

Rapport sur l'épreuve orale de Sciences de la Terre – Ulm

École concernée : ENS (Paris)

Coefficients (en pourcentage du total d'admission) :

Option Biologie : 8,5%

Option Sciences de la Terre : 14,1%

Membres du Jury :

Hélène Balcone-Boissard (MdC, Sorbonne Univ.)

Romain Jolivet (MdC, ENS)

Description de l'épreuve :

L'épreuve est gérée en simultanée par deux interrogateurs. Nous accueillons le·a candidat·e et proposons de tirer au hasard un sujet parmi les 25 disponibles. Ce tirage au sort se fait à l'aveugle par le choix d'un chiffre entre 1 et 25 ; le numéro attribué au sujet étant régulièrement remis à jour. Nous rappelons au candidat le déroulé de l'épreuve. Le·a candidat·e prépare pendant 30 minutes un exposé oral prévu pour durer moins de 10 minutes. Le sujet proposé est systématiquement accompagné de documents reliés au sujet. Les candidats peuvent choisir d'inclure ces documents dans l'exposé mais ces documents seront discutés dans tous les cas. La phase d'entretien, exposé compris, dure 15 minutes. Les examinateurs posent des questions en lien avec le sujet et les documents. En raison des contraintes imposées par la situation sanitaire, les documents étaient présentés sous forme numérique sur un écran mis à disposition des candidats. Nous garderons ce format pour les prochaines années. Le jury regrette que certains candidats ne prennent pas le temps de prendre connaissance des documents. Même si l'intégration des documents à l'exposé oral est laissé au choix du candidats, certains documents paraissent si naturellement s'intégrer, ne serait-ce que dans l'accroche introductive de l'exposé oral, qu'il en devient regrettable de les laisser de côté.

Nous passons ensuite à l'analyse d'une carte de nature variée pendant 15 minutes. La carte peut être en lien avec l'exposé précédent. Il est demandé de choisir des points caractéristiques de cette carte pour engager une discussion sur le document, aussi bien du point de vue de sa construction que de ce que nous pouvons apprendre sur les processus tectoniques, volcaniques, magmatiques ou sédimentaires mis en jeu. Enfin, nous procédons à l'analyse d'échantillons pendant 15 minutes. Nous choisissons des échantillons et le·a candidat·e procède à l'analyse morphologique et minéralogique de ces échantillons afin de discuter de leur formation, mise en place et potentiellement de l'histoire géologique et d'autres informations que l'on peut en tirer. Nous déplorons le fait que les candidats ne pouvaient pas toucher les échantillons en raison du contexte sanitaire mais nous espérons que cette contrainte sera relâchée lors des prochaines sessions. Les examinateurs ont pris de soin de suivre les demandes des candidats pour orienter les échantillons de façon à en voir toutes les facettes ainsi que le résultat de différents « tests » (dureté, réaction à l'acide..) ; cela n'a pas semblé poser de problème.

Les sujets proposés cette année étaient (sans ordre particulier) :

- La composition chimique de la Terre
- L'océan Indien
- Le Pacifique
- L'eau sur Terre
- Les zonations cristallines
- La prévention des risques
- Les diversités des magmas
- Les modelés des paysages
- Les magmas
- Les dynamismes éruptifs
- La Terre : machine convective
- Les manifestations de la dynamique de la Terre
- Les subductions
- Les séismes
- Les volcans
- La rhéologie de la Lithosphère
- Les chaînes de montagne
- Les transformations minérales
- Le manteau
- Les dorsales
- La structure interne d'une planète
- Les processus sédimentaires
- Le temps en géologie
- Les Lithosphères
- Le volcanisme
- L'Homme et son environnement

Nous modifierons les sujets pour la session de l'année 2022 mais l'esprit en sera conservé.

L'objectif de l'épreuve est double. Tout d'abord, nous testons évidemment les connaissances des candidats issues du programme de BCPST. Il est important de noter que, en plus des connaissances du programme de Sciences de la Terre, il est possible que nous demandions de mobiliser des connaissances liées aux programmes de physique, de chimie ou de biologie si le sujet s'y prête. De plus, nous jugeons de leur capacité à construire une réflexion en lien avec de grandes questions scientifiques en lien avec la physique et la chimie de la planète. Cette capacité, reliée à une ouverture d'esprit et une curiosité importante à nos yeux, est fondamentale et permet de distinguer les candidats ayant de bonnes notes de ceux ayant les meilleures notes. Nous attendons de la part des candidats qu'ils dégagent notamment une problématique lors de l'exposé sur le sujet proposé. Cette grande question devra guider la présentation, constituer un fil rouge qui permettra de donner une cohérence à l'exposé. Il est important de différencier une thématique donnée par le sujet d'une problématique construite par le candidat. À partir du moment où une problématique est dégagée, des choix devront être opérés pour construire l'exposé. Une certaine exhaustivité est attendue mais il vaut mieux privilégier la logique de la discussion à une énumération de toutes les connaissances liées de près ou de loin à la thématique générale. La présentation pourra être organisée avec un plan mais ce n'est pas impératif, et selon l'angle proposé le nombre de parties pourra varier.

Les illustrations réalisées au tableau viennent en support de la discussion et, tout comme le plan, doivent aider à porter le message. Encore une fois, un certain niveau de détails des schémas est attendu, mais seules les informations servant de support à l'argumentation sont nécessaires (i.e. lorsque le sujet porte sur les chaînes de montagne, le détail de toute la chimie de l'évolution des magmas dans le schéma d'une dorsale est de l'ordre du hors-sujet). Les schémas doivent être clairs et un soin doit être apporté à leur réalisation, tout autant qu'à l'orthographe, pour la simple raison que les interrogateurs sont placés à quelques mètres du tableau et ne sont pas équipés de jumelles de vision.

Les cartes et les échantillons sont souvent des documents assez originaux et il est fort probable que ceux-ci n'aient jamais été vus par les candidats (tout en restant dans la limite des concepts traités dans le cadre du programme). Il est donc important de ne pas être déstabilisé par un objet inconnu (i.e. s'il est inconnu pour vous, il l'est tout autant pour tous les autres candidats, soyez en

sûr). Nous cherchons à tester les capacités de lecture et d'analyse des cartes et échantillons ainsi que la réflexion sur des thématiques nouvelles. Nous nous attendons aussi à ce que les candidats soient moteurs dans la discussion et n'attendent pas passivement les questions des interrogateurs. Les interrogateurs orientent la discussion et l'initiative doit venir des candidats, en particulier sur l'analyse de la carte proposée.

Bilan Global de la session 2021 :

En règle générale, nous avons été très agréablement surpris de la qualité des candidats, de leurs connaissances, de leur esprit d'initiative et de leur curiosité au vu du contexte dans lequel se sont déroulées les deux dernières années de scolarité en classes préparatoires. Nous tenons à féliciter toutes les candidates et tous les candidats pour leur implication, leur motivation et pour avoir tenu un niveau d'exigence académique très élevé malgré la situation. Bravo à toutes et à tous!

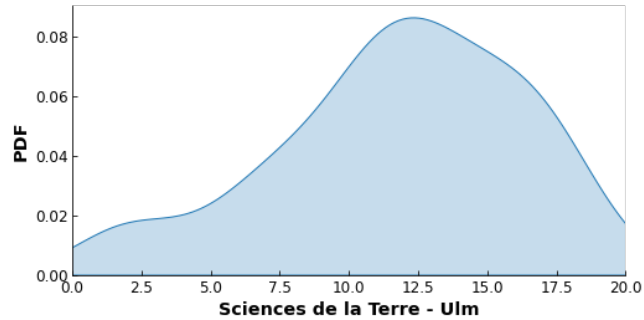
Les candidats ont montré globalement une très bonne connaissance des sujets abordés au sein du programme de science de la Terre de BCPST. La différence entre candidats s'est clairement faite autour de l'organisation de l'exposé, de la problématisation de l'exposé, de l'aisance à rebondir face à une remarque ou une question. La réussite ou non-réussite globale de certaines candidates ou candidats masque aussi une hétérogénéité dans l'aisance face aux différents exercices proposés. Alors que certains candidats traitent brillamment le sujet de l'exposé, leur analyse des échantillons ou de la carte est parfois insuffisante ou bancale, et inversement. Les meilleurs candidats sont ceux avec lesquels une discussion franche et vivante s'est engagée sur les différents objets et thématiques proposés.

Tout comme lors de la précédente session (2019), la capacité de synthèse et la propension à dégager une problématique ou une grande question scientifique guidant l'exposé a été clairement un marqueur discriminant les prestations des différents candidat·e·s. Les descriptions encyclopédiques sans réel fil directeur ont conduit à des notes faibles et sont souvent tombées dans le domaine du hors-sujet. Nous attirons particulièrement les candidats sur ce point. Il est nécessaire de traiter le sujet et de ne pas tenter de traiter un autre sujet plus à votre convenance. Par exemple, le sujet intitulé *Le Volcanisme* ne doit pas amener au même exposé que celui intitulé *Le Magmatisme*, même si des éléments communs vont apparaître. Un exposé clair, concis (moins de 10 min) et surtout guidé par une problématique claire sera grandement apprécié par les interrogateurs. Il est possible aussi de proposer un angle particulier à traiter, en prenant bien soin de mentionner ce choix volontaire, pour justifier le fait de laisser de côté certains aspects (un tel exercice est difficile mais témoigne d'une recul certain sur un sujet).

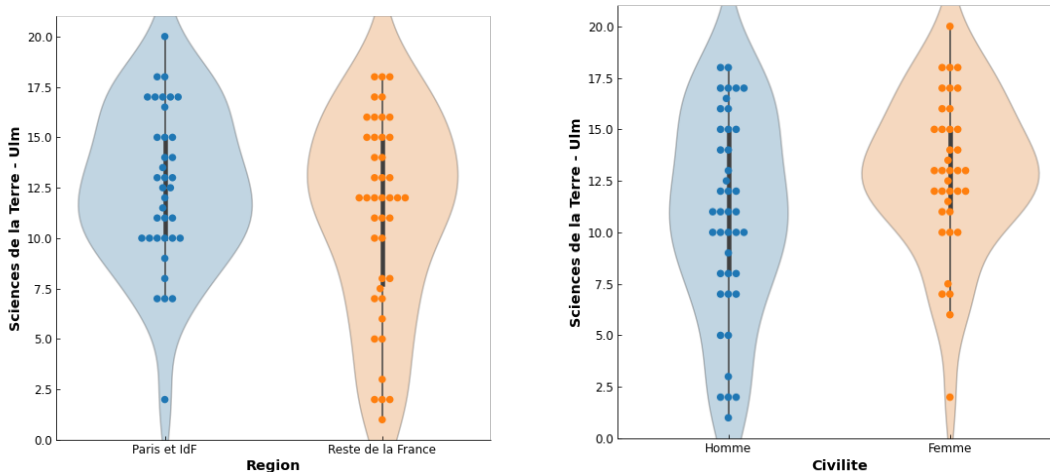
Le comportement des candidates et candidats vis-à-vis de nos questions a souvent été exemplaire et nous tenons à les remercier pour leur réactivité et leur implication qui nous a permis de passer une session d'examen agréable et intéressante. Nous noterons cependant qu'il n'est pas nécessaire de sortir toutes ses connaissances en vrac pour répondre à une question et que, face à un interrogateur relevant une erreur, il vaut mieux prendre le temps d'une petite réflexion plutôt que se lancer dans la justification d'un fait erroné. Il est normal de se tromper de temps à autres (ce qui n'est pas forcément rédhibitoire du point de vue de la note vu que certains de nos meilleurs

candidats se sont trompés sur beaucoup de points) mais il n'est pas concevable de ne pas admettre une erreur criante.

Les notes sont distribuées (voir les distributions) selon une loi plus ou moins normale, évidemment bornée, avec un note minimale de 1/20 et une note maximale de 20/20. La distribution ci-dessous (homogénéisée par Kernel Density Estimate) montre une moyenne située aux alentours de 12,5/20.



Nous n'observons pas de différence significative entre les notes des candidats en fonction du genre civil (même si la moyenne des candidates est sensiblement supérieure à celle des candidats) ou en fonction de leur lycée d'origine (Paris et Versailles comparés au reste de la France).



Quelques points particuliers :

Certains des points ci-dessous sont des copiés-collés de rapport précédents. Il est probablement incongru d'écrire ceci dans un rapport de jury de concours que vous êtes en train de lire, mais il est très important, au vu des précédents rapports, que les candidats lisent les rapports de jury de concours. Si vous avez lu jusqu'ici, continuez !

La réalisation d'un simple calcul d'ordre de grandeur pour vérifier certaines assertions est souvent problématique. Il faut être capable de poser un problème simple pour obtenir une valeur donnant matière à comparaison. L'exemple typique est celui du calcul de distances au premier ordre sur une carte (1° de latitude $\sim 100\text{km}$ s'obtient en posant simplement que $2 \times 3 \times 6000$ donne 36000, ce

qui divisé par 360° donne 100, ce qui convient au premier ordre et nous ferons grâce à l'oral des 11,17 km manquants). Il est impossible de réaliser un calcul d'une grande précision à l'oral, dans le temps imparti. Il est donc fondamental de pouvoir établir des ordres de grandeur lorsque ceux-ci ne sont pas connus.

Les termes comparatifs tels que « lent », « rapide », « grand », « petit », etc, doivent toujours être accompagnés d'une description quantitative au risque de perdre leur sens. L'océan Pacifique est certes grand pour un océan, mais petit à l'échelle de l'univers. Par ailleurs, il faut essayer dans son exposé de proscrire des termes tels que « à peu près », « entre guillemets » ou autres expressions peu scientifiques. Ces termes peuvent être glissés dans une réponse sous le coup de la spontanéité mais par lors d'un exposé préparé.

Il est souvent une bonne idée de commencer par décrire des données naturelles (observations de terrain, sismologie, données géochimiques, etc) avant de décrire les phénomènes en jeu. Trop d'exposés font l'inverse. Dans le cadre d'une approche scientifique, il est très important de décrire et expliquer les méthodes et techniques permettant de mettre en évidence un mécanisme. Cela permet notamment d'expliquer les limites de la connaissance sur un sujet et de prendre du recul sur la validité du raisonnement. Nous avons été très surpris de voir, à plusieurs reprises, la dernière partie du plan être intitulée « méthodes de mise en évidence » alors qu'il est bien plus logique de commencer par ça. Ce type de structuration du plan conduit inévitablement à une note moyenne voire faible.

Le lien entre les différentes disciplines enseignées en BCPST est fondamental et trop souvent peu exploité par les candidats. Prenons l'exemple de l'ellipsoïde des déformations enseigné en sciences de la Terre. Il apparaît que peu de candidats comprennent pourquoi on utilise un ellipsoïde pour décrire la déformation dans un échantillon. Les candidats gagneraient à réaliser que la déformation dans un référentiel cartésien se décrit par un tenseur contenant les différents termes du gradient spatial des déplacements dans l'espace (i.e. les dérivées dans l'espace). Ce tenseur peut être, au niveau d'une classe préparatoire, approximé par une matrice 3×3 dont la compréhension est au programme de mathématiques. Sa diagonalisation permet d'obtenir les vecteurs propres qui sont les grands axes de la déformation et les valeurs propres de la déformation qui en sont l'amplitude le long de chaque axe. Il est ensuite simple de voir que 3 axes et 3 grandeurs permettent de définir un ellipsoïde et donc le lien avec les déformations dans un échantillon. Le tenseur des contraintes (qui pour un niveau de classe préparatoire peut aussi être approximé par une matrice 3×3) et donc l'ellipsoïde des contraintes sont ensuite reliés au tenseur des déformations et donc à l'ellipsoïde des déformations par une loi mathématique que l'on appelle la loi rhéologique (celle-ci pouvant être plus ou moins complexe, il n'est pas utile et hors-programme de connaître de loi rhéologique). Le principe de diagonalisation étant généralement maîtrisé par les candidats, son application en sciences de la Terre permettrait de mettre en évidence le côté fondamentalement transdisciplinaire des enseignements de BCPST tout en permettant aux candidats d'appréhender certains concepts sous un angle supplémentaire afin de garantir leur compréhension (ellipsoïde, déformation, contrainte, rhéologie, ...).

Nous déplorons que la vision à l'échelle planétaire de la dynamique des enveloppes telluriques ne soit pas comprise par tous les candidats. La Terre est, avant toutes choses, une boule de métal et de silice qui refroidit. Ce refroidissement est le moteur de toutes les manifestations de la

dynamique tellurique en surface. Aucun candidat ou candidate n'a spontanément répondu que le moteur de la tectonique des plaques est ce refroidissement. Tous (ou presque) se sont perdus dans des considérations secondaires sur le 'slab pull' ou le 'ridge push' qui ne sont plus vraiment des concepts discutés aujourd'hui. Au mieux, certains candidats ont évoqué la possibilité que la convection soit ce moteur mais peu de candidats ont conclu que les plaques tectoniques font partie intégrante de ce système convectif dans lequel la physique (thermique) et la chimie (hétérogénéité dynamique des enveloppes) entre en jeu.

La remarque précédente fait partie d'une observation plus générale au sujet des candidats. Les connaissances sont, pour la majorité des candidats, organisées en silos distincts les uns des autres. Il est important que les candidats réussissent à prendre du recul vis-à-vis du côté encyclopédique de ce qu'ils ont pu apprendre. Le lien entre les différentes parties du programme est important. Par exemple, il est troublant de constater que nombre de candidats ne font pas de lien entre la thermodynamique à l'échelle de la planète, la dynamique convective et les mouvements des plaques tectoniques. Un autre exemple vient du sujet intitulé *Le temps en géologie* qui a conduit quasi-systématiquement à un plan en 3 parties assez peu inspiré (1. La datation relative, 2. La datation absolue, 3. L'échelle des temps géologiques). Tous les phénomènes abordés au cours du programme de BCPST ont des temps caractéristiques différents mais pourtant tous liés les uns aux autres (ex. il faut plusieurs milliers de séismes pour faire une chaîne de montagne et une érosion qui peut inclure des écoulements gravitaires de quelques secondes prendra plusieurs centaines de millions d'années pour défaire cette chaîne de montagne). Il est dommage qu'aucun candidat n'ait pensé à décrire des phénomènes de durées distinctes mais tous reliés par l'expression en surface d'un processus de plusieurs milliards d'années : le refroidissement et la différenciation planétaire. Les candidats ayant le mieux réussi sont ceux qui ont établis le plus de liens de ce type quels que soit le sujet tiré.

Quelques points encore plus particuliers et conseils pour futurs candidats:

- Connaitre son cours est essentiel mais traiter le sujet l'est encore plus.
- Les documents proposés ne sont pas facultatifs. Il faut soit les inclure dans la discussion soit en discuter à la fin. Il faut bien prendre le temps de lire les documents avant de proposer des interprétations.
- Si vous élaborez un plan, utilisez-le. Sinon, n'élaborez pas de plan et tenez vous à votre fil rouge qui découle de votre grande question.
- Il n'est pas nécessaire de restituer tout le programme de BCPST dans votre exposé. Un plan intelligent et logique s'appuie sur une habile sélection de connaissances organisées de façon logique. L'exposé n'est pas un prétexte pour démontrer toutes vos connaissances mais pour montrer que vous savez les organiser.
- N'utilisez pas de termes dont vous ne connaissez pas la définition précise, ou bien, soyez humble et mentionnez que vous en avez entendu parler sans forcément savoir de quoi il retourne. Par exemple, les termes de « tremors » ou de « lacune sismique » ont été beaucoup utilisés sans vraiment savoir de quoi il retourne. Pour information, un tremor est un signal sismique émergent (contrairement aux séismes qui sont des signaux impulsifs) mesuré à plusieurs stations d'un réseau sismique et témoignant de la propagation d'une onde au sein du globe. Ces signaux émergents peuvent être localisés et sont soit d'origine volcanique (i.e. mouvement de bulles de fluides dans les

- conduits volcaniques), soit d'origine tectonique (i.e. circulation de fluides dans une zone de faille ou signature sismique du glissement asismique, la question reste ouverte). Une « lacune sismique » est simplement une section de faille où aucun séisme historique n'a été observé ou enregistré. Cela ne signifie pas forcément qu'un séisme y aura lieu à l'avenir car la faille en question peut glisser de façon asismique sans accumuler de contrainte (ou pas...). Ce terme est assez peu clair.
- Essayez de proposer des réponses courtes et bien organisées aux questions posées. Plus vous aurez de questions, plus vous aurez de chances de briller. Il vaut donc mieux prendre une seconde avant de répondre pour organiser sa pensée plutôt que de se lancer d'emblée dans une explication floue.
 - La conclusion de l'exposé ne peut pas être une répétition des concepts énoncés pendant l'exposé. Celui-ci ne dure que 10 min et vous ne pouvez pas vous permettre de dire 2 fois les choses. Utilisez la conclusion pour proposer une ouverture ou un regard différent sur les phénomènes, mécanismes ou autres thématiques que vous avez abordé.
 - Même si la géographie du monde n'est pas au programme, il faut savoir placer le Japon ou l'Inde sur une carte du monde. Connaître les grands ensembles géographiques à l'échelle continentale est important.

Le jury tient encore une fois à féliciter les candidates et candidats pour leur performance et leur résilience au cours de ces années rendues encore plus difficiles par la situation actuelle.