

- Physique des ondes

L'établissement d'une équation d'onde dans un milieu matériel requiert un minimum d'hypothèses qu'il faut savoir énoncer et justifier.

Les candidats savent en général établir la relation de dispersion. En revanche, ils peinent à l'interpréter (effets de la dispersion et de l'absorption sur un paquet d'ondes). Pour le plasma, le caractère imaginaire pur de la conductivité est établi le plus souvent, mais son interprétation (absence de puissance échangée entre le champ et les porteurs) rarement donnée.

Beaucoup de capacités attendues sur la propagation d'un signal ou l'optique géométrique du programme de première année sont presque oubliées : les conséquences de la diffraction, les conditions d'interférences et l'utilisation de la représentation de Fresnel, l'interprétation d'un battement...

- Conversion de puissance

Les candidats ont toujours des difficultés à faire le lien avec le cours d'induction lorsqu'on propose une machine à courant continu ou une machine synchrone. Le traitement des hacheurs avec l'utilisation des valeurs moyennes pose souvent problème. Les règles d'orientation et le signe du rapport de transformation du transformateur font l'objet d'approximations de la part des candidats.

- Électronique, électricité

Les montages avec ALI en régime linéaire sont souvent convenablement maîtrisés, mais la justification du fonctionnement en régime linéaire par rétroaction n'est pas toujours comprise. La présence d'un comparateur à hystérésis déstabilise certains candidats.

Les conditions de démarrage des oscillateurs quasi sinusoïdaux et l'interprétation du rôle des non-linéarités doivent être mieux comprises.

Le rôle du facteur de puissance ( $\cos \phi$ ) est mal compris lorsqu'il n'est pas complètement méconnu.

## 2.3. Épreuves écrites

### 2.3.1. Physique I — MP

- Présentation du sujet

Le sujet abordait plusieurs aspects de la physique d'un composant électronique particulier, le memristor. Ce sujet comportait 29 questions réparties autour de plusieurs thématiques, étudiées dans le programme de physique de CPGE des deux années. Les questions 1 à 10 mobilisaient des raisonnements issus de l'électronique et de l'induction, les questions 11 à 24 rassemblaient plusieurs études électromagnétiques, et les questions 25 à 29 faisaient intervenir une approche basée sur la mécanique quantique.

La partie I proposait d'étudier des caractéristiques générales des memristors. Une première étude consistait à dégager les caractéristiques électrocinétiques de ce dipôle, en utilisant des notions de base en électronique et en analysant des documents fournis par l'énoncé. Une deuxième étude proposait une étude électromagnétique générale de ce dipôle en régime statique et en régime dynamique.

Les parties II et III invitaient les candidats à modéliser un memristor, développé par les laboratoires HP, et constitué d'un film de dioxyde de titane. Il était proposé notamment de réinvestir les notions vues précédemment pour analyser la dynamique de la frontière du film. La dernière partie sur l'étude d'une falaise de potentiel était indépendante du sujet et seule la dernière question était à replacer dans le contexte des memristors.

- Remarques générales

Le sujet comportait de nombreuses questions de cours et/ou nécessitant des calculs élémentaires. Le jury a été assez surpris de constater que les réponses à ces questions de cours étaient souvent fausses, quand les questions étaient traitées. Dans certains cas, le jury a pu noter une certaine uniformité des réponses, voire même des erreurs ou des incompréhensions des candidats. Concernant les calculs élémentaires (différenciation, intégration, résolution d'équations différentielles simples, intégrer la fonction, faire passer des termes d'un côté à l'autre dans une égalité sans erreur...), le jury a pu noter également un certain nombre de faiblesses chez les candidats. Beaucoup de copies révèlent des difficultés importantes dans la manipulation des outils mathématiques pour le physicien. Le jury tient à faire part de son sentiment concernant une baisse inquiétante des capacités calculatoires, non compensée par un sens physique plus aiguisé. Cette dernière remarque est à modérer puisque nous avons pu voir dans certaines copies une bonne réflexion physique, accompagnée ou non d'une bonne maîtrise des compétences calculatoires.

Il est parfois surprenant de voir dans la même copie un traitement tout à fait correct de la partie sur la mécanique quantique, notamment les applications directes du cours, et dans le même temps des erreurs importantes sur la loi de Faraday, les équations constitutives de dipôles classiques ou encore sur l'utilité d'une résistance, voire son unité.

De même, les tracés de courbes sont parfois réalisés sans réflexion de la part des candidats. Quelques analyses rapides et de bon sens permettraient aux candidats de vérifier leurs réponses.

Ce sujet comportait également des questions qui nécessitaient de s'appuyer sur les documents de l'énoncé et dont les réponses devaient être des interprétations des graphes fournis. Nous avons pu observer à cette occasion de nombreux candidats qui paraphrasent l'énoncé pendant une dizaine de lignes sans pour autant apporter une réponse claire à la question. Nous rappelons qu'un discours synthétique, argumenté et clair est toujours préférable pour répondre à une question nécessitant une interprétation. Certaines copies montrent quelques carences concernant l'analyse de documents ou de courbes expérimentales, mais également la compréhension et l'interprétation de formules et équations physiques.

En ce qui concerne la présentation des copies, le jury note que certains candidats n'ont pas compris les enjeux d'une épreuve écrite de concours où il s'agit de se faire comprendre clairement. Il est nécessaire d'adopter une rédaction claire et concise, et, dans la mesure du possible, d'éviter les fautes d'orthographe grossières. Encore trop de copies sont parfois illisibles, avec de nombreuses ratures et des résultats rarement mis en valeur. La présentation ne doit pas être négligée surtout quand il devient impossible au jury de pouvoir évaluer une réponse à une question, faute de lisibilité.

Enfin, le jury souhaite mentionner qu'il a pu constater que certaines copies étaient remarquables, et que certains candidats avaient une réelle maîtrise des outils et des concepts abordés dans ce sujet.

- Remarques particulières

Dans la suite de ce rapport, nous proposons de revenir brièvement sur certaines erreurs revenues fréquemment, question par question.

Q 1 : trop de candidats ne connaissent pas ou confondent les relations fonctionnelles des dipôles de base. Les unités d'une résistance, inductance et capacité sont parfois fausses.

Q 2 : l'obtention de la loi de Faraday en convention récepteur, à partir du passage d'une relation locale (équation de Maxwell-Faraday) à une relation intégrale, pose des problèmes aux candidats. Le problème de la convention a été dans la majorité des cas éludé. Trop de candidats ont manqué d'honnêteté intellectuelle sur cette question en tentant de masquer le problème.

Q 3 : quelques confusions sur les éléments différentiels pour certains candidats.

Q 4 : il est recommandé de donner le résultat sous une forme usuelle ou à partir des unités du système international.

Q 5 : de nombreux candidats confondent montages série et parallèle. Une réponse justifiée était attendue, comme suggéré par l'énoncé, et non un simple résultat de l'association série ou parallèle dans le cas d'une résistance.

Q 6 : dans de très nombreuses copies, les conditions initiales ont été tout simplement omises, et certaines copies proposent des résultats d'intégration tout à fait farfelus. Les tracés de courbe sont parfois négligés.

Q 7 : Les tracés de courbe sont parfois négligés.

QQ 8, 9, 10 : ces questions nécessitaient de développer une argumentation claire et concise. Beaucoup de candidats paraphrasent l'énoncé et répondent la même chose aux trois questions.

Q 11 : de nombreuses erreurs pour cette question : oubli de la force de frottement, oubli de la force électrique, confusion régime permanent/régime transitoire, erreur fréquente dans détermination de la vitesse en régime permanent (oubli de la masse et résultat non homogène).

Q 12 : de nombreuses erreurs sur l'expression de la mobilité et de la conductivité (souvent consécutives à l'erreur d'homogénéité de la question précédente).

Q 13 : de nombreuses erreurs sur l'expression de la résistance et pas de vérification sur l'homogénéité de la formule.

Q 14 : peu de candidats ont mentionné l'absence de déphasage pour justifier leur réponse.

Q 15 : de nombreuses erreurs dans l'établissement de la conductivité en régime dynamique, ou sur la résistance. L'analyse du comportement du conducteur est souvent erronée.

Q 16 : confusion fréquente entre puissance transférée à une charge et puissance volumique.

Q 17 : assez peu de justifications sur le passage entre description locale et description sur tout le conducteur.

Q 19 : beaucoup d'erreurs d'homogénéité constatées à cette question.

Q 20 : peu de candidats ont proposé une réelle interprétation de la formule, en faisant le lien avec les notions abordées précédemment.

Q 21 : de nombreuses erreurs sur la prise en compte de conditions initiales/aux limites.

Q 22 : peu de candidats ont obtenu l'expression qui permettait de justifier que l'expérience devait être menée à l'échelle nanométrique pour constater l'effet memristor.

Q 23 : cette question a été peu traitée. Un certain nombre de candidats se sont lancés dans les calculs, mais n'ont pas abouti.

Q 25 : en général, cette question a été correctement abordée, sauf dans de rares cas.

Q 26 : de nombreuses erreurs sur l'expression des solutions cohérentes avec les deux domaines du potentiel, pour l'équation différentielle obtenue. De nombreuses confusions entre les types de solutions.

QQ 27, 28 : certains candidats de font pas la différence entre  $r$  et  $R$ , et  $t$  et  $T$ . De nombreuses erreurs sur l'expression de  $T$ , dû à la non-prise en compte des courants de probabilité.

### 2.3.2. Physique II — MP

- Remarques générales

Le sujet abordait cette année la capacité thermique des gaz. Il comportait quatre parties permettant de couvrir de nombreux pans du programme : mécanique classique du point matériel, thermodynamique, physique quantique. Il nécessitait également de mobiliser l'ensemble des compétences de la démarche scientifique (S'approprier, Analyser, Réaliser, Valider, Communiquer). Le sujet était très proche du cours et devait donc permettre aux candidats bien préparés d'obtenir un résultat très convenable. Effectivement, les excellentes copies ne sont pas rares.