

Paris, le 9 novembre 2016

Préparation des Olympiades Internationales de Physique 2016-2017
Réunion de rentrée
Lundi 7 novembre 2016 – Observatoire de Paris

Présents: ANDRE Christophe, BILLY Nicolas, BONNOIT-CHEVALIER Claire, BADEL Anne-Emmanuelle, BOISSELEAU Christophe, BRUNEL Christian, BURIDANT Olivier, CALDARA Gaëtan, CAVAILLES Jean-Aristide, CHAMPAULT Sylvie, COMTE Rachel; COURTEAUD Julien, DAUMONT Isabelle, DENANOT Francis, DUGUE Julien, GEGO Elodie, GEORGE Hervé, GONDRE Pascal, GRAS Olivier, GUILLON Cyril, JEAUFFROY Bruno, KIOUS Lyes, LANDRAUD Nathalie, LE DIFFON Arnaud, LE FLOCH Véronique, LEGRAND David, MARTINEZ Sébastien, RANDRIA Jacques, SCHLOSSER Nicolas; SCHMITTBUHL Arnaud, SIMON Camille, VIGIER Emilie.

La réunion est ouverte à 10h par B. JEAUFFROY. Il présente le fonctionnement général des IPhOs, ainsi que le déroulement et les objectifs de la réunion : la première partie est centrée sur l'organisation pratique de la préparation française aux IPhOs pour cette année scolaire et la seconde partie consacrée au thème du jour « Quelle physique aux IPhOs pour donner davantage envie aux élèves de terminale S de poursuivre des études de physique et les préparer encore mieux à l'enseignement supérieur ? ». Chaque participant est ensuite invité à se présenter.

Remarques :

- les présentations et documents de cette réunion sont joints à ce compte-rendu,
- l'ordre du jour de la réunion est reproduit en annexe 1 de ce document.

Organisation pratique de la préparation française aux IPhOs

N. SCHLOSSER et I. DAUMONT présentent le déroulement et les épreuves des IPhOs à Zurich, en 2016. Les dispositifs expérimentaux utilisés lors des épreuves sont présentés.

Suite à des échanges avec l'auditoire, certains points sont soulignés :

- le nombre de mesures expérimentales joue un rôle important pour la notation (une dizaine de points de mesures sont nécessaires pour l'obtention d'une note maximale) ;
- les copies sont corrigées parallèlement par le pays hôte et par la délégation ;
- les élèves manquent de méticulosité lors de l'épreuve expérimentale pour obtenir la note maximale, même s'ils ont de très bonnes idées ;
- les trois accompagnateurs français participent aux négociations sur la rédaction du sujet. Ils ont tendance à voter pour la suppression des questions les plus calculatoires et pour le maintien des questions plus ouvertes.

Les sujets des épreuves sont sur le site internet de « Sciences à l'École » : <http://www.sciencesalecole.org/olympiades-internationales-de-physique-annales-de-la-compétition-internationale/>

B. JEAUFFROY précise que :

- la délégation française obtient de très bons résultats à l'épreuve expérimentale, manifestant de l'initiative et de la créativité ;
- la partie « modération » joue un rôle crucial aux IPhOs. C'est l'étape où les accompagnateurs négocient l'évaluation des copies des candidats avec la délégation locale. Ainsi, dans le bref temps imparti, ils doivent faire preuve de stratégie pour permettre l'obtention des meilleurs résultats possibles. L'accent est mis sur le passage d'un niveau de médaille à un autre.

C. BONNOIT-CHEVALIER présente le calendrier de l'année :

- **24 mars 2017** : envoi des sujets
- **29 mars 2017** : épreuve de sélection écrite (date commune aux IChOs)
- **24 avril 2017 environ** : publication des résultats, désignation des élèves admis au stage expérimental
- **Semaine du 15 mai 2017** : stage expérimental aux ENS de Cachan et de Paris (site de Montrouge)
- **19 mai 2017** : épreuve pratique et désignation des cinq élèves qui représenteront la France aux Olympiades en 2017
- **juillet 2017** : compétition internationale en Indonésie précédée d'un court stage de préparation à l'ENS de Cachan.

Epreuve écrite de sélection pour les élèves de CPGE

B. JEAUFFROY et N. BILLY animent les discussions autour du syllabus de l'épreuve écrite nationale de sélection pour les élèves de CPGE.

Le contenu de l'épreuve CPGE

Celle-ci durera 4h. Le contenu de l'épreuve sera le suivant :

- **un QCM** : format inchangé, 20 questions devant correspondre à 1h de composition;
- **2 exercices** : devant correspondre à 1h de composition ;
- **Problèmes** : Cette partie est subdivisée en deux (1h+1h) : un premier volet classique (type I) et un deuxième volet comportant une résolution de problème (type II).

Le Syllabus de l'épreuve écrite de sélection pour les élèves de CPGE

Les éléments du syllabus sur lesquels portera le test du comité français des IPhOs, en mars 2017, sont indiqués en **rouge** et en **bleu**. Les parties soulignées ne sont pas au programme de PCSI.

B. JEAUFFROY rappelle que le but principal des préparations aux IPhOs est de développer chez les élèves le goût pour la physique.

Le fonctionnement des préparations varie d'un centre à l'autre comme le témoignent les professeurs : cours à lire à la maison puis exercices en classe, démonstration de cours avec distribution d'un résumé et peu d'exercices, travail sur des annales... Les enseignants s'adaptent au public. Comme le souligne C. BRUNEL, certains élèves souhaitent approfondir leurs connaissances en physique, sans passer le test de sélection, tandis que d'autres élèves ont pour objectif d'être sélectionnés pour le stage expérimental de formation, voire pour le voyage à l'étranger.

Suite aux remarques des professeurs, il est précisé que :

- l'optique géométrique sera celle de première année de CPGE (en particulier les relations de conjugaison seront rappelées lors du test de sélection si nécessaire) ;
- les transformations de Lorentz ne sont pas à connaître, les élèves doivent savoir qu'elles existent. Le but est de les intéresser à la relativité, pas d'introduire un formalisme trop lourd.

Thème du jour :

« Quelle physique aux IPhOs pour donner davantage envie aux élèves de terminale S de poursuivre des études de physique et les préparer encore mieux à l'enseignement supérieur ? »

N. LANDRAUD et C. BRUNEL proposent une présentation, afin d'introduire le thème du jour.

Une première partie de la présentation s'intéresse au point de vue des élèves, en s'appuyant sur les réponses à un sondage effectué auprès des classes de MPSI et de PCSI des lycées Jean-Perrin (Lyon) et Masséna (Nice). Ce sondage leur demande en particulier un retour sur l'enseignement de la physique en terminale scientifique. Les résultats sont inclus à la présentation.

Une seconde partie traite du point de vue des professeurs de physique de terminale S.

Une troisième partie liste les connaissances de mathématiques vues au lycée et utiles pour l'apprentissage de la physique. Elle présente également les connaissances qui manquent aux élèves.

Une quatrième partie présente les résultats d'un sondage effectué (auprès des classes de MPSI et de PCSI des lycées Jean-Perrin et Masséna) sur les supports d'enseignement de la physique en terminale S (étude de documents, exercices, animations...), la manière de réaliser la synthèse du cours, la densité du contenu en terminale S.

Quelques points ont été soulignés quant à ces quatre parties :

- les élèves de terminale S ont développé un excellent esprit d'analyse dans le cadre des études de documents, parfois au détriment de la modélisation ;
- certains élèves sont peu à l'aise avec les outils mathématiques ;
- le bon rapport entre un enseignement déductif de la physique et un enseignement descriptif est difficile à évaluer. Les élèves de terminale S, du moins ceux qui se dirigent vers les classes préparatoires, semblent plus attirés par une approche déductive, au regard des sondages réalisés.

Enfin, N. LANDRAUD et C. BRUNEL présentent leurs expériences d'enseignement pour les élèves de terminale scientifique, dans le cadre de séances d'approfondissement ou de séances de préparation aux Olympiades Internationales de physique.

La manière de concevoir des séances d'approfondissement pour les élèves de terminale S est discutée. Elles ont toutes pour but de motiver les élèves à la poursuite d'études scientifiques. Les points suivants sont évoqués :

- ces séances donnent des « armes » plus fortes aux élèves pour résoudre des exercices (par exemple en introduisant la transformation de Lorentz dans un calcul de relativité restreinte) ;
- des activités conjointes avec le professeur de mathématiques peuvent intéresser les élèves et leur permettre ainsi de manipuler les outils mathématiques, puis d'interpréter les résultats d'un calcul ;
- les élèves sont désireux d'approfondir, d'avoir le temps d'aller au bout des raisonnements. Les analyses documentaires leur permettent d'avoir une approche critique des documents scientifiques. En plus du travail d'extraction d'information, les élèves apprécient d'être en situation de modéliser, de calculer et d'avoir un regard critique sur les résultats.

Ainsi, au fil des discussions, les professeurs présents soulignent quelques points qui permettraient aux élèves de terminale S de se préparer encore mieux aux études supérieures :

- favoriser l'interaction avec les mathématiques en montrant le parallélisme entre le langage mathématiques et la physique ;
- permettre aux élèves d'aller au bout des raisonnements ;
- favoriser l'ouverture du champ des domaines d'étude, en développant la résolution de problèmes ;
- veiller au bon équilibre entre physique déductive et physique descriptive.

Epreuve écrite de sélection pour les élèves de terminale

B. JEAUFFROY et N. BILLY animent les discussions autour du syllabus de l'épreuve écrite nationale de sélection pour les élèves de CPGE.

Le contenu de l'épreuve

Celle-ci durera 3h et est spécifique aux élèves de terminale. Le contenu de l'épreuve sera le suivant :

- un **QCM** de 20 questions, correspondant à 1h de composition ;
- **2 exercices**, devant correspondre à 1h de composition en tout ;
- **1 problème**, devant correspondre à 1h de composition.

Le Syllabus de l'épreuve écrite de sélection pour les élèves de terminale

Les éléments du syllabus sur lesquels portera le test du comité français des IPhOs pour les terminales, en mars 2017, sont indiqués en **rouge**.

Suite aux remarques des professeurs, il est précisé que :

- les relations de conjugaison en optique géométrique seront rappelées lors du test de sélection ;
- les lois de Coulomb seront rappelées dans les énoncés de l'épreuve de sélection ;
- seule une étude qualitative de la stabilité d'un équilibre sera exigible ;
- seule une approche qualitative des oscillations amorties sera exigible.

Quelques points ont été soulignés :

- pour les élèves de terminale, il est attendu qu'ils connaissent la forme des solutions des équations différentielles du premier ordre et du second ordre à coefficients constants. Dans le cadre de l'épreuve de sélection, il n'y aura pas de résolution d'équation différentielle d'un oscillateur amorti (les solutions seraient rappelées au besoin) ;
- le syllabus a été allégé de 15% environ par rapport à l'année dernière. Au regard des discussions de la séance de l'après-midi, il paraît pertinent d'insister sur le lien entre physique et mathématiques ;
- le site internet de « Sciences à l'École » dispose d'un espace pour partager des documents en accès restreint : <http://www.sciencesalecole.org/olympiades-internationales-de-physique-fiches-de-revision/> (mot de passe : « profsIPhO14 »). Actuellement, aucun document spécifique aux préparations pour les élèves de terminale n'est partagé. Les professeurs sont encouragés à mutualiser leurs ressources en les envoyant à Claire Bonnoit-Chevalier, sur l'adresse ipho.ecole@obspm.fr.
- les professeurs peuvent rédiger des attestations de participation à ces séances de préparation/approfondissement. Les élèves les apprécient car elles leur sont utiles dans le cadre de la procédure d'affectation dans l'enseignement supérieur (APB).

La réunion s'achève à 17h.



Pour le comité français des IPhOs
Bruno JEAUFFROY, président



Pour « Sciences à l'École »
Claire BONNOIT-CHEVALIER

Annexe 1 - Ordre du jour

9h30-10h : Accueil des professeurs

- **10h-10h15 Mot d'accueil.**
Bruno JEAUFFROY
- **10h15-11h Les IPhOs 2016 à Zurich : résultats et nature des épreuves**
Isabelle DAUMONT et Nicolas SCHLOSSER
- **11h-11h10 Présentation du planning de l'année 2016/2017**
Claire BONNOIT-CHEVALIER
- **11h10-12h Le syllabus du test de mars s'adressant aux élèves de CPGE**
- **12h-13h00 Introduction au thème scientifique du jour**
« Quelle physique aux IPhOs pour donner davantage envie aux élèves de terminale S de poursuivre des études de physique et les préparer encore mieux à l'enseignement supérieur ? »
Christian BRUNEL et Nathalie LANDRAUD

13h-14h : Déjeuner au self de l'Observatoire

- **14h-17h**
 - **14h-15h00 Échanges avec la salle sur la (les) réponse(s) à apporter au thème du jour**
 - **15h00-16h Exercice d'application 1** : le syllabus du test de mars s'adressant aux élèves de terminale
 - **16h00-17h Exercice d'application 2** : Quels repères pour la formation (en physique) en spécialité de terminale S ?

ANNEXE 2

Syllabus de la préparation aux IPhOs France Année 2016-2017

Mode d'emploi :

Ce syllabus est construit à partir du syllabus international des IPhO (dont il est la simple traduction). Il inclut les modifications votées à Bombay en 2015.

Les éléments du syllabus sur lesquels portera le test du comité français des IPhO, en mars 2016, sont indiqués :

- en rouge pour les élèves de terminale
- en rouge et bleu pour les élèves de CPGE
- ce qui est souligné ne fait pas partie (ou au second semestre sauf mécanique partie 2) des programmes de PCSI (programme de référence) ou de terminale lorsque c'est en rouge.

I Introduction.

1.1 But de ce syllabus

Ce programme présente les thématiques qui sont exigibles lors des épreuves des IPhOs. Le niveau attendu pour chaque thème est à trouver dans les questions précédemment posées lors des compétitions précédentes.

1.2 Nature des problèmes

Les problèmes doivent se concentrer sur la créativité et la compréhension de phénomènes physiques, plutôt que de tester une virtuosité en mathématiques ou une célérité pour composer. La proportion des points attribués pour des manipulations mathématiques doit rester faible. Dans le cas de développements mathématiques complexes, des solutions approchées devraient recevoir une partie des points. Les énoncés des problèmes doivent être concis ; chacune des épreuves (théorique et expérimentale) doit contenir moins de 12 000 caractères (les espaces sont inclus, mais les pages de couverture et feuilles de réponses sont exclues).

1.3 Exceptions

Les questions peuvent contenir des concepts et des phénomènes non mentionnés dans ce programme, à condition que suffisamment d'informations soient données dans l'énoncé du problème. Les élèves sans connaissance préalable de ces sujets ne doivent pas être notablement désavantagés. Ces nouveaux concepts doivent être étroitement liés aux sujets abordés dans le syllabus et donc être inclus dans l'une des thématiques de ce syllabus.

1.4 Unités

Les valeurs numériques doivent être données en utilisant les unités du système international (SI), ou des unités dont l'usage est officiellement accepté avec le SI.

Il est supposé que les participants sont familiers avec les phénomènes, les concepts et les méthodes énumérées ci-dessous et sont capables d'appliquer leurs connaissances de manière créative.

II Partie théorique.

1 Général

La capacité à faire des approximations appropriées en modélisant des problèmes de la vie quotidienne. Reconnaître et exploiter les symétries d'un problème.

2 Mécanique

2.1 Cinématique

Vitesse et accélération d'une particule ponctuelle vues comme les dérivées du vecteur déplacement. Vitesse linéaire ; accélération radiale et tangentielle. Mouvement d'une particule ponctuelle soumise à une accélération constante. Sommation de vitesses et de vitesses angulaires ; sommation d'accélération sans le terme de Coriolis ; identifier dans quels cas le terme de Coriolis est nul. Mouvement d'un corps solide autour d'un centre instantané de rotation ; vitesse et accélération des points matériels d'un corps solide en rotation.

2.2 Statique

Trouver le centre de masse d'un système par une sommation ou une intégration. Conditions d'équilibre : équilibre des forces (vectoriel ou par projections), équilibre des couples (seulement dans une géométrie à 1D ou à 2D). Réaction du support, force de tension, force de frottement statique et dynamique¹ ; loi de Hooke, contrainte, déformation, module d'Young. Equilibre stable ou instable².

2.3 Dynamique

Seconde loi de Newton (sous forme vectorielle ou projetée) ; Energie cinétique en translation ou en rotation. Energie potentielle pour des champs de force simples (par intégration d'un champ de force). Quantité de mouvement, moment cinétique, énergie et leurs lois de conservation. Notion de travail et de puissance ; dissipation par frottement. Référentiels Galiléens ou non : force d'inertie, force centrifuge, énergie potentielle dans un référentiel en rotation. Moment d'inertie d'objets simples (anneau, disque, sphère, sphère creuse, tige), théorème de Huygens ; calcul d'un moment d'inertie par intégration.

2.4 Mécanique céleste

Loi de la gravité, énergie potentielle gravitationnelle d'un point matériel, lois de Kepler (connaître la démonstration pour la première et la troisième loi de Kepler). Energie d'un point matériel sur une orbite elliptique.

2.5 Hydrodynamique

Pression, poussée d'Archimède, équation de continuité, équation de Bernoulli. Tension de surface et énergie associée, pression capillaire.

3 Champs électromagnétiques

3.1 Concepts de base

Notion de charge et de courant ; conservation de la charge et lois de Kirchhoff pour le courant. Force de Coulomb ; champ électrostatique comme un champ de potentiel ; loi des mailles. Champ magnétique ; force de Lorentz ; force de Laplace ; loi de Biot et Savart, champ magnétique dans le cas d'une boucle circulaire de courant et pour des géométries simples comme un fil rectiligne, une boucle circulaire ou un solénoïde.

3.2 Forme intégrale des équations de Maxwell

¹ Les lois de Coulomb seront rappelées dans les énoncés de l'épreuve de sélection pour les élèves de terminale et un seul cas sera considéré : mouvement ou pas mouvement.

² Seule une étude qualitative sera exigible pour les élèves de terminale.

Théorème de Gauss (pour les champs E et B) ; Théorème d'Ampère ; Loi de Faraday ; utilisation de ces lois pour le calcul des champs quand la fonction à intégrer est constante par morceaux. Conditions aux limites pour le champ électrique (ou le potentiel électrostatique) à la surface des conducteurs et à l'infini ; concept de conducteurs mis à la masse. Principe de superposition pour les champs électrique et magnétique ; unicité de la solution avec les conditions aux limites ; méthode des charges images.

3.3 Interaction avec la matière des champs électrique et magnétique

[Résistivité et conductivité](#) ; loi d'Ohm locale. Perméabilité diélectrique et magnétique ; permittivité relative et perméabilité de matériaux électriques et magnétiques ; densité d'énergie électrique et magnétique ; matériaux ferromagnétiques ; hystérésis et dissipation ; courants de Foucault ; loi de Lenz. Densité surfacique de charge liée à la polarisation diélectrique (qualitatif) ; courant de surface liée à l'aimantation (qualitatif) ; conditions de continuité pour des champs à la surface de matériaux diélectriques ou ferromagnétiques. [Charges dans un champ magnétique : mouvement hélicoïdal, fréquence cyclotron, mouvement pour des champs E et B croisés \(dérive\)](#). Energie d'un dipôle magnétique dans un champ magnétique ; moment dipolaire d'une boucle de courant.

3.4 Circuits

[Résistance linéaire et loi d'Ohm](#) ; [loi de Joule](#) ; travail d'une force électromotrice ; [batteries idéales et non idéales, sources de courant constant, ampèremètres, voltmètres et ohmmètres](#). Caractéristique courant-tension d'éléments non linéaires. [Condensateurs et capacité](#) (y compris pour une unique électrode en considérant l'autre à l'infini) ; auto-induction et [inductance, énergie de condensateurs et de bobines](#) ; inductance mutuelle ; transformateur avec noyau ferromagnétique fermé ; [constantes de temps pour circuit RL et RC](#). Circuits en courant alternatif : amplitude complexe ; Impédance électrique de résistances, bobines, condensateurs et leurs combinaisons ; diagramme de phase ; résonance en courant et en tension ; puissance active.

4 Oscillations et Ondes

4.1 Oscillateur simple

Oscillateur harmonique : [équation du mouvement, fréquence, pulsation angulaire et période](#). [Pendule réel et sa longueur équivalente](#). Comportement au voisinage d'un équilibre instable. [Décroissance exponentielle d'oscillations amorties³](#) ; résonance d'oscillateurs sinusoïdaux forcés : amplitude et déphasage d'oscillations en régime permanent. Oscillations libres dans un circuit LC ; analogie électrique/mécanique ; boucle de rétroaction comme source d'instabilité ; génération d'oscillations sinusoïdales auto entretenues dans un résonateur LC.

4.2 Oscillateurs couplés

[Oscillateurs harmoniques couplés à plusieurs degrés de liberté : équation du mouvement, fréquences propres, modes propres, interprétation physique des fréquences nulles, oscillations libres comme la superposition de modes propres](#).

4.3 Ondes

[Propagation d'ondes harmoniques](#) : expression de la phase comme une fonction linéaire de la position et du temps ; [longueur d'onde](#), vecteur d'onde, vitesse de groupe et de phase ; décroissance exponentielle pour des ondes se propageant dans un milieu dissipatif ; [ondes transverses et longitudinales](#) ; [effet Doppler classique](#). Ondes dans un milieu non-homogène : principe de Fermat, [lois de Snell-Descartes](#). [Onde sonore : vitesse en fonction de la pression \(module d'Young\) et de la densité volumique, cône de Mach](#). Vitesse de propagation d'une onde sur une corde et ondes de gravité en eau peu profonde. Energie portée par les ondes : proportionnalité avec le carré de l'amplitude, continuité du flux d'énergie.

4.4 Interférences et diffraction

³ Seule une approche qualitative sera exigible pour les élèves de terminale.

Superposition des ondes : cohérence, [battements](#), [ondes stationnaires](#), principe d'Huygens (forme intégrale de l'amplitude dans la condition des petits angles), [interférences dans le cas des films minces \(conditions pour des maxima et des minima d'intensité seulement\)](#). Diffraction par une [ou deux fentes](#), [réseau de diffraction](#), loi de Bragg.

4.5 Interaction d'ondes électromagnétiques avec la matière

Dépendance de la permittivité électrique avec la fréquence (aspect qualitatif) ; indice de réfraction ; dispersion et dissipation d'ondes électromagnétiques dans des milieux transparents ou opaques. Polarisation linéaire ; angle de Brewster ; polariseurs ; lois de Malus. Polarisation circulaire ou elliptique comme une superposition d'ondes polarisées linéairement. Biréfringence (seulement pour une propagation rectiligne), lame quart d'onde, polariseurs circulaires. Pouvoir rotatif sur la polarisation dans un milieu optiquement actif.

4.6 Optique géométrique et photométrie

Approximation de l'optique géométrique : rayons et images optiques ; cône d'ombre et de pénombre. Approximations des lentilles minces convergentes et divergentes ; construction d'images créées par des lentilles minces idéales ; formules de conjugaison (dont [celles de Newton](#) avec origines aux foyers)⁴. Flux lumineux et sa continuité ; [éclairage](#) ; [intensité lumineuse](#).

4.7 Appareils optiques

Télescope et Microscopes : [grossissement et pouvoir de résolution](#) ; [réseau de diffraction](#) et son pouvoir de résolution ; interféromètres.

5 Relativité

Principe de relativité et [transformations de Lorentz pour les coordonnées spatiales et temporelles](#) et pour l'énergie et l'impulsion ; [équivalence masse-énergie](#) ; [invariance d'un intervalle dans l'espace-temps](#) et de la masse au repos. [Addition de vitesses parallèles](#), [dilatation du temps](#), [contraction des longueurs](#) ; [relativité de simultanéité](#) ; [énergie et impulsion de photons et effet Doppler relativiste](#) ; [équation relativiste du mouvement](#) ; [conservation de l'énergie et de l'impulsion pour des interactions élastiques et non élastiques de particules](#).

6 Physique quantique

6.1 Densité de probabilité

Dualité ondes-particules : relation entre fréquence et énergie (pour le photon) et entre quantité de mouvement et vecteur d'onde ; [fonction d'onde probabiliste](#) ; [niveaux d'énergie pour des atomes hydrogénoïdes \(orbites circulaires uniquement\)](#) et potentiels paraboliques ; quantification du moment cinétique. [Principe d'incertitude pour l'énergie et le temps](#), et pour la position et l'impulsion (comme un théorème et comme un outil d'estimation).

6.2 Structure de la matière

[Spectre d'émission et d'absorption pour des atomes hydrogénoïdes](#) ; aspect qualitatif pour les atomes à plusieurs électrons et pour des molécules en raison des oscillations moléculaires ; largeur du spectre et temps de vie des états excités. Principe d'exclusion de Pauli pour des fermions (connaissance de la charge et du spin) : électrons, neutrinos (électroniques), protons, neutrons, photons ; effet Compton. [Protons et neutrons comme particules composites](#). Noyau atomique, [niveaux d'énergie du noyau \(qualitativement\)](#) ; [émissions alpha, beta ou gamma](#) ; [fission, fusion et capture de neutron](#) ; [défaut de masse](#) ; [temps de demi-vie et décroissance exponentielle](#). Structures cristallines : plan d'un cristal (loi de Bragg), [niveaux d'énergie électronique \(qualitativement, métaux comparés aux matériaux diélectriques et semi-conducteurs\)](#) ; effet photoélectrique.

7 Thermodynamique et physique statistique

⁴ Les relations de conjugaison seront rappelées dans les énoncés de l'épreuve de sélection.

7.1 Thermodynamique classique

Concepts d'équilibre thermique et de transformations réversibles ; énergie interne, travail et chaleur ; échelle de température de Kelvin ; entropie, systèmes ouverts, fermés, isolés ; première et seconde loi de la thermodynamique. Théorie cinétique des gaz parfaits : nombre d'Avogadro, facteur de Boltzmann et constante des gaz parfaits ; mouvement de translation des molécules et pression ; loi des gaz parfaits ; degrés de liberté de translation, rotation et oscillation ; théorème d'équipartition ; énergie interne de gaz parfaits ; vitesse quadratique des molécules ; Transformations isothermes, isobares, isochores et adiabatiques ; chaleur spécifique aux transformations isobares et isochores ; cycle de Carnot en sens direct et indirect pour un gaz parfait et rendement ; rendement pour des machines thermiques réelles.

7.2 Transfert de chaleur et transitions de phase

Transition de phase (évaporation, ébullition, fusion et sublimation) et chaleur latente ; pression de vapeur saturante, humidité relative ; ébullition ; loi de Dalton ; notion de conductivité de la chaleur, continuité du flux de chaleur.

7.3 Physique statistique

Loi de Planck (explication qualitative, pas besoin de connaître la formule), loi de Wien ; loi de Stefan-Boltzmann

III Partie expérimentale.

1 Introduction

Les connaissances théoriques requises pour l'épreuve expérimentale sont décrites dans le paragraphe « Partie théorique » de ce syllabus.

Les problèmes expérimentaux doivent toujours contenir quelques tâches pour lesquelles la procédure expérimentale (montage expérimental, liste des grandeurs directement mesurées et formules à utiliser pour les calculs) n'est pas décrite en détail.

Les problèmes expérimentaux peuvent contenir implicitement des tâches théoriques (obtention des formules nécessaires pour mener les calculs) ; il ne doit pas y avoir de tâche théorique explicite, sauf si celles-ci testent la compréhension des principes de fonctionnement du dispositif expérimental ou de la physique des phénomènes étudiés. Il ne doit également pas y avoir de longs développements mathématiques.

Le nombre attendu de mesures directes et le volume des calculs numériques ne doit pas utiliser la majeure partie du temps alloué. Cette épreuve teste la créativité expérimentale plutôt que la rapidité avec laquelle les élèves peuvent effectuer des tâches techniques.

Les élèves doivent acquérir les compétences suivantes.

2 Sécurité

Connaître les règles de sécurité standard de travail en laboratoire. Néanmoins, si le dispositif expérimental comporte des risques de sécurité, des mises en garde appropriées doivent être incluses dans l'énoncé. Les expériences avec des risques majeurs de sécurité seront proscrites.

3 Techniques de mesures expérimentales

Être familier avec les techniques expérimentales les plus courantes de mesures de grandeurs physiques mentionnées dans la partie théorique.

Connaître les instruments de laboratoire simples couramment utilisés, leurs versions numériques et analogiques le cas échéant, tels que les pieds à coulisse, verniers, chronomètres, thermomètres, multimètres (y compris ohmmètres, voltmètres AC/DC et ampèremètres), potentiomètres, diodes, lentilles, prismes, bancs optiques optiques, calorimètres...

L'utilisation de matériel expérimental sophistiqué, susceptible de ne pas être familier des élèves ne devrait pas être le cœur du problème. Dans le cas d'équipements modérément sophistiqués (tels que des

oscilloscopes, compteurs, générateurs de fonction et de signaux, photorécepteurs...), les instructions doivent être données aux élèves.

4 Précision

Être conscient que les instruments peuvent affecter le résultat des expériences.

Être familier avec les techniques classiques pour augmenter la précision expérimentale (par exemple la mesure de nombreuses périodes au lieu d'une seule, réduction de l'influence du bruit...).

Être conscient que si la dépendance en fonction de paramètres d'une grandeur physique doit être déterminée, le nombre de points mesurés doit correspondre à l'échelle caractéristique locale de la dépendance de cette grandeur en fonction du paramètre.

Exprimer les résultats finaux et les incertitudes expérimentales avec un nombre raisonnable de chiffres significatifs et arrondir correctement.

5 Analyse des incertitudes expérimentales

Identification des sources d'erreurs dominantes et estimation raisonnable des incertitudes expérimentales de mesures directes (en utilisant les règles de la notice fournie, le cas échéant).

Distinguer les erreurs aléatoires et systématiques ; être en mesure d'estimer et de réduire cette dernière via des mesures répétées.

Trouver des incertitudes absolues et relatives d'une quantité déterminée expérimentalement à l'aide de toute méthode raisonnable (comme l'approximation linéaire, l'addition des modules ou la somme quadratique).

6 Analyse de données

Transformer une dépendance quelconque en une dépendance linéaire en choisissant des variables adaptées, ajuster les données expérimentales par une droite. Trouver les paramètres d'une régression linéaire (pente, ordonnée à l'origine et estimation des incertitudes) soit graphiquement, soit en utilisant les statistiques de la calculatrice (toute autre méthode est également acceptable).

Choisir l'échelle de représentation adaptée pour le graphique et tracer les données avec des barres d'erreur.

IV Mathématiques.

1 Algèbre

Simplifier les formules en les factorisant ou en les développant. Résoudre des systèmes d'équations linéaires. Résoudre des équations et systèmes d'équations menant à des équations du second degré ; choisir les solutions physiquement acceptables. Sommer les termes d'une série arithmétique ou géométrique.

2 Fonctions

Propriétés élémentaires de fonctions trigonométriques et trigonométriques inverses, exponentielles, logarithmiques et polynomiales. Les fonctions trigonométriques avec des sommes d'angle sont à connaître. Résoudre des équations simples impliquant des fonctions trigonométriques et trigonométriques inverses, des fonctions exponentielles et logarithmes.

3 Géométrie

Degrés et en radians pour mesurer les angles. Égalités des angles alternes/internes et des angles correspondants. Reconnaissance des triangles semblables. Médiannes et barycentre d'un triangle. Calcul d'aires de triangles, trapèzes, cercles, ellipses. Surfaces de sphères, cylindres, cônes ; volumes de sphères, cônes, cylindres et prismes. Règles de trigonométrie (sinus et cosinus), propriété des angles inscrits et au centre, théorème de Thales. Les élèves doivent être familiarisés avec les propriétés des sections coniques, incluant cercles, ellipses, paraboles et hyperboles.

4 Vecteurs

Propriétés élémentaires des sommes vectorielles, produit scalaire et vectoriel. Produit scalaire double et produit scalaire triple. Interprétation géométrique de la dérivée temporelle d'un vecteur.

5 Nombres complexes

Somme, multiplication et division de nombres complexes ; séparation de la partie imaginaire et réelle. Maîtrise des représentations algébrique, trigonométrique et exponentielle d'un nombre complexe. Racine d'une équation du second degré complexe et interprétation physique.

6 Statistiques

Calcul de probabilités comme le quotient du nombre d'évènements réalisés sur le nombre d'évènements possibles. Calcul de la valeur moyenne, écart type et estimateur de l'écart type.

7 Calculs

Trouver les dérivées de fonctions élémentaires, leurs sommes, produits, quotients et utiliser les fonctions composées. Intégration comme l'inverse de la dérivation. Intégrer dans des cas simples avec ou sans borne d'intégration : fonctions élémentaires, sommes de fonctions, utiliser les règles de changement de variable pour des dépendances linéaires. Rendre les bornes de l'intégrale sans dimension par changement de variable. Interprétation géométrique de la dérivée et de l'intégrale. Résoudre des équations différentielles linéaires simples par une méthode de séparation des variables. Résoudre des équations différentielles du premier ordre et du second ordre à coefficients constants. Trouver des constantes d'intégration en utilisant les conditions initiales. Concept de vecteur gradient (le formalisme des dérivées partielles n'est pas requis).

8 Approximations et méthodes numériques

Utiliser les approximations linéaires et polynomiales basées sur des développements en série de Taylor. Linéariser des équations et des expressions mathématiques. Méthode de perturbation : calculer les corrections faites sur des solutions sans perturbation. Trouver des approximations numériques de solutions pour des équations en utilisant des méthodes telles que celle de Newton ou la dichotomie. Intégration numérique par une méthode trapézoïdale et de sommation de rectangles.