

Composition de Physique 2, Filière PC

Rapport de Mme Nathalie PALANQUE-DELABROUILLE et M. Laurent SCHOEFFEL, correcteurs.

Le problème propose une étude progressive d'une structure Métal-Oxyde-Semi-conducteur (MOS) en deux parties. La première partie est une introduction générale sur les problèmes de diffusion avec viscosité, tandis que la seconde traite véritablement le cœur du sujet. Dans cette deuxième partie, après quelques considérations sur les densités relatives des différents porteurs de charge, l'étude de la structure MOS est abordée à travers ses trois modes de fonctionnement. On peut noter que l'épreuve a généralement été traitée de manière linéaire et relativement bien réussie. Tous les candidats ont su rentrer dans le problème jusqu'à un stade avancé. Le sujet est assez court, ce qui a permis aux étudiants d'être limités non pas par le temps mais par leurs connaissances. Nous constatons avec plaisir que les candidats ont lu le sujet jusqu'au bout récupérant au fur et à mesure les éléments de réponse fournis par le sujet, ce qui a permis à bon nombre d'entre eux de traiter ici et là des questions sans avoir su résoudre l'intégralité du problème.

La répartition des notes des candidats français est la suivante :

$0 \leq N < 4$	50	3,9%
$4 \leq N < 8$	326	25,4%
$8 \leq N < 12$	574	44,7%
$12 \leq N < 16$	260	20,2%
$16 \leq N \leq 20$	75	5,8%
Total	1285	100 %
Nombre de copies : 1285		
Note moyenne 9,93		
Écart-type : 3,48		

De manière générale, les candidats ont bien traité la première partie introductive (72% des points attribués en moyenne). La deuxième, sensiblement plus longue est également plus sélective (35% des points attribués en moyenne).

Partie I

Partie courte et simple, très proche du cours à l'exception de la question (5).

(1.a,1.b,1.c) Tous les candidats ont correctement répondu à ces questions très proches des applications classiques du cours.

(1.d) Dans l'ensemble très bien traitée même si quelques candidats ne sont pas à l'aise avec la notion de potentiel chimique.

(2.a,2.b) Questions simples qui n'ont pas posé de problème (88% des points attribués en moyenne).

(3) Les éléments de cours étaient clairement connus : l'équation de Fick était toujours mentionnée. Toutefois, certains candidats n'ont pas cherché à comprendre la question et ont omis de prendre en compte les deux courants, de dérive et de diffusion.

(4a,4b) Questions traitées parfaitement dans 70% des cas.

(5) Question intéressante permettant de juger les compétences d'analyse des étudiants. Un grand nombre de candidats ont su correctement prédire la dépendance linéaire en échelle log-log entre les quantités proposées, gagnant ainsi une partie des points de la question. Par contre, le calcul des pentes (-1 et $-1/3$) sur les graphes a posé beaucoup plus de difficultés et peu d'étudiants ont su effectivement lire ces échelles log-log, peut-être la conséquence d'un manque de pratique. Un candidat ne peut pas se contenter de déclarer une bonne adéquation du modèle sans chercher à quantifier un peu sa réponse. Les commentaires du style « ...rend un peu moins bien compte... » ne sont pas suffisants ! Nous regrettons que trop peu de candidats aient commenté la forme de la molécule ADN pour justifier de l'écart significatif au modèle.

(6) Question de cours.

Partie II

Le texte introductif à cette partie est long et les candidats n'ont pas toujours pris le temps de le lire correctement. Par exemple, beaucoup de candidats n'ont pas compris que les densités volumiques n et p réfèrent à des densités de charges libres (assurant la conduction). Nous ne pouvons que recommander aux étudiants de lire posément un énoncé pour en comprendre les subtilités avant de s'attaquer aux questions. Malgré cela, après quelques erreurs dans le début de la partie les candidats ont su se raccrocher au problème et traiter correctement les questions ultérieures. Au final, il semble que les équations soient souvent déroulées correctement sans compréhension réelle des phénomènes physiques en jeu.

(1.1) Seulement 15% des points attribués en moyenne ! Comme indiqué plus haut, la plupart des candidats n'ont pas compris la répartition des charges dans la structure.

(1.2) Question très simple puisqu'il suffisait d'utiliser deux équations de l'énoncé.

(2.1) Bien que simple, cette question a été mal traitée. Certains ont même oublié qu'un isolant n'assurait pas la conduction et donc les transferts de charges.

(2.2) A partir de cette question, les candidats n'ont pas trop été pénalisés par leur faible compréhension des distributions de charges dans le milieu considéré. Le rapprochement avec un condensateur infini a souvent été bien fait.

(2.3) Question simple mais beaucoup d'erreurs d'inattention. Par exemple, le problème ne suppose pas $\varphi(0) = 0$.

(2.4) La bonne réponse a souvent été donnée sans démonstration valable (cf. commentaire plus haut sur les distributions de charges). Certains candidats ont su revenir sur cette question après avoir avancé dans le problème (notamment jusqu'à (2.6)).

(2.5) Il y avait un signe à donner et 50% des candidats ont donné le bon !

(2.6) Les étudiants ont bien retenu l'utilisation de l'équation de Poisson et la grande majorité ont su résoudre proprement l'équation différentielle obtenue, en étant un peu guidés toutefois par résultat donné dans l'énoncé, notamment pour la prise en compte des constantes d'intégration.

(2.7) Question assez sélective, rarement bien traitée dans son ensemble, une fois de plus du fait d'un manque de compréhension de la localisation des charges. Les candidats ont souvent oublié l'égalité des charges (en valeur absolue) entre les armatures d'un condensateur.

(2.8) Directement reliée à la question précédente, pénalisant déjà un grand nombre de copies. Ensuite, le développement limité n'a pas toujours été mené jusqu'à l'ordre deux. Par contre, la plupart des candidats ont vu l'association en série des condensateurs et savaient calculer la capacité équivalente.

(2.9) Il fallait bien voir que l'approximation $u \ll 1$ ne s'appliquait pas aux applications numériques. Une poignée seulement de candidats l'ont remarqué. Nous avons également rencontré des erreurs grossières dans les unités données.

(3.1) Question simple, en général bien traitée. A ce stade du problème, nous apprécions qu'un grand nombre de candidats ont résolu cette question sur des bases correctes. L'absence de charge mobile près de l'interface facilitait la compréhension.

(3.2) Question relativement bien traitée avec toutefois des erreurs dans le signe des charges.

(3.3) Question étonnamment bien réussie à ce stade du sujet : 30% des points at-

tribués en moyenne. L'expression de V_0 a souvent été donnée après des considérations dimensionnelles à un facteur près.

(3.4) Question délicate qui associe le résultat donné en (3.3). Seuls 20% des candidats l'ont abordé.

(3.5) Peu traitée car les applications numériques nécessitaient les résultats précédents.

(4.1) Question simple mais abordée de façon très variable.

(4.2a,4.2b,4.2c) Retour massif des candidats qui ont repris le problème à ce stade. Questions relativement indépendantes de ce qui précède, en général bien traitées (50% des points attribués en moyenne pour chacune de ces questions).

(4.2d) Question simple mais, étrangement, les candidats n'ont pas su donner l'expression de V_s , ce qui nous laisse penser que les candidats ont été plus à l'aise dans la manipulation des équations et formules que dans la compréhension générale du problème.

(4.3a, 4.3b) Comme en **(4.2d)**, questions simples mais rarement abordées. Les seuls candidats qui les ont traitées l'ont fait correctement.

(5.1, 5.2) Questions simples quasiment indépendantes du reste du problème. Peu traitées car à la fin de l'épreuve, avec quelques confusions sur la géométrie.

Conclusion

Ce problème est simple, clair et relativement court. Il reste proche des applications directes du cours, d'où la bonne réussite dans l'ensemble des candidats sur cet énoncé. Beaucoup étaient déjà familiers avec les structures MOS et connaissaient leur utilisation en tant que transistor en électronique. Toutefois, la compréhension physique du fonctionnement de la structure était très partielle. Beaucoup ont par exemple mal compris le rôle joué par les charges fixes. Nous constatons une bonne gestion de l'énoncé, avec de nombreuses copies qui ont su se raccrocher au problème en son milieu.