

Rapport sur l'épreuve écrite de sciences de la Terre

Écoles : ENS de Cachan, ENS de Lyon, ENS de Paris, ENPC

Coefficients :

- ENS de Cachan : 3,08 % du total concours (TC)
- ENS de Lyon Option biologie : 6,61 % TC, Option ST : 13,22 % TC
- ENS de Paris Option biologie : 1,41 % TC, Option ST : 3,52 % TC
- ENPC : 3,75 % TC

Membres du jury :

- Armelle Baldeyrou-Bailly, professeur agrégé, université de Strasbourg
- Pierre Barré, chargé de recherche CNRS, ENS Paris
- Sylvain Bernard, chargé de recherche CNRS, MNHN
- Olivier Dequincey, professeur agrégé, ENS de Lyon
- Cyril Langlois, professeur agrégé, ENS de Lyon (responsable d'épreuve)
- Laurent Remusat, chargé de recherche CNRS, MNHN
- Gérard Vidal, maître de conférence, ENS de Lyon

1 Remarques générales sur le sujet

Le sujet d'écrit BCPST 2015 comportait quatre parties, de longueurs et de formes inégales, relatives à plusieurs régions de l'Atlantique : l'Islande, le Golfe de Cadix, les Açores, les petites îles de la « ligne du Cameroun ». Ces différentes localités permettaient d'aborder une variété de phénomènes et de thèmes géologiques : magmatisme, sismologie, tectonique, dynamique des enveloppes fluides. Chaque partie pouvait être traitée indépendamment des autres et comportait des questions de difficulté variable, depuis celles relatives aux simples connaissances attendues des candidats jusqu'à d'autres nécessitant une réflexion physique ou mathématique plus poussée, quelques calculs, ou une analyse de données concrètes à partir de documents originaux.

Si beaucoup de candidats ont vu qu'il leur était ainsi possible de gagner des points assez rapidement en répondant à certaines questions dispersées entre les parties, il est néanmoins très regrettable que trop peu d'entre eux aient pris le temps de parcourir l'ensemble du sujet et d'examiner la dernière partie, qui consistait en un commentaire rédigé de documents, exercice supposé relativement familier. Il s'avère que la majorité des candidats ont abordé les parties et les questions dans l'ordre, et n'ont ainsi jamais atteint cette partie.

Le jury déplore par ailleurs le manque, tout à la fois, de recul, de bon sens et simplement de culture des étudiants. Beaucoup de réponses s'apparentent à une réaction pavlovienne de « déballage » de connaissances correspondant à une notion-clé identifiée (parfois à tort...) dans la question. Ces connaissances — parfois inexactes ou approximatives — sont alors plaquées sur la situation examinée, sans souci de leur pertinence ni de leur cohérence avec les informations apportées par l'énoncé, parfois même en contradiction flagrante avec elles.

Dans d'autres cas, les candidats proposent des explications qui révèlent des lacunes majeures ou qui entrent en flagrante contradiction avec des connaissances pourtant attendues dans d'autres domaines, particulièrement la physique. Enfin, le jury déplore de voir ressurgir d'année en année les mêmes erreurs déjà soulignées dans les rapports précédents, et qui peuvent donc difficilement n'être imputées qu'au candidat. On citera

notamment les failles transformantes soi-disant « imposées » par la variation de vitesse linéaire des différents points d'une plaque tectonique (il faudrait donc prévenir tous les motocyclistes que les visières de leurs casques devraient se fendre à chaque manipulation!), les plaques tectoniques « posées » sur les cellules de convection mantellique qui les entraîneraient passivement, ou les satellites artificiels capables d'atteindre le fond des océans par émission (et réception!) de mystérieuses ondes de nature non spécifiées.

Concernant la forme, une bonne part des copies s'est avérée soigneusement présentée et assez correctement écrite. Néanmoins, les correcteurs s'inquiètent de la très faible qualité d'écriture d'un trop grand nombre de copies, où non seulement l'orthographe, mais aussi la grammaire et la syntaxe sont si malmenées que la pensée du candidat en devient indéchiffrable. Il est atterrant de constater que même des termes écrits en toutes lettres dans l'énoncé prennent dans les copies diverses orthographes fantaisistes.

Par ailleurs, nombre de candidats ont choisi de réaliser les schémas demandés sur une copie distincte. Les correcteurs n'encouragent pas cette pratique, qui complique la correction en imposant d'incessants va-et-vient entre les feuillets.

2 Remarques spécifiques à chaque partie

La première section de l'énoncé s'intéressait à la géodynamique et à l'origine géologique de l'Islande.

Les premières questions portant sur l'obtention et l'interprétation des mécanismes au foyer sismiques ont été généralement correctement traitées; on signalera tout de même que la couleur utilisée pour les quadrants en compression n'est pas nécessairement le noir!¹ Par contre, le schéma structural de l'île demandé ensuite s'est souvent borné à une représentation simplifiée des documents fournis, sans réelle interprétation précisant les structures tectoniques possibles (dorsales, failles transformantes). La définition même d'un schéma structural ne paraît pas connue par certains candidats.

L'interprétation des failles de la zone sud-islandaise à l'aide des résultats d'un modèle réduit n'a été menée, en général, que partiellement. Peu de candidats ont réellement envisagé que le modèle réduit puisse s'appliquer (en sens senestre et non plus dextre) à l'ensemble de la zone, et non pas seulement à l'une des petites failles dextres Nord-Sud.

Ensuite venaient des questions visant à modéliser la flexure de l'île sous le poids d'une calotte glaciaire. Beaucoup de candidats, manquant visiblement de souplesse dans l'application des mathématiques aux cas concrets, n'ont pas saisi que la pente demandée correspondait simplement à la dérivée selon la dimension horizontale x du décalage vertical $u(x)$. Ceux qui l'ont compris ont pu avancer, mais ont souvent été pénalisés (pour ces questions-ci comme pour d'autres) par des erreurs, parfois grossières, dans leurs applications numériques (conversion des densités en masse volumique, interprétation correcte du multiple Giga- en 10^9 et non 10^6 , passage des kilomètres aux mètres, dimensionnement des paramètres, etc.).

Les questions relatives à l'activité magmatique de l'île ont donné lieu à de nombreuses erreurs: beaucoup d'étudiants ont proposé que l'activité volcanique accrue de l'Islande vers $-12\,500$ ans soient liés à l'avancée des glaciers, généralement sans proposer aucune explication mécanique à un tel processus; fort peu ont fait le lien, pourtant suggéré par les questions précédentes, entre retrait glaciaire et dépressurisation, susceptible de faciliter l'ascension des magmas en favorisant le dégazage, ou d'accroître la fusion des roches à l'origine des magmas, notions pourtant nécessairement évoquées dans les enseignements portant sur le volcanisme.

L'interprétation de la figure regroupant plusieurs paramètres chimiques et physiques de l'Islande, permettant de conclure à l'interaction des deux contextes « dorsale » et « point chaud », a souvent illustré la propension des étudiants à tordre les données pour

1. Le rouge, le jaune, le vert peuvent aussi être employés aujourd'hui; sur certaines cartes, l'utilisation de plusieurs couleurs différentes permet d'ajouter une information sur la profondeur du foyer.

les intégrer à leur modèle préconçu : ainsi l'anomalie de Bouguer négative sur l'Islande a-t-elle souvent été interprétée comme l'indice d'une remontée asthénosphérique, attendue dans un contexte de dorsale, alors que 1°) ce phénomène se traduirait plutôt par une anomalie positive, vue la densité de l'asthénosphère et 2°) que la figure indiquait explicitement, sur l'une des courbes, un épaississement de la croûte islandaise par rapport aux zones adjacentes !

La partie suivante considérait l'Atlantique central et les Açores et combinait géomorphologie océanique, océanologie et cinématique des plaques. Elle commençait par un examen d'images bathymétriques de la dorsale Atlantique. Si une majorité de candidats a bien identifié la dorsale, les réponses esquivaient la vraie question de la nature du relief losangique présenté (une chambre magmatique d'activité croissante au cours du temps, au détriment des segments adjacents en régression), puis se contentaient d'une description de l'image et d'une récitation du fonctionnement purement théorique d'une dorsale. Plusieurs candidats ont ainsi perdu un temps précieux à cette description qui n'apportait aucun point supplémentaire.

De même, à la question portant sur l'organisation des vents *de surface*, beaucoup ont répondu par quelques explications (souvent fausses) sur les cellules de convection atmosphériques.

Les questions qui suivaient permettaient de retrouver le fonctionnement des gyres océaniques, en décrivant d'abord le mouvement d'eau superficiel initié par le vent (en négligeant l'influence des gradients de pression), en calculant dans un deuxième temps le *transport d'Ekman* (intégration des déplacements sur toute l'épaisseur de la *couche d'Ekman*), en reliant enfin les vitesses du courant dans la couche d'Ekman au gradient horizontal de pression dans la gyre et finalement au gradient de hauteur de la gyre (la pente de la surface de la gyre) dh/dx . L'utilisation d'une image de la topographie dynamique de la gyre océanique de l'Atlantique central permettait finalement d'estimer la vitesse des courants dans celle-ci, en obtenant directement sur l'image cette pente.

Il s'avère que le principe de l'altimétrie satellitaire — technique permettant de cartographier la topographie dynamique de l'océan et la hauteur du géoïde par rapport à l'ellipsoïde de référence — est au pire inconnue, au mieux fort mal expliquée, révélant des erreurs de raisonnement grossières : des copies proposent que l'altitude du satellite par rapport au géoïde soit connue, alors que c'est celui-ci qui est cherché, ou oublient les simples lois de Kepler en proposant que le satellite reste à une altitude constante. L'équivalence entre géoïde et niveau moyen des mers définissant l'altitude zéro reste incompris par beaucoup. Très peu ont été capables d'expliquer le fonctionnement de la gyre, que ce soit par leurs calculs ou par leurs connaissances théoriques.

On passait ensuite à une analyse tectonique des Açores. Si beaucoup d'étudiants savaient, ou ont compris, qu'on pouvait sommer vectoriellement les vecteurs vitesse et en déduire graphiquement la vitesse manquante Nubie/Eurasie, certains n'ont toujours aucun scrupule à simplement additionner algébriquement les modules des vecteurs fournis pour l'obtenir ! Curieusement, la question où l'on attendait la description des mouvements des plaques par la géométrie eulérienne (axe eulérien, pôle eulérien, vitesse angulaire, etc.) n'a reçu que très peu de réponses correctes.

La troisième partie, centrée sur la tectonique et la sismologie, considérait le golfe de Cadix et l'hypothèse que l'épicentre du séisme de Lisbonne de 1755 se soit situé dans cette région. Elle commençait par des questions de connaissances pures concernant la sismicité mondiale, puis les principes des méthodes géophysiques permettant d'obtenir certains des documents fournis (profondeur du Moho par la sismicité, anomalie gravimétrique de Bouguer, tomographie sismique). Les réponses fournies s'avèrent souvent erronées, et rarement complètes. Pourtant, celle sur la profondeur du manteau, par exemple, reprenait des énoncés similaires posés dans des sujets d'écrit plus anciens ; il en va de même pour les questions portant sur la signification du moment sismique ou l'explication du phénomène de tsunami. Il semblerait donc que les annales du concours n'aient guère été

consultées...

Quant à la dernière partie, qui demandait un commentaire critique de documents par rapport à un modèle classique, supposé connu, celui du « point chaud », il n'a été abordé que par un tout petit nombre de candidat. Les documents fournis dans cette section montraient que l'activité de tous les volcans de la ligne du Cameroun s'étalaient sur une longue durée, allant jusqu'à l'actuel, et sans relation simple avec la position du volcan dans l'alignement, même si une lecture trop rapide de la figure pouvait suggérer que l'âge des volcans augmentait linéairement depuis le Cameroun jusqu'aux îles océaniques de Sao Tome et Principe. La géochimie des laves les apparentait à la série alcaline, comme dans le cas du point chaud, mais distinguait deux ensembles sans relation avec leur situation océanique ou continentale (pas de claire contamination crustale des volcans continentaux). Vues les positions proposées pour le pôle de rotation eulérien de l'Afrique dans le repère des points chauds, l'alignement des volcans ne pouvait pas non plus s'expliquer par le mouvement de la plaque africaine au-dessus d'une source mantellique fixe. Enfin la tomographie sismique montre une longue zone de ralentissement des ondes sismiques sous cet alignement, et non un panache étroit. On attendait donc du candidat qu'il identifie ces incohérences des données avec le modèle du point chaud, modèle qu'il était par conséquent amené, indirectement, à décrire.

★ ★
★