



Secrétariat Général

Direction générale des
ressources humaines

MINISTÈRE
DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE

Sous-direction du recrutement

Concours du second degré – Rapport de jury

Session 2009

AGREGATION

externe

Section : SCIENCES PHYSIQUES

option : physique appliquée

**Rapport de jury présenté par Florence ROBINE ,
Inspectrice Générale de l'Éducation Nationale
Présidente de jury**

Les rapports des jurys des concours sont établis sous la responsabilité des présidents de jury.

SOMMAIRE

1. COMPOSITION DU JURY	3
2. RENSEIGNEMENTS STATISTIQUES	4
3. EPREUVES D'ADMISSIBILITE	6
3.1. Rapport sur la composition d'Electronique et d'Electrotechnique	6
3.2. Rapport sur le problème de Physique Appliquée, de Traitement du Signal et d'Automatique	8
3.3. Rapport sur la composition de Physique	11
4. EPREUVES D'ADMISSION	14
4.1. Leçon de spécialité	14
4.2. Leçon de physique Epreuve B2	19
4.3. Rapport sur le montage Epreuve B3	20

1. COMPOSITION DU JURY

**Mme Florence ROBINE, inspectrice générale de l'Education Nationale, présidente ;
M. Jean-Pascal CAMBRONNE, professeur des universités à Toulouse, vice-président ;**

**M. Hervé ANCELET, inspecteur d'académie - inspecteur pédagogique régional, Lille ;
M. Christian BRACCO, maître de conférences, IUFM de Nice ;
M. Marc BUDINGER, maître de conférences, INSA Toulouse ;
Mme Tania CHABOUD, professeure de chaire supérieure, Lycée Buffon, Paris ;
M. Charles JOUBERT, professeur des universités, Lyon I ;
Mme Afef LEBouc, directrice de recherches CNRS, INPG, Grenoble ;
Mme Gaëlle LISSORGUES, maître de conférences, ESIEE, Noisy le Grand ;
Mme Pascale PIQUEMAL, professeure de chaire supérieure, lycée Hoche, Versailles ;
M. Christian SERMONDADE, professeur agrégé hors classe, lycée la Martinière, Lyon.**

2. RENSEIGNEMENTS STATISTIQUES

Postes mis au concours : 16

Candidats ayant composé à l'écrit non éliminés: 82

Candidats admissibles aux épreuves orales : 36

Candidats admis : 16

Epreuves d'admissibilité (écrit):

Moyenne sur 20 des candidats non éliminés: 8.21

Moyenne sur 20 des candidats admissibles : 11.67

Moyenne sur 20 du dernier admissible : 8.73

Epreuves d'admission (oral) :

Moyenne sur 20 des candidats non éliminés: 11.23

Moyenne sur 20 des candidats admis : 14.96

Ensemble des épreuves (écrit+oral) :

Moyenne sur 20 des candidats non éliminés: 11.43

Moyenne sur 20 des candidats admissibles : 14.67

Moyenne sur 20 du dernier admis : 11.25

L'option Physique Appliquée de l'Agrégation externe de Sciences Physiques offrait cette année 16 postes aux 82 candidats ayant effectivement composé aux trois épreuves écrites. C'est sans difficulté que toutes les places mises au concours ont été pourvues. Comme les années précédentes, la promotion des agrégés de Physique Appliquée de la session 2009 est de qualité, et présente d'excellentes garanties de compétences.

Rappelons que cette agrégation a été notablement rénovée, sa forme actuelle étant définie par l'arrêté du 29 mars 2005, auquel les candidats se référeront utilement, ainsi qu'au rapport de la session 2006 qui commente largement l'esprit des nouvelles épreuves de cette agrégation.

Les coefficients des différentes épreuves du concours sont les suivants:

Epreuves écrites :

- composition de physique A1 : 5 h, coefficient 2 ;
- composition d'électronique et d'électrotechnique A2 : 5 h, coefficient 2 ;
- problème de physique appliquée, de traitement du signal et d'automatique A3 : 6 h, coefficient 2.

Epreuves orales :

- leçon de physique appliquée, d'électronique, d'électrotechnique, de traitement du signal et d'automatique (leçon de spécialité) B1 : coefficient 4 ;
- leçon de physique B2 : coefficient 3 ;

- montage de physique appliquée, d'électronique, d'électrotechnique, de traitement du signal et d'automatique B3 : coefficient 3.

Sur un total de 16, la somme des coefficients des seules épreuves orales est égale à 10 : l'agrégation est avant tout un concours de recrutement de futurs enseignants et cela explique donc la prééminence de l'oral sur l'écrit.

Les sujets des épreuves écrites sont rédigés dans le but de tester les connaissances des candidats sur une partie étendue du large champ disciplinaire que recouvre cette option de l'Agrégation de Sciences physiques. Pour cela, chaque sujet comporte en principe plusieurs parties susceptibles d'être traitées indépendamment les unes des autres.

L'épreuve A1 est dédiée à la physique et pour partie à la chimie. Les épreuves A2 et A3 sont dédiées à la physique appliquée, à l'électronique, à l'électrotechnique, à l'automatique, au traitement du signal, et si nécessaire à la chimie.

Des propositions de corrigés des épreuves écrites sont publiées tous les ans dans le Bulletin de l'Union des Professeurs de Physique et de Chimie. Les nouveaux candidats sont invités à se reporter à ces numéros spéciaux et cela sur plusieurs années, afin de s'entraîner utilement aux épreuves.

3. EPREUVES D'ADMISSIBILITE

3.1. Rapport sur la composition d'Electronique et d'Electrotechnique

Quelques éléments statistiques

84 candidats ont composé sur cette épreuve. La moyenne des notes est de 8,3 avec un écart type de 4,1. La moyenne des admissibles est de 11,4 avec un écart type de 3,2.

Remarques et commentaires

Les correcteurs de l'épreuve tiennent à attirer l'attention des candidats sur des points généraux tels que :

- La présentation des copies : Rappelons que la référence explicite à la numérotation originelle des questions est indispensable.
- La signification physique des résultats : les grandeurs ayant une dimension doivent être affectées d'une unité et les expressions littérales doivent être homogènes (faire également attention aux signes). Le mélange de grandeurs complexes et de grandeurs instantanées au sein d'une même expression est aussi à proscrire.
- Les applications numériques ne doivent pas être négligées. Trop souvent fausses, elles demandent de vérifier que les ordres de grandeur sont cohérents avec la question posée.
- Les connaissances élémentaires en géométrie : les rédacteurs de sujets ne tiennent pas à rappeler les expressions du périmètre d'un cercle et de la surface d'un disque par exemple.
- Des conclusions ne doivent pas être négligées ; elles montrent que le candidat s'est construit une représentation claire du système étudié, de ses performances et de ses limites.
- Une lecture attentive et complète des questions évite aux candidats de s'égarer et de s'engager dans des développements sans rapport avec les attentes du sujet. Lorsqu'une réponse plutôt qualitative ou une interprétation concise est demandée, une phrase ou quelques mots doivent suffire en général.

Le problème d'électrotechnique abordait quelques aspects du transport de l'énergie électrique dans les réseaux Haute Tension. Après avoir mis en évidence les principes d'échange d'énergie dans un réseau et avoir précisé les limites des lignes de transport, divers dispositifs de réglage du transfert de l'énergie électrique, appelés FACTS (Flexible AC Transmission Systems), étaient étudiés.

La première partie traitait de la puissance transportée par une ligne triphasée et des conséquences des limites imposées. Cette partie a été abordée par de nombreux candidats.

Trois erreurs ont été récurrentes :

- Le sujet recommandait le calcul des puissances de la ligne triphasée (ou de la région) et le rapport 3 s'imposait donc. Il a été souvent oublié.
- La notion de convention générateur ou convention récepteur n'est pas maîtrisée par de nombreux candidats et le signe des puissances est faux.

- Le jury rappelle que la valeur efficace de l'intensité d'un courant est positive. Peu de candidats ont tracé correctement l'allure de la caractéristiques $I(\theta)$ à la question 1.3.6.

D'une façon générale, chaque partie (ou sous partie) commençait par des questions simples pour évoluer vers des calculs plus compliqués. Certains candidats les ont menés correctement et ont formulé des commentaires cohérents. Ce qui est toujours apprécié dans une copie.

Le jury a globalement apprécié la qualité des constructions vectorielles tracées.

La dernière partie proposait un exemple de structure de FACTS de type parallèle. Plusieurs l'ont abordée sans toutefois tracer les formes de courbes demandées.

Le problème d'électronique portait sur l'étude de capteurs de positions rotatifs et linéaires. Le sujet comportait trois parties totalement indépendantes. La première partie (1) traitait des capteurs de position à effet hall, de leur principe physique, de leur intégration et de l'électronique de conditionnement associée. La seconde partie (2) traitait des capteurs de position de type resolver ou LVDT et de l'électronique associée. La troisième et dernière partie (3) traitait des précautions de câblage à mettre en œuvre lors de l'utilisation de capteurs en milieux soumis à de la pollution électromagnétique. Chaque partie ou sous partie commençait par des questions assez simples (principe physique, couplages magnétiques, caractéristiques de signaux) pour évoluer progressivement vers des points plus compliqués.

Dans la partie (1), le jury regrette que les candidats aient été relativement nombreux à se tromper sur les questions de physique des semi conducteurs et sur l'intégration en microélectronique de structures élémentaires (diode, résistance, condensateur) en technologie bipolaire. La représentation sous forme d'un schéma équivalent petits signaux de montages à transistors n'est pas maîtrisée par l'ensemble des candidats. Il est également recommandé de simplifier cette représentation au maximum (par des considérations de symétrie par exemple) avant de commencer les calculs. L'étude des circuits en commutation est rarement bien traitée. Dans la partie (2), le calcul de la fonction de transfert passe-haut d'ordre 1 et sa représentation de Bode est mal abordée par un certain nombre de candidats. Le jury recommande également de réviser le principe et les structures associées à la détection synchrone. Dans la partie (3), si l'analyse des signaux a été abordée par un nombre important de candidats, le jury constate que le calcul numérique des coefficients du développement en série de Fourier est souvent faux et que les principes de perturbations électromagnétiques (par couplage magnétique, ou électrique) et les moyens de protections sont plus rarement traités.

L'ensemble de ces remarques destinées à orienter le travail de préparation des futurs candidats ne doit pas faire oublier la qualité de certaines copies qui montrent le haut niveau de maîtrise scientifique et la qualité de préparation des candidats admis.

3.2. Rapport sur le problème de Physique Appliquée, de Traitement du Signal et d'Automatique

Quelques éléments statistiques

82 candidats ont composé sur cette épreuve. La moyenne des notes est de 8,0 avec un écart type de 4,3. La moyenne des admissibles est de 11,5 avec un écart type de 3,1.

Remarques et commentaires

Cette épreuve de l'agrégation de physique appliquée intitulée « Problème de Physique Appliquée, de Traitement du signal et d'Automatique » a été redéfinie lors de précédentes sessions. Elle a pour support l'étude d'un système concret, tant du point de vue de sa modélisation que de celui de sa commande. Cette épreuve demande des connaissances dans de nombreux domaines et implique nécessairement la maîtrise des lois fondamentales de la physique, en particulier dans les domaines indiqués dans le sujet de l'épreuve. Cette maîtrise passe par une préparation sérieuse des domaines indiqués.

Le problème proposé cette année traitait de la réfrigération magnétique. C'est une technologie nouvelle, basée sur l'effet magnétocalorique géant autour de la température ambiante et pouvant constituer une solution de rupture pour produire du froid de manière plus efficace et respectueuse de l'environnement. Le sujet concernait plus précisément l'étude d'un système de réfrigération à aimants permanents. Il comportait quatre parties indépendantes :

- I : Etude de la source de champ et du cycle magnétique d'aimantation et de désaimantation.
- II : Entraînement de la source de champ
- III : Etude du matériau magnétocalorique et du cycle thermique de réfrigération
- IV : Régulation de la température d'une enceinte réfrigérante mettant en œuvre ce système.

Une annexe permettait de définir les notations considérées dans le texte et de rappeler les équations de Maxwell et des milieux continus. Elle rappelait également certains calculs vectoriels et donnait les tableaux des transformés de Fourier et de réglage de Ziegler et Nichols nécessaires pour la partie IV.

Le jury recommande vivement aux candidats de lire rapidement la totalité du sujet en début d'épreuve pour avoir une vue d'ensemble du problème et évaluer la difficulté et les compétences exigées dans chacune des parties. Les très bonnes copies sont celles des candidats qui ont eu le temps d'aborder l'ensemble des différentes parties du problème.

Pour la plupart, la présentation des copies était soignée et satisfaisante, la numérotation linéaire des questions y a contribué sensiblement. Quelques copies restent inacceptables avec une numérotation des questions fantaisiste, des résultats non mis en valeur ou une écriture presque illisible. Le jury rappelle ici l'importance fondamentale d'une copie bien présentée et d'une orthographe rigoureuse, qui sont le reflet de qualités indispensables à un enseignant quelle que soit la discipline enseignée. Le jury rappelle aussi qu'il faut respecter les notations considérées dans le texte, qu'il ne faut pas négliger les applications numériques. Les questions posées n'amènent pas à de longs développements mathématiques, surtout pour des connaissances de base. Il faut donc éviter les commentaires

incohérents ou les opérations douteuses qui permettent d'obtenir les résultats escomptés. Le jury est sensible à une rédaction suffisante pour pouvoir obtenir une valorisation partielle de la question, même si le résultat est faux. La rigueur, l'honnêteté scientifique et l'esprit critique restent un gage de qualité pour un futur enseignant.

La Partie I proposait d'étudier une source de champ magnétique variable de type cylindre d'Halbach double. Un calcul analytique du champ magnétique à l'intérieur du cylindre était demandé en s'appuyant sur une analogie entre l'aimantation et des charges magnétiques fictives. Le candidat était guidé tout le long du calcul et un futur agrégé devrait, même si ces notions ne sont pas connues par tous, être capable de les assimiler et les exploiter facilement. On s'intéressait également dans cette partie au couple magnétique d'interaction entre les deux cylindres et celui le bloc de matériau à effet magnétocalorique géant qui constituait le bloc réfrigérant. Cette partie, de pondération importante, permettait de mettre en œuvre des notions fondamentales de magnétostatique et d'électrostatique. Elle a été traitée mal par les candidats même si elle comportait de nombreuses questions simples et accessibles à la majorité des candidats.

La Partie II concernait l'entraînement mécanique de la source de champ par un ensemble machine à courant continu et son réducteur, beaucoup plus classique. Ce système était alimenté par un hacheur en pont complet. Le couple de charge n'étant pas constant (couple réluctant de l'ensemble cylindre de Halbach double et bloc réfrigérant), un contrôle de vitesse est ensuite étudié. Ce dernier s'appuie sur un asservissement associant deux boucles imbriquées de courant et de vitesse avec les correcteurs adéquats. Cette partie a été traitée par la quasi-totalité des candidats. Les résultats n'ont pas été tous probants car certains ne maîtrisent pas les notions classiques d'électrotechnique et d'automatique. En particulier, on a pu relever avec surprise des erreurs basiques sur le calcul des caractéristiques de l'ensemble machine/réducteur, sur les formes d'ondes délivrées par le hacheur, sur la détermination des fonctions de transfert du système ou encore la prédiction des correcteurs.

La partie III était consacrée à l'étude du bloc réfrigérant et du cycle thermique, nécessitant donc des notions de thermodynamique. Elle proposait tout d'abord d'évaluer, grâce à une étude thermodynamique, l'effet magnétocalorique du matériau. Puis, elle abordait l'étude d'un cycle magnétothermique équivalent à un cycle thermodynamique classique. Certains résultats proposés par les candidats sont incohérents et révèlent un manque d'esprit critique voire une faible maîtrise de la physique des phénomènes. Ainsi, des lois de variations linéaires de $J(H)$ ont été obtenues alors que le problème spécifiait clairement une saturation du matériau. Dans plusieurs copies, des valeurs négatives pour des champs H positifs ont été obtenues alors que le matériau avait un état ferromagnétique ou paramagnétique. De même le tracé d'évolution de la température en fonction du temps du bloc réfrigérant était parfois erroné alors que la courbe a été donnée quasiment dans l'énoncé. Cette partie a globalement été mal traitée.

La partie IV traitait de la régulation de température d'une enceinte thermique mettant en œuvre un dispositif de réfrigération sans nécessiter toute fois de connaître son principe de fonctionnement. La régulation étudiée est une régulation simple de type Tout ou Rien. Il s'agissait de trouver le modèle statique puis le modèle dynamique du système en utilisant la méthode des oscillations TOR et d'identifier les paramètres du système. Une régulation PID numérique a été proposée à la fin du sujet

mais quelques candidats l'ont abordée et n'ont pas trouvée la bonne solution. Malgré sa simplicité, beaucoup d'erreurs ont été relevées dans cette partie dues essentiellement à un manque d'attention.

Conclusion

Le jury a eu le plaisir de corriger quelques copies excellentes de candidats, bien préparés et qu'il tient à féliciter, tant pour la qualité de leurs raisonnements que pour leur rapidité. Certains ont sûrement bénéficié d'une préparation institutionnelle sérieuse mais le sujet était cependant construit pour qu'un candidat isolé puisse obtenir une note satisfaisante, avec les seules connaissances requises pour s'inscrire à cette option « physique appliquée ». Ces candidats doivent se persuader qu'une préparation personnelle avec les sujets précédents (disponibles avec leur corrigé dans le Bulletin de l'Union des Physiciens) reste un moyen d'améliorer leurs connaissances pour cette épreuve.

3.3. Rapport sur la composition de Physique

Eléments statistiques : la moyenne des candidats ayant composé est de 7,8/20 avec un écart-type de 4,7, celle des candidats admissibles est de 12,2/20 avec un écart-type de 3,2.

Le sujet de la composition de physique de cette année portait sur le renouveau de l'optique.

La première partie sur l'interférométrie optique abordait de manière progressive les interférences et la résolution des télescopes. La deuxième partie traitait plus particulièrement de diffraction à travers le spectrophotomètre à réseau. Dans la troisième partie, on étudiait les diodes lasers, ce qui permettait d'aborder les ondes électromagnétiques et enfin, de manière très simplifiée les pinces optiques.

Dans chaque partie, de nombreuses questions de cours permettaient de tester les connaissances des candidats. Des notes très basses sur la composition de physique laissent penser que certains candidats ne se sont pas suffisamment préparés à cette épreuve. Certains outils mathématiques sont mal maîtrisés et la rédaction est quelquefois insuffisante ; rappelons notamment que quand le résultat est donné, une justification précise est attendue.

Première Partie : Interférométrie optique

La première question d'optique géométrique est mal traitée, l'étoile n'est pas toujours considérée à l'infini et les bases de l'optique géométrique sont ignorées par un grand nombre de candidats. Les foyers objet et image d'un miroir sphérique sont confondus et situés au milieu du segment centre et sommet du miroir.

Ensuite, des confusions entre rayon et diamètre ainsi que la conversion fautive d'une seconde d'angle en radian entraînent des applications numériques erronées.

Les questions 6 et 7 prouvent que les phénomènes de propagation sont méconnus, le retard dû à la propagation est oublié ou non homogène sur un trop grand nombre de copies.

Question 8 : les valeurs moyennes de cosinus et cosinus au carré devraient être connues par cœur. Les résultats absurdes ne sont pas détectés, la formule de Fresnel est donc ignorée par certains et la pertinence du résultat non regardée.

Questions 9 et 10 : la diffraction par les trous est oubliée, la nécessité d'un montage diviseur d'onde est rarement évoquée et le problème de la cohérence temporelle incompris. Rappelons que l'émission lumineuse n'est pas continue, elle se fait par émission de trains d'onde. Il faut fabriquer deux sources secondaires cohérentes à partir d'une source primaire pour voir des interférences. Les deux trains

d'onde secondaires qui peuvent interférer au point M sont nécessairement issus du même train d'onde primaire (si la différence de marche optique est inférieure à la longueur de cohérence temporelle).

Question 13 : les deux composantes d'une étoile double sont incohérentes entre elles. Il faut sommer les intensités dues à chacune d'entre elles. La différence de marche optique n'est pas la même car elle dépend de l'angle.

Les questions suivantes (14 à 30) sont bien traitées par les candidats qui ont compris les questions précédentes.

Question 31 : on observe dans la tache d'Airy (diffraction par un trou) des franges d'interférences d'autant plus contrastées que d est proche de 0.

Deuxième Partie : le spectrophotomètre à réseau

Questions 36 et 37 : il faut justifier soigneusement la formule donnée. La puissance élémentaire absorbée par une tranche dz est proportionnelle à $P(z)dz$ et il faut justifier le coefficient de proportionnalité.

Les questions de chimie (38 à 44) sont globalement mal traitées. Un minimum de connaissances est requis. Il faut connaître la méthode pour trouver les nombres d'oxydation et savoir écrire un bilan de matière.

A la question 48, le principe d'Huygens-Fresnel est énoncé souvent de manière incomplète, la cohérence n'est pas citée et la justification du terme de phase est rarement donnée, le vocabulaire utilisé est imprécis.

Question 53 : la cohérence n'est quasiment jamais évoquée pour justifier la somme des amplitudes et non des intensités.

Question 60 : c'est la largeur de la fente source qui limite la séparation de deux longueurs d'onde.

Questions 61 à 74 : elles sont abordées par peu de candidats mais bien traitées par ces derniers.

Troisième Partie : lasers, pinces optiques

Il faut connaître les équations de Maxwell et savoir les interpréter. Il faut savoir retrouver dans le cas de l'onde électromagnétique plane progressive la relation entre champ électrique, champ magnétique et vecteur d'onde.

Les questions de cours (75 à 81) sur les ondes électromagnétiques sont mal traitées par certains candidats et les notations sont abusives (division de vecteurs). Question 80 : l'égalité des pulsations n'est pas évoquée.

Question 82 : l'intensité incidente est égale à la somme des intensités transmise et réfléchié mais ce n'est pas le cas des amplitudes. Il faut écrire correctement les continuités (cf. question 76).

Question 89 : certains candidats éprouvent de la difficulté à résoudre l'égalité en complexes, il faut écrire l'égalité des parties réelles et des parties imaginaires.

Question 94 : l'intensité lumineuse est une puissance surfacique, il faut connaître la signification physique de la moyenne temporelle du flux du vecteur de Poynting à travers une surface S ; c'est la puissance qui traverse la surface S . On peut ensuite raisonner sur une surface unité perpendiculaire à la direction de propagation.

Question 97 : l'expression de la force exercée par un champ électrique sur une charge ponctuelle est ignorée par certains !

Question 107 : analogie fautive avec le critère de stabilité de l'énergie potentielle.

4. EPREUVES D'ADMISSION

4.1. Leçon de spécialité

Il est demandé aux candidats de présenter une leçon tirée au sort parmi la liste paraissant au BO. Les candidats disposent de 4 heures de préparation. Le passage devant le jury se décompose en deux temps : une leçon de 55 minutes et un entretien avec le jury d'une durée de 20 minutes. Les tableaux, mis à disposition en quantité suffisante, ne doivent pas être effacés de façon à ce que le jury puisse revenir sur certains points pendant l'entretien. Un rétroprojecteur, un vidéoprojecteur avec ordinateur portable, sont fournis si besoin est.

Pendant la leçon de 55 minutes, le candidat doit procéder comme s'il était devant une classe. Il peut par exemple inviter le jury à se déplacer pour aller voir une manipulation si c'est nécessaire. Cependant, il doit savoir que pendant ces 55 minutes le jury s'interdit toute interaction verbale avec lui.

I. Leçon de physique appliquée, d'électronique, de traitement du signal et d'automatique

Les remarques des rapports des précédentes sessions sont toujours d'actualité et le jury ne saurait trop conseiller aux candidats d'en faire une lecture attentive.

Il ne saurait trop insister également sur la nécessité d'ancrer la leçon dans la réalité scientifique et technologique des disciplines supports. Une démarche trop déductive, un excès de formalisme mathématique, une absence de références concrètes ne répondraient pas à la question posée, de telles approches étant inadaptées à la démarche pédagogique qui s'impose pour des élèves de STS ou d'IUT. Un exemple pédagogique, dont on précise les schémas fonctionnels et structurels, peut constituer le pivot pertinent d'une leçon réussie. Dans le même esprit, le jury encourage vivement les candidats à s'appuyer, chaque fois qu'il est possible, sur une manipulation de cours ou une simulation sur ordinateur : une exploitation qualitative et/ou quantitative des observations et des mesures renforcera la validité des modèles théoriques utilisés ou élaborés. On peut particulièrement conseiller des logiciels « gratuits » tels que :

RFsim99 (pour l'étude des filtres, lignes et composants passifs en HF), 4nec2 (pour l'étude des antennes, les diagrammes de rayonnement avec le module 3D), LTspice (simulateur de circuits), ...

Une bibliographie complémentaire (ex : Antennes par Roger –Charles Houzé) et ces outils logiciels peuvent être mis à la disposition de tous les candidats, à condition de les apporter au début des oraux.

Une leçon ne consiste pas en un étalage des connaissances du candidat sur un sujet donné ; par exemple, la leçon sur la stabilité des systèmes bouclés ne doit pas donner lieu à un inventaire des différents critères de stabilité, allant même jusqu'au critère de Cauchy, alors que l'expérience de cours est inadaptée. Il est préférable de partir d'un ou deux exemples simples pour mettre en évidence la relation entre les marges de stabilité et le comportement temporel du système bouclé ainsi que l'influence de certains paramètres (amplification, retard, positions relatives des pôles) sur la stabilité (Bode ou black).

De même, la « redoutable » leçon sur les lignes de transmission niveau BTS, doit être adaptée

au niveau requis, avec des équations simplifiées et une introduction pédagogique bien réalisée, sur une simulation (matérielle ou logicielle) par exemple pour introduire le modèle électrique.

Il est également toujours important d'apporter aux élèves des références concrètes, lui permettant de bien situer l'importance de la leçon.

Le jury souhaite une nouvelle fois attirer l'attention sur les points suivants :

La physique des semi conducteurs (diodes, transistors bipolaires, MOS) constitue le socle des connaissances fondamentales du physicien appliqué : sans rechercher la complication ou l'exhaustivité, mais sans non plus s'en tenir à des modèles trop élémentaires, il doit être capable d'expliquer rigoureusement les mécanismes de conduction et de diffusion et d'en déduire des modèles électriques. La même remarque s'applique également au bruit de fond.

Il convient de veiller à l'adéquation entre les outils et les connaissances préalables des élèves et les descriptions des phénomènes et les modèles supports de la leçon ; dans la leçon sur l'échantillonnage, le concept d'impulsion de Dirac ou de peigne de Dirac, difficilement maîtrisable par des élèves de STS ou d'IUT, incite à développer, pour cette leçon, des notions plus simples telles que la multiplication d'un signal par une suite d'impulsions dont on pourra faire tendre la durée vers zéro, ce qu'un candidat de la session 2009 a parfaitement su réaliser.

Il convient d'observer une grande vigilance et de faire preuve de la plus grande précision quant à la nature des grandeurs utilisées : analogiques, numériques, discrètes, fonctions continues du temps, discontinues, ... et de bien identifier leur état en chaque point du système afin de mettre en œuvre les traitements adaptés. C'est le cas dans la leçon sur les systèmes asservis numériques qui doit s'inscrire naturellement dans la continuité de l'étude des systèmes analogiques. Il convient alors de montrer, sur un processus bien choisi, que la correction peut se faire par un traitement numérique se substituant au traitement analogique. Une comparaison des performances obtenues par l'une ou l'autre s'impose alors.

- Cette session le jury s'est réjoui d'observer que la majorité des candidats présentent un plan de leur leçon et précisent les pré-requis de cette dernière, même s'ils ne sont pas toujours judicieux : la leçon sur la stabilité d'un système bouclé analogique en régime linéaire (IUT) ne doit pas avoir pour pré-requis les notions de stabilité des systèmes ! Par contre le « jeu » de la leçon nécessite de s'adresser à la salle comme à des élève et non de justifier constamment au jury le pourquoi des notions invoquées !

Trop souvent, les candidats se croient obligés de traiter de manière exhaustive les notions et les outils qui devraient être considérés comme des pré requis pour la leçon et consacrent trop peu de temps au sujet lui-même. Par exemple :

- Lors de la 1^{ère} leçon sur le filtrage analogique (BTS) le candidat fait l'impasse sur la notion de filtrage, redémontre le théorème de Millman, les diagrammes de Bode et tente ensuite de traiter simultanément les filtres passifs et actifs Lors de la leçon d'introduction aux antennes, bilans de liaisons (BTS) le candidat a démarré sur la source isotrope puis a passé une heure

en diverses définitions, en étant esclave de la bibliographie unique choisie pour sa préparation. Le mot « introduction » suppose non seulement des pré requis sur les équations de base de l'électromagnétisme et les lignes, mais une mise en évidence des contraintes liées à l'émission et la réception des signaux.

- La leçon sur les filtres numériques non récursifs suppose qu'une (ou plusieurs) leçon(s) préalable(s) sur le filtrage numérique et ses outils a (ont) été traitée(s) avec les élèves. Comme dans le cas des filtres analogiques, il ne s'agit pas de présenter une succession de méthodes de synthèse sans référence à un ou des problèmes particuliers. Une comparaison des solutions retenues s'avère alors nécessaire.

Pour une leçon s'adressant à des élèves de BTS ou IUT, les développements mathématiques présentant une certaine complexité, s'ils doivent être maîtrisés par les candidats, ne doivent être détaillés que s'ils correspondent à une nécessité pédagogique ; par exemple, il est préférable dans la leçon sur les oscillateurs quasi-sinusoïdaux de ne pas développer un formalisme complexe sur l'oscillateur à résistance négative, alors même que la manipulation sur un simple pont de Wien ne fonctionne pas. Dans cette leçon le candidat fait aussi presque l'impasse sur la stabilisation de l'amplitude, en évoquant vaguement le rôle de non-linéarités. Il eut été aussi intéressant de présenter la notion de stabilité fréquentielle d'un oscillateur qui est de loin sa principale qualité.

Le jury est en droit d'exiger, lors de l'entretien, un minimum de connaissances de la physique des dispositifs supports qui, sans être celles d'un spécialiste, se situent à un niveau universitaire ; les différents types de modulations numériques sont assez représentatifs des lacunes observées.

II. Leçon de conversion de l'énergie

Manipulations de cours

Les candidats sont épaulés par un professeur préparateur et des techniciens qui mettent à leur disposition des manipulations de cours : il est recommandé d'y penser dès le début de la préparation de façon à l'intégrer habilement dans la leçon.

Trop souvent, les candidats ne pensent à présenter leur manipulation qu'en *conclusion* de leur leçon alors que le temps imparti est presque écoulé. Il pourrait être beaucoup plus intéressant de l'utiliser en *introduction* : cette dernière manière de procéder, quand elle s'y prête, suscite l'intérêt des étudiants et permet en outre une exploitation de l'expérience tout au long de la leçon.

Le jury récompense ceux qui ont fait l'effort de présenter une expérience de cours. Cependant, il est désagréable de constater la surprise sincère d'un candidat devant un montage qu'il n'a pas pris le temps de prendre en mains pendant la préparation.

Niveau de la leçon

Cette leçon impose un niveau donné correspondant à une classe de BTS ou d'IUT. Il est recommandé aux candidats de s'informer sur les programmes en vigueur (les « référentiels » pour les

BTS, les « Programmes Pédagogiques Nationaux » pour les IUT). Le jury souligne que de nombreuses formations ont été rénovées ces dernières années et que les leçons doivent en tenir compte.

Il est permis au candidat d'aller plus vite qu'il ne le ferait effectivement devant une classe mais le souci de traiter la leçon au bon niveau doit rester constant.

Structuration de la leçon

Dès le début de la préparation de la leçon, le candidat doit se poser les questions suivantes :

- Quelles sont les connaissances des étudiants au moment où cette leçon est abordée (prérequis) ?

- Sur quelle problématique repose la leçon ?

- Que les étudiants doivent-ils avoir retenu à la fin de la leçon (ou autrement dit, comment a-t-on répondu à la problématique ?) Il faut centrer ses objectifs autour d'un ou deux points importants. Lors du passage devant le jury, le candidat peut commencer par énoncer les pré-requis. Ensuite la problématique, sur laquelle la leçon s'appuiera, peut être présentée. Le plan peut ensuite être exposé soit au tableau soit sur transparent ce qui permet au jury de s'y reporter régulièrement. Dans tous les cas, pendant la leçon, il est nécessaire de réécrire au tableau au moins les numéros sinon les titres du plan de façon à ce que l'auditoire puisse s'y retrouver.

Concernant l'utilisation de transparent, le jury recommande de bien choisir la taille des caractères et des figures présentées afin que l'ensemble soit lisible du fond de la salle.

Gestion du tableau

Les tableaux mis à disposition en quantité suffisante ne doivent pas être effacés de façon à ce que le jury puisse revenir sur certains points pendant l'entretien. Un rétroprojecteur est fourni. La trace écrite figurant au tableau doit être celle qui figurerait sur le cahier d'un étudiant de BTS ou d'IUT. Le jury sanctionne les leçons s'apparentant plus à des exposés (au demeurant parfois bons) qu'à de véritables leçons destinées au public visé.

Le tableau doit être bien tenu. Le jury a remarqué, encore cette année, beaucoup de progrès dans la présentation du tableau. Il encourage les candidats à poursuivre dans ce sens.

Prestation orale

Un minimum de dynamisme est nécessaire. Que penser d'un futur professeur qui énonce sa leçon d'un ton monocorde, en gardant une main dans la poche du début jusqu'à la fin ?

La rigueur est indispensable pour bien former des étudiants. Il faut préciser les notations utilisées pour les différentes grandeurs: valeur instantanée, valeur complexe, valeur moyenne, valeur efficace... et représenter ces grandeurs sur les schémas électriques correspondants. En particulier, ce qui n'a pas souvent été fait, il faut penser à relier dans les convertisseurs électromécaniques la convention adoptée pour les grandeurs électriques à celle utilisée pour les grandeurs mécaniques : que veut dire un couple positif ou négatif ou bien une vitesse positive ou négative si on n'a pas défini leurs orientations conventionnelles?

Les calculs nécessaires à la compréhension de la leçon ne doivent pas être passés sous silence.

Pendant l'entretien, le jury revient sur la démarche pédagogique choisie. Il teste également l'étendue des connaissances du candidat : le questionnement peut alors être porté au plus haut niveau de la connaissance et peut concerner des notions connexes ou non à la leçon.

4.2. Leçon de physique Epreuve B2

Organisation de l'épreuve

Après avoir pris connaissance du sujet, le candidat dispose de quatre heures pour préparer son exposé. Pour ce faire, il accède à la bibliothèque de l'agrégation et bénéficie de l'assistance d'un technicien pour la mise en œuvre d'éventuelles expériences de cours.

L'exposé de la leçon dure 55 minutes. Sauf cas exceptionnels (expérience dangereuse par exemple), le jury n'intervient pas à ce stade. Le candidat utilise à son gré les tableaux et le rétroprojecteur mis à sa disposition, sachant qu'il **ne doit pas effacer ce qu'il a écrit (sauf pour une rectification immédiate)**. Il est recommandé de présenter le plan sur transparent pour laisser le tableau pour l'exposé de la leçon.

A l'issue de sa leçon, le candidat répond aux questions du jury pendant environ 20 minutes. Ces questions peuvent porter sur l'exposé lui-même, sur les expériences réalisées ou bien déborder du cadre de la leçon. Leur but peut être d'aider le candidat à rectifier une erreur ou bien de faire préciser des points restés obscurs pendant la leçon. Cela peut aussi permettre d'évaluer sa culture scientifique.

Commentaires sur les leçons de physique

Nous rappelons que le concours de l'agrégation est avant tout **un concours de recrutement d'enseignants** et que le contenu scientifique d'un exposé n'est utile que s'il passe correctement du professeur à l'élève, ce qui implique pédagogie et enthousiasme de la part du professeur. Pour qu'il en soit ainsi, le candidat doit respecter quelques règles de base :

- Préciser très clairement les pré-requis de la leçon, ce qui permet au jury de savoir comment s'insère celle-ci dans le programme de l'année.
- Veiller à ce que les grandeurs ou les concepts utilisés soient parfaitement définis et/ou illustrés par un schéma clair.
- Ne pas hésiter à multiplier les exemples proches du quotidien, du monde industriel ou de la recherche, permettant de mieux comprendre l'intérêt et les conséquences d'un concept abstrait.
- Être rigoureux : énoncer les théorèmes en précisant leur domaine de validité, définir clairement le système étudié, ne pas escamoter les difficultés, préciser les règles d'orientation quand il le faut.
- Faire l'analyse critique des résultats obtenus, retrouver les bons ordres de grandeurs.
- Réaliser et **exploiter** des expériences dès que la leçon le permet (c'est à dire pour le plus grand nombre d'entre elles).

Statistiques

La moyenne des notes est de 12,3 avec un écart-type de 3,7. Pour les 16 admis, la moyenne est de 15 avec un écart-type de 2,9.

4.3. Rapport sur le montage Epreuve B3

I. Montage de physique appliquée, d'électronique, de traitement du signal et d'automatique

Cette épreuve de montage donne l'occasion au candidat d'illustrer un sujet de spécialité avec des expériences judicieusement choisies. Elle correspond à une séance de travaux pratiques qui pourrait être proposée à des élèves et doit par conséquent s'accompagner de mesures réelles qui sont comparées et justifiées par une analyse théorique rapide mais néanmoins rigoureuse des montages mis en œuvre. Elle permet au jury d'évaluer la culture technologique et les connaissances concrètes du candidat mais aussi sa maîtrise des techniques de mesure et de l'usage des appareils couramment utilisés dans les laboratoires de physique appliquée. De plus depuis la session 2006, deux sujets de montage sont proposés aux candidats. Le jury est donc légitimement exigeant sur le sujet choisi par le candidat, ainsi que sur les divers montages réalisés. De nombreux candidats se contentent de demander le matériel disponible à l'ENS, sans prendre le temps de se les approprier, tant sur le principe que sur le choix des appareils de mesure, des fonctionnalités mises en œuvre, des calibres choisis... – à titre d'exemple, on notera que l'oscilloscope n'est pas un appareil de métrologie pour des tensions continues. Les mesures de grandeurs caractéristiques (temps de montée, dépassement, déphasage..) doivent s'appuyer sur des critères explicites et précis et être réalisées avec des outils adéquats.

Cette épreuve ne doit pas être perçue comme la présentation d'une collection de montages démonstratifs et qualitatifs : on recherchera la cohérence et la progressivité en s'efforçant d'illustrer, sans redondance, les différentes parties du sujet. Un montage simple expliqué en profondeur est souvent plus pédagogique que la mise en œuvre d'un système complexe qui n'appelle que des commentaires qualitatifs et qui n'interviendra que dans un second temps. Les mesures doivent être effectives, avant et pendant la séance. Elles gagneront à être présentées sous forme graphique chaque fois que cela est possible. Le jury a été sensible à l'utilisation de plus en plus systématique d'un tableur pour présenter les mesures effectuées. Il demandera en général aux candidats de reproduire certaines des mesures qu'il aura réalisées durant la préparation.

Au cours de la préparation, le candidat aura le souci de reproduire au tableau les différents montages avec les valeurs numériques des composants utilisés et les rappels de cours nécessaires à leur compréhension. On doit donc y trouver :

- le plan de l'exposé,
- les schémas des différents montages avec les valeurs numériques des composants,
- les rappels de cours, les modèles retenus,
- les principaux résultats de mesure.

Il pourra utilement compléter cette présentation avec des transparents reproduisant par exemple les courbes, les schémas internes des composants, les développements théoriques trop longs, etc....

La dimension pédagogique doit être une préoccupation essentielle : chaque montage doit être justifié et correctement exploité, selon une démarche logique et structurée. Il est préférable de limiter le nombre de montages présentés et de les exploiter soigneusement. On peut utiliser les maquettes

« toutes faites » de l'ENS à condition que leur structure interne soit connue et puisse être expliquée au jury. Il est même parfois judicieux de venir avec son propre matériel, que l'on connaît bien, à condition de le mettre à la disposition de tous les candidats, en début de session.

La connaissance des caractéristiques des composants (transistors, diodes, circuits intégrés élémentaires, ...), des fonctions, à travers l'exploitation de la documentation technique associée est nécessaire ! C'est pour le candidat l'occasion de démontrer qu'il a choisi rationnellement le point de repos, les amplitudes et les fréquences des composantes variables appliquées, ... lui permettant de se tenir à l'intérieur des limites d'utilisation sans risque de détérioration ou dans le domaine de validité de son modèle. Les calculs effectués doivent systématiquement être validés par les mesures et les écarts constatés doivent être justifiés. Il est tout aussi impératif de tenir compte de l'influence des appareils de mesure sur les performances du montage.

Toutes les ressources disponibles du laboratoire doivent être exploitées pour mettre en évidence les caractéristiques importantes des expériences (amplitude, fréquence, régimes transitoire et permanent, spectre, bruit, etc...) en fonction des besoins du sujet.

Le jury souhaite attirer l'attention sur les points suivants :

Pour le montage sur la synthèse des filtres actifs, il convient d'introduire correctement la notion de gabarit et de l'utiliser ensuite à bon escient pour le choix de la structure des filtres mis en œuvre. Cette session a vu ce montage se réduire à un simple 2^{ème} ordre passe-bas ! Ce montage sur les filtres actifs n'exclut pas l'utilisation des technologies à capacités commutées ou à retour d'état.

Dans le montage sur le changement de fréquence (application à l'analyse spectrale) il convient de lire correctement le sujet et de ne pas se contenter du mot « analyse spectrale », pour un montage qui se termine par l'étude d'un simple filtre RLC.

L'étude des oscillateurs commandés en tension (principe et applications) ne doit pas se limiter à un montage disponible à l'ENS ; elle gagne à être complétée par la mise en œuvre d'un simple montage astable avec une remise en forme du signal. Les candidats doivent en outre être à même d'interpréter correctement les caractéristiques données par le constructeur pour la mise en œuvre de ces composants.

Dans l'étude d'un asservissement numérique de vitesse, les notions de base sur l'identification et les systèmes numériques doivent être maîtrisées. Il est fortement conseillé de corrélérer la période d'échantillonnage du dispositif utilisé avec la réponse transitoire de la machine étudiée.

Le jury tient à souligner l'importance de la préparation à cette épreuve de montage : c'est elle qui révèle les aptitudes du candidat à pouvoir mettre en place une séance de travaux pratiques, pour des élèves qui exigent de plus en plus de pédagogie pour accéder à la finalité de cette séance formative. Un physicien appliqué doit, plus que d'autres, trouver dans la démarche expérimentale, une voie d'accès à la connaissance et à la modélisation du réel.

II. Montage d'électronique de puissance, d'électrotechnique et d'automatique

Le montage, d'une durée de 1h15, est une épreuve qui doit être menée sans limitation de niveau. A tout moment, pendant son exposé, le candidat peut être interrompu par le jury pour fournir des explications supplémentaires, commenter les résultats obtenus, préciser les conditions expérimentales, etc. Les candidats ont le choix entre deux montages. Ils doivent se décider pour l'un ou l'autre dans les cinq premières minutes de la préparation de l'épreuve.

Le jury apprécie quand le candidat donne rapidement le plan de son exposé, en précisant les fondements théoriques du système ou dispositif étudié, la méthodologie de mesure employée et les objectifs de la manipulation. La présence d'un schéma détaillé du montage est absolument nécessaire.

Les questions abordées par le jury peuvent porter sur (entre autres) :

- les principes et phénomènes physiques liés à l'objet étudié, à ses défauts, aux appareils de mesure et capteurs mis en œuvre ;
- la sécurité ;
- les applications possibles ;
- le choix du matériel, des appareils de mesures, des grandeurs réglées (tension, courant, vitesse,...).

Il est évident que le jury ne peut se contenter de justifications telles que : « c'est écrit dans l'ouvrage XXX » ou « on m'a suggéré de faire comme ça ».

Afin de se préparer à l'épreuve de montage, les candidats disposent des aides suivantes :

- la liste des montages, publiée au Bulletin Officiel de l'Education Nationale ;
- les comptes-rendus du jury des années précédentes ;
- la liste des ouvrages disponibles l'année précédente, accessible sur le site web de l'ENS de Cachan ;
- la liste du matériel disponible l'année précédente avec sa description (photos, schémas éventuels...), accessible également sur le site web de l'ENS de Cachan.

L'épreuve de montage d'électronique de puissance, d'électrotechnique et d'automatique se prête très souvent à des mesures quantitatives de diverses grandeurs (tensions, courants, puissances, facteur de puissance, rendements, vitesses...). Le jury regrette que souvent les candidats omettent d'effectuer de telles mesures ou les exploitent de façon partielle, sans chercher à les anticiper à l'aide des modèles disponibles. Une démarche satisfaisante serait en effet de prédéterminer les résultats par un développement théorique, puis de comparer les valeurs obtenues à celles fournies par l'expérimentation. La comparaison de deux ou plusieurs montages exige aussi de se placer dans des conditions identiques.

Le jury tient à souligner la qualité des prestations de certains candidats qui ont su répondre avec conviction à la totalité du sujet proposé, en montrant une grande aisance dans les manipulations, des connaissances étendues dans les sujets connexes, ainsi qu'une bonne réactivité aux questions.