

SAARLAND

Ministerium für
Bildung und Kultur



MINISTÈRE
DE L'ÉDUCATION
NATIONALE

aefe

Agence pour
l'enseignement français
à l'étranger



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR KULTUS, JUGEND UND SPORT

06/2017

Programme

LFA / DFG

Physique

Série SMP

Première et Terminale

Travail validé par le ministère de la formation et de la culture du Land de la Sarre, le ministère de la culture de la jeunesse et du sport du Land du Bade-Wurtemberg et le ministère de l'Éducation nationale de la République française

1 Idées directrices

1.1 Caractère formateur de la physique

L'enseignement de la physique se donne pour but, outre l'acquisition par l'élève de connaissances disciplinaires concrètes, de l'initier aux méthodes et aux aspects fondamentaux de la discipline en tant que science. Dans le cadre d'un enseignement orienté sur le développement de compétences, l'élève découvre, notamment par la pratique expérimentale, les méthodes de travail essentielles de la discipline et apprend à les appliquer. Il acquiert en particulier la capacité à appréhender la physique en tant que science dans un contexte social et en cela à réfléchir de façon critique, sur la base de connaissances disciplinaires, aux aspects et aux questions de son évolution historique ou encore de son importance pour la société.

1.2 Les compétences

La formation au baccalauréat franco-allemand développe les compétences nécessaires aux élèves pour la poursuite d'études universitaires et constitue le bagage scientifique préalable et nécessaire à leur admission dans une formation de l'enseignement supérieur en France ou en Allemagne. Ceci est rendu possible par l'acquisition des compétences requises dans les deux pays. Ces compétences peuvent être d'ordre technique, scientifique ou plus général. Elles ont aussi pour objectif la formation civique ainsi que l'intégration sociale.

Le tableau suivant donne un aperçu de l'ensemble des domaines fondamentaux de compétences pour la discipline physique. Le programme d'enseignement présente ensuite les thèmes spécifiques dans le cadre desquels ils seront abordés.

Compétences Scientifiques (CS)	
Formulation d'un problème	- Poser un problème, formuler des hypothèses de travail adaptées
Stratégie de résolution de problème	- Élaborer un protocole expérimental, exploiter et interpréter une expérience - Élaborer un modèle - Vérifier la validité de la solution d'un problème ainsi que ses limites - Établir des analogies et généraliser
Analyse dimensionnelle Grandeurs, unités, précision Grandeur physique et ordre de grandeur	- Réaliser une analyse dimensionnelle et une analyse d'incertitudes (approche qualitative) - Nommer une variable et l'exploiter en fonction d'un contexte donné. - Estimer un ordre de grandeur
Démarche expérimentale	- Élaborer un protocole expérimental, exploiter et interpréter une expérience
Outils de résolution de problèmes scientifiques	- Effectuer un traitement mathématique (graphique, fonction de base) - Employer du vocabulaire scientifique dans une argumentation - Utiliser des systèmes d'acquisition et de traitement de données.

Compétences de communication (CC)

- Travail en groupe : échange d'informations et discussion
- Utilisation d'un vocabulaire scientifique spécifique
- Argumentation scientifique rigoureuse, organisation de la pensée et de l'expression
- Argumentation déductive et inductive
- Rédaction d'un compte rendu organisé, détaillé, et démonstratif
- Exposés individuels ou collectifs utilisant des outils de communications modernes

Compétences méthodologiques (CM)

- Efficacité dans l'organisation du travail (en temps libre, en temps limité) (élaboration de stratégies)
- Recherches complémentaires par les élèves
- Prise d'initiative
- Aptitude à travailler en groupe
- Recherche documentaire (choix des sources et esprit critique)

Sciences et Société (SS)

- Applications pratiques dans la vie quotidienne
- Esprit critique
- Comportement responsable et citoyen
- Promotion de la culture scientifique

1.3 Réflexions didactiques

En se fondant sur les compétences à acquérir évoquées plus haut, l'enseignement de la physique en classe de Première et de Terminale a pour objectif d'une part de permettre à l'élève de se faire une vue d'ensemble de certains domaines de la discipline et d'autre part de souligner les liens entre ces derniers. Ainsi, parallèlement à la transmission des éléments essentiels propres aux thèmes abordés, le raisonnement par analogie revêt un caractère essentiel. Il permet à l'élève de procéder de façon active à des comparaisons, dans différents domaines de la physique, entre des approches conceptuelles se faisant écho. L'élève n'appréhende ainsi pas la physique comme une juxtaposition de phénomènes ou de lois isolés, mais il réfléchit au contraire aux méthodes de travail fondamentales de cette science et à leurs similitudes, tant dans le domaine expérimental que dans le domaine de la formalisation mathématique. Les activités expérimentales permettent de pratiquer des démarches d'investigation.

1.4 Précision concernant le baccalauréat

Tous les thèmes doivent par principe obligatoirement être abordés. Toutefois, lorsqu'un thème ne fait pas l'objet d'une évaluation au baccalauréat ou alors seulement de manière partielle, le programme ci-après le mentionne expressément.

2 Compétences

Dans le tableau suivant, les compétences énumérées pour chaque domaine soulignent les capacités essentielles à développer en lien avec les contenus. Les abréviations CS, CC, CM,

La colonne « remarques » délimite les contenus, donne des pistes pour leur mise en œuvre dans la perspective du baccalauréat et en souligne de façon explicite les aspects ne faisant pas l'objet de l'examen.

Compétences et contenus	Remarques
I INTERACTIONS ET CHAMPS	
1 Les quatre interactions fondamentales <i>Compétences :</i> (1) Connaître l'importance de l'utilisation des ordres de grandeur en physique et l'appliquer dans le cas de l'étude des interactions (CS). (2) Justifier quelle interaction est prépondérante selon la situation physique étudiée (CS). <i>Contenus :</i> • Interaction gravitationnelle (à l'échelle macroscopique / astronomique) • Interaction électromagnétique (à l'échelle atomique / microscopique) • Interactions faible et forte (au niveau du noyau de l'atome)	Unification des interactions
2 Interaction gravitationnelle <i>Compétences :</i> (1) Rechercher et exploiter des informations sur l'histoire de la gravitation (CS, CM). (2) Définir les limites d'un modèle (CS). (3) Connaître la différence entre une loi empirique et une loi établie de façon théorique (CS). <i>Contenus :</i> • Expression vectorielle $\vec{F}_G = G \cdot \frac{m_A \cdot m_B}{r^2} \cdot \vec{u}_{AB}$ • Champ gravitationnel (Définition vectorielle et unité dans le cas d'un corps à symétrie sphérique) • Champ de pesanteur créé en un point de la surface S d'un objet sphérique de masse m : $\vec{g}_0(S) = -\frac{G \cdot m}{R_0^2} \cdot \vec{u}_{OS}$ et en un point P situé à l'altitude h : $\vec{g}(h) = -\frac{G \cdot m}{(R+h)^2} \cdot \vec{u}_{OP}$ • Condition d'uniformité d'un champ de pesanteur	Aspect historique Trajectoire elliptique

• Lois empiriques de Kepler	Vérification de la troisième loi de Kepler
3 Interactions électriques <i>Compétences :</i> (1) Distinguer les grandeurs électriques scalaires et vectorielles et établir le lien entre la formulation utilisée en mathématique et celle en physique (CS). (2) Chercher les analogies dans le cas du concept de champ et les expliquer (CS, CC). <i>Contenus :</i> • Expression vectorielle de la loi de Coulomb $\vec{F}_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_A \cdot q_B}{r^2} \cdot \vec{u}_{AB}$, analogies et différences avec la loi de gravitation) • Champ électrique (définition vectorielle, intensité du champ électrique dans le cas d'une charge ponctuelle $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2} \cdot \vec{u}_{0P}$, champ créé par deux charges, champ uniforme) • Différence de potentiel (travail d'une force électrique, potentiel électrique, tension électrique, lignes équipotentielles, cas du champ uniforme) • Énergie cinétique de particules soumises à un champ électrique (vitesse d'une particule chargée soumise à une différence de potentiel, électron-volt, unité de d'énergie)	Représentation des lignes de champ (dipôle également) Mécanisme d'un orage Canon à électrons
4 Interactions magnétiques <i>Compétences :</i> (1) Classer des matériaux en différenciant un matériau ferromagnétique d'un matériau paramagnétique en faisant un lien avec des applications (CS, SS). (2) Interpréter, avec de l'aide, une expérience en utilisant un modèle (CS). <i>Contenus :</i> • Interaction magnétique (aimant permanent, courant électrique) • Notion de champ magnétique (définition vectorielle et unité) • Lignes de champs magnétiques (aimant droit, aimant en U, fil rectiligne infini, spire, solénoïde, bobines de Helmholtz. Analogie entre les champs obtenus avec un aimant droit et un solénoïde) • Champs magnétiques créés par des courants (spire, bobine, solénoïde, bobine de Helmholtz, fil rectiligne infini, expression et calcul du champ magnétique créé par un solénoïde) • Champ magnétique terrestre	Aspects historiques Ferromagnétisme, domaine de Weiss Mesure d'un champ magnétique
II LOIS DE LA DYNAMIQUE	

1 Cinématique <i>Compétences :</i> (1) Utiliser et présenter les outils mathématiques adaptés à l'étude de la cinématique (CS, CM). (2) Identifier un référentiel et choisir un repère de manière à simplifier l'étude d'un mouvement (CS, CM). <i>Contenus :</i> • Description du mouvement d'un point mobile (référentiel, repère d'étude, trajectoire) • Description vectorielle (vecteur vitesse: $\vec{v} = d\vec{OM}/dt$, vecteur accélération : $\vec{a} = d\vec{v}/dt$, composantes dans la base de Frenet : $a_t = \frac{dv}{dt}$; $a_n = \frac{v^2}{R}$) • Différents types de mouvement (mouvement uniforme, uniformément varié, accéléré et retardé, équation du mouvement, équation de trajectoire).	Construction du vecteur accélération à partir de relevé de trajectoire Utilisation d'un système d'acquisition de données
2 Les lois de la dynamique <i>Compétences :</i> (1) Formuler un problème de mécanique (identification du système, du référentiel et des lois utilisées) et exploiter les notions appropriées (CS, CC). (2) Choisir la loi la plus adaptée à la situation physique (conservation de l'énergie, théorème de l'énergie cinétique, équation fondamentale de la dynamique) (CS). (3) Formuler des hypothèses simplificatrices et en déterminer les conséquences sur la résolution du problème (CS) (4) Établir des analogies entre différents domaines de la physique et en exprimer les différences (CS, CC) <i>Contenus :</i> • Rappels (centre d'inertie, principe d'inertie, référentiel galiléen) • Principe fondamental de la dynamique (énoncés et formulations vectorielles $\Sigma \vec{F}_{ext} = \Delta \vec{p} / \Delta t$, application au solide, théorème du centre d'inertie, translation d'un solide sur un plan incliné avec ou sans frottement, avec force motrice, tension du fil d'un pendule, réaction de supports) • Projectiles en mouvement dans un champ de pesanteur (chute libre, chute libre avec vitesse initiale avec équation de trajectoire) • Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrique uniforme (accélération d'une particule chargée, déviation électrostatique)	Expérience avec la table à coussin d'air Pendule pesant, pendule suspendu dans un wagon en mouvement, inclinaison lors des virages Mouvement de chute avec frottements

3 Mouvement des planètes <i>Compétences :</i> (1) Reconnaître le caractère approximatif d'un modèle : comparer les valeurs calculées aux valeurs expérimentales et identifier l'influence d'autres facteurs qui interviennent (CS). (2) Citer des applications techniques des satellites en physique (SS). <i>Contenus :</i> • Approximation du mouvement circulaire (vitesse, période) • Mouvement des satellites (satellite géostationnaire) • Expression de la constante de la 3^{ème} loi de Kepler: $\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{M \cdot G}$	Utilisation d'un logiciel de simulation pour l'étude de trajectoires Apesanteur
III SYSTEMES OSCILLANTS	
1 Systèmes oscillants <i>Compétences :</i> (1) Rechercher des phénomènes comparables dans différents domaines de la physique (CS) (2) Citer différents phénomènes oscillatoires de la vie quotidienne (SS). <i>Contenus :</i> • Exemples d'oscillateurs • Grandeurs physiques utilisées pour les systèmes oscillants (période d'oscillation, fréquence, amplitude et énergie) • Évolution temporelle des oscillations (amortissement : régime pseudo-période, régime critique et régime apériodique, approche qualitative des oscillations forcées et du phénomène de résonance, conditions d'obtention de la résonance)	Pendule élastique, pendule pesant Observation qualitative de différents types d'oscillations dans d'autres domaines Amortissement liquide et gazeux
2 Oscillations harmoniques pour le pendule simple et le pendule élastique horizontal <i>Compétences :</i> (1) Établir le modèle des oscillateurs harmoniques et en définir les limites (CS). (2) Raisonner à partir d'une représentation graphique (CM, CC). <i>Contenus :</i> • Étude expérimentale des deux pendules (fréquence propre, période, échange énergétique) • Étude théorique (équation différentielle pour des petites oscillations (sans frottement), solution de l'équation différentielle, notion de phase et de pulsation propre) • Aspects énergétiques (énergie cinétique, énergie potentielle, énergie potentielle élastique et conservation de l'énergie) • Exemples d'oscillateurs non harmoniques (approche qualitative)	Détermination de la constante de raideur d'un ressort

IV LES ONDES	
1 Notion d'onde <i>Compétences :</i> (1) Reconnaître une onde dans différents contextes (CS). (2) Décrire qualitativement les phénomènes de propagation des ondes (CC). <i>Contenus :</i> • Ondes mécanique et électromagnétique (déformations longitudinales et transversales) • Chaîne de propagation (émetteur, milieu de propagation, vitesse de propagation, équation horaire de propagation et récepteur)	Mesure de la célérité d'onde dans différentes situations (à la surface de l'eau, dans un ressort, dans une corde, d'une onde sonore et ultrasonore)
2 Propagation d'une onde <i>Compétences :</i> (1) Identifier, dans le cadre de la théorie des ondes, la signification des différentes études des dimensions spatiales en fonction du phénomène étudié (CS). (2) Différencier des sons perçus dans la vie quotidienne de ceux utilisés dans le cadre de mesures physiques (SS, CS). <i>Contenus :</i> • Notion de propagation (onde progressive, onde stationnaire, amplitude, période, longueur d'onde, lignes et surfaces d'onde) • Onde le long d'une corde (1 dimension) (onde transversale, aspect du milieu à différents instants) • Onde à la surface de l'eau (2 dimensions) (ondes transversales, circulaires, rectilignes, aspect du milieu à différents instants) • Les ondes sonores (3 dimensions) (onde longitudinale, onde sphérique, principe du modèle émetteur-récepteur, domaine audible, différenciation d'un son et d'un bruit (approche qualitative)) • Caractéristique d'un son dans le domaine de la musique (hauteur, intensité, timbre)	Analyse expérimentale de la propagation d'onde (oscilloscope, interface d'acquisition) Effet Doppler Acoustique et musique
3 Réflexion, réfraction, diffraction d'ondes <i>Compétences :</i> (1) Comparer le comportement des ondes mécaniques et lumineuses derrière des obstacles (CS). (2) Réaliser des expériences de diffraction pour découvrir de ma-	

nière intuitive la dépendance entre l'ordre de grandeur des variables expérimentales choisies et les possibilités d'observation (CS, CM). <i>Contenus :</i> • Propagation à une dimension (corde, deux cordes mises bout à bout) • Réflexion d'ondes à deux ou trois dimensions (lois de la réflexion, écho, sonar, échographie, miroir) • Réfraction d'ondes à deux ou trois dimensions (lois de réfraction, cas particulier: indice de réfraction pour la lumière, réflexion totale, lentilles, fibre optique) • Diffraction d'ondes planes (diffraction par un bord d'écran, par un trou, par une fente, angle de diffraction)	Réflexion et réfraction d'ondes, échographie
4 Les interférences <i>Compétences :</i> (1) Appréhender, à partir des observations, un formalisme adapté à l'étude de la superposition des ondes. Établir des analogies entre les différents exemples d'ondes (CS, CC). (2) Utiliser des méthodes graphiques appropriées pour visualiser les phénomènes d'ondes constructives et destructives (CS). <i>Contenus :</i> • Superposition de deux ondes (corde, surface de l'eau, ultrasons) • Interférences constructives et destructives (conditions quantitatives pour la différence de marche, franges d'interférences)	Cuve à ondes, ultrasons
V ÉLECTROMAGNETISME	
1 Particules chargées dans un champ électrique ou magnétique homogène <i>Compétences :</i> (1) Savoir que la physique introduit, dans le cadre de la théorie des champs, des grandeurs spécifiques et des outils de représentations pour décrire des phénomènes variables dans l'espace (CS). (2) Identifier les similitudes mais aussi les différences dans la structure des champs à partir des analogies entre les champs électrique et magnétique (CS). <i>Contenus :</i> • Action d'un champ électrique uniforme sur une particule chargée (force électrique $\vec{F}_e = q \cdot \vec{E}$ pour un condensateur plan, travail $W_{AB}(\vec{F}_e) = q \cdot (V_A - V_B)$) • Action d'un champ magnétique uniforme sur une particule chargée (force de Lorentz $\vec{F}_m = q \cdot \vec{v} \wedge \vec{B}$ ou encore en notation allemande $\vec{F}_m = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$) • Étude de mouvement dans un champ magnétique et électrique (mouvement dans des champs croisés, modification de la direction	Canon à l'électron Bobines de Helmholtz, spectromètre de masse, cyclotron, accélérateur de particule, force de Laplace pour un conducteur rectiligne

et déviation sur un écran)	
2 Induction électromagnétique <i>Compétences :</i> (1) Expliciter la signification physique de l'écriture mathématique de la loi de l'induction (CS). (2) Citer les conséquences, dans les domaines techniques, de l'importance du phénomène d'induction (SS, CC). <i>Contenus :</i> • Le phénomène d'induction (force électromotrice, tension induite et courant induit) • Loi de Lenz • Le flux magnétique ($\phi = n \cdot \vec{B} \cdot \vec{S}$ représentation vectorielle) • Expression différentielle de la loi de l'induction de Lenz-Faraday	<i>En résumé :</i> applications de l'induction : courant électrique, transformateur, courants de Foucault, freinage par courants de Foucault, plaque à induction
3 Auto-induction et bobine <i>Compétences :</i> (1) Connaître l'importance du champ magnétique pour stocker de l'énergie (CS). (2) Exploiter et analyser les applications techniques du stockage de l'énergie (CC, SS). (3) Expliciter des analogies avec le stockage de l'énergie dans le cas du champ électrique (CS, CC). <i>Contenus :</i> • Auto-induction (flux propre, inductance propre, loi de Lenz-Faraday) • Énergie magnétique dans une bobine (étude quantitative)	Vérification de la loi de Lenz-Faraday à l'aide d'un courant de forme triangulaire, étude de l'énergie magnétique
4 Le condensateur Compétences : (1) Connaître l'importance du champ électrique pour stocker de l'énergie (CS). (2) Exploiter et analyser les applications techniques du stockage de l'énergie (CC, SS). (3) Expliciter des analogies avec le stockage de l'énergie dans le cas du champ magnétique (CS, CC). <i>Contenus :</i> • Condensateur (Constitution, définition de la capacité) • Énergie électrique emmagasinée dans un condensateur (étude quantitative)	Mesure de la capacité d'un condensateur <i>Pas pertinent :</i> étude de la charge et de la décharge d'un condensateur en fonction du temps.

5 Oscillations électriques libres <i>Compétences:</i> (1) Appréhender, dans le cadre de l'étude des oscillations électromagnétiques et mécaniques, un modèle permettant de décrire les analogies (CS). (2) Expliciter les équations différentielles comme un outil central en physique (CS). <i>Contenus:</i> • Oscillations électriques libres, non amorties pour un circuit (L, C) (période d'oscillation $T_0 = 2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$, fréquence, pulsation, échange et conservation de l'énergie) • Établissement de l'équation différentielle à partir des considérations énergétiques • Oscillations libres amorties d'un dipôle (R, L, C) série (Influence de la résistance, les différents régimes (pseudopériodique, critique et apériodique), interprétations énergétiques et oscillations forcées (approche qualitative)) • Analogie avec les oscillations mécaniques • Étude de l'influence de l'amortissement	Charge et décharge d'un condensateur dans un dipôle (R, L, C) série soumis à un signal créneau ou un échelon de tension. <i>Les contenus suivants ne doivent pas intégrer l'épreuve du baccalauréat : production d'oscillations électromagnétiques entretenues à l'aide d'un amplificateur opérationnel.</i>
VI LES ONDES ÉLECTROMAGNETIQUES EN OPTIQUE	
1 Les ondes électromagnétiques <i>Compétences :</i> (1) Relier, dans le cadre de l'introduction des ondes électromagnétiques, le modèle des ondes et celui de la description de la théorie des champs (CS). (2) Identifier le caractère ondulatoire à partir de différentes expériences (CS). <i>Contenus :</i> • Présentation des ondes électromagnétiques • Grandeurs caractéristiques d'une onde (réflexion, réfraction, interférences, diffraction) • Polarisation (approche qualitative)	Vérification avec l'exemple du dipôle de Hertz, une expérience avec les micro-ondes <i>Les contenus suivants ne font pas partie de l'examen du baccalauréat :</i> courte présentation des lois de Maxwell pour compléter les expériences du niveau lycée
2 Caractère ondulatoire de la lumière <i>Compétences:</i> (1) Citer les domaines de validité du modèle du rayon lumineux (optique géométrique) et ses limites (optique ondulatoire) (CS). (2) Réaliser des expériences pour déterminer une longueur d'onde (CS).	

Contenus : • Rappels d'optique géométrique (propagation rectiligne, limites de l'optique géométrique) • Mise en évidence du caractère ondulatoire de la lumière (vitesse, indice de réfraction $= \frac{c}{v}$) • Interférences à deux ondes (fentes doubles, notion de cohérence, différence de marche, conditions d'interférences constructives et destructives, distance entre les maxima) • Interférences à N ondes (réseau) • Diffraction par une fente • Spectre électromagnétique	Polarisation : l'influence du plan de polarisation de la lumière (effet Kerr) et magnétique (effet Faraday) montre que la lumière est une onde électromagnétique Obligatoire: détermination de la longueur d'onde de l'onde émise par un laser
VII PHYSIQUE QUANTIQUE : PARTIE OBLIGATOIRE (pas d'exercice entier à l'épreuve du baccalauréat)	
1 Caractère corpusculaire de la lumière Compétences : (1) Savoir que, selon la situation rencontrée, la lumière peut être décrite soit comme une onde, soit comme une particule (CS). (2) Appréhender les aspects historiques et expérimentaux de l'effet photoélectrique et les utiliser pour la détermination de la constante de Planck (CS, CC). Contenus : • Spectre de lampes à incandescence (spectre d'émission, spectre d'absorption) • Effet photoélectrique (présentation qualitative) • Interprétation d'Einstein de l'effet photoélectrique (photon, charge électrique nulle, masse nulle, énergie: $E = h \cdot f$ (ou $E = h \cdot \nu$), relation de Planck-Einstein $h \cdot f = E_{cin,max} + E_{ext}$, notion de fréquence seuil) • Les niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène • Interprétation du spectre d'autres atomes	Mise en évidence de la correspondance des raies d'émission et d'absorption Confirmation expérimentale de l'effet photoélectrique (exemple: expérience de Hallwachs, effet photoélectrique externe) Détermination de la constante de Planck Exploitation de spectres (Soleil, étoiles...)
PHYSIQUE QUANTIQUE : partie facultative (contenu non évalué à l'épreuve du baccalauréat)	
1 La lumière comme objet quantique Compétences : (1) Distinguer les expériences dans lesquelles la lumière a un caractère ondulatoire des expériences dans lesquelles la lumière a un caractère particulaire (CS). (2) Appréhender pour la première fois la notion fondamentale de la	

physique quantique : deux modèles <i>a priori</i> différents sont applicables selon l'expérience. Appréhender et formuler cet aspect au travers de la « notion d'objet quantique » (CS, SS). <i>Contenus :</i> - Le caractère ondulatoire de la lumière (rappels) (caractérisé par la longueur d'onde λ et la fréquence f (ou ν, pulsation ω)) - Le caractère corpusculaire de la lumière (caractérisé par son énergie $E = hf$ et sa quantité de mouvement p) - La lumière comme objet quantique (la lumière est plus qu'une onde ou une particule, c'est un véritable "microjet" qui se comporte comme une particule et une onde. Critères pour observer un comportement classique ou quantique) $E = hf = h \cdot \frac{\omega}{2\pi} = \frac{h}{2\pi} \cdot \omega = \hbar \cdot \omega$ $p = \frac{h}{\lambda} = \frac{h}{2\pi} \cdot \frac{2\pi f}{c} = \hbar \cdot \frac{\omega}{c}$	h sera utilisé à la place de : $\frac{h}{2\pi} = \hbar$ (les formules pourront être adaptées) Équation de Planck-Einstein, recherche de Franck-Hertz Brève approche mathématique de l'effet Compton
2 L'électron en tant qu'objet quantique <i>Compétences :</i> - Savoir, selon l'expérience, si les électrons ont un caractère particulaire ou un caractère ondulatoire (CS). - Appréhender pour la première fois la notion fondamentale de la physique quantique : deux modèles <i>a priori</i> différents sont applicables selon l'expérience. Appréhender et formuler cet aspect au travers de la « notion d'objet quantique » (CS, CC). <i>Contenus :</i> - Électrons considérés comme une particule - La longueur de De Broglie d'un électron $\lambda = \frac{h}{p}$ - Interférences d'électrons	Microscope électronique
3 Les idées fondatrices de la physique quantique <i>Compétences :</i> - Appréhender les phénomènes de la physique quantique et les interpréter sur un plan mathématique (CS). - Interpréter physiquement de la signification nouvelle de la mesure dans le cadre de la physique quantique (CS, CC). <i>Contenus :</i> - Les objets macroscopiques sont constitués de petites entités (quanta) - L'équation de Schrödinger (fonction d'onde, « le chat de Schrödinger »)	La lumière est composée de photons; la matière d'atomes c'est à dire d'électrons et de noyaux (quarks, gluons). La fonction d'onde est la solution de l'équation de Schrödinger. Les quanta donnent lieu à des interfé-

• Principes fondamentaux de la mécanique quantique (les quanta donnent lieu à des « interférences », superposition des probabilités) • Comportement probabiliste du quanta : (la probabilité de détection d'un objet quantique dans un élément de volume $P(x, t) \cdot \Delta V = \Psi(x, t) ^2 \cdot \Delta V$) • Inégalités de Heisenberg ($\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \frac{h}{2\pi}$ et $\Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{h}{2\pi}$) • Le problème de la mesure en physique quantique	rences, lorsqu'ils parviennent au niveau du récepteur, selon les différents chemins, et qu'il n'est pas possible de définir le chemin qui a été emprunté. La procédure de mesure conduit toujours à un état final possible. Au niveau des fentes d'Young, la probabilité pour les objets quantiques de se retrouver derrière le dispositif n'est pas égale à la somme des probabilités que l'on obtiendrait avec chaque fente prise indépendamment. Cela conduit à des figures d'interférences Simulation d'une expérience avec les fentes d'Young avec un logiciel Approfondissement : interprétation de l'intrication en physique quantique
VIII THÉORIE DE LA RELATIVITÉ : PARTIE OBLIGATOIRE (pas d'exercice entier à l'épreuve du baccalauréat)	
1 Notions fondamentales de la théorie de la relativité <i>Compétences :</i> (1) Appréhender la notion d'espace-temps du point de vue de la relativité comme un tout nouvel aspect et en poser les limites avec des expériences de la vie quotidienne (CS, CC, SS). (2) Citer les limites de validité de la mécanique classique (CS). (3) Distinguer l'approche classique de l'approche relativiste pour différencier des problèmes physiques (CS). <i>Contenus :</i> • Les principes de relativité galiléenne (invariance des lois de la mécanique dans les référentiels galiléens (transformations de Galilée (position, vitesse relative) et ses conséquences : notion de temps et d'espace absolu, séparation du temps, invariance de la masse et de la force)) • Les limites de la mécanique classique	Expérience de Bertozzi: les ondes électromagnétiques n'obéissent pas aux lois galiléennes pour la composition des vitesses, hypothèse de

• Postulats d'Einstein (les lois de la physique sont les mêmes dans tous les référentiels galiléens, la vitesse de la lumière « c » est invariante, validité des lois de la mécanique pour des faibles vitesses et ses conséquences : la perte de la notion de temps absolu et de la notion de simultanéité) • Découverte de l'espace-temps (le cône de lumière (passé, présent, futur)) • Nouvelle représentation de l'espace et du temps (référentiel propre (temps propre, longueur propre), dilatation du temps $t = \gamma \cdot t_0$ et vérification expérimentale (désintégration de muons), contraction des longueurs $L = \frac{L_0}{\gamma}$) • Observateur dans un référentiel galiléen (relativité restreinte), prolongement sur les référentiels non-galiléens (relativité générale)	l'Éther, expérience de Michelson-Morley <i>Les contenus suivants ne font pas partie de l'examen du baccalauréat:</i> transformation de Lorentz (position, vitesse)
THÉORIE DE LA RELATIVITÉ : approfondissement facultatif (contenu non évalué à l'épreuve du baccalauréat)	
1 Grandeurs associées aux particules relativistes <i>Compétences:</i> (1) Utiliser une approche relativiste dans le cas de problèmes de physique des particules (CS). (2) Savoir que les expériences se déroulant dans les accélérateurs de particules constituent une méthode de recherche, par exemple sur le thème de la vérification du modèle standard (CS). <i>Contenus:</i> • Quantité de mouvement ($p = \gamma \cdot m_0 \cdot v$) • Les différents types d'énergie (énergie totale $E = \gamma \cdot m_0 \cdot c^2$, énergie au repos $E_0 = m_0 \cdot c^2$ et énergie cinétique $E_c = (\gamma - 1) \cdot m_0 \cdot c^2$), • Relation entre la quantité de mouvement relativiste et l'énergie relativiste : invariant relativiste ($E^2 - p^2 \cdot c^2 = m_0^2 \cdot c^4$) • Particules de masse nulle: $E = p \cdot c$ • Domaine relativiste (conditions sur $v \geq 0,1 c$, $E_c \geq 0,01 E_0$ ou $p : p \geq 0,1 E_0 / c$) et domaine classique (comparaison et critère de validité))	<i>En résumé :</i> familles de particules : leptons ($e, e^+, \nu, \bar{\nu}$), quarks et hadrons ($p^+, p^-, n^0, \pi^+, \pi^-, \pi^0$), baryons (3 quarks) et mésons (paire quark-anti-quark), modèle standard, lien avec la cosmologie Accélérateur de particules (collisionneur de particules) : principe, chocs élastique et non-élastique (calcul classique ou relativiste : hypothèse sur la nature des particules)

IX PHYSIQUE NUCLEAIRE	
1 Radioactivité <i>Compétences :</i> (1) Savoir que la radioactivité est un phénomène naturel (SS). (2) Appréhender, à partir des connaissances acquises, les possibilités et les limites des applications médicales et des techniques de rayonnements radioactifs (SS). <i>Contenus :</i> • Le noyau atomique (composition, dimension, masse) • Généralités sur les transformations radioactives (histoire, définition, caractéristiques, lois de conservation (nombre de nucléons, charge électrique, énergie, impulsion)) • Les rayonnements α, β, γ (exemples, lien avec la stabilité des noyaux (diagramme (N,Z))) • La décroissance radioactive (la loi $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$, la constante de temps (τ) et la constante radioactive (λ), l'activité $A(t) = -\frac{dN}{dt} = \lambda \cdot N(t)$, la période radioactive d'un radionucléide, relation entre T et λ : $t = \frac{\ln 2}{\lambda}$) • Application des rayonnements radioactifs (exemple dans le domaine de la santé)	Découverte de la radioactivité naturelle et artificielle, application des rayonnements radioactifs : méthode de datation, médecine, industrie, alimentations art ... Utilisation d'un compteur de radioactivité : caractère aléatoire lors de la désintégration ; mesure de la radioactivité naturelle <i>Les contenus suivants ne sont pas évalués à l'épreuve du baccalauréat :</i> effets des rayonnements dans le domaine de la santé (irradiation, contamination, dose, dose équivalente), accident et sécurité (Tchernobyl), fission (réacteur, arme nucléaire) et fusion nucléaire (étoile, projet de fusion artificielle)
2 L'énergie nucléaire <i>Compétences :</i> (1) Citer les ordres de grandeur, choisir l'unité adaptée à l'ordre de grandeur ou à l'application (CS). (2) Relier la précision d'une mesure avec le nombre de chiffres significatifs pour les calculs de perte de masse (CS). (3) Porter un regard critique sur l'importance sociale et technique de l'énergie nucléaire avec une mise en perspective avec le contexte politique (SS, CC).	

<i>Contenus :</i> • Perte de masse dans une réaction nucléaire (énergie libérée $\Delta E = \Delta m c^2$) • Défaut de masse d'un nucléide $\Delta m = [Z m_0(p) + (A - Z)m_0(n)] - m_0({}_Z^A X)$ • Énergie de liaison ($E_l = (\text{défaut de masse}) c^2$, et stabilité d'un noyau, courbe d'Aston) • Fission, fusion	<i>Les contenus suivants ne sont pas évalués à l'épreuve du baccalauréat :</i> lien avec le réchauffement climatique
---	--

3 Opérateurs et verbes d'action

Les 29 « opérateurs » de la Conférence des ministres de l'Éducation des Länder (Kultusminister Konferenz, février 2013) retenus ici par les ministères de l'éducation du Bade-Wurtemberg et de la Sarre pour la physique, sont traduits à titre informatif et se distinguent des 17 opérateurs retenus pour la chimie. Il convient de se reporter à la version allemande du tableau. Les opérateurs sont les verbes d'action à utiliser dans la formulation des consignes permettant à l'élève de comprendre la tâche qu'il doit effectuer et le niveau de complexité qui est attendu dans sa réponse. Ils correspondent plus ou moins à un des trois niveaux d'exigence I, II ou III de la KMK : I. Restitution et mobilisation de connaissances, récapitulation et description d'un phénomène, réutilisation de techniques/de savoir-faire appris en classe ; II. Analyse d'un problème et son explication, application de savoir et de savoir-faire à une problématique similaire, justification avec recours à une loi ou à une règle ; III. Transfert de savoir et de savoir-faire vers une problématique nouvelle et complexe, conception en autonomie d'une stratégie pour résoudre un problème, capacité d'évaluation de la démarche choisie en adoptant différentes perspectives. En regard de ces opérateurs, voir en annexe le tableau fourni par l'inspection générale de physique-chimie sur les « verbes d'action » qui n'a pas vocation à être modélisant mais atteste du fait que la préoccupation de rationalisation de la KMK est partagée par le MEN.

Opérateur	Description des capacités attendues
Estimer	indiquer des ordres de grandeur en se fondant sur un raisonnement
analyser / examiner	pour une problématique donnée, mettre en évidence des éléments ou des propriétés importants ; l'analyse implique parfois une partie pratique
appliquer	utiliser des données ou une méthode connue pour étudier une situation nouvelle
construire (expériences)	organiser et combiner des objets et des appareils en fonction d'un objectif
exploiter	mettre en relation et le cas échéant interpréter des données, des résultats isolés ou d'autres éléments
justifier / montrer	expliquer des faits par des règles, des lois ou des relations de causalité
calculer / déterminer	déduire des grandeurs physiques à partir d'autres valeurs de grandeurs ou d'ordres de grandeur
décrire	rendre compte de structures, de faits ou de relations à l'aide de ses propres mots et en ayant recours à un langage scientifique adapté
valider	vérifier à travers une expérience la validité d'une hypothèse, d'une représentation ou d'une loi
présenter	exposer une solution et formuler un résultat
juger	émettre et justifier un jugement autonome quant à des données en utilisant des connaissances et des méthodes disciplinaires
évaluer	évaluer des faits, des objets, des méthodes, des résultats etc. à l'aide de critères, de normes et de valeurs
représenter	rendre compte de faits, de relations, de méthodes et de rapports de façon structurée et en ayant recours à des formes de communication adaptées
discuter / débattre	confronter et analyser des positions ou des arguments au sujet de faits, de déclarations ou de thèses
documenter	représenter toutes les explications, déductions et schémas nécessaires
conduire (expériences)	procéder dans le cadre d'une expérience à des mesures et à des adaptations en fonction d'un objectif visé
concevoir / organiser (expériences)	pour un problème donné, concevoir une expérience

Opérateur	Description des capacités attendues
développer / établir	mettre en relation des faits et des méthodes ; poursuivre et améliorer une idée, une hypothèse, une expérience ou une théorie
expliquer	rendre des faits compréhensibles
clarifier	illustrer et expliquer des faits à l'aide d'informations complémentaires
résoudre	trouver un lien ou une solution et formuler un résultat
déduire	déduire d'ordres de grandeur une grandeur physique à l'aide de l'outil mathématique
interpréter	analyser et examiner des liens de causalité en prenant en compte des modèles d'explication
nommer / indiquer	citer sans explications des éléments, des faits, des concepts ou des données.
schématiser	représenter de façon synthétique des faits, des structures ou des résultats
structurer / ordonner	catégoriser et hiérarchiser des objets donnés
contrôler / vérifier / tester	confronter des données ou des propositions à des faits ou à une logique intrinsèque et révéler d'éventuelles contradictions
comparer	déterminer des points communs, des similitudes et des différences
tracer	procéder à la représentation graphique la plus exacte possible de structures observables ou de données