

# Concours BCPST 2017 – Écoles normales supérieures et ENPC

## Épreuve écrite de sciences de la Terre – Rapport du jury

### Ecoles concernées :

ENS Paris-Saclay, ENS de Lyon, ENS (Paris), Ecole Nationale des Ponts et Chaussées (ENPC)

### Coefficients (en pourcentage du total d'admission) :

- ENS de Paris-Saclay : 3,1 %
- ENS de Lyon : Option biologie : 6,6 % , Option ST : 13,2 %
- ENS (Paris) : Option biologie : 1,4 % , Option ST : 3,5 %
- ENPC : 3,8%

### Membres du jury :

- Armelle Baldeyrou-Bailly, professeur agrégé, université de Strasbourg
- Sylvain Bernard, chargé de recherche CNRS, MNHN
- Matthias Delescluse, maître de conférence, ENS de Paris
- Olivier Dequincey, professeur agrégé, ENS de Lyon
- Laurent Remusat, chargé de recherche CNRS, MNHN
- Mathieu Rodriguez professeur agrégé, ENS de Paris
- Gérard Vidal, maître de conférence, ENS de Lyon

## 1. Remarques générales sur le sujet et les copies

Le sujet comprenait trois parties indépendantes. Dans chaque partie des questions introductives avaient été conçues pour permettre aux candidats de rappeler des bases sur lesquelles s'appuyer pour la suite. Ce ne fut pas toujours le cas tant certaines bases semblent loin d'être maîtrisées. L'essentiel des questions menaient à des estimations, les réponses devant expliquer des principes, expliquer les simplifications envisagées avant de quantifier et de réaliser des applications numériques.

En ce qui concerne les explications attendues, il semble bon de rappeler que réécrire une proposition interrogative ou impérative fournie dans le sujet en une proposition affirmative ne constitue en aucun cas une démarche d'argumentation, surtout lorsque cette réécriture s'avère approximative ou entachée d'erreur. De même, tout ne pouvant pas être redémontré, le fait d'expliquer, ou de tenter d'expliquer, un fait donné pour acquis dans l'énoncé ne rapporte aucun point. Le jury déplore encore les erreurs trop fréquentes lors des applications numériques. Les données doivent généralement, pour obtenir le bon résultat chiffré, être exprimées en unités du système international. Pour cela, il faut non seulement connaître ces unités (c'est le mètre pour les longueurs)

mais aussi maîtriser les multiples et sous-multiples. Nouveauté cette année, le jury a relevé de nombreuses erreurs concernant l'utilisation des températures. Si chacun semble avoir désormais compris qu'une température de  $20^{\circ}\text{C}$  correspond à une température de  $293,1\text{K}$  (valeur à utiliser effectivement dans les calculs), il semble que certains candidats imaginent qu'un différentiel de température de  $20^{\circ}\text{C}$  correspond à un différentiel de  $293\text{K}$ , ce qui revient en toute logique à affirmer qu'une température, exprimée en  $^{\circ}\text{C}$ , stationnaire entre deux états (écart de  $0^{\circ}\text{C}$ ) correspondrait, exprimée en  $\text{K}$ , à une augmentation de  $273\text{K}$  ! Il ne s'agit nullement ici de faire un catalogue des « perles de correction », mais le jury souhaite rapporter les faits trop fréquemment rencontrés pour qu'ils puissent être seulement attribués au stress du concours.

Si quelques rares brouillons raturés persistent, les copies sont très majoritairement assez bien écrites et présentées. Des schémas sont parfois proposés même lorsqu'ils ne sont pas explicitement demandés. Cette démarche est à encourager, même s'il faut alors prendre soin à leur qualité qui reflète, pour le correcteur, la maîtrise du sujet.

Certains candidats ont cherché les questions « faciles » pour glaner des points, stratégie acceptable pour un concours mais qui a pour limite le fait que certaines questions ne se révèlent au final « accessibles » que lorsque d'autres, un peu plus ardues, ont été résolues auparavant. Sur l'ensemble des copies corrigées, des réponses exactes ou acceptables ont été données à toutes les questions. Les meilleures copies sont celles de candidats qui n'ont pas nécessairement traité l'intégralité du sujet, mais ont maîtrisé la cohérence d'une ou plusieurs parties du sujet en étant capable de répondre à des enchaînements de questions. Des démarches rigoureuses, parfois aussi inattendues que percutantes, montrent la maîtrise de contenus et de méthodes qui permettent à certains candidats d'aborder les questions avec sérénité.

## 2. Remarques partie par partie

### 2.1 Énergie solaire, saisons, températures sur Terre

Il s'agissait ici d'expliquer les mécanismes de redistribution latitudinale de l'énergie solaire. Cette redistribution est globalement comprise même si, dans les détails, l'existence de 3 cellules convectives atmosphériques et leur imbrication n'est pas toujours maîtrisée. Par la suite, on se proposait de quantifier les écarts de température moyenne entre les hémisphères en fonction de la saison (obliquité) et de la distance au Soleil (ellipticité). L'écueil majeur fut la représentation de l'éclairement du disque terrestre en fonction des saisons : très peu de candidats proposent 4 schémas demandés corrects, quelques-uns n'en sont pas loin, nombreux sont ceux qui n'ont pas répondu. Au final, la moitié des candidats propose au moins un schéma utile pour la suite des questions (solstice) mais peu l'utilisent correctement. En effet, l'erreur la plus commune commise par les candidats est de rappeler à juste titre que l'énergie solaire reçue par unité de surface varie selon la latitude, mais, malgré ce rappel pertinent, de comparer les surfaces éclairées pour en déduire les énergies reçues par chacun des hémisphères. Pour prendre une métaphore, cela revient à observer que les billets de banque n'ont pas tous la même valeur, mais à compter ensuite le nombre de billets contenus dans des portefeuilles pour en déduire la richesse contenue dans chacun d'eux. Par la suite, il était possible de comparer les écarts de température induits par l'obliquité à ceux, bien plus faibles, liés à l'ellipticité. Enfin, l'existence d'effets tampon (océans, sols) permettait d'expliquer en partie la faiblesse des contrastes de température observés par rapport aux écarts théoriques calculés.

## 2.2 L'eau liquide dans le système solaire

Cette partie étudiait les états de l'eau en fonction de pression et température et cherchait à déterminer les conditions de présence et de maintien d'eau liquide sur plusieurs corps du système solaire.

Rappelons que la présence d'eau liquide à la surface de la Terre d'eau sous les états solide, liquide et gazeux ne découle pas directement de la lecture du diagramme de phase, il est nécessaire de prendre en compte la notion de pression de vapeur saturante (dont la valeur peut être déterminée sur le diagramme). Pour expliquer la présence de vapeur d'eau, nul besoin de faire appel à des températures de surface supérieures à 100°C ou à la décompression avec l'altitude, auxquels cas nulle vapeur d'eau n'existerait sous 100°C ou à basse altitude (pas facile de faire sécher son linge en bord de mer). La petite expérience martienne devait montrer des changements de phase inhabituels, une ébullition à basse température suivie d'un passage à l'état solide avec passage préalable par l'état liquide en cas de pression supérieure à celle du point triple. La recherche de la profondeur à laquelle l'eau libre pouvait être à l'état liquide sur Mars nécessitait de remarquer que la température était le facteur principal (limite eau/glace quasi-« verticale ») donc que l'on cherchait la profondeur à laquelle on atteignait 0°C en suivant le gradient thermique de surface. Pour déterminer, la pression à la profondeur correspondante, la détermination préalable de « g » était nécessaire (formule et données fournies dans les annexes), comme plus loin pour Europe et Ganymède.

Sur Europe, la présence d'une couche d'eau liquide, molécule dipolaire, éventuellement salée (échange avec les roches silicatées) tout autour de ce satellite permet d'envisager l'existence d'un champ magnétique propre si cette eau est en mouvement ou bien sa mise en mouvement par le champ magnétique jovien induisant un champ magnétique induit. Ce corps pour lequel l'existence d'activité au moins temporaire est montrée par les geysers, montre une surface glacée avec deux altitudes moyennes analogue à une plateforme de glace fracturée dont les blocs flottent sur une mer elle-même gelée. L'épaisseur de la couche de glace permet de montrer qu'il y a de l'eau liquide qui, à 0°C et à faible pression (100km d'eau sur un corps de faible gravité) peut être liquide au contact des silicates, comme l'est l'eau océanique au contact des fonds marins terrestres.

L'étude des déformations liées à l'attraction des corps du système solaire les uns sur les autres permettait de mettre en évidence les effets combinés et relatifs de la masse et de la distance. Pour les corps en orbite synchrone (Lune autour de la Terre, Europe autour de Jupiter) les déformations seraient constantes en orbite circulaire et des effets de marée n'apparaissent que du fait de l'ellipticité des orbites des corps déformés. Rappelons que lorsqu'on étudie les marées sur Terre, on doit se poser la question de la position d'un point terrestre par rapport au corps attracteur et non pas la position de l'attracteur par rapport à la Terre. Ainsi, avec la Lune, un point terrestre se trouve deux fois par jour en position particulière : une fois « au plus proche » avec une attraction maximale et une fois « au plus loin » avec une attraction minimale. Proposer, en première approximation, deux marées terrestres par jour, voire une seule si on omet la position « au plus loin », montre qu'on a raisonné dans le bon repère alors que beaucoup proposent une marée terrestre par mois lunaire (position particulière de la Lune par rapport à la Terre... à considérer pour les marées lunaires dues à la Terre et pas l'inverse). Pour les comparaisons des énergies de désintégration radioactive, c'est la masse silicatée qui devait être comparée et non pas la surface des corps. Pour Ganymède, sa plus grande distance à Jupiter et son orbite moins elliptique expliquent une énergie de marée bien plus faible. La forte épaisseur de glace permet d'atteindre le domaine des glaces de haute pression au contact avec le cœur silicaté. Faible énergie disponible et épaisseur d'eau liquide limitée expliquent la surface peu active de Ganymède, plus proche de celle de la Lune que de celle d'Europe. Ici et ailleurs, certains candidats se perdent dans

des calculs ou s'engagent sur des voies erronées parce qu'ils n'ont pas fait appel à leur bon sens ou à leurs connaissances générales avant de se lancer dans une phase calculatoire.

### 2.3 Eau et fusion de la croûte continentale

Après un rappel sur l'apport d'eau supercritique enrichie en éléments mobiles au manteau par la déshydratation de la lithosphère océanique hydratée entrée en subduction et soumise au métamorphisme, il s'agissait de s'intéresser à la possible fusion de la croûte continentale.

En reportant le géotherme sur le diagramme des solidus sec et hydraté de la croûte et en distinguant croûtes supérieure et inférieure, on en déduisait une possible fusion hydratée en base de croûte supérieure ainsi que dans la croûte inférieure à condition qu'elle soit bien hydratée et granito-gneissique. Pour les domaines plus basiques de la croûte inférieure la fusion est moins probable car ces domaines nécessitent des températures plus élevées et/ou sont généralement bien moins hydratés.

Avant rééquilibrage thermique, l'amincissement de la croûte amène à un nouveau géotherme décalé vers les basses pressions. Ce décalage défavorise la fusion hydratée mais rend plus facile la fusion « sèche » de la croûte inférieure.

Les magmas obtenus ont des viscosités variables selon leur origine plus acide ou plus basique et selon leur température de formation. De plus, en fusion hydratée, une baisse de pression fait recouper le solidus et favorise donc la recristallisation en profondeur.

Cette partie a favorisé les candidats qui l'ont traitée avec attention, mais elle a souvent été négligée ou abordée superficiellement probablement par manque de temps.