

## SCIENCES PHYSIQUES, OPTION PHYSIQUE APPLIQUÉE

Les programmes de l'agrégation de sciences physiques, option physique appliquée, se réfèrent aux sciences physiques pour l'ingénieur. À ce titre, ils correspondent à la physique générale et à ses applications dans les sciences de l'ingénieur en incluant quelques notions fondamentales de chimie. La référence à la physique et à ses méthodes dans le traitement de l'ensemble des épreuves, écrites et orales, constitue la particularité essentielle de cette agrégation. La physique appliquée, thème principal d'une épreuve d'admissibilité, associe, à la maîtrise des phénomènes physiques fondamentaux, une méthode générale d'analyse et de modélisation des systèmes physiques complexes, inspirée de la théorie des systèmes, afin de les concevoir et de maîtriser leur fonctionnement et leur commande.

Les systèmes physiques complexes intègrent l'électronique, l'électrotechnique, la physique des capteurs et l'instrumentation ; ils peuvent en outre faire appel, pour la compréhension de certains de leurs mécanismes élémentaires, à des applications de la physique, à des concepts de physique avancée ou encore à d'autres disciplines des sciences pour l'ingénieur comme la thermique, la mécanique et la mécanique ou la mécanique des fluides. En particulier, les principes généraux et lois fondamentales de la chimie, compléments indispensables d'une solide formation en physique générale et appliquée, font dorénavant partie du corpus minimal de connaissances pour aborder en toute sérénité les épreuves du concours d'agrégation de physique appliquée.

La spécialité EEA est déclinée en quatre grands domaines, à savoir l'électronique, l'électrotechnique et l'électronique de puissance, l'automatique, le traitement du signal. Bien que la connaissance des technologies d'actualité soit nécessaire et appréciée, particulièrement dans le domaine expérimental, la maîtrise des savoirs fondamentaux dans ces quatre grands domaines sera privilégiée, tant pour les épreuves d'admissibilité que d'admission.

### 1 - Programme de physique

Le programme de physique de l'option C (physique appliquée) de l'agrégation de sciences physiques, valable pour la composition de physique (épreuve écrite d'admissibilité A1) et pour le problème de physique appliquée, de traitement du signal et d'automatique (épreuve écrite A3) est constitué par l'ensemble des contenus des programmes de physique des classes dont la liste est donnée ci-dessous, en cours pendant l'année scolaire de la session. Les éventuelles restrictions apportées par les commentaires des programmes ne s'appliquent pas. Les sujets abordés dans les épreuves écrites peuvent, dans leur développement, être menés au plus haut niveau de connaissance.

Classes préparatoires aux grandes écoles :

PCSI, MPSI, PTSI, BCPST1, PC, PSI, MP, PT, BCPST2.

Le programme des épreuves écrites A1 et A3 comporte une ouverture vers la chimie, constituée par les contenus des programmes des classes de seconde, première S et terminale S, y compris l'enseignement de spécialité « physique-chimie ».

## 2 - Programme d'électronique, d'électrotechnique, d'automatique et de traitement du signal

La composition d'électronique et d'électrotechnique (épreuve écrite d'admissibilité A2) et le problème de physique appliquée, de traitement du signal et d'automatique (épreuve écrite d'admissibilité A3) portent sur les programmes d'électricité, d'électronique, d'électrotechnique, d'automatique et de traitement du signal en cours dans les classes suivantes :

- a. départements de génie électrique et informatique industrielle des IUT ;
- b. sections de techniciens supérieurs électronique et électrotechnique ;
- c. sections de techniciens supérieurs contrôle industriel et régulation automatique.

Les épreuves écrites A2 et A3 peuvent en outre porter sur :

- la commande vectorielle des machines synchrones et asynchrones ;
- les différents types d'actionneurs ;
- les méthodes de simulation des circuits électroniques linéaires et non linéaires ;
- les fonctions électroniques non linéaires (mélange, multiplication, division de fréquence, oscillation, détection) ;
- les différents types de diodes et de transistors en comportements linéaire et non linéaire, en régimes de basses, moyennes et hautes fréquences ;
- les capteurs et leur instrumentation ;
- l'adaptation d'impédance en puissance aux fréquences très élevées et les circuits d'adaptation correspondants ;
- l'optoélectronique pour les télécommunications (composants passifs et actifs) ;
- la représentation d'état des systèmes linéaires ;
- l'analyse et la correction des systèmes linéaires discrets ;
- les correcteurs numériques ;
- les méthodes d'identification ;
- l'analyse de la robustesse et la synthèse de correcteurs robustes.

Les sujets abordés dans les épreuves écrites A2 et A3 sont tirés des programmes et de l'additif cités ci-dessus, mais, dans leur développement, ils peuvent être menés au plus haut niveau de connaissance.

### Sujets de leçons de physique et applications. Épreuve B2

#### Mécanique

M1 - Force de Lorentz. Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrique uniforme et permanent.

Mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique uniforme et permanent dans le cas particulier où la vitesse initiale est orthogonale au champ magnétique. Application : spectromètre de masse. (PCSI)

M2 - Oscillateur mécanique à une dimension soumis à un frottement visqueux. Régimes libres, facteur de qualité, portrait de phase. (PCSI)

M3 - Mouvement d'un point matériel dans un potentiel newtonien ; lois de Kepler (PCSI). Applications aux mouvements des satellites terrestres.

M4 - Oscillations forcées d'un système à un degré de liberté ; résonance. On pourra s'appuyer sur des exemples pris dans différents domaines de la physique (mécanique, électricité, etc.). (PCSI)

M5 - Solide en rotation autour d'un axe fixe dans le référentiel d'étude : théorème du moment cinétique projeté sur l'axe de rotation ; théorème de l'énergie cinétique ; équation horaire du

mouvement (PT). Application aux machines tournantes (l'étude détaillée de l'équilibrage est exclue).

M6 - Équations dynamiques locales pour les écoulements parfaits. Relation de Bernoulli pour les écoulements incompressibles et homogènes (PC). Application à la mesure d'un débit. (IUT Mesures physiques)

### Thermodynamique

T1 - Éléments de statique des fluides dans le champ de pesanteur uniforme : relation fondamentale de la statique des fluides ; cas d'un fluide incompressible ; cas de l'atmosphère isotherme avec le modèle du gaz parfait. Poussée d'Archimède. (PCSI)

T2 - Thermodynamique des fluides en régime stationnaire d'écoulement unidimensionnel. Formulation des principes. Application à un compresseur ou une turbine. (PT)

T3 - Second principe de la thermodynamique : évolutions réversibles et irréversibles, entropie  $S$ , entropie créée, entropie échangée. Exemples. (PTSI)

T4 - Machines thermiques motrices et réceptrices. Rendement des moteurs. Coefficient d'efficacité des récepteurs. Théorème de Carnot. Applications industrielles. (PTSI)

T5 - Transfert thermique par conduction : conductivité thermique, loi de Fourier, équation de la diffusion thermique. Résistance thermique, applications. (PSI)

T6 - Étude descriptive du corps pur en équilibre : diagramme  $[P, T]$ , enthalpie et entropie de changement de phase, diagrammes  $[P, v]$  et  $[h, s]$  (dit diagramme de Mollier) dans le seul cas de l'équilibre liquide-vapeur. (PT)

### Optique. Ondes

O1 - Dispersion de la lumière par un prisme ; diffraction par un réseau (PSI). Applications à la spectrométrie. (IUT Mesures physiques)

O2 - Lentilles minces dans l'approximation de Gauss. Principe de base d'un instrument d'optique au choix (PCSI).

O3 - Interférences à deux ondes lumineuses (PSI). Application aux mesures interférométriques (IUT Mesures physiques).

O4 - Diffraction à l'infini : principe de Huygens Fresnel ; diffraction à l'infini d'une onde plane par une pupille rectangulaire ; cas d'une fente (PC). Pouvoir séparateur d'un instrument d'optique (IUT Mesures physiques).

O5 - Généralités sur les phénomènes de propagation unidimensionnels non dispersifs. Équation de d'Alembert. Ondes sonores longitudinales dans une tige solide (PSI) (on pourra également s'appuyer sur d'autres types d'ondes régies par l'équation de d'Alembert unidimensionnelle).

O6 - Réflexion, réfraction, lois de Descartes (PCSI). Fibres optiques : application à la transmission des signaux (IUT Mesures physiques).

### Électromagnétisme

E1 - Électrostatique dans le vide : champ électrostatique, potentiel électrostatique. Propriétés de symétrie du champ électrostatique. Théorème de Gauss. Exemples. (PTSI)

E2 - Propagation d'une onde électromagnétique guidée entre deux plans métalliques parallèles. Application au guide d'ondes infini à section rectangulaire (en se limitant au cas du mode TE) MP.

E3 - Phénomènes d'induction électromagnétique : loi de Lenz Faraday, force électromotrice d'induction pour un circuit filiforme. Induction propre, induction mutuelle de deux circuits. (PT)

E4 - Le haut-parleur électrodynamique comme application des phénomènes d'induction électromagnétique, bilan énergétique. (PSI)

E5 - Propagation d'une onde électromagnétique dans un plasma (milieu conducteur dilué). Application à l'ionosphère. MP.

E6 - Énergie du champ électromagnétique. Bilan local d'énergie électromagnétique. Applications (cas non statique). MP-PC.

## Chimie

C1 - Suivi temporel d'une réaction chimique par utilisation d'un conductimètre : notion de conductimétrie ; définition de la vitesse volumique de réaction ; temps de demi-réaction (définition et méthodes de détermination). (terminale S).

C2 - Électrolyses et accumulateurs : mise en jeu de transformations chimiques forcées (terminale scientifique).

## Sujets de leçons de physique appliquée, d'électronique, d'électrotechnique, d'automatique et de traitement du signal. Épreuve B1

### Composants, capteurs, modèles et applications

1 - La jonction PN : fonctionnement en statique et en dynamique. (BTS)

2 - Le transistor bipolaire : étude en hautes fréquences. (IUT)

3 - Le transistor à effet de champ MOS : principe de fonctionnement et schéma équivalent en basses fréquences. (IUT)

4 - Photodiode et cellules photovoltaïques à photodiodes: principe de fonctionnement, applications. (IUT)

5 - Architecture des circuits CMOS : conception, consommation statique, puissance dissipée, rapidité. (IUT)

6 - Amplificateurs d'instrumentation, conditionnement des signaux fournis par un capteur. (BTS)

7 - Intégration de capteurs piézorésistifs : technologie, principe de mesure, conditionnement et applications.

Électronique analogique

8 - Amplification de puissance classe A, B et AB: choix de l'amplification selon l'application. (BTS)

9 - Réponse en fréquence des montages amplificateurs à amplificateurs opérationnels. Stabilité. Vitesse de balayage. (IUT)

10 - Oscillateurs à quartz. (IUT)

11 - Oscillateurs quasi-sinusoidaux: condition de démarrage des oscillations ; stabilisation de l'amplitude. (BTS)

Systemes asservis

12 - Boucle à verrouillage de phase : structure, équilibre statique, modélisation, fonctionnement dynamique. (BTS)

13 - Stabilité d'un système bouclé analogique en régime linéaire. (IUT)

14 - Correction d'un système bouclé analogique en régime linéaire, performances. (BTS)

15 - Compensation des systèmes asservis discrets : exemple de synthèse. (IUT).

16 - Correcteurs PID et prédicteur de Smith: structures analogiques et numériques, exemples de synthèse. (IUT)

Théorie du signal, filtrage, bruit

17 - Échantillonnage des signaux : principe, spectre, exemples de structure. (BTS)

18 - Première leçon sur le filtrage analogique. (BTS)

19 - Filtres numériques non récursifs : principe et synthèse. (BTS)

20 - Bruits et perturbations dans les chaînes d'acquisition

Transmissions des signaux, électronique hautes fréquences

- 21 - Modulation et démodulation d'amplitude. (BTS)
- 22 - Modulations angulaires et démodulations. (BTS)
- 23 - Modulations de phase numériques et démodulations. (IUT)
- 24 - Les lignes de transmission : propagation guidée ; modèles de ligne ; adaptation ; exemple. (BTS)
- 25 - Introduction aux antennes, bilan de liaison. (BTS)
- Électrotechnique fondamentale, production et distribution de l'énergie
- 26 - Puissances sur les réseaux triphasés : définitions et mesures en régimes sinusoïdal et non sinusoïdal. (BTS)
- 27 - Première leçon sur le transformateur monophasé : conventions, équations en valeur instantanée, équations et schémas équivalents en régime sinusoïdal permanent. (BTS)
- 28 - Circuits magnétiques incluant des aimants permanents : application aux machines électriques. (IUT)
- 29 - Machine synchrone couplée à un réseau à fréquence fixe : conventions, diagrammes et réversibilité. (IUT)
- 30 - Les harmoniques sur le réseau électrique : caractérisation, effet des harmoniques et solutions de réduction des harmoniques sur les équipements électriques. (IUT)
- 31 - Sources d'énergie électrique autonomes : piles, accumulateurs, piles à combustibles. (BTS)
- Électronique de puissance, convertisseurs statiques
- 32 - Les cellules de commutation usuelles de l'électronique de puissance : principe, fonctionnement, réversibilité, associations. (IUT)
- 33 - Onduleurs autonomes en pont complet monophasé. Modes de commande. Réglage de la puissance. Application à l'alimentation sans interruption. (IUT)
- 34 - Onduleurs à résonance : principe, types de fonctionnement, interrupteurs utilisés, applications. (IUT)
- 35 - Alimentation à découpage « forward » à un seul interrupteur commandé. (IUT)
- 36 - Ponts redresseurs monophasés commandés : caractéristiques de sortie ; facteur de puissance. (BTS)
- 37 - Échangeurs thermiques monophasiques et diphasiques : Application au refroidissement en électronique de puissance. (IUT)
- Actionneurs
- 38 - Principe de la conversion d'énergie des machines à courant continu. Couple. (BTS)
- 39 - Champs tournants, création d'un couple électromagnétique. Application aux machines synchrone et asynchrone. (IUT)
- 40 - Principe de la conversion d'énergie dans les machines synchrones. Établissement d'un schéma équivalent monophasé. (IUT)
- 41 - Principe de la conversion d'énergie dans les machines asynchrones. Établissement d'un schéma équivalent monophasé. (IUT)
- 42 - Machine asynchrone : bilan de puissance, couple, modes de fonctionnement. (BTS)
- 43 - Moteurs pas à pas : principe, caractéristiques et alimentation. (IUT)
- 44 - Introduction aux transducteurs piézoélectriques : principes généraux et présentation de deux applications simples (une pour la conversion électrique/mécanique et une pour la conversion mécanique / électrique) pour des déformations suivant une dimension. (IUT)
- 45 - Application des lois de la mécanique au dimensionnement d'un moteur électrique à partir d'une chaîne cinématique comportant des mouvements de rotation et de translation. (BTS)
- 46 - Dimensionnement d'une installation de pompage : application du théorème de Bernoulli, pertes de charge, choix des sections de canalisation et de la pompe. (BTS)
- Contrôle des associations convertisseurs actionneurs

- 47 - Évolution des caractéristiques mécaniques des machines à courant continu à excitation séparée alimentées par un hacheur quatre quadrants : limites de fonctionnement dans le plan couple-vitesse. (BTS)
- 48 - Asservissement de vitesse d'une machine à courant continu dont l'induit est alimenté par un hacheur quatre quadrants, boucles de courant et de vitesse. (IUT)
- 49 - Machine synchrone autopilotée alimentée par un commutateur de courant : principe de fonctionnement, commande, formes d'onde, caractéristiques. (BTS)
- 50 - Contrôle électronique du couple des machines asynchrones triphasées à cage. Autopilotage. (BTS)

### **Sujets de montages de physique appliquée, d'électronique, d'électrotechnique, d'automatique et de traitement du signal. Épreuve B3**

- 1 - Amplificateurs d'instrumentation : application au conditionnement de la mesure d'une température.
- 2 - Amplificateurs à détection synchrone : principe, application à la mesure d'accélération et de déplacement.
- 3 - Mesure d'intervalles de temps. Application à la télémétrie par ultrasons.
- 4 - Amplificateurs de puissance : classe A, B, A.B., et C.
- 5 - Filtres actifs : synthèse à partir d'un gabarit et performances obtenues. Étude d'une application à l'aide d'un circuit intégré de type filtre universel.
- 6 - Oscillateurs quasi-sinusoïdaux à boucle de rétroaction : accrochage, stabilisation de l'amplitude, distorsion.
- 7 - Mesures d'impédance dans différents domaines de fréquence. Application : réalisation de quadripôles adaptatifs en radiofréquences.
- 8 - Oscillateurs commandés en tension : principes et applications.
- 9 - Boucle à verrouillage de phase : comportement dynamique, applications.
- 10 - Simulation de résistances par commutation capacitive : principe, performances et application à la synthèse de filtres actifs à capacités commutés.
- 11 - Diodes et transistors en commutation ; Applications.
- 12 - Modulation et démodulation d'amplitude.
- 13 - Modulation et démodulation de fréquence.
- 14 - Transmissions numériques sur fréquence porteuse : FSK, PSK.
- 15 - Lignes en régime impulsionnel et transmission numérique en bande de base : adaptation, codage, occupation spectrale.
- 16 - Caractérisation HF de composants passifs (lignes, condensateurs, filtres, antennes) à l'aide d'un analyseur de spectre et d'un pont de réflectométrie.
- 17 - Composants optoélectroniques (DEL, photodiode, optocoupleur, photorésistance) : caractérisation, application à une transmission optique.
- 18 - Application du traitement du signal à l'analyse vibratoire à partir d'une mesure accélérométrique.
- 19 - Échantillonnage des signaux : réalisation, spectres et restitution.
- 20 - CAN : principe et étude de différentes structures, critères de choix.
- 21 - Changement de fréquence : application à l'analyse spectrale.
- 22 - Filtres numériques : synthèse et caractérisation.
- 23 - Asservissement analogique de position utilisant un moteur à courant continu.
- 24 - Asservissement numérique de vitesse d'une machine à courant continu de faible puissance (inférieure à 100 W).
- 25 - Correction d'un système bouclé : identification du procédé, simulation et mise en œuvre.
- 26 - Transformateur monophasé industriel : étude du circuit magnétique, essais de caractérisation, schéma équivalent, rendement.

- 27 - Actionneurs à base de matériaux piézo-électrique : application de l'interférométrie à la mesure de la déformation.
- 28 - Moteur Stirling: principe et caractéristiques de fonctionnement.
- 29 - Alimentation à découpage flyback : principe, circuit magnétique, caractéristiques de sortie, rendement.
- 30 - Redresseur monophasé à absorption sinusoïdale de courant : principe et caractéristiques d'entrée et de sortie d'une structure mono-interrupteur ou en pont complet.
- 31 - Étude d'un générateur photovoltaïque, caractéristiques électriques, rendement, charge d'une batterie d'accumulateurs par un convertisseur DC/DC.
- 32 - Onduleur à résonance série : application au « chauffage par induction », réglage de la puissance.
- 33 - Pertes dans les interrupteurs de l'électronique de puissance. Dimensionnement d'un dissipateur.
- 34 - Perturbations électromagnétiques. Mise en évidence des couplages magnétiques et capacitifs.
- 35 - Fonctionnement d'un pont complet monophasé en onduleur à modulation sinusoïdale de largeur d'impulsion : formes d'onde, harmoniques, réglage de puissance.
- 36 - Identification paramétrique électrique et mécanique d'une machine à courant continu (de quelques kilowatts) en régime dynamique.
- 37 - Conversion de l'énergie cinétique en énergie mécanique dans un moteur éolien.
- 38 - Commande en couple d'une machine à courant continu alimentée par un hacheur. Réglage de la boucle de courant.
- 39 - Machine synchrone couplée au réseau : modes de fonctionnement et échanges de puissances.
- 40 - Identification des paramètres électriques et mécaniques d'une machine synchrone non saturée. Prédétermination d'un point de fonctionnement en moteur. Angle interne, oscillations.
- 41 - Machine synchrone autopilotée alimentée par onduleur de tension.
- 42 - Machine asynchrone triphasée à cage alimentée par le réseau. Schéma équivalent, bilan de puissance, et modes de fonctionnement.
- 43 - Machine asynchrone triphasée à cage alimentée par un onduleur de tension : mise en évidence des caractéristiques à fréquence variable. Autopilotage.
- 44 - Génératrice asynchrone à vitesse variable couplée au réseau avec injection de courants rotoriques. Mise en évidence du principe de conversion d'un générateur d'éolienne.
- 45 - Pile à combustible : principe, réversibilité et bilans d'énergie. Caractéristiques statiques. Exemple d'utilisation de l'énergie électrique.
- 46 - Régulation de température sur un système physique simple : identification, détermination et mise en œuvre d'un correcteur.
- 47 - Régulation de niveau sur un système physique simple : identification, détermination et mise en œuvre d'un correcteur.
- 48 - Régulation de débit sur un système physique simple : identification, détermination et mise en œuvre d'un correcteur.
- 49 - Régulation de pH sur un système physicochimique simple : identification, détermination et mise en œuvre d'un correcteur.
- 50 - Mesures d'efficacité d'un système d'éclairage. Comparaison lampes à décharge fluorescentes, lampe à incandescence. Facteur de puissance.