,5 leçons de travaux pratiques par semaine. Les indications de durée pour chaque thématique incluent les travaux pratiques.

Pour que l'enseignement de la physique puisse porter des fruits, les élèves doivent se sentir concernés par la matière à étudier.

Pour atteindre les objectifs fixés :

- L'approche théorique et la modélisation est à confronter aux expériences de la vie de tous les jours
- La résolution de problèmes est de préférence basée sur des schémas et des graphiques
- Les concepts théoriques sont illustrés par des expériences à réaliser soit en classe ou à domicile, soit en travaux pratiques

Travailler de façon autonome (exposés, vidéos personnels, expériences à domicile, ...) permet de motiver les élèves.

### Principes et formes de l'évaluation

- **Evaluation pour les apprentissages (formative)**

- Auto-évaluation

L'apprenant est amené **régulièrement** à poser un regard critique sur sa propre production. Pour cela, il doit disposer des indicateurs qui sont les balises pour évaluer. Celles-ci sont élaborées avec les apprenants, dans le processus d'apprentissage.

- Co-évaluation

Stratégie pédagogique qui invite un apprenant à critiquer la copie ou la production de son voisin. Cette stratégie, à favoriser, entraîne régulièrement une prise de recul qui invite à la métacognition. Comme pour le point précédent, il est aussi nécessaire que les indices correcteurs soient clairement définis.

- Évaluation diagnostique

Sans doute la plus importante dans le cadre de la différenciation. Cette évaluation doit être pratiquée au plus tôt. Son objectif est de déterminer les lacunes présentes en début d'année scolaire, et d'en rendre l'apprenant et le formateur conscients. Ceci afin de déterminer les lieux de progression.

- Évaluation formative ou Évaluation pour les apprentissages (EPA)

L'EPA est la pratique régulière qui vise à faire le point sur l'état d'avancement des acquisitions de l'apprenant. Si l'exercice vise les premiers niveaux de Bloom, la construction d'une grille de lecture est inutile, l'élaboration des indicateurs est simple, comme la docimologie. Si l'exercice vise la production, une grille de critères et d'indicateurs est indispensable. Cette grille doit être connue à l'avance par l'élève.

- **Évaluation certificative ou Évaluation des apprentissages (EDA)**

L'EDA vise à certifier les acquis. Dans une pratique de l'approche par compétences, elle ne peut en principe se faire que sur des productions (niveaux supérieurs de Bloom).

Programmes fondamentaux par année	<b>I. Programme de base</b>		
	<b>Thématique</b>	<b>Objets de savoir</b>	<b>Savoir-faire</b> <b>L'élève doit être capable de :</b>
	<b>Partie A : Cinématique et dynamique</b>		
	<b>Mouvement circulaire uniforme et mvt curviligne ( 8 leçons)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grandeurs cinématiques dans la base cartésienne : position <math>\vec{r}</math>, vitesse <math>\vec{v}</math> et accélération <math>\vec{a}</math></li> <li>• Grandeurs physiques décrivant un MCU (position, période, fréquence, vitesse linéaire, vitesse angulaire)</li> <li>• Caractéristiques du vecteur accélération <math>\vec{a}</math> d'un MCU</li> <li>• Caractéristiques du vecteur force centripète <math>\vec{F}_n</math> dans le cas d'un MCU</li> <li>• Grandeurs physiques décrivant un mouvement curviligne (abscisse curviligne, rayon de courbure, accélération tangentielle, accélération normale)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Connaître les expressions des vecteurs position <math>\vec{r}</math>, vitesse <math>\vec{v}</math> et accélération <math>\vec{a}</math> en coordonnées cartésiennes, ainsi que les relations entre les différentes grandeurs cinématiques</li> <li>• Connaître les expressions des grandeurs physiques décrivant un MCU</li> <li>• Connaître les caractéristiques du vecteur accélération <math>\vec{a}</math> et du vecteur force centripète <math>\vec{F}_n</math> dans le cas d'un MCU</li> <li>• Connaître les expressions des accélérations tangentielle <math>a_t</math> et normale <math>a_n</math> et savoir les déterminer dans le cas d'un mouvement curviligne</li> </ul>
<b>Mouvement des satellites (10 leçons)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lois de Kepler</li> <li>• Satellite en orbite circulaire : relations entre vitesse, période, rayon et altitude</li> <li>• Satellite géostationnaire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Énoncer et appliquer les 3 lois de Kepler</li> <li>• Identifier le corps central et ses satellites</li> <li>• Tracer l'orbite elliptique et positionner le corps central et le satellite</li> <li>• Représenter le champ gravitationnel, la force</li> </ul>	

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Étude énergétique du mouvement d'un satellite dans le champ gravitationnel : expression de l'énergie potentielle <math>E_p</math></li> <li>• Satellite et conservation de l'énergie</li> <li>• Satellisation et vitesse de libération</li> </ul>	<p>gravitationnelle, l'accélération et la vitesse instantanées et leurs composantes tangentielle et normale en un point de l'orbite</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Discuter l'évolution de la vitesse du satellite sur son orbite</li> <li>• Visualiser la 2e loi de Kepler et en déduire la relation entre les vitesses et les distances au corps central aux points extrêmes (apsides)</li> <li>• Représenter les vecteurs force et accélération en un point d'une orbite circulaire et établir la 3e loi de Kepler dans le cas particulier d'une orbite circulaire</li> <li>• Appliquer la 3e loi de Kepler pour plusieurs satellites autour du même corps central</li> <li>• Donner la définition d'un satellite géostationnaire et expliquer pourquoi un satellite stationnaire doit nécessairement tourner dans le plan équatorial.</li> <li>• Établir l'expression du rayon d'orbite et celle de l'altitude d'un satellite stationnaire</li> <li>• Établir l'énergie mécanique d'un système lié dans le cas de l'orbite circulaire, la formule de l'énergie potentielle gravitationnelle étant donnée</li> <li>• Connaître les expressions des vitesses de satellisation circulaire et de libération et en déduire la forme de l'orbite d'un satellite</li> </ul>
--	--	---	--

			suivant la valeur de la vitesse de satellisation
	<b>Mouvement dans un champ magnétique uniforme (8 leçons)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Force de Lorentz (Rappel)</li> <li>• Étude du mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique uniforme</li> <li>• Spectromètre de masse</li> <li>• Cyclotron</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Montrer que le mouvement d'une particule chargée de vitesse initiale <math>\vec{v}_0 \perp \vec{B}</math> est circulaire et uniforme et établir l'expression du rayon <math>r</math> de la trajectoire en fonction de <math>m, q, v_0</math> et <math>B</math>, et les expressions de la vitesse angulaire <math>\omega</math>, de la période <math>T</math> et de la fréquence <math>f</math> en fonction de <math>m, q</math> et <math>B</math> et savoir que ces grandeurs sont indépendantes de la vitesse <math>v_0</math>, ainsi que du rayon <math>r</math> de la trajectoire</li> <li>• Décrire et expliquer le principe de fonctionnement d'un spectromètre de masse et le traiter sous forme d'exercices</li> <li>• Connaître l'utilité du filtre de Wien et le traiter sous forme d'exercices</li> <li>• Décrire et expliquer le principe de fonctionnement du cyclotron et le traiter sous forme d'exercices</li> </ul>
	<b>Partie B : Oscillations, ondes et lumière</b>		
	<b>Oscillations (12 leçons)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Étude générale du mouvement d'un oscillateur mécanique harmonique: amplitude, période, fréquence, pulsation et phase initiale (la phase</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Connaître les caractéristiques d'un oscillateur mécanique harmonique (période <math>T</math>, fréquence <math>f</math>, élongation <math>s</math> et amplitude <math>s_m</math>) et savoir que l'intensité de la coordonnée tangentielle</li> </ul>

		<p>initiale ne prend que les valeurs <math>0, \pm \frac{\pi}{2}, \pi</math>)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Étude du pendule élastique horizontal et du pendule simple</li> <li>• Amortissement des oscillations par frottement</li> <li>• Oscillations forcées et résonance</li> </ul>	<p>de la force de rappel s'écrit: <math>F_{\tau} = -C s</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dériver l'équation différentielle du principe fondamental de la dynamique et du principe de la conservation de l'énergie mécanique</li> <li>• Vérifier qu'une fonction sinusoïdale du temps est solution de l'équation différentielle et en déduire l'expression de la période propre</li> <li>• Déduire l'équation horaire pour des conditions initiales avec position ou vitesse extrême au départ</li> <li>• Représenter graphiquement l'élongation <math>s</math>, la vitesse <math>v_{\tau}</math> et l'accélération <math>a_{\tau}</math> en fonction du temps <math>t</math></li> <li>• Établir la formule de la période des oscillations du pendule élastique horizontal et du pendule simple à partir de la force de rappel</li> <li>• Déterminer la période des oscillations d'un oscillateur non traité en théorie</li> <li>• Discuter le cas général d'une oscillation autour du minimum de l'énergie potentielle, exemple molécule diatomique</li> <li>• Connaître l'évolution temporelle d'un oscillateur faiblement amorti</li> <li>• Étudier dans des exercices le mouvement oscillatoire amorti ou non</li> </ul>
--	--	---	--

			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Étudier l'amplitude des oscillations forcées d'un système faiblement amorti en fonction de la fréquence d'excitation et décrire l'influence de l'amortissement sur l'amplitude des oscillations</li> <li>• Citer des exemples de résonance mécanique</li> </ul>
	<b>Ondes et lumière (14 leçons)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Propagation d'un signal mécanique transversal ou longitudinal avec une célérité <math>c</math> dans un milieu élastique</li> <li>• Propagation d'une déformation sinusoïdale, sa période temporelle et sa longueur d'onde (double périodicité)</li> <li>• Interférences à 1, 2 et 3 dimensions, interprétation à l'aide de la différence de phase ou de marche : interférences constructives et destructives</li> <li>• Superposition de deux ondes se propageant sur une corde en sens inverses, onde stationnaire</li> <li>• Exemples à 2 et 3 dimensions : ondes sur une surface d'eau, ondes acoustiques et lumineuses</li> <li>• Ondes lumineuses, calcul des positions des maxima et minima dans le cas de la double fente et du réseau de diffraction dans l'hypothèse des angles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Définir un signal transversal et un signal longitudinal</li> <li>• Connaître la relation entre la célérité <math>c</math> des ondes dans une corde, la tension <math>F</math> et la masse linéaire <math>\mu</math> de la corde, ainsi que la relation entre la longueur d'onde <math>\lambda</math> et la période <math>T</math> de la source (resp. fréquence <math>f</math> de la source)</li> <li>• Expliquer la double périodicité (périodicités temporelle et spatiale) caractérisant les ondes progressives</li> <li>• Représenter et interpréter graphiquement <math>y(x)</math> et <math>y(t)</math></li> <li>• Énoncer la condition sur la distance <math>\Delta x</math> séparant 2 points vibrant en phase, et celle sur la distance <math>\Delta x'</math> séparant 2 points vibrant en opposition de phase</li> <li>• Établir l'équation d'onde pour une propagation vers les <math>x</math> positifs dans le cas où l'élongation de la source est une fonction sinusoïdale du temps</li> <li>• Distinguer entre vitesse d'un point du milieu et célérité de l'onde et constater que la</li> </ul>

		<p>faibles : <math>\tan(\alpha) = x/D \approx \delta/a = \sin(\alpha)</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Applications : spectrométrie optique par un réseau de diffraction, limites de résolution (condition de Rayleigh)</li> <li>• Ondes stationnaires dans un instrument à cordes et dans un tube</li> </ul>	<p>propagation se fait sans transport de matière</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Décrire et interpréter l'expérience de Melde (interférences dans un milieu à une dimension) et connaître les conditions nécessaires pour obtenir une figure d'interférence stable</li> <li>• Déterminer les positions des ventres et des nœuds pour une onde stationnaire, en déduire les conditions sur la longueur d'onde pour une corde d'extrémités fixes et pour pour des tubes à une ou deux extrémités ouvertes</li> <li>• Établir la relation donnant le nombre de fuseaux <math>n</math> dans une corde de longueur <math>L</math> en fonction de la fréquence <math>f</math> de la source, de la tension <math>F</math> et de la masse linéaire <math>\mu</math> de la corde</li> <li>• Décrire et interpréter une expérience de production d'interférences sur la surface libre de l'eau (interférences dans un milieu à deux dimensions) et établir les conditions sur la différence de marche pour des interférences constructives et destructives</li> <li>• Décrire une expérience d'interférence des ondes acoustiques</li> <li>• Décrire et interpréter la diffraction d'une onde à la surface de l'eau au passage sur un obstacle</li> <li>• Décrire et interpréter l'expérience des fentes de</li> </ul>
--	--	--	---

			<p>Young en lumière monochromatique</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Étudier, dans le cas de l'expérience des fentes de Young, la superposition des deux ondes en un point M situé sur un écran, afin de déterminer la position des maxima et des minima sur l'écran et en déduire l'expression pour l'interfrange <math>i</math></li> <li>• Déterminer la longueur d'onde, ou la caractéristique d'une fente double ou d'un réseau de diffraction</li> <li>• Connaître et savoir appliquer le pouvoir de résolution <math>R</math> déterminé à partir du critère de Rayleigh</li> </ul>
	<b>Partie C : Physique moderne</b>		
	<b>Relativité d'Einstein (10 leçons)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Postulats d'Einstein</li> <li>• Relativité de la simultanéité, dilatation du temps, contraction des longueurs</li> <li>• Expérience des muons créés par le rayonnement cosmique primaire</li> <li>• Énergie totale relativiste, énergie cinétique relativiste, énergie au repos,</li> <li>• Quantité de mouvement relativiste</li> <li>• Exemples des conséquences de l'équivalence masse - énergie : annihilation et création de matière</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Énoncer les postulats d'Einstein</li> <li>• Expliquer la relativité de la simultanéité de deux événements à l'aide d'une expérience par la pensée</li> <li>• Distinguer les grandeurs relatives dans le référentiel de l'opérateur ou d'un observateur externe en mouvement rectiligne uniforme relatif : vitesse relative, durée, longueur</li> <li>• Établir les relations entre durées propres et impropres par des expériences par la pensée et les définir</li> <li>• Connaître la relation entre longueur au repos et</li> </ul>

			<p>longueur en mouvement d'un objet et les définir</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Décrire et interpréter l'expérience des muons réalisée par Frisch et Smith</li> <li>• Donner les expressions relativistes de l'énergie totale relativiste, de l'énergie au repos et de l'énergie cinétique relativiste et de la quantité de mouvement relativiste d'une particule</li> <li>• Expliquer le principe d'équivalence masse-énergie et donner des exemples mettant en évidence l'équivalence masse-énergie</li> <li>• Établir la relation relativiste entre E, E<sub>0</sub> et p</li> <li>• Donner la relation <math>\vec{v} = \frac{c^2}{E} \vec{p}</math> et savoir qu'elle est valable pour toutes les particules</li> </ul>
	<p><b>Physique nucléaire (12 leçons)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stabilité des noyaux, énergie de liaison par nucléon</li> <li>• Réactions nucléaires induites : fission, fusion</li> <li>• Désintégrations radioactives</li> <li>• Loi de décroissance, demi-vie, activité</li> <li>• Radioactivité artificielle</li> <li>• Applications : datation, traceurs et marqueurs</li> <li>• Application de l'annihilation de la matière : tomographie par émission de positrons (TEP)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Définir l'énergie de liaison nucléaire</li> <li>• Définir ce qu'on entend par radioactivité</li> <li>• Distinguer les différents modes de désintégration alpha, bêta, gamma (cause, équation bilan; exemples ; introduire le neutrino électronique dans le cas des désintégrations bêta plus et bêta moins) et en connaître les caractéristiques</li> <li>• Établir la loi de décroissance radioactive, définir la constante radioactive (ou probabilité de désintégration par unité de temps) <math>\lambda</math> et la demi-vie</li> </ul>

			<p>(ou période radioactive) <math>T_{\frac{1}{2}}</math> et établir la relation entre ces deux grandeurs</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Savoir ce qu'est une famille radioactive</li> <li>• Équilibrer une réaction nucléaire</li> <li>• Déterminer la demi-vie à partir d'un graphique</li> <li>• Appliquer la loi de décroissance du nombre de particules, de la masse et de l'activité à des exemples pratiques</li> <li>• Interpréter l'allure de la courbe de l'énergie de liaison par nucléon en fonction du nombre de masse A en vue de l'explication de la fission et de la fusion</li> <li>• Définir la fission nucléaire et décrire une réaction en chaîne</li> <li>• Définir la fusion nucléaire</li> <li>• Établir le bilan énergétique d'une réaction nucléaire</li> </ul>
	<p><b>Dualité onde-corpuscule</b> (6 leçons)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Effet photoélectrique</li> <li>• Propriétés du photon</li> <li>• Expérience de Lenard</li> <li>• Diffraction d'électrons par un trou ou un obstacle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Décrire et interpréter l'expérience de Hertz/Hallwachs</li> <li>• Définir le travail d'extraction de l'électron <math>W_s</math></li> <li>• Expliquer la contradiction entre les résultats expérimentaux et la théorie ondulatoire de la lumière</li> <li>• Énoncer l'hypothèse d'Einstein</li> <li>• Connaître les propriétés du photon</li> <li>• Définir et interpréter l'effet photoélectrique</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Déterminer la constante de Planck et la valeur du travail de sortie à partir de données expérimentales (régression linéaire)</li> <li>• Énoncer l'hypothèse de de Broglie</li> <li>• Reconnaître que la dualité onde-particule d'un objet quantique dépend de l'expérience réalisée</li> </ul>
<p><b>II. Indications didactiques et méthodologiques</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• L'interprétation et l'explication de certains phénomènes peuvent être réalisées par simulation ou par analogie</li> <li>• Les exercices à traiter doivent être conformes au niveau des exercices du cours</li> <li>• Les travaux pratiques doivent compléter le cours théorique</li> <li>• L'usage des technologies de l'information et de la communication est conseillé</li> </ul>		
<p><b>III. Modalités de l'évaluation formative &amp; certificative « au quotidien »</b></p> <p><b>Typologie</b>  La note obtenue en physique se composera de la moyenne des notes obtenues dans les épreuves écrites d'une durée d'une ou deux leçons.  Suivant les dispositions en vigueur portant sur l'évaluation des élèves, il est rappelé que la note éventuelle des travaux pratiques n'interviendra pas dans le calcul de la note semestrielle</p> <p><b>Structuration</b>  Quelques lignes directrices pourront guider l'enseignant dans le choix des questions :  Les élèves devront connaître de façon précise certaines notions fondamentales comme les définitions, les unités, les schémas et le déroulement des expériences qui se trouvent dans les documents dont ils disposent.  Les élèves devront montrer qu'ils ont compris la matière étudiée en répondant à des questions de compréhension : petites questions à réponses construites ou des questions à choix multiples à une seule réponse correcte.  On contrôle le savoir-faire des élèves à l'aide d'applications dont le degré de difficulté ne dépasse pas celui des exercices proposés dans le cours.</p> <p><b>Pondération</b>  Pour autant que la matière le permette, la répartition des points sera, si possible, la suivante :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Questions de cours: entre 15 et 25 points</li> <li>• Questions de compréhension: entre 15 et 25 points</li> <li>• Exercices numériques: entre 15 et 25 points</li> </ul>		

***Remarques générales***

Les questions à choix multiples pourront intervenir dans les questions de compréhension.

Si une question est constituée de plusieurs parties, le barème est à préciser pour chaque partie.

On veillera à ce que ces parties puissent être traitées, autant que possible, indépendamment les unes des autres.

Les développements intermédiaires seront exigés. Dans les applications, les valeurs numériques devront être précisées dans l'expression finale évaluée.

Inciter les élèves à utiliser une calculatrice scientifique simple (autorisée à l'examen de fin d'études secondaires).

L'évaluation d'une production tiendra compte du contenu scientifique, de la forme et de la structure de la réponse.