

17. Production et mesure de champs magnétiques.
18. Milieux magnétiques.
19. Métaux.
20. Matériaux semi-conducteurs.
21. Condensateurs ; effets capacitifs.
22. Induction, auto-induction.
23. Conversion de puissance électrique-électrique.
24. Conversion de puissance électro-mécanique.
25. Capteurs et transducteurs.
26. Mesure des tensions et des courants.
27. Amplification de signaux.
28. Télécommunication : mise en forme, transport et détection de l'information.
29. Acquisition, analyse et traitement des signaux.
30. Mesure des fréquences temporelles (domaine de l'optique exclu).
31. Mesure de longueurs.
32. Asservissement d'une grandeur physique ; applications.
33. Instabilités et phénomènes non-linéaires.
34. Ondes et impédances.
35. Ondes acoustiques.
36. Résonance.
37. Oscillateurs.
38. Couplage des oscillateurs.
39. Filtrage.
40. Constantes physiques fondamentales ; unités.

### Sciences physiques : option physique et électricité appliquées

Les programmes de l'agrégation de sciences physiques, option physique et électricité appliquées, 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, à l'électronique, à l'électrotechnique, à l'automatique et à la théorie du signal. La référence à la physique et à ses méthodes dans le traitement des épreuves de spécialité, écrites et orales, constitue la particularité essentielle de cette agrégation.

#### 1 - Programme de physique

Le programme de physique de l'option C (phy-

sique et électricité appliquées) de l'agrégation de sciences physiques, valable pour la composition de physique (épreuve écrite d'admissibilité A1) et pour la leçon de physique (épreuve orale B2), est constitué par le programme de physique en cours pendant l'année scolaire 2003-2004, dans les classes suivantes :

- classes préparatoires aux grandes écoles : PCSI, PTSI, PC, PSI et PT ;
  - départements de génie électrique et informatique industrielle des IUT ;
  - départements de mesures physiques des IUT.
- Les sujets abordés au cours de la composition de physique, peuvent, dans leur développement, être menés au plus haut niveau de connaissance.

#### 2 - Programme d'électronique, électrotechnique et automatique

La composition d'électronique, d'électrotechnique et d'automatique (épreuve écrite d'admissibilité A2) et le problème d'électronique, d'électrotechnique et d'automatique (épreuve écrite d'admissibilité A3), ainsi que la leçon d'électronique, d'électrotechnique et d'automatique (épreuve orale B1) et le montage d'électronique, d'électrotechnique et d'automatique (épreuve orale B3), portent sur les programmes d'électricité, d'électronique, d'électrotechnique, d'automatique et de théorie du signal en cours dans les classes suivantes :

- 1 départements de génie électrique et informatique industrielle des IUT ;
  2. sections de techniciens supérieurs électronique et électrotechnique ;
  3. 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 électroniques ;
- 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. 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, temps de relaxation, facteur de qualité, portrait de phase (PCSI).

M3 - Mouvement d'un point matériel dans un potentiel newtonien ; lois de Képler (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,...) (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. Théorèmes de Bernoulli. Cas particulier des écoulements incompressibles (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. Pousseur d'Archimède (PCSI).

T2 - Le gaz parfait monoatomique-Généralités sur l'état gazeux. Modèle du gaz parfait monoatomique : interprétation microscopique des notions de pression et de température, équation d'état. (PCSI).

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 - Application des principes de la thermodynamique aux fluides en écoulement unidimensionnel. Bilans d'enthalpie et d'entropie. Applications industrielles (PSI).

T7 - 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 (PCSI).

#### 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 - Oscillateurs harmoniques couplés. Cas de deux oscillateurs : régimes libres, régimes forcés. Cas d'une chaîne infinie d'oscillateurs : approximation des milieux continus, équation de d'Alembert. On pourra s'appuyer sur des exemples pris dans différents domaines de la physique (mécanique, électricité,...) (PSI)

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

O7 - Processus d'absorption et d'émission. Emission spontanée et stimulée, amplification de la lumière. Effet laser. Applications (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 - Réflexion et réfraction d'une onde plane progressive harmonique polarisée rectilignement à l'interface entre deux diélectriques linéaires, homogènes et isotropes dans le cas de l'incidence normale : coefficients de réflexion et de transmission pour l'amplitude et le flux énergétique (PC).

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 - Ondes électromagnétiques dans le vide : équation de propagation du champ électromagnétique ; structure des ondes planes progressives harmoniques ; états de polarisation. (PC).

### Sujets de leçons - Épreuve B1

#### 1. Électronique et automatique

● Composants électroniques, modèles et applications

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

2. Le transistor bipolaire en basses fréquences : l'effet transistor (IUT).

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

4. Photodiode : principe de fonctionnement, applications (IUT).

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

● Électronique analogique

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

7. Amplification de puissance classe A, B et AB (BTS).

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

9. Oscillateurs à quartz (IUT).

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

● Systèmes asservis

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

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

13. Correction d'un système bouclé analogique en régime linéaire, approche fréquentielle (BTS).

14. Première leçon sur les systèmes asservis numériques (BTS).

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

● Théorie du signal, filtrage, bruit

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

17. Première leçon sur le filtrage analogique (BTS).

18. Filtres numériques récursifs : principe et synthèse (BTS).

19. Bruit de fond : modélisation, bande équivalente de bruit (IUT).

20. Bruit dans les amplificateurs : facteur de bruit, température de bruit (IUT)

● 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 : équations, impédance caractéristique (BTS).

25. Amplificateurs hautes fréquences à transistors : paramètres S (IUT).

## 2. Électrotechnique et automatique

● Électrotechnique fondamentale, production et distribution de l'énergie

1. Puissances sur les réseaux triphasés : définitions et mesures en régimes sinusoïdal et non sinusoïdal. (BTS)

2. Première leçon sur le transformateur monophasé : conventions, équations en valeur instantanée, équations et schémas équivalents en régime sinusoïdal permanent. (BTS)

3. Circuits magnétiques incluant des aimants permanents : application aux machines électriques. (IUT)

4. Machine synchrone alimentée par un réseau à fréquence fixe : conventions, diagrammes et réversibilité. (IUT)

5. Les harmoniques sur le réseau électrique : normes, compensation, filtrage actif (IUT)

● Électronique de puissance, convertisseurs statiques

6. La fonction interrupteur, les sources et les récepteurs dans les convertisseurs statiques : directionnalité, réversibilité, exemples de réalisation, changements d'état (IUT)

7. Les cellules de commutation usuelles de l'électronique de puissance : principe, fonctionnement, réversibilité, associations. (IUT)

8. Cellule de commutation du type : transistor à grille isolée (MOS ou IGBT) - diode. Commutation. Pertes. (IUT)

9. Hacheurs : synthèse, réversibilité, étude d'un exemple. (IUT)

10. Onduleurs en pont complet monophasé.

Modes de commande. Réglage de la puissance. (IUT)

11. Onduleurs à résonance : principe, types de fonctionnement, interrupteurs utilisés, applications. (IUT)

12. Alimentation à découpage "forward" à un seul interrupteur commandé (IUT)

13. Ponts redresseurs monophasés commandés : caractéristiques de sortie ; facteur de puissance. (BTS)

14. Refroidissement des composants en électronique de puissance. (BTS)

● Actionneurs

15. Principe de la conversion d'énergie des machines à courant continu. Couple. (BTS)

16. Champs tournants, création d'un couple électromagnétique. Application aux machines synchrone, asynchrone et à réluctance variable. (IUT)

17. Principe de la conversion d'énergie dans les machines synchrones. Etablissement d'un schéma équivalent monophasé. (IUT)

18. Principe de la conversion d'énergie dans les machines asynchrones. Etablissement d'un schéma équivalent monophasé. (IUT)

19. Machine asynchrone : couple, modes de fonctionnement, bilan de puissance. (BTS)

20. Moteurs pas à pas : principe, caractéristiques et alimentation. (IUT)

21. La transformation de Park : principe, application à la machine synchrone. (IUT)

● Contrôle des associations convertisseurs-actionneurs

22. Évolutions des caractéristiques mécaniques des machines à courant continu à excitation séparée en fonction de leur alimentation : limites de fonctionnement dans le plan couple-vitesse. (BTS)

23. Asservissement de vitesse d'une machine à courant continu dont l'induit est alimenté par un hacheur réversible, boucles de courant et de vitesse. (IUT)

24. Machine synchrone autopilotée alimentée par un commutateur de courant : principe de la commande, formes d'onde, caractéristiques. (IUT)

25. Réglage électronique du couple des machines asynchrones triphasées à cage. Introduction à l'autopilotage. (IUT)

## Sujets de montages - Épreuve B3

### Électronique et automatique

1. Amplificateurs d'instrumentation : application au conditionnement de la mesure d'une température.
2. Amplificateurs à détection synchrone : principe, application à la mesure de forces ou de pressions.
3. Mesure d'intervalles de temps. Application à la télémétrie par ultrasons.
4. Amplificateurs de puissance : classe A et B et AB.
5. Filtrés actifs : synthèse et performances.
6. Oscillateurs quasi-sinusoidaux à boucle de rétroaction : accrochage, stabilisation de l'amplitude, distorsion.
7. Contre réaction dans les amplificateurs.
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.
12. Modulation et démodulation d'amplitude.
13. Modulation et démodulation de fréquence.
14. Transmissions numériques sur fréquence porteuse : FSK, PSK.
15. Transmission numérique en bande de base : modulation et démodulation delta, influence du bruit.
16. Lignes de transmission en régime sinusoidal et impulsionnel.
17. Diodes électroluminescentes, diodes laser, photodiodes : caractérisation et application à une liaison par fibre optique.
18. Mise en évidence et caractérisation du bruit de fond.
19. Échantillonnage des signaux : réalisation, spectres et restitution.
20. CAN : principe et étude de différentes structures.
21. Changement de fréquence : application à l'analyse spectrale.
22. Filtrés 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 (< 100W).

25. Correction d'un système bouclé : identification du procédé, simulation et mise en œuvre.

### 2. Électrotechnique et automatique

1. Transformateur monophasé industriel : étude du circuit magnétique, essais de caractérisation, schéma équivalent, rendement.

2. Fonctionnement du transformateur monophasé alimenté par une source de tension sinusoidale en régime de courant sinusoidal puis non sinusoidal, avec et sans composante continue.

3. Étude et critères de dimensionnement d'une bobine de lissage : influence du courant moyen et de la fréquence. Application à un montage d'électronique de puissance.

4. Redresseurs en ponts mixte et complet : mesures des puissances, des facteurs de puissance et tracé des digrammes Q(P).

5. Gradateur monophasé : stratégies de commande, harmoniques, mesure des puissances, fonctionnement sur diverses charges.

6. Alimentation à découpage forward ou flyback : principe, caractéristiques de sortie, rendement.

7. Redresseur monophasé à absorption sinusoidale de courant : principe et caractéristiques d'entrée et de sortie d'une structure mono-interrupteur ou en pont complet.

8. Étude d'un hacheur résonnant à un seul thyristor de puissance supérieure à 100 W : principe, fonctionnement, réglage du transfert d'énergie.

9. Onduleur à résonance série : application au "chauffage par induction", réglage de la puissance.

10. Fonctionnement d'un pont complet monophasé en onduleur à modulation sinusoidale de largeur d'impulsion : formes d'onde, harmoniques, réglage de puissance.

11. Identification paramétrique électrique et mécanique d'une machine à courant continu (de quelques kilowatts) en régime dynamique.

12. Hacheur réversible en courant associé à une machine à courant continu à aimants : analyse des transferts d'énergie, rendement.

13. Commande en couple d'une machine à courant continu alimentée par un hacheur. Réglage de la boucle de courant.

14. Machine synchrone couplée au réseau : caractéristiques et diagrammes de fonctionnement, réversibilité.

15. Identification des paramètres électriques et mécaniques d'une machine synchrone non saturée. Prédétermination d'un point de fonctionnement en moteur. Oscillations.

16. Machine synchrone autopilotée alimentée par onduleur de tension. Influence du calage angulaire.

17. Bilan de puissance d'une machine asynchrone triphasée à cage. Modes de fonctionnement.

18. Machine asynchrone triphasée à cage alimentée par onduleur de tension : mise en évidence des caractéristiques à fréquence variable. Autopilotage.

19. Moteur asynchrone triphasé alimenté en monophasé. Démarrage. Caractéristiques. Influence du condensateur. Déclassement.

20. Moteur pas à pas. Illustration du principe, différents modes de fonctionnement.

21. Régulation de température sur un système physique simple : identification, détermination et mise en œuvre d'un correcteur.

22. Régulation de niveau sur un système physique simple : identification, détermination et mise en œuvre d'un correcteur.

23. Régulation de débit sur un système physique simple : identification, détermination et mise en œuvre d'un correcteur.

24. Régulation de pH sur un système physico-chimique simple : identification, détermination et mise en œuvre d'un correcteur.

25. Mesures de rendement d'un système d'éclairage. Comparaison lampe à décharge (de type fluocompact), lampe à incandescence, suivant le mode d'alimentation.

### **Sciences physiques, option procédés physico-chimiques**

On retrouvera parfois les mêmes rubriques dans des épreuves relevant de disciplines différentes. Les candidats doivent savoir concilier unicité des bases théoriques et diversité des points de vue.

### **A - Épreuves écrites d'admissibilité**

Les titres ci-dessous renvoient à des éléments de programme donnés en annexe. Sauf spécification particulière, le niveau des épreuves écrites est celui du deuxième cycle universitaire.

#### **1) Composition de physique (A-1)**

- Physique
- États de la matière, thermodynamique et cinétique chimique
- Mécanique des fluides et phénomènes de transport

#### **2) Composition de modélisation et commande de procédés (A-2)**

- Opérations unitaires
- Réacteurs chimiques
- Contrôle, régulation et automatique
- Modélisation, simulation et optimisation

#### **3) Problème de chimie, génie chimique et de procédés physico-chimiques (A-3)**

- Chimie
- États de la matière, thermodynamique et cinétique chimique
- Mécanique des fluides et phénomènes de transport
- Opérations unitaires
- Réacteurs chimiques

### **B - Épreuves orales et pratiques d'admission**

Sauf spécification particulière, le niveau des leçons est celui du premier cycle universitaire ou des classes post-baccalauréat. Des leçons au niveau des classes de lycée (seconde, première, terminale) peuvent aussi être demandées. Lorsque le sujet d'une leçon s'y prêtera, le candidat présentera une illustration expérimentale.

#### **1) Leçon de génie chimique et de procédés physico-chimiques, de modélisation et de commande (B-1)**

- Opérations unitaires
- Réacteurs chimiques
- Contrôle, régulation et automatique
- Modélisation, simulation et optimisation
- Chimie
- États de la matière, thermodynamique et cinétique chimique
- Mécanique des fluides et phénomènes de transport

#### **2) Leçon de physique (B-2)**

- Physique