

Banque BCPST Inter-ENS/ENPC/Mines - Session 2024

Rapport relatif à l'épreuve écrite de Sciences de la Terre

Écoles concernées : ENS de Lyon, ENS Paris, ENS Paris-Saclay, ENPC, École des Mines de Paris

Coefficient de l'épreuve (en % du total d'admission) :

- ENS de Lyon : option sciences de la Terre 13,2 % - option biologie 6,6 %
- ENS Paris : option sciences de la Terre 3,5 % - option biologie 1,4 %
- ENS Paris-Saclay : 3,1 %
- ENPC-Mines : 3,8 %

Membres du jury : Alexandre Aubray, Armelle Baldeyrou-Bailly, Olivier Dequincey, Laurent Bopp, Stéphanie Durand, Patrick Meunier, Sylvain Michel, Patrick Thollot.

Remarques générales

Le sujet 2024 est d'une longueur standard par comparaison avec ceux des années précédentes. Il est divisé en trois parties bien distinctes, faisant appel à des compétences et des connaissances variées, ce qui laisse au candidat le choix stratégique de répartir son temps d'épreuve sur certaines de ces parties en fonction de ses appétences. Comme souvent, les bonnes copies sont celles pour lesquelles une bonne partie des questions théoriques et calculatoires ont été correctement abordées et traitées dans les trois sections, sans toutefois y avoir traité toutes les questions, ce qui est quasiment impossible dans le temps imparti.

Le jury a remarqué que la majorité des candidats ont choisi de traiter ces sections dans l'ordre de présentation du sujet et non selon leur ordre de préférence. Ainsi, sur un échantillon de 100 copies, la partie 1 a été traitée à hauteur de 75% pour 60 % pour la partie 2 et seulement 40% pour la dernière, faute de temps.

Comme chaque année, les correcteurs ont relevé un grand nombre de copies présentant une faible qualité de rédaction. Nous rappelons qu'une syntaxe défailante, des réponses contradictoires, des schémas indéchiffrables ou une écriture illisible sont presque toujours sanctionnées par le correcteur.

Concernant les parties de cours nécessitant la rédaction d'une explication, on rappelle qu'il est souvent utile et plus efficace de s'appuyer sur un bon dessin ou un schéma, à condition qu'il soit clair, pour illustrer sa réponse plutôt qu'une page entière de texte embrouillé.

Enfin, le jury rappelle que citer des éléments de cours inappropriés pour répondre à une question qui ne les demande pas pénalise toujours le candidat car ils sont, soit justes mais hors sujet, soit faux en plus d'être hors sujet. Dans le meilleur des cas, le candidat perd un temps précieux qu'il doit consacrer à se concentrer sur les problèmes posés.

Remarques et éléments de réponse, partie par partie

Partie 1 "Mousson Indienne et Zone de minimum d'Oxygène en Mer d'Arabie"

Une grande nouveauté du sujet 2024 est l'inclusion de cette partie centrée sur des problèmes d'océanographie physique et de chimie des océans. De manière générale, de nombreux candidats ont réussi au moins partiellement cette partie et toutes les questions ont été traitées au moins une fois correctement par un des candidats.

Le jury a cependant remarqué des erreurs récurrentes et des concepts mal maîtrisés.

Beaucoup de candidats se contentent de citer le déplacement de la ZCIT sans approfondir et ne réfléchissent pas sur la configuration particulière du système sous-continent indien-océan indien, à l'origine du jet de Findlater.

De manière similaire, beaucoup de candidats se sont contentés de citer vaguement le phénomène de précipitations orographique sans en décrire le principe ou en indiquant "un blocage des nuages par l'Himalaya". On rappelle que le forçage topographique de vents chargés d'humidité pendant leur passage sur l'océan en été, provoque une détente adiabatique à l'origine de la condensation et donc des précipitations.

Le transport d'Ekman est mal décrit car beaucoup de candidats omettent tout simplement l'effet de la force de coriolis.

Une grande majorité de candidats ont omis le mécanisme de reminéralisation par la chaîne trophique présente dans les zones à forte concentration en chlorophylle et n'ont pu expliquer l'appauvrissement en oxygène de la sub-surface.

Enfin, la grande majorité des candidats ont totalement omis l'existence de matière organique dans les sédiments marins, et n'ont par conséquent pas pu faire le lien entre l'intensité de la mousson et la nature de la sédimentation.

Partie 2.1 "Enregistrement sédimentaire des déformations de la lithosphère océanique indienne"

Cette partie est peut-être la plus piègeuse du sujet. Les connaissances de base de stratigraphie et de tectonique sédimentaire sont mises à l'épreuve via l'analyse de profils sismiques qu'il convient d'interpréter correctement.

Le jury a constaté que la description de la structure de la croûte océanique est souvent très incomplète et très rarement illustrée par un schéma simple: la succession Gabbros (layer 3) /complexe filonien/laves en coussin/sédiments marins est pourtant une connaissance de cours basique du programme de BCPST. De manière similaire, si beaucoup de candidats ont déterminé que la dorsale du Bassin central indien est rapide, peu ont été capables de décrire les caractéristiques d'une telle dorsale. La présence des points chauds n'a presque jamais été mentionnée.

Le jury s'étonne que si peu de candidats aient fait mention de la remontée de la plaque indienne et de la collision Inde-Asie, un événement pourtant majeur du cycle Alpin.

Des concepts de base tels que "la déformation fragile de couches sédimentaires est forcément plus récente que la plus jeune des couches qu'elle affecte" ou bien "les dépôts syn-déformation ne peuvent être uniformes et tabulaires" ont souvent été oubliés par les candidats. Ainsi, ces omissions ont mené de très nombreux candidats à mal interpréter les déformations visibles dans les profils sismiques. Par exemple, très peu ont été à même de comprendre que les failles normales de la fabrique océanique ont été reprises en jeu inverse dans une seconde phase de déformation. De même, peu de candidats ont correctement décrit le début de la sédimentation syn-déformation à l'aide de la détection des on-laps et de la géométrie en éventail. Enfin, l'analyse, certes plus pointue, de la relocalisation de la déformation après les dépôts de la couche MU a trouvé très peu de bonnes réponses.

Partie 2.2 “Le refroidissement de la lithosphère océanique et la profondeur des plaines abyssales”

Il s’agit d’un problème classique de géophysique, visant à expliquer, par un modèle d’épaississement de la lithosphère océanique par refroidissement thermique, la variation d’altitude du plancher océanique en fonction de son âge, via l’évolution de la densité lithosphérique et donc de sa flottabilité.

Si la définition de la lithosphère océanique est maîtrisée par un bon nombre de candidats, peu ont été à même de la différencier clairement de la lithosphère continentale du point de vue de leur âge et de leur équilibre thermique. On trouve encore beaucoup de confusion entre la Low Velocity Zone et le Moho.

De nombreux candidats ont cité les volcans, les dorsales ou le flux géothermique comme faisant partie des principaux mécanismes de contrôle de la température de la surface terrestre, trahissant à l’occasion leur méconnaissance des ordres de grandeur des flux thermiques. On rappelle que le flux solaire moyen est de 340 W/m^2 quand le flux tellurique est d’environ 80 mW/m^2 , soit un rapport de 4000. Heureusement, la présence de l’atmosphère et même l’effet de serre ont très souvent été mentionnés, à juste titre.

Beaucoup de candidats n’ont pu attaquer le problème de l’épaisseur de la lithosphère car ils n’ont su poser les bonnes conditions aux limites : $T_s=0$, $T(z,t)=0.9T_a$. Pour l’application numérique, on acceptait une approximation à 100 km. Beaucoup de candidats, confondant peut être croûte et lithosphère, se sont satisfaits d’une profondeur de 10km.

La bonne expression de l’équilibre des pressions entre les colonnes de roche nécessite de se représenter le problème par un schéma simple. Beaucoup de candidats ont correctement exprimé la colonne à l’axe de la dorsale soit $P = \rho_m(T_\alpha)g(w + z_l)$ mais n’ont pu exprimer correctement la colonne lithosphérique d’âge t sous sa forme intégrale. Ceci est dû au fait qu’ils sont sans doute partis de l’expression finale, donnée dans l’énoncé, ce qui n’est jamais une bonne idée.

Enfin, si beaucoup de candidats ont correctement indiqué que le modèle de profondeur s’éloigne des mesures pour un plancher âgé de plus de 70Ma, quasiment aucun n’a relié cette erreur au flux de chaleur asthénosphérique non modélisé dans le problème.

Partie 3 “Croissance, évolution et destruction d’un relief. Le cas de Taiwan”

Cette partie comprend les commentaires d’une coupe à l’échelle lithosphérique de l’île de Taiwan ainsi qu’une carte de ses grandes unités géologiques. Suivent de nombreuses questions de cours et un exercice simple de modélisation de l’évolution du relief. Le modèle de sous-plaquage, s’il peut déstabiliser, permet de simplifier la répartition spatiale de la matière qui entre en accréation. La loi d’érosion, linéaire en altitude, permet de résoudre au premier ordre l’évolution moyenne du relief. Enfin, une partie plus pointue permet au candidat de critiquer ce modèle en faisant appel à des connaissances de tectonique et de géomorphologie un peu plus poussées.

Le jury est assez préoccupé par la faiblesse des descriptions de la coupe de Taiwan, l'écrasante majorité des candidats se limitant à répéter des éléments déjà cités dans l'énoncé (prisme d'accrétion, subduction, arc volcanique de Luzon, etc) sans y ajouter une quelconque information supplémentaire.

Le gradient métamorphique d'ouest en est a été plus souvent cité mais la plupart du temps sans éléments de réponse précis en termes de nature des roches et de profondeur d'enfouissement. Il y avait là pourtant une occasion de faire des points en citant des éléments basiques de géologie.

Beaucoup de candidats savent définir le taux d'érosion mais très peu donnent la définition correcte de la surrection et quasiment personne ne sait définir l'exhumation. Beaucoup de candidats ont pris la définition littérale du mot "taux" et ont ainsi répondu que les taux d'érosion et d'exhumation s'expriment en %.

Le jury s'étonne également que très très peu de candidats savent donner une définition précise du bassin versant.

De manière générale, les questions calculatoires ont souvent été mieux traitées que les questions de cours et commentaires de figures dans cette partie. Ainsi, les candidats, peu nombreux cependant, qui ont écrit l'équation différentielle correctement sont généralement arrivés à la résoudre et à tracer l'évolution du relief. Certains ont même correctement décrit et justifié les évolutions respectives des taux d'exhumation et de surrection alors même que les définitions qu'ils en avaient donné juste avant étaient fausses. Ceci semble indiquer que la troisième partie a été souvent abordée dans la précipitation de fin d'épreuve.

Quasiment personne n'a été en mesure de citer une méthode de détermination des taux d'érosion ou d'exhumation long terme (isotope cosmogénique, trace de fission). Quelques candidats ont mentionné la dendrochronologie qui est en fait une méthode à courte échelle de temps car limitée par l'âge maximum des arbres.

Enfin, il est à noter que si l'épaisseur de la racine crustale a correctement été déterminée par bon nombre de candidats qui ont tenté la question, la question suivante, reposant sur les mêmes concepts mais nécessitant d'équilibrer des colonnes dans le temps et non dans l'espace n'a quasiment pas été réussie.