

UNIVERSITE DE NANTES
U.F.R. de Lettres et Sciences humaines

Année 2003

THESE

Pour obtenir le grade de
DOCTEUR DE L'UNIVERSITE DE NANTES
Discipline: Sciences de l'Education
présentée et soutenue publiquement

par

Denise RAVACHOL ORANGE

Le 13 mars 2003

**UTILISATIONS DU TEMPS ET
EXPLICATIONS EN SCIENCES DE LA TERRE
PAR LES ELEVES DE LYCEE:
ETUDE DANS QUELQUES PROBLEMES GEOLOGIQUES**

ANNEXES

Directeur de thèse:
Michel FABRE
Co-directeur :
Gabriel GOHAU

JURY

M. Jean-Pierre ASTOLFI, Professeur, Université de ROUEN, rapporteur
M. Christian CHOPIN, Directeur de recherches, CNRS
M. Michel FABRE, Professeur, Université de NANTES
M. Gabriel GOHAU, Docteur d'Etat, Lycée Janson-de-Sailly
M. Guy RUMELHARD, Habilité à Diriger des Recherches, INRP, rapporteur

UNIVERSITE DE NANTES
U.F.R. de Lettres et Sciences humaines

Année 2003

THESE

Pour obtenir le grade de
DOCTEUR DE L'UNIVERSITE DE NANTES
Discipline: Sciences de l'Education
présentée et soutenue publiquement

par

Denise RAVACHOL ORANGE

Le 13 mars 2003

**UTILISATIONS DU TEMPS ET
EXPLICATIONS EN SCIENCES DE LA TERRE
PAR LES ELEVES DE LYCEE:
ETUDE DANS QUELQUES PROBLEMES GEOLOGIQUES**

ANNEXES

Directeur de thèse:
Michel FABRE
Co-directeur :
Gabriel GOHAU

JURY

M. Jean-Pierre ASTOLFI, Professeur, Université de ROUEN, rapporteur
M. Christian CHOPIN, Directeur de recherches, CNRS
M. Michel FABRE, Professeur, Université de NANTES
M. Gabriel GOHAU, Docteur d'Etat, Lycée Janson-de-Sailly
M. Guy RUMELHARD, Habilité à Diriger des Recherches, INRP, rapporteur

SOMMAIRE DES ANNEXES

ANNEXE 1	Transcription de l'entretien avec Xavier LE PICHON (12/12/01)	4
ANNEXE 2	Compte rendu de l'entretien avec André MICHARD (06/02/01)	25
ANNEXE 3	Trancription de l'entretien avec André BRACK (01/02/01)	31
ANNEXE 4	Entretien particulier avec Donia et Romain (1ère S, 1999/00)	59
ANNEXE 5	Productions écrites de Donia (1ère S, 1999/00, accréation/dérive)	63
ANNEXE 6	Transcription de la confrontation des modèles des élèves (1ère S, 1999/00, sédimentation océanique)	64
ANNEXE 7	Productions écrites de 4 élèves (Milad, Julien P., Richard, Maria: 1ère S 99/00, sédimentation océanique)	74
ANNEXE 8	Coupe transversale de la zone d'une dorsale annotée (1 ^{ère} S, évolution de la zone d'une dorsale)	79
ANNEXE 9	Quelques productions d'élèves (1 ^{ère} S, 1995/96, évolution de la zone d'une dorsale)	80
ANNEXE 10	Transcription de la confrontation des modèles des élèves (1ère S, 1999/00, évolution de la zone d'une dorsale)	86
ANNEXE 11	Enoncés portant sur la mise en place des ophiolites (1 ^{ère} S, 1999/00 et 2001/02)	95
ANNEXE 12	- Quelques productions d'élèves (1 ^{ère} S, 1998/99, mise en place des ophiolites) - Deux types de modèles "tectoniques" d'élèves (1 ^{ère} S, 1999/00, mise en place des ophiolites)	97
ANNEXE 13	Transcription de la confrontation des modèles des élèves (1ère S, 1999/00, mise en place des ophiolites)	111

ANNEXE 14	Quelques productions d'élèves portant sur le problème de l'origine de la vie (Seconde et Terminale S)	127
ANNEXE 15	Transcription de l'entretien avec Vincent et Sophie (05/04/00) et production écrite de ces élèves (Terminale S, 1999/00)	141
ANNEXE 16	Transcription de l'entretien avec Kévin et Gaël (05/04/00) et production écrite de ces élèves (Terminale S, 1999/00)	156
ANNEXE 17	Transcription de l'entretien avec Céline et Caroline (14/09/99) et production écrite de ces élèves (Seconde, 1999/00)	172
ANNEXE 18	Productions d'élèves ayant participé, sur deux ans, aux situations étudiées	187

TRANSCRIPTION DE L'ENTRETIEN AVEC M. Xavier LE PICHON
Professeur au Collège de France (Chaire de géodynamique)
Mercredi 12 décembre 2001, ENS, PARIS

Transcription réalisée par Denise ORANGE

Dans la transcription:

XLP: Xavier Le Pichon

DO: Denise Orange

XXX signale des propos inaudibles

1	DO. Oui, alors j'avais prévu de parler avec vous du cadre général de la théorie de la tectonique des plaques,
2	XLP. Oui.
3	DO. Et de ce qui fait que dans les années soixante, il y a eu bascule d'un paradigme à un autre
4	XLP. Oui.
5	DO. Et puis de voir avec vous plus précisément ce qu'on pense des fonds océaniques et de leur histoire. Voilà en gros le fond de ce que j'avais prévu. Alors je voulais vous demander d'abord quel rapport, quel degré d'adhésion la communauté scientifique actuelle entretient-elle avec la théorie de la tectonique des plaques?
6	XLP. Oh, je dirais 100%.
7	DO. 100%.
8	XLP. 100%. Je ne connais pas de personnes qui soient des scientifiques actifs, je veux dire des gens qui sont dans la recherche, hein?
9	DO. Oui, oui, c'est ça.
10	XLP. Des gens qui sont dans la recherche
11	DO. Ah oui, absolument!
12	XLP. Et qui publient.
13	DO. Oui, oui, oui!
14	XLP. A l'heure actuelle, on n'arrive plus à trouver quelqu'un qui publie contre la tectonique des plaques. Il y a quelques personnes qui publient mais d'abord elles n'arrivent pas à publier dans les revues scientifiques, elles publient dans des revues extrêmement marginales et ce sont, comme il y a toujours, vous savez, des gens qui réinventent, on ne sait pourquoi, mais enfin qui n'ont pas... qui ne connaissent pas la littérature, qui ne comprennent pas. Mais de scientifiques qui soient des chercheurs actifs, ça n'existe pas.
15	DO. Ca n'existe pas. Oui. Et malgré cette adhésion, cette totale adhésion, on va dire à cette théorie...
16	XLP. Tout dépend de ce que vous appelez la tectonique des plaques. Mais je veux dire maintenant, personne ne doute qu'il y a un certain nombre d'ensembles rigides qui se déplacent les uns par rapport aux autres. C'est ça qui produit les tremblements de terre, qui est à l'origine d'une grande partie du volcanisme, etc. Ca, personne ne doute.

5
ANNEXE 1

17	DO. Personne ne doute.
18	XLP. Non seulement ça, mais en plus on le mesure. Je veux dire: on le mesure par satellite tous les jours. Là, ce matin, il y avait quelqu'un qui nous montrait un nouveau modèle qui va être disponible sur le Web maintenant. Vous pouvez avoir à tout moment toutes les mesures par satellite du mouvement entre les plaques et donc de la déformation. C'est des choses maintenant, qu'on mesure tous les jours, je veux dire.
19	DO. D'accord.
20	XLP. Ca se mesure directement par satellite. C'est-à-dire que pour douter maintenant, il faut être totalement ignare. Ben, je veux dire, ne pas avoir de culture scientifique.
21	DO. Oui, oui, oui. Il y a donc... Il n'y a quasiment pas de points de controverse?
22	XLP. Bien sûr que si! Je veux dire, tout dépend ce que vous appelez la tectonique des plaques mais sur le fait qu'il y a des ensembles qui se déplacent les uns par rapport aux autres, à des vitesses qu'on connaît, disons à 2% près et que ceci produit les séismes et l'essentiel de l'activité tectonique de la Terre. Non, il n'y en a pas. Après sur les modalités de déformation, comment ça se passe... Bien sûr, il y a plein de controverses. On est toujours en train d'améliorer le modèle. Mais le... Puisque vous avez parlé de paradigme, je n'aime pas forcément ce mot là. Mais si vous utilisez ce truc là. Le paradigme de la mobilité de grandes plaques rigides. Non, personne n'en doute.
23	DO. D'accord.
24	XLP. Simplement, il y a eu une discussion, il y a encore une discussion sur comment se fait la déformation à l'intérieur des parties de plaques couvertes par un continent. L'exemple de l'Asie étant quelque chose qui est particulièrement discuté.
25	DO. Oui. Ca veut dire que les discussions portent davantage sur les parties continentales que sur les parties océaniques?
26	XLP. Si vous voulez, les indications qui nous viennent du déplacement des plaques rigides ne sont pas évidentes à appliquer en première approximation parce que vous avez des zones entières de déformation très larges dans lesquelles la déformation est distribuée. Donc la notion d'un ensemble rigide ne s'applique plus. Enfin... pas de manière aussi simpliste en tous cas. Vous voyez ?
27	DO. Oui.
28	XLP. Autrement dit, il y a 90% de la Terre où c'est clairement rigide. On n'a pas de problème. Mais dans les zones mobiles qui couvrent peut-être entre 5 et 10%, la déformation est distribuée. Et un des arguments était que ces zones de déformation, dans le domaine continental, sont plus vastes et plus diffuses que dans le domaine océanique. Seulement, je ne le pense pas. Mais ça, c'est un domaine de contestation.
29	DO. Ah! Oui. D'accord.
30	XLP. C'est à ce niveau là qu'il y a de la contestation.
31	DO. D'accord. D'accord. C'est...Oui. Donc un des points de discussion actuelle, c'est...
32	XLP. C'est un point de recherche, c'est-à-dire...
33	DO. Oui, oui, c'est ça.
34	XLP. Il y a recherche là où on n'a pas encore atteint un consensus.
35	DO. D'accord.
36	XLP. Ou bien quand on veut passer à un niveau supérieur d'explication.
37	DO. D'accord.
38	XLP. Quand on veut passer à une explication, à un degré de précision supplémentaire.
39	DO. D'accord. Et quelles données mettent en avant les uns? Quelles données mettent en avant les autres? Qu'est-ce qu'ils cherchent à expliquer?

6
ANNEXE 1

40	XLP. Ca, c'est assez vaste, hein, je pense.
41	DO. En quelques exemples si vous voulez.
42	XLP. C'est assez compliqué parce que c'est toute la recherche actuelle. Mais, disons que, pour simplifier beaucoup, vous avez d'un côté les gens qui disent qu'à l'intérieur par exemple d'une grande zone comme la zone de déformation asiatique (qui fait 3 000 km par 3 000 km et qui comprend l'Himalaya, le Tibet, le Tien Chan, toute la partie Chine etc.), ce que nous donne la tectonique des plaques, c'est le mouvement total qui est absorbé dans la zone. Mais elle ne nous apprend rien sur la déformation interne. Vous voyez? Il y en a d'autres qui disent que la déformation interne est contrôlée par des ensembles rigides séparés par de grandes failles, de grandes cassures stabilisatrices. De fait, à l'heure actuelle, avec les méthodes satellitaires, on peut mesurer partout les déformations. On peut comparer ces mesures aux séismes, à la distribution des failles actives. La cinématique étant mesurée, ce qui est discuté devient la dynamique proprement dite, c'est-à-dire qu'est-ce qui fait bouger tout ça? ... C'est là, à l'heure actuelle, la grande question. Celle sur laquelle, à mon avis, on avance très vite.
43	DO. C'est plus le moteur, que, comment dire, l'identification des structures? Enfin...
44	XLP. Les deux sont liés. Les deux sont liés. Si vous voulez, vous avez un ensemble de structures et c'est clair que suivant la disposition des structures et la manière dont elles fonctionnent, on va le relier à un type de mécanisme ou à un autre. Donc, les deux sont liés.
45	DO. D'accord. Donc, voilà un grand point, on va dire, un grand point de discussion actuel.
46	Oui, c'est quelque chose... Vous avez un livre qui vient de sortir qui pourrait vous être utile...
47	DO. Oui, je veux bien.
48	XLP. Qui est un livre qui s'appelle plate tectonics. Oui, alors ce livre s'appelle Plate tectonics. L'auteur, c'est Naomi Oreskes. Oreskes, c'est une historienne des sciences.
49	DO. Alors, je vais peut-être vous demander...
50	XLP. O-R-E-S-K-E-S.
51	DO. O-R-E-S-K-E-S. D'accord.
52	XLP. Oui. Alors, je ne me rappelle plus l'éditeur. Ils le présentaient lundi, à San Francisco, à l'American geophysical Union? Vos devriez arriver à trouver cela.
53	DO. Oui.
54	XLP. Sans trop de problème. Enfin, il n'est pas encore arrivé ici. Moi, j'ai eu ma copie parce que j'ai écrit un article dedans. Et c'est un livre qui est écrit par les gens qui sont considérés comme ayant participé à l'élaboration de la tectonique des plaques.
55	DO. D'accord.
56	XLP. Et on leur a demandé en même temps leur point de vue sur qu'est-ce qui se passait maintenant et où on en était?
57	DO. Ah! Eh bien voilà!
58	XLP. Donc, ce genre de chose est développé aussi. Si vous arrivez... Si vous êtes suffisamment technique pour le comprendre, parce que c'est quand même assez technique. Mais, ce genre de chose est développé. Vous verrez qu'il y a des points de vue différents.
59	DO. D'accord.
60	XLP. Il y a un point de vue par quelqu'un comme MacKenzie, Dan MacKenzie. Un point de vue qui n'est pas le même que le mien.

7
ANNEXE 1

61	DO. D'accord.
62	XLP. En gros, Mc Kenzie pense que la tectonique des plaques ne s'applique strictement qu'aux océans mais pas aux continents.
63	DO. D'accord. Très bien.
64	XLP. Tout dépend ce qu'on appelle tectonique des plaques, vous voyez. MacKenzie, par exemple, prend une définition qui est extrêmement limitative. Pour lui, la tectonique des plaques c'est la tectonique, la cinématique des plaques rigides. Voilà. Et donc, elles fonctionnent très, très bien dans le domaine océanique et on a plus de mal dans le domaine continental. Il n'a jamais utilisé les données satellitaires... Mais ça vous donnera un point de vue, vous voyez?
65	DO. Oui. D'accord. Oui.
66	XLP. Vous avez aussi un article de Peter Molnar qui développe bien un point de vue, qui est le sien, mais qui est partagé par pas mal de chercheurs à l'heure actuelle sur qu'est-ce que c'est que la déformation intra-continentale dans le cadre de la tectonique des plaques?
67	DO. D'accord. Alors, si on essaie de se replacer justement dans les années soixante, vous êtes jeune chercheur. J'ai consulté et étudié plusieurs de vos écrits de cette époque. Mais j'aurais aimé avoir quelques précisions supplémentaires. Vous étiez alors intéressé par l'océanographie. C'est ça?
68	XLP. Oui. Alors ça je le développe en long parce que j'ai un assez long article dans ce livre.
69	DO. Dans ce livre.
70	XLP. Donc je raconte de manière assez complète et documentée d'un point de vue historique ce qui s'est passé, ce que j'ai vécu sinon ça reprend en partie un article que j'avais publié dans La Recherche il y a une dizaine d'années.
71	DO. 1984.
72	XLP. Oui, une quinzaine d'années et puis après que j'ai repris et allongé dans une revue américaine et puis que là, j'ai encore ré-élargi avec de nouveaux documents donc ça c'est... J'ai développé ceci. Mais, oui, je suis parti aux Etats Unis avec une bourse Fulbright pour faire des recherches et donc...
73	DO. Et initialement, quand vous êtes parti, vous êtes parti avec quel projet de recherche?
74	XLP. Zéro projet de recherche. Aucun projet de recherche.
75	DO. Mais vous-même, vous étiez...
76	XLP. Je suis parti parce que j'avais commencé à ... J'avais accepté un poste au Muséum d'histoire naturelle en océanographie physique. Et j'ai fait quelques mois là, juste avant mon service militaire, et je me suis rendu compte que je serai très malheureux parce que c'était trop vieux et trop poussiéreux. Donc j'ai décidé d'abandonner et de retourner, parce que j'avais déjà passé un an aux Etats Unis, donc avant, donc de retourner à la géophysique et d'aller passer... de faire mon travail là-bas. Donc j'ai demandé un poste. Ils m'ont recruté sur un petit poste et puis j'ai passé ma thèse. Et après, ils m'ont proposé un poste de professeur. Donc je suis parti simplement avec l'idée de faire de la recherche en géophysique, point. Mais je n'avais pas d'idée particulière. Sauf que je savais que j'allais dans une institution océanographique, donc ce serait forcément dans le domaine océanique.
77	DO. D'accord. D'accord, donc vous...
78	XLP. Donc ensuite je me suis parti sur les bateaux et j'ai commencé à faire des recherches.

8
ANNEXE 1

79	DO. C'est ça, c'est ça, c'est ce que vous écrivez et justement, quand vous avez démarré là-bas, à quels problèmes vous êtes-vous attaqué dans le laboratoire de Ewing?
80	XLP. Au début, la première année où j'y avais été, je vous ai dit... La place dont ils disposaient sur le bateau, c'était en océanographie physique donc j'ai démarré en océanographie physique, c'est-à-dire les courants.
81	DO. Ah, oui, d'accord! Ce n'était pas encore de la géologie.
82	XLP. Non, non, non. C'était les courants. Donc j'ai fait... Donc là, dans ce domaine j'étais entièrement autodidacte. J'ai appris sur le bateau avec des livres et puis, avec les mesures que j'ai faites, j'ai écrit un article dans le Journal of Geophysical Research, à mon retour, sur la circulation profonde de l'Océan indien. Vous voyez que c'est tout à fait autre chose.
83	DO. D'accord.
84	XLP. C'est là qu'ils m'ont offert un poste, en fait, de démarrer un laboratoire d'océanographie physique. Mais j'ai décidé de rentrer en France et c'est là qu'on m'a offert, en France, un poste au Muséum d'Histoire naturelle.
85	DO. D'accord.
86	XLP. Quand je suis rentré chez eux, j'ai dit non, je veux revenir à la géophysique. Donc à ce moment là, j'ai commencé, j'ai fait... Ils m'ont donné un ensemble de données de sismique réfraction. Ce sont des explosions qu'on fait à grande distance pour obtenir la structure de la croûte sur les dorsales, ces structures qui sont au milieu des océans.
87	DO. Oui, oui.
88	XLP. Et personne ne savait quoi en faire parce qu'elles donnaient des résultats bizarres. Donc on m'a donné ça parce qu'il fallait bien faire quelque chose. Il y avait un contrat et il fallait faire un rapport. Donc, je les ai prises et je les ai réinterprétées. Et ça a été le début de ma recherche, qui a été la recherche de ma thèse sur les dorsales médio-océaniques. Parce que le problème était que sur les dorsales, la croûte ne s'épaississait pas. L'altitude augmentait vers le rift. Enfin, c'était de moins en moins profond vers le rift donc il y avait une topographie mais on voyait aussi le Moho donc cette limite...
89	DO. Oui, oui.
90	XLP. Entre la croûte et le manteau qui montait.
91	DO. Oui.

92	<p>XLP. Or il n'y avait pas d'anomalie gravimétrique. Donc ça voulait dire qu'il y avait une compensation. Donc quand ils ont vu ça, ils ont dit mais c'est tout à fait bizarre parce que normalement la manière dont par exemple un continent s'équilibre... Sous l'Himalaya, vous avez 70 km de croûte alors qu'il y a 35 ou 40 sous l'Inde. C'est ça ce qui permet de rétablir l'équilibre. Là, vous aviez l'équilibre mais le Moho remontait. Donc ils pensaient que les gens qui avaient interprété le profil s'étaient trompés. Alors j'ai dit non, ils ne se sont pas trompés. C'est que la compensation, la masse négative, relativement négative si vous voulez, est dans le manteau. Ce qui est vrai. On le sait maintenant. C'est parce que le manteau était chaud. Donc c'est comme ça que j'ai démarré. Ça a été mon premier article. Donc, à partir de là, je me suis dit, bon, il faut étudier la gravimétrie. Donc je me suis occupé de faire des modèles gravimétriques et j'ai publié un article sur l'interprétation de la structure gravimétrique. Et puis j'ai montré que le manteau devait être particulièrement chaud et léger sous les dorsales. Et puis, ayant vu ça, je me suis dit, s'il est chaud, ça doit se voir dans le flux de chaleur. Donc j'ai fait une étude du flux de chaleur et j'ai publié un article sur le flux de chaleur. Et puis après, j'ai dit si c'est ça, ça doit impliquer une certaine activité magnétique. Donc, j'ai fait un article sur les anomalies magnétiques. Et puis après, j'ai dit oui, mais il faudrait regarder aussi comment est la distribution des sédiments. Donc j'ai travaillé sur l'âge des sédiments. D'ailleurs, à chaque fois, ça voulait dire que j'allais sur le bateau. Et puis, l'interprétation des sédiments. Et l'ensemble, ça a fait ma thèse de doctorat es sciences que je suis venu défendre à Strasbourg en 1966. Après, quand je suis rentré, c'est là qu'il y a eu la découverte du rôle des anomalies magnétiques. Dans ma thèse, je disais que je démontrais que les continents ne bougeaient pas. Et c'était parce que, du point de vue flux de chaleur en particulier, ça ne marchait pas du tout. Donc j'avais fait des calculs. J'avais fait les premiers calculs sur la convection sous une dorsale et j'avais pris le modèle de Hess du Sea floor spreading, l'expansion océanique, et puis ça ne marchait pas.</p>
93	DO. D'accord.
94	<p>XLP. Donc comme ça ne marchait pas, j'ai dit, on ne mesure pas la chaleur qui devrait s'échapper si ça allait aussi vite que ça. Ce que je ne savais pas, c'est que les mesures étaient correctes, le calcul était correct mais le résultat était faux parce qu'il y avait un paramètre caché que je ne connaissais pas, qui était que dans les dorsales, 90% de la chaleur est évacué par de l'eau qui circule. C'est la circulation hydrothermale et donc qu'on ne mesure pas par la conductivité parce qu'on le fait par rapport aux instruments. Ayant ignoré 90% de la chaleur évacuée, il est évident que mon résultat ne collait pas.</p>
95	DO. D'accord.

96	<p>XLP. Et ça, on l'a su beaucoup plus longtemps après. Et en fait quand je suis rentré de ma thèse de Strasbourg, en avril 66, là j'ai découvert que, entre-temps, ils avaient obtenu des profils magnétiques sur les dorsales qui étaient tels qu'on ne pouvait plus douter. Donc, à ce moment là, j'ai basculé dans l'autre sens. J'ai eu beaucoup de mal d'ailleurs. Ca a été un des moments les plus douloureux de ma vie scientifique parce que ça voulait dire que... Il fallait que je reconnaisse que je m'étais trompé. Or, je savais bien que mes calculs étaient corrects, que les mesures étaient correctes. Je ne comprenais pas. Je ne comprenais toujours pas. Mais j'ai dit, on ne peut pas faire autrement donc j'ai basculé de l'autre côté et j'ai à ce moment là commencé à travailler sur ce qui allait devenir la tectonique des plaques. Et puis j'ai développé donc des méthodes pour calculer les mouvements. On ne savait pas faire ça sur la sphère. Comment se déplaçait ou un continent ou une plaque sur la sphère. Donc il a fallu que j'invente des méthodes de calcul. Bon, ça existait dans les livres en mathématiques mais je ne le savais pas. Donc j'ai réinventé tous ces trucs là. Et puis, j'ai fait les reconstructions et à ce moment là j'ai demandé à mes collègues, puisque à Lamont on travaille toujours ensemble, s'ils voulaient travailler avec moi la-dessus. Ils m'ont répondu non, ça ne nous intéresse pas. Donc je l'ai fait tout seul. C'est pour ça que j'ai un article que j'ai fait tout seul qui s'appelait <i>Sea floor spreading and continental drift</i>, qui a été pendant 15 ans l'article le plus cité au monde dans le domaine des sciences de la Terre, qui m'a vraiment fait connaître. Donc, c'était un peu ça l'étape et vous voyez au fond j'avais beaucoup investi parce que j'étais dans un laboratoire qui faisait l'exploration des océans, qui n'était pas connu à l'époque. J'avais beaucoup investi dans les différentes méthodes d'investigations géophysiques et géologiques des océans. J'avais toutes les données de base. A partir du moment où la clé était donnée, ça devenait assez facile à déchiffrer. Sauf pour l'histoire du flux de chaleur qui n'a été révélée que beaucoup plus tard.</p>
97	DO. Plus tard.
98	XLP. 5 ou 6 ans plus tard lorsqu'on a découvert les sorties hydrothermales.
99	DO. Et pour les sédiments, vous n'avez... Enfin, comment dire, ça ne vous a pas posé de problèmes là-encore par rapport à...
100	XLP. Non, les sédiments, ça marchait très, très bien.
101	DO. Ca marchait très bien.
102	<p>XLP. Ah bien oui! Ca a été vérifié. Ca a été la première grande vérification de la tectonique des plaques. Ca a été par le navire foreur Glomar Challenger, qui à chaque fois qu'il forait et que l'anomalie magnétique disait, vous allez trouver ce qui était prédit, du Crétacé supérieur, Crétacé inférieur, Jurassique. A chaque fois, il trouvait. Donc ça a été la première vérification de la tectonique des plaques. Alors, bien sûr ça ne prouvait pas qu'il y avait d'autres endroits où elles se rapprochaient parce que, à heure actuelle, ce qu'il existe encore, il existe encore quelques hurluberlus qui croient que la Terre est en expansion rapide, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de fosse, qu'il n'y a pas de raccourcissement nulle part.</p>
103	DO. Ca existe encore actuellement?
104	<p>XLP. Oui, j'en connais un au Collège de France qui est paléontologiste et qui croit ça. C'est absurde mais bon, c'est comme ça. J'avais montré déjà, dans mon article en 68, que c'était absurde parce que, si vous faites ça, on peut reconstruire puisque maintenant, on a l'âge des anomalies magnétiques, et donc du fond des océans.</p>
105	DO. Oui.
106	XLP. J'avais ainsi montré que comme l'expansion est essentiellement Est-Ouest, s'il n'y a pas de subduction, elle est beaucoup plus importante à l'équateur qu'aux pôles.

107	DO. Oui.
108	XLP. Donc c'est facile de montrer que la Terre avait à ce moment là une forme qui n'était plus du tout une forme hydrodynamique puisque c'est comme une femme qui était très grosse et qui a subi une cure d'amaigrissement. Son ventre diminue. Ça pourrait être un homme d'ailleurs, je ne vois pas pourquoi!
109	DO. Oui! Sourire
110	XLP. C'est souvent plus un homme qu'une femme. Bon et donc la ceinture diminue comme ça, alors que le reste ne bouge pas. Or la Terre, vous savez qu'elle a un léger renflement, une part sur 300, qui est dû au fait que la Terre tourne sur elle-même et qu'elle se comporte comme un liquide visqueux dans l'espace qui tourne sur lui-même et qui donne ce petit renflement par rapport aux pôles. Et si vous faites ce que ces gens disent, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de contraction, ça veut dire au contraire que la Terre était extrêmement rétrécie à l'équateur. Vous allez dans l'autre sens et ça c'est tout à fait impossible sur le plan dynamique. Ça ne peut pas exister. Un corps qui tourne comme ça sur lui-même ne peut pas avoir un équateur qui a un rayon plus étroit, beaucoup plus petit que le rayon Nord/ Sud.
111	DO. D'accord.
112	XLP. En tout cas, il y a encore des gens qui croient un peu mais ceci dit ce ne sont pas des gens qui comprennent la littérature ou qui la connaissent.
113	DO. Par rapport justement à votre contexte de recherche, quels décalages avez-vous vu entre, justement, vos contributions et, on va dire, les autres personnes du Lamont à l'époque. Je pense à Ewing et à Heezen.
114	XLP. Oui.
115	DO. Comment ça se passait? Parce que quand on vous lit, on voit grandir une controverse entre Heezen et Ewing? Sur quoi portaient leurs discussions? Qu'est-ce qui...
116	XLP. Oh, c'est-à-dire que Ewing avait fait, si vous voulez, sa réputation scientifique un peu sur le fait que la structure des océans et des continents était radicalement différente et que les océans n'avaient rien à voir avec les continents et donc pour lui, il y avait une très, très grande stabilité. Donc il ne croyait pas du tout ni à la dérive des continents ni à la tectonique (des plaques), d'ailleurs jusqu'à la fin de sa vie il n'y a pas cru. Heezen au contraire était quelqu'un qui s'est tout de suite emballé pour les idées d'un savant australien, qui était de l'Université de Hobart en Tasmanie, qui s'appelait S.W. Carey et qui avait fait une reconstruction du globe dans laquelle tout ce qu'il faisait était de résorber les océans mais sans toucher aux continents. Donc ça produisait une Terre qui naturellement était comme je vous l'ai dit, réduite. Alors il prétendait que sur une Terre d'un rayon qui était, je ne sais pas, les deux tiers de la Terre actuelle, tous les continents se touchaient et que c'était parfaitement... Ça avait eu beaucoup d'impact à l'époque. C'était très joli comme modèle et pour les océans, ça marchait bien forcément. Pour les continents, ça n'expliquait absolument pas. Mais bon, pour les océans, ça marchait bien. Et Heezen avait repris ces idées là. Il était expansionniste mais plus profondément le débat entre eux était un conflit de personnes... En fait Heezen se voyait comme un chercheur de grande envergure, ce qu'il était, qui n'acceptait plus d'être sous la tutelle d'un directeur assez fort. Et donc ils ont commencé à rentrer en conflit, du genre il faisait des conférences de presse où il annonçait des trucs sans en avoir parlé au directeur. Enfin, vous voyez, ce genre de chose.
117	DO. Ah oui, c'est ça!
118	XLP. Ce genre de choses. C'était un conflit de personnes.

12
ANNEXE 1

119	DO. C'était un conflit de personnes plus qu'un...
120	XLP. C'était un conflit de personnes. Non, c'était un conflit de personnes.
121	DO. Oui, oui, d'accord.
122	XLP. C'était un conflit de personnes parce qu'on pouvait très bien avoir des idées différentes de celles de Ewing. Mais il fallait que son rôle de directeur soit complètement préservé. Un directeur en général est extrêmement sensible à tout ce qui touche à la publicité de l'établissement.
123	DO. D'accord. Oui, oui, c'est ça. Donc on comprend pourquoi. Et je reviens à Ewing. Comment il a pu défendre ses idées alors que les résultats des techniques qu'il a beaucoup encouragées, sont allés un peu contre?
124	XLP. Vous savez, à partir du moment... D'une part, il n'était pas géologue donc il y avait beaucoup d'arguments de géologie qu'il ne comprenait pas vraiment. Mais en dehors de ça, j'ai vu le cas. C'était le cas le plus extrême, ça a été chez les savants russes et japonais de l'époque, qui étaient déjà un peu âgés, qui détenaient le pouvoir depuis longtemps. Vous savez, quand vous avez enseigné et écrit des tas de choses et puis que d'un seul coup, des petits jeunots viennent vous dire que ce n'est pas comme ça, que c'est complètement différent, et que tout est par terre, ce n'est pas très facile à avaler. Et donc il y a eu une réaction naturelle qui est de dire, vous êtes des plaisantins. Et on n'accepte pas la réalité. C'est difficile d'accepter la réalité quand elle balaie des années de travail. Elle vous donne l'impression de balayer, parce qu'en fait, de toutes les façons, ce qu'il a fait, c'est d'apporter beaucoup de nouvelles données techniques au monde et elles sont restées. Mais c'est essentiellement ça. Il s'est bloqué.
125	DO. Ah oui, d'accord.
126	XLP. D'une part. Je connais des scientifiques comme ça qui se sont totalement bloqués. Particulièrement au Japon. Au Japon, c'est un des derniers endroits où il reste quelques professeurs d'Université qui sont fixistes. Donc, ils ne voient pas de déplacements des continents. Ils sont à côté d'une zone de subduction, d'un endroit où ça converge. Ils pensent que ce sont des zones extensionnelles.
127	DO. Ah bon?
128	XLP. Mais c'est une université marginale. L'Université de Tokai mais vraiment... Des trucs incroyables.
129	DO. Et justement, vous parliez de fixisme. Vous dites, dans l'article de La Recherche, que à l'époque donc, ce paradigme était, enfin, on va dire au début des années soixante, était encore bien soutenu.
130	XLP. Oui, bien sûr c'était...
131	DO. En quoi consistait-il exactement? Parce que...
132	XLP. Il consistait dans le fait que rien ne bougeait. Ca ne bougeait que verticalement.
133	DO. Ca ne bougeait que verticalement? Mais alors justement, en ce qui concerne les océans, comment voyaient ils leur...
134	XLP. Comme quelque chose qui ne bougeait que verticalement. Et les océans étaient donc très anciens. Ils devaient avoir un âge qui était de plusieurs milliards d'années. C'est ça. C'est là que ça s'est heurté de plus en plus à des difficultés parce qu'on ne retrouvait pas les sédiments anciens. Il n'y avait pas assez de sédiments etc. Mais c'était ça l'idée de base.
135	DO. D'accord. Donc des océans fixes en situation.
136	XLP. Oui.
137	DO. Et il n'y avait pas... On n'imaginait pas des inversions par exemple? Comment on voyait ça?

138	XLP. Non, pas chez les géophysiciens. Parce qu'ils savaient bien que c'était impossible.
139	DO. A cause de l'isostasie et de...
140	XLP. Oui mais vous ne pouvez pas transformer une structure en une autre simplement. Bon, il y a quelques procédés un peu compliqués mais on ne peut pas faire massivement remonter un océan, puis redescendre, puis remonter, puis redescendre. Ce n'est pas possible. Donc ils voyaient ça comme des structures permanentes.
141	DO. Structures permanentes.
142	XLP. Oui.
143	DO. Et qu'est-ce qui provoquait les mouvements verticaux selon vous?
144	XLP. Ben, les mouvements verticaux, c'était essentiellement les changements de température et dans le cas des montagnes, la Terre qui se refroidissait un petit peu et qui produisait des petites zones de contraction.
145	DO. Il y avait toujours...
146	XLP. Les montagnes étaient produites avec très peu de raccourcissement dans leur système.
147	DO. D'accord. Parce que j'ai besoin de clarification par rapport à ce fixisme. Est-ce qu'on doit associer à l'idée de fixisme l'idée de permanentisme qu'on lit aussi...
148	XLP. Vous voulez dire que ça ne change jamais XXX?
149	DO. Oui.
150	XLP. Non, ce n'était pas le cas. Ils savaient bien que la terre a évolué. Que la chaleur de la Terre est en excès par la radioactivité. La Terre produit 4 fois moins de chaleur maintenant qu'à son origine. Ils savaient bien qu'il y avait des changements mais ils pensaient qu'il y avait eu progressivement un mécanisme de formation des continents là où ils étaient et que c'était en gros stabilisé et en place certainement depuis le début du Trias et probablement avant, dès le Cambrien. Je crois que c'était un peu ça, l'idée de base.
151	DO. Donc, oui...
152	XLP. Donc ce n'était pas dans le sens que tout est toujours pareil mais c'était dans le sens que des grands mouvements horizontaux de la croûte étaient extrêmement difficiles à imaginer parce que, disaient-ils, parce qu'il y a un argument qui avait été utilisé par un géophysicien anglais très célèbre et c'était probablement le théoricien le plus développé du fixisme, qui était Harold Jeffreys et il disait, il y a des tremblements de Terre jusqu'à 700 km de profondeur. Si vous avez des tremblements de Terre jusqu'à 700 km de profondeur, c'est que la Terre est rigide jusqu'à 700 km de profondeur. Donc la convection est impossible en dessous donc on ne peut pas avoir de déplacement. Alors le paradoxe venait du fait que les tremblements de terre, on ne les trouve que dans les zones de subduction, aux endroits où il y a des morceaux froids de plaque qui descendent mais ça ils ne le savaient pas donc ils le généralisaient à tout le manteau supérieur et à ce moment là effectivement ça tuait les déplacements.
153	DO. D'accord.
154	XLP. Il y a des tas de paradoxes comme ça qui n'étaient pas évidents à lever au départ donc c'était ça, les blocages étaient à ce niveau là.
155	DO. Donc parmi les données signifiantes, les données qui pouvaient appuyer le fixisme, il y avait donc des données sismiques d'une certaine façon?
156	XLP. Sismiques, provenant de l'étude par les séismes de l'intérieur de la Terre, oui.
157	DO. Oui.
158	XLP. Oui.

14
ANNEXE 1

159	DO. Quelles autres données fondaient un peu ce...
160	XLP. C'était tout ce qu'on avait progressivement élaboré sur la structure de la Terre qui semblait être une structure assez simple, qui était une structure en sphère homogène et c'était la première approximation dans laquelle les propriétés étaient telles que les gens ne voyaient pas, je ne peux pas rentrer dans les détails techniques...
161	DO. Oui.
162	XLP. La possibilité de convection. Voilà, dans un milieu comme cela. Donc ça a été ça, un des premiers obstacles. Si vous lisez Harold Jeffreys, je ne sais pas si je l'ai ici. Oui, je l'ai là. Vous voyez, c'est The Earth. Il a tout un chapitre sur la dérive des continents, à la fin, qui ridiculise la dérive des continents. Et c'est écrit très tard, c'est écrit il était déjà très âgé.
163	DO. Oui, parce que ce géologue là, on l'a vu...
164	XLP. C'était un géophysicien.
165	DO. Géophysicien.
166	XLP. Oui.
167	DO. Il a été particulièrement actif entre les deux guerres, non?
168	XLP. Oh! Enfin il a été actif... Moi je l'ai connu!
169	DO. Ah bon, d'accord!
170	XLP. Oui, oui. Il était très actif encore en 70.
171	DO. Ah oui d'accord!
172	XLP. En 70, moi j'ai donné des séminaires auxquels il assistait.
173	DO. D'accord. Toujours par rapport à ce fixisme, quelle place était donnée aux phénomènes actuels dans le cadre du fixisme? Comment ils les utilisaient?
174	XLP. C'est extrêmement difficile parce qu'en fait, à l'époque il y avait une chose qui était l'étude de la Terre actuelle et il y avait autre chose qui était l'étude de la Terre fossile en quelque sorte. C'était la géologie.
175	DO. Oui.
176	XLP. D'ailleurs la géologie elle-même procédait de manière... Elle ignorait les phénomènes actuels, il faut bien le dire, en tout cas au moins en ce qui concerne la tectonique. Vous aviez, si vous lisez des livres de l'époque, encore maintenant c'est une notion qui reste assez souvent fréquente chez les géologues français, la notion de phase tectonique. Les montagnes étaient construites par spasmes successifs.
177	DO. Oui.
178	XLP. D'un seul coup. Ça montait puis ça s'arrêtait.
179	DO. Oui.
180	XLP. Puis ça remontait.
181	DO. Oui.

182	XLP. Vous voyez c'était un peu cette notion là. Et vous aviez un décalage très, très profond entre ce qui était l'étude géophysique de la Terre et l'histoire géologique. Par exemple, la distribution des tremblements de Terre à la surface du globe n'était absolument pas liée à la fabrication des chaînes de montagnes. C'était deux domaines totalement séparés. On n'imaginait pas que les tremblements de Terre servaient à fabriquer les chaînes de montagnes. C'est quelque chose qui est apparu avec la tectonique des plaques. Les géologues avaient des grandes phases majeures, qui étaient des phases de construction de chaînes de montagnes mais qu'on ne voyait plus maintenant. On discutait, à la suite de Vening Meinesz et de Van Bemelen si par exemple ce qui se passait à Java, Sumatra, etc., c'était la construction d'une chaîne de montagnes donc les géologues discutaient ça, mais pour eux par exemple les Alpes s'étaient construites à une certaine époque. La dernière grande phase, je ne me rappelle plus, je crois que c'était fin Miocène ou un truc comme ça. Je ne me rappelle plus exactement. Il y avait une phase qu'on mettait universellement qui était la fin des chaînes telles qu'on les connaissait puis après ça a changé. Je crois que c'était le Pontien ou Messinien à partir desquels les chaînes prenaient une manière de faire complètement différente. Donc on n'avait pas compris qu'en fait la fabrication des chaînes était quelque chose de tout à fait continu. Ce qu'on appelait des phases, c'était le passage d'un régime à un autre et non pas du tout le fait que pendant la phase, brusquement, on serrait d'un seul coup et puis on arrêtait de serrer après. Donc il n'y avait pas de dialogue entre la géophysique et la géologie, en tout cas la tectonique, j'entends la tectonique.
183	DO. Oui, pas de dialogue. D'accord. Entre géophysique et...
184	XLP. Tectonique.
185	DO. Et tectonique. D'accord. Et les géophysiciens, eux, cherchaient à expliquer quoi?
186	XLP. A expliquer la Terre.
187	DO. A expliquer la Terre aussi. Mais de quel point de vue?
188	XLP. D'un point de vue géophysique. La physique, la physique de la Terre.
189	DO. La physique de la Terre mais...
190	XLP. Les géologues décrivaient les strates qu'ils observaient et essayaient de reconstruire une histoire qualitative.
191	DO. Oui.
192	XLP. Les géophysiciens, ils mesuraient des paramètres comme le champ magnétique, le champ gravimétrique, le passage des ondes acoustiques dans la Terre etc. et ils en déduisaient la répartition des propriétés physiques.
193	DO. Ca n'allait pas jusqu'à la structure de la Terre?
194	XLP. Si, bien sûr.
195	DO. Si.
196	XLP. Mais pas sur l'histoire de la Terre en tant que telle sauf une histoire par exemple l'histoire d'un point de vue flux de chaleur ou des choses comme ça.
197	DO. D'accord, d'accord. Ils dressaient, on va dire un état actuel de la Terre.
198	XLP. Si vous voulez, mais ils s'intéressaient à ce qui pouvait être quantifié dans l'aspect de la Terre et il faut bien dire que la géologie faisait essentiellement quelque chose qui était description qualitative, enfin une reconstruction qualitative de l'histoire des chaînes. Je vous parle de la tectonique.
199	DO. Oui, oui.
200	XLP. Pas de la géologie au sens large.

16
ANNEXE 1

201	DO. Et, vous parlez des chaînes de montagnes, du côté des océans? Qu'est-ce qui préoccupait les uns, qu'est-ce qui préoccupait les autres?
202	XLP. Les océans n'étaient pas connus. Donc on disait n'importe quoi.
203	DO. On s'y intéressait un peu?
204	XLP. Bien sûr qu'on s'y intéressait mais tant que vous ne connaissez pas! Ils n'étaient pas connus. Moi, quand j'ai été pour la première fois en bateau, c'était en 59. Autour du globe, on a découvert des montagnes qui venaient presque en surface et qui... Personne ne les connaissaient.
205	DO. D'accord.
206	XLP. On a découvert la dorsale au Sud de l'Afrique, qui va dans l'Océan Indien et qui passe au Sud de l'Afrique. Personne ne connaissait. C'est un truc qui fait plus de 1500 km de large. On ne connaissait pas. On racontait n'importe quoi puisqu'on ne connaissait pas.
207	DO. D'accord. Donc voilà un petit peu le contexte des années 50 et du début des années 60. Par rapport au temps, comment les chercheurs... Quelle place, quel rôle les chercheurs donnaient-ils au temps?
208	XLP. Ben, le temps, on savait depuis...
209	DO. Dans les explications.
210	XLP. Depuis la découverte de la radioactivité, on avait progressivement mis au point des méthodes pour dater les roches et d'autre part, on avait trouvé le moyen de dater la Terre. Donc, ça c'est arrivé quand même assez vite... A partir de la seconde guerre mondiale, on avait des idées assez précises, pas trop fausses, sur l'âge de la Terre et sur l'âge des principales époques donc on avait l'idée de l'importance du temps et ça, les géologues avaient toujours dit qu'il fallait beaucoup de temps. Au contraire des géophysiciens d'ailleurs qui s'étaient complètement trompés tant qu'ils n'ont pas connu la radioactivité.
211	DO Oui.
212	XLP. Et puis... Mais de là à savoir qu'est-ce qu'on fait du temps... Tout dépendait... Par exemple, les géophysiciens qui s'intéressaient à l'histoire thermique de la Terre... Eh bien, ils connaissaient les constantes radioactives donc ils faisaient des modèles qui étaient une évolution dans le temps de la thermique de la Terre mais qui était assez inexacte puisque en général la convection n'était pas mise dedans. Ils ne s'intéressaient pas à l'histoire proprement tectonique. Les géologues reconstruisaient dans le temps mais sans avoir une idée précise de la vitesse des processus. Ils construisaient... D'ailleurs, c'est assez frappant de voir que Wegener était très content parce qu'en mesurant la longitude du Groenland, il pensait qu'on avait pu montrer que le Groenland s'écartait de l'Europe à 30 mètres par an et il était très content du résultat. Alors que le taux d'écartement, c'est 2 centimètres. Vous voyez, il y avait un facteur 1 500.
213	DO. Oui.

214	XLP. C'était plus de 3 ordres de grandeur entre ce qu'il pensait raisonnable et ce qui est un fait. Vous voyez, ça montre bien qu'on n'avait pas une appréhension correcte de ce qu'était le temps. Le temps... Ca ne veut rien dire de dire que telle roche a, je ne sais pas, 30 millions d'années etc., si on ne sait pas quelles sont les constantes de temps des processus physiques qui vous permettent de passer du niveau de cette roche à la situation actuelle, quand vous parlez en termes de compréhension de l'histoire de la Terre. C'était ça le grand problème. C'est que les constantes de temps des processus physiques, pas seulement les constantes de temps mais les processus physiques eux-mêmes, n'étaient souvent pas connus et quand ils étaient connus, on se trompait complètement sur leurs constantes de temps. Donc toute reconstruction de l'histoire était fausse.
215	DO. Quand vous dites...
216	XLP. Le temps, c'est pas seulement connaître une échelle. C'est connaître quels sont les processus qui font que vous passez d'une étape à l'autre. Et quelles sont leurs constantes de temps.
217	DO. Et quand vous dites processus, vous pensez à quoi?
218	XLP. A tout ce qui fait que la Terre n'est pas la même chose en ce moment qu'elle l'était, il y a une minute ou 100 000 ans ou 1 million d'années. La Terre est un système extrêmement complexe et il y a des centaines de processus.
219	DO. Oui, par exemple donc...
220	XLP. Je ne sais pas... l'érosion, les mouvements des plaques, la fréquence des séismes, etc... etc.
221	DO. D'accord.
222	XLP. La vitesse de déformation d'un séisme, la vitesse de déplacement donc d'une faille... la vitesse d'un processus de déglaciation, à quelle vitesse s'installe une glaciation. Tout ça, c'est des choses qu'on ignorait totalement et que même maintenant... sur lesquels on n'est pas trop sûrs. La vitesse à laquelle change le taux de gaz carbonique dans l'atmosphère, le taux de mutation qui produit tel changement biologique etc.
223	DO. On a l'impression, avec ce que vous dites, qu'on est passé d'une géologie qualitative à une géologie, enfin géologie et géophysique quantitatives. Est-ce que...
224	XLP. Ah, ça, c'est une certitude. Vous savez, en sciences, tant que vous n'êtes pas dans le quantitatif, vous n'êtes pas vraiment dans la science expérimentale. Donc, c'est sûr qu'à l'heure actuelle, on y est entré de manière évidente pour toutes... y compris pour la paléontologie. Les nouvelles méthodes paléontologiques, donc vous avez un changement radical, très, très profond.
225	DO. Vous avez l'impression qu'il est venu, justement, avec la tectonique des plaques?
226	XLP. Non, non... Ces méthodes ont évolué par elles-mêmes et elles ont continué à évoluer très vite d'ailleurs. Depuis 68, vous avez plein de domaines qui ont avancé à un rythme formidable et de méthodes d'investigation mais tout va dans le même sens, si vous voulez. Alors, on peut dire que, d'une certaine manière, que la tectonique des plaques est arrivée parce qu'il y a une partie de ces méthodes qui ont été inventées à temps... Je sais que la mesure des anomalies magnétiques en mer, la possibilité de forer à très grande...
227	FIN DE LA PREMIERE FACE DE LA CASSETTE

228	XLP. Les méthodes de sismique réfraction qui ont été inventées juste avant guerre, les méthodes de sismique réflexion qui sont apparues après, la mesure du flux de chaleur qui a été inventée par Bullard, toutes ces choses sont des choses qui ont contribué à la découverte de la tectonique des plaques. Vous avez une quantification continue, un changement de méthodes instrumentales, etc.
229	DO. Je reviens à vous à l'époque. Comment dire? Ca m'interroge toujours de savoir pourquoi les anomalies magnétiques ont-elles eu une telle force? Dans votre... Il me semble que dans votre bascule...
230	XLP. Parce que c'était un phénomène tout à fait inexplicable. Il n'existait pas d'autre méthode d'inventer des structures qui avait une symétrie parfaite sur 2 000 km de large par rapport à un axe. Ca n'existait pas, ce genre de structure, donc il fallait quelque chose qui puisse l'expliquer. C'était la seule hypothèse qui était là pour les expliquer.
231	DO. Mais par rapport aux recherches que vous aviez faites et aux documents sur lesquels vous aviez travaillé avant, c'est on va dire la précision de ces enregistrements qui vous a beaucoup intéressé, ou parce que... Il me semble que vous... Oui, vous connaissiez déjà des enregistrements?
232	XLP. Pas du tout. Non, pas du tout. Non, non, c'est un enregistrement qui a été obtenu dans un endroit du globe qui était la dorsale Antarctique, au Sud du Pacifique.
233	DO. Sud Pacifique.
234	XLP. Ce qui était un endroit où la vitesse d'expansion était très rapide.
235	DO. Oui.
236	XLP. Et où le champ magnétique était suffisamment vertical pour produire de magnifiques anomalies magnétiques donc un exemple spectaculaire.
237	DO. D'accord.
238	XLP. On n'avait pas d'autres exemples. Il y avait deux autres exemples où il y avait de la symétrie. C'était au Sud de l'Islande et puis au large du Canada, sur la dorsale au large de Vancouver, la dorsale dite de Juan de Fuca mais là, ça n'avait pas vraiment été reconnu comme des dorsales et on avait des hésitations. Tandis que là, il n'y avait aucune hésitation. Et puis c'était... Le truc était tellement rapide que vous voyiez les moindres détails des inversions magnétiques. Or, ces inversions magnétiques venaient d'être mesurées indépendamment sur terre. On retrouvait tout.
239	DO. On retrouvait tout. Je vais vous demander une petite précision par rapport à la datation des anomalies magnétiques. On les a datées comment? Par rapport au basalte ou par rapport aux plus vieux sédiments les recouvrant?
240	XLP. Les anomalies... Ce qu'on a daté d'abord, ce sont les inversions du champ magnétique et ça, ça a été daté en prenant des séquences en général de laves mais quelquefois de sédiments, enfin de roches volcaniques qui étaient bien datées et dans lesquelles on mesurait c'est normal, inverse, normal, inverse, et on a reconstruit l'histoire des inversions du champ magnétique.
241	DO. D'accord.
242	XLP. On l'a appliqué ensuite aux premières anomalies mesurées dans le domaine océanique. On en a pris l'échelle...
243	DO. D'accord.

244	<p>XLP. Et puis on tirait plus ou moins pour ajuster et ça marchait bien. Et puis ensuite, vous avez eu... Quand on a étendu beaucoup plus loin, alors là, ça devenait très difficile, quand on se retrouvait à des âges de 15-20 millions d'années, on n'arrivait plus à avoir la séquence à partir de la terre donc c'était trop difficile. Il y avait trop d'inversions. Donc là, on l'a fait... On a vérifié les âges qu'on avait extrapolés en supposant des taux comparables et en comparant les séquences d'anomalies d'un océan à l'autre. Donc on disait, donc là, avec ce taux là, on doit arriver à ce moment là à 35 millions d'années alors on forait et puis on vérifiait qu'on était bien dans l'Oligocène. Voilà. Donc après, ça a été vérifié comme ça. En général, on datait les sédiments qui étaient juste au-dessus parce que c'est très facile à faire avec les fossiles dedans. Souvent, en mer, il y en a. Ou sinon, dans un certain nombre de cas, on a daté les laves elles-mêmes. Et assez souvent, aussi ce qu'on faisait, c'est qu'en forant suffisamment, vous aviez les laves et puis vous retrouviez un niveau de sédiments, parce que la coulée avait repassé par-dessus les laves, puis on retrouvait les laves donc on essayait de dater des couches sédimentaires à l'intérieur des laves donc qui faisaient partie de l'époque où les laves étaient en éruption et vraisemblablement, pratiquement à l'axe de la dorsale.</p>
245	<p>DO. D'accord. Autre question là, un peu générale. Tout ça parce que ça m'intéresse par rapport au fonctionnement des élèves. Comment construisez-vous, d'une façon générale, l'histoire d'un fond océanique? Comment vous faites pour parler de l'évolution d'un fond océanique? Par exemple de son histoire.</p>
246	<p>XLP. Dans le cas d'un fond océanique, c'est relativement simple puisqu'il est fabriqué à l'axe d'une dorsale et puis ensuite il va s'écarter et un jour il va disparaître dans une fosse. Donc, il y a une naissance, il y a un vieillissement et puis il y a une mort.</p>
247	<p>DO. Oui.</p>
248	<p>XLP. Donc il suffit de suivre les choses et tout cela s'explique très bien. Ca va progressivement s'approfondir parce que ce qu'il y a en dessous se refroidit, ça se contracte, ça va progressivement se couvrir de sédiments. Il va y avoir une couverture d'abord de sédiments dits pélagiques, c'est-à-dire ceux qui viennent de la surface des océans, de sédiments dits terrigènes, ceux qui viennent de l'érosion des continents. Il peut y avoir couverture et puis en fin de compte vous arrivez dans la fosse, ça va se déformer en partie avant de plonger dans le manteau. Alors, à cela on peut rajouter des processus d'érosion. Il y en a un petit peu dans les océans, des processus principalement de vieillissement général, c'est-à-dire d'altération des sédiments, de consolidation des sédiments, de perte en eau, d'altération des roches, des verres volcaniques etc. C'est exactement comme l'histoire d'une personne. De la naissance à la mort, avec telle histoire de son corps.</p>
249	<p>DO. Et vous, comment dire, vous avez changé dans les points d'étude de ces fonds océaniques, au cours de votre carrière? Vous avez déplacé certains de...</p>

250	XLP. Les techniques ont tellement évolué, si vous voulez, que ce n'est pas du tout pareil. Les techniques ont fait des progrès prodigieux depuis l'époque que j'ai connue. Et en particulier, il y a eu l'utilisation des submersibles qui a été une étape importante. J'ai été à l'origine du développement de l'utilisation des submersibles avec l'expédition qu'on a appelée Famous, Famous l'exploration de la dorsale médio-Atlantique. Et puis ensuite, j'ai été à l'origine de l'exploration des grandes fosses, au départ en Méditerranée orientale et au Japon. Donc, il y a eu ça. C'était un ensemble de techniques. Mais il y a eu en même temps de nouvelles techniques de sondage, de nouvelles techniques à partir d'engins qu'on traîne sur le ponts. Tout cela, ça a énormément changé. Vous avez les techniques de sismique réflexion qui ont fait, elles aussi, fait des progrès prodigieux ainsi que les techniques de sismique réfraction. En tout cas, la manière d'appréhender l'étude des océans a radicalement changé. Aussi l'étude de l'utilisation des satellites pour l'activité de... le niveau de la mer et à partir de là, avoir une idée de la topographie, les effets gravimétriques etc. Donc c'est ce changement énorme qui fait qu'on ne considère plus du tout de la même manière l'étude de l'océan. Ca, ça a changé beaucoup. Et puis alors, en plus, dans une carrière de recherche, vous savez, vous passez d'une chose à une autre. Moi, je ne travaille pas que sur les océans. Je travaille sur la tectonique en général. Par exemple, à l'heure actuelle, je termine un article sur la faille Nord-Anatolienne, qui n'est pas spécialement océanique. Donc, vous avez des évolutions. Vous vous intéressez à un problème et puis vous passez à un autre pour diverses raisons. Moi, j'ai la chance d'être dans un métier où je peux choisir mon objet de recherche. C'est moi qui le décide.
251	DO. Oui.
252	XLP. Donc je choisis ce qui m'intéresse à un moment donné en fonction des opportunités qu'il y a.
253	DO. Vous, vous qualifiez de géophysicien, de géologue, d'historien? Comment vous...
254	XLP. Les géophysiciens disent que je suis géologue et les géologues disent que je suis géophysicien.
255	DO. Ca rappelle... Qu'est-ce que ça veut dire ça justement? Qu'est-ce que...
256	XLP. Ca veut dire que j'ai toujours fonctionné depuis mon début en m'intéressant un peu à toutes les disciplines. Donc, ça a un avantage, c'est que vous avez une culture très large et vous comprenez à peu près ce qui se fait dans l'ensemble des disciplines. Ce qui dérange dans les sciences de la Terre à l'heure actuelle, c'est qu'on utilise toutes les disciplines physiques et chimiques XXX. Ca a un inconvénient, c'est que vous n'êtes pas ultra-spécialisé dans un domaine particulier. Enfin, c'est clair quand même que j'ai une spécialité forte sur tout ce qui touche la tectonique des plaques, et plus particulièrement l'aspect cinématique, c'est-à-dire tout ce qui touche les déplacements et les déformations liés à la tectonique des plaques. Ma chaire au Collège de France est une chaire dite de géodynamique. C'est quand même là que je suis le plus pointu.
257	DO. D'accord. Historien?
258	XLP. Historien, pas du tout. Je m'intéresse à l'histoire mais je ne suis pas du tout historien.
259	DO. Non, mais historien, je veux dire... Historien dans le sens: est-ce que vous allez du côté de la géologie historique?
260	XLP. Pas du tout, pas du tout.
261	DO. Donc... Pourtant vous parlez d'histoire des océans, donc l'histoire qui vous concerne...

262	XLP. Oui, mais je n'ai pas du tout l'aspect d'historien. Moi je m'intéresse avant tout aux processus. Ca ne m'a jamais intéressé de reconstituer l'histoire d'un bassin océanique par exemple. J'ai eu à me servir... Si, j'ai fait un ou deux articles sur le paléo-environnement. En reconstituant... Mais il y a longtemps, au tout début... Parce que ça commençait à naître, pour essayer de voir comment changeaient les courants, les dépôts sédimentaires etc. Parce que je me suis intéressé aux processus sédimentaires. Quand j'étais aux Etats Unis, j'ai beaucoup travaillé sur la sédimentation profonde, les courants profonds. J'ai fait les premières mesures de courants profonds. C'est là que j'ai découvert qu'il y avait des courants profonds qui étaient très rapides, qui pouvaient aller jusqu'à 4-5 km/h. Je me suis intéressé, au début de la découverte de ce qu'on appelait les couches néphéloïdes. Ce sont des couches qui sont de la vase en suspension qui peut être transportée extrêmement loin. Je m'y suis intéressé mais je suis toujours dans les processus.
263	DO. Et dans les processus actuels?
264	XLP. Actuels.
265	DO. Actuels.
266	XLP. Je travaille toujours à partir des processus actuels et je m'en sers pour expliquer des situations antérieures.
267	DO. D'accord. Et comment dire... Quelle place donnez-vous à... Dans votre activité de recherche, quelle place donnez-vous à la modélisation? Comment ça s'articule, tout cela?
268	XLP. Centrale, centrale... Il n'y a pas de... Il n'y a pas de sciences expérimentales sans modèle. Dans notre domaine, c'est la seule méthode puisque nous n'avons pas la possibilité de répéter les expériences. On ne peut pas refaire ce qui s'est passé il y a un million d'années ou il y a 10 000 ans. Donc nous n'avons pas... ce n'est pas de la physique ce que nous faisons. Donc notre seule méthode, c'est de faire un modèle et de voir s'il répète ce que nous avons.
269	DO. D'accord. Et par rapport à... Je reviens toujours aux océans, et au fonctionnement des océans. Vous étiez parti de données. On vous a mis en main au Lamont des données. Comment les avez-vous utilisées par rapport justement au modèle? Comment ça se passe?
270	XLP. Ce n'est pas comme cela que ça se passe. On regarde les données. On observe ce qu'on croit être leur caractéristique fondamentale. Et après, on réfléchit à des possibilités de les expliquer. Et c'est là qu'on commence à élaborer des modèles. Dans le cas particulier, je vous ai parlé de la réfraction. Bon, on observait un Moho qui monte. Bon, alors la première explication, c'est qu'ils s'étaient trompés. Donc on a commencé par regarder les données. Vous voyez si effectivement, la phase sismique qui correspond au Moho a bien... S'ils ne se sont pas trompés, si c'est au bon endroit, pour vérifier des choses. Mais une fois que vous avez établi cela, vous vous dites, qu'est-ce qui peut se passer? C'est certain que le Moho remonte, c'est certain que la gravimétrie est bonne donc il doit y avoir autre chose donc là vous vous dites, il faut donc qu'il y ait une masse relativement négative qui est en dessous. Donc, j'ai dit, il y a une masse négative qui est dans le manteau. C'est comme ça qu'on procède donc j'ai élaboré un modèle à partir de ça.
271	DO. D'accord. Et vous avez essayé de... Ce modèle, vous essayez sans cesse de le faire fonctionner?
272	XLP. Pas sans cesse mais à cette époque, vous aviez un ensemble de données. Vous avez un modèle que vous pensez qu'il explique. Vous publiez.
273	DO. Oui.

274	XLP. Bon, s'il y a de nouvelles données qui arrivent ou que c'est mis en cause par tel ou tel autre, il y aura un autre modèle qui sera mis en place, ou qui élabore sur celui-là ou qui le contredit. Et puis... On le voit à chaque fois. Et ça passe par une série d'étapes successives.
275	DO. D'accord.
276	XLP. Qui à chaque fois sont soit des raffinements soit carrément, on rejette le modèle antérieur parce que des nouvelles données le contredisent. Un modèle explique les données qui sont disponibles. En principe.
277	DO. Oui. Un modèle explique des données disponibles. Et, comment dire... Est-ce que dans les données, est-ce que vous faites une distinction, dans les données disponibles, entre des données à expliquer et des données qui servent d'appui au modèle? Est-ce que je me fais bien comprendre?
278	XLP. Non, non, vous ne faites pas de distinction. Vous repérez les données que vous pensez être importantes et critiques. Alors là, il y a toujours un choix et puis ensuite, vous faites votre modèle en fonction de cela.
279	DO. Oui, il y a un choix quand même. Il y a un choix.
280	XLP. Forcément. Il y a surtout un choix pour le géologue. Quand on mesure, non, il n'y a pas tellement... Parce que ce qu'on a mesuré, on l'a mesuré.
281	DO. Oui.
282	XLP. Mais le géologue par exemple, il choisit ce qu'il va observer. Et, si vous avez 3 géologues, ils ne vont pas nécessairement faire la même carte.
283	DO. Oui.
284	XLP. Il y a une époque où il y a des choses qui intéressent. Il y a XXX.
285	DO. D'accord.
286	XLP. C'est vrai que dans l'ensemble des paramètres... De toutes les façons, on fait toujours un choix de paramètres. Si par exemple, je choisis d'expliquer plutôt telle structure, la sismique réfraction que le flux de chaleur, parce qu'il y en a un qui colle mieux que l'autre. J'accorde plus de poids à l'un qu'à l'autre. En fonction d'un XXX.
287	DO. Et alors, à l'époque, quand vous avez travaillé, vous disiez qu'il y avait eu une sorte d'enchaînement. Il y a d'abord eu les données de la sismique réfraction, puis la gravimétrie, puis...
288	XLP. C'est moi qui ai choisi comme ça. Ce n'est pas et puis, c'est que j'ai choisi de faire cela successivement pour prendre toutes les différentes données disponibles qui permettaient de décrire la dorsale.
289	DO. D'accord. D'accord. Je vais terminer, si vous voulez, par une question. Selon vous, quels sont les types d'obstacles rencontrés par les recherches sur les fonds océaniques? Quand on travaille sur les fonds océaniques, quels sont les grands types d'obstacles que l'on a?
290	XLP. Je ne vois pas très bien quelle est votre question. Je ne comprends pas.
291	DO. Si vous voulez, de quoi doit-on se méfier quand on travaille sur les fonds océaniques? Qu'est-ce qui risque de bloquer la pensée un petit peu?
292	XLP. Je ne comprends toujours pas!
293	DO. Bon.
294	XLP. Je suis désolé mais je ne vois pas.
295	DO. Oui, oui... Non, non, vous ne pensez pas que, comment dire, des...

296	XLP. Il y a plein de choses qui peuvent vous bloquer. Je ne peux pas vous dire mais par exemple c'est sûr que si vous êtes habitué à travailler à terre et que vous transportez sans faire attention votre méthode de penser dans le domaine océanique, vous allez complètement vous planter. C'est évident.
297	DO. Pourquoi?
298	XLP. Eh bien, les méthodes... Par exemple, l'érosion n'a rien à voir. Le taux de sédimentation n'a rien à voir. Le taux de sédimentation est peut-être 1 000 fois, 10 000 fois plus petit et l'érosion est beaucoup plus lente, sauf dans certains endroits où elle peut être par contre spectaculaire etc. La manière de fabriquer la croûte est totalement différente. Le volcanisme n'est pas le même. Enfin tout est différent. C'est comme si vous vouliez appliquer vos idées sur la Terre en débarquant sur Mars. L'environnement est tellement différent que vous allez vous tromper à tous les coups. Vous comprenez?
299	DO. Oui, oui, oui. Ca veut dire que...
300	XLP. C'est comme si je voulais étudier, je ne sais pas, la physiologie d' un mille pattes à partir de mes idées sur la physiologie de l'homme. C'est probablement très différent.
301	DO. Donc, il y a une spécificité de l'objet d'étude?
302	XLP. Oui, c'est-à-dire que les processus changent. En fin de compte, quand vous étudiez quelque chose, vous vous occupez de phénomènes qui sont produits par des processus. Si les processus sont radicalement différents et que vous transportez vos idées implicites sur les processus que vous avez dans le domaine continental, à terre. Par exemple, vous dites, et bien à terre la faille elle est érodée en... En 30 ans, c'est fini, on ne voit plus la trace du tremblement de terre. Cela doit être pareil en mer. Et bien vous vous trompez complètement.
303	DO. Mais il n'y a pas un fond de lois qui se maintient? Non? De principes? Non?
304	XLP. Et bien si. La loi de la gravitation est partout la même.
305	DO. Oui, c'est ça. Donc...
306	XLP. Il y a aussi la radioactivité qui ne change pas. Je veux dire, cela n'empêche pas que le processus sédimentaire, le processus érosionnel, même la fabrication des laves!
307	DO. Même la fabrication des laves?
308	XLP. Bien sûr! Elle peut être faite sous pression, sous de l'eau qui la gèle immédiatement etc. C'est différent. Le manteau n'est pas le même. Vous n'avez pas une lithosphère entre les deux qui peut se... Une croûte continentale qui intervient et contamine etc.
309	DO. Oui, donc, on voit un certain nombre de difficultés à s'attaquer au domaine océanique, là. Par rapport...
310	XLP. Enfin, non, pas plus que... Il y aurait exactement les mêmes problèmes pour quelqu' un qui n'a travaillé qu'en domaine océanique et qui vient travailler en domaine continental.
311	DO. Mais par ailleurs...
312	XLP. Quelqu'un qui a étudié les zoulous et puis qui, brusquement, veut appliquer cela à l'étude des esquimaux. Et bien, ce ne sera pas tout à fait pareil.
313	DO. Mais on n'est pas devant une sorte de... comment dire, de tension entre la nécessité d'étudier la Terre comme un système entier et...
314	XLP. Un système entier mais où les processus sont variables, ont des constantes de temps extrêmement diverses. Donc il faut se rendre compte de comment il varie et pourquoi. C'est ce qui fait la grande difficulté de l'étude d'un corps comme la Terre.
315	DO. D'accord.

24
ANNEXE 1

316	XLP. Voilà.
317	DO. Eh bien, écoutez , je vous remercie.
	FIN DE L'ENREGISTREMENT

COMPTE RENDU DE L'ENTRETIEN AVEC M. André MICHARD,
Professeur émérite à l'Université de Paris XI
Mardi 6 février 2001, ENS, PARIS

Compte rendu réalisé par Denise Orange

A. Michard se présente comme un tectonicien qui utilise les outils de la géologie structurale sans s'enfermer dans un domaine: il étudie les massifs ophiolitiques mais travaille également sur des chaînes de montagnes sans ophiolites. L'intérêt des ophiolites vient du fait que ce sont de bons marqueurs de domaines océaniques (des marqueurs plus explicites que les sédiments), qui donnent la possibilité de connaître l'ampleur des phénomènes de rapprochement.

Mise en place des ophiolites: les points de controverse actuels

La communauté scientifique actuelle dans son ensemble reconnaît une origine océanique aux ophiolites et admet que leur mise en place sur les marges continentales (obduction) se fait dans un contexte de subduction au sens large.

Les points de controverse portent sur la largeur de l'océan géniteur (exemple: l'océan alpin avait-il 300 ou 1000 km de largeur?), ou sur des précisions d'ordre secondaire relatives aux particularités de cet océan (exemples: y avait-il à l'origine une dorsale rapide ou lente? Y a-t-il eu une subduction intra-océanique?).

L'affinement du modèle (exemple: écaillage ou non de la plaque plongeante ou de la plaque chevauchante, présence ou non d'un arc insulaire) relève de discussions de spécialistes.

Les scénarios de mise en place des ophiolites

Tout scénario s'élabore dans le cadre de la tectonique des plaques et plus précisément avec les contraintes imposées par la paléodynamique des plaques. Ses caractéristiques se définissent entre deux pôles "extrêmes":

Une mise en place hors collision (exemple: Oman).

En voici la chronologie:

1) Régime de divergence de plaques et fabrication d'un océan.

2) Passage d'un régime de divergence à un régime de convergence et formation d'un plan de fracture au niveau d'une dorsale ou d'une faille transformante.

3) Régime de convergence et charriage d'un pan de plaque océanique sur une marge continentale.

La durée totale est estimée à quelques dizaines de millions d'années, dont une dizaine pour les épisodes 2 et 3 (de 90 Ma à 80 Ma pour Oman).

L'estimation de la durée recourt à un encadrement temporel des ophiolites grâce à des données stratigraphiques et isotopiques; elle prend également en compte la vitesse de déplacement des plaques.

A. Michard signale qu'il peut être difficile de se représenter les millions d'années nécessaires à la réalisation de tels phénomènes, mais que le recours à un exemple biologique comme l'évolution de l'homme peut aider à se rendre compte de l'étendue du temps.

Une mise en place synchrone d'une collision (exemple: Alpes)

Parce que l'océan géniteur a une faible largeur, les ophiolites s'y trouvent mises en place quasiment en même temps que se fait la collision continentale. Ainsi les ophiolites alpines (Qeyras, etc...) sont-elles mises en place lors de l'enfoncement de la zone Briançonnaise sous la marge apulienne (faible largeur de l'océan alpin). Dans cette situation, la durée de la collision n'excède guère 5 Ma et le raccourcissement 400 km.

Problèmes à résoudre et données utilisées

Fondamentalement, le géologue tente de comprendre comment s'est faite réellement la mise en place des ophiolites et d'estimer la dimension de leur charriage. La reconstitution des étapes successives n'est pas aisée car elle demande de déjouer les pièges tectoniques tardifs qui cachent ce qui s'est passé. Sur l'exemple d'Oman, on peut évoquer l'empreinte de mouvements tardifs à vergence Nord dans le soubassement métamorphique des ophiolites, alors que leur charriage s'est fait du Nord au Sud! Sur l'exemple du chapelet d'ophiolites allant de Chypre aux Alpes françaises, A. Michard évoque, après l'obduction, la survenue de déformations conduisant à des charriages surimposés et la migration de la zone de subduction vers le Sud.

Les données utilisées pour comprendre ce qui s'est passé

La compréhension de la formation d'un massif ophiolitique passe par une confrontation de données relatives à ce massif à des modèles explicatifs possibles (notamment modèles informatiques). A. Michard donne quelques unes de ces données: le positionnement

géométrique des corps ophiolitiques étudiés, l'âge des roches ophiolitiques et des roches qui les joutent, l'inventaire des épisodes tectoniques et métamorphiques.

Le "terrain" complété par le "laboratoire" est indispensable: il est ce qu'on explique et en cela il est source de problèmes, mais il est également source de données pour expliquer (exemple: la présence de glaucophane et autres minéraux de haute pression-basse température qui signe une subduction ou l'obduction d'une masse lourde), pour mettre à l'épreuve le modèle, pour convaincre les pairs. La cartographie s'avère également précieuse.

Des résistances à l'idée de charriage.

A. Michard précise qu'historiquement, le concept de charriage s'est imposé avec difficulté. Il était encore discuté au début du 20^{ème} siècle. Actuellement, certains chercheurs minimisent de tels déplacements: cela les conduit à donner une origine autochtone aux ophiolites et à voir autant de petits océans qu'il y a d'alignements ophiolitiques.

Le terrain sert à convaincre mais son interprétation n'est pas neutre. Ainsi, parce que des formations géologiques récentes recouvrent les plus anciennes, tout n'est pas directement accessible à l'étude.

Il faut procéder à des interpolations entre affleurements pour "combler les blancs". Cela fait qu'il entre toujours une part de subjectivité.

A. Michard conclut en disant que le terrain est toujours l'addition de subjectivités issues d'une culture, d'une carrière, et de l'expérience dans le domaine.

La construction de l'histoire d'un massif ophiolitique

Reconstituer un scénario tectonique, c'est retrouver "des évènements" et "de l'espace" vraisemblables dans le contexte de la paléodynamique des plaques.

Dans le détail, la compréhension d'un massif ophiolitique encore peu étudié (exemple: un massif de l'Alaska) requiert tout d'abord d'épuiser la bibliographie en rapport avec le sujet (travaux sur les ophiolites d'Oman, des Alpes, de l'Himalaya ...). Il est ensuite indispensable de recueillir un ensemble fourni de données de terrain (mesures de pendages, position des plans de schistosité et linéation, étude des fossiles, prélèvement d'échantillons...) complété d'un long travail au laboratoire (étude des nannofossiles, des minéraux métamorphiques avec identification au microscope et à la microsonde, des micas à des fins de datations au K/Ar, des zircons pour la méthode U/Pb ou pour les traces de fission, des échantillons orientés pour mieux comprendre les relations schistosité/métamorphisme, des échantillons utiles pour faire du paléomagnétisme...). De nombreuses discussions entre collègues accompagnent toutes ces

investigations. Elles portent sur la largeur et la situation initiale de l'océan, la localisation des sutures etc. Un tel travail s'achève par une ou plusieurs publications.

A. Michard dit que jamais quelque chose n'a valeur de preuve dans le domaine des reconstructions paléogéodynamiques: des données donnent des indications fortes mais la preuve est l'exception. Les fossiles sont sans doute les plus fiables (fossiles stratigraphiques ou de faciès) mais il est vrai que l'on peut rencontrer avec eux certaines incertitudes (des foraminifères peuvent être remaniés dans des terrains plus jeunes qu'eux...).

Il ajoute que la construction d'un scénario explicatif et fonctionnel n'est pas linéaire. On entre dans ce scénario "par tous les bouts", on gère simultanément ses différents moments et on procède à des allers et venues incessantes entre eux afin de construire un système qui fonctionne. La toile de fond reste cependant le cadre de la tectonique des plaques. M. Michard précise que la mise en cohérence du scénario local avec "le grand ballet des plaques" ne pose pas de grosses difficultés en termes d'espace, car ce cadre général (fixé par les anomalies magnétiques des océans actuels) laisse une marge de manoeuvre allant jusqu'à quelques centaines de km.

Temps, ophiolites et chaînes de montagnes

Le questionnement sur le temps en rapport avec les ophiolites revient à un questionnement sur le temps en rapport avec la formation des chaînes de montagnes.

On peut distinguer plusieurs périodes dans la formation d'une chaîne de montagnes:

- des périodes caractérisées par un régime de divergence, où se forment des roches magmatiques;
- des périodes marquées par un régime de convergence, où se forment des roches métamorphiques.

Plusieurs outils sont utilisés pour tenter un découpage du temps:

- 1) L'étude de l'évolution d'associations de minéraux du métamorphisme. Les géologues travaillent à l'échelle microscopique: dans des lames minces de roches, ils repèrent l'apparition de minéraux de haute pression, dans d'autres, la disparition de certains de ces minéraux. Il y a donc des moments, pas très faciles à délimiter, où le minéral a grandi.
- 2) L'étude des déformations (plissement...). Les géologues remarquent que ce ne sont pas des processus partout synchrones. On ne peut pas parler sans précaution de phase à l'échelle de la chaîne.

De ces études, on comprend que "mettre en histoire" la formation d'une chaîne de montagne a moins de sens que "raconter l'histoire" d'une unité donnée parce que les processus de transformation de minéraux ou de création de structures n'ont pas été partout synchrones. En revanche, pour une unité donnée, on peut repérer des marques d'un enfoncement continu ou d'une remontée continue et envisager entre ces différentes périodes d'évolution un changement de régime (exemple: inversion d'un mouvement), qui s'installe avec une certaine progressivité (et donc présente une certaine continuité), à la manière de la période du solstice pour les saisons.

La brutalité des phénomènes géologiques existe (voir les séismes) et on peut également imaginer l'accélération brusque d'un phénomène continu. On conçoit par exemple que des phénomènes plus catastrophiques aient contribué à une modification du mouvement des plaques, ou aux inversions des pôles magnétiques du globe.

Ce qui, dans la nature actuelle, aide à la compréhension des ophiolites.

Les géologues identifient, dans la nature actuelle, des zones où il existe un cisaillement intraocéanique et même des zones où une obduction est en cours. C'est le cas des chevauchements ophiolitiques de Nouvelle Calédonie, Nouvelle Guinée, ou Taïwan.

Une comparaison du travail du géologue à celui de l'historien

	Géologue	Historien
Différences	Temps long	Temps court
Ressemblances	- La recherche ardue d'une documentation (les traces sont plus ou moins effacées selon leur éloignement dans le temps) - La reconstitution de scénarios comprenant une suite d'évènements et des rapports de causalité entre eux.	

Les tendances dont doit se méfier le géologue

A. Michard en signale plusieurs :

- L'enthousiasme: c'est "s'emballer sans critiquer".
- La vanité: c'est penser que seule sa solution est la bonne.
- L'impulsivité.

Cela peut conduire à des publications insuffisamment documentées et au fait que des chercheurs à grande audience soient crus, même s'ils se trompent.

- La paresse: produire une publication de qualité est un exercice lourd et difficile: elle doit être documentée pour être probante, pas trop dense pour être lue et comprise.
- En ce qui concerne les risques liés à la vulgarisation, ils sont minimes car les ophiolites intéressent peu le grand public aujourd'hui. Il reste qu'il n'est pas facile de rendre simple sans trahir.

La faisabilité d'un exercice donné à des élèves de Première S

Nous avons proposé à A. Michard de juger de la faisabilité d'un exercice sur les ophiolites alpines. Cet exercice a été donné à des élèves de première S maîtrisant les aspects globaux de la théorie de la tectonique des plaques (accrétion, subduction, collision).

A. Michard a relevé plusieurs points rendant l'exercice difficile pour un élève:

- La difficulté de passer d'une connaissance générale des plaques à l'explication d'un exemple régional.
- Le difficile accès aux documents de part la qualité de leur reproduction ou leur incomplétude. Précisons:
 - * pour le document 2: la photographie est nulle tant la photocopie est sombre.
 - * pour le document 3: il est regrettable qu'il ne porte pas d'échelle, même s'il peut s'ajuster au document 2; de plus, il présente des éléments non légendés (exemple: les enclaves et les filons; il y a un choix à faire entre les légender et les expliciter ou les supprimer) ou insuffisamment explicités (exemple: zone détritique; il y a nécessité à préciser qu'il s'agit d'une brèche à éléments de gabbros).
 - * il n'y a pas de cohérence entre la carte (document 1) et la coupe (document 3).

Confrontés à la difficile entrée en tectonique des élèves, A. Michard suggère des aides: par exemple, une carte avec le mouvements des plaques ou une modélisation analogique. D'ailleurs, dit-il, les géologues eux-mêmes ont besoin d'images. C'est généralement par elles qu'ils entrent dans une publication.

ENTRETIEN AVEC M. André BRACK,
Directeur de Recherches CNRS
Jeudi 1er février 2001, Centre de biophysique moléculaire d'ORLEANS

Transcription réalisée par Denise Orange

Dans la transcription:

AB: André Brack

DO: Denise Orange

XXX : signale des propos inaudibles

1	DO. Voilà alors je m'intéresse à l'utilisation explicative du temps chez les lycéens et comme je vous l'avais dit dans la lettre, je ne traite pas de tous les domaines de la géologie parce que ce serait bien sûr trop important. J'ai sélectionné quelques domaines: il y a donc les ophiolites, il y a le fonctionnement d'une dorsale et la formation des fonds océaniques et puis l'origine de la vie.
2	AB. D'accord.
3	DO. Voilà. Alors ce qui m'intéresse c'est de... Enfin j'essaie de comprendre ce que font les élèves et comment ils utilisent le temps. Bien souvent ça naît d'un décalage entre ce que j'attends et ce qu'ils font. Et pour éclairer ça, comme c'est pas facile quand même, même pour les élèves, hein, c'est pas facile, j'aurais bien aimé avoir le point de vue donc d'un, de chercheurs. C'est pourquoi voilà, je, ça m'intéresse... J'ai préparé quelques questions.
4	AB. D'accord.
5	DO. Sur l'origine de la vie et voilà. Alors, on les prend, on se donne, je vous avais dit, une heure et demie maximum?
6	AB. Oui. D'accord.
7	DO. Je n'abuse pas de votre temps?
8	AB. Non, non, non, c'est très bien.
9	DO. Je prends une heure et demie. Alors, d'abord, j'aurais bien aimé... savoir quels sont les modèles, savoir quels modèles scientifiques, de l'origine, enfin quels modèles explicatifs de l'origine de la vie retiennent plus particulièrement l'attention des chercheurs actuellement?
10	AB. Bien. Alors... Indépendamment de la notion de temps. On va peut-être y revenir plus tard.
11	DO. Oui, voilà, c'est ça.

12	<p>AB. Sous forme d'une synthèse. Parce que le temps nous intéresse beaucoup. A deux titres et on le retrouvera tout au long du... on le retrouve tout au long du travail. Les deux dimensions du temps: le temps durée et la flèche du temps donc ces deux aspects nous concernent directement. Alors en ce qui concerne l'origine de la vie, bon il y a, je peux pas à proprement parler d'hypothèses mais je peux vous dire les grandes lignes de, donc pour comprendre l'origine de la vie On pense d'abord que la vie est apparue, d'après ce que l'on croit savoir, il y a environ 4 milliards d'années. Donc ça c'est une borne qu'on se met, 4 milliards d'année, et pour comprendre donc, ça s'est passé dans l'eau, ça c'est accepté par tous puisque la vie a passé 90% de son histoire dans l'eau donc l'évènement se passe dans l'eau et l'évènement se passe avec des systèmes chimiques qui étaient présents dans l'eau et qui ont acquis une propriété, enfin deux fonctions fondamentales qui sont la capacité à s'autoreproduire et la capacité à évoluer. Donc ça, ça ça caractérise, si vous voulez, des systèmes qu'on essaie d'identifier. Et alors, pour identifier ces systèmes, on a deux approches: la première consiste à faire ce que j'appelle l'archéologie; donc on cherche dans les sédiments les plus anciens pour voir s'il n'y aurait pas de traces fossilisées de ces structures. Alors, d'une manière très schématique, le, ces systèmes chimiques qui se sont mis à vivre et qui est vraiment le déclic, a été un déclic fantastique sur Terre, ces systèmes chimiques, on peut les comparer à des petits automates chimiques. Empédocle, donc au V-VI^{ème} siècle avant Jésus-Christ voyait l'origine de l'homme comme des têtes, des troncs, des bras, des jambes qui jonchaient le sol et qui se sont rassemblés par hasard et qui ont formé un être humain. Et donc, nous, on transpose cette image aux molécules. Donc, il y a eu des pièces de ces automates qui étaient présentes et qui se sont reconnues, organisées et qui sont, et qui soudain ont formé un automate qui a eu ces propriétés donc d'autoreproduction et d'évolution. Alors ça, il faut qu'on explique, il faut qu'on retrouve, qu'on comprenne à quoi ressemblaient ces automates et donc on a deux approches: c'est d'une part de rechercher des formes fossiles de ces automates, dans les sédiments les plus anciens et l'autre approche consiste à essayer de reconstituer en tubes à essai des automates qui auraient, très simples, qui auraient ces fonctions. Avec les ingrédients que l'on suppose être présents ou avoir été présents sur la Terre primitive. Donc, ça c'est deux démarches et dans la démarche pour l'archéologie, on est limité actuellement à des, les bactéries fossilisées les plus anciennes trouvées dans les sédiments; elles sont vieilles de 3,4- 3,5 milliards d'années. Donc on est loin du compte, on est loin des 4 milliards. Et il est, on a peu d'espoir de trouver des automates fossilisés, enfin par automate j'entends, c'est une image, ces automates fossilisés plus anciens parce que, on a eu beaucoup, le temps a joué contre nous. Le temps durée, hein? 4 milliards d'années, c'est vraiment long donc là le temps est un facteur d'effacement de ces traces puisque le temps a permis la tectonique des plaques dont vous parliez, hein, la géologie. Le temps a permis aussi la présence d'eau en permanence et donc sur 4 milliards d'année l'eau a, par l'érosion, a contribué à effacer des traces, également au début on n'a pas l'oxygène de l'atmosphère donc les UV, tout ce qui est en surface est détruit par les UV puisqu'il n'y a de couche protectrice d'ozone et la quatrième calamité, que j'appelle calamité, c'est la vie elle-même qui a dû, qui est un prédateur fantastique pour ces automates et qui a donc réutilisé les pièces et également qui a produit beaucoup d'oxygène et qui s'est mis, qui s'est accumulé dans l'atmosphère à partir d' il y a 2 milliards d'années. Donc, et l'oxygène est un poison pour les pièces. Bien sûr. Donc la démarche, l'archéologie, gros handicap pour nous, c'est le temps. C'est les 4 milliards d'années qui ont effacé les traces. Donc déjà le temps durée.</p>
13	<p>DO. Voilà, oui. Oui, oui... Et qu'est-ce qui vous fait placer l'origine de la vie plutôt du côté de 4 milliards d'années?</p>
14	<p>AB. Alors, ça c'est, c'est la présence, il faut de l'eau. On pourrait même, on pourrait la rendre plus ancienne que ça encore. Mais enfin, il faut d'abord que la Terre soit hospitalière donc et il a fallu qu'elle se refroidisse, il fallait que les continents apparaissent. Au départ, on pense qu'il y avait beaucoup de gaz carbonique dans l'atmosphère qui provient du dégazage du manteau, donc la Terre a exhalé d'énormes quantités de CO₂, du gaz carbonique et donc là l'effet de serre est certainement très important, température élevée et les continents sont importants parce que les continents par l'érosion, si vous avez de l'eau, assez rapidement, vous avez donc dissolution du gaz carbonique dans l'eau, dans la pluie et vous avez formation de calcaires par, parce que les sels minéraux sont lavés par la pluie, les sels minéraux des continents hein, et donc il est important d'avoir des continents. Alors on sait pas très bien, on n'arrive pas à dater l'apparition des continents. Il y a eu récemment des publications où ils auraient trouvé des petites, des petits nodules minéraux qu'on trouve dans les granites, les zircons, qui seraient vieux de 4,4 milliards d'années. Donc, ça, ça voulait dire que les continents sont apparus relativement tôt, sous forme de proto-continents, mais là c'est un grand débat encore. Donc il faut, 4 milliards d'années, c'est bien. On est sûr qu'il y a 4 milliards d'années la Terre était hôtospitalière niveau température, pas au niveau des bombardements. C'est un autre problème.</p>

33
ANNEXE 3

15	DO. Voilà oui. Et même si les processus que vous envisagez se font dans l'eau, on peut dire que les, les bombardements, le bombardement météoritique à pu perturber ça, même dans l'eau.
16	AB. Tout à fait, tout à fait, tout à fait, bien que, au fond des océans, les océans enfin une grosse épaisseur d'eau a dû protéger quand même de la plupart des impacts, sauf des très gros impacts qui ont pu évaporer toute l'eau.
17	DO. Voilà.
18	AB. Mais donc 4 milliards d'années c'est une, je dirais c'est une fourchette confortable pour les conditions de la Terre et donc ça c'est la, ça c'est la première buttée hein.
19	DO. Oui.
20	AB. En commençant par zéro.
21	DO. D'accord.
22	AB. Donc moins 4,5 donc on arrive à moins 4 et ensuite à partir de moins 3,5 on a les, les plus vieux sédiments sont datés de 3,8 milliards, moins 3,8 au Groenland et là on trouve déjà des, de la matière organique. Y-a pas de fossiles, pas de bactérie mais il y a de la matière organique qui est enrichie en carbone 12 comme si elle avait été fabriquée par des systèmes vivants donc on est entre moins 3, 8 et moins 4 donc, et à moins 3, 8 si c'est déjà fabriqué par les systèmes vivants ça veut dire que ces systèmes récupéraient le carbone du dioxyde de carbone atmosphérique donc il y avait... une sorte de photosynthèse fonctionnait et ça, ça demande du temps à être mis en place. C'est déjà sophistiqué donc c'est la raison pour laquelle on fixe une fourchette de 4 milliards pour être à peu près, bon ça peut être plus ancien.
23	DO. Ca peut être plus ancien...
24	AB. Plus ancien.
25	DO. Que 4 milliards?
26	AB. Que 4 milliards.
27	DO. Ah oui, d'accord.
28	AB. Mais c'est l'ordre de grandeur pour fixer les idées.
29	DO. Oui, voilà.
30	AB. Mais personne, personne n'oserait mettre une date précise. Je dirais que c'est il y a 4 milliards d'années, voire plus.
31	DO. D'accord.
32	AB. Mais...
33	DO. Par rapport à, donc à cette origine de la vie, est-ce que dans la communauté scientifique vous, vous trouvez qu'il y a plusieurs courants affirmés?
34	AB. En ce qui concerne, pour l'archéologie là c'est, il y-a de gros débats. Justement pour, les gros débats au niveau de l'archéologie portent sur la date de cet événement. Les gros débats portent aussi sur la température de l'eau. Alors est-ce que ces systèmes, ces automates sont apparus près des sources chaudes au fond des océans, au niveau des, bon, ça c'est, bon c'est pas exclu auquel cas ils auraient été protégés des impacts moyens disons. Le débat porte aussi sur la datation de ces sédiments puisqu' on n'arrive pas à dater le sédiment lui-même ou le fossile lui-même. On ne peut dater que son environnement donc on ne peut pas être absolument certains qu'il n'y a pas eu d'infiltration des roches qui permettent de dater, des infiltrations plus récentes, enfin plus jeunes si vous voulez. C'est toujours difficile de dire, ça dépend si on se place par rapport à nous ou par rapport à l'origine.
35	DO. Oui.
36	AB. Donc il y a des bactéries qui sont moins anciennes que les sédiments qui les hébergent. Enfin qui seraient, qui auraient été, donc qui seraient, qui auraient été apportées par des infiltrations donc là, il y a mais en général il y a quand même un consensus pour dire que ça s'est passé pas au-delà de 80° donc ça peut être entre 20 et 80 et ça s'est passé aux alentours de 4 milliards.
37	DO. D'accord. Et ça s'est passé dans l'eau puisque vous dites que là...
38	AB. Et ça s'est passé dans l'eau. Donc ça c'est une espèce de consensus qui est à peu près accepté. Maintenant le temps, la durée nécessaire pour que la vie apparaisse ça c'est un autre, un autre problème. Si on repousse les fossiles, si on prend par exemple moins 3,85 comme une vie photosynthétique alors il reste plus beaucoup de temps. Alors c'est important parce que s'il reste pas assez de temps, on est obligé de faire appel à la panspermie. Donc à l'importation d'une vie qui aurait été, qui serait élaborée sur une autre planète et qui aurait été apportée par des météorites. C'est ce qu'on appelle la panspermie.
39	DO. Oui, oui. Oui, oui.
40	AB. Et, alors pour l'instant je dirais que l'idée consensuelle c'est qu'on n'a pas encore besoin de panspermie. Y-a pas un besoin impératif de panspermie.

34
ANNEXE 3

41	DO. Donc par rapport à ça, la plupart des chercheurs rejette pour le moment la panspermie.
42	AB. On ne la rejette pas. Elle est possible mais on ne la considère pas comme indispensable pour ensemercer la Terre. Il nous reste encore suffisamment le temps, à la chimie, pour que le processus puisse démarrer sur Terre.
43	DO. En envisageant peut-être un apport de molécules plus simples.
44	AB. Absolument, alors ça, ça c'est le deuxième volet que je vais aborder maintenant. Donc en ce qui concerne la panspermie, les expériences qui sont faites tant dans l'espace où des chercheurs exposent des bactéries, sous forme de spores aux conditions de l'espace sur les satellites, montrent que la panspermie est possible. Donc, on ne la rejette pas comme étant impossible, physiquement ou biologiquement, mais on la rejette plutôt parce qu'on n'en a pas vraiment besoin. Donc c'est pas la peine de, et en plus c'est d'autant plus possible que Mars a été habitable plus tôt que la Terre. Etant plus petite, les conditions sur Mars étaient plus favorables plus tôt que sur Terre donc on a plus de marge sur Mars et donc la vie aurait pu apparaître plus tôt sur Mars et être apportée sur Terre. C'est une hypothèse qu'il faudra envisager sérieusement s'il nous reste, si on ne trouve pas XXX milliards d'année sur Terre. Là il se posera un sérieux problème. Et on sera obligé de faire appel à la panspermie comme une des possibilités si l'on venait à découvrir des bactéries fossilisées vieilles de 4 milliards d'années, par exemple. Pour l'instant, on ne sait pas le temps. Pour les ingrédients, donc ça c'est pour les formes fossilisées des automates. Alors pour, la deuxième démarche consiste à recréer en tube à essais ces automates. Ou les automates simples à partir des pièces que l'on pense avoir été présentes sur la Terre primitive. Alors les pièces, les trois origines possibles, avec trois scénarios différents. Premier scénario: donc, ces pièces de ces automates. Il y a un accord pour considérer que ces pièces étaient donc des molécules organiques, donc sur un squelette à base de carbone, pour nous ce que l'on appelle des molécules organiques, bien je ne sais pas quelle est votre culture en chimie. Les molécules organiques, il faut qu'il y ait au moins carbone et hydrogène. Donc le plus simple, c'est le méthane CH ₄ et par exemple le CO ₂ , le dioxyde de carbone, n'est pas organique, puisque c'est carbone-oxygène.
45	DO. Oui, voilà.
46	AB. Et donc il faut qu'il y ait au moins carbone hydrogène. Ensuite on peut rajouter oxygène, oxygène azote etc. Mais il faut qu'il y ait au moins carbone hydrogène.
47	DO. Voilà.

48	<p>AB. Donc il faut donc une source de carbone, et il faut donc, et on pense que le carbone était disponible sous une forme gazeuse simple. Alors les formes gazeuses simples c'est CO₂, CO ou CH₄. Et l'atmosphère primitive, alors c'est l'expérience, peut-on faire les pièces à partir du carbone disponible dans l'atmosphère primitive? Stanley Miller a fait l'expérience historique en 53, ça remonte au début des années 50. Il a montré qu'à partir du méthane, on peut faire des acides aminés. Mais les géochimistes disent qu'il n'y a aucune raison de penser que l'atmosphère de la Terre primitive était dominée par le méthane. C'était essentiellement du dioxyde de carbone. Et Miller, l'expérience de Miller ne marche pas avec du dioxyde de carbone. Donc c'est, l'atmosphère n'est pas une bonne source. Elle n'est pas une usine pour former les pièces de l'automate. Donc la deuxième source, c'est les sources hydrothermales. Alors là, il y a du méthane, il y a du dioxyde de carbone, il y a du monoxyde de carbone et récemment, les chercheurs de l'IFREMER ont montré qu'il y avait de l'hydrogène. Dans les, dans les fumées, les exhalaisons de ces fumeurs noirs. Donc, pour nous, c'est intéressant parce que s'il y a de l'hydrogène, c'est une façon de réduire le dioxyde de carbone. Donc d'extraire, il est extrêmement difficile de tirer le carbone du CO₂. Les plantes et les bactéries le font bien, mais c'est grâce à une machinerie très complexe qu'on appelle la photosynthèse et qui est vraiment très complexe. Donc, en chimie, l'hydrogène, on cherche des endroits qui soient plutôt réducteurs donc où il y ait de l'hydrogène pour pouvoir réduire, et les sources hydrothermales sont un lieu intéressant. Alors les Japonais ont mimé les conditions des sources hydrothermales et les Allemands aussi. Et effectivement, c'est une usine possible pour fabriquer les pièces des automates. Les pièces, ça veut pas dire que la vie est née là. On ramène au vieux problème précédent parce que si la vie est née là, la seule énergie possible c'est l'énergie chimique et l'énergie thermique puisqu'il n'y a pas d'UV, il n'y a pas de décharges électriques etc... Donc, et ça c'est actuellement en cours d'étude et pour l'instant, c'est une piste importante dans le... La difficulté c'est que ceux qui, mes collègues ne sont pas très, pas très oecuméniques. Donc ceux qui travaillent sur les sources hydrothermales ont tendance à considérer que c'est la source unique, ce qui est un peu stupide. Mais je pense que ça a été une source importante. Et peut-être pas la seule. La troisième source importante, ça a été des molécules fabriquées dans l'espace et apportées sur Terre par les météorites et les micro-météorites. Alors ça, à mes yeux, ça a été certainement la source la plus importante. Et en tous les cas, c'est, à l'heure d'aujourd'hui, la source qui est la mieux documentée. Parce qu'on peut récolter des poussières cosmiques et c'est surtout au niveau des micrométéorites qu'on peut récolter des poussières cosmiques dans la glace de l'Antarctique et c'est Michel Maurette qui fait ça à Orsay. Et, à partir de ces collectes, on peut donc estimer la quantité de carbone qui a été apportée sur Terre lors du bombardement intense. Et cette quantité de carbone est énorme. On peut l'estimer à, je crois que c'est 100 000 ou 30 000 milliards de tonnes et ça c'est plus que tout le carbone, à titre de comparaison, plus que tout le carbone qui est actuellement recyclé dans, en surface, dans la biomasse de la surface. C'est énorme, vraiment énorme. Alors, et dans ces poussières cosmiques, on trouve des acides aminés. On trouve donc certaines des pièces des automates. Mais ça, ce ne sont que des pièces. Donc pour les pièces, on n'a pas trop de problèmes. On a deux sources intéressantes qui sont les fumeurs noirs sous-marins et les grains, la poussière cosmique. Malheureusement... Et dans la poussière cosmique, ces grains cosmiques sont très proches de certaines météorites carbonées comme la météorite de Murchison qui contient 8 des 20 acides aminés donc ça c'est vraiment une source extrêmement importante et dans Murchison, on a trouvé, pas nous, enfin les scientifiques ont trouvé qu'il y avait un excès de formes gauches des acides aminés qui pourrait expliquer l'asymétrie du vivant.</p>
49	DO. Voilà, d'accord.
50	AB. Donc ça, c'est vraiment une piste intéressante. Nous, à titre d'information, on essaie de conforter cette hypothèse en replaçant les acides aminés dans l'espace pour voir s'ils sont stables chimiquement, s'ils conservent leur asymétrie etc.
51	DO. D'accord.
52	AB. Donc ça c'est pour la fabrication de matière. Donc cette hypothèse là est maintenant assez bien acceptée, d'une fabrication, mais alors des ingrédients, des pièces, pas des automates.
53	DO. Non, voilà c'est ça. On est sur les pièces de bases?
54	AB. On est sur les pièces de base.
55	DO. Et le problème du ribose, de...

36
ANNEXE 3

56	AB. Alors maintenant, pour les pièces de base, on a tout ce qu'il faut sauf le sucre, le ribose de l'ARN. On a à peu près tout. On a des membranes. Le ribose n'existe, on ne trouve pas une des formes du ribose qui est le ribose naturel, qui est un bétadérivé, un ribofuranose (béta-D-ribifuranose) qui est un cycle à 5. Celui là ne se trouve pas dans les météorites. Et celui-là on n'arrive pas à le refaire en laboratoire à partir des composés simples qu'est par exemple le formaldéhyde. Par contre il y a son cousin qui est aussi un ribose qui est le pyranose, qui est un cycle à 6; lui on arrive à le faire à partir de phosphate de glycolaldéhyde et ça c'est tout un travail qui est fait par un chimiste suisse, Eschenmoser, qui est en train de refaire la biologie en remplaçant le cycle 5 par le cycle 6. Et ça, ça marche bien parce qu'on a de bons chemins de synthèse qui permettent de fabriquer d'une manière majoritaire ce ribose. Mais le ribose naturel, le ribose de l'ARN, on n'arrive pas.
57	DO. C'est ça. C'est un gros problème.
58	AB. C'est un gros problème.
59	DO. Et les bases pyrimidiques aussi?
60	AB. Oui, moins quand même
61	DO. Moins.
62	AB. Il y a un peu de bases pyrimidiques dans les météorites. Pas beaucoup, mais il y en a un peu. Et c'est vrai que c'est moins facile à faire que les bases puriques mais on arrive quand même, et si on fait appel assez rapidement à l'appariement des bases ATGC, c'est vrai qu'il faudrait quelques pyrimidines.
63	DO. D'accord.
64	AB. Mais je pense que si on arrive, si on avait un petit peu, un peu de cytosine, ça devrait marcher. Et on, c'est pas désespéré. C'est pas désespéré.
65	DO. Donc, sur les, on va dire sur les briques de base, il y a à peu près consensus.

66	<p>AB. Oui, bien maintenant là où il y a problème c'est sur le premier automate. Alors pendant trente ans, puisqu'on a les briques, on a les pièces de base, à quoi ressemblait le premier automate? Alors pendant trente ans, on a essayé de reconstituer d'une manière un peu ambitieuse et naïve une cellule. On s'est dit, tous les systèmes vivants reposent sur l'utilisation de la cellule par conséquent on doit être capable de faire des modèles réduits de protéines, des modèles réduits d'ARN, des modèles réduits de membranes. Alors, membrane, pas trop de problèmes. Pour les enzymes protéiques, ça va assez bien. Ici en laboratoire, on a réussi à condenser, donc à former des petites chaînes de protéines à partir des briques comme celle qu'on trouve dans les météorites. On a montré qu'il existe des réactifs pas très prébiotiques mais qu'on arrive à rendre prébiotiques, qui permettent de sélectionner une famille d'acides aminés parce que dans les météorites il n'y a pas qu'une seule famille. Il y a 70 acides aminés qui se rangent dans trois familles différentes. Il y en a 70, plus de 70 donc il existe des réactions qui permettent de sélectionner une famille. On a même réussi, on arrive à reproduire les géométries particulières qui sont l'hélice et les feuillettes des protéines et on arrive également à recréer un petit peu l'activité catalytique avec des choses hyper-simplifiées. Donc ça, ça allait. Donc dans le principe. Mais par contre comme déjà mentionné, le ribose manque et on n'a pas le plan de montage. On n'a pas la mémoire héréditaire. Donc à partir de ce moment là, et parce que les biologistes ont montré que l'ARN peut être à la fois la mémoire héréditaire et le catalyseur, avec les ribozymes puisqu'ils sont capables et de stocker l'information et d'assurer le travail chimique. Pour nous, c'est les premières simplifications, puisque on passait d'un système à 3 constituants. Les deux fonctions fondamentales, c'est quand même le travail chimique et la mémoire. Donc à partir du moment où on avait, dès que ces deux systèmes sont séparés, il faut les mettre dans une membrane. Pour assurer l'homogénéité. Donc dans la mesure où on pouvait remplacer ce système à deux fonctions par des molécules, une seule molécule qui portent les deux fonctions, on simplifiait. On passait d'un système à trois à un système à un. Malheureusement, c'est la raison pour laquelle les gens ont cherché à faire beaucoup de biais, d'ersatz de ces fameux ARN. Donc il y a eu ce pyranosyl, donc cycle à 6. Il y a eu l'acide peptido-nucléique avec un squelette qui dérive de la glycine sur lesquels on fixe des bases, des nucléotides. Donc tout ceci. Et ça ce sont des pistes pour l'instant qui sont intéressantes mais qui n'ont pas encore débouché sur des, vraiment de grandes avancées. Et c'est la raison pour laquelle on trouve des biais et comme dans le même temps on a cherché un biais encore plus simple en essayant de trouver quelque chose qui aurait précédé de l'ARN ou ses analogues ou ses cousins et qui aurait été capable soit de préparer le monde de l'ARN, soit d'être déjà vivant, plus primitif. Alors vivant plus primitif, c'est l'autoreproduction /évolution donc on cherche des systèmes, autoreproduction c'est de l'autocatalyse par définition, faire plus de soi-même par soi-même c'est de l'autocatalyse. Alors là, il y a beaucoup d'exemples de l'autocatalyse mais ça concerne les molécules monofonctionnelles. C'est-à-dire vous avez A plus B donne AB. Mais vous ne faites que AB. Ça fait comme des mots, c'est comme des lettres qu'on ne pourrait accrocher que d'un côté. Donc vous ne faites que des mots à 2 lettres et ça, vous n'arrivez pas à augmenter l'information. Donc il faut absolument passer à des lettres bifonctionnelles, comme dans le langage, pour qu'on puisse écrire des longs mots, c'est ce que font les protéines et les acides nucléiques. Donc, et dès que vous avez une molécule bifonctionnelle A qui peut réagir avec une molécule bifonctionnelle B, vous faites bien AB. OK? Mais vous faites aussi AA, BA et BB. Et il faut absolument que la réaction ne favorise, ne catalyse, n'auto-catalyse que AB au détriment des autres combinaisons qui doivent être négligées. Et ça on l'a pas. On cherche des molécules bifonctionnelles capables d'autocatalyser. En plus il faut, pour qu'il y ait autoreproduction, donc dans le sens de l'évolution, il faut que l'autocatalyse soit en même temps liée à un transfert d'information. Il faut qu'elle soit sélective. Il faut de l'autocatalyse sélective et ça, on ne l'a pas. Parce que vous êtes dans un milieu où il y a beaucoup de possibilités et il faut vraiment choisir une molécule qui est privilégiée. XXX Et ça c'est pas évident. Donc ça on ne l'a pas donc pour l'instant, on ne l'a pas... Alors ça c'est plutôt dans la lignée des simplifications de l'ARN. OK?</p>
67	DO. Oui, d'accord, oui, oui.
68	<p>AB. Et par contre vous avez une autre hypothèse qui est tout à fait révolutionnaire, qui sort de cette lignée là, parce que la lignée ARN et prédécesseurs entre dans une, je dirais une philo, une philosophie de système hétérogène. Vous avez des briques, vous les assemblez, vous faites un, mon automate il a une philo d'hétérogène, pardon d'hétérotrophe. Excusez-moi. C'est à dire qu'il prend des pièces qui sont autour de lui et Wächtershäuser, donc l'Allemand, Gunther Wächtershäuser, c'est compliqué...</p>
69	DO. Oui, oui.
70	AB. W, H.
71	DO. Oui, oui.
72	AB. Vous connaissez peut-être?
73	DO. Oui, oui, avec des tas de, je me suis posée la question de la prononciation.

38
ANNEXE 3

74	AB. Il y a des trémas sur les deux A.
75	DO. Oui, voilà, c'est ça.
76	AB. "vèchteurseilzheure"
77	DO. "vèjchteurseilheure"
78	AB. "vèchteur"r
79	DO. "vèchteur"
80	AB. "vèchteur"
81	DO. "vèchteur"
82	AB. "Vèchters" avec un S pour le possessif.
83	DO. Oui, oui.
84	AB. Ca doit être la maison du veilleur ou un truc comme ça..
85	DO. Ah oui d'accord. Ah ben pour le coup, c'est un beau nom!
86	AB. Oui. Haus. Bach, c'est la cantate de Bach. La XXX. Enfin bon.
87	DO. D'accord.
88	AB. Bon enfin, quand on a fait de l'allemand, c'est plus facile. Donc pour ce monsieur Wächtershäuser, pour lui le système original, le système à l'origine était autotrophe.
89	DO. Oui, voilà.
90	AB. Il utilisait le CO2 directement. Soit des sources hydrothermales, et les réactions se faisaient non pas à l'intérieur d'une membrane, mais sur une surface minérale. Donc lui dit, XXX, l' autocalyse s'est développée sur les surfaces minérales à partir de CO2. Il construit tout à partir d'un carbone de CO2. Et ça c'est extrêmement difficile. Alors il a quelques succès pour l'instant mais des succès vraiment, les tout petits pas, les premiers balbutiements. Donc il a montré qu'on peut effectivement réduire le CO2 pour pouvoir faire des molécules organiques mais c'est pas encore de l'acide aminé, c'est pas encore des briques. Donc on est loin, quoi.
91	DO. D'accord.
92	AB. Il n'a pas encore les briques. Il a les éléments qui pourraient déboucher sur les briques.
93	DO. Sur les briques. D'accord.
94	AB. Mais c'est un, et donc nous ici, on saute une étape, donc on rentre pas dans l'immeuble par le rez de chaussée. On rentre au 3ème étage donc on part de l'acide aminé et on travaille sur des surfaces minérales.
95	DO. Et comment on peut situer Cairns-Smith par rapport à ça?
96	AB. Alors Cairns-Smith va encore plus loin, allait encore plus loin que Wächtershäuser puisque pour lui... Alors pour Wächtershäuser la formation, donc la mémoire héréditaire de ces systèmes vivants, c'est quand même, utilise l'information portée par des molécules organiques. Il construit des molécules organiques et il utilise la surface minérale comme un support. Un support qui est une espèce de matrice mais qui ne renferme pas d'information. OK? Pour Cairns-Smith, pour lui, la vie était totalement minérale donc l'information moléculaire sur l' ² était totalement minérale alors que pour Wächtershäuser l'automate est déjà organique.
97	DO. D'accord. Et... oui... Et la pyrite dans ce cas là?
98	AB. C'est un support minéral.
99	DO. Voilà d'accord.
100	AB. C'est un adsorbat, adsorbant. Pour Cairns-Smith, la mémoire était dans la pyrite enfin dans...
101	DO. Dans... Ou dans les argiles.
102	AB. Dans les argiles, oui, dans la surface minérale.
103	DO. D'accord.
104	AB. Et ça malheureusement il n'y a aucune expérience qui est venue conforter cette hypothèse. Donc pour l'instant ça reste une hypothèse et dans la mesure où on n'arrive pas à trouver d'exemple, parce que les surfaces minérales n'évoluent pas. Les argiles n'évoluent pas. C'est-à-dire que si vous faites des manips de cristallisation, au bout de mille fois, vous ne faites pas apparaître de mutants. Il n'y a que les molécules organiques qui renferment une information de séquence qui peut évoluer par mutations. Parce que c'est évident que si vous avez une information, il faut que l'information soit relativement grande. Or si vous avez un petit mot de 4-5 lettres vous pouvez faire des erreurs en le recopiant, hein?
105	DO. Oui.

39
ANNEXE 3

106	AB. Le temps de reproduction, il y a des erreurs et ces erreurs permettent l'évolution. L'évolution est tout à fait cruciale parce que ça permet au système d'évoluer vers des systèmes plus performants et au début ils n'étaient pas très performants. On ne peut pas imaginer que le système hyperperformant soit arrivé d'un coup par hasard. Il s'est perfectionné et surtout, surtout l'évolution permet aux systèmes de s'adapter à des changements d'environnement. Si le système ne peut pas évoluer, il ne peut pas s'adapter à dès que l'environnement change trop, il disparaît. Donc, il fallait absolument... et les minéraux, même les argiles, ne peuvent pas évoluer. Donc, il y avait eu des manip's d'Armin Weiss en Allemagne qui a fait des argiles en transmettant une information mais là, il n'y a pas eu de confirmation et ça n'a jamais été confirmé et c'est tombé dans l'oubli. Donc, pour l'instant, Cairns-Smith, c'est beau. Lui est un excellent conteur, il a de belles images mais ça reste une belle histoire.
107	DO. D'accord, oui, c'est ça.
108	AB. Mais c'est probablement pas l'histoire de la vie.
109	DO. Parce que donc il y aurait des histoires. Est-ce que vous êtes sur des histoires, vous? Enfin, est-ce que les chercheurs... Enfin, je m'interroge justement sur les scénarios que vous envisagez.
110	AB. Oui. J'avais écrit là-dessus.
111	DO. Voilà, quelques uns. Donc si on veut, si on veut retenir quelques scénarios. Bon, quasiment tout le monde est sur une évolution chimique.
112	AB. Oui.
113	DO. C'est un scénario d'évolution chimique. Vous avez bien dit comment se situait Wächtershäuser. Et puis donc lui, il est au rez de chaussée, vous vous êtes, vous partez au troisième étage.
114	AB. Oui, oui c'est ça.
115	DO. Hein c'est ça?
116	AB. Enfin en gros.
117	DO. Est-ce que vous pensez être dans la même histoire que lui?
118	AB. Pas exactement parce que pour lui, l'histoire commence dans les sources hydrothermales sur Terre. Moi, l'histoire commence dans l'espace. Moi, mon histoire... Les points de départ ne sont pas les mêmes..
119	DO. D'accord.
120	AB. Si vous voulez, si on prend les briques. Pour lui, la brique s'est formée à partir de CO ₂ .
121	DO. Voilà.
122	AB. Notre histoire commence, est commune dans la mesure où elle commence par le carbone. D'accord? Le carbone qui s'est formé dans une, dans une étoile. Alors par...
123	DO. Voilà, oui.
124	AB. OK, donc.
125	DO. Là, oui.
126	AB. Donc notre histoire. Si on remonte vraiment, on peut suivre le carbone.
127	DO. Voilà, d'accord.
128	AB. Mais, et à la Prévert, c'est deux et deux 4, 4 et 4, 8 répétez dit le maître.
129	DO. Voilà.
130	AB. Donc nous c'est hydrogène, hélium, béryllium, carbone. Donc ça, mais ça c'est dans la nébuleuse protosolaire, enfin la formation des éléments lourds dans les étoiles. OK? A partir de là, ce carbone, vous faites... On est toujours d'accord sur l'exploitation de carbone à partir de carbone gazeux. Donc CO ₂ , CO etc. Je sais pas si vous connaissez ça?
131	<i>Monsieur Brack ouvre à la page 28 le livre qu'il a écrit avec P. Mathis intitulé "La chimie du vivant: de la protéine à la photosynthèse"</i>
132	DO. C'est récent?
133	AB. Oui, oui, c'est sorti il y a... Alors voilà.
134	DO. Parce que j'ai lu beaucoup de choses de vous mais...
135	AB. Vous avez à ce niveau là c'est le carbone gazeux. Hein?
136	DO. Oui.
137	AB. Et à partir de ce moment là. Alors là, pour moi, pour certains ceci est présent dans le milieu interstellaire.
138	DO. Oui.
139	AB. Et donc avec une énergie, vous formez déjà ceci dans le milieu interstellaire éventuellement. Et la brique ici est formée dans l'espace et tombe dans l'eau terrestre.
140	DO. D'accord.
141	AB. Bon, pour moi je suis dans l'espace.

40
ANNEXE 3

142	DO. Voilà.
143	AB. Pour Wächtershäuser, à partir d'ici il est sur Terre puisque lui, c'est du C... Donc le carbone, on est d'accord sur l'origine mais pour lui le carbone de CO ₂ vient du manteau, du dégazage du manteau et par du magma et lui fait tout ça dans les fonds sous-marins.
144	DO. D'accord, d'accord.
145	AB. Donc on diverge un peu.
146	DO. D'accord. Non, non, c'est pas Raulin. C'est Brack...
147	AB. Non, non, c'est Brack et Mathis.
148	DO. D'accord.
149	AB. Mais je peux, je pourrais...
150	DO. Non, mais je...
151	AB. C'est mon exemplaire, je peux vous le donner.
152	DO. Non, non, je me le procurerai, Monsieur, merci. Non, non.
153	AB. Parce que ça traite de la photosynthèse aussi. Avec Paul Mathis. Donc c'est "De la protéine à la photosynthèse". Donc je trouve que c'est vraiment, j'aime bien parce que... J'aime bien cette collection de quatre à quatre... Oui, pour le ...
154	DO. Voilà, donc les points de... Le tout, tout début de l'histoire elle-même, avec Wächtershäuser mais là.
155	AB. Là, par contre on diverge pour savoir si on est autotrophe ou hétérotrophe. Si on est autotrophe, Wächtershäuser, lui il part de CO ₂ terrestre et pour moi, enfin, il part de CO ₂ pour faire ses briques; pour nous, on est plutôt hétérotrophe. Les briques sont faites...
156	DO. Dans l'espace.
157	AB. Soit dans l'atmosphère terrestre mais ça c'est...
158	DO. Oui.
159	AB. C'est... Miller a certainement pas raison. Enfin il a un petit peu...
160	DO. Un petit peu, oui.
161	AB. Un petit peu. Des fifrelins. Mais la majeure partie est faite dans l'espace. Ce qui ne change rien. C'est toujours la même chimie. Mais ça dépend où on se place. Donc ça tombe dans l'eau et, comme ça tombe dans l'eau, ça devient hétérotrophe puisque les systèmes chimiques se construisent, les automates se construisent à partir de ces briques qui flottent dans l'eau.
162	DO. D'accord.
163	AB. Alors, donc ça c'est pour les briques. Maintenant, si vous, si vous remontez, si vous cherchez la filière information moléculaire, le plan de montage de mes automates, alors le plan de montage peut être soit, ceci est une question de briques: pour Cairns-Smith, c'était les minéraux mais ça c'est quasiment abandonné. Pour la grande majorité des chercheurs, la mémoire héréditaire, le plan de montage est contenu dans des molécules organiques. D'où l'intérêt du carbone etc. etc. En fait Cairns-Smith c'est une autre piste, c'est la piste minérale qui ensuite a été usurpée après par la piste organique. Mais pour l'instant, l'hypothèse de Cairns-Smith a perdu beaucoup d'adeptes.
164	Ah oui, d'accord.
165	C'est intéressant. Mais bon. Mais dans la mesure où il faut quand même un minimum de confirmation expérimentale pour légitimer le scénario. Sinon, ça reste une histoire. On peut inventer, parce qu'encore une fois le temps joue contre nous. On n'a pas de traces de ce qui s'est passé. Par conséquent, on peut inventer n'importe quoi. Si on n'a aucune argumentation scientifique, ça reste de la science fiction.
166	DO. Donc il faut un minimum. Sera recevable tout scénario qui a un minimum de...
167	AB. De support expérimental.
168	DO. De support expérimental? Et bien sûr qui fonctionne dans le cadre de la, enfin des règles de la physique et de la chimie.
169	AB. Tout à fait. Et oui, de toute façon s'il y a un support expérimental cela veut dire que cela obéit aux règles de la physique et de la chimie. Le support expérimental n'est accepté que si les conditions sont plausibles. Ca, c'est une autre difficulté. Il faut que ça se passe dans des conditions supposées de la Terre primitive. Qu'on ignore parce qu'on a, sauf les zircons qui sont vieux de 4,4 milliards d'années, on n'a pas d'indication de l'état de l'atmosphère, de l'état des continents. On ne sait pas si... On sait qu'il y avait de l'eau, mais on ne sait pas quand est-ce que les continents sont apparus exactement.
170	DO. Oui.
171	AB. Est-ce que je l'ai là peut-être? Sur les zircons.
172	DO. Vous m'aviez dit tout à l'heure...
173	<i>M. Brack recherche un document sur les zircons.</i>

41
ANNEXE 3

174	AB. Faites-moi penser, je pourrai vous le sortir. Ca vient sur le Web tout ça. Bon, on va continuer. Vous me ferez penser. Vous notez?
175	DO. Je note que... sur les zircons. Je note quelques bricoles, comme ça... Je fais confiance à mon enregistrement. J'espère que... Mais bon... D'accord.
176	AB. Ca c'est pour les différentes pistes possibles. Les deux grandes pistes, c'est quand même, au niveau de l'information, l'information minérale, l'information organique et dans le cadre de l'information organique, les deux pistes possibles, c'est les systèmes hétérotrophes avec des briques qui sont faites, qui ne sont pas produites sur le lieu de l'apparition de la vie mais qui sont faites soit dans l'atmosphère, soit dans l'espace et l'autre, l'autre hypothèse, l'autotrophe où tout se fait sur le même lieu, les briques, l'automate, tout ça, ça se fait en même temps, à la Wächtershäuser. D'accord?
177	DO. Oui, oui.
178	AB. Ca, c'est clair. Alors, en ce qui concerne maintenant la... Autre difficulté, ou la difficulté, c'est de savoir le nombre de pièces qu'il fallait pour les automates. Ca, c'est la grande question et qui a une implication, et qui a une extension culturelle formidable. Pour l'instant, on ne sait pas combien de pièces, on n'a pas réussi à trouver de traces fossilisées de ces automates, on n'a pas réussi encore à reconstituer un automate dans les conditions plausibles de la Terre primitive. Donc ça, ça reste une difficulté. Alors, la difficulté avec ce plausible, possible, c'est que... et à cause de l'absence de traces fossiles, on n'aura jamais de certitudes, c'est-à-dire qu'on ne pourra jamais, même si on recrée une vie simple, rudimentaire, un automate simple en tube à essai, on ne pourra jamais affirmer que ça a été notre ancêtre XXX. On pourra simplement dire que ce type de mécanisme existe, que ce type de structure existe, qu'il se forme dans des conditions simples et qu'il a les qualités recherchées. Et ça, parce que... Donc, pour affirmer ça, il faudrait qu'on puisse reproduire l'automate dans des conditions identiques. En sciences, à propos de, puisqu'on parlait tout à l'heure de fait accepté: un fait, résultat scientifique, n'est accepté, expérimental, que s'il est reproductible. C'est-à-dire que si on... C'est ce qu'on dit aux étudiants, vous le refaites deux ou trois fois et si au bout de trois fois, vous obtenez le même résultat, donc vous démontrez qu'il est reproductible, donc vous établissez sa légitimité. OK? Lorsque l'on refait une expérience en tube à essai, sur plusieurs jours, on néglige la flèche du temps puisque en 3 jours, on néglige la période de temps, le temps n'a pas changé, enfin la flèche du temps est négligeable. Sur 4 milliards d'années, là on se heurte à la flèche du temps. Donc on ne pourra pas, on ne peut plus, lorsqu'on essaie de reproduire à l'identique quelque chose, on ne peut plus négliger la flèche du temps, parce qu'en 4 milliards d'années, beaucoup de choses se sont passées et qui ont même effacé les traces de... des collections réelles, donc on ne pourra jamais dire, on ne pourra jamais dire: nous reproduisons à l'identique ce qu'il s'est passé il y a 4 milliards d'années. Parce que la flèche du temps est énorme, donc ça c'est une notion de temps qui est importante, qui est négligée lorsque l'on reproduit une expérience en laboratoire mais qu'on ne peut négliger lorsque l'on essaie de reproduire un événement qui s'est passé il y a 4 milliards d'années. D'accord? Ca, c'est extrêmement important. Alors, pour en venir à la complexité, pour l'instant, comme on n'a pas réussi à reconstituer en laboratoire cet automate, on ne sait pas si l'automate primitif était simple ou complexe. On ne sait pas. Fallait-il 10 pièces pour faire l'automate? Ou fallait-il 10 000 pièces? Alors une façon d'aborder, d'avoir un indice, donc s'il fallait 10 pièces, c'est facile: on pourra le reproduire en laboratoire.
179	DO. Oui.
180	AB. Ou au moins son cousin, ou son...
181	DO. Oui, oui.
182	AB. OK. S'il fallait 10 000 pièces, ça devient beaucoup plus aléatoire. Parce que si l'automate primitif résulte de la rencontre fortuite de 10 000 pièces, pour reconstituer une rencontre fortuite de ce type en tube à essai, ça va être extrêmement difficile. Donc, comment savoir? Une façon de savoir, d'appréhender cette simplicité ou ces degrés de complexité du système primitif serait de trouver un deuxième exemple de vie apparaissant dans des conditions similaires. D'où notre frénésie à rechercher avec acharnement un deuxième exemple de vie indépendant de la vie terrestre. Parce que dès qu'on aura un deuxième exemple apparaissant dans des conditions similaires aux conditions de la Terre primitive, alors on pourra dire que, puisque le système est répétitif...
183	DO. Oui, oui.
184	AB. ... il doit être simple. C'est comme une recette de cuisine.
185	DO. Oui, oui. Oui, oui.
186	AB. Refaire une recette simple, c'est facile. Refaire une recette très complexe, les chances de se tromper augmentent. D'où l'intérêt que nous avons de la recherche sur Mars. Puisque Mars avait les mêmes conditions que la Terre.
187	DO. Voilà. D'accord.

42
ANNEXE 3

188	AB. D'où l'intérêt de l'exploration d'Europe. Alors sur Mars, les conditions sont similaires parce que Mars avait de l'eau. Si Mars avait de l'eau, Mars avait nécessairement une atmosphère. Parce que sans atmosphère, pour que l'eau existe à la surface d'un corps céleste, il faut un couvercle, il faut au moins 7 millibars, diagramme de phase de l'eau.
189	DO. Oui, voilà. C'est ça.
190	AB. Et s'il y a une atmosphère, il y a possibilité de freiner les grains. Donc, Mars a hérité de milliards de tonnes de grains cométaires donc a hérité des mêmes ingrédients que la Terre. Alors, si la vie terrestre est née de la rencontre des grains avec l'eau et si cette rencontre aboutit presque nécessairement à la vie, elle a dû apparaître sur Mars. A l'inverse, si elle apparaît sur Mars, ça veut dire que c'est simple.
191	DO. Oui, oui.
192	AB. Alors Mars, c'est la vie en surface par l'eau et les grains. Et alors on a un autre exemple qui est intéressant, c'est Europe, le satellite de Jupiter, ou Ganymède, éventuellement Callisto puisqu'il semblerait que sous la couche, la carapace de glace, il y ait des océans. Alors la question maintenant sur Europe, c'est que Europe ne peut pas hériter de grains car il n'y a pas d'atmosphère donc tout ce qui arrive à la surface est détruit, même l'impact dans la glace est néfaste. Donc Europe hérite bien de grains mais ne peut pas les exploiter, mais par contre Europe a peut-être des fumeurs noirs.
193	DO. D'accord.
194	AB. S'il y a de l'eau, c'est qu'il y a forcément une source de chaleur. La source de chaleur actuellement, on pense que c'est l'effet de marée, puisque Europe a une trajectoire, une orbite elliptique et subit des variations énormes du champ gravitationnel de Jupiter, des variations de gravité énorme. Et ces gravités énormes provoquent des déplacements de plusieurs dizaines de mètres de la glace à la surface. Et donc, des frictions de roches qui chauffent mais la chaleur peut simplement faire fondre la glace. Si la chaleur fait fondre la glace, c'est bien, mais c'est pas suffisant. Parce que pour nous, pour qu'il y ait chimie, il faut qu'il y ait des fumeurs noirs, donc il faut que la température de marée, que la chaleur de marée soit suffisante pour faire fondre les silicates. Et les silicates, c'est 1200°. Alors si... On sait que sur Io, un autre satellite de Jupiter, il y a un magma, puisqu'il y a du volcanisme. Mais on ne sait pas s'il y a un volcanisme sur Europe.
195	DO. D'accord.
196	AB. Parce que sur Io, on l'a vu. C'est XXX, c'est très joli mais sur Europe, on ne sait pas. Donc il faut absolument savoir s'il y a magma. S'il y a magma, (BASCULE SUR L'AUTRE COTE DE LA CASSETTE) il y a des fumeurs noirs. S'il y a des fumeurs noirs et de la chimie...
197	DO. Pardonnez-moi, je regarde juste si ça repart de l'autre côté. Ça a l'air. Merci, merci. Oui, oui, donc...
198	AB. Donc s'il y a un magma, il y a des fumeurs noirs. Donc de la chimie, donc une situation qui est comparable à ce qui a pu se passer au niveau des fumeurs noirs au fond des océans primitifs. Et donc ça serait une vie plutôt à la Wächtershäuser qui se développerait sur Europe et plutôt une vie avec un apport extramartien sur Mars. Donc voilà, pour nous tout l'intérêt que nous avons à rechercher ce premier et deuxième exemples de vie.
199	DO. D'accord, donc vos références en quelque sorte, empiriques, c'est la chimie prébiotique et puis donc la planétologie comparée?
200	AB. Oui, tout à fait. Tout à fait.
201	DO. C'est les deux grandes références, on va dire.
202	AB. Oui.
203	DO. Je vous demande ça parce que j'essaie de voir aussi, par rapport aux élèves, quelles peuvent être chez eux aussi, les références qu'ils peuvent avoir.
204	AB. Oui, mais nous, la recherche d'une vie sur Mars, d'une part, elle a une justification, elle a... On a un argumentaire chimique parce que sur Terre, une fraction importante des briques a été apportée par des grains cométaires. Tout, apparemment, tout n'est pas fait à la maison.
205	DO. Voilà, d'accord.
206	AB. D'accord?
207	DO. Oui, l'image est jolie. Oui.
208	AB. Donc, sur Mars, donc ça, ça élargit considérablement les possibilités de retrouver des situations comparables. Dès que vous avez de l'eau à la surface d'une planète, bingo, c'est bon.
209	DO. Oui.

43
ANNEXE 3

210	AB. D'accord, parce que sinon, si tout est fait à la maison, il faut que les... C' est beaucoup plus restrictif parce qu'il faut que vous ayez la même atmosphère, les mêmes sources d'énergie etc. Tandis que là, vous avez de l'eau et dès que vous avez de l'atmosphère, vous avez des grains et les grains sont homogènes, les grains cométaires, relativement homogènes. Il n'y a pas de raison que la Terre ait reçu des grains particuliers, à moins que le doigt de Dieu n'ait orienté les grains, enfin bon ça c'est...
211	DO. <i>Rires</i>
212	AB. C'est un autre problème. Mais...
213	DO. Je suppose que vous rejetez toute intervention divine.
214	AB. Bien, c'est-à-dire, on la conçoit. On conçoit que certains l'acceptent mais pour nous ce n'est pas un argument.
215	DO. Voilà. D'accord, bon.
216	AB. On ne la rejette pas systématiquement comme totalement... mais cela procède d'une croyance et non plus d'une démarche scientifique.
217	DO. Oui, , d'accord.
218	AB. Ca généralise tout à fait les conditions et donc c'est la raison pour laquelle sur les planètes, les exoplanètes qui ont été découvertes au-delà du système solaire, on va rechercher maintenant toutes celles qui ont de l'eau à la surface. En supposant que ces planètes appartiennent à des systèmes stellaires qui ont une genèse comparable à la formation du système solaire. Mais ça bon, on peut estimer que...
219	DO. Oui, c'est ça.
220	AB. C'est pas exclu. Sur le nombre, les milliards d'étoiles, il y a bien... J'allais dire, c'est bien le diable si... <i>Rires</i> .
221	DO. <i>Rires</i> . On va pas convoquer..
222	AB. Peut-être pas toutes, et donc c'est la raison pour laquelle on est en train d'essayer de mettre sur pied un télescope qui s'appelle Darwin, enfin 5 télescopes qui vont observer les atmosphères de ces planètes. Pour l'instant, la précision des mesures ne permet de voir que les grosses planètes, genre Jupiter et donc... Mais avec Corot, qui est une mission qui va être lancée par le CNES, on verra, par la méthode des transits, quand elle passe devant une étoile, on verra des planètes comme la Terre.
223	DO. D'accord.
224	AB. Et sur ces planètes, on espère qu'il y a de l'eau. Sur certaines d'entre elles, alors il faut voir, (elle peut être liée) à la vapeur d'eau, il faut chercher l'oxygène. La difficulté ça va être d'identifier la vie, sur ces planètes. Alors, dans le système solaire, toutes les planètes sont accessibles aux missions, donc on peut aller voir, à la limite, on peut aller voir s'il y a par exemple une asymétrie. La vie terrestre est une rupture de symétrie.
225	DO. Voilà.
226	AB. Donc l'asymétrie est une signature. Non pas au niveau des briques, parce que je vous ai dit que dans Murchison, il y avait plus d'acides aminés gauches que droits donc c'est plus aussi simple que cela. Avant on pensait que toute asymétrie était bonne à prendre. Là, maintenant, il faut que le système soit globalement asymétrique. Il faut que ce soit un système organisé. Parce que si c'est uniquement les briques, ça peut être naturel. Enfin, non biologique.
227	DO. Oui, c'est ça.
228	AB. Abiotique.
229	DO. Oui, d'accord. D'accord, d'accord, oui, oui, donc vous recherchez..
230	AB. Des systèmes organisés asymétriques.
231	DO. Systèmes organisés. C'est ça votre... Est-ce qu'on peut dire que, comment dire, la définition...
232	INTERRUPTION PAR LE TELEPHONE
233	DO. Ca marche, oui, ça bouge? (<i>le dictaphone</i>) C'est bon! On parlait donc de la recherche de systèmes asymétriques organisés. C'est ça?
234	AB. Oui, c'est ça. Donc la reconnaissance, enfin identification d'une vie extraterrestre. Donc dans le système solaire, on peut rechercher une des bonnes signatures, c'est l'asymétrie des systèmes vivants donc le fait que tous les acides aminés soient gauches etc. et l'autre bonne signature, c'est aussi sur le carbone, donc ça a trait à la configuration du carbone. C'est la propriété du carbone qui est au centre d'un tétraèdre. Lorsque les 4 sommets sont différents, il existe deux formes, une forme gauche et une forme droite.
235	DO. Voilà.

44
ANNEXE 3

236	AB. OK? L'autre caractéristique du carbone, qui est extrêmement importante aussi, c'est le fait qu'il a deux isotopes stables, 12C et 13C et que les systèmes vivants qui tirent le carbone du CO ₂ , par un mécanisme enzymatique, ce mécanisme est tellement fin qu'il discrimine et qu'il préfère le 12CO ₂ au 13CO ₂ et donc les carbones des produits qui dérivent des produits biologiques sont tous enrichis en 12C.
237	DO. D'accord.
238	AB. Et ça c'est donc, avec ces deux indices, on a une bonne signature déjà. On a deux indices forts. Mais ça c'est pour, c'est pour le système solaire qui lorsqu'on peut aller voir sur place, ou ramener des échantillons etc. L'autre, dès qu'on sort du système solaire, là, ça devient difficile. On ne peut voir que les anomalies dans les atmosphères. Sauf si on avait par exemple également, bon, si on voit une planète qui est couverte de forêts. Mais enfin, la forêt est apparue tardivement chez nous.
239	DO. Quand vous dites les anomalies dans les atmosphères?
240	AB. C'est par exemple, des grosses bouffées de méthane.
241	DO. Ah oui, d'accord.
242	AB. Parce que le méthane n'est pas stable, en principe, dans les atmosphères. Il est photodissocié. Il ne doit pas... C'est pour ça que Miller n'est pas bon.
243	DO. D'accord.
244	AB. Parce que donc, si vous avez par exemple de l'ammoniac ou du méthane, ou beaucoup d'oxygène, alors ça c'est la difficulté, c'est qu'avec l'oxygène, il faut prouver que... Supposez que les télescopes de Darwin voient de l'oxygène ou de l'ozone, parce que l'ozone est une forme plus facile à identifier que l'oxygène, par spectro, il faut que vous puissiez prouver qu'il n'y a pas d'autres sources permanentes d'oxygène abiotiques et ça c'est... Pour l'instant, c'est bon. Mais c'est pas... On n'a pas de critère absolu.
245	DO. D'accord.
246	AB. Et c'est le genre de chose (dès XXX) qu'on cherche. La Terre, l'atmosphère terrestre est anormale. Elle est devenue anormale il y a 2 milliards d'années. Avec la présence d'oxygène.
247	DO. Voilà.
248	AB. Elle ne devrait pas être remplie d'oxygène, comme ça.
249	DO. C'est ça. Par rapport à la construction des automates, comment vous passez de... comment vous passez des petites briques...
250	AB. A l'automate.
251	DO. A l'automate.
252	AB. Si je savais! Je serais content! Si vous avez une idée, je vais la noter.
253	DO. Alors, dit autrement, on a des contraintes de temps, de temps pour faire l'automate.
254	AB. C'est évidemment la question clé. Ça c'est vraiment l'étape qui nous manque. C'est vraiment le premier automate. Alors la contrainte de temps, bon la contrainte de milieu, c'est l'eau. Il faut travailler dans l'eau. Il n'est pas question de travailler à l'état sec. Alors, l'eau? Il faut un liquide, ça permet d'assurer la mobilité des pièces. Alors on pourrait envisager un automate en phase gazeuse mais on est limité par... La contrainte en phase gazeuse, c'est la diversité, l'inventaire des molécules volatiles stables. Parce que les molécules volatiles sont naturellement volatiles quand elles sont dans les conditions normales de température. Elles sont très limitées, vous avez l'ammoniac, le CO ₂ , le CO etc. donc on a une petite gamme, un petit nombre de molécules volatiles. Et pas, pas de quoi faire une pièce d'automate. Et si vous chauffez, vous volatilisez, à 100 ou 200°, elles ne sont pas stables.
255	DO. D'accord.
256	AB. Donc le milieu gazeux, c'est bien parce que ça permet la diffusion mais on est vachement limité par le nombre de pièces. Alors il faut un liquide. Et sur Terre, c'est l'eau donc la contrainte c'est l'eau. Il faut éviter l'oxygène donc il faut un milieu plutôt rédox neutre, plutôt le CO ₂ .
257	DO. Voilà, d'accord.
258	AB. Qui est un bon réactif. Le CO ₂ fait des carbonates, fait des carbamates, et des choses comme ça, c'est intéressant. C'est pas forcément une contrainte négative. Ça peut aider à la chimie. La contrainte de temps alors là, intuitivement, on pense que ça a dû être assez rapide. Le premier, parce que ça s'est produit lorsque les contraintes de l'environnement étaient dures. Il y avait peut-être des températures élevées, jusqu'à 80°. Ça s'est (produit) au fond de l'eau parce que pour faire de la chimie, il faut une source d'énergie. Donc, si vous avez une température élevée, ça accélère la chimie parce que chaque fois qu'on augmente de 10°, on double la vitesse mais vous doublez aussi la vitesse d'hydrolyse.
259	DO. Oui, c'est ça, c'est le problème.
260	AB. Donc il faut...
261	DO. Il faut trouver un équilibre entre la dégradation et la construction.

45
ANNEXE 3

262	AB. Et si vous êtes trop chaud, il faut que le système découvre, invente non seulement l'automate mais également un scaphandre pour se protéger contre la chaleur. Donc ça devient tricky, comme disent les Anglo-saxons, difficile. Donc, ça c'est la contrainte de lieu. La contrainte de... Si vous êtes en surface, il y a les bombardements, donc il est probable que... Il semble probable que l'on puisse exclure une origine unique. C'est pas... Nous ne descendons pas tous d'un seul automate. Ca, c'est l'idée de Monod. Monod, c'est de dire la vie est tellement fantastique que ça ne peut être le résultats que d'une rencontre fantastique, en un seul exemplaire, qui ne s'est produite qu'une fois. Nous, on dit que, dans les conditions de la Terre primitive, cela paraît exclu.
263	DO. D'accord. La vie serait apparue alors en...
264	AB. Plusieurs fois.
265	DO. Plusieurs fois.
266	AB. Plusieurs fois. Enfin... Mais que finalement, ce n'était pas dans l'air, c'était plutôt dans l'eau, mais c'était prêt. Attendez, la chimie, ce type de chimie était présent. Et donc, il y a eu plusieurs tentatives certainement, peut-être parallèles, et c'est finalement un système qui a pris le dessus. Et donc le système le plus efficace, c'est le système autocatalytique. On exclut, on est sans doute prêts à accepter qu'il y avait deux vies, images dans un miroir, en parallèle, et que par le jeu de fluctuations, l'une a pris le dessus et a bouffé les pièces de l'autre. Ou a détruit les pièces de l'autre.
267	DO. D'accord.
268	AB. Donc on est plutôt pour une origine multiple.
269	DO. D'accord. Origine multiple. Mais dans des lieux comparables.
270	AB. Des lieux comparables. Avec des briques comparables.
271	DO. Avec des briques comparables.
272	AB. Pas rigoureusement les mêmes . En tout cas, certainement pas un acte unique. Parce que la probabilité pour qu'un acte unique apparaisse, ça, ça va. Mais se développe dans des conditions aussi dures et résiste à toutes les... passe à travers toutes les catastrophes, ça, ça paraît quand même...
273	DO. D'accord.
274	AB. Et relativement rapide puisque... Je compare souvent à la cristallisation d'une solution sursaturée ou en sels, ou en sel surfondu. Et lorsque vous ajoutez un germe, ce germe communique toute l'information à toutes les molécules qui étaient en solution. Donc les molécules, les briques étaient là et ce germe enfin ou, pas forcément un germe unique, mais ce type de germe a communiqué, à partir des molécules présentes... C'est comme quand on fait des cristaux, là je reviens..
275	DO. Oui, oui.
276	AB. La vie n'est pas cristalline.
277	DO. Non, non.
278	AB. L'image est assez bonne. Vous avez une information qui est dans le germe et cette information est transmise instantanément quasiment à toutes les molécules. C'est... On envisage un système de ce type là avec une occupation quasiment de tout le milieu rapidement. Alors la difficulté, c'est qu'on ne connaît pas le nombre de pièces, on ne connaît pas le germe et on aimerait bien, donc on essaie différents types de germes.
279	DO. Donc... Alors le germe ne serait pas forcément quelque chose d'identique à l'automate?
280	AB. Si, si, ça serait l'automate.
281	DO. Ca serait l'automate.
282	AB. Oui. Ou alors une molécule qui aurait préparé l'automate.
283	DO. Parce que, parce qu'on a l'impression qu'on change de rythme, si vous voulez, dans le scénario. Est-ce que je traduis bien ce que vous dites? On a eu donc l'installation de briques.
284	AB. Oui.
285	DO. Soit on les fait sur place, soit bon, soit il y a plusieurs origines. Et puis après, on a l'impression qu'en un temps court...
286	AB. Oui.
287	DO. On va vers l'automate.
288	AB. Oui.
289	DO. C'est ça? Hein?
290	AB. Oui.
291	DO. Donc il y aurait deux moments?
292	AB. Oui... Euh... Le moment...
293	DO. Un moment où...

46
ANNEXE 3

294	AB. Mon germe c'est un automate qui... C'est certainement... C'est toujours... Cet automate a divergé. C'est à dire qu'à partir d'un, on en fait deux et deux en font quatre etc. Donc c'est un peu, vous voyez ce que je veux dire. C'est pas, un automate fait une copie, fait un enfant qui fait un enfant etc. C'est une croissance exponentielle avec un donne 2, 2 donne 4, 4 donne 8 etc.
295	DO. On pourrait comparer ça à une division. Oui, enfin division, non c'est pas division. Oui, mais cet automate, c'est le premier être vivant?
296	AB. Oui.
297	DO. C'est le premier être vivant. Alors...
298	AB. S'il a les capacités d'autoreproduction et d'évolution, oui. Il faut...
299	DO. Oui, voilà.
300	AB. Il faut qu'il puisse évoluer parce que s'il n'évolue pas, ce n'est pas vivant.
301	DO. Voilà. D'accord. reproduction, évolution, ce sont les deux caractéristiques que vous retenez pour définir la vie?
302	AB. Oui, tout à fait.
303	DO. L'être vivant.
304	AB. C'est pas une définition. Parce que je n'aime pas les définitions. Parce que dans une définition, vous avez ce qui est à l'intérieur qui est la vérité et puis à l'extérieur, ce qui n'est pas la vérité. Je dirais que ce sont deux fonctions à remplir a minima.
305	DO. D'accord, d'accord.
306	AB. C'est vraiment deux, parce que c'est évident qu'après, il faut, il faut que le système, dans le cas du système hétérotrophe, il n'est pas totalement autonome, il faut lui fournir les pièces et de l'énergie etc. Donc, mais il a ces deux qualités: il est capable d'autoreproduction; il est capable d'évolution.
307	DO. Voilà, d'accord.
308	AB. Il a d'autres qualités aussi. Donc ce n'est pas... Dans une définition, on a l'impression qu'il ne faut que ça.
309	DO. Oui, oui.
310	AB. C'est vraiment... C'est la base. C'est vraiment les deux fonctions absolument requises a minima pour que le système démarre. Et moi, je verrais assez bien, comme l'avait dit XXX, malheureusement, on n'arrive pas à le reproduire en laboratoire. J'ai toujours été impressionné par la cristallisation. En chimie, on ajoute un germe, toc, vraiment un fifrelin. D'ailleurs, à titre d'anecdote, il paraît que les chimistes portaient la barbe parce que c'est un bon piège à microcristaux. Et ça a aidé à la cristallisation.
311	DO. Ah oui?
312	AB. Et ça vous avez donc... Souvent les solutions, des solutions parfaites, qui peuvent rester des solutions pendant des jours et des semaines, et il suffit d'ajouter un germe et ça démarre. Et alors, vous faites cristalliser mais quand ça cristallise, ça va vite. Donc...
313	DO. Est-ce que vous envisageriez donc, pour qu'il y ait ce... Quelle place donnez-vous aux surfaces, aux interfaces justement? Ou bien à certains catalyseurs, je sais pas?
314	AB. Enfin, on travaille actuellement sur une hypothèse où on utilise les surfaces minérales comme adsorbants et comme matrices qui remplaceraient les membranes parce que si vous êtes au milieu, totalement libre, les réactions sont difficiles. A moins de rassembler les pièces.
315	DO. Oui, voilà.
316	AB. Donc les pièces seraient déjà prédisposées sur une surface. Et c'est à partir de là. Donc ça ne serait pas une croissance en 3 dimensions mais plutôt une croissance en deux dimensions dans une surface.
317	DO. Deux dimensions. Et dans ce cas là, vous réglez une partie du problème de temps?
318	AB. Oui.
319	DO. De durée, puisque bon la rencontre, on va dire des briques...
320	AB. Oui.
321	DO. Pourrait être facilitée donc.
322	AB. Oui. On accélère le processus. Et en plus, on peut éventuellement l'utiliser, si on a un support minéral, utiliser le fait que les cristaux sont capables d'autoreproduction. C'est à dire que les cristaux assureraient l'autoreproduction et la matière organique assurerait l'évolution.
323	DO. D'accord.
324	AB. Et ce serait l'association entre les surfaces minérales et la matière organique qui ferait le travail, qui aurait été le premier automate. Le premier automate, c'est pas que de la matière organique, ou que des minérales comme Cairns-Smith mais une association des deux.
325	DO. D'accord. Donc, on serait... Oui, c'est ça. d'accord.

47
ANNEXE 3

326	AB. Mais pour l'instant, on n'a pas.. Ca, pour l'instant, c'est une hypothèse de travail. On n'a rien qui, on n'a pas réussi à le reproduire en laboratoire. Mais on cherche.
327	DO. Alors, excusez-moi de vous questionner à ce sujet. Mais ce qui m'intéresse, c'est le passage entre les briques donc, et jusqu'à l'automate. Vous m'avez dit que c'était très dur et puis, c'est vrai, hein.
328	AB. On n'a rien là.
329	DO. On n'a rien. D'un point de vue durée. Ca, géologiquement parlant. On trouve plusieurs chiffres dans la littérature. Enfin quelques chiffres.
330	AB. Il n'y a aucun fondement.
331	DO. Aucun fondement.
332	AB. Non. Là, je dis simplement, ça a dû être rapide parce que ça ne pouvait pas traîner, mijoter comme cela...
333	DO. Oui.
334	AB. Parce que les conditions étaient dures. Donc, si vous ne relayez pas l'information, ça fait comme la racémisation. La racémisation, c'est lorsque vous avez, bon, on a parlé de l'asymétrie. Il semble... L' autoreproduction, c'est de l' autocatalyse. Les modèles théoriques montrent que lorsque vous êtes en système d' autocatalyse, et si vous nourrissez avec des monomères L et D, si vous avez les deux, forme gauche, forme droite, vous êtes en quelque sorte sur une crête entre deux vallées. Et pour que le système se développe, il faut basculer dans une vallée. Soit tout gauche, soit tout droit.
335	DO. Voilà. Oui.
336	AB. Et ça, c'est absolument impératif. Et la vie, et par contre, naturellement ces deux vallées, la séparation est pas énorme. Donc de temps en temps, vous avez comme des tentations d'aller vers une plaine où les deux... Vous allez vers un mélange racémique. D'accord?
337	DO. Oui, oui, d'accord.
338	AB. Donc la vie, elle, elle est restée bien d'un seul côté. C'est comme si vous aviez deux vallées qui finalement arrivent dans une plaine, et la vie a continué à suivre le fleuve de droite et pas le fleuve de gauche. Alors que le passage est relativement facile parce qu'elle a résisté contre cette racémisation. Donc nous pensons aussi que si vous avez une information du type homochiralité.
339	DO. Oui.
340	AB. Ou bien si vous avez une information, mes petits automates, il faut absolument que cette information, la meilleure façon de la sauvegarder, c'est d'en faire des copies et de plus en plus vite. De plus en plus vite. Donc, s'il faut 100 ans pour faire une copie, le système va être perdu. Perdue l'information, vous retombez dans le bruit de fond.
341	DO. Oui, oui.
342	AB. Donc ceci doit être assez rapide mais c'est intuitif.
343	DO. Oui, oui. Bien sûr.
344	AB. Et je ne veux pas donner de chiffres. Les gens qui donnent des chiffres, 100 millions. Moi, je dirais que des milliers d'années ou un million d'année, c'est largement suffisant. Alors par contre, pour faire apparaître après, pour séparer les fonctions, pour faire apparaître la cellule, avec la biosynthèse des protéines etc. L'ARN qui est difficile parce qu'il faut le protéger tout de suite, il faut qu'il y ait des réparations, la photosynthèse, ça, ça prend du temps, mais pour moi ça ne m'intéresse plus parce que c'est vivant. Dès que le système a été inventé, la vie...
345	DO. Oui, oui. Voilà, c'est ça.
346	AB. Après c'est l'évolution.
347	DO. Voilà, c'est ça.
348	AB. Et comme le système évolue, il peut générer des mutants qui sont plus résistants, qui s'adaptent et qui sont plus efficaces. Mais ça après, ça tourne, le moteur est inventé.
349	DO. Voilà. On est...
350	AB. Ca roule.
351	DO. Sur de l'évolution darwinienne.
352	AB. Oui. Absolument. Mais pour l'instant, on n'a pas encore ce démarrage. On n'a pas trouvé le départ.
353	DO. Et si je vous pose la question là, c'est pour vous demander en quoi se distingue le modèle, les modèles, enfin le modèle que vous travaillez d'une génération spontanée?

48
ANNEXE 3

354	AB. Mon modèle a expérimenté la génération, provient d'une génération spontanée mais d'une seule, il y a 4 milliards d'années. Mon premier automate s'est formé par génération spontanée. Ce sont des pièces qui se sont rencontrées par hasard et qui ont formé le premier automate. D'accord? Donc génération spontanée mais une fois dans l'histoire de la Terre, et après fini. Enfin, il y a eu d'autres tentatives mais qui ont avorté parce que, même aujourd'hui, on pourrait, on pourrait encore... Les conditions, alors pour qu'il y ait génération spontanée, il faut qu'il y ait une continuité, il faut que ça puisse se produire n'importe quand. D'accord? Donc, mon premier automate est apparu dans des conditions... anaérobies, d'accord? Sans oxygène.
355	DO. Oui, oui, sans oxygène
356	AB. D'accord? A partir de 2 milliards d'années, il y a l'oxygène, il y a beaucoup d'oxygène partout.
357	DO. Oui, oui.
358	AB. Donc ça, ça nuit déjà à la génération spontanée de systèmes équivalents à ceux qui se sont formés il y a quatre milliards d'années. A partir de ce moment là, c'était difficile puisque c'est un poison pour ces pièces. Ces pièces... La vie terrestre a réalisé un exploit en s'adaptant à un poison qu'elle a sécrété. Un exploit. On ne devait pas être là. Et d'ailleurs, dès que tout système vivant s'arrête de vivre, il est détruit par l'oxygène, c'est clair. Donc... Et le deuxième argument c'est que, le bombardement météoritique, a baissé d'un facteur mille depuis 3, 8 milliards d'années. Dès que le bombardement intense s'est arrêté, XXX a fortement décré. Donc, les briques, il en tombe beaucoup moins que il y a 4 milliards d'années.
359	DO. Oui, oui.
360	AB. Donc la génération spontanée n'est plus possible. Elle pourrait être envisageable dans des lieux comme dans les sédiments profonds, à mille mètres de profondeur, dans les sédiments sous-marins. On a découvert de la vie, qui vit de l'hydrogène et qui vit de carbone de carbonates. Alors ça c'est intéressant mais ça serait intéressant s'il y avait des grands lacs. Parce que pour que l'automate apparaisse, il faut quand même qu'il y ait une diffusion importante. Pour l'instant, ces bactéries vivent dans de l'eau interstitielle. C'est de l'eau et très peu d'eau. Donc, on voit pas comment des bactéries, comment, pour que le plan de montage de la génération spontanée primordial, originel apparaisse, il faut quand même que les pièces puissent se rencontrer, soit sur des surfaces, XXX
361	DO. Et donc là, ça facilite, d'accord.
362	AB. Et actuellement, dans ces sédiments, il n'y a pas beaucoup de volume donc intuitivement, toujours, on pense que ce serait extrêmement difficile de recréer une vie de novo aujourd'hui.
363	DO. D'accord.
364	AB. Mais c'est pas... Mais pour la vie telle qu'on la connaît actuellement en surface avec, et en plus ces bactéries sont certainement une adaptation de bactéries de surface parce qu'elles ont le même code génétique, enfin, il y a unicité de la vie tend à montrer quand même, surtout le code génétique, tend à montrer qu'on dérive d'un système ancestral relativement commun.
365	DO. Oui, voilà c'est ça. AB. Mais par contre la génération spontanée, oui, à une seule époque, il y a 4 milliards d'années et quelques tentatives encore, possibles, mais qui vont avorter tout de suite parce que... Il faut... Les conditions ont beaucoup changé et les endroits où les conditions ont peu changé, il n'y a pas, il n'y a plus assez d'espace, il n'y a pas assez de volume, je dirais.
366	DO. D'accord. Donc, voilà, un évènement extraordinaire plutôt qu'un évènement ordinaire.
367	AB. Mais il est ordinaire sur d'autres planètes.
368	DO. ... Oui, parce que... On n'en est pas...
369	AB. Sur Mars, par exemple.
370	DO. Oui.
371	AB. Donc, il est extraordinaire sur Terre. Dans l'histoire, dans l'histoire de la Terre parce qu'il s'est produit à un moment où il y avait... les conditions étaient très particulières.
372	DO. Oui, oui.
373	AB. Il y avait beaucoup d'eau, il y avait beaucoup de grains etc. etc. Donc, c'est extraordinaire parce qu'il est arrivé à un point précis dans l'histoire de la Terre mais il n'est pas extraordinaire en soi dans la mesure où il peut être reproduit ailleurs... Peut-être, peut-être. Mais c'est ce qu'on cherche ailleurs.
374	DO. D'accord. Wächtershäuser, toujours lui, avait l'air de dire dans un article de la Recherche que j'ai lu que, oui, l'état originel de la vie existe encore.
375	AB. Dans les fumeurs noirs, oui. C'est ce que je vous disais, dans les fonds sous-marins. Certains pensent que la vie est née dans ces...
376	DO. Voilà.

49
ANNEXE 3

377	AB. Pas dans les fonds sous-marins mais dans les sédiments très profonds et que la vie de surface serait une adaptation de ces systèmes donc que le code génétique aurait été inventé dans les sédiments profonds. Et auquel cas, on pourrait envisager que ça recommence aujourd'hui.
378	DO. Oui. Mais si vous dites qu'il (Wächterhäuser) est au rez de chaussée, peut-être que ce qu'il appelle l'état originel, c'est le rez de chaussée et...
379	AB. Oui.
380	DO. Et pas le troisième étage alors.
381	AB. Oui. Il faut être dans des conditions anaérobies, ça c'est clair. Oui... Bon, c'est une grande discussion actuellement aussi. De toute façon... moi, je pense que stricto sensu, la possibilité existe, quand même, de mais... la possibilité existe d'avoir des conditions qui peuvent perturber. Mais même les fumeurs noirs ont été marqués par, parce que ça fait recycler de l'eau des océans, tous les 8 millions d'années, hein, je crois à peu près.
382	DO. Oui.
383	AB. Donc et cette eau des océans est marquée par des sulfates etc., qui sont le résultat de l'oxydation de l'oxygène. Donc, il n'y a plus rien d'originel sur Terre.
384	DO. Oui.
385	AB. Vraiment originel. Surtout XXX, c'était hier. C'est un épisode dans la vie. Mais c'est vrai que c'est intéressant de se pencher sur ces sédiments profonds.
386	DO. D'accord.
387	AB. Où la vie est totalement, là très exotique.
388	DO. Je regarde à nouveau pour passer un petit peu en revue tout ça. Il y avait une question... Oui, je reviens à votre petit schéma de la montagne. Et donc de l'univers gauche, de l'univers droit, on va dire et puis de la plaine où il y aurait peut-être, où il pourrait, enfin vous parlez de la plaine, où...
389	AB. Le racémique, oui.
390	DO. Voilà, où il y aurait les deux. Hein, c'est ça?
391	AB. Oui.
392	DO. Bon. Est-ce qu'on doit, est-ce qu'on doit se représenter le scénario de l'origine de la vie comme le... Comment dire? Le passage à un moment donné, sur une pente.
393	AB. Assez tôt, assez tôt. Si la vie est autocatalytique, on ne peut pas concevoir une autocatalyse qui utiliserait indifféremment les molécules droites et gauches. Il faut que le système choisisse. Alors, ça peut être droit, ça peut être gauche mais il faut qu'il choisisse
394	DO. Mais avant que l'automate soit construit? On a choisi.
395	AB. L'automate ne peut se développer que s'il est capable de sélectionner et de choisir. Donc, est-ce qu'il faut que ce soit 100% mais au moins une majorité déjà. Moi, je dirais que c'est... Mais ça, encore une fois c'est un avis personnel, je pense que l'homochiralité est une condition quasiment implicite dans l'autoreproduction. C'est un peu comme la circulation des voitures. On ne peut pas tolérer les gens qui roulent à droite ou à gauche indifféremment. Alors on a des arguments qui... en faveur de ceci mais ce sont plutôt des arguments tirés de la biologie donc c'est pas...
396	DO. D'accord.
397	AB. Que les systèmes autocatalytiques montrent qu'il faut basculer alors je vous passerai des tirés à part. J'ai beaucoup écrit là-dessus.
398	DO. Ca m'intéresse. Oui.
399	AB. Par exemple, ça. XXX ça c'est un dossier de Pour la science.
400	DO. Oui, voilà.
401	AB. Vous l'avez celui-là peut-être?
402	DO. Celui-là, je l'ai, oui. Celui-là, je l'ai.
403	AB. C'est ce système-là. Dans ce système autocatalytique, ici vous êtes là et dans un système ouvert, le système bascule là ou là. Pour que le système se maintienne, il faut absolument basculer.
404	DO. D'un côté, d'accord, d'accord. Alors je peux peut-être, pour en finir avec le scénario où... Donc il y a un moment difficile, c'est le moment où on passe donc des matériaux à la construction, à l'automate fait.
405	AB. Oui.
406	DO. Vos recherches s'intéressent à ce moment là?

50
ANNEXE 3

407	AB. Oui, on cherche des mécanismes autocatalytiques. Bon, alors... L'autocatalyse, c'est vraiment... Il faut une information chimique qui soit relativement longue, c'est-à-dire un mot. Alors quelle longueur? Mais enfin, il faut que ce soit plus qu'un mot à deux lettres. Et l'autocatalyse voudrait que, à partir de ABCD, nourri avec A, B, C et D, les éléments, on arrive à faire des copies. Alors ça, c'est extrêmement difficile. Ce qu'on essaie de faire, au laboratoire, c'est... plutôt que de faire des copies, ce qui est extrêmement difficile, c'est d'allonger l'information. C'est-à-dire que, à partir de A, B, C, D, on nourrit avec A, B, C et D et on essaie de faire ABCD ABCD ABCD ABCD sur les surfaces minérales, donc ce n'est pas une véritable copie mais c'est une façon de multiplier l'information. Une copie, c'est une façon... La voie royale pour multiplier l'information, c'est de faire des copies, c'est la presse, c'est la photocopie.
408	DO. Oui, oui. Voilà.
409	AB. Mais une autre façon, ce serait aussi d'allonger l'information pour ensuite la couper donc ça serait une espèce de philo "ver de terre". C'est-à-dire que vous faites ABCD, et vous faites une multitude d'ABCD sur la même chaîne, ce que l'on arrive à faire, enfin ce qu'on arrive à concevoir mais qui ne marche pas encore et ensuite, vous cassez le cristal en deux, et vous cassez la molécule en deux. Et à partir de ces deux embryons, vous refaites un corps. Donc c'est une autre façon, un peu à la mode du ver de terre. Vous cassez en deux et à chaque fois.
410	DO. D'accord.
411	AB. Mais pour l'instant, ça c'est l'hypothèse de travail que l'on poursuit et on n'a pas réussi encore. Donc c'est plus simple que de faire des copies. Faire des copies, c'est vraiment difficile. Actuellement, on ne connaît qu'un système capable de faire des copies: c'est le système qui utilise l'appariement des bases.
412	DO. Oui, c'est ça.
413	AB. Ca, ça marche mais c'est pas prébiotique.
414	DO. Et oui, on n'a pas le modèle, on n'a pas la matrice initiale.
415	AB. On n'a pas la matrice initiale. Donc...
416	DO. Oui, oui. D'accord.
417	AB. Mais avec, par exemple, un petit peptide qui est incapable de faire des copies parce que ce n'est pas un matériel prébiotique, on peut espérer par exemple, si vous avez, on l'a montré au laboratoire, que des polypeptides, alors tous gauches, qui alternent hydrophiles et hydrophobes, leucine/acide glutamique. Lorsque vous... ils forment des feuilletés bêta, ça prouve... et toutes les charges sont du même côté. Alors si maintenant vous prenez de l'acide glutamique qui est présent dans la météorite de Murchison et de la leucine qui sont deux acides aminés présents. Si on fait un embryon leu-glu-leu-glu, leucine avec acide glutamique, et on alimente et donc ça, normalement ça, ça s'adsorbe sur un pyrite ou sur les argiles. et donc on nourrit avec un... idéalement, ce qu'on essaie de faire c'est de nourrir avec un mélange racémique de leu et de glu et on essaie de continuer parce qu'il n'y a que cette séquence là qui s'adsorbe bien. Si on introduit des D, on rompt la formation des feuilletés, donc c'est éliminé, donc seuls devraient être sélectionnés en fin de course les segments qui allongés, tout en conservant l'homochiralité et l'alternance, donc l'information de séquence. Pour l'instant, on n'a pas réussi. Enfin, c'est là-dessus qu'on travaille.
418	DO. D'accord.
419	AB. Plutôt allonger une information plutôt que d'en faire une copie. Faire une copie, pour l'instant, ça nous paraît hors de portée. Parce que nous, on est plutôt chimiste des peptides
420	DO. Voilà, oui, voilà. Vos travaux...
421	AB. Et en plus, les acides aminés sont présents dans les météorites. On a les briques, on peut faire des courtes chaînes, on peut faire des géométries etc. Donc, tout marche bien sauf la réplication. Mais, de toute façon, ça a pu être une propriété primitive qui a été perdue par la suite. De porter une information de séquence et ça peut être simplement le catalyseur. Si on arrive à montrer que ça, ça catalyse après la formation du sucre par exemple, ou ça prépare la venue de l'ARN, bon, c'est bon.
422	DO. D'accord.
423	AB. C'est pas forcément vivant. Il est possible que l'ARN soit le premier système vivant. Que le premier automate, stricto sensu, soit l'ARN auquel cas, il faut trouver un catalyseur, peut-être obtenu par autocatalyse, qui prépare la venue de l'ARN. Nous ne disons pas que l'ARN n'est pas le premier, n'est pas le berceau de la vie. Mais nous disons qu'il faut absolument trouver maintenant comment faire beaucoup d'ARN.
424	DO. Alors, si j'ai bien compris, il y aurait deux solutions de recherche: soit on essaie de penser à un système autorépliatif plus simple...
425	AB. Evolutif plus simple que l'ARN.

51
ANNEXE 3

426	DO. Que l'ARN.
427	AB. Oui.
428	DO. Soit on prépare le monde à ARN en essayant de...
429	AB. De faire beaucoup de catalyseurs.
430	DO. De faire beaucoup de catalyseurs et...
431	AB. XXX ou bien...
432	DO. Et puis aussi, on essaie d'avoir toutes les briques de base.
433	AB. Tout à fait.
434	DO. C'est ça hein donc? OK, donc là oui ça marche par rapport à ça... Je regarde à nouveau. Donc là, oui. Je voulais vous demander comment vous faites pour combler les trous dans l'histoire. On vient d'en parler un petit peu. On a...
435	AB. Il y a vraiment le passage clé qui va être la grande découverte des 10-20-30 ans -50 ans qui viennent. Comment ces briques...
436	DO. Ah oui.
437	AB. Ah oui! Sauf si ce premier automate était constitué de 1000 pièces.
438	DO. D'accord.
439	AB. Si par exemple dans 50 ans, on a identifié une centaine de sites possibles pour l'apparition de la vie, sur Mars, Europe et au delà, et si sur ces sites, il n'y a rien du tout, si sur 100 sites possibles, il n'y a rien, alors il faudra revenir à une notion plus... monoïste de l'apparition de la vie, une rencontre fantastique de milliers de pièces.
440	DO. Vous pensez que ça peut, parce que... Que c'est possible?
441	AB. Non, mais c'est... On ne peut pas l'exclure pour l'instant. On n'a qu'un exemple. Donc on ne peut pas exclure un hasard fantastique.
442	DO. Voilà, parce que De Duve a l'air de dire que... Enfin faut que le jeu soit pipé à un moment donné.
443	AB. Absolument. Oui, oui, on mais... on ne peut pas l'exclure. Si on n'arrive pas à le reconstituer en laboratoire, si on ne trouve rien sur les cent sites possibles. Supposons qu'on trouve 100 planètes qui ont eu de l'eau, ou qui ont de l'eau et ces 100 planètes sont absolument stériles, il n'y a rien et bien, il faudra peut-être envisager le fait que l'apparition de la vie est un acte quand même assez extraordinaire, qui résulte de la rencontre fortuite...
444	DO. Fortuite, oui.
445	AB. De milliers de pièces et que, pour reproduire cet événement, c'est extrêmement difficile.
446	DO. Oui, oui, d'accord.
447	AB. Pas rigoureusement impossible mais ce qui rend la vie beaucoup plus, beaucoup plus spécifique à la Terre et comme, ce qui rend la vie beaucoup plus unique qu'ubiquitaire.
448	DO. Oui, oui, oui.
449	AB. Pour l'instant, l'hypothèse de travail, c'est que c'est simple, qu'on arrivera à le faire en tube à essai, qu'on en trouvera ailleurs et que tout est pour le mieux dans le meilleurs des mondes.
450	DO. D'accord.
451	AB. Pour l'instant... Pour l'instant, on a... Mais je pense qu'on arrivera à le reconstituer en laboratoire. Ou des systèmes voisins, avec toujours la frustration de ne jamais pouvoir dire "nous affirmons que la vie a commencé comme ça".
452	DO. Bien sûr, mais bon, c'est vrai que...
453	AB. Ca c'est à cause du temps.
454	DO. Voilà. Alors... J'aurais bien aimé maintenant vous demander, oui... Mais on en a un peu parlé... Est-ce que vous pensez que l'apparition de la vie était inévitable?
455	AB. L'hypothèse de travail, oui. Il y avait de fortes probabilités pour que la vie apparaisse. Lorsque les molécules organiques XXX, macèrent dans l'eau.
456	DO. Oui.
457	AB. Sur des... Sur des planètes qui ont de l'eau ou qui ont des océans ou bien qui importent des grains cométaires. Enfin, si évidemment, il y a des systèmes où il n'y a pas de comètes, des systèmes stellaires où il n'y a pas de comètes, où s'il n'y a pas d'astéroïdes mais... Et qui veulent dire que nous sommes là grâce à Jupiter. Puisque Jupiter a empêché la formation de la planète entre Mars et Jupiter et s'il n'y avait pas eu la ceinture d'astéroïdes, on n'aurait pas tout cet apport de micrométéorites astéroïdales. D'après Michel Maurette, une fraction importante serait d'origine cométaire.
458	DO. D'accord.

52
ANNEXE 3

459	AB. Donc il faut des comètes et de l'eau à la surface et donc s'il y a des océans, avec des sources hydrothermales, là où ces conditions sont remplies, l'hypothèse de travail c'est que la vie apparaît. A de fortes chances d'apparaître. C'est la chimie, la chimie simple et reproductible. Donc lorsque tous les ingrédients sont présents, dans les mêmes proportions, dans les mêmes conditions, les mêmes phénomènes doivent se produire. OK?
460	DO. Oui, oui, oui.
461	AB. Sauf, sauf si c'est un acte absolument, quasi magique, d'une rencontre fortuite de milliers de pièces par un concours de circonstances extraordinaires, qui lui est difficilement reproductible.
462	DO. Mais est-ce qu'on ne peut pas dire que à partir d'un moment donné, on a changé un peu dans les... C'était les mêmes règles physico-chimiques, mais elles ont été en quelque sorte canalisées?
463	AB. . Par?
464	DO. Ben, je sais pas c'est-à-dire qu'il y a des chaînes de réactions qui se sont faites. Si vous voulez, ça s'est un peu, c'est un peu comme dévaler une montagne, une pente de montagne.
465	AB. Oui.
466	DO. Hein? On avait les ingrédients, on avait tout donc certaines réactions chimiques se sont faites parce que... Ben, est-ce qu'il n'y a pas eu à un moment donné un chemin?
467	AB. Si les... Non, le chemin, c'est l'autocatalyse. Hein? C'est les systèmes qui avaient une information et qui ont acquis, qui avaient la possibilité par autocatalyse de transmettre l'information aux autres pièces. C'est le petit automate qui ramasse des pièces autour de lui, qui fait un deuxième automate à son image. C'est Empédocle, hein? Et cet automate évolue. Il fait, des fois, il se plante. Au lieu de... Il fait des automates à trois bras qui sont plus rapides pour XXX
468	DO. Oui, oui.
469	AB. Donc... Et ça, ça apparaît, donc ces systèmes autocatalytiques. Il faut simplement des systèmes qui sortent par leur information, qui sortent du bruit de fond. Vous avez un bruit de fond, vous avez un système qui sort et ce système, parmi ces systèmes, il y en a qui, bingo, sont capables de faire d'autres systèmes qui sortent donc vous avez tous ces systèmes qui se mettent à sortir et qui restent, qui restent au-dessus du système parce qu'ils sont capables de préserver l'information en faisant des copies. OK? Et c'est comme s'ils sortaient de plus en plus loin de la base qui est une espèce d'enfer pour ces molécules. Donc vous êtes en haut et que deviennent ces systèmes une fois qu'ils sont là? Ca, je n'en sais rien. Ca, cela va dépendre de l'environnement. Donc, sur une autre planète, vous aurez d'autres systèmes. Mais le principe fondamental de base est le même. Et ce principe fondamental de base qui est de l'autocatalyse chimique, normalement devrait apparaître chaque fois que les conditions sont remplies. C'est-à-dire de l'eau et des molécules organiques. Ca, c'est l'hypothèse de travail.
470	DO. Oui.
471	AB. Mais devrait. Je n'ai pas de preuves et je ne peux pas exclure que un système soit sorti, que ce système-là soit sorti par hasard et que ce hasard ne s'est produit qu'une seule fois et qu'il était tellement efficace que c'est lui qui a pris le dessus. Et qu'ailleurs, ça ne se produit pas. Ca, je ne peux pas l'exclure totalement. Mais je pense que c'est hautement improbable. Mais je ne dirais pas que c'est impossible. Ce n'est pas rigoureusement impossible. Mais si c'est le cas, et bien la vie est certainement restreinte à la Terre. Il y a de fortes chances pour qu'un hasard de ce style là soit extrêmement difficile à reproduire ailleurs.
472	DO. Oui, oui même si... il y a de l'espace!
473	AB. Oui, tout à fait.
474	DO. Enfin, c'est ça. Alors, je regarde mon petit truc... Est-ce que... Alors voilà, par rapport à ces travaux sur l'origine de la vie, qu'est-ce qui a fait que vous vous êtes intéressé... Alors, je vous propose mes questions mais bien évidemment, vous en faites ce que vous voulez. Qu'est-ce qui a fait que vous vous êtes intéressé à l'origine de la vie? J'aurais aimé savoir si vous vous êtes intéressé, si vous avez pris ce problème-là de la même façon tout au long de votre carrière?
475	AB. Bon alors, ce qui m'a fait m'intéresser à ce problème, c'est l'expérience de Miller en 53. Donc en 53, j'avais 17 ans, non 15 ans. Je suis né en 38 et pour moi, ça a été vraiment une révélation. J'ai eu un prof de physique qui était, de physique-chimie qui était vraiment formidable et qui nous a dit, en arrivant en cours, il a dit: il y a eu une révolution en sciences. On a réussi à faire des briques de vivants à partir d'un nuage de gaz.
476	DO. D'accord.
477	AB. Et ça, ça a été... Pour moi, ça a fait tilt et j'ai toujours été par culture familiale, toujours très curieux, toujours à vouloir savoir pourquoi et quand j'étais gamin, je faisais de la chimie déjà chez moi, dans mon grenier donc...
478	DO. D'accord, c'est une approche expérimentale, on va dire.

53
ANNEXE 3

479	AB. Tout à fait, tout à fait. Ah oui, oui, très expérimentale. Avec un déclic quand même... intellectuel... Enfin, de curiosité intellectuelle.
480	DO. D'accord.
481	AB. Et si j'ai changé. Bon au début, j'ai beaucoup travaillé sur les peptides et après bon je me suis intéressé à des systèmes autocatalytiques et tout naturellement... Le déclic ça a été quand même la palette des micrométéorites, quand Maurette a montré qu'une fraction importante des briques pouvait être apportée, faite dans l'espace et apportée sur Terre par les grains cométaires, là, j'ai assez vite compris que ça généralisait les possibilités, sur des bases chimiques alors, pas uniquement culturelle pour savoir, mais... Ca généralisait les possibilité d'apparition de la vie sur d'autres planètes.
482	DO. D'accord.
483	AB. Donc, ça c'est... Et les sources hydrothermales aussi mais ça c'est assez récent. Ca date des années 70.
484	DO. Je ne sais pas si je me trompe, mais dans ce que dit... Dans les apports des travaux de Maurette aussi, et puis... On a l'idée aussi que ces petites météorites pourraient jouer le rôle de microréacteurs.
485	AB. Microréacteurs, oui, tout à fait.
486	DO. Parce qu'elles ont à la fois des...
487	AB. Des sels minéraux, oui.
488	DO. Oui, voilà et donc il y a tout ce côté là aussi.
489	AB. Oui, tout à fait. Pour Michel Maurette, ça apporte même l'oxygène, enfin ça apporte tout, l'eau, tout.
490	DO. Donc à la limite on a presque "le kinder" qui arrive?
491	AB. Oui, oui, oui.
492	DO. C'est un peu ça?
493	AB. Oui, oui, oui.
494	DO. Donc, vous êtes entré par la chimie, on va dire.
495	AB. Oui, oui, tout à fait.
496	DO. Et par... Comment dire? Vous vous êtes inséré dans le scénario?
497	AB. Oui, oui, dans le scénario cellulaire, plutôt.
498	DO. Vous vous êtes inséré dans le scénario cellulaire.
499	AB. Oui, c'est-à-dire la partie peptide-protéine. J'ai commencé mes recherches à Strasbourg en faisant des modèles de la protéine de la soie, du ver à soie. Donc, j'ai réussi à modéliser une protéine naturelle et je me suis dit, tiens, peut-on modéliser les protéines primitives?
500	DO. D'accord.
501	AB. Et c'était la démarche, dans le contexte d'une approche cellulaire. Mais assez rapidement, on s'est rendu compte qu'il y avait un maillon qui manquait, c'était le ribose. Donc, à partir de là, on a cherché plutôt l'autocatalyse et à partir là, à partir de Maurette, c'était plutôt une extrapolation à la recherche du système solaire.
502	DO. D'accord, d'accord. Je regarde (le dictaphone). Il marche encore. Actuellement, comment se décompose votre activité de chercheur? Comment...
503	AB. Alors, je dirige une petite équipe. On a des expériences d'exposition en orbite terrestre, donc on met des acides aminés sur des satellites.
504	DO. Oui.
505	AB. On mène également des expériences au sol en mimant les conditions de l'espace et en particulier des rayonnements synchrotrons parce qu'on essaie de comprendre aussi l'excès d'acides aminés gauches dans la météorite de Murchison. Parce que les astronomes ont découvert dans Orion, qui est la constellation d'Orion, un rayonnement de lumière polarisée, donc qui pourrait induire des synthèses asymétriques donc si ce rayonnement existait dans la nébuleuse protosolaire, ça pourrait être l'origine de ces acides aminés gauches en excès. Et donc, on fait des expériences au sol, à Lure, sur un faisceau synchrotron polarisé.
506	DO. D'accord.
507	AB. D'accord?
508	DO. Oui.
509	AB. Mais ça c'est dans un contexte. On conforte l'hypothèse d'une arrivée, d'une importation d'acides aminés gauches.
510	DO. Voilà, c'est ça. Ayant une certaine... Enfin...
511	AB. On les met en orbite terrestre ou bien on simule les conditions de l'espace dans une chambre de réaction.

54
ANNEXE 3

512	DO. D'accord.
513	AB. Ca, c'est un premier volet. Le deuxième volet, on regarde ce que font ces acides aminés quand ils sont au fond de l'eau, sur une surface minérale donc on essaie d'allonger une information sur des surfaces minérales. Donc c'est la chimie, c'est la polymérisation d'acides aminés sur des surfaces minérales dans l'eau, enfin en laboratoire, donc en tubes à essai. Démarche tubes à essai et je participe à l'exploration, à la définition du petit laboratoire XXX d'analyses pour Mars donc je fais partie de l'équipe Beagle 2 qui est l'atterrisseur de Mars express qui va partir en 2003 et je fais partie (FIN DE LA CASSETTE)...
514	DO. Ca marche, oui. Il suffit d'attendre. Oui donc, vous disiez, dernier point
515	AB. Donc je fais partie de Beagle 2, l'atterrisseur qui est chargé de chercher des traces de vie sur Mars, dans le cadre de la mission Mars express, de l'agence spatiale européenne en 2003 et je fais partie du groupe Exobiologie, enfin je préside le groupe Exobiologie de l'Agence spatiale européenne qui, d'une manière générale, est chargé du concept d'un petit laboratoire d'analyses, avec forages etc. sur Mars, pour rechercher des traces de vie.
516	DO. D'accord.
517	AB. Plutôt des traces fossiles. Parce qu'on pense que la vie a disparu. Elle est peut-être présente encore, mais à 1000 mètres de profondeur. En surface, on ne cherche que des, on cherche des vestiges des molécules organiques qui auraient été apportées par les grains cométaires et on cherche peut-être des fossiles de bactéries.
518	DO. D'accord. Sachant qu'il y a, qu'on a trouvé de l'eau donc... Voilà. D'accord.
519	AB. Et je consacre une partie importante de mon temps à vulgariser puisque je suis aussi président d'un Centre de culture scientifique, qui est chargé donc d'expliquer les sciences et les techniques au public et aux jeunes.
520	DO. D'accord. Pourquoi ces changements? Enfin, pourquoi dans une carrière cette... Enfin, vous êtes entré, on va dire par un petit bout. Qu'est-ce qui fait que vous avez... Enfin, on a l'impression quand même avec ce que vous dites là que vous revenez par exemple au travail sur les traces, et tout ça. Vous êtes passé d'un petit, pas d'un petit angle d'attaque, enfin c'est pas petit! Mais d'un angle d'attaque à quelque chose qui englobe peut-être davantage tout le scénario, non?
521	AB. Oui. Je pense, par esprit de synthèse. J'aime bien boucler, j'aime bien comprendre, essayer de comprendre et je crois que c'est vraiment... J'ai gardé quand même, j'ai eu la chance d'avoir, de passer la moitié de ma jeunesse dans une ferme, enfin les vacances et pendant la guerre et j'ai toujours été impressionné par la qualité d'un instant magique qui est le soir, lorsque l'on regarde le travail de la journée, au sens paysan, c'est-à-dire que j'aime bien faire le bilan et donc faire une espèce de synthèse du travail accompli et c'est ce qui m'a amené certainement à élargir de plus en plus l'activité pour essayer de sortir d'un truc pointu mais d'essayer d'avoir une vue générale du problème et d'intégrer différentes choses dans une espèce d'approche globale. Mais ça, c'est par goût personnel.
522	DO. Oui. Et même si tout chercheur quelque part a sa construction théorique.
523	AB. Oui, mais elle peut être étroite, je dirais. Malheureusement, et je ne veux pas critiquer mes collègues, mais quelquefois, ils ont une approche quand même assez étroite. Ils ont du mal à sortir de leur spécialité.
524	DO. Même dans les recherches sur l'origine de la vie?
525	AB. Ah, non, non, non! Sauf dans ce domaine là qui impose donc une approche très pluridisciplinaire et une approche globale du problème. Et je crois qu'il faut aussi, c'est un peu plus rare aussi, essayer de faire une synthèse, ce que je disais tout à l'heure et avoir une version, il faut prendre ce qui est bien dans chaque hypothèse. Personne ne détient la vérité à 100% donc il y a certainement des idées à prendre et il faut à tout prix sortir des esprits de chapelle et comme c'est un sujet difficile, pour lequel on n'a pas de certitudes, on n'a jamais de clé en quelque sorte.
526	DO. Oui, oui, oui.
527	AB. C'est-à-dire qu'il faut, à cause de la flèche du temps. On revient à cette flèche du temps.
528	DO. Oui, oui, oui.
529	AB. Donc, on vit sur une frustration permanente et donc de ce fait, les gens s'accrochent à leur idée. Et je crois qu'il faut dépasser ce niveau et avoir une approche globale et essayer de faire la synthèse et de prendre toutes les possibilités, les bonnes, ce qui est bon dans chacune des hypothèses pour essayer de faire une espèce de, pour avoir une vision globale du problème.
530	DO. Et alors, ce qui est bon dans chaque hypothèse, c'est ce qui a...

55
ANNEXE 3

531	AB. Reçu un support expérimental. Ce qui paraît plausible. Les Anglo-saxons parlent de best guess, c'est l'approche la plus raisonnable, la plus probable et c'est ce qu'on essaie de définir et ça peut être, par exemple dans la fourniture des briques, il serait stupide de dire, comme Miller dit, que toutes les briques venaient de l'atmosphère, ou toutes les briques, comme Wächtershäuser, viennent du fond sous-marin.
532	DO. Oui, oui, oui.
533	AB. Ou toutes les briques, comme dit Maurette, viennent de l'espace. Je crois qu'il faut faire la part des choses. Il est difficile de mettre des pourcentages mais on dit, c'est un peu comme si on fait une soupe avec des légumes: l'eau est terrestre, enfin au moins à ce moment là puisqu'elle n'est pas terrestre d'origine puisque ça vient des planétésimaux mais l'eau est terrestre, les légumes viennent plutôt de l'espace et puis vous avez des sels qui viennent des fonds sous-marins et où certains ingrédients, (sels noirs etc.)
534	DO. Oui, voilà.
535	AB. Donc il faut avoir une approche un peu globale et plutôt oecuménique plutôt que l'esprit de chapelle. Enfin, chacun défend son...
536	DO. Oui, enfin... Mais ça reste quand même, enfin c'est oecuménique mais on n'y perd pas, enfin... Il y a quand même une ossature qui a l'air de...
537	AB. Il y a un scénario, il y a un bon scénario maintenant.
538	DO. Voilà, c'est ça. On se rattache, on n'apporte pas son tas à n'importe quel édifice.
539	AB. D'accord. Oui, oui. Non mais, il y a quand même, avec les micrométéorites toujours, il y a quand même maintenant une continuité entre la chimie du milieu interstellaire. Donc il y a une partie de ces matériaux de la nébuleuse protostellaire, protosolaire qui forment les planètes et le soleil, bon là l'information est perdue, les briques sont perdues puisqu'elles se retransforment en CO2 mais vous avez un biais par les comètes qui restent aux confins et au froid. La chaîne du froid est conservée et après, ces grains, lorsqu'ils tombent à la surface des planètes qui ont suffisamment froid pour avoir de l'eau... Ce scénario pourrait être applicable, extrapolable à d'autres étoiles.
540	DO. D'accord.
541	AB. Donc il y a vraiment une continuité, on a vraiment l'impression de ne plus avoir des pièces disparates de puzzle, mais d'avoir une continuité dans... Et qui, si, si et quel grand SI, la vie terrestre a démarré d'une manière relativement simple, permettrait de généraliser la vie comme un corollaire de cette, de ce scénario, de cette continuité. Mais pour l'instant, ça on le saura, on pourra l'affirmer dès qu'on aura un deuxième exemple. Ça peut-être un message extraterrestre intelligent. Moi, ça ne me dérangerait pas de savoir que le seul processus a démarré ailleurs veut dire qu'il est généralisable. Pour l'instant, on ne peut pas généraliser à partir de un. Vous savez que les hottentots comptaient 1, 2, 3 et puis après beaucoup. Et nous c'est un, deux, partout. Pour l'instant, on est à un.
542	DO. Oui, on est à un.
543	AB. Et on voudrait bien le deux. Je pense qu'on aura un indice du deux, soit sur Mars, soit en tube à essai, soit sur Mars, soit ailleurs assez rapidement. Dans les décennies qui viennent. Espérons...
544	DO. Alors j'aurais deux questions encore mais je sais pas si, on a, il me semble que j'ai déjà pas mal...
545	AB. Allez, allez pour deux questions.
546	DO. Selon vous, de quelles tendances il faut se méfier quand on travaille sur l'origine de la vie? Qu'est-ce qui risque de bloquer la pensée? Parce que là, je fais un petit peu référence, si vous voulez, à tout ce qui a pu entraver les recherches sur l'origine de la vie dans l'histoire des sciences, on va dire. Actuellement, qu'est-ce que... De quoi...
547	AB. L'église ne représente plus aujourd'hui un frein. Parce que la relation de la genèse, l'origine de la vie telle qu'elle est décrite dans la genèse est considérée maintenant par les théologiens, de tous les bords sauf les créationnistes et les témoins de Jéhovah, comme une métaphore. Donc ça, c'est plus un problème, du tout. Les créationnistes sont un frein, évidemment. Mais ça, c'est comme tous les Ayatollahs. Ce qui est un frein au niveau de la communauté scientifique, c'est l'esprit de chapelle. Les gens qui sont, qui veulent, comme déjà dit, qui ne veulent pas sortir de leur, disons qui ont trouvé une bonne piste et qui ne jure que par elle. Et ça, c'est dommage.
548	DO. Mais cette bonne piste correspond à un segment, on va dire.
549	AB. Oui, absolument.
550	DO. Du scénario.
551	AB. Oui, et maintenant, ce qui freine, enfin ce qui freine, ce qui irrite, c'est pas tellement un frein, c'est la surmédiatisation des résultats. Par exemple, dernier exemple, bon, surmédiatisation qui est liée à l'irrésistible attrait de la télévision. Pour passer à la télé, les gens sont prêts à faire n'importe quoi.
552	DO. Même chez... On va dire, même dans la communauté scientifique?

56
ANNEXE 3

	AB. Oui. Des gens qui n'hésitent pas à intervenir sur des choses qu'ils ne connaissent absolument pas. Je prends le cas de Reeves, par exemple, qui est un excellent astrophysicien, mais qui intervient sur l'origine de la vie. Et qui n'a, de l'origine de la vie, qu'une connaissance livresque qui date de 15 ans et ça ne l'empêche pas d'intervenir.
553	DO. D'accord.
554	AB. Parce que pour lui, c'est le pape de la vulgarisation, donc il sait tout. Mais c'est horrible, parce qu'il dit des conneries. Alors les gens n'écoutent pas ce qu'il dit parce qu'ils sont sensibles à son charme mais quand même, intrinsèquement, c'est pas bon. La surmédiatisation, c'est quand vous avez un chercheur qui trouve une petite étape dans le scénario, et qui la monte en épingle et qui commence par la publier dans le journal local. Ca c'est produit en France. Et qui est relayé par Science et Vie, qui dit "Un français a découvert l'origine de la vie". Alors, ça c'est horrible. Quand vous lisez ça, c'est horrible! C'est un raccourci comme point de vue. C'est une petite étape importante certes, mais c'est horrible. Et quand vous avez, j'ai reçu ça hier, ça m'a énervé encore, ça m'énerve souvent... (<i>M. Brack cherche un document</i>) ... qui disait que les chercheurs de la NASA apportent les preuves que la vie est née dans l'espace. Voilà... C'est ça, le titre c'est, mais je dois l'avoir là... Donc des chercheurs de la NASA... Voilà... NASA scientists find clues that life began into space. D'accord? Quand ils disaient ça, c'est fantastique, la vie est née dans l'espace.
555	DO. Oui, oui.
556	AB. Et ils ont simplement reconstitué en laboratoire la synthèse, en mimant les conditions de l'espace, des molécules qui forment des vésicules dans l'eau. Ca, ça ne fait que confirmer ce qu'on trouve dans les météorites puisque dans les météorites, enfin dans les extraits par le chloroforme, quand on les remet dans l'eau, on forme des vésicules. Et les météorites sont d'origine extraterrestre, bien évidemment, et donc ils ne font que vérifier la possibilité d'une synthèse dans l'espace, dans les conditions de l'espace, de composés qui forment des vésicules. On est loin de la vie est née dans l'espace.
557	DO. Bien sûr.
558	AB. Et ça... Et ça maintenant, c'est avoir la publication dans les revues etc... Et ça, c'est un réel danger.
559	DO. Donc finalement on a plus, ce sont plus des dangers que le vitalisme par exemple, plus de danger que le vitalisme ou...
560	AB. Oui, oui.
561	DO. D'autres démons comme...
562	AB. Absolument. C'est le démon moderne. Maintenant, c'est de faire de l'image. Alors, c'est lié d'une part à la difficulté de notre sujet parce qu'on n'a pas de grandes découvertes, sauf celui qui va découvrir le premier automate. OK? Ca, c'est le prix Nobel assuré. Mais par contre... Et on a besoin de crédits aussi donc les gens font un forcing, surtout les américains, pour avoir des crédits et ça, ça... Encore que vous trouviez ça dans Sciences et Vie, bon.
563	DO. On fait attention.
564	AB. C'est la faute du journaliste et mon collègue qui était l'auteur de cette première page m'a dit j'ai été abusé. Bon OK. Et j'ai quelquefois été abusé par ça aussi. Mais, ça c'est la NASA qui publie ça. C'est le NASA news, c'est le service de communication de la NASA et tous les services de communication maintenant qui ont pour tâche de... Pas de vulgariser, mais de valoriser les résultats de l'organisme font de la surenchère. Et ça, c'est un réel danger parce qu'on perd cette rigueur scientifique qui fait partie de notre déontologie. C'est évident. C'est évident.
565	DO. Bien sûr.
566	AB. On ne peut pas. Ca, c'est inadmissible.
567	DO. Et vous acceptez que des... Comment dire? Est-ce que les chercheurs acceptent que des gens comme ça apportent leur tas à l'édifice, comme on disait tout à l'heure? Parce que d'un côté, ils jouent un jeu et puis de l'autre, ils jouent un autre jeu. Non?
568	AB. Mais, il fait du bon boulot. Ils ont fait du bon boulot.
569	DO. Voilà, c'est ça.
570	AB. C'est pas des charlatans. Seulement c'est la façon de vendre leur camelote qui n'est pas bonne.
571	DO. Voilà, d'accord.

57
ANNEXE 3

572	AB. Je crois qu'il faut en parler. Il faut faire des conférences. Enfin... On a fait une expérience qui était marrante parce qu'on voulait démontrer que la Terre pouvait hériter de météorites sédimentaires d'origine martienne. Parce qu'on a des météorites qui sont probablement de Mars mais ce sont des roches ignées, fondues donc... Parce que si on avait les sédiments martiens, ça serait intéressant parce que dans les sédiments, c'est là où sont le mieux préservées les molécules organiques et les bactéries. Donc on a mis des sédiments terrestres dans les boucliers thermiques et on les a fait rentrer dans l'atmosphère, au cours de missions et les journalistes se jettent là-dessus et j'ai dit non: les résultats vous les aurez quand ça sera publié. Pour l'instant, j'ai décrit la mission en disant voilà, voilà ce qu'on a fait mais les résultats, qui sont tout à fait XXX, qui sont formidables, vous les aurez que lorsqu'on aura publié. Et... Mais la NASA, ils auraient sorti 36 trucs avant.
573	DO. Des petits papiers avant.
574	AB. Avant la publication. Et moi, j'ai dit non. Ma déontologie, mon éthique à moi, c'est de respecter, d'attendre le verdict de mes pairs par le journal. Bon enfin, il y a d'autres travers parce que j'ai envoyé dans un journal, dans Science et puis Science a trouvé que c'était trop européen. Ils ont envoyé ça à des juges de la NASA qui apparemment n'ont pas apprécié que ça ne se fasse pas chez eux. Ils n'ont pas de satellites récupérables et ils ne peuvent pas le mettre sur la navette parce que c'est trop dangereux. Ils ont peur de perdre la navette. Parce que nous, on met ça sur des satellites tout petits.
575	DO. Voilà, D'accord.
576	AB. Donc on ne risque pas de mettre le véhicule spatial en danger. Mais enfin, c'est un détail mais je veux dire nous, tant que ça n'a pas été publié, nous, on ne fait pas des publications dans les...
577	DO. Sensationnelles, oui.
578	AB. Absolument. Donc voilà un des travers qui nous guettent et il faut vulgariser mais en suivant des règles strictes.
579	DO. Mais ça nous interroge, alors là, de ce point de vue là en tant qu'enseignant, parce que on a des élèves qui sont curieux, ils sont bien mais bon...
580	AB. Ah, oui.
581	DO. Quelle histoire ils se construisent? Donc c'est un peu...
582	AB. Le Web aussi est dangereux parce que sur le Web, vous mettez n'importe quoi, sans vérification et sans le contrôle. Et donc, vous lisez des choses que vous prenez pour vraies, pour exactes alors que certaines sont mises par n'importe quel charlatan. Les élèves ne font pas forcément la différence.
583	DO. Non, non, il y a tout un travail de tri, d'esprit critique. Ca c'est... Ca nous emmènerait...
584	AB. Justement, c'est le rôle des enseignants, c'est aussi d'inculquer un minimum, un bagage scientifique pour que l'esprit critique se développe.
585	DO. Bien sûr, mais bien sûr.
586	AB. Plutôt que de bourrer le crâne. Mais ça...
587	DO. Alors il y avait encore une question mais voilà... Quelle différence voyez-vous entre votre travail et celui d'un historien?
588	AB. Quand je fais de l'archéologie, c'est assez proche d'un travail d'historien. Quand je recherche des traces. Donc, c'est un travail de paléontologie, de recherche d'indices d'un événement qui s'est produit, malheureusement beaucoup plus, beaucoup plus ancien que l'historien, que celui de l'historien mais par contre après, quand j'invente un scénario, quand j'essaie de reproduire en laboratoire, là je fais ma propre histoire. Donc, je construis mon histoire et là j'ai un gros avantage sur l'historien, c'est que je peux anticiper et Berthelot disait: "Le chimiste crée son objet". Donc à partir de mon travail d'archéologie, je peux créer mon objet. Je peux créer mon scénario, mon histoire.
589	DO. Et vos événements?
590	AB. Et mes événements. Tout à fait.
591	DO. Et quels sont les grands événements que vous retiendriez dans votre histoire sur l'origine, par rapport à l'apparition de la vie?
592	AB. Dans l'histoire de la Terre?
593	DO. Dans l'histoire de l'origine de la vie.
594	AB. Pas dans l'histoire de la recherche sur l'origine de la vie? Sur les 4 milliards d'années, vous voulez dire?
595	DO. Pas sur les 4 milliards d'années, sur ce... Ce... Ce début de l'histoire de la Terre où la vie est apparue. Quels sont les grands événements?
596	AB. Les grands événements, c'est l'apparition de l'automate. Ou des automates. Ca, c'est clair.
597	DO. D'accord. Donc... Et avant, y-en a pas?

58
ANNEXE 3

598	AB. Avant, ça tourne. Bon, il y a la formation de la Terre. Après, on est dans une histoire géologique, si vous voulez. Apparition des océans assez vite, la pluie de grains, les fumeurs noirs qui crachent.
599	DO. Oui.
600	AB. Et puis les molécules qui se complexifient. Mais ça, c'est un continuum. Bon, c'est une évolution, on complexifie, on forme au fur et à mesure des molécules quand même pas trop complexes, pas très complexes les molécules, bon une certaine complexité mais je dirais que ça ne va pas au-delà des briques et puis dans... Et ça, ça se crée, ça disparaît. D'accord. Vous en faites autant, ça disparaît parce que ça se dégrade et puis bingo, certaines, quand vous avez une certaine concentration ou certaines conditions, certaines de ces briques s'assemblent pour faire l'automate. Mais ça, ça a été un déclic. Alors ça, ça a été le déclic. Et après, après ça tourne, ça roule donc c'est vraiment le seul événement que je qualifierais de fantastique. Après, après vous avez les éléments mineurs qui vont modifier l'évolution comme les impacts, des choses comme ça, qui font aussi des sauts brusques parce que vous avez l'évolution à Darwin qui est lente, l'environnement change, les glaciations, tout ça, c'est lent.
601	DO. Oui.
602	AB. Et là-dessus, vous avez superposition de contingence à la Gould, hein?
603	DO. Voilà, c'est ça. Alors... Qu'est-ce que vous voyez comme contingence? Vous voyez de la contingence après?
604	AB. Après, oui.
605	DO. Mais pas avant?
606	AB. Après le grand déclic dans la mesure où chaque XXX.
607	DO. Oui, voilà. C'est l'évolution de la vie. On a le temps en plus. On a la durée. On a tout.
608	AB. Le moteur tourne après.
609	DO. Voilà, c'est ça. Mais pas de contingence avant?
610	AB. Non.
611	DO. Avant le...
612	AB. Sauf si l'apparition de la vie est une contingence. Qui aurait pu ne pas se produire. Alors ça, ça on le saura quand on aura le deuxième exemple. Quand on aura le deuxième exemple, je pourrais vous dire, non c'était pas contingent. C'était écrit dans les molécules.
613	DO. D'accord.
614	AB. Mais pour l'instant, je ne peux pas vous dire.
615	DO. Oui, oui... Et bien écoutez, je crois que... Je vous remercie beaucoup pour tout ça.
616	AB. Je vous en prie.
	FIN DE LA DEUXIEME CASSETTE

TRANSCRIPTION DE L'ENTRETIEN PARTICULIER AVEC DEUX ELEVES
Classe de Première S (1999/00)

Mardi 28 septembre 1999, Lycée A. Camus, NANTES

Transcription réalisée par Denise ORANGE

Eléments du contexte de l'entretien

Les élèves (demi-classe 1) réfléchissent individuellement aux questions 3, 4 et 5 de la fiche de travail portant sur l'histoire des fonds océaniques (voir figure 6.1).

Quand nous nous apercevons que l'élève Romain est en train de produire une réponse erronée à la question 4, nous lui demandons comment il procède.

Alors qu'elle est en train de produire une réponse aux questions 4 et 5, l'élève Donia montre une insatisfaction devant ce qu'elle propose. C'est pour nous l'occasion de l'interroger sur sa façon de fonctionner.

Les échanges sont enregistrés avec l'accord des deux élèves.

Entretien particulier avec Romain

R = Romain

P = Professeur (Denise Orange)

1	P. Alors, dis-moi, là, comment t'as fonctionné pour faire ton découpage?
2	R. En fait, j'ai découpé à 195 Ma, entre 195 Ma et 135. J'ai enlevé cette partie pour pouvoir coller après.
3	P. La question c'était...
4	R. ...Reconstituer l'Atlantique il y a 135 Ma.
5	P. D'accord.
6	R. Et pour le deuxième, j'ai fait la même chose mais là j'ai coupé à 65... entre 65 Millions et 190 Ma.
7	P. D'accord. Parce que là on te demandait quoi pour la deuxième question?
8	R. Pour reconstituer l'Atlantique il y a 65 Ma.
9	P. D'accord. Donc tu t'es référé toi ici... Quel est l'indice que tu as pris ou quels sont les indices que tu as pris?
10	R. Ben les indices de datation des différents planchers océaniques basaltiques...
11	P. Oui et le chiffre le plus déterminant a, semble-t-il, été... alors attends... pour ici tu t'es surtout basé sur...
12	R. Ben sur 190 et 135.

60
ANNEXE 4

13	P. Sur 190 et 135. Parce qu'il y a 135 Ma...
14	R. La partie entre 135 et 190 n'existait pas...
15	P. A cette époque.
16	R. Oui.
17	P. Oui. Y-a 135 Ma, ce qui s'est fait... y-a 150 Ma par exemple n'existait pas.
18	R. Oui.
19	P. Tu as donc... Tu as enlevé tout ce qui était... supérieur à...
20	R. 135.
21	P. A 135. Et tu penses qu'il y a 135 Ma, ce qui a 23 Ma était fait?
22	R. Ben oui... Ah ben non! Ah, j'ai du me tromper là!
23	P. Alors... Non mais justement t'es pas le seul là dedans c'est pour ça que je me permets de t'interroger un petit peu.
24	R. Ben si...
25	P. Et si tu peux réfléchir tout fort ça m'intéresse...
26	R. Ah non, en fait c'était cette partie là qui devait venir jusqu'ici! En fait, il fallait enlever la partie qui va de 23 Millions à 135.
27	P. Et pas la partie, que la partie de 23 millions à 135.
28	R. En fait, ça allait... Ben, la partie 190-135, elle se trouvait au niveau de la dorsale.
29	P. Donc en fait rétrospectivement, qu'est-ce qui... qu'est-ce qui cloche dans ce que tu avais fait?
30	R. C'est que j'ai enlevé la bonne partie en fait.
31	P. Et il faut se référer à quoi donc pour ... finalement... Compare ta méthode peut-être à ce qui permet d'aller vers une réponse plus acceptable. Qu'est-ce qui... De quoi il faut tenir compte finalement?
32	R. Ben, par rapport à l'âge!
33	P. Oui.
34	R. Des différentes années.
35	P. Des différentes années? Ca, c'est ce que tu avais fait aussi?
36	R. Mais c'est parce que je l'avais fait dans le mauvais sens.
37	P. Et pourquoi tu l'as fait dans le mauvais sens? Qu'est-ce que t'as peut-être... Il aurait fallu tenir compte de quoi aussi pour aller dans le bon sens entre guillemets?
38	R. Ben du mouvement de la dorsale, des plaques basaltiques, de la dorsale.
39	P. Ce que tu avais parfaitement fait tout à l'heure.
40	R acquiesce.
41	P. Petite remarque en passant. Alors que là tu t'es fié simplement à...
42	R. A l'âge.
43	P. D'accord.

Entretien particulier avec Donia

D = Donia

P = Professeur (Denise Orange)

1	P. Alors, comment, d'abord, qu'est-ce qui te plaît plus maintenant dans ce que tu as fait? Je te redonnerai une autre feuille pour que tu me laisses peut-être ça.
2	D. Oui.
3	P. Et tu peux l'entourer en rouge ce qui te plaît plus. Et tu me dis comment tu as, comment tu as fait pour en venir là.
4	D. Oui, en fait, ce qui me plaît plus c'est que le plancher océanique ici il est toujours de la même longueur alors qu'en fait ici on nous demande la coupe de l'Atlantique N il y a 135 milliards d'années donc normalement elle est plus petite vu que ici on a de nouvelles plaques qui se sont reformées donc le magma en fait il est remonté donc on a une on a une, il s'est refroidi donc on a une plaque en plus donc le plancher océanique il s'est agrandi.
5	P. Maintenant ou avant?
6	D. Maintenant il s'est agrandi et là, on nous demande d'aller en arrière donc en arrière automatiquement il était plus petit.
7	P. Oui.
8	D. Et ben moi j'ai pas pris compte de ça...
9	P. Et qu'est-ce que tu as, et qu'est-ce qui montre que là dessus que t'as pas, les garçons, vous continuez avec les questions suivantes SVP.
10	D. Déjà ce qui montre c'est déjà les petits carrés là. Les petits carrés ça représente un nouveau, un nouveau, un nouveau plancher on dirait.
11	P. Acquiescement
12	D. Alors qu'en fait, y-en avait pas autant avant. Maintenant il y a, il y en a au, il y en a...
13	P. Y-a tout ça.
14	D. Oui, y-a tout ça voilà.
15	P. Alors qu'est-ce qu'il y avait pas avant?
16	D. Il y a 135 milliards d'années, y-avait pas, y-avait pas ces 5 là, ces 5 planchers aussi.
17	P. D'accord, donc tu barres là-dessus peut-être et puis.
18	D. Oui.
19	P. Tout ce qu'il y a plus. Oui tu peux barrer là si tu veux.
20	D. Oui, tout ça en fait. Ca existait pas.
21	P. Donc là tu remontes à 135.
22	D. Oui, donc là je vais marquer 135 et ici 135.
23	P. Et pourquoi, toi tu avais mis 250.
24	D. Euh, ben en fait... en fait... en fait je sais pas.
25	P. Tu sais pas.
26	D. Oui, je me suis dit, y-aurait peut-être une suite. Oui, je sais pas du tout.
27	P. Et, pourquoi tu avais gardé les petits carrés au milieu? Là parce que tu vois, tu avais quand même gardé, tu t'étais arrêtée à 135 et t'avais pas mis ça, t'avais pas mis ça. Pourquoi t'avais gardé ça?
28	D. Parce qu'on sait que ben ici c'est l'axe de la dorsale. C'est le plancher au niveau de l'axe de la dorsale donc il est plus important puisqu'il est plus jeune donc... faut bien le mettre en valeur.

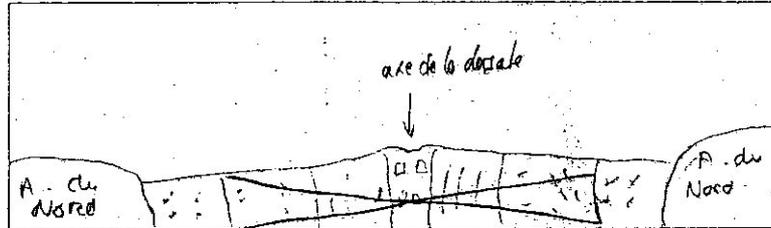
62
ANNEXE 4

29	P. Et il y a 135 millions d'années ces petits carrés ils y étaient?
30	D. Oui, ils étaient, oui, ils étaient en petits carrés puis ensuite petit à petit ils se sont... peut-être, ils se sont peut-être décomposés. Ils étaient petits carrés, maintenant ils deviennent petits traits.
31	P. Ah oui, d'accord. D'accord, mais tu penses que cette zone là, cette zone là après 135 millions d'années, elle est devenue quoi donc? Depuis 135 millions d'années?
32	D. Euh...
33	P. Elle est où?
34	D. Maintenant, depuis 135, ben elle est ici.
35	P. D'accord. Que d'un côté?
36	D. Ah non, de ce côté aussi!
37	P. D'accord, d'accord. Ben, je te remercie.
38	D Je vais en refaire un autre! Oh là là!
39	P. Je vais t'en redonner un.
40	D. Oui.

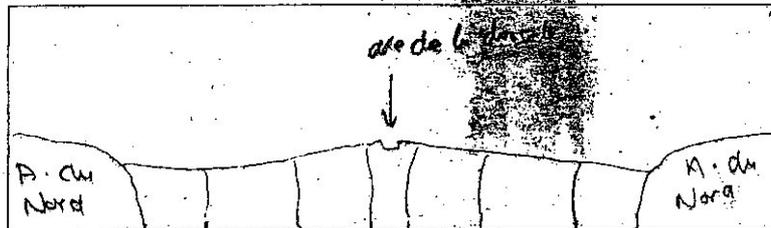
La reconstitution du passé d'un océan (voir figure 6.1)

Q4: Par un découpage de la coupe 1, reconstituez l'Atlantique il y a 135 MA (= fin du Jurassique). Vous collerez la coupe obtenue dans le cadre 1.

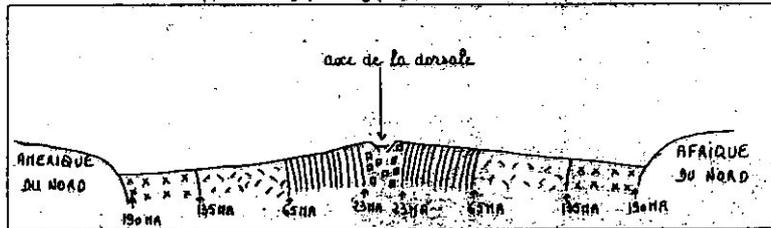
Q5: Par un découpage de la coupe 2, reconstituez l'Atlantique il y a 65 Ma (= fin de l'ère Secondaire). Vous collerez la coupe obtenue dans le cadre 2.



Cadre 1: Coupe de l'Atlantique Nord il y a 135 MA
235 MA 190 MA 135 155 190 MA 135 MA

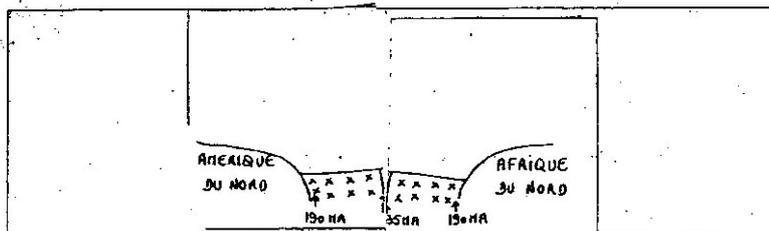


Cadre 2: Coupe de l'Atlantique Nord il y a 65 MA
250 190 135 65 65 135 190 250

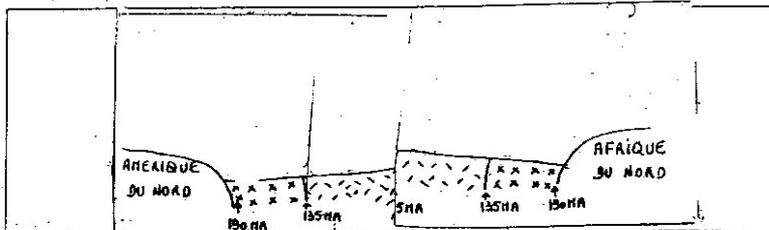


Cadre 3: Coupe de l'Atlantique Nord aujourd'hui

a) La réponse spontanée de Donia aux questions 4 et 5



Cadre 1: Coupe de l'Atlantique Nord il y a 135 MA



Cadre 2: Coupe de l'Atlantique Nord il y a 65 MA

b) La réponse finale de Donia aux questions 4 et 5

L'HISTOIRE DES FONDS OCEANIQUES

TRANSCRIPTION DE LA CONFRONTATION DES MODELES DES ELEVES
Classe de Première S (1999/00)

Mardi 5 octobre 1999, Lycée A. Camus, NANTES

Transcription réalisée par Denise ORANGE

Eléments du contexte (demi-classe 1)

Les 17 élèves de la demi-classe 1 ont réfléchi individuellement à la question 6 et 7 de la fiche de travail portant sur l'histoire des fonds océaniques (voir figure 6.1).

Le professeur a repéré deux grands types de modèle dans la demi-classe 1: le type J (Juxtaposition des sédiments, 16 élèves dont Damien) et le type SJ (Superposition de couches sédimentaires de plus en plus étendues, une élève: Anne-Sophie).

Damien et Anne-Sophie ont successivement présenté leur modèle.

Nous ne disposons pas des traces écrites des modèles initiaux des élèves. Suite à la présentation orale et à la discussion des deux grands types de modèle, les élèves se sont empressés de corriger leur production écrite.

1) Le modèle de Damien = modèle J

D = Damien

AS = Anne-Sophie

E = Elève

P = Professeur (Denise Orange)

XXX signale des propos inaudibles

1	P. Dépêche-toi. Oui, voilà, donc dis-nous, dis nous ce que tu as, où tu les as, où tu les as, à quoi tu as fait attention quand tu les as placés.
2	D. Ben j'ai fait attention aux deux âges des extrémités!
3	P. Oui, donc par exemple là tu nous montres 190 et 135.
4	D. Oui.
5	P. Et alors à ce moment là tu t'es dit que... Là t'as 190 et là t'as 135. Et tu t'es dit que les sédiments qui s'étaient déposés à cette époque...
6	D. Sont plus vieux. Les sédiments les plus âgés.
7	P. Ce sont les plus âgés. Ils sont là-dessus. Ensuite, les autres, ceux qui se sont déposés...
8	D. De 135 à 65.
9	P. Donc tu les as mis, tu les as mis. T'as fait attention, toujours pareil...
10	D. Oui, mais moins âgés qu'eux, mais plus âgés qu'eux.
11	P. D'accord. Et tu as fait attention au fond basaltique alors?
12	D. Oui jusqu'à aujourd'hui.
13	P. Et aujourd'hui? Et aujourd'hui, aujourd'hui il ne s'en dépose qu'où? C'est où là ?
14	D. Sur la dorsale, sur la dorsale.
15	P. Sur la dorsale. Anne Sophie, tu veux bien venir s'il te plaît?

2) Le modèle d'Anne-Sophie (modèle SJ)

15	P. Anne Sophie, tu veux bien venir s'il te plaît?
16	AS. Ben là, c'est... P. Vous écoutez un peu. Tu parles fort, s'il te plaît.
17	AS. Là c'était tout au début donc j'ai mis qu'une couche de sédiments. Après c'était, je sais plus... 65 millions d'années donc la couche de sédiments, de sédiments qu'on retrouve là plus une autre couche donc vue que celle-là elle est toujours là donc c'est obligé que les sédiments qui étaient là apparaissent aussi là.
18	P. Oui.
19	AS. Et après sur la troisième c'est le même principe en plus de tous les autres sédiments.
20	P. Et alors quelle différence fais-tu entre ton modèle et le sien?
21	AS. Ben moi j'ai fait apparaître les autres sédiments sur les couches anciennes. J'ai fait toujours apparaître des sédiments qui étaient aussi sur les, sur les couches plus récentes. D'autres sédiments qui recouvraient les sédiments les plus anciens.
22	P. D'accord. Donc pour toi par exemple, les petits ronds là, lui les a fait seulement se déposer ici. Et toi tu les as mis...
23	AS. Sur toute la partie qui était présente lors, quand les sédiments se sont déposés.
24	P. Sur toute la partie de fonds océaniques qui était présente quand ils se sont déposés. Et ces sédiments entre guillemets ronds ils se sont déposés pas seulement donc sur le nouveau sol océanique mais aussi...
25	AS Sur la partie qui était déjà, où y-avait déjà les sédiments XXX
26	P. Alors?
27	Un E: Oui, oui, elle a raison.
28	P. Alors? Qui, qui tout à l'heure? Qui maintenant semble? Quel est le modèle le plus acceptable?
29	XXX
30	P. Oui, oui, raccrochez-vous aux branches! Oui! Celui de Damien maintenant est bizarre! Alors que tout à l'heure, c'était celui d'Anne Sophie! Quand on, quand on revient à ce qu'est un dépôt de sédiments, est-ce qu'on doit admettre que les sédiments à chaque fois ne se sont déposés qu'à un endroit?
31	<i>Plusieurs non dans la classe</i>
32	P. Oui, comme tu le dis Virginie, ils se sont déposés partout. Et c'est donc le modèle d'Anne Sophie qui est le bon. Et je vous donne une image. S'il y a 135 millions d'années il n'y avait que mon rétroprojecteur dans la salle, y-aurait eu de la poussière, un dépôt seulement, y-aurait eu un dépôt là-dessus. Depuis il s'est ajouté une télé, des tables et il s'est bien sûr déposé de la poussière, il y a eu une couche plus épaisse sur mon rétro, il s'en est ajouté et sur mon rétro et tout ce qui ce qui est nouveau a été ajouté depuis. TOUX du P. Cette histoire d'océan va m'achever TOUX du P. Vous laissez vos feuilles...

Eléments du contexte (demi-classe 2)

Le professeur a pris soin de ramasser les réponses individuelles des élèves à la question 6 et à la question 7.

Milad (modèle J) et Julien (modèle SJ) ont présenté successivement leur modèle.

Mi = Milad

J = Julien

Ma = Maria

R = Richard

E = Elise

P = Professeur (Denise Orange)

XXX signale des propos inaudibles

1	P. On t'écoute, Milad, pour nous présenter ta réponse à la question 6 et à la question 7.
2	M. Bon ben les sédiments qui sont posés sur les, sur les plaques ils se déplacent en même temps que les, ben les plaques quoi. Quand il y a une nouveau plaque, le nouveau plaque il pousse les vieilles et en même temps les sédiments qui sont dessus ils se déplacent avec.
3	P. D'accord, donc les petites croix, les sédiments correspondant aux petites croix, tu les as placés...
4	M. Là.
5	P. Là, pourquoi donc...donc pourquoi les as-tu placés là? Tu peux reprendre la feuille de TP...
6	M. Pourquoi je les ai placés là?
7	P. Oui, oui.
8	M. Parce qu'ils sont sur cette plaque et dans l'énoncé ils nous disent que les sédiments déposés entre 150, euh 135 et 190 milliards d'années, ça correspond à cette plaque-là.
9	P. A cette plaque là. Donc ce qui a été déterminant pour toi, pour placer les sédiments c'est...
10	M. Ben, la date des planchers.
11	P. La date du plancher océanique.
12	M. Oui.
13	P. Alors Document 3, on nous demande quoi là, dans la dernière question? Rappelle-la-nous pour... Les autres, lisez-la aussi.
14	M. Placez schématiquement les sédiments tels qu'on les voit de dessus sur la carte, l'Afrique, l'Afrique Nord. Vous utilisez les mêmes figures que pour la question 6 et justifiez.
15	P. Voilà. Donc là, caractérise-nous un peu la disposition.
16	M. Ben, ben, c'est pareil qu'ici. Ben les, les sédiments qui sont sur les, les nouveaux planchers, ils sont, ils se trouvent plus près de la dorsale océanique, de l'axe de la dorsale. Et ben, au fur et à mesure, ben, plus on s'éloigne de l'axe, plus les sédiments correspondent au plancher qui sont plus vieux, donc qui sont plus écartés.

17	P. D'accord, tu as d'autres choses à nous dire là?
18	M. Non.
19	P. Je traduis bien ta pensée si je dis que ce qui t'a servi, c'est l'âge du plancher océanique.
20	M. Oui.
21	P. D'accord, merci. Attention, Julien, à toi. Tu parles assez fort parce que tu es loin, là-bas.
22	J. Ben, là...
23	P. Dans l'autre sens plutôt!
24	J. Ben, j'ai représenté les sédiments les plus anciens ils restent sur, sur les plaques les plus anciennes. Ils se sont formés là et puis ça s'est déplacé, les sédiments ils sont restés dessus. Ils se sont faits recouvrir par les autres sédiments qui sont sortis par la suite. Ces sédiments ils se sont étalés sur, dessus les anciens et ça les a recouverts et ainsi de suite. Comme ça on voit que, à la surface, ici, on voit que les sédiments les plus récents.
25	P. Si, si j'essaie de comprendre ton fonctionnement, toi tu as surtout tenu compte de quoi là?
26	Silence
27	P. Quand tu les as placés, ces sédiments?
28	J. Ben j'ai tenu compte qu'ils s'étaient sur la surface de, sur le sol quoi.
29	P. Redis, j'ai pas compris...
30	J. Ben, les sédiments en sortant, ils sortent ici, et puis ils s'étaient sur toute la surface de l'océan.
31	P. Ah tu parles de sédiments qui sortent!
32	J. Oui, enfin...
33	P. C'est quoi les sédiments qui sortent? (<i>en même temps, Julien réagit: Non, non, c'est pas ça, c'est pas ça...</i>) Et ils sortent où?
34	J. Non, qui sont créés au fur et à mesure... et puis ils s'étaient petit à petit. Par exemple, là, il y a plusieurs millions d'années, ça c'était ici et ça s'est... les sédiments ils se sont mis, ils étaient, c'était là, ils sont restés ici et puis ensuite au fil du temps, il y en a d'autres qui se sont créés qui se sont, qui ont, comment dire... qui se sont déposés par dessus, par dessus les autres.
35	P. Parce que ça vient d'où les sédiments?
36	J. Ben, c'est sur les côtes là.
37	P. Pardon?
38	J. Ben c'est... là-dessus, sur le sol.
39	P. C'est là où ça se dépose, ça se dépose sur le sol mais quelle est l'origine des sédiments? C'est fait de quoi les sédiments là? Ce qui se dépose?
40	J. C'est des déchets, des déchets organiques.
41	P. C'est quoi pour toi alors? Déchets organiques, ça veut dire quoi déchets organiques?
42	J. Ben c'est les plantes qui sont mortes... C'est les animaux qui sont morts, tout ça...
43	P. Que des animaux... Que des animaux et des plantes qui sont mortes?
44	J. Oui, ou des, ou des, ou du sable ou des petits trucs qui se sont déposés.
45	P. Et il était où ce sable avant de se déposer? Et, ils étaient où ces petits animaux et ces petits végétaux avant de se déposer?
46	J. Ben, ils étaient dans l'eau! Quand ils sont morts, ils sont tombés par terre.
47	Rires de la classe

48	P. D'accord... donc... là tu fais référence, toi, à ce qu'il y a dans l'eau de mer, à ce qu'il y a dans l'océan et qui peut se déposer au fond.
49	J. Oui.
50	P. C'est ça.
51	J. Plus les poussières qui sont tombées dans l'eau, tout ça qui tombe.
52	P. Et qui tombe au fond.
53	J. Oui.
54	P. D'accord. Et alors tu l'as sûrement... tu l'as déjà dit mais ta carte là-bas tu as fait qu'un seul figuré... Parce que vous voyez bien la différence avec... avec ce qu'a fait Milad, hein? Là-bas tu n'as fait que des petites barres?
55	J. Parce que c'est une vue de dessus donc on voit à la surface comme ça s'étale sur, comme les nouveaux sédiments, ils s'étalent sur les anciens, on voit pas les anciens. Comme c'est une vue surface, on peut pas les voir.
56	P. Ben, alors ce qu'on va faire, c'est qu'on va peut-être demander à, à... Elise qui hésitait, où elle en est maintenant. Parle assez fort, Elise, s'il te plaît.
57	E. Bon, je pense que Julien il a peut-être pas, il a peut-être raison. Mais moi c'est pas trop, c'est pas trop ça que je m'imaginai. J'imaginai que...
58	P. Parle fort s'il te plaît.
59	E. Comme c'est sous les océans, en fait les sédiments qui se sont déposés sur les plaques les plus anciennes, après c'est possible que ça s'éparpille, ça bouge quoi donc en fait, en fait, ce serait, ce serait mélangé... avec les... au fur et à mesure qu'il y ait de nouveaux sédiments.
60	P. Est-ce que tu pourrais aller faire des flèches là-bas qui exprimerait ce mélange?
61	<i>E. va au tableau.</i>
62	P. De couleur par exemple. Qu'on voit bien la différence.
63	E. Euh par exemple XXX y en aurait partout, y en là aurait aussi, je sais pas. Enfin, c'est ce que, c'est une question que j'avais mise.
64	P. Oui, j'ai vu. Donc de dessus, on verrait quoi alors?
65	E. Ben, on verrait, on verrait tout!
66	P. Est-ce que ça correspondrait à ce qu'a fait Milad?
67	E. Oui, mais ce serait pas bien rangé comme ça!
68	P. Donc tu es finalement sur un, un troisième modèle?
69	E. Oui, c'est ce que mais je sais pas si c'est ça!
70	P. Parce que tout à l'heure, quand on a fait le rapide tour de table, tu étais ou 1 ou 2.
71	E. Oui.
72	P. A la limite, t'es pas tellement sur 1; t'es sur un mélange de tout, de tout ça.
73	E. Oui.
74	P. Alors si on revient à la situation réelle, qu'est-ce qui pourrait éventuellement expliquer un mélange? Comment ça aurait pu se faire?
75	E. Ben, je sais pas, c'est peut-être avec l'eau. SONNERIE. Avec les courants. Enfin...
76	P. Avec les... Avec?
77	E. Ben, l'eau. C'est dans les océans, ça!
78	P. Oui, et l'eau, et l'eau qui...
79	E. Ben, ça pourrait être entraîné, je sais pas.
80	P. Les courants tu disais, donc les courants marins qui pourraient peut-être tout remélanger.
81	E. Oui.

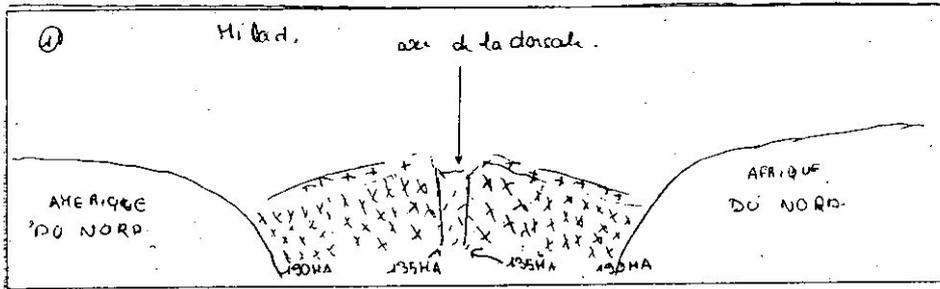
82	P. D'accord, merci. Mais indépendamment donc de... de... bon de... de ces perturbations là, je reviens aux deux principaux modèles. Que pensez-vous de... de ... de ces deux modèles. Est-ce qu'il faut les garder tous les deux? Est-ce qu'on doit en choisir un? Comment voyez-vous les choses là?
83	Silence
84	P. Richard?
85	R. Ben moi, je garderais le 1.
86	P. Tu garderais le 1?
87	R. Oui je pense que c'est ce qui se passe en fait dans la réalité.
88	P. C'est-à-dire?
89	R. Ben... non mais je pense que ça se passe comme ça! ...
90	P. C'est-à-dire par exemple là actuellement au niveau de la dorsale..
91	.R. Oui, c'est comme ça en ce moment!
92	P. Les petits, les petits... les petits pointillés, ils correspondent à quoi actuellement?
93	R. Ben, à ce qu'il y a de plus récent, le basalte le plus récent!
94	P. Ca correspond au basalte le plus récent. Mais en termes de sédiments, ça correspond à quoi ces petits pointillés?
95	R. Ben, c'est les sédiments les plus récents aussi!
96	P. Donc c'est le... oui... Et du point de vue de leur nature? C'est fait de quoi ces sédiments? Ce qui se dépose, tu vois, ici. C'est fait de quoi, ça?
97	R. C'est les, c'est les déchets organiques! C'est les animaux, les végétaux, c'est...
98	P. Qui tombent!
99	R. Oui.
100	P. Qui tombent là. D'accord, donc on retrouve, tu retrouves, quand on te demande de parler des sédiments, on retrouve ce qu'a dit Julien.
101	R. Oui.
102	P. D'accord, bon. Euh... Dans quelques millions d'années, ces petits... ces sédiments qui ont la forme de petits, de petits tirets, ils seront où?
103	R. Et ben, ils vont s'écarter de la dorsale.
104	P. Ils vont s'écarter et alors au niveau de la dorsale, qu'est-ce qu'il va se passer?
105	R. Ben, il y aura de nouveaux, de nouveaux sédiments et puis de nouveaux basaltes.
106	P. D'accord. Y-aura de nouveaux sédiments et il y aura du nouveau basalte. Mais alors, si je comprends bien... si je comprends bien, avec ce que tu dis... hein, au niveau de la dorsale... et seulement là, actuellement, des petits déchets organiques, des petites particules sableuses se déposent? <i>(le professeur fait des rajouts sur le schéma du tableau)</i>
107	R. Oui.
108	P. Et pas là?
109	R. Ah ben si... (très faible)
110	P. J'en sais... C'est ça, non?
111	R. Ah ben y-en a partout en fait! ...
112	P. Est-ce que je raisonne bien comme toi là?
113	R. Ben non, je pense pas.
114	P. Pourquoi?
115	R. Moi je pensais qu'en fait que les sédiments y-en avait que sur le basalte le plus jeune.
116	Pascal: Oui moi aussi en fait.

117	P. Parle plus fort, s'il te plaît.
118	XXX et sourires
119	P. Ah bon d'accord. Ah oui, ben écoute. Je croyais que tu faisais une remarque par rapport à, à ce que disait Richard. Oui, Richard, donc? Tu pensais que les sédiments...
120	R. Ben les plus jeunes allaient sur le basalte le plus jeune.
121	P. Et les sédiments les plus anciens sur le basalte...
122	R. Le plus ancien.
123	P. Et alors est-ce que ça te paraît acceptable ou pas?
124	R. Je sais pas...
125	P. Maria, tu veux bien parler, tu veux ou venir au tableau ou parler assez fort.
126	Ma. Ben, en fait, je pense que c'est plutôt le schéma numéro 2. Parce que ben, les sédiments les plus anciens restent en dessous. Mais chaque année, à tous les coups que les plaques s'écartent les nouveaux sédiments qui tombent, ils retombent au-dessus puis une fois que ça s'écarte les nouveaux sédiments ils retombent encore par-dessus et comme ça s'écarte, on a les, on a seulement les derniers sédiments qui sont tombés à la surface, ce qui fait que vu de dessus, on voit seulement les nouveaux sédiments.
127	P. Qu'est-ce que tu en penses Richard?
128	R. Oui, ben, elle a peut-être raison.
129	P. Qu'est-ce qui te paraît? Tu fais ça par galanterie, par ...
130	R. Non mais je pense qu'en fait... (rires des autres) Non, je pense que c'est vrai!
131	P. Qu'est-ce qui est peut-être le plus gênant dans cette représentation là? SONNERIE Et qui fait peut-être basculer de l'autre côté?
132	SONNERIE
133	P. Qu'est-ce qui est peut-être le plus gênant ici?
134	R. Ben, c'est que les ... que les vieux sédiments recouvrent ... on sait pas d'où ils viennent quoi!
135	P. Ben, d'où viennent-ils? Les vieux sédiments, c'est ceux-là, c'est ceux avec une petite croix. D'où viennent-ils?
136	Silence
137	P. A partir de quoi ils se sont formés?
138	R. Ben, c'est la même chose que pour les, que pour les plus jeunes. Sauf qu'ils sont plus vieux.
139	P. Voilà, c'est ça, donc à partir de déchets, vous disiez déchets organiques ou grains de sable, etc. D'accord avec ça? Hein. Donc on a une, on va dire une origine commune à tous les sédiments, sauf qu'ils ne se sont pas déposés au même moment.
140	R. Acquiescement.
141	P. Maria, tu voulais dire quelque chose?
142	Ma. Ben oui, ben en fait, c'est toujours à propos du schéma 2. C'est...
143	P. Parle fort, s'il te plaît.
144	Ma. Sur le schéma 2, c'est beaucoup plus logique parce que quand on veut retrouver de vieux sédiments, on est obligé de traverser tous, tous les sédiments qui sont par-dessus. On se rend compte que les vieux sédiments, ils sont seulement en dessous et plus on avance, et plus on se rend compte que les sédiments sont récents.
145	Silence

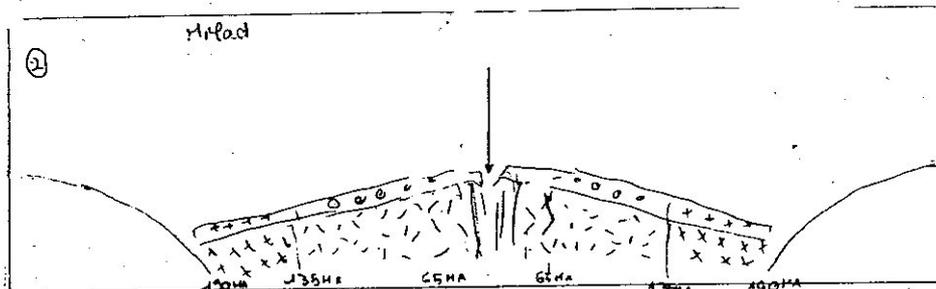
146	P. Et est-ce que... Alors... Avec cette... Si je reprends pour compléter ce qui est dit là, si je fais l'eau au-dessus, ici mais alors, hein Julien (<i>on entend le professeur colorier à la craie</i>), il m'a, il m'a mis dans une situation périlleuse hein.
147	RIRES
148	P. Si je fais l'eau au-dessus, les sédiments d'après ce que vous avez dit, ils correspondent à des dépôts animaux et végétaux et à des dépôts de sable etc. Qui se trouvaient dans l'eau. Si je prends ce modèle là, où y-a-t-il eu des dépôts? Il y en a eu là, actuellement hein, j'en suis à l'époque actuelle, il y en a là, là, là et là (<i>on entend le professeur faire des marques à la craie</i>). OK? Alors qu'avec le modèle de Milad, il n'y en a que là. Que doit-on choisir? Milad, est-ce que, que choisirais-tu toi? Quant aux dépôts de ces petits restes d'êtres vivants et puis petites particules de sable etc.?
149	Silence
150	P. Tu penses que ça se dépose seulement à l'axe ou bien un petit peu partout?
151	M. Mais, mais les sédiments, c'est, c'est la déposition des déchets organiques ou c'est autre chose? On est sûr que c'est ça?
152	P. Alors?
153	M. C'est ça les sédiments?
154	P. Parce que...
155	M. Je crois que les sédiments c'est, c'est... comme ils ont dit dans la, dans la première phrase de la fiche de travail: "On rappelle que le fond des océans est fait de basalte surmonté de sédiments".
156	P. Oui.
157	M. Mais surmonté de sédiments, ça c'est... Moi je crois que ça vient du magma qui est, qui est refroidi.
158	P. Tu croyais que les sédiments avaient une origine magmatique. Euh, ce qui n'est pas le cas apparemment de Richard? Parce que quand je t'ai interrogé tout à l'heure sur l'origine des sédiments, tu as repris ce qu'avait dit Julien.
159	R. Oui.
160	P. Donc toi tu étais sur des dépôts à partir de quelque chose qui est dans l'eau. Alors que pour toi, sédiments tu le voyais plutôt comme un produit résultant d'un magma. Hein?
161	Acquiescement de Milad
162	P. Alors là, je crois quand même qu'au début de la semaine dernière, de la séance, nous avons parlé des sédiments. Vous ne vous en souvenez pas de cela? Juste avant de démarrer, nous en avons un petit peu parlé. Hein. Alors, c'est vrai que c'est un petit peu éloigné, mais les sédiments, sédimenter ça veut dire se déposer et ici il faut revenir à ce que disaient Julien ou Richard, hein, ce sont des dépôts de particules qui étaient dans l'eau, qui se sont déposées, qui ont sédimenté. Sédiment égale dépôt, hein. Euh et alors ça veut pas dire qu'il n'y a pas quelques... produits volcaniques qui auraient été... qui auraient été un petit peu dans l'eau et puis qui ensuite se seraient déposés mais ça vient de petites choses qui étaient dans l'eau. Dans ce cas, avec cette nouvelle définition, Milad...
163	M. C'est la 2, ben le schéma 2.
164	P. C'est le schéma 2. Donc toi si tu es parti un peu sur cette idée là, c'est parce que tu, tu ne te représentais pas trop ce qu'était un sédiment?
165	Acquiescement de Milad
166	P. Et toi Richard, c'était ça aussi?

73
ANNEXE 6

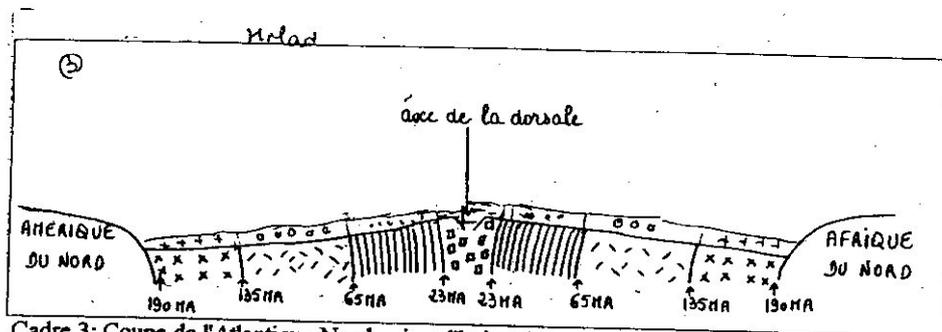
167	R. Non, mais en fait moi je pensais tout le temps que les sédiments, ils tombaient, enfin que c'était pas du magma.
168	P. Oui, voilà.
169	R. Mais je sais pas pourquoi j'ai mis ça spécialement sur les, sur le basalte jeune.
170	Silence
171	P. Alors qu'est-ce qu'on va, on va terminer là notre discussion par rapport à ça. Retiendrons-nous donc le modèle numéro 2?
172	<i>Acquiescement de la classe.</i>
173	P. Oui, je crois que c'est ce modèle là. Donc vous ce que vous pouvez faire c'est peut-être euh... une correction de cela. Est-ce que je vous ai prévu, attendez, j'ai peut-être prévu, oui j'avais prévu des feuilles supplémentaires donc vous gardez votre travail personnel mais rapidement vous allez refaire, vous allez faire une correction si nécessaire à partir de ces feuilles. Sur ces feuilles. Vous en prenez une chacun. Y-en a. Je vous laisse faire quelques instants.



Cadre 1: Coupe de l'Atlantique Nord il y a 135 MA

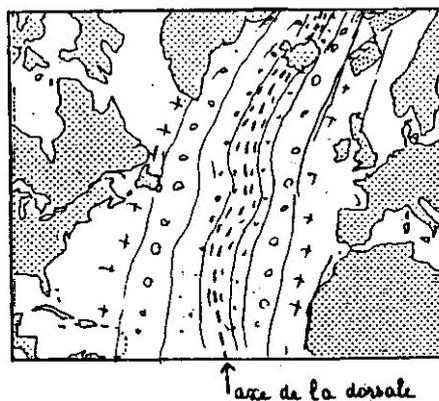


Cadre 2: Coupe de l'Atlantique Nord il y a 65 MA

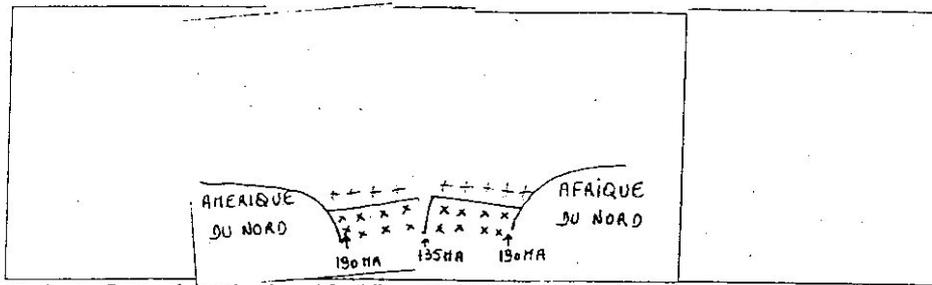


Cadre 3: Coupe de l'Atlantique Nord aujourd'hui

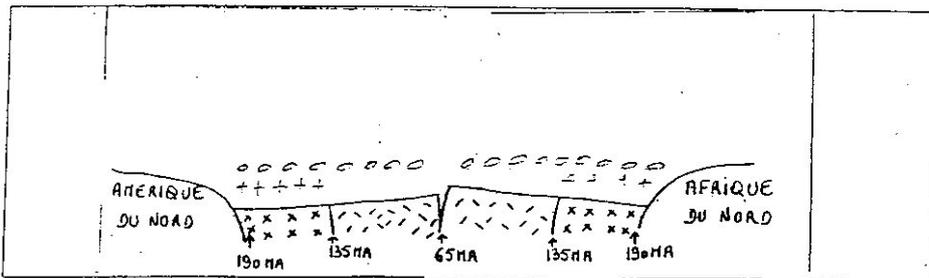
DOCUMENT 3



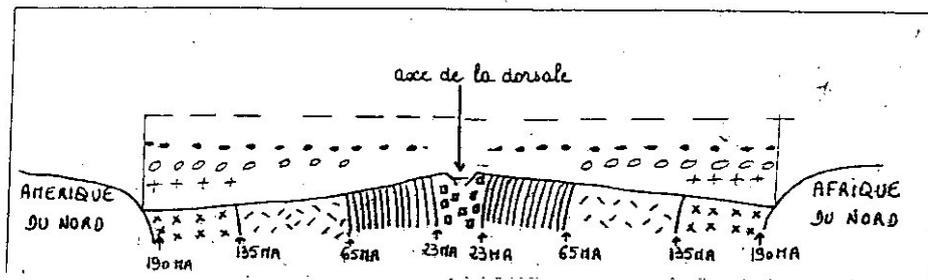
La réponse écrite de Milad (Compréhension de la sédimentation océanique)



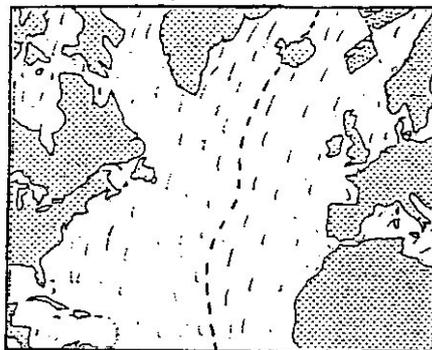
Cadre 1: Coupe de l'Atlantique Nord il y a 135 MA



Cadre 2: Coupe de l'Atlantique Nord il y a 65 MA

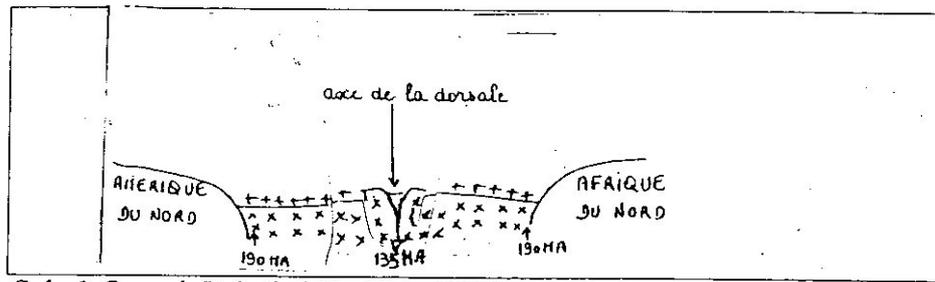


DOCUMENT 3

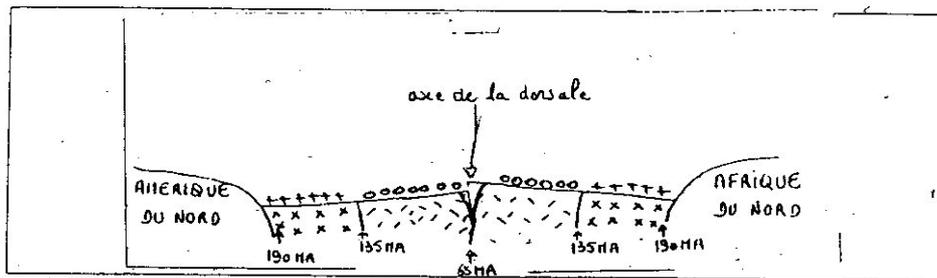


↑ axe de la dorsale

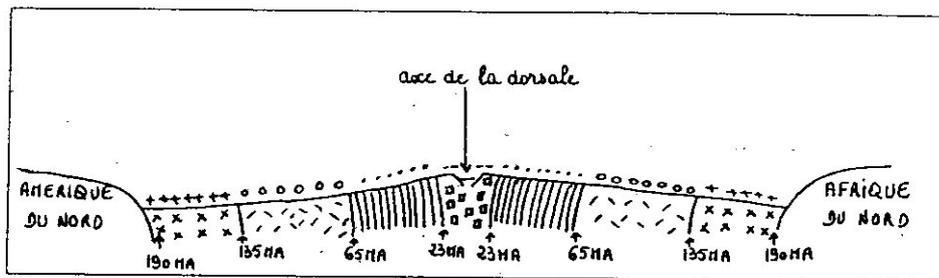
La réponse écrite de Julien P. (Compréhension de la sédimentation océanique)



Cadre 1: Coupe de l'Atlantique Nord il y a 135 MA

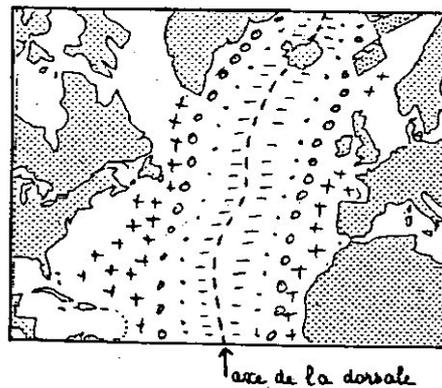


Cadre 2: Coupe de l'Atlantique Nord il y a 65 MA

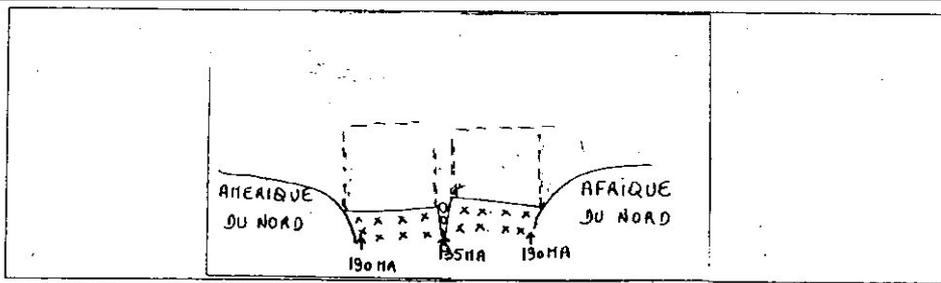


Cadre 3: Coupe de l'Atlantique Nord aujourd'hui

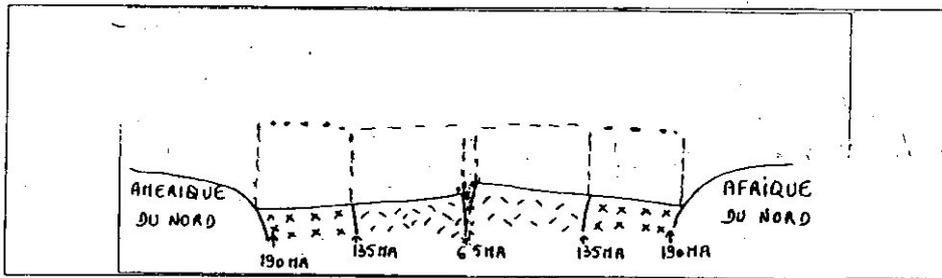
DOCUMENT 3



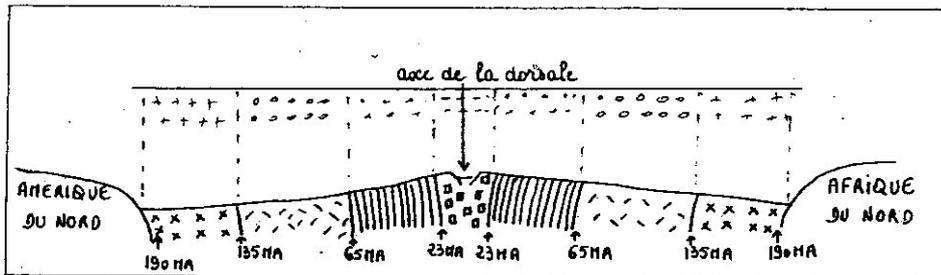
La réponse écrite d'Elise (Compréhension de la sédimentation océanique)



Cadre 1: Coupe de l'Atlantique Nord il y a 135 MA



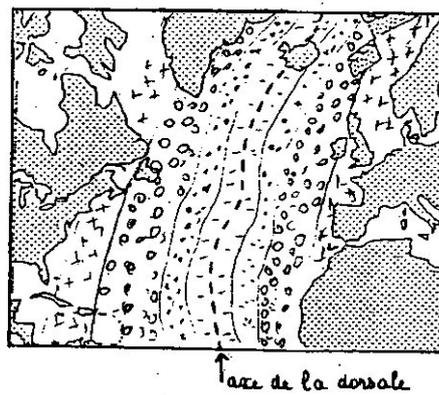
Cadre 2: Coupe de l'Atlantique Nord il y a 65 MA



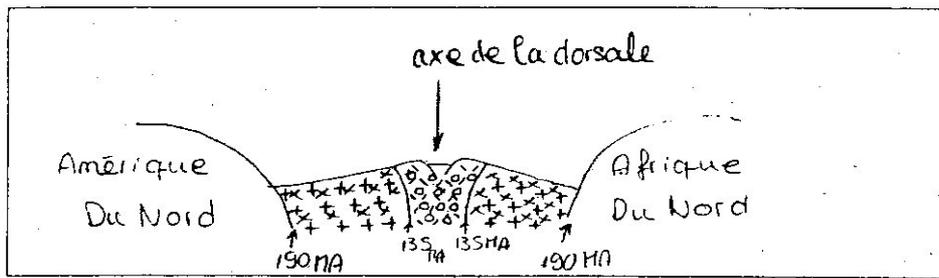
Cadre 3: Coupe de l'Atlantique Nord aujourd'hui

DOCUMENT 3

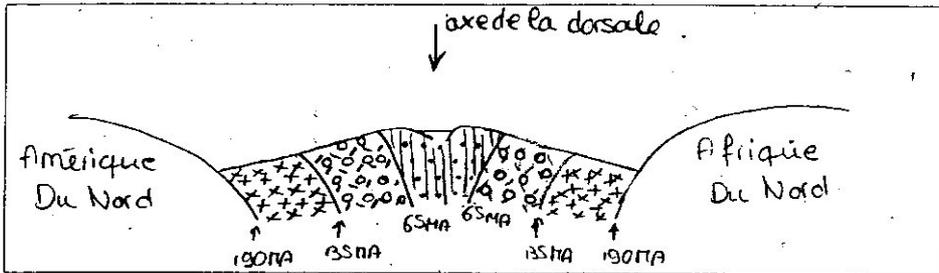
Richard d



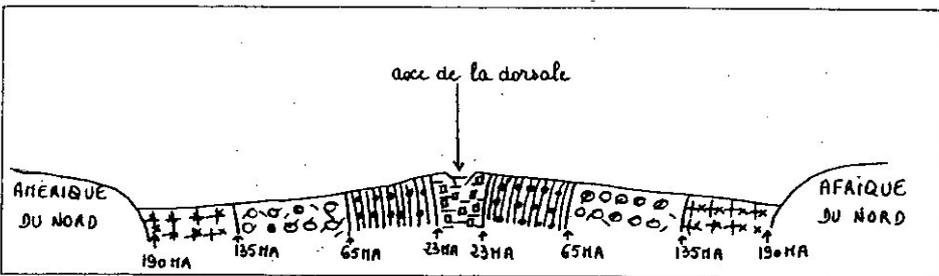
La réponse écrite de Richard (Compréhension de la sédimentation océanique)



Cadre 1: Coupe de l'Atlantique Nord il y a 135 MA

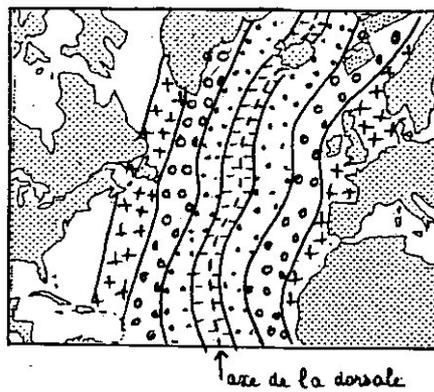


Cadre 2: Coupe de l'Atlantique Nord il y a 65 MA

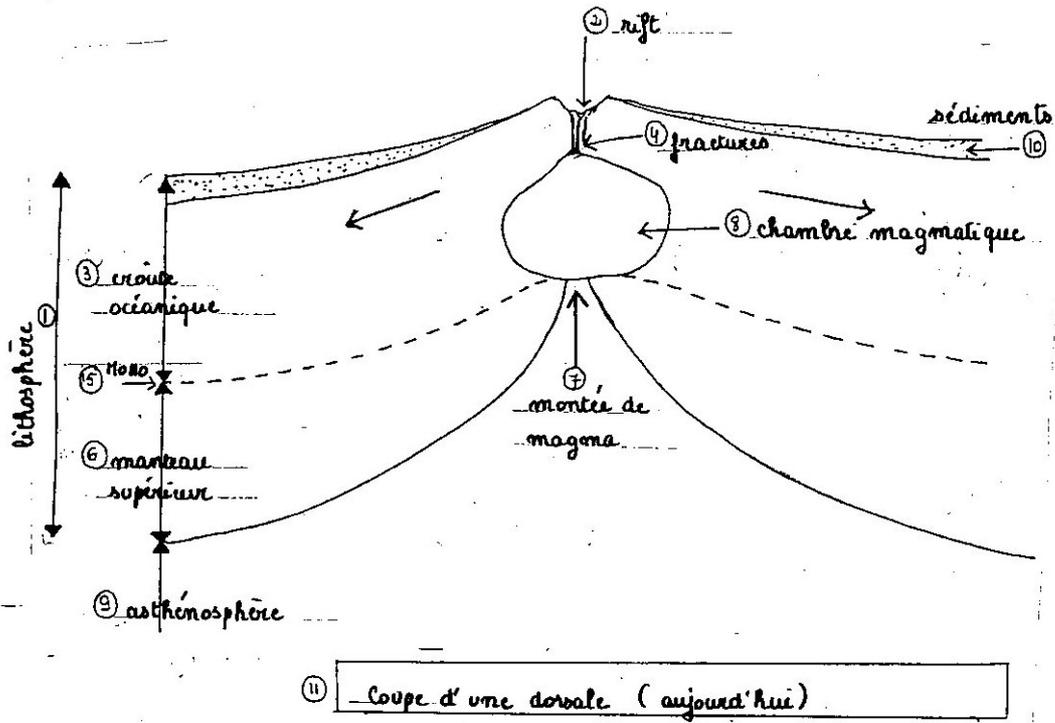


Cadre 3: Coupe de l'Atlantique Nord aujourd'hui

DOCUMENT 3

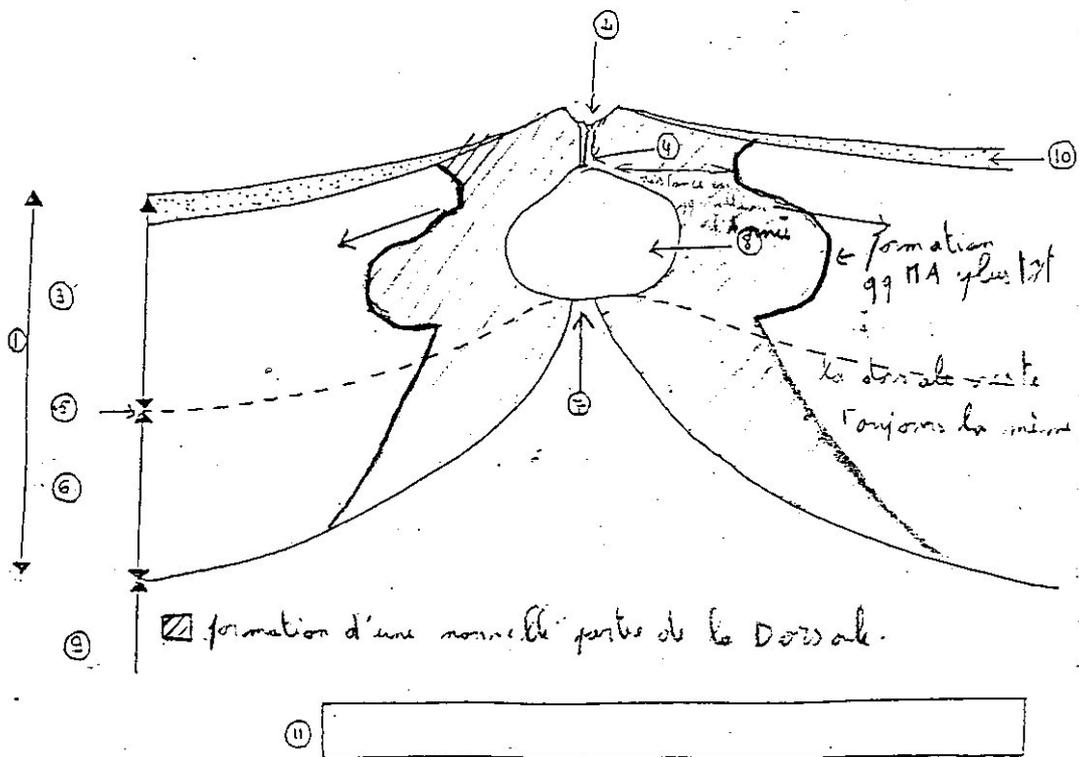


La réponse écrite de Maria (Compréhension de la sédimentation océanique)



Coupe transversale de la zone d'une dorsale

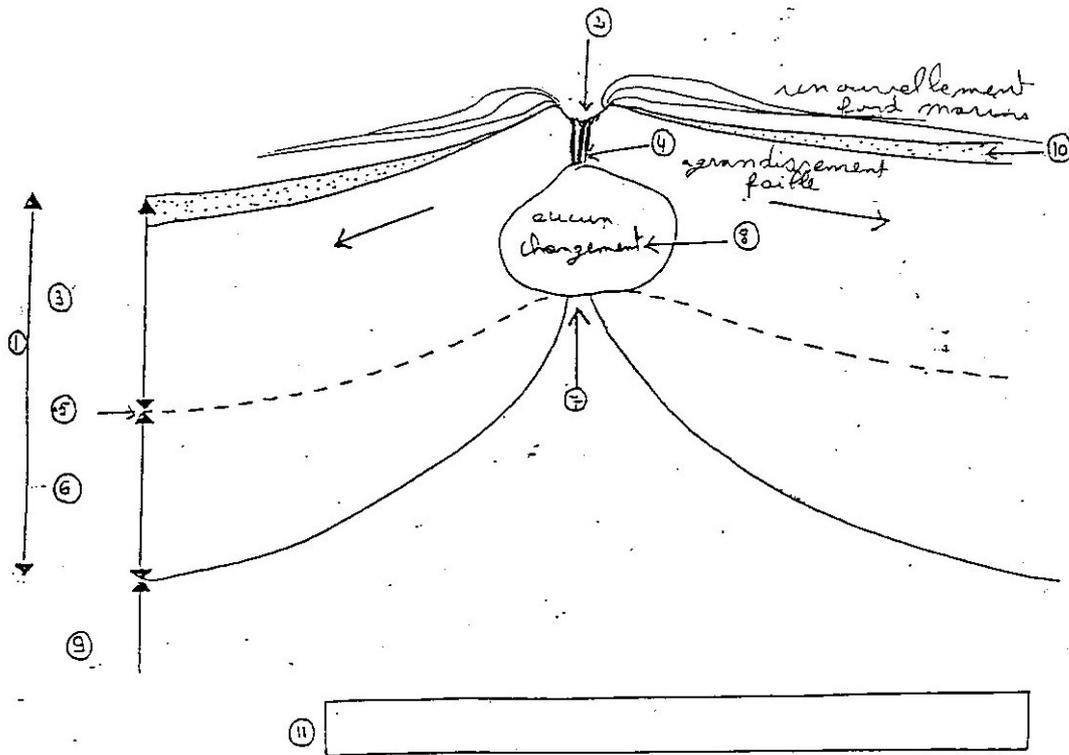
Le document 6 dans quelques millions d'années sera toujours le même. La Dorsale restant en action continue son écartement des plaques mais reformera des conches qui se syndront avec les plaques. Ça fait le début de l'atlantique à une cette même dorsale la même. C'est une formation qui ne changera jamais.



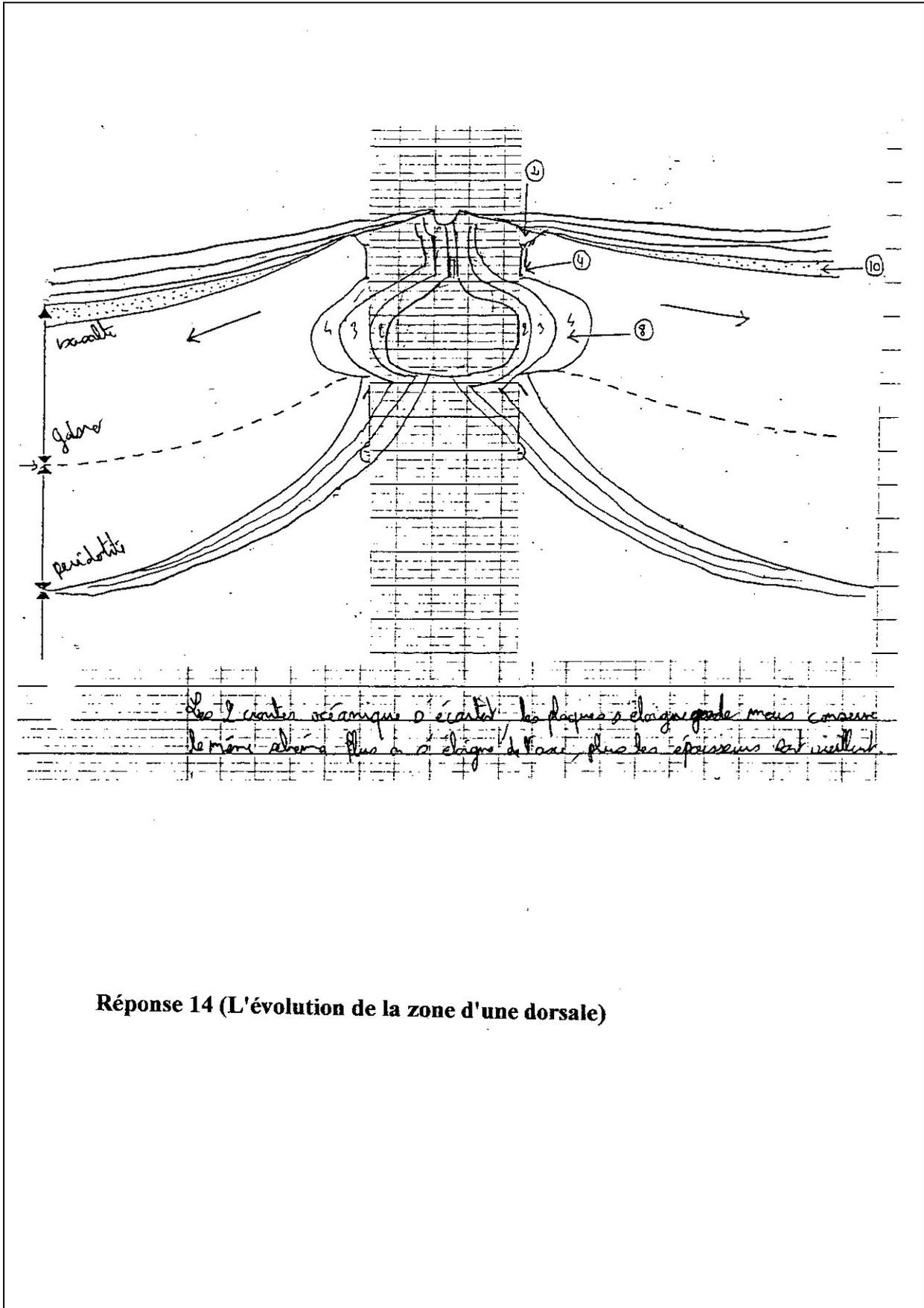
Réponse 2 (L'évolution de la zone d'une dorsale)

Dans quelques HA, on pourra observer un simple renouvellement des océans et ainsi qu'un faible écartement des classes d'âge et l'augmentation du nombre des fractures et de leur taille pour qu'un écart important des phases est lieu, il faudrait qu'un changement important dans la morphologie du remplissage de la chambre magmatique se produise.

Ceci est valable pour ce qui précède, il y a similitude entre la quantité de magma sortant et la quantité de magma entrant.

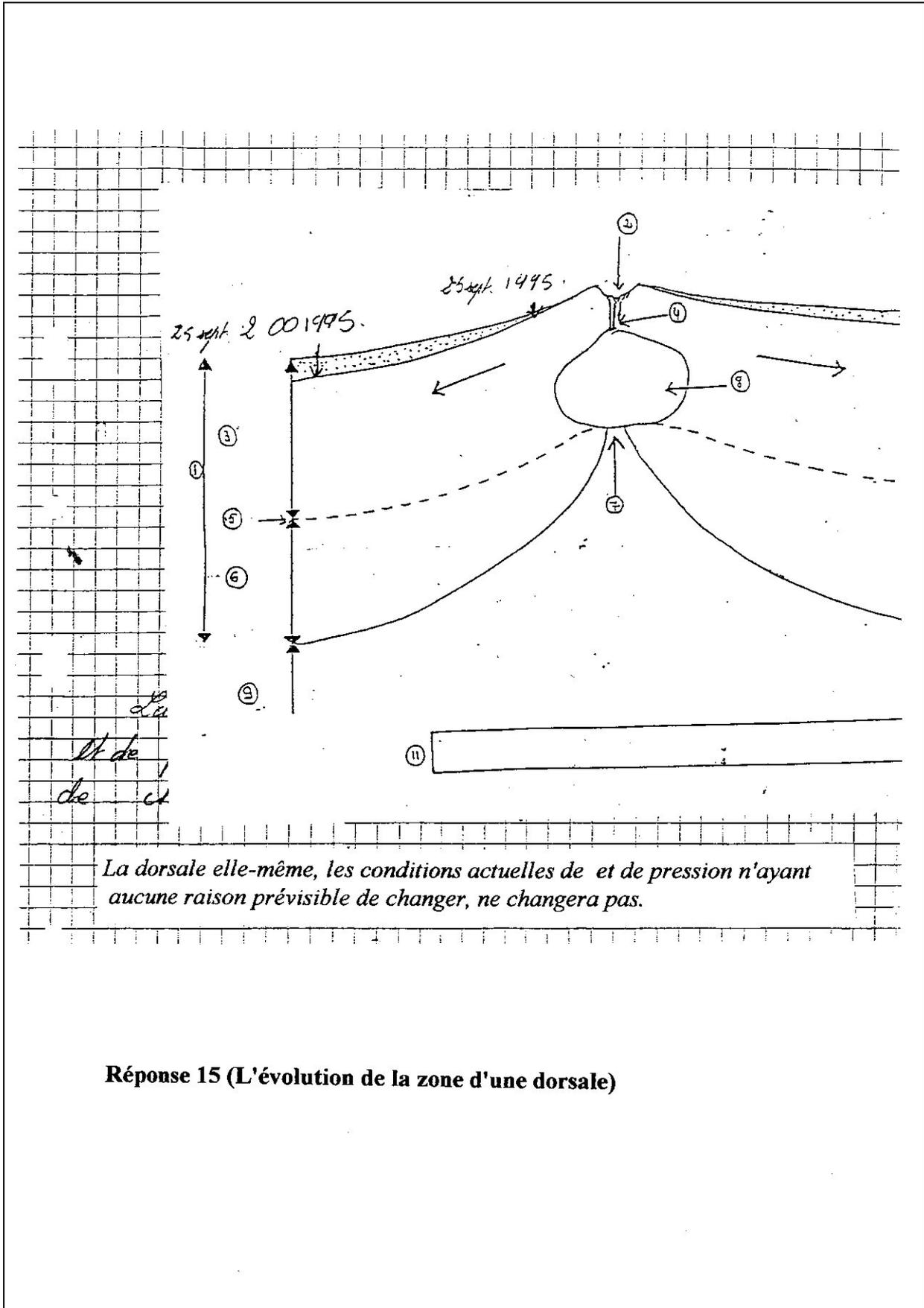


Réponse 10 (L'évolution de la zone d'une dorsale)

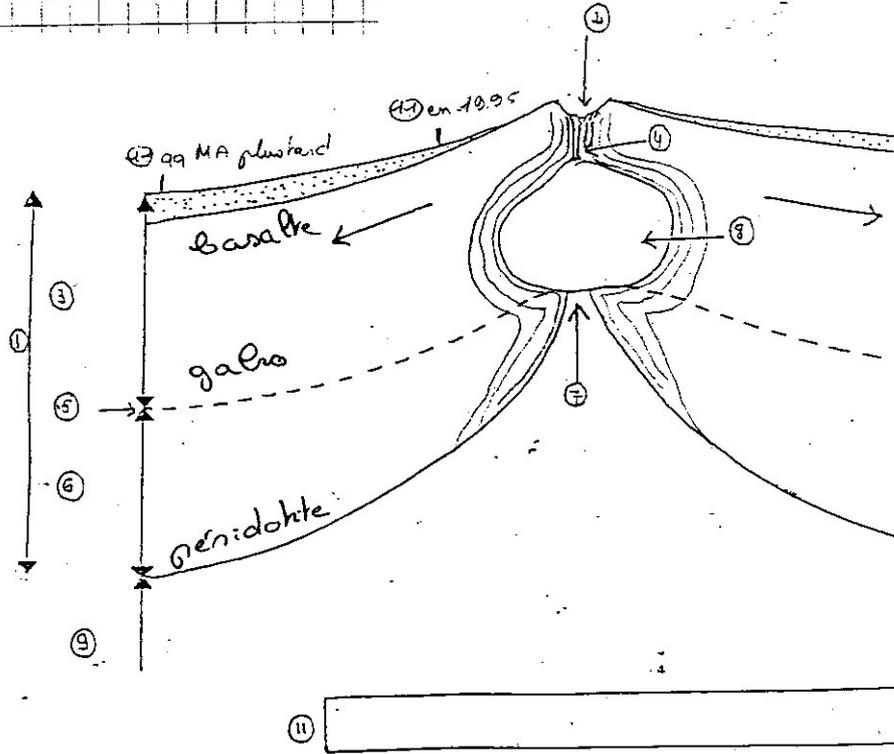


Plus l'os est osseux et écarté, les plaques s'éloignent mais conservent le même épaisseur plus on s'éloigne de l'axe, plus les épaisseurs sont variables.

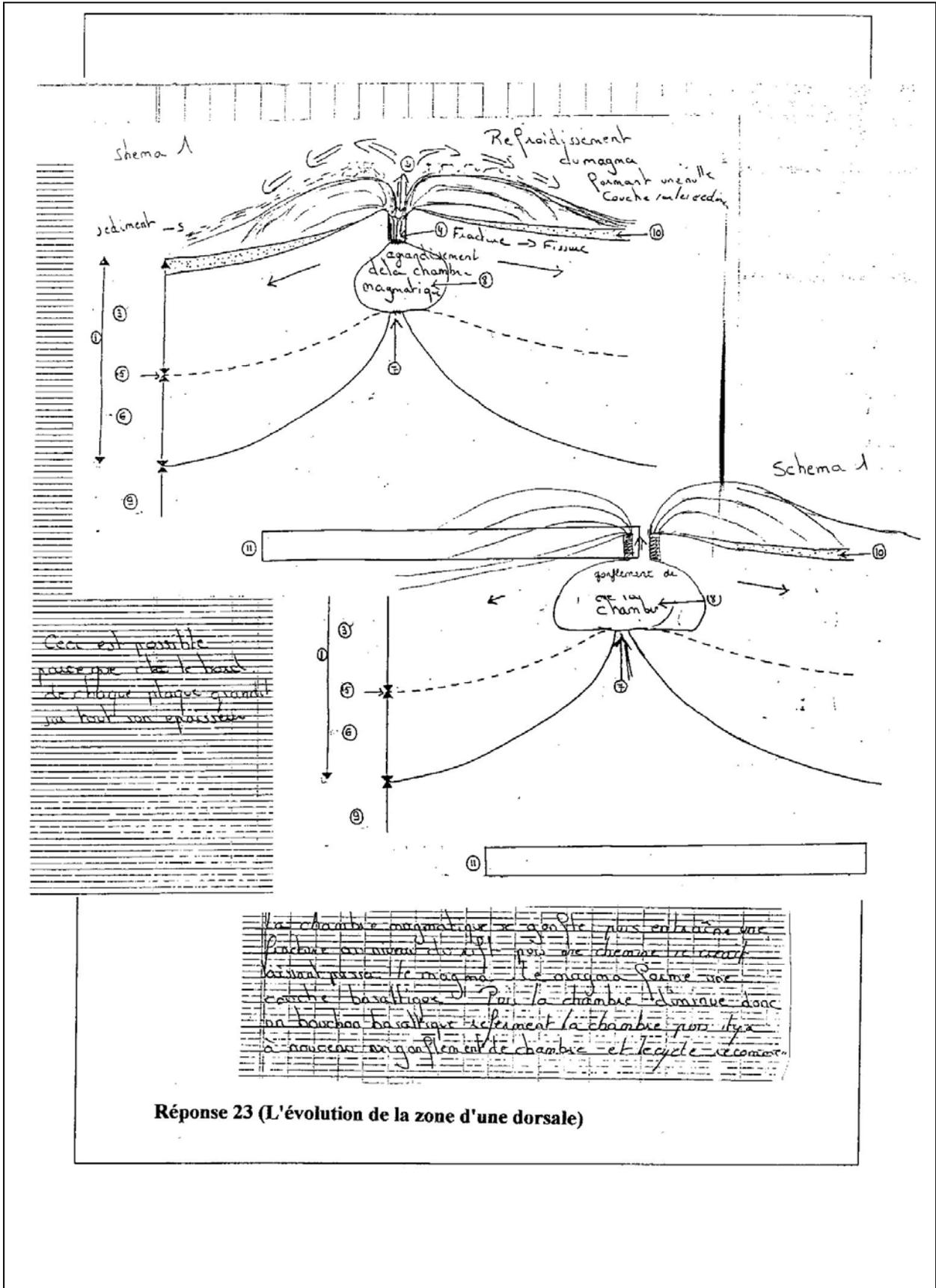
Réponse 14 (L'évolution de la zone d'une dorsale)

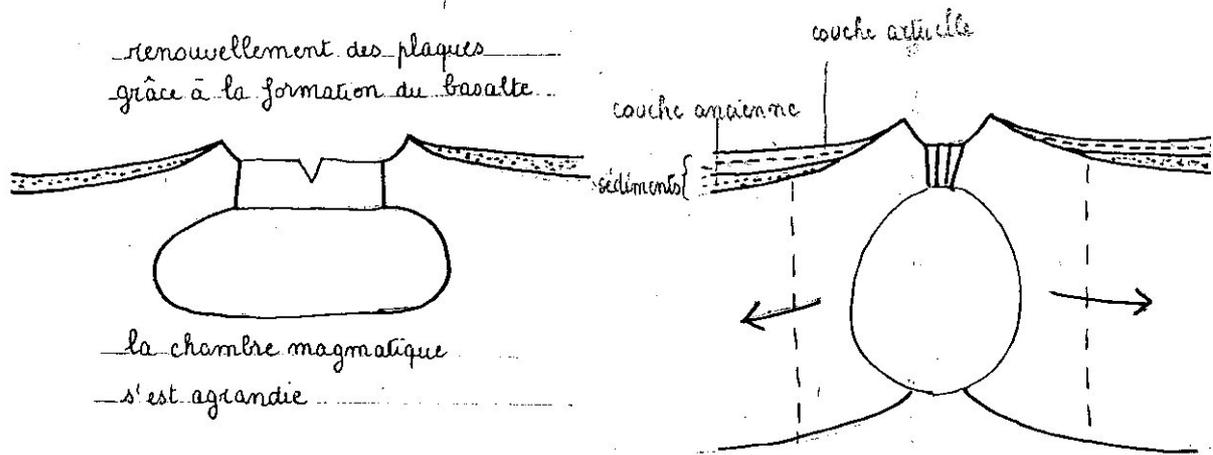


Quelque MA plus tard la dorsale reste en arge et le mêm
si se n'est que le point (4) représente un enchevêtre
la base aujourd'hui à Bange, c'est plus loin de la dors



Réponse 20 (L'évolution de la zone d'une dorsale)



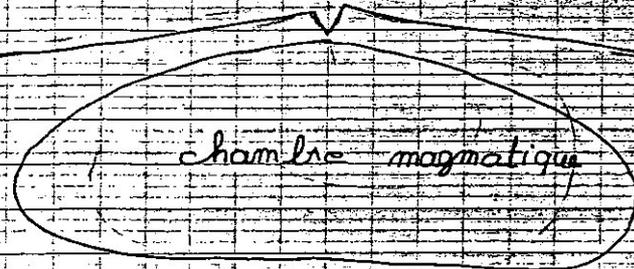


Binôme 1
(Anne-Sophie, Donia)

Binôme 4
(Virginie, Aïda)

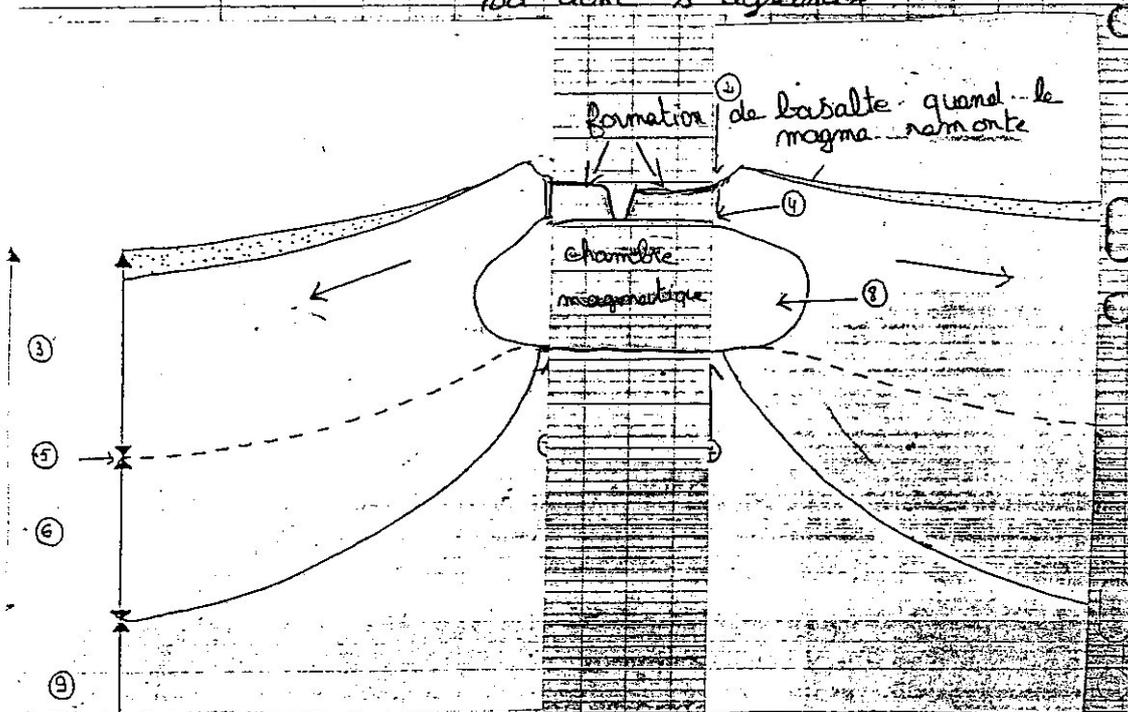
**Les deux grands types de modèles d'élèves inscrits au tableau
(L'évolution de la zone d'une dorsale)**

Pierres à l'aide du drapeau donné en plus comment sera cette zone du dorsale dans quelques millions d'années



← frontière de divergence →
divergence

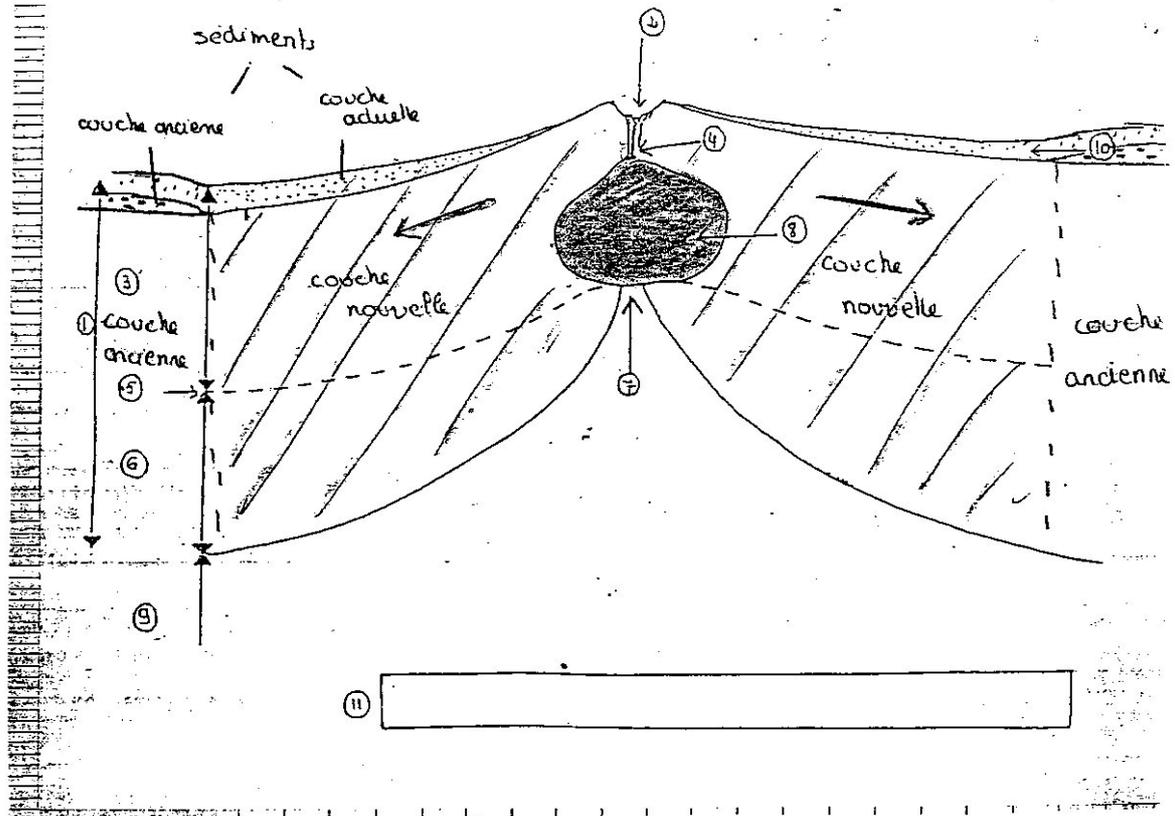
les plaques s'écartent
la chambre magmatique
va donc s'agrandir



La dorsale est une frontière de divergence donc les plaques s'écartent. Par conséquent la chambre magmatique s'agrandit et les plaques au niveau de la dorsale grâce à la formation de basalte lors de la remontée du magma.

La réponse écrite du binôme 1: "Avec ajout partiel d'un pan lithosphérique"
(Anne-Sophie, Donia)

Dans quelques millions d'années, l'érosion se sera agouche puisque les glaciers s'écartent et il y aura une ou plusieurs autre couche de sédiments sur dessus ceux qui s'y trouvent actuellement. Le rift leur ne va pas s'agrandir puisque en s'écartant le magma sort et se refroidit en formant une croûte, de plus si le rift s'agrandissait aujourd'hui le rift serait géom plusieurs au départ là où il y a ces failles actives avant il n'y en avait pas
La chambre magmatique reste t-elle ?



La réponse écrite du binôme 4: "Stabilité structurelle dynamique"
(Virginie, Aïda)

L'évolution de la zone d'une dorsale

**TRANSCRIPTION DE LA PRESENTATION ET DE LA CONFRONTATION
DES DEUX GRANDS TYPES DE MODELES**

Classe de Première S (1999/00):
Demi-classe 1 (17 élèves)

Mardi 12 octobre 1999, Lycée Camus, NANTES

Transcription réalisée par Denise ORANGE

Dans la transcription:

AS = Anne-Sophie

D = Donia

V = Virginie

Va = Valérie

T = Typhaine

E = Elève

P = Professeur (Denise Orange)

XXX signale des propos inaudibles

1	P. On vous écoute, pour le premier modèle.
2	AS. Donc en fait, le dessin initial, en fait, c'est ce qui est en blanc et ce qui s'est renouvelé, c'est ce qui est en rose et les plaques, par un mouvement, enfin, ... Vu que la dorsale, c'est une frontière d'accrétion, les plaques elles s'écartent. Et donc la poche magmatique s'est agrandie et donc les plaques se sont écartées mais elles se sont toujours renouvelées parce que, quand le magma il remonte, ça forme du basalte ce qui forme les plaques. Voilà.
3	P. D'accord. Est-ce que vous avez des questions à poser par rapport à ça?
4	Silence.
5	P. Jérémy? ... Non? Pas de remarques par rapport à ça? ... Alors Romain? ... Non. Merci. On te demandera peut-être d'autres choses tout à l'heure. Virginie? Tu nous présentes ton modèle.
6	V. J'ai dit qu'en fait, comme les plaques elles s'écartaient, y'avait une nouvelle couche de sédiments, normal! Et donc ça, c'est ce qu'il y a avait avant et comme ils se sont reculés, maintenant, c'est une nouvelle couche qu'il y a dessus. Et moi, je pense que la chambre magmatique, ça grandit pas! Elle reste comme ça. Et que ça, c'est ce qu'il y avait là avant et puis ça aussi et puis ça s'est écarté comme ça et puis ça s'est renouvelé, re... nou... ve... lé..., re..., nou... Je sais plus comment on dit. Rires. Enfin, voilà, quoi...
7	P. Donc qu'est-ce qui est nouveau là-dessus?
8	V. C'est ça, ça. Et puis ça. Et puis, ça non plus, ça bouge pas... Parce qu'en fait, c'est pas possible que...

9	P. Ca c'est quoi là haut?
10	V. Ca, c'est le rift et ça grandit pas. C'est pas possible parce que sinon, y-a des endroits où il y avait pas d'océan et ça s'est écarté. Ca veut dire que le rift, il fait tout l'océan. Ce serait bizarre!
11	Silence
12	P. Donc quelle grande différence vois-tu avec le modèle de ta collègue?
13	V. Et ben, elle, elle pense que tout ça, le rift, il s'agrandit. Et ça aussi. Et ben moi, je le pense pas. Je pense que ça reste.
14	P. Donc en gros, ta dorsale, dans quelques millions d'années, elle ressemblera à quoi?
15	V. A ça.
16	P. A ça. C'est assez proche de ce qu'on a maintenant?
17	V. Et oui.
18	P. C'est pareil? Oui? Dans quelques millions d'années? Ce sera exactement la même chose?
19	V. Je suis pas sûre mais...
20	P. Mais tu le penses ou pas?
21	V. Oui, peut-être...
22	P. Peut-être?
23	V. Oui, oui, c'est ça!
24	P. Et alors, comment tu as fabriqué ce qui est nouveau, là? Tu vois? Tu veux le mettre en hachures ce qui est nouveau? On a bien vu pour les sédiments. Tu nous as bien expliqué. Là, on comprend bien. (<i>On entend Virginie hachurer à la craie</i>) Tout ça, c'est nouveau?
25	V. Oui.
26	P. Mais, ça s'est fait avec quoi?
27	V. Ben, justement, je sais pas. C'est peut-être... Je sais pas.
28	P. C'est peut-être... Alors, justement, on est toujours sur des hypothèses, Virginie. Toujours, toujours...
29	V. Je sais pas. C'est peut-être... Je sais pas! Peut-être le magma, qui ressort et que ça fait du basalte ou je sais pas quoi! Je sais pas. Franchement, je sais pas. Peut-être le magma. En fait, il ressort et il se durcit, tout ça... Et ça fait une...
30	P. Donc, par rapport à ta collègue, elle l'a fait durcir où, son magma? Elle?
31	V. Là, ici, là-bas. Dans le creux de la dorsale. Mais...
32	P. OK. Et toi, tu le ferais volontiers durcir où?
33	V. Pas volontiers!
34	P. Pas volontiers!
35	V. Non. Mais je sais pas. Je pense pas. Enfin, c'est bizarre! Quoi!
36	P. Qu'est-ce qui te gêne?
37	V. Mais, parce que...Moi, franchement, je crois que ça, ça se décale et qu'il y en a un nouveau qui apparaît. Mais je sais pas comment ça se fait qu'il est là, quoi!
38	P. Et finalement vers quelle hypothèse tu irais, même si tu es pas satisfaite, hein?
39	V. Ben, que c'est le magma qui fait ça.
40	P. Donc le magma, il se solidifierait où?
41	Silence.
42	P. Seulement en haut, comme ta collègue?
43	V. Non. Partout là. Mais en fait, peut-être qu'il fait comme ça. Je sais pas.
44	Silence

45	P. Merci. Avez-vous bien en tête les deux idées qui apparaissent là? Les deux modèles? Voyez-vous bien leurs différences?
46	Silence
47	P. Les différences, elles vont se voir dans les... Je veux dire, elles vont se voir dans les changements. Premier modèle, le changement majeur, dans quelques millions d'années, ce serait quoi, Anne Sophie? La zone, elle aurait changé en quoi?
48	AS. Elle se serait agrandie. La chambre magmatique se serait agrandie et ... ben la dorsale, elle se serait pas agrandie SONNERIE mais elle renouvelerait. Mais les plaques, elles se seraient renouvelées. SONNERIE.
49	P. D'accord. Et elles se seraient renouvelées...
50	AS. Donc l'océan, il se serait agrandi.
51	P. L'océan, il se serait agrandi. Parlez fort. Donia?
52	D. J'aimerais savoir. En fait, c'est que la croûte qui se renouvelle. Mais le manteau supérieur, lui, il se renouvelle pas?
53	P. Tu es avec quel modèle, là? Celui de ...
54	D. Justement dans les deux cas. Le manteau supérieur se renouvelle... Enfin... Non, enfin dans le cas d'Anne Sophie...
55	P. Parle fort! J'entends rien.
56	D. Dans le cas, le premier cas... C'est la poche de magma qui s'agrandit. Donc, pour qu'elle s'agrandisse, le manteau supérieur doit lui aussi se renouveler. Et dans le deuxième cas, on voit aussi que le manteau supérieur se renouvelle mais moi, je vois le basalte... le magma remonte que au niveau de la croûte supérieure...
57	P. Le magma, il remonte qu'au niveau de la croûte supérieure. Et toi, ce qui te gêne dans le deuxième modèle, c'est que...
58	D. C'est qu'on voit que la croûte, que le manteau supérieur se renouvelle lui aussi.
59	P. Se renouvelle lui aussi.
60	D. Alors que le magma, on le voit pas...
61	P. Tu veux dire que la flèche, elle correspond qu'à la croûte. On voit bien se renouveler que la croûte supérieure et on sait pas comment, alors que c'est dit, se renouvelle la croûte inférieure et le manteau supérieur.
62	D. Oui.
63	P. Alors, toi, tu avais l'air de dire, Virginie, mais c'était que des hypothèses et tu étais pas contente, tu avais l'air de dire que ça se renouvelait comment, le bas? A partir de quoi?
64	V. Du magma.
65	P. A partir du magma aussi qui est dans la chambre?
66	D. Pourtant la chambre, elle est dans le manteau supérieur! Et le magma, il se dirige que vers le haut.
67	P. Et oui. Donc, c'est une question de flèches peut-être? Est-ce que tu pourrais en rajouter des flèches, toi, pour coller à ton hypothèse, Virginie?
68	V. Non. Non, c'est difficile.
69	Rires.
70	V. Madame, madame! Les deux croûtes qui s'écartent...
71	P. Oui, les deux plaques qui s'écartent...
72	V. Les deux plaques, les deux plaques...
73	P. Parle fort!
74	V. Si les plaques elles s'écartent, il faut bien qu'elles se renouvellent. On a vu qu'elles se renouvelaient.

75	P. Oui.
76	<i>Discussion qui s'engage entre élèves: on repère parfois les voix de Donia et Virginie</i>
77	P. Alors pas toutes ensemble. Et parlez fort, s'il vous plaît!
78	V. Madame, madame, vous avez mis que... En fait, je voudrais savoir... Vous avez bien dit que c'était les plaques qui s'écartaient?
79	P. Oui! On est d'accord avec ça depuis le chapitre 1, non? Et vous aussi sur vos modèles, vous m'aviez mis ça.
80	V. Donc, ça peut pas être que la croûte donc! Tout ça, c'est forcé que ça se renouvelle quelque part!... Les plaques se renouvellent!
81	D. Oui, mais alors, le manteau, comment qui fait? Alors, si le manteau, il se renouvelle...
82	E. Comment qui fait...
83	D. Et ben...
84	P. Non, mais c'est pas grave, l'expression! Ce sont les idées là...
85	D. Si le manteau, lui aussi, il se renouvelle, ben c'est que la chambre, elle est obligée aussi de s'agrandir!
86	V. Non, non. Ca a rien à voir. Parce que... Ca sort, comme ça.
87	<i>Discussion des élèves. Seules quelques bribes sont audibles.</i>
88	P. Alors Tiphaine a une idée. Parle plus fort;
89	T. Le magma, il durcit dans la poche, sur les côtés de la poche.
90	P. Le magma, il durcit dans la poche, sur les côtés de la poche. Est-ce que tu peux aller mettre des flèches justement? Parce que c'est ce qui gênait Donia. C'est seulement la flèche qui montait. <i>(Tiphaine va mettre des flèches sur le modèle 2)</i>
91	T. Y-a du magma dans toute la poche, là.
92	P. Oui.
93	T. Et en fait, ben avant, tout ça c'était du magma, qu'y avait dans la poche. Et en s'écartant, et ben y-en a du nouveau qui est arrivé et celui là, il s'est durci.
94	P. Alors tu pourrais faire par exemple, le dernier qui s'est durci?
95	T. Ben, c'est tout celui là!
96	P. C'est ce qui est en vert, là dessus.
97	T. Oui.
98	P. Avant, c'était du magma dans la poche et il s'est durci sur les côtés de la poche. C'est ça?
99	T. Ben oui.
100	P. Est-ce que ça paraîtrait assez logique que le magma puisse aussi durcir sur les côtés de la poche? .. Qu'est-ce qui fait durcir un magma?
101	E. Ben, quand il se refroidit...
102	P. Et est-ce que c'est froid sur les côtés de la poche?
103	E1. Ben si...
104	T. Ben, plus qu'à l'intérieur, oui...
105	P. Pour toi, Tiphaine, c'est plus froid qu'à l'intérieur.
106	T. Ben oui.
107	P. Donc, ça serait pas illogique. C'est plus froid sur les bords de la poche qu'à l'intérieur. Jérémy? Parle fort, s'il te plaît. Parce que là, on est sur un joli débat!
108	Silence.
109	P. Ca va? Alors, Tiphaine, tu as encore quelques interrogations, non?
110	T. Non, non. Pour moi, c'est ça.

111	P. Pour toi, c'est ça.
112	T. Oui.
113	P. Bon. Virginie? Parle fort!
114	V. C'est plus froid sur les côtés, je me dis, des (couches semblables) pourquoi y-en aurait que là et pas à côté. Parce qu'à côté, c'est très proche, je sais pas moi!
115	P. Bon... Je voudrais simplement faire encore fonctionner le modèle numéro 1. Dans quelques millions d'années encore, si je fais fonctionner ça, comment sera la chambre magmatique?
116	Va. Elle sera partout!
117	P. Valérie?
118	Va. Ben, elle sera partout sous la ...
119	P. Elle sera partout sous la petite... partie supérieure.
120	AS. Oui, mais l'océan aussi se sera aussi agrandi. Donc ce sera aussi proportionnel à la grandeur de l'océan.
121	P. Oui, d'accord. Donc un vieil océan. Alors tu dis, attends. Tu dis, Anne Sophie, que l'océan sera aussi partout donc ce sera proportionnel à la grandeur de l'océan.
122	V. Donc, ça veut dire que sous tout océan, il y a du magma!
123	AS. Ca dépend s'ils sont vieux ou jeunes!
124	<i>Discussion entre élèves.</i>
125	P. Virginie, tu dis que ça voudrait dire que partout sous les océans, y-a du magma.
126	<i>Discussion entre élèves dont: E. XXX que sous les zones d'accrétion. Plusieurs E: Oui, oui.</i>
127	P. Ben, avec le modèle qui est là, y-en aurait.. Dans un océan, un vieil océan, y-en aurait quand même pas mal sur les bords! Hein? De la zone d'accrétion. C'est ça, hein? Bon, le Pacifique, vous considérez que c'est un gros océan? Ou un petit océan? Un jeune océan ou un vieil océan? Déjà, par sa taille?
128	E. Un vieux.
129	P. Un vieil océan. Donc là, avec le modèle numéro 1, il devrait y avoir sous le Pacifique...
130	AS. Une grande poche magmatique.
131	P. Tu dis, Anne Sophie?
132	AS. Une grande chambre magmatique.
133	P. Une grande chambre magmatique. Or document ... que je vous ai donné tout à l'heure. Est-ce qu'elle est grande la poche?
134	E. Ben, assez!
135	Plusieurs E. Ben non!
136	Plusieurs E. Ben non!
137	P. Elle fait au maximum combien en largeur?
138	E. 10.
139	P. 10, on va dire. Et encore! Oui, si, 10 km, vous avez l'échelle. Donc, donc, donc...
140	XXX
141	P. On basculerait plutôt sur le modèle de Virginie. Ce serait plus conforme aux données sismiques que l'on a. Avant de clore ça, je voudrais s'il vous plaît que vous vous situiez, vous... Oh bien de toutes façons j'aurai vos productions tout à l'heure! Ne modifiez rien dans votre travail personnel s'il vous plaît. Nous allons mettre une conclusion après cela pour boucler cette fiche. Qui était plutôt là, simplement à main levée, qui était plutôt pour le modèle 2?

142	Silence (<i>certaines élèves lèvent le doigt</i>)
143	P. 6 élèves, dans leur réflexion, sont plutôt allés vers le modèle numéro 2 , qui admet finalement que ça change ou pas, une zone de dorsale?
144	Quelques E. Non.
145	P. Et bien, non. Ca change pas. C'est toujours pareil. Oui, mais si on regarde bien. C'est toujours pareil mais c'est pas le même matériel, hein? C'est-à-dire que celui qui existe maintenant, il sera sur les côtés. Mais en coupe, je retrouverai exactement les mêmes choses au niveau de la dorsale. OK? Êtes-vous d'accord avec ce modèle numéro 2? Hein?
146	<i>Acquiescement des élèves</i>
147	P. Qui va mieux avec toutes les idées qu'on a déjà développées. Comme quoi il n'y a pas sous les plaques un océan de magma. Comme quoi par exemple les poches magmatiques sont quand même petites en taille. Même pour un vieil océan. Ca va? Et bien nous allons mettre cette petite conclusion. Donc vous mettez ça sous la forme d'une correction.

Dans certaines parties des Alpes comme le Massif du Chenaillet, on rencontre des ophiolites constituées par des basaltes, des gabbros et des serpentinites (roches dérivant de l'altération d'une péridotite).

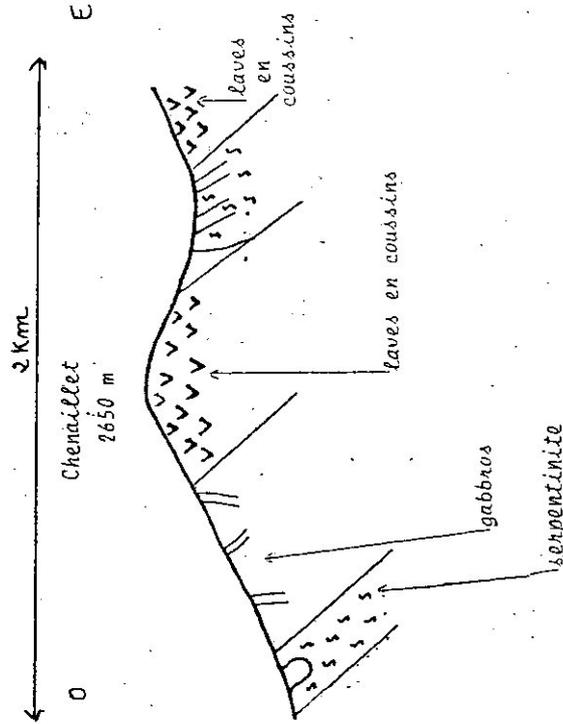
En utilisant vos connaissances et les documents ci-joints, racontez l'histoire des ophiolites.

Votre réponse aura les caractéristiques suivantes:

- elle sera structurée.
(une introduction, un développement en une ou plusieurs parties, une conclusion)
- elle s'appuiera sur des données des documents.
(Attention: tous les documents seront utilisés et nommés lorsqu'ils seront utilisés)



DOCUMENT 1: Laves en coussins du Massif du Chenaillet



DOCUMENT 2: Coupe à travers le Massif du Chenaillet

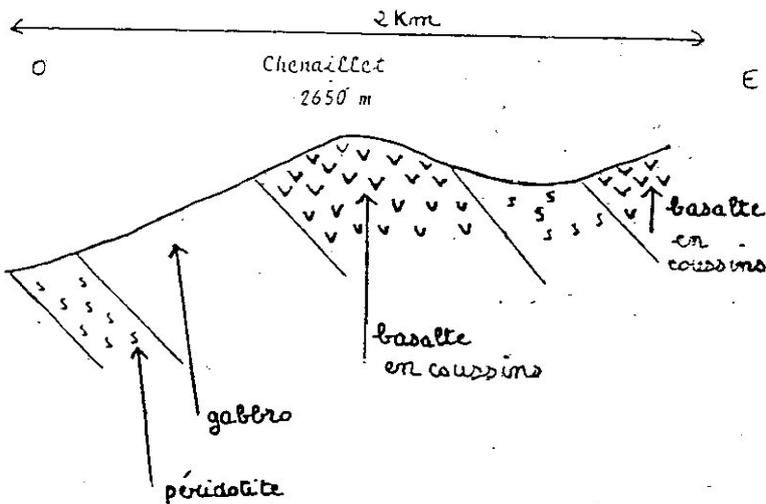
La mise en place des ophiolites Consigne et documents de travail des élèves (Première S, 1999/00)

Dans certaines zones de la chaîne de montagnes des Alpes, comme le Massif du Chenaillet, on rencontre des ophiolites constituées de l'assemblage des roches suivantes: basalte en coussins (pillow lavas), gabbro et péridotite.

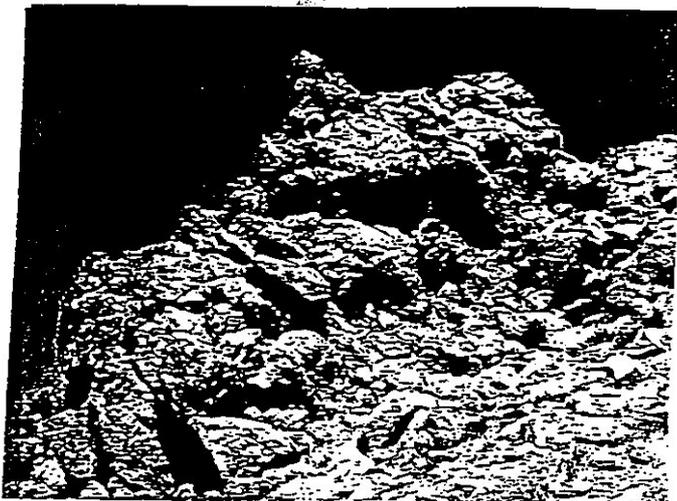
Le Document 1 présente une coupe du Mont Chenaillet montrant les différentes roches qui le constituent.

Le document 2 est une photo du sommet du Mont Chenaillet (voir Document 1) sur laquelle on voit le basalte en coussins (pillow lavas).

En utilisant vos connaissances et les documents 1 et 2, racontez l'histoire des ophiolites du Chenaillet depuis leur formation jusqu'à aujourd'hui.



DOCUMENT 1: Coupe du Mont Chenaillet



DOCUMENT 2: Basalte en coussins (pillow lavas) du Mont Chenaillet

Sur une deuxième feuille:

Quelles difficultés avez-vous eues pour répondre à cette question.

La mise en place des ophiolites
Consignes et documents de travail des élèves (Première S, 2001/02)

On suppose que le basal^{doc} du Chenaillet était immergé, selon 2 en
cristal des plaques en coulées qui résultent d'un refroidi-
ssem^{ent} rapide. En refroidissant, on a le basalte du contact de
l'eau.

Comment le gabbro et la péridotite se retrouvent en surface ?
A l'origine la péridotite et le gabbro est situés en profondeur.

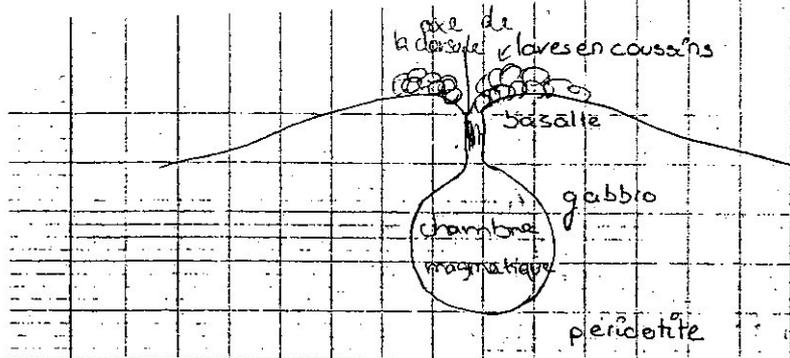
Quand la péridotite subissait une fusion partielle, elle formait
la chambre magmatique. Le magma forme s'infiltrait
par des failles jusqu'à la surface. A la surface, le magma
entraît en contact avec l'eau et se solidifie par former
du basalte. Le basalte ne pouvait s'étendre le long des failles
de la dorsale. Au fur et à mesure que le magma se fait
l'écoulement, soit donc actuellement le sommet du massif du
Chenaillet. Quand les plaques s'agrandissent le basalte ne se
renouvelait pas et le gabbro arrivait à la surface.
Pendant ce temps la péridotite continuait sa fusion partielle et
se transformait en magma. L'axe de la dorsale
étant recouvert par le basalte, le magma s'infiltrait
par le gabbro et en solidifiant la péridotite arrivait
à la surface.

La présence de failles sur le doc démontre qu'il existait
des dorsales océaniques. On suppose donc
que les Alpes étaient recouvertes par un Océan.

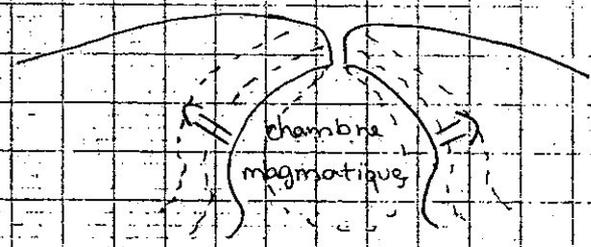
Réponse du binôme 1 (1998/99, La mise en place des ophiolites)

Il y a quelque millions d'années, pendant le Jurassique, l'eau recouvrait cette partie de la France sous forme de mer ou d'océan. De cette façon nous pouvons expliquer la présence de basalte (laves en coussins) au sommet du Massif du Chenaillet, qui se trouvait être une ancienne dorsale océanique. La présence de gabbros et de serpentinite (péridotite) pourrait être expliquée par le schéma suivant:

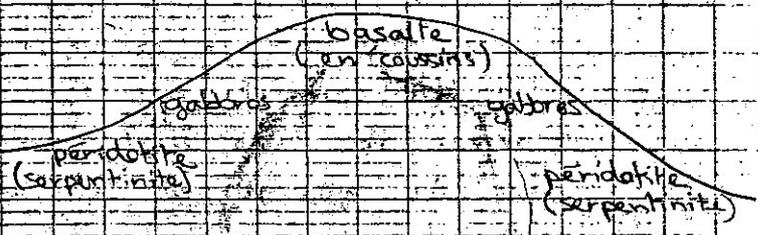




Dorsale au niveau du Chenaillet pendant le Jurassique



Après disparition de l'océan (ou mer), la chambre magmatique, alors inutile, se divise en deux, pour s'élever dans des directions opposées



La péridotite qui arrive à la surface et alors altérée et se transforme donc en serpentinite.

Les ophiolites sont constituées d'un ensemble de roches métamorphiques. Ces roches sont le gabbro, le basalte et la serpentine, ^{due à l'allongement et une métamorphose d'une croûte} toutes localisées dans la croûte océanique.

Or d'après le document 2, qui nous informe sur la constitution du massif du Ekanaitet, on remarque que les laves en coulées sont les principales formes de roches de ce massif. Par ailleurs, les « bords » que les « Piliers laves » ont dus au refroidissement rapide du magma en surface au niveau d'une croûte océanique.

On peut donc dire que le massif du Ekanaitet présente la formation de ses roches, était recouvert d'un océan.

Réponse du binôme 4 (1998/99, La mise en place des ophiolites)

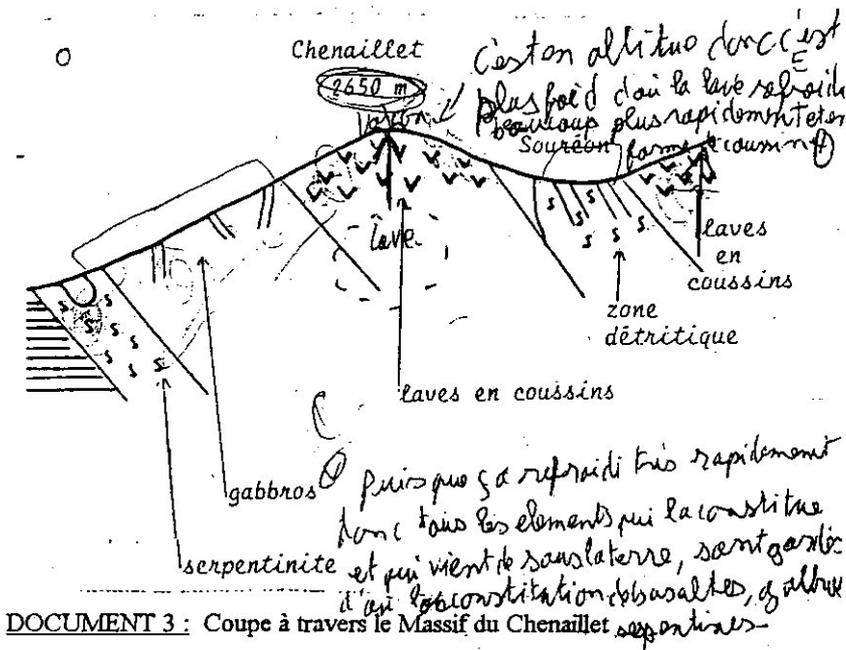
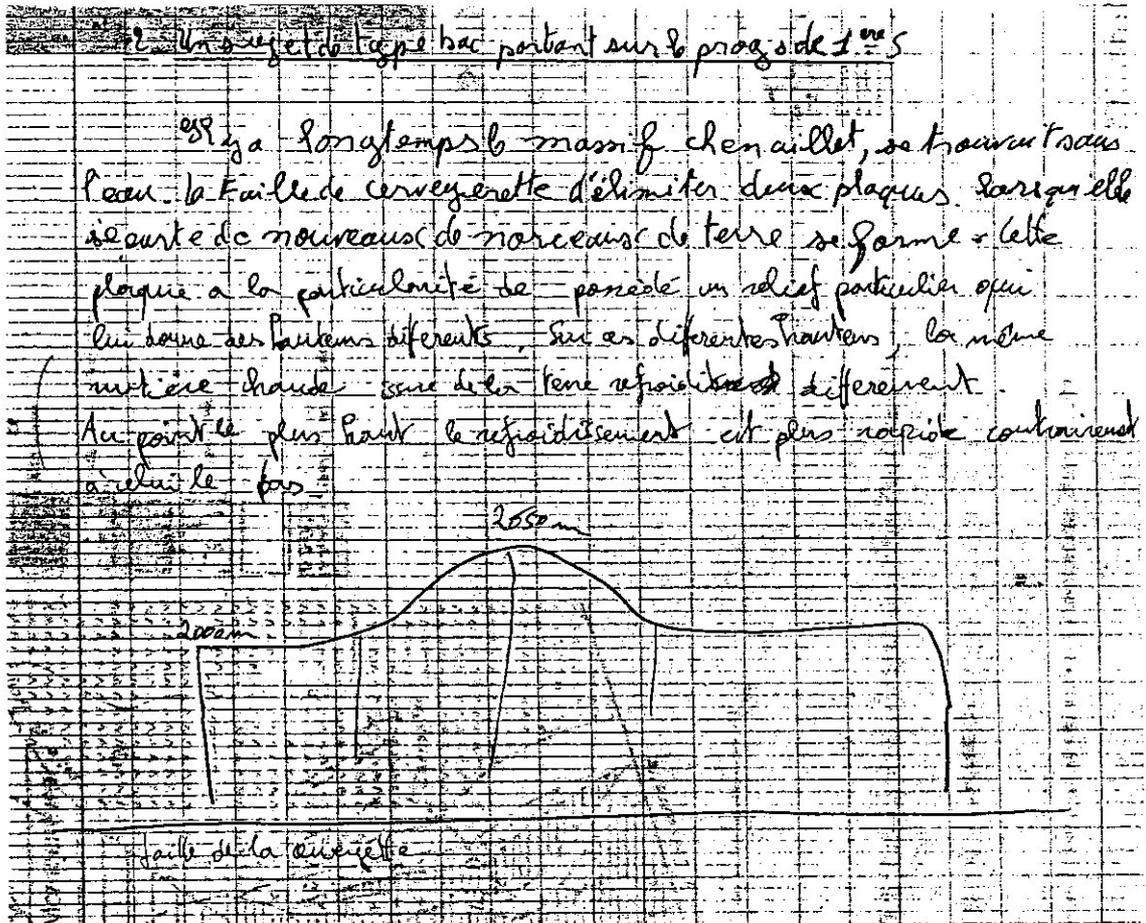
On sait que la lave en coussin est du basalte formé par un refroidissement brutal à l'eau, contrairement au gabbro et à la serpentine. Ces deux dernières étant formées par un refroidissement lent à l'air.

On en conclue que ces roches ont été formées à des époques différentes.

A l'aide du document 2, on précise cette conclusion par le fait que les roches sont séparées en différentes couches qui s'amoncellent.

On peut donc croire que les ophiolites sont des amoncellements de roches issu d'un ~~magma~~ même magma et formées à des périodes différentes. En effet, la serpentine, le gabbro et le basalte sont des dérivés de la peridotite.

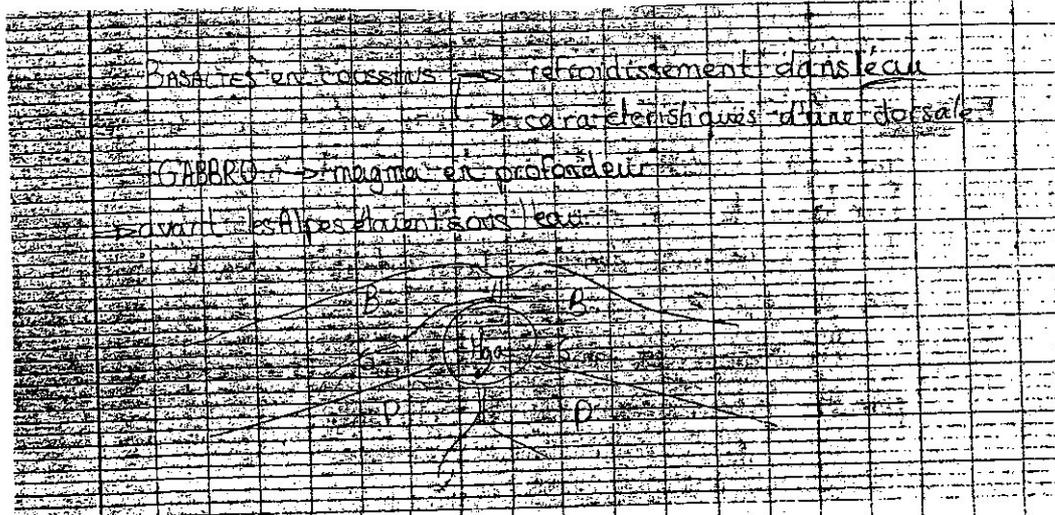
Réponse du binôme 5 (1998/99, La mise en place des ophiolites)



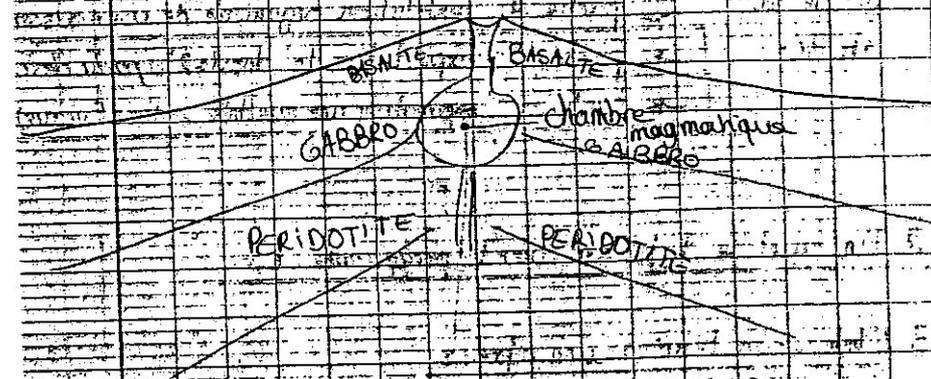
Réponse du binôme 8 (1998/99, La mise en place des ophiolites)

des ophiolites constituées de gabbro, basalte et de serpentines provien-
nent du refroidissement du magma. En effet, ces trois minéraux ont la
même composition chimique. Provenant du refroidissement à différentes profondeurs
de ce magma, on obtient les ophiolites de basalte et situées au sommet
de l'immense bloc gabbro se trouve juste en dessous du basalte. De plus,
la serpentine est riche en eau et fait partie de la peridotite. On peut en conclure
(selon le doc 3) que cette dalle se trouve entre le gabbro et la
peridotite.

Réponse du binôme 10 (1998/99, La mise en place des ophiolites)



La structure du basalte en coussins, visible sur le doc 2, et les failles, visibles sur le doc 1 sont caractéristique d'une dorsale. Qui avait le fonctionnement suivant et l'eau est



Pour une raison qui n'est pas mentionnée sur les documents, la chute de cette faille a cassé et l'eau s'est retirée au cours des différentes ères de notre Histoire (glaciation etc.) Par la suite, l'érosion a permis l'affleurement du gabbro et de la serpentine (dérivée de la peridotite), selon le schéma proposé par le doc 3. La présence des ophiolites peut donc être expliquée par le mécanisme de la dorsale.

La présence de basaltes en contact prouve
que cette roche magmatique est le résultat
du refroidissement en surface d'un magma
qui avait une double origine : d'abord plus de
profondeur (présence de basaltes) (ex. de la
de la (Cavallette))
le changement de roches (de basaltes à
roches) qui le traduisent (à l'origine plus profonde
de la double (ex. gabbro, trondhjemite))

A quoi est dû le recouvrement de la mer et
la formation des montagnes ?

Question n°1

I création d'une mer

Il y a très longtemps, une mer se crée (peut-être la mer Méditerranée). Celle-ci naît dans le continent en l'élargissant l'eau apparaît et au fur et à mesure que les deux parties du continent s'éloignent, s'est formé de la matière la où à débuté la mer cette matière est de la lave en fusion qui a remonté à la surface et qui provient du manteau la croûte océanique et le manteau supérieur s'éloignent donc du nouveau rift en flottant sur l'asthénosphère.

II disposition de cette mer

Puis des mouvements de convection fit rapprocher les deux ^{parties du} continent la lithosphère océanique au lieu d'aller sous la croûte continentale, se plia et créa des montagnes.

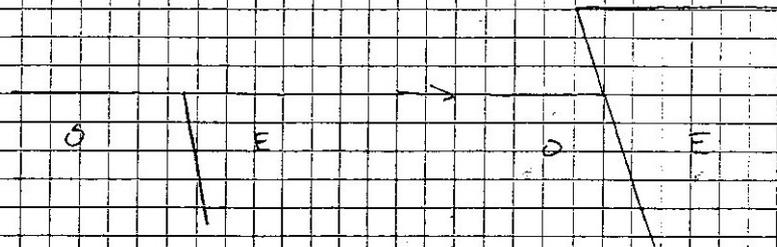
III Erosion

Enfin l'érosion balaya une partie des basaltes et des sédiments tout ceci a donc permis à des pillow lavas, des gabbros et des péridotites du manteau de se retrouver à 2650 m d'altitude.

Question n°2

Je n'ai pas su où s'est créée cette mer et donc sur quel continent : si il est bien question de la méditerranée qui est entrain de se refermer, cela veut dire que l'Europe et l'Afrique étaient collé au par avant.

Am bord d'un océan, il y avait une faille.
Suite à de la distension, la partie située à l'est
de cette faille est passée latéralement au dessus de
la partie Ouest.



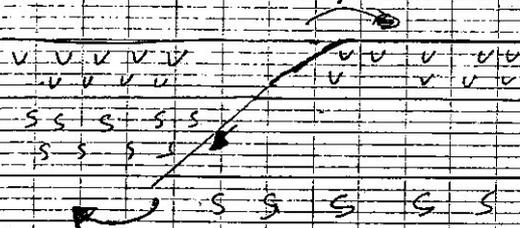
Ella a dû être brutal, puisque le gabbro n'a
pu cristalliser dans la partie est.

Ensuite par compression, la partie Ouest
est passée au dessus de la partie Est puisque
celle-ci se situe au dessus de la zone de
sous le schéma.

* réponse à la question

Le manque de temps ne m'a pas permis d'approfondir
et de traiter cette question. Il est vrai que ce cas
particulier est difficile du fait que l'entassement
de la péridotite (qui appartient au manteau) située
au dessus de gabbro (sans avoir assés formé le
plancher océanique). J'ai du mal à imaginer
comment un tel phénomène peut avoir lieu.

Les ophiolites du Chocaillet se sont formées à partir
de deux plaques de croûte océanique.
Au départ, une plaque est passée sous l'autre
(zone de subduction).



Les deux plaques ont coalescé lorsque à
un moment où les 2 plaques ont bloqué
et formé une montagne, ainsi les plaques
ont tourné.

difficultés: Il est très difficile d'imaginer
les mouvements de plaques. Le sens
des tectoniques (diagonale et pas horizontal)

Zone de subduct°

Explicite hypothétique

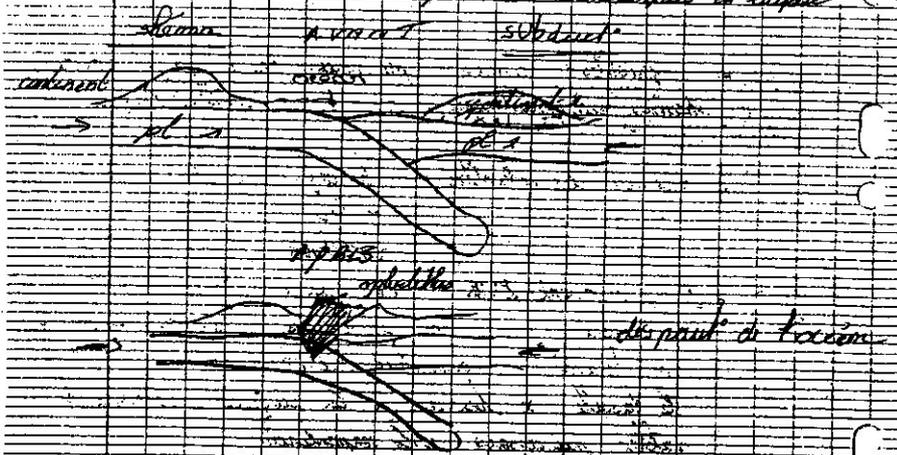
Quelques des chaînes de montagnes, elles se sont formées par les conséquences de la collision de deux continents

La tectonique provoque un rapprochement des masses continentales la création de relief et l'épaississement de la croûte continentale

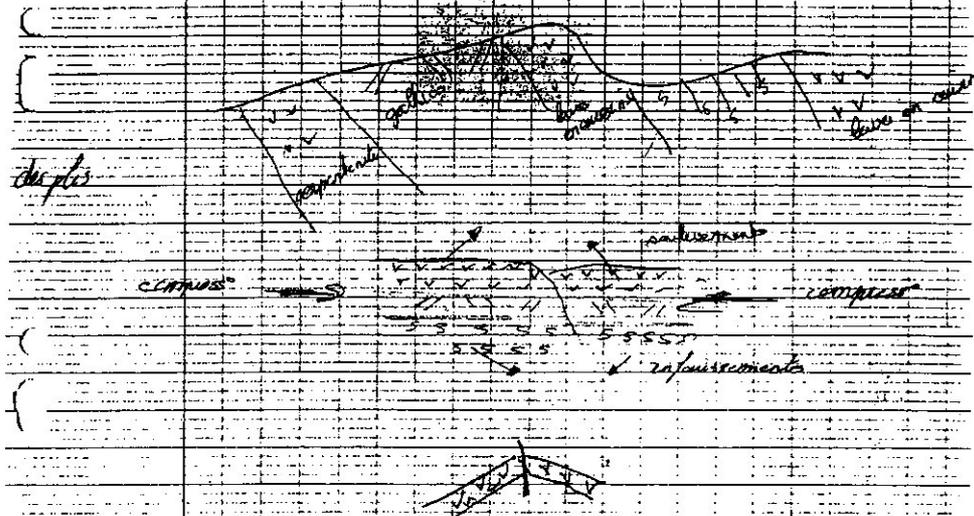
La naissance de relief

entraîne avec elle des matériaux de plomberie continentaux qui s'élèvent sur les chaînes de montagnes

de la zone en collision, on observe la création de relief avec les sédiments de plomberie continentaux et volcanique

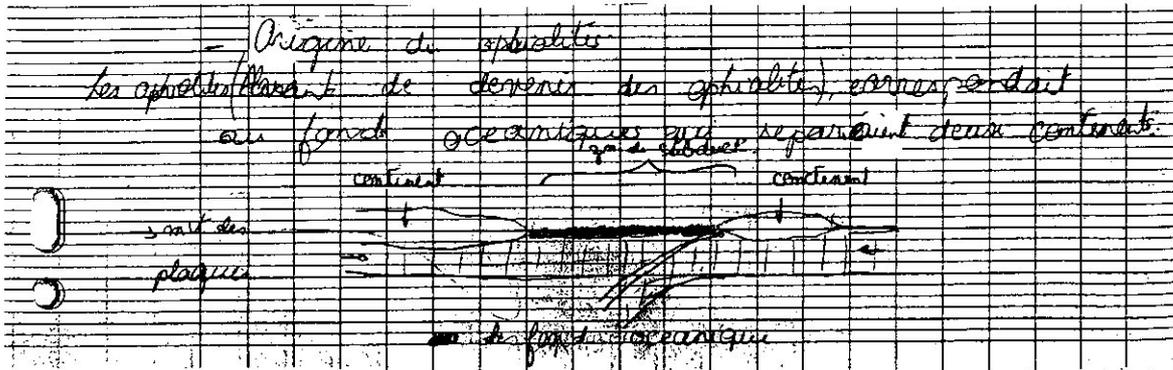


→ résultat de la collision de deux masses continentales



Qu'est-ce que le relief le plus haut sur le relief principal de deux plaques continentales distinctes

Origine de ophiolites
 Les ophiolites (basalt de dorsure des ophiolites), correspondent
 au fond océanique qui se présente dans continents.

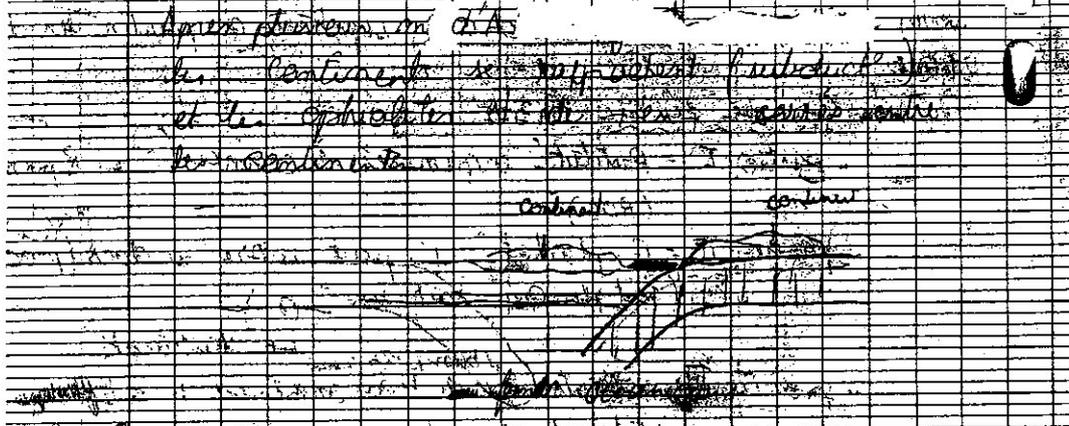


continent continent

plaque

fond océanique

Après plusieurs millions d'années
 les continents se rapprochent, le subducteur
 et les ophiolites qui ont été emportés sont
 les roches intrusives.



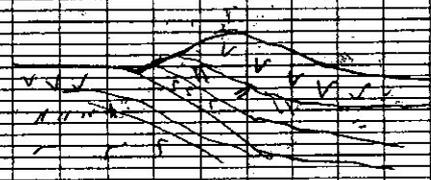
continent continent

plaque

fond océanique

Ces fonds océaniques sont constitués de basaltes
 de gabbros et de serpentinites.

basalt
 gabbros
 serpentinites



Réponse d'un autre binôme (1999/00, la mise en place des ophiolites)

I Origine

- l'axe des volcans ①
- la remontée de la lave ②

* elles proviennent du m. magma et remonte ensemble *

Disposition des roches *

- basalte se refroidit immédiatement ③
- gabbro - - - - - moins vite ④
- serpentinite - - - - - encore moins vite ⑤

- ces roches s'écoulent de part et d'autre du basalte

- ① les ophiolites sont des roches magmatiques
- ② la lave remonte et les roches magmatiques se solidifient plus ou moins vite à la surface

- ③ il est donc situé au sommet du volcan
- ④ donc il s'écoule un peu, puis se refroidit
- ⑤ donc il s'écoule encore plus, puis se refroidit.

LA MISE EN PLACE DES OPHIOLITES

TRANSCRIPTION DE LA CONFRONTATION DES TRAVAUX DES GROUPES
Classe de Première S, demi-classe 1

29 novembre 1999
(durée: 1 heure)

Transcription réalisée par Denise ORANGE

A: Aline
A-S: Anne-Sophie
D: Damien
Do: Donia
J: Jérémy
R: Romain
V: Virginie

E: Elève
P: Professeur
XXX : signale des propos inaudibles

1	P. Sachant que notre problème, c'est de raconter l'histoire des ophiolites en utilisant nos connaissances et les documents ci-joints. On t'écoute, Aline, propose-nous donc ta réponse. Parle assez fort s'il te plaît.
2	A. On a fait une première partie sur leur origine avec la lave des volcans parce que les ophiolites, c'est des roches magmatiques donc on est obligé de parler de ça. Puis la remontée de la lave parce qu'on sait que la lave remonte et les roches magmatiques se solidifient plus ou moins vite à la surface. Donc ça c'est notre première partie. Et après par rapport au document 2, on a regardé la disposition des différentes roches et on a fait une deuxième partie sur ça. Alors le basalte il se refroidit immédiatement, donc il est au sommet du volcan comme on le voit là et il peut, il se forme en laves en coussin. Et ensuite, y a le gabbro qui se refroidit moins vite donc, il remonte, il a le temps de s'écouler, il se refroidit là. Et les serpentinites qui se refroidissent encore moins vite, et ils ont le temps de s'écouler, pareil. Eux, ils vont dans les creux. Donc voilà.
3	P. D'accord. Donc, ton souci a été d'expliquer quoi sur les documents?
4	A. Ben, la disposition des roches.
5	P. La disposition des roches, tu viens de nous le dire, et puis aussi?
6	A. Les origines.
7	P. C'est-à-dire?
8	A. La lave.
9	P. La lave donc oui, euh, à partir de... d'où elles proviennent, d'accord. Bon, les autres, avez-vous des questions par rapport à...à son travail, euh, des compléments d'informations à lui demander? ... Des réactions? ... Virginie, parle assez fort, hein?
6	V. Elles sont où les ophiolites là-dedans?

7	P. Virginie, tu demandes où sont les ophiolites là-dedans, ça veut dire quoi là-dedans?
8	V. Ben je comprends pas, elle explique une histoire, mais je comprends pas, ben elle parle pas des ophiolites.
9	P. Tu as l'impression qu'elle parle pas des ophiolites dans ce qu'elle dit?
10	V. Oui.
11	P. Qu'est-ce que tu peux lui répondre?
12	A. Bah, je sais pas, c'est marqué...
13	P. Tu peux entourer, hein, là haut, dans mon, euh, tiens il y a du... des feutres, tu peux entourer c'est..., ça c'est mon chiffon pour le tableau donc, attends, euh.
14	A. C'est marqué là : les ophiolites sont constituées de basaltes, de gabbros, de serpentinites, donc on a fait les trois différentes roches.
15	P. Parle fort, elle n'entend rien.
16	V. Si, si, c'est bon.
17	P. Redis-le, moi je n'ai pas trop entendu.
18	A. (soupir) Parce que les, les ophiolites elles sont constituées par des basaltes, des gabbros et des serpentinites...serpentinites, alors on a expliqué, euh, la formation de chaque roche, et leur disposition.
19	P. Mais il apparaît peut-être une remarque, la remarque de Virginie a un intérêt parce que...
20	D. XXX
21	P. Pardon?
22	D. XXX
23	P. Parle plus fort Damien.
24	D. Faudrait le mettre dans une introduction.
25	P. Oui, alors tu pourrais peut-être, mets-les d'une couleur un peu différente, c'est, il te propose de définir les ophiolites dans l'introduction. Mets-le en jaune par exemple, ça fait moins violent que le rouge, hein? ... C'est là, l'introduction? ... Ah ben tu peux le mettre là si tu veux, donc, définir.. définition des ophiolites, et là on se basera sur l'énoncé, hein, on se basera sur l'énoncé. Est-ce l'un ou l'une d'entre vous pourrait me prendre ce qui est au tableau là, euh, dans le, euh, parce que je vais pas avoir le temps de le faire, de faire le plan.
26	E. Le plan?
27	P. Tu le fais? Merci.
28	P. Tu veux une feuille, non, ou t'en as?
29	E. Non, c'est bon.
30	P. D'accord. Donc, euh, et tu mets de couleur différente les rajouts, s'il te plaît, hein, pour qu'on ait, pour qu'on puisse, si on ne finit pas aujourd'hui, pour qu'on ait tout ça bien comme il faut. Est-ce que il y a d'autres remarques par rapport à ça? Oui, euh, Donia?
31	Do. Moi je vois pas comment il fait pour se refroidir, d'abord en haut et puis ensuite en bas? Parce qu'en fait c'est le même magma, avec la même composition, je vois pas pourquoi il se refroidirait plus vite à un moment donné que...
32	P. Parle plus fort là encore, hein, je le dis d'une façon, j'te, c'est tout net, je le dis d'une façon aussi bassement intéressée, d'abord pour vous tous, pour que vous puissiez entendre et pour que moi je me souvienne de ce qui a été dit, surtout si on se revoit dans quinze jours, hein?
33	Do. En fait c'est que si il peut se refroidir au niveau... en haut, au sommet du volcan, pourquoi il se refroidit pas tout là?

34	P. Tu parles trop bas!
35	Silence.
36	P. Parle fort Donia.
37	Do. Bon, en fait il se refroidit au niveau du sommet du volcan mais... Je vois pas pourquoi, après il se refroidit moins vite.
38	P. Après, il se refroidit...?
39	Do. Moins vite vers la fin XXX
40	P. Il se refroidit moins vite vers la fin? C'est ça? C'est ce que tu as dit?
41	Do. Oui.
42	P. Est-ce que j'ai bien compris?
43	Do. Oui, oui.
44	P. C'est où la fin?
45	Do. Euh, les serpentines.
46	P. Les serpentines... Mais la fin, c'est dans le temps ou bien c'est dans l'espace?
47	Do. Dans l'espace.
48	P. C'est dans l'espace selon toi Donia, hein, la fin? Et alors qu'est-ce qui te gêne, va, euh, tu peux aller près du tableau peut-être pour nous le montrer, parce que c'est...
49	Do. Ben, en fait, on sait que le magma, y, enf., y, il sort à partir de là, et, là il se refroidit, et il continue à se refroidir par là, mais... Je vois pas... Oui, non, c'est peut-être ça. Mais en fait euh, en fait, là on a des serpentinites et des gabbros, et euh, oui non c'est bon. (rire) Non parce qu'en fait, non mais euh, je me suis trompée.
50	P. Bon, pourquoi tu as l'impression que tu t'es trompée?
51	Do. Parce qu'en fait, c'est le, c'est le même système que pour la montée du magma, dans la chambre?.
52	P. C'est le même sys., c'est le même système que pour la montée du magma dans la chambre magmatique, dis-tu?
53	Elèves. XXX
54	P. Alors Anne-Sophie tu réagis, parle fort toi aussi pour que tout le monde puisse t'entendre et pour que je puisse t'enregistrer aussi.
55	A-S. Ca, ce qui est dessiné sur le tableau et qui se trouve sur le mont, ça s'est formé dans les océans.
56	P. Tu penses toi, donc es-tu d'accord avec ce qu'elle dit?
57	A-S. XXX la lithosphère.
58	P. Pardon?
59	A-S. Ben, vu que le basalte ça se forme dans les océans, il faudrait peut-être le préciser.
60	P. Il faudrait peut-être le préciser? Ca veut dire que tu voudrais qu'elle le rajoute, ou bien, euh, tu voudrais lui demander des explications?
61	A-S. Non, non, qu'elle le rajoute, c'est tout.
62	P. Qu'elle le rajoute
63	A-S. XXX
64	P. On va lui demander quand même : et des explications, et peut-être mettra-t-elle des rajouts. Toi, Aline, quand tu as fait cette réponse, où as-tu vu se mettre en place le basalte? Dans l'eau ou dans l'air?... Très franchement, on va, on va discuter de ça, c'est un peu l'objet de...
65	A. Ben dans l'eau parce qu'il y a de la lave en coussins.

66	P. Tu dis : dans l'eau parce qu'il y a de la lave en coussins. Donc, qu'est-ce qu'on aurait eu au fond de l'eau? Est-ce que tu peux nous refaire ton explication en situant bien ça? Qu'est-ce que tu aurais eu au fond de l'eau? Refais-nous marcher ton, ton truc là, avec au fond de l'eau, hein?
67	A. Ben, c'est exactement le même principe : le basalte, il remonte, il se refroidit directement, ben, comme on avait vu sur le film : il fait directement ça.
68	P. D'accord.
69	A. Et après, y-a le gabbro, qui lui, il s'écoule parce qu'il, il refroidit moins vite, il a le temps de s'écouler un peu avant de refroidir. Et y-a les serpentinites, qui s'écoulent jusqu'où y a des creux, alors des fois ça se mélange avec le gabbro comme là, et elles se refroidissent après...
70	P. D'accord.
71	A. ... en dernier.
72	P. O.K., mais ça se ferait dans l'eau?
73	A. Oui.
74	P. D'accord. Et le, comment dire, les différentes roches, tu les imagines, tu, tu lies, tu relies la formation des différentes roches au refroidissement, plus ou moins rapide, c'est ça?...
75	A. Oui.
76	P. Là le refroidissement plus ou moins rapide, euh, il, s'il est plus ou moins rapide le refroidissement c'est pourquoi?
77	A. Ben, je sais pas, ça dépend de la composition des roches...
78	P. Oui, bien sûr, mais si tu penses que, ces roches, qui sont différentes viennent d'un magma, euh, qui refroidit plus ou moins vite, pourquoi il refroidit plus ou moins vite, pourquoi on obtient les serpentinites? Tu as dit que c'était parce que le magma s'écoulait...
79	A. Oui.
80	P. ...jusqu'aux creux...
81	A. Oui.
82	P. ...hein? Et il, donc, il refroidissait...?
83	A. Plus ou moins vite.
84	P. Reprends, redis-le moi ça parce que j'ai pas...
85	A. Plus ou moins vite.
86	P. Il refroidit plus ou moins vite, d'accord. D'autres remarques là par rapport à ça?
87	D. Il faut faire des ajouts.
88	P. Ah, Damien, faut faire des ajouts peut-être. Eh bien fais-nous quelques ajouts. C'est très bien quand vous faites marcher la machine comme ça parce que... Fais-nous quelques ajouts puisque, peut-être est-il nécessaire...
89	A. Mais non, mais ce ser..., les ajouts, ce sera dans le détail, moi j'ai mis que les principales parties.
90	P. Je comprends, mais mets quelque, mets si tu veux, mets-nous au tableau, euh, de façon très très rapide vers quels détails on irait.
91	A. Eh ben, dans la définition, on va parler du lieu, dans l'eau.
92	P. Alors tu mets : "Lieu, deux points, dans l'eau", hein?
93	A. Oui. (<i>A écrit au tableau</i>) Et puis voilà. Et puis leur constitution aussi quoi, par des basaltes, des gabbros et des serpentinites. (<i>A écrit au tableau</i>)
94	P. Quand tu dis composition, ça veut dire quoi?
95	A. Leur constitution.

96	P. C'est-à-dire?
97	A. Bah, c'est-à-dire que c'est trois roches, toutes ens..., toutes ensemble, elles forment les ophiolites.
98	P. Ah oui d'accord, la composition, pardon, oui, oui, composition des ophiolites, oui, oui d'accord, je comprends, et t'as bien mis : deux points, c'est moi qui aie mal compris, d'accord. Voyez-vous d'autres choses à lui demander dans cette histoire?
99	D. Y-a deux "b" à gabbro.
100	P. Oui, y a deux "b" à gabbro, mais tu vois, euh, Damien, tu as raison, il faut tout regarder, mais on dira que l'orthographe, c'est en dernier, en dernier lieu. Nous, c'est d'abord le sens qu'on va privilégier, il a, il a raison, c'est vrai, c'est deux "b". Voyez-vous d'autres choses? Est-ce que vous avez l'impression d'avoir l'histoire des ophiolites là? ... Oui? Jérémie? T'as l'air septique? ...Qu'est-ce qui..? Réagis peut-être...
101	J. Elle explique les ophiolites par un refroidissement de la lave.
102	P. Euh, Jérémie, qui parle pas assez fort, dit que tu expliques les ophiolites par un refroidissement de la lave, donc, et alors, toi?...
103	J. Non, c'est pas...
104	P. ...Tu aimerais avoir plus?
105	J. Non, c'est pas ça mais j'sais pas...j'sais pas.
106	P. On?
107	D. Exprime toi Jérémie.
108	A. Dis-le.
109	P. Chuchu, Damien, tu es pas, euh, l'animateur, si tu veux, faudrait que tu lui donnes des choses. Oui, Anne-Sophie?
110	A-S. Faudrait peut-être préciser comment les basaltes, les gabbros et les serpentinites sont arrivés sur la terre.
111	P. Ah, comment les basaltes, gabbros, serpentinites sont arrivés sur la terre? Dit Anne-Sophie.
112	E. Comment ça?
113	A. Eh ben, dans la lave!
114	P. Pardon?
115	A. Ca arrive avec la lave!
116	P. Oui mais tu... précise ta question, peut-être que sur la terre, c'est, c'est peut-être pas assez précis.
117	D. Dans l'eau.
118	A-S. Ben, dans l'océan, justement, mais où?
119	P. Ils étaient dans l'océan.
120	A-S. Comment c'est arrivé sur un mont sur la terre?
121	P. Comment c'est arrivé....?
122	A-S. Sur la surface...
123	P. Sur un continent?
124	A-S. Oui voilà.
125	P. Ah! Ça c'est une bonne question parce que la photo vous montre quelque chose qui est émergé. Donc, on va être friand d'informations pour nous dire : mais comment, comment quelque chose, avec ton histoire, on voit quelque chose se mettre en place dans l'eau, comment ça s'est retrouvé là?
126	A. Ben, c'est pareil.
127	P. Pardon?

128	A. Moi, je vois ça comme pareil, que ça soit dans l'eau ou à la surface, le magma il remonte, il émerge, et il se refroidit plus ou moins vite.
129	P. Donc, tu penses que ce qui s'est fait là s'est fait dans l'eau ou dans l'air?
130	A. Ben, n'importe où! Ben, pour moi, c'est la même chose.
131	P. Ça a pu se faire dans l'eau comme dans l'air. Et alors, en définitive, est-ce que tu trouves que là, la question d'Anne-Sophie a du sens? Est-ce que... Et qu'est-ce que tu lui répondrait si jamais... Pourquoi t'as fait comme ça, pourquoi t'as pas pens..., t'as pas parlé de, de ce qu'elle te demande?
132	A. Ben, pour moi, c'était pareil, donc c'est pour ça que j'avais pas précisé le lieu, quoi. Et autrement, c'est pareil... Ben moi, j'aurais suivi la même démarche, que ça soit dans l'eau ou à la surface.
133	P. Tu aurais suivi la même démarche que ce soit dans l'eau ou à la surface. D'accord. Bon, on va écouter Romain parce que peut-être qu'en écoutant Romain on aura des (<i>toux du professeur</i>) on aura un autre point de vue. Merci Aline. Romain! Alors attends, je, j'oriente mon truc autrement parce que, déjà que j'ai du mal à vous réentendre quand je... On t'écoute.
134	R. Donc, dans la première partie, on va parler de la formation des laves en coussins avec une première sous-partie qui est leur composition, donc elles sont faites de basaltes, de gabbros et de serpentines. Puis une autre sous-partie, le lieu de leur formation, donc, dans les océans, au niveau d'une dorsale, puisqu'il y a des laves en coussins. Et, dans la deuxième partie, on va voir comment les laves en coussins se sont retrouvées dans un massif, donc qu'elles sont émergées, et donc le phénomène qui les a amenées en dehors de l'océan et en combien de temps ça s'est fait.
135	P. D'accord, alors tu vas peut-être nous, on a bien compris ton, ton exposé, et c'est vrai que on va avoir des éléments de réponse à ce que tu as dit Anne-Soph..., à ta question Anne-Sophie. Alors, est-ce que tu peux nous rebalayer ça? Je demandais un plan détaillé, hein? En nous donnant des informations, tu vois, et en complétant, c'est exactement ce qui nous manquait.
136	R. Donc je rentre plus en détails?
137	P. Tu, voilà, tu rentres plus en détails, et puis, tu notes quelques bricoles, tu vois, au tableau. Virginie prend les... des notes donc c'est bon, hein, elle..., tout sera..., et tu peux nous dire plus de choses que tu n'en écris, hein?
138	R. Oui. (<i>R. écrit au tableau</i>) Donc le lieu de leur formation, ben c'est un océan puisque, comme on avait vu dans le.. dans le film, c'est au niveau d'une dorsale que les laves en coussins se forment.
139	P. Donc c'est : océan, et puis précisément alors...?
140	R. Une dorsale.
141	P. ... une dorsale, ben tu peux mettre : océan-dorsale. D'accord (<i>R écrit au tableau</i>).
142	R. Et, dans la sous-partie : "quel phénomène les a amenées jusque là?", c'est, euh, les mouvements de convergence parce que...
143	P. Explique-nous un peu plus.
144	R. Parce que, c'est parti dans l'océan donc pour que ça aille jusque là, c'est les plaques qui sont, qui sont amenées, comme on avait vu dans le cours avec la... les documents.
145	P. Lesquels documents?
146	R. Les documents où on voit des ophiolites qui sont coincées entre, euh, entre deux masses continentales.

147	P. Ah oui. Et tu te réfères, alors soit plus précis, tu te réfères à quel cas que tu connais donc, soit... Puisque vous avez le droit de parler des connai... de faire revenir vos connaissances donc, c'est deux plaques qui se... qui se rencontrent; c'est ça?
148	R. Oui.
149	P. Mais, tu as, euh, comment sont ces plaques? Tu dis, euh, non, tu l'as dit d'ailleurs. Tu as dit que les ophiolites correspondaient...
150	R. A de... la croûte océanique.
151	P. A de la croûte océanique, qui est située où alors?
152	R. Entre deux... plaques continentales.
153	P. Entre deux...
154	R. Deux morceaux de croûte continentale
155	P. Entre deux morceaux de...?
156	R. ...Croûte continentale.
157	P. Croûte continentale. Donc tu es sur, sur une idée de collision?
158	R. Oui.
159	P. C'est ça. Ça te rappelle, tu, tu penses à quel exemple qu'on a étudié quand...?
160	R. L'Himalaya.
161	P. L'Himalaya. Ou encore même?
162	R. Les Alpes.
163	P. Les Alpes et là on se trouve où?
164	R. En France.
165	P. Ben oui et on le dit dans le, dans l'énoncé.
166	R. Dans les Alpes.
167	P. On est dans les Alpes, donc ça paraîtrait pas aberrant, hein? Euh, oui tu as dit ça. Alors tu as dit : "croûte océanique", euh, tout à l'heure, tu as dit : "dorsale", c'est un morceau de quoi, ça, qu'on retrouve là?
168	R. Ben de croûte océanique, c'est dû à la, au niveau d'une dorsale quand la lave remonte.
169	P. Oui, d'accord. Mais donc ce qu'on a là, ce serait une, une ancienne dorsale, un bout d'une ancienne dorsale?
170	R. Ben oui, un morceau.
171	P. Un morceau. Si tu te réfères au schéma d'un fond océanique, ça c'est plutôt au niveau d'une dorsale?
172	R. Ben c'est quand ça s'écarte, petit à petit..
173	P. Oui, et alors, ce qu'on a là, tu le..., ça viendrait d'où si tu fais un fond océanique. Tu peux nous faire un petit schéma d'un fond océanique, hein, rapidement, fais-le nous rapidement, voilà, oui, exactement, voilà, quelque chose comme ça avec le rift. Euh, ce qu'on a là, ça viendrait d'où alors?
174	R. Ben ça serait ce morceau là, petit à petit quand ça s'écarte et donc ça serait par là. Et petit à petit ça se décale, et donc après ça se retrouve coincé.
175	P. Donc tu peux faire, tu peux encadrer un petit peu là sur ton...faire ... pour dire au lecteur d'où ça, d'où ça vient par exemple.
176	R. Ben d'ici par exemple.
177	P. D'accord. Ça pourrait venir d'un petit peu plus loin?
178	R. Ben oui puisque petit à petit ça va se décaler.
179	P. D'accord. Ça pourrait venir d'une dorsale même?
180	R. Ben ça remonte, donc petit à petit ça va se décaler, donc la dorsale, en fait, ça continue de bouger à chaque fois.

181	P. D'accord. Voilà. Alors, euh, ensuite, tu nous as dit : "quel mécanisme les a amenées jusque là?". Donc ce serait, euh, ce serait quoi ce mécanisme donc?
182	R. Ben, les mouvements de convections, euh, de convergence.
183	P. Mouvements de convergence, oui. Et alors en... tu, tu notes aussi en combien de temps ça s'est fait (<i>R écrit au tableau</i>) ... Combien de temps ça s'est fait, qu'est-ce que tu mettrais dans cette partie?
184	R. Ben ça s'est pas fait en un jour! Ca a mis très longtemps, des milliards d'années.
185	P. Des...?
186	R. Des milliards d'années.
187	P. Peut-être des milliards d'années dis-tu, d'accord. Euh... Les autres, vous avez des questions à lui poser là? ... Oui? Virginie.
188	V. Ce que je comprends pas c'est que, il met : formation des laves en coussins et tout ça, et après il parle du basalte, du gabbro. Mais, quand on regarde le schéma, à droite et la conclusion, ça a rien à voir avec le gabbro et tout ça.
189	P. Quand on regarde le schéma, dis-tu Virginie, les laves en coussins n'ont rien à voir avec le gabbro, pourquoi? Est-ce que tu peux aller près de l'écran pour nous expliquer un peu ça? Parce que... Pourquoi ça n'a rien à voir là, avec ce que tu dis?
190	V. Non, non, mais j'ai pas envie d'y aller mais ça se voit!
191	P. Mais si, si oohh. Allez on va..., hein?
192	V. Ben, là y a les laves en coussins et puis là y a le gabbro et les serpentinites, c'est pas pareil. Et puis lui, il parle que de la lave en coussins, c'est ça que je comprends pas.
193	P. Il a parlé en haut de gabbro et de serpentinites.
194	V. Oui mais... Il met : "formation des laves en coussins" et après il met que les laves en coussins c'est fait de gabbro et de serpentinites.
195	P. Ah oui d'accord.
196	V. Serpen... je sais pas quoi.
197	P. Donc ça, ça te gêne parce que, qu'est-ce qui est la..., c'est quoi la constitution des laves en coussins?
198	V. Je sais pas moi.
199	S. C'est du basalte.
200	P. C'est du basalte dis-tu Stéphanie. Oui c'est du basalte, hein, les laves en coussins. Donc tu as mis gabbro et serpentinites, comment euh, comment tu les expliques? T'as mis : "Lieu de formation : océans". Est-ce que tu reviens au schéma classique qu'on avait vu dans les océans?
201	R. Oui.
202	P. Oui? Hein? Euh, de formation des gabbros,... de basaltes, gabbros et serpentinites? Oui? Tu reviens à ça. D'accord. Euh, si... s'il met que les laves en coussins sont seulement des basaltes, est-ce que ça te convient?
203	V. Non parce que...
204	P. Vas-y, tu peux y retourner.
205	V. Le truc c'est qu'il faut expliquer l'histoire des ophiolites....
206	P. Oui.
207	V. ...Et lui dans son premier titre il met : "Formation des laves en coussins", et après : "Comment les laves en coussins se sont retrouvées..."
208	P. Oui.
209	V. ...et ça voudrait dire que, que les ophiolites, c'est de la lave en coussins.

210	P. Que les ophiolites c'est seulement de la lave en coussins. Comment t'aménagerais ça, alors, si tu mets une couleur différente? Comment t'aménagerais ça pour que ce soit moins restrictif?
211	V. Ben, je sais pas justement mais...
212	P. Ah ben faut, faut... c'est bien de, de voir des choses mais faut peut-être aussi... Comment t'aménagerais ça pour, pour pas tout démolir mais pour aména...pour...
213	E. Que ça soit mieux.
214	V. Ben moi, je mettrais : "Formation des ophiolites" là.
215	P. Oui, barre et mets : ophiolites. Voilà ou sim... Voilà : ophiolites.(V écrit au tableau)
216	V. Et puis là je mettrais leur composition... Ben ça, ça en fait c'est égal aux laves en coussins, quoi, c'est la même chose.
217	P. Ce sont que...Les laves en coussins ne sont faites que de basaltes. Les.. hein?
218	V. Les basaltes, voilà, c'est ça.
219	P. Oui, et puis?
220	V. Et puis, ben après on met : "Comment les ophiolites...."
221	E. Je te parle plus jamais. (<i>tout bas</i>)
222	P. "Comment les ophiolites se sont retrouvées euh..." Qu'est-ce que t'en penses Romain de ça?
223	R. C'est mieux.
224	P. Ça colle mieux au sujet, hein, ça s'est vrai, hein? Pensez-y, vous voyez qu'en relecture, hein, euh, quand on reprend la consigne, c'est quand même l'histoire des ophiolites. Or on a l'impression que Romain, rien qu'avec ses titres, c'est pas forcément vrai dans le détail, mais Romain on a l'impression que il ne parle que des laves en coussins, or les laves en coussins, ça va, c'est seulement la partie basalte, hein, donc, c'est trop haut. Il pourrait être pénalisé à cause de ça, hein. Voyez-vous d'autres choses à dire là-dessus?... Si on compare les deux réponses, si on compare les deux réponses. Aline nous l'a bien dit, elle a été sensible à l'origine des roches et à leur disposition. C'est ça, hein? Et toi, tu as été sensible à quoi?
225	R. Ben, à l'histoire en fait, comment c'est arrivé jusque là...
226	P. Alors l'histoire...
227	R. Et leur formation.
228	P. Pardon?
229	R. Où elles se sont formées.
230	P. Où elles se sont formées donc? Ah oui d'accord. Tu es plutôt toi sur une logique de "où?".
231	R. Oui.
232	P. Où elles se sont formées et...
233	R. Comment elles sont arrivées là.
234	P. Comment elles sont arrivées là. Tu es plutôt sur une logique de localisation dans l'espace.
235	R. Oui.
236	P. Alors que Aline est peut-être, euh ben est-ce qu'elle est pas aussi sur une origine? T'es aussi sur de la localisation, non?
237	A. Oui mais moins. Moi je me suis arrêtée à la formation des roches et lui il a été plus loin, il a étudié le phénomène qui les a amenées jusque là.
238	P. Jusque là. Mais toi tu nous l'as dit aussi quel phénomène les a amenées jusque là quand Anne-Sophie t'a un petit peu...
239	A. Oui.

240	P. Toi tu as pensé à quoi? Par rapport à ce que, à ce qu'a dit Romain? Est-ce que tu as pensé à ça?
241	A. Non.
242	P. Et tu as pensé... Alors toi justement comment était ta réponse par rapport à celle de Romain?
243	A. Différente.
244	P. Oui, non mais évidemment qu'elle était différente, mais pourquoi elle était différente?
245	A. Ben, je sais pas...
246	P. Moi j'ai eu l'impression que tu pouvais les fabriquer "in situ"...
247	A. Oui.
248	P. ... là où elles sont les roches, non? Puisque tu nous as dit que ça pouvait se faire dans l'eau, au début, puis après bon, quand Anne-Sophie t'a, t'a demandé, tu as dit : "Ah mais, euh,... c'est pareil, euh, c'est pareil dans l'air.", non?
249	A. Oui.
249'	P. Y a pas ça? Donc, vous voyez qu'il y a quand même une différence entre les deux réponses, c'est que l'une, dans l'une, euh, ça ne bouge pas en quelque sorte : ça se fait et ça reste au même endroit. Alors que dans l'autre, ça se fait quelque part et ça se retrouve dans un autre endroit. Vous êtes d'accord avec ça? Alors, euh, à choisir, est-ce que nous, nous saurions choisir là, et, euh, ou bien faut-il envisager une troisième solution? Là peut-être que je vais demander à tous les binômes de s'exprimer. Euh Stéphanie et Amélie? Vous adhérez plutôt au modèle d'Aline ou au modèle de Romain?
250	S&Am. Au modèle de Romain.
251	P. Pourquoi? Donnez une raison.
252	S&Am. Ben, parce que il parle bien de l'histoire, il parle de leur formation, et puis, euh, comment elles peuvent, les ophiolites sont arrivées là. Ben, Aline elle parle pas du tout des ophiolites, elle parle plus de la composition en fait.
253	P. Elle parle, tu dis que Aline parle plus de la composition et moins de quoi alors?
254	S&Am. Ben de... Ben de leur histoire, comment elles sont arrivées sur le continent et leur formation.
255	P. D'accord, hein. Aline, enfin Romain, Aline ne parle pas trop de comment elles sont arrivées là, sauf si on admet, comme elle l'a dit, que elles ont pu se former là donc elles ont pas besoin d'arriver là. hein? Mais vous êtes plutôt pour l'histoire de Romain. Donia, Anne-Sophie?
256	Do&A-S. Celui de Romain
257	P. Donia?
258	Do. Moi, je sais pas.
259	P. Qu'est-ce qui te gê... tu... ton idée elle va plutôt vers le modèle d'Aline ou vers le modèle de Romain?
260	Do. Plutôt vers le modèle de Romain.
261	P. Et qu'est-ce qui te séduit dans le, la réponse de Romain?
262	Do. Ben c'est la XXX qui mène XXX jusque là.
263	P. D'accord. Angélique?
264	Ag. Je suis avec Aline.
265	P. Tu es avec Aline mais tu peux changer d'avis depuis, hein? Y a pas de problème.
266	A. Non mais en fait je trouve que c'est complémentaire parce qu'on a pas développé le même sujet.

267	P. Aline, tu dis que c'est complémentaire, vous n'avez pas développé le même sujet. Explique.
268	A. Moi, je mettrais le mien. Et après, après je mettrais le deuxièmement de Romain
269	P. D'accord. Et toi Angélique? Ça t'irait, t'arrive pas à démolir complètement ta réponse? Et tu lui vois un manque. Oui? Non? ... Même pas. Non? Elle te... oui?
270	Ag. Un petit peu quand même.
271	P. Un petit peu quand même. Thiphaine, Valérie?
272	Ty&V. Celui de Romain.
273	P. Romain. Les filles devant, là?
274	Filles. Celui de Romain.
275	P. Celui de Romain. Les garçons?
276	Damien. Ben Romain!
277	P. Oui, mais euh, pourquoi?
278	D. C'est plus détaillé!
279	P. Ah oui mais Aline aussi a détaillé. Une raison, une raison forte qui vous fait adhérer à celui de Romain en dehors que c'est votre copain
280	D. C'est pas notre copain.... Ben pour moi, c'est... plus détaillé.
281	P. C'est?
282	D. C'est plus détaillé, je comprends, c'est..., je comprends mieux, quoi.
283	P. Oui mais c'est plus détaillé, euh..., on peut faire du hors-sujet et bien détailler, si tu veux.
284	D. C'est pas du hors sujet.
285	P. Non c'est pas... alors qu'est-ce qui te plaît bien là-dedans? ... Allez!.... Je le fais exprès pour vous faire tous parler mais... j'ai du mal, hein? Jérémie?
286	J. C'est celui de Romain.
287	P. C'est celui de Romain, Virginie euh, ... Aïda? Oui Virginie, voilà.
288	V. En fait, moi j'aime bien Aline pour... Je mettrais celui d'Aline XXX et après celui de ... On pourrait faire un petit mélange.
289	P. D'accord, donc t'es très consensuelle aujourd'hui : un petit peu de l'un et un petit peu de l'autre, hein? Tu es pour la paix là des, des binômes, hein. Parfait Virginie. Et toi Aïda?
290	Aï. Celui d'Aline.
291	P. Tu es plus pour celui d'Aline? Pourquoi? Donne nous une bonne raison.
292	Aï. Je sais pas du tout.
293	P. Pardon? T'as pas... T'arrive pas à en trouver une, t'es comme les garçons là, t'arrives pas à...
294	Aï. Ben, je sais pas. Je le préfère.
295	P. Tu le préfères, bon. Dites donc, euh, on peut peut-être, je vais, je vais quand même vous poser une petite question. Tu peux aller à ta place Romain, merci beaucoup. Euh, je vais vous poser une petite question par rapport à tout ça. Quand vous regardez les documents, parce que une des règles du jeu là-dessus, c'est de regarder les documents, hein. Alors, document 1, il va falloir forcément l'utiliser. Qu'est-ce qu'on, qu'est-ce qu'on va lui faire dire au document 1, en quoi est-il intéressant? Qu'est-ce qu'il nous montre ce document 1? Donia?
296	Do. Des laves en coussins en surface.

297	P. Voilà, des laves en coussins émergées, vous pouvez la noter en dessous, c'est quand même la grande particularité de ce document là, laves en coussins émergées. Annote le document directement peut-être, Barbara. Y a-t-il d'autres choses qui méritent d'être, d'être relevées sur ce document 1? Y a-t-il d'autres choses qui méritent d'être relevées?
298	E. Le lieu.
299	P. Alors le lieu, oui peut-être, c'est au sein des Alpes, c'est vrai que c'est une des données du texte. Exact. Le lieu : ce massif du Chenaillet se trouve au sein des Alpes, au sein d'une chaîne de montagnes qu'on appelle Les Alpes. Important, hein, tout ça, important. Parce qu'en fait nous sommes des enquêteurs : nous essayons, à partir de quelques témoignages que nous offre le terrain, c'est ça la géologie, à partir de témoignages que nous prenons sur le terrain, fragmentaires, ces témoignages, nous essayons de reconstituer une histoire qui s'est passée il y a très longtemps, hein. Donc là, deux indices déjà : laves en coussins émergées au sein des Alpes. Alors vous allez me dire : "je le vois pas là-dessus" mais on me dit quand même : dans certaines parties des Alpes, hein, comme le Massif du Chenaillet. Donc là, y a pas de problèmes. Y a-t-il d'autres choses que vous, que vous relèveriez sur ce document? Passons peut-être de l'autre côté, hein? Si les idées ne viennent pas là, on passe de l'autre côté. Qu'est-ce qui nous sou..., qu'est-ce qu'on..., quels indices prenons nous là? Hein? Pour... Qui nous serviront dans l'histoire?
300	V. La composition.
301	P. Alors, tu dis Virginie : la composition. C'est quoi la composition ici?
302	V. Ben, gabbro, serpentinites et basalte.
303	P. Voilà, il y a du basalte, euh, gabbro... donc c'est l'association de trois sortes de roches, c'est ça? Ben, vous le notez donc : association de trois sortes de roches : basalte, gabbro et serpentinites. Voyez-vous d'autres indices qui pourraient nous servir à reconstituer l'histoire et que nous pourrions prendre là? C'est Eve qui parle? Précise.
304	Ev. Ben, les laves en coussins sont en haut et après y-a le gabbro et après la serpentinite.
305	P. Donc tu te situes en surface, hein, c'est ça, non? Donc, quand je suis au sommet, je trouve du basalte, sur les pentes je trouve du gabbro, et en bas je trouve de la serpentinite. Disposition dans le relief, c'est ça hein, euh, Eve, quand tu dis "en haut"? hein. Disposition dans le relief : en haut, je trouve du basalte, sur les pentes je trouve du gabbro, et en bas, dans les, dans les vallées, je trouve de la serpentinite. C'est valable des deux côtés? C'est valable partout ça?
306	V. Oui... Enfin, à droite y-a un petit mélange.
307	P. Ça marche partout?
308	V. A droite, y a un petit mélange mais c'est XXX.
309	P. Il y a un petit mélange de quoi, là?
310	V. Ben, de gabbro et de serpentinites.
311	P. On vous le dit que c'est un mélange?
312	V. Ben ça se voit par les schémas!
313	P. Par les schémas tu as l'impression que à droite, dans la vallée de droite, on a un mélange des deux?
314	V. Ben, y a des petits traits et puis des trucs.
315	P. D'accord, il y a des petits traits comme à gauche, et les petits traits là, sont dans le massif de gabbro, hein, on en retrouve, c'est vrai, et puis, tu trou..., y a les petits, les petits "S" qui correspondent à la serpentinite, hein. Ça vous, c'est pas gênant ça? Non. Voyez-vous d'autres choses que nous pourrions prendre là-dessus? Comme indices?

316	V. La largeur.
317	P. Virginie?
318	V. Les kilomètres.
319	P. Là? Ah, l'échelle, tu dis. La largeur de kilomètres, c'est l'échelle. Et alors, qu'est-ce que ça te donne comme indications ça? <i>Silence</i> C'est vrai que ça pourrait nous être utile, mais à quoi? <i>Silence</i> Voyez-vous d'autres indices qui pourraient nous servir dans l'histoire, hein? Non? <i>Silence</i> Vous voyez, c'est une coupe ça? Vous voyez la disposition de ces, de ces roches? Cette fois-ci, je , je vais plus loin que la surface, Eve tu disais, hein, on a dit : "en haut, là et là". Si je m'enfonce, comment sont les roches les unes par rapport aux autres? Qu'est-ce que vous en pensez de ça? <i>Silence</i> Y a pas des choses qu'on voit là sur leur disposition mais cette fois-ci, quand on s'enfonce. On vous a mis, hein, que c'était une coupe? Donc on s'enfonce dans la terre, hein? Comment sont, comment sont disposées ces roches? <i>Silence</i> Vous sauriez le décrire en termes simples ça? Virginie? Ou d'autres, Valérie, comment sont-elles disposées? Jérémie.
320	J. En couches parallèles
321	P. Tu dis : des couches parallèles entre elles. Alors on aurait quoi de la gauche vers la droite? <i>Silence</i> Serpentine, gabbro, laves en coussins, euh, serpentines, peut-être des petites choses qu'on retrouve dans les gabbros, laves en coussins encore. Ça vous paraît normal ça? Ça vous va? C'est un indice qui pourrait être exploité, ou pas? <i>Silence</i> Qu'est-ce qu'on connaît, nous? Est-ce que, est-ce qu'on connaît une sup... y a une superposition, vous êtes d'accord avec ça? Hein? Il y a une superposition parce que je peux dire que y a des couches qui sont sur d'autres couches, par exemple, quelle est la..., cette couche-là, comment vous, qu'est-ce que vous diriez d'elle? Elle est sur quelle couche? Eve? Sur quoi?
322	Ev. Sur celle-là.
323	P. Sur celle-là. Et elle est au, et elle est au-dessous de?
324	Ev. Des laves en coussins.
325	P. Des laves en coussins. D'accord. Bon, si je prends maintenant, euh, cette couche là. Elle est au-dessus de celle-là, et elle est au-dessous de laquelle? Est-ce qu'elle est au-dessous d'une?
326	E. Non.
327	P. Non? <i>Silence</i> Non, vous avez l'impression, Anne-Sophie, t'as pas l'impression qu'elle est sous une autre?
328	A.S. Non.
329	P. Non. Alors, je prends maintenant cette couche là. Donc, les laves en coussins qui forment le Chenaillet, selon vous ne seraient pas sous une autre couche mais seraient seulement sur les gabbros? Si je prends maintenant cette couche là, entre guillemets, couche. Comment je la situe par rapport à ses voisines? <i>Silence</i> Comment je la situe? Stéphanie? <i>Silence</i> T'as du mal ou bien tu nous proposerais bien quelque chose?
330	St. XXX.
331	P. Qu'est-ce qui te gêne là-dedans?
332	St. Ben, je comprends pas comment elles sont disposées en couches.
333	P. Tu comprends pas comment elles sont disposées en couches. Qu'est-ce qui te gêne dans leur disposition? Qu'est-ce qui te gêne dans leur disposition?
334	St. Je sais pas, c'est la coupe là, je sais pas, je comprends pas.

335	P. Tu comprends pas...? C'est la coupe, c'est vrai, hein, on s'enfonce. Tu comprends pas...? Quoi? Leur disposition? Qu'est-ce qui te paraît aberrant là-dessus? <i>Silence</i> Les autres, y a-t-il des choses qui vous paraissent aberrantes sur cette...? On avait déjà vu des coupes, nous, parce que quand on a coupé au niveau de la dorsale, et Romain nous a parlé de la dorsale. On avait bien vu, on avait bien vu des niveaux qui étaient les uns sur les autres, qu'est-ce qu'on avait? Vers le haut, qu'est-ce qu'on avait?
336	E. Basalte.
337	P. Basalte. En dessous...
338	E. Gabbro.
339	P. Gabbro. En dessous...
340	E. Péridotites.
341	P. Péridotites, bon. Là on a bien l'impression, vous l'avez tous dit qu'on a affaire à quelque chose, hein, à une association de roches qui provient de la solidification plus ou moins lente d'un même magma. Qu'est-ce qui, qu'est-ce qui est différent de ce qu'on connaît là, Virginie?
342	V. Nous, ce qu'on a vue, c'était les uns par dessus les autres. Tandis que là, c'est... à côté en fait.
343	P. Oui. Tu dis : on avait vu les uns par dessus les autres alors que là c'est les uns...
344	V. A côté des autres.
345	P. Pardon?
346	V. A côté des autres.
347	P. Les uns à côté des autres. Absolument. Et euh, et euh, si on avait que ça? Tout à l'heure ça, vous n'avez eu aucun problème à regarder ça? Là où ça a commencé à vous poser des problèmes, c'est quand je vous ai demandé de me parler de trois, comment elles se situaient par rapport aux autres. <i>Silence</i> Ce qui semble gênant, c'est que on retrouve cette succession, vous la, vous la trouvez normale apparemment, hein, on la retrouve? Alors, comme le dit Virginie, on n'a pas une superposition les unes, les unes par dessus les autres, mais on a une superposition les unes un peu à côté des autres. C'est ça? Mais là! Bizarre ça? Si on se réfère à l'histoire, même aux histoires qui ont été envisagées, qu'est-ce qui pourrait peut-être nous débloquent? Les connaissances, on a dit que vous pouviez, qu'on pouvait se baser sur les connaissances et puis on peut se baser aussi sur ce qu'est là. Qu'est-ce qui pourrait nous débloquent? Ben, regardez, le deuxième point de Romain : "Comment les ophiolites se sont retrouvées dans le massif du Chenaillet?" Y a déjà à expliquer l'émersion, hein, ça s'est formé dans l'eau, ça se retrouve à l'air, hein? Et puis, qu'est-ce qu'il va falloir expliquer que vous n'aviez pas envisagé? C'est cette disposition, entre guillemets, des couches de roches qui n'est pas une superposition. Eh ben alors, comment pourrait-on l'expliquer? N'avons-nous pas des, des éléments d'histoire qui pourraient nous permettre d'expliquer ça? Qu'est-ce qu'il nous a dit Romain? Il a fait référence dans son deuxième point à des mouvements de convergence, et il nous a dit que ce, cette croûte océanique se retrouvait coincée entre deux croûtes continentales. Il a fait référence à l'Inde, hein? Coincée entre deux masses continentales... ben, qu'est-ce que ça peut donner quand vous avez un bout de croûte qui est coincé entre deux masses continentales qui poussent?
348	E. Un plissement.
349	P. Pardon?
350	E. Un plissement de la croûte océanique.

351	P. Ça peut amener du plissement de la croûte océanique, ça peut apporter aussi des fractures de la croûte océanique, hein? Ça peut plisser, ça peut casser. Ça peut aussi se superposer, y-a des lambeaux qui peuvent glisser et se superposer sur d'autres. Est-ce que ça irait avec ce que nous obtenons? Est-ce que, est-ce que ça ne pourrait pas aller avec cette disposition un peu bizarroïde? Ben oui, hein. Donc si nous revenons à l'histoire qui est là-bas, nous pouvons expliquer ça aussi.
352	SONNERIE
353	P. Vous me redonnerez vos feuilles s'il vous plaît et nous en reparlerons la prochaine fois, nous terminerons la prochaine fois. Il y avait absence, dans tous vos modèles, vous voyez, d'une prise en considération de cette disposition presque verticale, hein, des, des couches, entre guillemets, de roches. C'est pour ça que j'ai voulu qu'on travaille un petit peu là-dessus.

127
ANNEXE 14

NOM: Prénom: *Joseph* Classe: T5 S Mardi 30 mars 1999

Remarque avant de commencer:
Les ratures sont autorisées mais pas l'emploi d'un effaceur ou du blanc.

Q1. Racontez comment, selon vous, les animaux et les végétaux sont apparus sur la Terre?
Création de Dieu

Q2. Comment expliquez-vous qu'il y ait des êtres vivants sur la Terre et pas sur les autres planètes du système solaire?
Justifiez votre réponse.

*Sur terre la Température est supportable pour notre corps, il y a de l'oxygène, il y a peu de CO2...
Alors que sur les autres planètes, ces conditions ne sont pas réunies, soit il y a pas de gravité,
ou il n'y a pas d'oxygène, ou la Température est trop élevée ou trop faible pour notre corps.
Planètes à état gazeux ou liquide... tout ceci nous empêche de vivre sur une autre planète.*

Q3. Le tableau suivant présente une liste de propositions.

A l'aide d'une croix mise dans la colonne appropriée, dites si vous êtes d'accord, pas d'accord ou en partie d'accord avec chaque proposition.
Justifiez en une ou deux phrases votre réponse.

	d'accord	pas d'accord	en partie d'accord	Justification de la réponse
1. Les différentes espèces d'êtres vivants sont apparues en même temps sur la Terre.		X		<i>Certaines sont apparues par l'intermédiaire d'autres espèces...</i>
2. Tous les êtres vivants peuvent apparaître directement à partir de matière humide (boue, terre décomposée, fumier par exemple).		X		<i>Non car autrement de nouveaux êtres apparaîtraient dans la boue, dans l'eau...</i>
3. Les êtres vivants simples (par exemple les microbes) peuvent apparaître directement à partir de matière humide (boue, terre décomposée, fumier par exemple).	X			<i>L'eau peut donner naissance à des microbes.</i>
4. Le premier être vivant de la Terre s'est formé à partir de molécules chimiques contenues dans l'océan.		X		<i>C'est Dieu qui l'a créé.</i>
5. Des météorites (pierres qui tombent du ciel) ont apporté sur la Terre les premiers êtres vivants.		X		<i>Car Non prouvés</i>

NOM:

Prénom: Célio

Classe: T5 S

Mardi 30 mars 1999

Remarque avant de commencer:

Les ratures sont autorisées mais pas l'emploi d'un effaceur ou du blanc.

Q1. Racontez comment, selon vous, les animaux et les végétaux sont apparus sur la Terre?

L'origine de l'eau à l'état liquide et la chaleur ont permis la naissance de bactéries primitives qui à force de mutation se sont transformées en animaux (d'abord dans l'eau) puis en végétaux.

Q2. Comment expliquez-vous qu'il y ait des êtres vivants sur la Terre et pas sur les autres planètes du système solaire? Justifiez votre réponse.

- il y a pas d'eau liquide sur les autres planètes => trop chaud ou trop froid
- il y a pas d'atmosphère ou pas assez épaisse sur les autres planètes
- la Terre n'est pas une planète gazeuse.

Q3. Le tableau suivant présente une liste de propositions.

A l'aide d'une croix mise dans la colonne appropriée, dites si vous êtes d'accord, pas d'accord ou en partie d'accord avec chaque proposition. Justifiez en une ou deux phrases votre réponse.

	d'accord	pas d'accord	en partie d'accord	Justification de la réponse
1. Les différentes espèces d'êtres vivants sont apparues en même temps sur la Terre.		X		car ce sont les mutations qui ont créé les différentes espèces.
2. Tous les êtres vivants peuvent apparaître directement à partir de matière humide (boue, terre décomposée, fumier par exemple).			X	les matières humides sont une condition nécessaire mais pas suffisante.
3. Les êtres vivants simples (par exemple les microbes) peuvent apparaître directement à partir de matière humide (boue, terre décomposée, fumier par exemple).	X			ex: les bactéries, les moisissures
4. Le premier être vivant de la Terre s'est formé à partir de molécules chimiques contenues dans l'océan.	X			c'est ce que j'ai appris.
5. Des météorites (pierres qui tombent du ciel) ont apporté sur la Terre les premiers êtres vivants.		X		les météorites n'ont jamais apportés de vie, la vie n'est pas possible dans l'espace.

NOM:

Prénom: Aurélie Classe: T5 S

Mardi 30 mars 1999

Remarque avant de commencer:

Les ratures sont autorisées mais pas l'emploi d'un effaceur ou du blanco.

Q1. Racontez comment, selon vous, les animaux et les végétaux sont apparus sur la Terre?

Au début un assemblage de molécule formant un être vivant (aquatique) qui par la suite aurait évolué et donc se serait transformer en être de plus en plus complexe.

Les êtres aquatiques se seraient mis à ramper sur la terre ferme puis auraient encore évolués.

Tout cela en se différenciant les uns des autres de par leur transformation.

Q2. Comment expliquez-vous qu'il y ait des êtres vivants sur la Terre et pas sur les autres planètes du système solaire?

Justifiez votre réponse.

La terre est un lieu propice pour les êtres vivants car

- il y a présence d'eau sous différentes formes (liquide, gazeux et solide)
- la température est idéale (0° et 50°)
- la présence d'air (oxygène et CO₂) pour pouvoir respirer.

Q3. Le tableau suivant présente une liste de propositions.

A l'aide d'une croix mise dans la colonne appropriée, dites si vous êtes d'accord, pas d'accord ou en partie d'accord avec chaque proposition. Justifiez en une ou deux phrases votre réponse.

	d'accord	pas d'accord	en partie d'accord	Justification de la réponse
1. Les différentes espèces d'êtres vivants sont apparues en même temps sur la Terre.		X		Ils st apparues différemment selon les espèces. ex: L'homme vient des primates du primate avant l'homme ...
2. Tous les êtres vivants peuvent apparaître directement à partir de matière humide (boue, terre décomposée, fumier par exemple).		X		Je ne pense pas que les êtres complexes viennent directement de la mat: r humide mais plutôt d'autre être plus simple y provenant peut-être
3. Les êtres vivants simples (par exemple les microbes) peuvent apparaître directement à partir de matière humide (boue, terre décomposée, fumier par exemple).	X			Ils st présents dans cette matière humide de sont peut être apparu là.
4. Le premier être vivant de la Terre s'est formé à partir de molécules chimiques contenues dans l'océan.	X	X		les premiers êtres vivants st apparu ds l'océan donc peut être formé à partir de molécules chimiques ...
5. Des météorites (pierres qui tombent du ciel) ont apporté sur la Terre les premiers êtres vivants.		X		des météorites tombent à une t: vitesse et entre ds l'atmosphère en brûlant de impossible. (Ou peut être pour les microE)

NOM:

Prénom: *Nathalie*

Classe: T5 S

Mardi 30 mars 1999

Remarque avant de commencer:

Les ratures sont autorisées mais pas l'emploi d'un effaceur ou du blanc.

Q1. Racontez comment, selon vous, les animaux et les végétaux sont apparus sur la Terre?

*il y a d'abord eut des bactéries une cellule aquatique qui ont évoluées et ce sont différentes.
Les êtres vivants se sont adaptés à leur milieu,*

Q2. Comment expliquez-vous qu'il y ait des êtres vivants sur la Terre et pas sur les autres planètes du système solaire? Justifiez votre réponse.

*à cause ou grâce à la présence ou non d'une atmosphère et de sa composition, l'atmosphère terrestre est riche en O₂, il y a aussi sur terre de l'eau en grande quantité $\frac{1}{3}$ de la surface.
Il y a aussi la température qui intervient, elle dépend de ^{la composition de} l'atmosphère mais aussi de la distance avec le soleil _{↳ couche d'ozone}*

Q3. Le tableau suivant présente une liste de propositions.

A l'aide d'une croix mise dans la colonne appropriée, dites si vous êtes d'accord, pas d'accord ou en partie d'accord avec chaque proposition. Justifiez en une ou deux phrases votre réponse.

	d'accord	pas d'accord	en partie d'accord	Justification de la réponse
1. Les différentes espèces d'êtres vivants sont apparues en même temps sur la Terre.		X		<i>diversaire / être humain (et autres animaux) par exemple.</i>
2. Tous les êtres vivants peuvent apparaître directement à partir de matière humide (boue, terre décomposée, fumier par exemple).		X		<i>les garçons naissent de les choux?</i>
3. Les êtres vivants simples (par exemple les microbes) peuvent apparaître directement à partir de matière humide (boue, terre décomposée, fumier par exemple).			X	
4. Le premier être vivant de la Terre s'est formé à partir de molécules chimiques contenues dans l'océan.	X			
5. Des météorites (pierres qui tombent du ciel) ont apporté sur la Terre les premiers êtres vivants.	?	?	?	

NOM:

Prénom: *Elia*

Classe: 2c7

Samedi 12 septembre 1998

Remarque avant de commencer:

Les ratures sont autorisées mais pas l'emploi d'un effaceur ou du blanc.

Q1. Racontez comment, selon vous, les animaux et les végétaux sont apparus sur la Terre?

Je pense que les animaux et les végétaux sont apparus sur Terre grâce à l'eau. Car l'eau est source de vie. Les tout premiers être vivants ~~étaient~~ ~~(étaient être)~~ étaient des animaux aquatiques. Au fil du temps et de leur évolution, ils se sont peu à peu installés sur la terre ferme.

Q2. Comment expliquez-vous qu'il y ait des êtres vivants sur la Terre et pas sur les autres planètes du système solaire? Justifiez votre réponse.

Notre Terre est composée de une couche d'ozone qui nous protège des rayons du soleil trop dangereux. Notre air est composé d'oxygène ce qui nous permet de respirer. Enfin, l'eau et ses minéraux dont elle est composée nous fait vivre. Seul la planète Terre est composée de ses 3 éléments dans notre système solaire et je pense que c'est pour cela qu'il n'y a pas d'autres vivants sur les autres planètes.

Q3. Le tableau suivant présente une liste de propositions.

A l'aide d'une croix mise dans la colonne appropriée, dites si vous êtes d'accord, pas d'accord ou en partie d'accord avec chaque proposition. Justifiez en une ou deux phrases votre réponse.

	d'accord	pas d'accord	en partie d'accord	Justification de la réponse
1. Les différentes espèces d'êtres vivants sont apparues en même temps sur la Terre.		X		<i>des différentes espèces d'êtres vivants sont chacune en une évolution différente. ex: des espèces aquatiques étaient les 1^{ers} être vivants sur terre.</i>
2. Tous les êtres vivants peuvent apparaître directement à partir de matière humide (boue, terre décomposée, fumier par exemple).		X		<i>je pense que les êtres vivants sont fait différemment que d'autre, et que de la simple boue ne peut faire apparaître tous les êtres vivants.</i>
3. Les êtres vivants simples (par exemple les microbes) peuvent apparaître directement à partir de matière humide (boue, terre décomposée, fumier par exemple).	X			<i>je suis d'accord car je pense que les êtres vivants simple, d'après leur nom, non besoin que de peu de choses.</i>
4. Le premier être vivant de la Terre s'est formé à partir de molécules chimiques contenues dans l'océan.	X			<i>je suis d'accord car je pense que les premiers être vivants étaient aquatique donc il a surement dû se passer quelque chose pour former les être vivants.</i>
5. Des météorites (pierres qui tombent du ciel) ont apporté sur la Terre les premiers êtres vivants.		X		<i>Je pense pas je ne suis pas d'accord car quand qu'une chose rentre de notre atmosphère, il est chauffé à très haute température et les microbes ont surement dû être tué.</i>

Réponse 1 (Seconde, 1998/99, L'origine de la vie)

Réponse 1 (Seconde, 1998/99, L'origine de la vie)

NOM:

Prénom: Virginie Classe: 2e7

Samedi 12 septembre 1998

Remarque avant de commencer:

Les ratures sont autorisées mais pas l'emploi d'un effaceur ou du blanc.

Tout ce que je vais dire, ce sont : des suppositions.

Q1. Racontez comment, selon vous, les animaux et les végétaux sont apparus sur la Terre?

Comme la terre est composée essentiellement d'eau et de terre, à mon avis les végétaux sont apparus grâce à ce contact entre l'eau et la terre. Et au bout d'un moment il on grandit, grandit et puis des animaux marins sont apparus, puis des animaux terrestre qui se sont nourrit de ses grands végétaux.

Q2. Comment expliquez-vous qu'il y ait des êtres vivants sur la Terre et pas sur les autres planètes du système solaire? Justifiez votre réponse.

Les êtres vivants sont arriver sur terre car on dit que l'homme descend du singe et le singe est l'un des animaux apparus après les végétaux. Les êtres vivants vivent grâce à l'atmosphère et sur d'autre planète c'est ^{a cause} grâce d'autre chose que les êtres vivants, n'ont pas plus y vivent, exemple sur la planète Mars, qui n'a pas la même composition que nous.

Q3. Le tableau suivant présente une liste de propositions.

A l'aide d'une croix mise dans la colonne appropriée, dites si vous êtes d'accord, pas d'accord ou en partie d'accord avec chaque proposition. Justifiez en une ou deux phrases votre réponse.

	d'accord	pas d'accord	en partie d'accord	Justification de la réponse
① Les différentes espèces d'êtres vivants sont apparues en même temps sur la Terre.		X		A mon avis, les différentes espèces sont arriver petit à petit dans le monde.
② Tous les êtres vivants peuvent apparaître directement à partir de matière humide (boue, terre décomposée, fumier par exemple).			X	Cela dépend avant je pense que oui, tout au départ de la formation de la terre mais plus maintenant.
③ Les êtres vivants simples (par exemple les microbes) peuvent apparaître directement à partir de matière humide (boue, terre décomposée, fumier par exemple).	X			Oui, car s'il les êtres vivants pourrais venir de ses matière humide pourquoi pas les plus simple.
④ Le premier être vivant de la Terre s'est formé à partir de molécules chimiques contenues dans l'océan.	X			Oui, car au début la Terre était seulement constitué d'océan.
⑤ Des météorites (pierres qui tombent du ciel) ont apporté sur la Terre les premiers êtres vivants.		X		Non, je pense que les êtres vivants sont apparus grâce au contact entre l'eau et la terre.

Réponse 10 (Seconde, 1998/99, L'origine de la vie)

Réponse 10 (Seconde, 1998/99, L'origine de la vie)

133
ANNEXE 14

NOM:

Prénom: Julien

Classe: 2e7

Samedi 12 septembre 1998

Remarque avant de commencer:

Les ratures sont autorisées mais pas l'emploi d'un effaceur ou du blanc.

Q1. Racontez comment, selon vous, les animaux et les végétaux sont apparus sur la Terre?

Selon moi les animaux sont apparus sur terre à partir de
moisissures ^{de végétaux} qui se sont développées en bactéries puis en
animaux. Les végétaux sont apparus sur terre
grâce aux graines que transportaient les météorites qui
ont formé la terre

Q2. Comment expliquez-vous qu'il y ait des êtres vivants sur la Terre et pas sur les autres planètes du système solaire?

Justifiez votre réponse.

Il y a des êtres vivants sur la terre et pas sur les autres planètes
du système solaire car sur la terre, il y a de l'air qui est
la source de toute vie ^{puisque} sans elle on ne peut pas respirer
et tout être vivant mourrait

Q3. Le tableau suivant présente une liste de propositions.

A l'aide d'une croix mise dans la colonne appropriée, dites si vous êtes d'accord, pas d'accord ou en partie d'accord avec chaque proposition. Justifiez en une ou deux phrases votre réponse.

	d'accord	pas d'accord	en partie d'accord	Justification de la réponse
1. Les différentes espèces d'êtres vivants sont apparues en même temps sur la Terre.		X		Je ne suis pas d'accord car les végétaux sont apparus grâce aux météorites et les autres grâce à des matières humides et les autres grâce au développement de l'être vivant simple
2. Tous les êtres vivants peuvent apparaître directement à partir de matière humide (boue, terre décomposée, fumier par exemple).		X		Non, car un être complexe comme l'homme est apparu grâce au développement de l'être vivant simple et les végétaux grâce aux météorites
3. Les êtres vivants simples (par exemple les microbes) peuvent apparaître directement à partir de matière humide (boue, terre décomposée, fumier par exemple).	X			Oui
4. Le premier être vivant de la Terre s'est formé à partir de molécules chimiques contenues dans l'océan.			X	Je ne suis pas sûr que les premiers êtres vivants qui ont été formés à partir de molécules chimiques contenues dans l'océan
5. Des météorites (pierres qui tombent du ciel) ont apporté sur la Terre les premiers êtres vivants.	X			Oui, ils ont apporté des graines qui se sont développées une fois sur terre

NOM:

Prénom: MARINE Classe: 2e7

Samedi 12 septembre 1998

Remarque avant de commencer:

Les ratures sont autorisées mais pas l'emploi d'un effaceur ou du blanco.

Q1. Racontez comment, selon vous, les animaux et les végétaux sont apparus sur la Terre?

Ils sont arrivés il y a des milliards d'années. ce sont des molécules qui se sont formé ce qui les a créés petit à petit puis au fil des années il se sont multipliés par centaines ce qui a donné naissance aux végétaux et aux animaux
ou peut-être par le contact de l'eau et la terre.

Q2. Comment expliquez-vous qu'il y ait des êtres vivants sur la Terre et pas sur les autres planètes du système solaire? Justifiez votre réponse.

Notre terre est la première à s'être développée au fil des années les êtres vivants se sont reproduit ce qui a créé plusieurs générations.
Donc comme les autres planètes sont pas développées les êtres vivants ne s'y installent pas aussi facilement

Q3. Le tableau suivant présente une liste de propositions.

A l'aide d'une croix mise dans la colonne appropriée, dites si vous êtes d'accord, pas d'accord ou en partie d'accord avec chaque proposition. Justifiez en une ou deux phrases votre réponse.

	d'accord	pas d'accord	en partie d'accord	Justification de la réponse
1. Les différentes espèces d'êtres vivants sont apparus en même temps sur la Terre.	X			Tout c'est crée en même temps ce qui a crée plusieurs races
2. Tous les êtres vivants peuvent apparaître directement à partir de matière humide (boue, terre décomposée, fumier par exemple).		X		Si non ce ne serait pas des êtres vivants seules la boue étant liquide
3. Les êtres vivants simples (par exemple les microbes) peuvent apparaître directement à partir de matière humide (boue, terre décomposée, fumier par exemple).	X			Parce ce sont des être qui sont sales et qui risque de crée des maladies par exemple la boue.
4. Le premier être vivant de la Terre s'est formé à partir de molécules chimiques contenues dans l'océan.			X	Je ne peut pas répondre car j'en ai aucune idée
5. Des météorites (pierres qui tombent du ciel) ont apporté sur la Terre les premiers êtres vivants.		X		Parce que on ne sait pas ce qui se cachent derrière c'est météorites.

NOM: .
Mercredi 8 septembre 1999

Prénom: Mathilde...

Classe: Seconde 1

Y-a-t-il toujours eu des animaux sur la Terre? Justifiez.

~~Non~~ Non, car la première chose qui s'est développée sur terre est la végétation car sans plantes et autres végétations les animaux ne peuvent pas vivre. Les plantes apportent de l'oxygène pour respirer et de l'herbe pour survivre.

Comment expliquez-vous la présence d'animaux sur la Terre?

Il y a des animaux sur terre car la végétation existe.

Au début de la création de la terre (d'après les chercheurs) la 1^{ère} chose qui se serait développée c'est la végétation puis juste après les animaux car les végétariens ^{herbivores} ou qu'ils mangent de l'herbe et les carnivores ont pu manger les herbivores ainsi que les carnivores.

Comment expliquez-vous qu'il y ait des animaux sur la Terre et pas sur Mars et Vénus?

Il y a des animaux sur la terre car la terre est protégée par la couche d'ozone. Les chercheurs disent qu'il n'y a pas de couche d'ozone sur Mars et Vénus. La terre a des végétaux alors que Mars et Vénus n'en n'ont pas.

NOM: ..

Prénom: ..Mathilde..

Classe: Seconde 1

Mercredi 8 septembre 1999

Y-a-t-il toujours eu des végétaux sur la Terre? Justifiez.

Oui, A la création de la terre c'est ce qui a passé en premier. Il ont tout d'abord passés dans d'eau et dans la terre. Il y avait aussi un peu de chaleur.

Comment expliquez-vous la présence de végétaux sur la Terre?

La terre est parfaite pour les végétaux, car il y a de la lumière, de l'eau, et la terre. Il y a aussi différents climats pour différentes végétations.

Comment expliquez-vous qu'il y ait des végétaux sur la Terre et pas sur Mars et Vénus?

Sur la terre il y a la couche d'ozone qui protège de la chaleur du soleil ce qui n'est pas le cas sur Mars et Vénus.

Il n'y a pas d'habitants ayant besoin d'oxygène.

~~par~~ avec la chaleur sur Mars et Vénus il n'y a pas d'eau.

NOM: ... Prénom: Caroline Classe: Seconde 1
Mercredi 8 septembre 1999

Y-a-t-il toujours eu des animaux sur la Terre? Justifiez.

Oui il y a toujours eu des animaux.
au départ ils étaient microscopiques
puis au fil des années ils ont grandi.
la preuve, on sait que certains animaux
comme la tortue, les crocodiles, les requins
existaient avant les dinosaures ainsi que
d'autres espèces, mais ils étaient tous petits et
vivaient dans l'eau.

Comment expliquez-vous la présence d'animaux sur la Terre?

avec les bactéries
qui étaient dans l'eau
ou qu'au départ la terre
était une planète formée essentiellement d'eau
de plus dans l'eau il y avait de la végétation
un peu comme du plancton

Comment expliquez-vous qu'il y ait des animaux sur la Terre et pas sur Mars et Vénus?

peut-être sur Mars et Vénus il n'y avait
pas d'eau ni de végétation. le climat n'était pas
favorable pour qu'il y ait des animaux

NOM: ... Prénom: Caroline... Classe: Seconde 1
Mercredi 8 septembre 1999

Y-a-t-il toujours eu des végétaux sur la Terre? Justifiez.

Oui il y a toujours eu des végétaux sur Terre
car, ainsi que les animaux, ils se trouvaient
dans l'eau et avaient une taille microscopique
ou qu'à certains endroits l'eau disparaissait
ils se sont adaptés à la terre
(idem pour les animaux.)

Comment expliquez-vous la présence de végétaux sur la Terre?

La terre étant formée essentiellement d'eau,
l'eau contenant des bactéries il y eu
formation de végétaux

Comment expliquez-vous qu'il y ait des végétaux sur la Terre et pas sur Mars et Vénus?

Sur ces deux planètes il n'y avait
pas d'eau et le climat n'était pas assez
chaud pour qu'il y ait formation de végétaux.

NOM:
Mercredi 8 septembre 1999

Prénom: KRISTAL

Classe: Seconde 1

Y-a-t-il toujours eu des animaux sur la Terre? Justifiez.

Non, il n'y a pas eu toujours des animaux sur la terre car au début la terre n'avait pas d'oxygène et des animaux ne pouvaient pas survivre sans respirer.

Comment expliquez-vous la présence d'animaux sur la Terre?

La terre, à un moment, c'est remplie d'oxygène et d'eau, et de microscopiques bactéries sont installées se qui a donné la vie à des animaux (d'abord des poissons, reptiles qui allaient ds l'eau.)

Comment expliquez-vous qu'il y ait des animaux sur la Terre et pas sur Mars et Vénus?

Mars sont des planètes où un animal ne pourrait pas vivre car il n'y a pas d'oxygène ni d'eau.

NOM:

Prénom: Krystal

Classe: Seconde 1

Mercredi 8 septembre 1999

Y-a-t-il toujours eu des végétaux sur la Terre? Justifiez.

Non, il n'y en a pas tjrs eu des végétaux car il n'y avait pas d'eau et des plantes ne pouvaient pas être arrosées, boire.

Comment expliquez-vous la présence de végétaux sur la Terre?

La terre a commencé à se remplir d'eau et les premières végétaux étaient donc des plantes aquatiques.

Comment expliquez-vous qu'il y ait des végétaux sur la Terre et pas sur Mars et Vénus?

Sur Mars et Vénus il n'y a pas d'eau.

Vendredi 31 mars 2000

Classe de Terminale 4

Sophie

A un moment donné, il n'y avait pas encore d'êtres vivants sur notre planète.

Pouvez-vous expliquer le plus précisément possible ce qui s'est passé entre le moment où il n'y avait pas d'êtres vivants et le moment où les premiers êtres vivants ont existé sur la planète?

- * Présence d'eau, de chaleur, d'air
↳ formation de être unicellulaires des protozoaires
grâce aux conditions
↳ développement d'êtres plus élaborés comme les bactéries
- PB* Si il n'y avait pas eu d'eau le développement aurait-il été possible?
- PB* Y a-t-il eu de la végétation dès le début de l'existence de la planète terre ou est ce qui avant tout n'était qu'aridité?
- PB* Si il y avait déjà des différences de climat (température), est-ce que les êtres vivants qui se sont créés par ex au Sud étaient radicalement différents de ceux créés au nord? ou est ce que ce sont ceux du S (ou du N) qui ont évolué?
- PB* Est ce que l'hypothèse d'une origine extra-terrestre de la vie sur terre ~~est~~ peut être validée ou totalement écartée?
- PB* Est-ce que la vie peut disparaître de la surface de la terre comme elle y est venue?

La réponse écrite de Sophie (Terminale S, 1999/00, L'origine de la vie)

LE PROBLEME DE L'ORIGINE DE LA VIE

ENTRETIEN AVEC VINCENT et SOPHIE
Terminale S

Mercredi 5 avril 2000 de 11h15 à 12h.

Transcription réalisée par Denise ORANGE

Cet entretien survient quelques jours après que les élèves, individuellement, ont proposé une réponse à une question sur l'origine de la vie (voir page précédente). Cette question leur est posée avant enseignement

S: Sophie V: Vincent P: Professeur
XXX: propos inaudibles ...: silence

1	P. Voilà, on y va! Ca roule? Oui ça marche, voilà! Alors, vous vous souvenez un peu de la question que je vous ai posée l'autre, l'autre jour?
2	S. Oui.
3	P. Oui. Qu'est-ce que c'était?
4	V. Ben quel est, qu'est-ce qui s'est passé entre le moment où y-avait pas d'êtres vivants sur Terre et le moment où il y en a, où il y en a eu.
5	P. Oui, voilà... Et toi, V., alors tu m'as dit, ben tu m'as dit que c'était je crois difficile, enfin t'as eu du mal. Pourquoi?
6	V. Ben, parce que j'ai ... C'est pas un thème auquel je m'intéresse particulièrement parce que je sais que c'est difficile et de toutes façons on n'a pas de réponse. Et... oui, parce que j'ai pas spécialement réfléchi, j'ai pas les données qui me permettent d'avoir un raisonnement, j'ai... donc, je voyais pas comment extrapoler sur, avec des mots que, dont le sens, je le connaîtrais pas.
7	P. Oui, et t'as des petites, t'as des, t'as des, quand même des petits points d'ancrage? T'as des petits zooms que tu ferais là-dessus? Non, tu vois, est-ce que tu as des, des petits points un peu clairs? Sur ...
8	V. Non, aucun.
9	P. Non? Tu vois pas, tu vois pas... Comment, comment tu vois, même si on sait que c'est une hypothèse, même si on sait que les chercheurs en sont là aussi. Comment tu vois les débuts donc?
10	V. ...Je sais pas, je connais même pas y-a, tout ce qui est évolution des êtres vivants au cours du temps. Ca je m'y suis, je m'y suis pas intéressé donc, je sais pas comment, et puis pour l'instant je sais comment, concrètement, comment une bête aquatique a pu se transformer en, en être, en humain au bout de sa chaîne, quoi! Et ça c'est quelque chose que je ne conçois pas et, parce qu'on me l'a pas expliqué, je m'y suis pas intéressé donc, même, si déjà je comprends pas comment un être vivant peut en devenir un autre, je comprends pas comment une cellule, parce qu'on peut parler d'une cellule, ça a dû, je pense que ça doit être ça au départ, a pu se transformer en être vivant avec des... matières, enfin...

11	P. Oui, ça, ça te paraît vraiment difficile donc ...ça ... Est-ce que, est-ce que tu reconnais qu'il a pu y avoir évolution ou bien...
12	V. Ah oui, je reconnais qu'il y a eu évolution mais maintenant les mécanismes?
13	P. Oui, c'est les mécanismes qui te gênent.
14	V. Oui.
15	P. Comment on a pu passer... Pourquoi ça te paraît difficile de, d'imaginer que, enfin... et pourquoi les mécanismes, y-en a qui ont été invoqués des mécanismes, non, tu en connais peut-être, non, pour?
16	V. Non.
17	P. Non.
18	V. Non.
19	P. Pas trop.
20	V. Non, pas du tout.
21	V. Non.
22	P. Non. Est-ce que tu vois, malgré tout, est-ce que tu vois des balises d'êtres vivants dans cette chaîne? Tu vois une chaîne, comment tu vois ça, justement, même si tu as du mal à te représenter les mécanismes?
23	V. Et ben...
24	P. L'histoire de la vie, c'est quoi alors?
25	V. L'histoire de la vie je sais pas du tout, c'est peut-être des phytoplan, phytoplanctons, c'est ça?
26	P. Phytoplancton, oui, ça existe.
27	V. Oui, c'est ça. Euh... Et puis après être aquatique, ils passent sur terre, reptile et puis reptile, je sais pas.
28	P. Oui, oui, oui. Et au début donc, tu disais tout à l'heure, au début, il semblerait qu'il y ait eu ... une cellule?
29	V. Oui, je pense, enfin je vois ça comme ça.
30	P. Tu vois ça comme ça.
31	V. Oui.
32	P. C'est un être vivant une cellule?
33	V. Mmm, oui. Tout être vivant, moi je pense que c'est quelque chose qui contient un programme génétique. Je vois ça comme ça. Avec des fonctions et puis... qui peut se déplacer par exemple, qui peut se reproduire, ça c'est un être vivant.
34	P. C'est un être vivant. Donc une cellule ça a tout ça?
35	V. Oui, ça se multiplie ,enfin ça... donc y-a bien un mécanisme...
36	P. Mmm
37	V. Et puis ça se nourrit aussi.
38	P. D'accord. Et alors donc on a le point d'arrivée là. Par rapport à la question que je posais l'autre jour, on a oui, on a, on a le point d'arrivée c'est-à-dire qu'on avait une cellule.
39	V. Oui, oui. Et entre les deux je ne sais pas du tout. On peut extrapoler sur des météorites, sur ... des extraterrestres (rires), des trucs comme ça.
40	P. Ah oui. Qu'est-ce qu'elles auraient fait les météorites?
41	V. Ben quand elles passent, ... des toutes petites particules se détachent...
42	P. Oui.
43	V. On peut supposer que l'ensemble de ces particules de nature différente ait pu, je sais pas constituer XXX une cellule (rires) je sais pas du tout, ...
44	P. Oui, tu sais pas donc.

45	V. Mais ces météorites contiennent bien des, des particules et des atomes et tout ça qui ont pu, qui ont pu, lors du passage auprès de la Terre, être larguées sur Terre.
46	P. Et après?
47	V. Et après je sais pas comment ils se sont rencontrés!
48	P. Qui, ils?
49	V. Ces particules! Ces éléments mais ... ça aurait peut-être pu mener à quelque chose.
50	P. Mener à quelque chose. Ca pourrait se faire encore alors ça?
51	V. Oui, oui, ça se fait encore... Dans cette logique là.
52	P. Ca s'est fait au cours de l'histoire de, de, de la Terre et ça pourrait se faire encore aujourd'hui?
53	V. Oui.
54	P. Que les météorites...
55	V. Mais les météorites, ça passe moins sur Terre mais, on sait qu'au début de la formation de la Terre, la Terre recevait énormément de météorites donc, dans ce genre de chocs, tous ces chocs, mais ça se passe encore au niveau des étoiles filantes et tout ça je pense...
56	P. Si ça se passe, ça veut dire que, qu'est-ce qu'elles font les, je vois pas, à quel, à quel, enfin... quel rapport?
57	V. Quel est le rapport... c'est qu'elles contiennent aussi des éléments, des molécules enfin tout ça... et que... et on peut supposer que ... avec tous les... systèmes d'attraction, tout ça, on en reçoive aussi encore tous les jours.
58	P. D'accord.
59	V. On reçoit des météorites tous les jours.
60	P. Oui, oui. Et la Lune a reçu pas mal de météorites!
61	V. Oui. Pourquoi y-a pas de ...
62	P. Rires
63	V. Pourquoi y-a pas d'êtres vivants dessus?
64	P. Oui, oui. C'est ça je me pose la question.
65	V. Et bien parce que ... On nous dit que la Lune est trop petite pour avoir une, pour pouvoir garder une atmosphère autour d'elle.
66	P. Oui.
67	V. Donc si y-a pas d'atmosphère, ... y-a rien pour protéger les êtres vivants et... puis je sais pas moi!
68	P. Rires. Oui, parce que l'atmosphère, elle protège?
69	V. Oui.
70	P. Il faut des particules.
71	V. Mais y-en a peut-être eu à un moment sur la Lune, je sais pas! Des êtres vivants peut-être, je m'en souviens plus, mais ça peut être une période très courte. On a dit qu'il y a de la glace.
72	P. Oui.
73	V. Je sais pas. C'est ce que les journaux nous disent! Mais bon y-a peut-être aussi des informations contradictoires!
74	P. Oui.
75	V. On est sûr de rien!
76	P. Et toi S.?
77	S. Moi?

78	P. Comment tu te situes par rapport à ça. Alors tu pourras réagir bien sûr V.. Mais... Comment... Comment, comment tu as vu ça toi?
79	S. La question?
80	P. Oui.
81	S. Euh, ben déjà oui j'ai mis longtemps avant de commencer à répondre. Et puis après je me suis dit, par quoi commencer quoi? Parce que, ben je sais pas, déjà j'imaginai, enfin j' imagine pas la Terre sans êtres vivants, c'est-à-dire sans des végétaux, des choses comme ça parce que ça aussi c'est des êtres vivants, après tout, ça, ça, ça se reproduit, ç, ça pousse tout ça! Et en fait moi j'imaginai pas la Terre sans ça. Alors je me demandais déjà à quoi ça pouvait ressembler? Et puis qu'est-ce qui avait pu faire que à un moment on ait rien, donc je sais pas moi de la terre et puis de l'eau et puis que hop après on ait des fleurs, des arbres, des fougères, tout ça. Et ça, c'est ça que... en fait j'ai commencé à répondre et puis j'ai vu que y-a plein de problèmes qui se posaient donc j'ai préféré mettre des questions parce que je savais pas comment ...
82	P. Oui, oui.
83	S. Comment répondre. Quoi.
84	P. Comment répondre à tout ça. Tout de suite, c'est devenu un peu...
85	S. Oui.
86	P. touffu et...
87	S. Oui.
88	P. Difficile. Et, oui... Donc t'arrives pas à t'imaginer la Terre sans...
89	S. Non.
90	P. Sans végétaux.
91	S. Non.
92	P. Tu penses qu'il y a eu un début à la vie ou pas alors finalement?
93	S. Ben je pense que y a eu quand même un moment où il n'y avait rien. Parce que... Quand la Terre déjà elle avait pas les enveloppes, donc c'est-à-dire, enfin quand c'était pas différencié. Ca devait être un peu comme une bouillie. Il devait y avoir un peu de tout partout. Donc déjà ça devait pas être favorable à accueillir la vie et puis il y avait peut-être, l'eau elle devait, elle était peut-être pas en surface. Peut-être qu'il y en avait un peu partout et puis que après ça s'est, ça s'est réparti. Donc il devait plus y en avoir un peu partout. Peut-être qu'il faisait plus chaud aussi parce que si ça bougeait ça devait, ça devait dégager de la chaleur donc il devait rien avoir, ou pas grand'chose.
94	P. Et alors une fois que ça s'est un peu, on va dire, arrangé...
95	S. Alors là, ben je sais pas.
96	P. Oui.
97	S. Y-a eu quelque chose et puis, voilà quoi...
98	P. Tu penses que la vie a pu apparaître quand c'était comment alors? Quand la Terre était comment?
99	S. Ben déjà, je pense qu'il a fallu avoir une certaine température.
100	P. Oui.
101	S. Parce que si c'était trop froid, ça pouvait pas marcher et si c'était trop chaud, ben non plus. Donc... il a fallu attendre que ça se calme un peu. Peut-être qu'il y avait plus ou moins d'atmosphère et ... puis après je sais pas.

102	P. Oui, oui. Tu m'a parlé des conditions donc. Tu m'as dit euh...d'accord, euh... alors... oui, formation donc là...grâce aux conditions, y-avait pas de conditions donc euh... Tu as parlé donc de l'apparition des êtres, de la formation des êtres vivants mais grâce aux conditions donc les conditions tu les reprécises là et c'est...
103	S. Température, pression, de la... surtout la présence d'eau, je pense parce que en fait, j'imagine pas par exemple une bactérie qui se développe sur la terre, enfin dans, dans la terre, ...la terre arable.
104	P. Oui, oui.
105	S. J'imagine plus dans le bouillon... de culture.
106	P. Ca sert à quoi l'eau?
107	S. Ben, ... je sais pas!
108	P. Ah! Tu sais pas mais c'est, il en faut!
109	S. Oui. Je sais pas. Ca... J'imagine pas une bactérie qui se développe comme ça. Sans rien.
110	P. Quand tu dis une bactérie qui se développe. Ca veut dire quoi se développer là?
111	S. Ben... déjà, une forme de vie qui s'organise. Parce qu'une bactérie, c'est une fonction, par exemple, celles qui sont dans nos intestins, tout ça, qui permettent de tout faire fonctionner.
112	P. Oui.
113	S. Parce que déjà, parler d'une cellule, ben une cellule ça se reproduit et puis bien sûr y-a de l'ADN tout ça dedans, mais c'est pas vraiment une fonction précise comme, comme une bactérie peut en avoir.
114	P. Ca veut dire que là, tu te démarques un peu de V.. V., tu disais enfin, ou j'ai, vous me dites, peut-être que j'ai mal compris, hein? V., tu disais qu'une cellule. Au début, il a du y avoir une cellule et c'était, c'était vivant?
115	V. Acquiescement.
116	P. Alors que toi, tu fais la distinction.
117	S. Parce que je pense, je pense qu'un être vivant c'est constitué de cellules et il peut y avoir des êtres vivants à une seule cellule mais je pense qu'une cellule toute seule, c'est pas un être vivant. Si on prend une cellule de ma peau, ce sera pas un être vivant même si on peut la faire se reproduire dans ... dans des petites boîtes là, qu'on voit dans le livre, ou des trucs comme ça.
118	P. Oui, oui.
119	S. Pour moi, c'est, c'est un truc qui sert à rien quoi, c'est inutile si elle a pas de fonction. Il faut que ça serve à quelque chose.
120	P. Mais on pourrait dire que une cellule de la peau, ça fabrique des pigments!
121	S. Oui, mais si elle est toute seule, enfin, faut qu'il y ait tout autour. Je sais pas. Un être vivant en tant que tel. Je veux dire, elle a pas, elle a pas de destin, quoi elle a pas, elle a pas, ... elle est pas toute seule quoi. Elle est là et elle fabrique des pigments parce qu'il y a toutes les autres cellules qui travaillent avec elle et puis qui sont là petit à petit pour lui dire toi t'es là, tu fabriques des pigments et puis celles de la bouche, ben elles fabriquent je sais pas moi de la salive, des papilles, tout ça et ça XXX et puis celles de la peau elles doivent fabriquer de la peau. Que toutes seule, ben elles seraient rien, quoi! Elles seraient...
122	P. Et t'as dit qu'il pouvait y avoir des êtres vivants à une seule cellule? Comment ils sont eux par rapport à, à une cellule de peau?

123	S. Ben, en fait eux justement, ils ont une fonction. Je sais pas, ils peuvent, je sais pas... dégrader quelque chose ou juste... je sais pas, ils peuvent fonctionner tout seuls. Ils ont pas besoin d'autres cellules avec eux, quoi.
124	V. Donc c'est des êtres vivants unicellulaires.
125	S. Voilà.
126	V. C'est, c'est de la même chose qu'on parle. Tu vois une cellule et en fait le, cette...
127	S. Oui, mais non. Enfin, moi, quand t'avais parlé, moi je voyais plus si c'est une cellule, si c'est la cellule quoi et pas enfin...
128	V. Mais là c'est aussi la cellule mais c'est la cellule qui a, qui avait une fonction et qui a donné naissance à...
129	S. Oui.
130	V. Aux autres êtres vivants.
131	S. Oui, moi je voyais plus, plutôt une cellule qui, qui marche quoi. Que, qui sait ce qu'elle a à faire! Enfin, qui peut fonctionner toute seule. Qui a pas besoin de, de, d'être avec d'autres!
132	P. Et toi la tienne, elle pouvait fonctionner toute seule au début?
133	V. Oui, oui. Elle fonctionnait toute seule. Oui, celle-là.
134	P. Donc vous parlez de la même. Hein? De la même. Oui, d'accord. Et euh... T'avais distinguer justement euh, dans... T'avais dit formation donc d'êtres unicellulaires, des protozoaires grâce aux conditions, développement d'êtres plus élaborés comme les bactéries. Tu m'as écrit.
135	S. Oui. Mais parce que en fait, c'était un vieux souvenir de quatrième parce que je me rappelle qu'on étudiait les fougères.
136	P. Oui.
137	S. Et les fougères c'est, oui, c'est les petites graines, elles sont protozoaires et après elles deviennent... Ca m'avait... Et c'est ça en fait qui m'est, qui m'est revenu parce que comme moi j'imagine les débuts de la Terre. Tu sais, ça fait comme dans les films qu'on voit avec la jungle partout, des grosses fougères, tout ça. Donc c'est pour ça, ça m'a, ça m'a rappelé ça. Mais... maintenant, je sais pas si, si c'est vraiment ce que j'ai voulu dire.
138	P. Quelle différence tu fais entre ces cellules, cette cellule, cet être vivant unicellulaire et la bactérie?
139	S. J'en fais pas...
140	P. Parce que...
141	S. Parce que une bactérie ça peut avoir qu'une cellule. Ca peut... Ben toutes les bactéries ne sont pas unicellulaires mais tous les êtres unicellulaires ne sont pas des bactéries. Ils peuvent... Ils peuvent être confondus.
142	P. Oui. Et au début? Qu'est-ce qui est... Qu'est-ce qu'on a eu? Les premiers à apparaître? Est-ce qu'il y avait... Qu'est-ce qui s'est fait?

143	S. Moi je pense que les premiers, les premiers êtres vivants qui sont apparus, déjà c'était des végétaux. Je pense pas que c'était des êtres vivants comme nous, quoi enfin des bêtes quoi. C'était plus des, des végétaux parce que les végétaux ils se nourrissent de minéraux si je me souviens bien donc c'était tout ce qu'il y avait à l'origine sur la terre. Y-avait que ça! Et après les êtres vivants comme nous ils se nourrissent d'autres choses. Ils peuvent pas se nourrir de terre donc ils se seraient nourris des végétaux et ce serait ça qui aurait favorisé leur apparition. Donc je pense que le premier être vivant qui est apparu sur terre ce serait plus une cellule végétale ... plutôt qu'animale.
144	V. Et cette, ... y-aurait, il pourrait y avoir une divergence donc fait la naissance des deux types, soit végétal, soit animal en même temps...
145	S. Oui, mais je pense que...
146	V. Peut-être un peu décalées, mais en fait...
147	S. Oui, je pense pas que ce soit vraiment, enfin, très décalé par rapport, parce qu'en fait, quand on parle d'une seule cellule, enfin ce qui est à l'intérieur, ça doit pas être très, très différent que ce soit un végétal ou un animal donc ils ont du apparaître à peu près en même temps mais je pense quand même que le végétal est apparu avant, avant l'animal.
148	P. Donc, pour que, pour qu'il y ait un animal, faut qu'il y ait un végétal?
149	S. Oui.
150	P. Donc, dans les conditions, dans les conditions, tu parlais de conditions, dans les conditions d'apparition des végétaux, à l'époque...
151	S. Oui.
152	P. T'avais donc, ce qui a permis l'apparition du premier être vivant qui était un végétal, c'était donc... T'as dit... de l'eau?
153	S. Oui, de l'eau, de l'eau, des minéraux, enfin de la terre, tout ça et puis la température, la pression, tout ça.
154	P. Oui, voilà, c'était ce que tu disais tout à l'heure. Et pour, pour... Ca, c'est pas ... Ces conditions là permettent pas de faire apparaître une cellule animale? Un animal?
155	S. Ben non, d'abord le végétal, je pense.
156	V. Je pense, je sais pas... Les végétaux sont dans les producteurs primaires dans la chaîne alimentaire donc, donc on admet que avant qu'il y ait un animal, il y a un végétal...
157	P. Y-a un végétal.
158	S. Oui, oui.
159	P. Oui, oui, par ça, d'accord. Et alors comment, comment s'est formée cette première... ce premier être vivant qui était un végétal avec une seule cellule, hein c'est ça?
160	S. Et ben ça, franchement...Franchement, j'en sais rien du tout... Je pense... Enfin je vois pas qu'est-ce qui a pu nous faire passer d'une époque où on n'avait rien, juste de l'eau et puis de la terre à une époque où on a pu avoir même ne serait-ce que la plus misérable cellule, quoi. Je vois pas, non je vois pas ... Pourquoi, pourquoi est-ce qu'il y-a des choses ,des trucs qui se sont assemblés pour faire, pour faire ça, quoi. C'est.. Ca paraît un peu incroyable, quoi.
161	P. Oui, oui, parce que tu dis qu'il y a des trucs qui se sont assemblés, c'est-à dire, ... ça se, ça se serait formé avec...

162	S. Ben avec les ... Soit, soit avec les matériaux qu'y avait sur place, je sais pas, du bricolage biologique, quoi, je sais pas...
163	P. Oui.
164	S. Soit, soit avec quelque chose qui aurait été apporté.
165	P. Et ça, t'arrives pas à y croire?
166	S. Ben, non, enfin, c'est pas que j'y crois pas! C'est que moi je veux bien y croire mais il faut que, faut que ce soit vraiment bien expliqué et puis prouvé, quoi, et puis comme on peut pas prouver, ben j'ai du mal à me faire une idée. Mais sinon, je suis tout à fait disposée à y croire.
167	P. Pourquoi on peut pas prouver?
168	S. Ben, je sais pas. Y-a personne qui y'était à cette époque là pour nous dire à un moment on n'avait rien et puis le lendemain, on avait tout, c'est parce que, il y a eu un changement, parce que y-a eu, d'un coup il a fait plus frais, alors, je sais pas, ou plus chaud, et puis ça a commencé à plus bouger alors, ben ça s'est rencontré, y-a eu des formations de faites tout ça. Donc pour moi, ça, ... Je pense, je pense pas qu'on peut le prouver ça, quoi.
169	P. Oui, oui. Oui, oui. Alors pourquoi, pourquoi... Comment on fait finalement pour se raconter cette histoire?
170	S. Ben...
171	P. On est un peu ...
172	S. Euh, ... Moi en fait, enfin ce que j'ai lu, c'est qu'on avait réussi à créer en laboratoire les, les conditions qui devaient exister à la formation des premiers, des premiers êtres vivants et puis que de là, on avait vu à peu près comment ça se passait et puis qu'on avait tiré des hypothèses tout ça, en fonction aussi de, de ce qu'il y avait à l'époque, enfin de ce qu'on supposait qu'il y avait à l'époque, parce que même là, y-a pas de certitudes, je vois pas... je vois pas très bien comment qu'ils ils peuvent dire que y-a, y-a... combien, je sais pas combien de temps environ, il y a longtemps, y-avait plus, plus d'azote que d'oxygène dans l'air, ou plus, plus de fer dans la terre, des trucs comme ça. Pour moi, enfin pour moi, je sais pas, ils y étaient pas, quoi! Pourquoi, pourquoi ils disent ça? Enfin, moi, moi je veux bien le croire mais il faudrait qu'on me le prouve!
173	P. Mais là oui...
174	S. Pour moi, pour moi là y-a un gros blanc. Y-a quelque chose. Ils veulent essayer de nous expliquer ça mais en fait...
175	P. Et qu'est-ce que tu retiens d'à peu près sûr, hein, on est toujours sur des hypothèses de ce qu'ils disent alors? Toi, toi qu'est-ce que tu gardes dans tout ce qu'ils racontent?
176	S. Ben, moi déjà, je veux bien croire, de tout ce qu'ils racontent, je veux bien croire que ça soit parti de l'eau. Ca, ça de toute façon je pense pas que ça puisse partir d'autre chose et... ben la théorie de l'évolution, moi aussi, ben j'y crois quoi personnellement, mais ce que je comprends pas c'est la, la première chose qui est apparue quoi, parce qu'après moi je peux comprendre tout à fait que ça ait, que ça ait évoluer parce que y-a eu des besoins qui sont apparus, après je sais pas, pour moi, ça oui ça se comprend mais.. Pourquoi le premier, la première chose qui soit apparue, ça non, j'arrive pas à voir.
177	P. Mais tu vois bien le déroulement de la suite.
178	S. Oui, après, oui, je vois.
179	P. Et toi, V.? Est-ce que t'es un peu... Comment tu te situes par rapport à ce qu'elle vient de dire là?

180	V. XXX Pareil, je veux bien, j'admets que ça vient de l'eau, j'admets qu'il y a une évolution ... Mais j'admets aussi que les scientifiques quand même peuvent avoir, peuvent, peuvent pas approcher l'état, peuvent émettre des hypothèses sur les conditions climatiques, qui peuvent être assez proches de la réalité par rapport, enfin quant à l'étude des carottes glaciales, des choses comme ça, et puis je pense qu'on peut peut-être approcher, faire l'hypothèse, les, les conditions climatiques.
181	P. Les conditions climatiques, oui, oui. Tu as, tu avais dans tes questions d'ailleurs S., tu avais parlé de conditions climatiques aussi. Tu avais mis euh,... alors, euh oui, "s'il ya avait déjà des différences de climats, température, est-ce que les êtres vivants qui se sont créés par exemple au Sud étaient radicalement différents de ceux créés au Nord? Ou est-ce que ce sont ceux du Sud ou du Nord qui ont évolué?".
182	S. En fait, là, enfin je savais pas comment formuler ma question.
183	P. Oui mais c'est pas...
184	S. Ce que, ce que je voulais dire c'est que, est-ce que la vie elle est apparue dans un endroit localisé, je sais pas moi par exemple, je sais pas, un endroit vraiment précis quoi, 5 km ² , ou est-ce qu'elle s'est développée partout sur la terre? Et à ce moment là est-ce que la Terre, si elle avait la même position dans l'espace, ça voulait dire que y'avait une partie qui était plus exposée donc qui était plus chaude et je me demandais si ceux qui étaient, qui s'étaient formés à cette époque là du côté le plus chaud étaient de même nature, de même composition que ceux formés au Nord. Et si après ils se sont mélangés, ou si ils se sont d'abord formés là où il faisait plus chaud puis avec justement l'évolution ils sont, ils ont commencé à s'adapter à des eaux plus froides et ainsi de suite. Pour moi, c'était ça, ce que... ce que j'ai voulu dire.
185	P. Mais ... Avec.. Enfin, justement, avec tout ce que, ce que tu as dit là, tu penses que là, qu'il y a des êtres vivants qui se sont formés depuis? Comme ça. Comme...
186	S. Qui se forment encore en ce moment là?
187	P. Oui
188	S. Oui, je pense que oui, que y-a encore des choses qui apparaissent parce que en fait, par rapport à ce qu'on a vu sur l'évolution, c'est que y'avait un besoin qui créait une nouvelle fonction, en fait, que par exemple si l'eau elle se mettait à refroidir, si les bactéries avaient été créées dans un milieu plus chaud, ils vont s'adapter et en fait ils vont, ils vont commencer à développer des propriétés qui vont leur permettre de vivre dans un milieu plus froid et donc, s'il y a quelque chose qui change encore y-a des espèces, elles continuent d'évoluer. Je vois par exemple, que la fourmi d' Amérique du Sud c'est pas la même que celle qu'on trouve chez nous, ou des choses comme ça, et pourtant elles sont parties de la même fourmi quoi, elles sont...
189	P. Donc ... Oui. Mais là t'es sur l'évolution, mais est-ce que de nouvelles, de nouveaux, de nouvelles, de nouveaux végétaux hein puisqu'on a dit végétaux unicellulaires peuvent se former comme... comme y-a ... comme au début?
190	S. Oui, moi je pense que oui. Parce que ben déjà le climat il change. Il fait pas, il fait pas la même température maintenant qu'il y a 5 siècles, ou même que... Ca change assez vite. Donc forcément y-a des choses nouvelles qui doivent apparaître et... Mais c'est tellement lent que ben on les voit pas, on peut pas dire, on peut pas prévoir, ah ben dans 5 millions d'années ça sera un lézard ou un truc comme ça quoi! Pour l'instant, c'est que des ...

151
ANNEXE 15

191	P. Imaginons donc maintenant, il peut dans certains endroits, il peut apparaître des cellules?
192	S. Oui.
193	P. Qui sont des végétaux.
194	S. Oui.
195	P. Et ça se fait vite ça?
196	S. Oh, je pense que non! Parce que, je sais pas, c'est, c'est lent quoi. C'est entre le...le... Enfin, je sais pas quel est le délai entre , j'ai plus... Enfin je me rappelle plus...
197	P. Oui.
198	S. Le délai qu'il y a eu entre la formation de la Terre et l'apparition, enfin ce qu'on suppose, la date supposée de l'arrivée de la vie sur Terre...
199	P. Oui.
200	S. Il y a eu pas mal de temps. C'est-à-dire qu'il s'est formé quand même pas mal de trucs et... C'est, ça a été vachement long quoi! Et puis même, après entre le délai qu'il y a eu entre la bactérie et puis les premiers mammifères, les premiers mammifères, les premiers hominidés, et tout ça. C'était, c'était impressionnant donc je pense que, je pense que c'est long.
201	P. Oui. Et toi, comment tu vois ça? Tu vois des choses lentes?
202	V. Ben, très lentes oui. Mais...
203	P. L'apparition de la première cellule?
204	V. Je sais pas, je sais pas si on peut encore, si y a encore apparition d'êtres vivants, sur Terre, qui soient radicalement différents...
205	P. Comme ça s'est fait donc au...
206	V. Au tout début.
207	P. Au tout début oui. Est-ce que ça existe encore?
208	V. Je sais pas. Je pense en plus que vue l'activité qu'il y a sur Terre, ... parce que enfin je sais pas, y'avait quand même... beaucoup d'activités humaines, activités, tout ça. Je pense que ça dérange la création de nouveaux êtres vivants comme ça sauf vraiment dans les zones où y-a vraiment peu d'activités humaines qui, qui puisse y avoir des développements pareils.
209	P. Pourquoi , s'il y a beaucoup d'activités humaines, qu'est-ce que ça va faire?
210	V. Ben, je sais pas, ça, ça dérange, ça remue, hein, et... Maintenant, enfin si, s'il y a encore des, des créations de cellules comme ça qui soient radicalement différentes, faut qu'il y ait encore des rencontres d'on ne sait pas quoi qui a fait que cette cellule existe et donc ça peut se faire, soit ça s'est fait y-a longtemps et donc c'est encore sous terre et que ça se fait sous terre.
211	P. Oui.
212	V. Soit ça se fait, ça se fait à la surface et à la surface y-a nous.
213	P. Oui.
214	V. Donc si ça se fait à la surface je trouve que le déroulement doit pas se faire aussi facilement que ça maintenant, au vu de toutes les, en partie les zones immergées, elles sont occupées.
215	P. Oui, d'accord
216	V. Ca doit se faire dans les zones inaccessibles
217	P. Bien tranquilles.
218	V. Bien tranquilles.
219	P. Oui.

220	S. Tandis que moi je pense ne serait-ce que les nouveaux microbes qui apparaissent par exemple...
221	P. Oui.
222	S. C'est des êtres, comme y-a, comme devaient l'être les premières bactéries. Ça doit ressembler à ça, globalement, c'est une cellule, un quoi, une petite molécule, un truc comme ça mais qui a une fonction quand même, qui peut, qui peut se reproduire et puis tout ça et je pense que si y-a des nouveaux microbes c'est que quelque part l'évo, enfin la création de nouvelles vies ça continue.
223	P. Ça continue. Ça se fait vite? Ils apparaissent vite ces nouveaux microbes?
224	S. Lentement quand même.
225	P. Pourquoi, pourquoi c'est lent?
226	S. Pourquoi c'est lent? Alors là, je sais pas,... je sais pas...
227	P. Euh, alors, oui... On a parlé, je crois qu'on a parlé de ... Oui, tu, tu veux pas rajouter... non des choses, là?
228	S. Non.
229	P. Quelle heure il est, là? Que j'abuse pas trop de votre temps quand même, hein! On a parlé des animaux, hein, ... oui, on a parlé des animaux hein tout à l'heure? On a parlé des végétaux, donc pour toi, c'est les premiers?
230	S. Oui, les végétaux, les premiers.
231	P. Les premiers, et même la première cellule, c'est une cellule végétale?
232	S. Oui.
233	P. On a parlé alors de bactéries, bactérie et cellule végétale, c'est pas pareil? C'est pareil?
234	S. Euh, je sais pas.
235	P. Tu sais pas. On a parlé de microbes, là à l'instant. Les microbes qui apparaîtraient maintenant, c'est des végétaux?
236	S. Euh, c'est des bac, enfin c'est des bactéries, enfin certains microbes sont des bactéries.
237	P. Oui.
238	S. Les bactéries sont tous des microbes donc ... Non, je pense pas que ce soit des végétaux. Enfin, les végé, je pense qu'il y a des végétaux qui peuvent se former encore comme on le disait tout à l'heure ... des nouvelles bactéries aussi...
239	P. Donc y-a les deux possibilités. Ou ça peut être... Ce qui apparaît comme ça, ça peut être ou une bactérie...
240	S. Oui parce que même comme nous enfin, V. le disait, maintenant on est là, on a des, on a des, enfin on a des activités et en fait on rejette des choses qu'il y avait pas à l'époque et donc y-a des bactéries qui ont dû être créées pour ça, enfin pour... qui se, qui se nourrissaient de ça ou qui utilisaient tout ce qu'on pouvait rejeter, le gaz, les déchets, tout ça, ça peut, je sais pas, peut-être que, peut-être qu'on pourrait les créer.
241	P. Attends, tu veux dire qu'actuellement y-a des bactéries qui ont été créées pour ça?
242	S. Non, qui peuvent se former pour ça.
243	P. Ah oui, mais c'est, mais c'est des vieilles, enfin c'est des vieilles qui se transforment ou bien c'est des nouvelles nouvelles?
244	S. Soupairs.
245	P. Parce que tout à l'heure t'avais l'air de dire que...
246	S. Oui. ...Je sais pas.

247	P. C'est par rapport à ça que je te... Parce que tu a eu l'air de dire, t'as dit aussi que des microbes pouvaient apparaître.
248	S. Oui.
249	P. J'essaie de faire un peu le pont.
250	S. Oui, je pense, oui qu'il y a des nouvelles bactéries qui peuvent apparaître par rapport à notre nouvelle présence sur Terre mais y-en a aussi d'autres qui ont du s'adapter au fait qu'on était là.
251	P. D'accord. Oui, oui, euh... Donc oui, là y-a pas de problèmes pour ça, j'ai un petit peu passé en revue toutes ces questions. Est-ce que vous avez des questions vous après ce, ce, y-a... Enfin, ça vous paraît, qu'est-ce qui vous pose problème après ce petit entretien là? Y-a des trucs qui euh... Vous êtes d'ac, comment vous réagissez par rapport à ce qu'a dit l'un ou l'autre et puis est-ce que vous vous posez encore des questions? Par rapport à ça?
251	S. Oui, y-a toujours de grands blancs entre y-avait rien et puis après y-a eu quelque chose. C'est toujours ça qui me pose problème.
252	V. Sinon, sur l'essentiel, on est d'accord.
253	S. XXX
254	V. La plupart du temps.
255	P. Rires. Oui, et ce grand blanc tu le... tu le... T'arrives pas à le compléter.
256	S. Non.
257	P. T'arrives pas à voir.
258	S. Non.
259	P. Et toi?
260	V. Ben y-a plein de blancs et plein de questions.
261	P. Lesquelles?
262	V. Une question, les bactéries, je sais pas ce que c'est.
263	P. Tu penses que c'est, tu sais pas ce que sait.
264	V. Ah ben, je sais pas. Je peux pas, je pourrais pas le définir exactement ce truc là. Y-a plein de paramètres à prendre en compte.
265	P. Et, et... Oui,, Et... si on, et si on met pas de gros mots à ce premier être vivant. Vous êtes d'accord, au fait, y-en a eu, y-avait qu'une sorte de premier être vivant ou y-en a eu plusieurs sortes?
266	S. Je pense qu'il y en avait qu'une sorte, enfin qu'une espèce mais plusieurs sortes parce que ben, si y-avait pas la même température partout, elles étaient pas pareilles partout, elles avaient pas, c'était pas les mêmes, ben les mêmes ressources.
267	V. Ah oui, je suis d'accord.
268	S. Donc c'était la même espèce mais c'était pas, c'était pas la même sorte.
269	P. D'accord.
270	S. XXX
271	P. D'accord. Oui, oui. Et toi?
272	V. Oui. Je suis assez d'accord.
273	P. Une seule... Donc, donc une seule sorte?
274	V. Une seule sorte.
275	P. Hein, une seule sorte.
276	V. Une seule espèce, bien sûr
277	P. Une seule espèce. Tu as dit non, tu as dit une seule espèce, exact mais plusieurs sortes.

278	S. Y-en a plusieurs versions, quoi, plusieurs...
279	P. D'accord, et quand tu dis espèce, espèce, ça veut dire...
280	S. Une race, quoi, une seule, un seul genre...
281	P. Voilà. D'accord. Oui, oui. Et... Et on... C'est ça... Végétal, une cellule végétale.
282	S. Oui.
283	V. Oui.
284	P. Et toi, pareil. Parce que les animaux c'est après.
285	V. Oui.
286	P. Bon, oui, juste euh... Qu'est-ce qui fait qu'on passe de cette cellule à, à quelque chose de plus compliqué? Parce que vous étiez d'accord sur l'évolution?
287	S. Oui.
288	P. Quand je dis quelque chose de plus compliqué, c'est peut-être pas forcément quelque chose de plus compliqué non mais qu'est-ce qui fait qu'on passe euh... ben de cette première cellule à d'autres choses?
289	S. Ben...
290	P. Vous avez dit les animaux. mais est-ce que c'est les premières cellules qui ont donné les animaux oui?
291	S. Non, les premières cellules c'est les végétaux.
292	P. Oui.
293	S. Et donc après, je sais pas, y-a eu une différenciation au niveau des premiers êtres vivants qui sont apparus. Y-en a un, y-en a un qui a commencé à, à tirer profit de l'autre quoi en fait parce que, ça a dû être un truc comme ça qui s'est passé quoi.
	FIN DE LA PREMIERE CASSETTE S./ V.
	DEUXIEME CASSETTE: SUITE DE L'ENTRETIEN
294	P. Est-ce que ça marche? Suite de l'entretien...Voilà, je sais plus ce qu'on disait...Euh, oui, y-en a qui tirait profit d'autres.
295	S. Oui.
296	P. Et alors?
297	S. Et donc ben...ils ont commencé à... Je sais pas... à se différencier, à avoir des, à s'adapter en fait au fait que c'était les autres c'est leur source de vie quoi, enfin de, de ... c'était grâce à eux qu'ils vivaient, tout ça... Donc, je sais pas Peut-être qu'ils ont commencé à développer des organes digestifs, pour pouvoir les manger, des trucs comme ça et puis qu'après ils se sont dits que si c'était plus gros ce serait mieux, donc je sais pas...
298	P. D'accord.
299	S. Le concept de cellule, et puis trois et puis quatre, avoir des branchies pour pouvoir respirer sous l'eau, avoir des pattes pour pouvoir mieux nager, pour gratter la terre et puis après ils sont sortis, ils se sont dit que ce serait mieux s'ils montaient aux arbres, s'ils avaient des poils tout ça et puis...
300	P. D'accord. Et toi?
301	V. Moi, je pense que justement qu'il y a plus une cellule, la cellule, de la même espèce mais de différentes sortes. Ces différents, y-a une cellule souche qui se met à se différencier en deux sortes, végétale et animale. Je serai plus pour ça.
302	S. Oui.
303	V. C'est ça que tu as dit?
304	S. C'est un peu ce que j'ai dit.
305	V. Je pensais que tu étais...Animale et puis..., végétale et après ...

306	S. Non, en fait je disais qu'il y en avait une. La première cellule en fait...
307	V. Oui.
308	S. ... qui a commencé à se différencier en animal, et après l'autre est apparue mais à partir, à partir, non y-a plus de cellules végétale... Oui, non, y-en avait qu'une mais en deux sortes ...
309	V. Y-en a une qui s'est différenciée en végétal et après y-en a ... celle qui s'est différenciée en végétal s'est différenciée encore en végétal ou en animal.
310	S. Voilà!
311	P. D'accord.
312	V. Je pense que tu fais... Y-en a une intermédiaire, là XXX
313	S. Oui, En fait, je vois pas comment que l'animal a pu se développer en même temps que le végétal. Pour moi ça me semble impossible...C'est... C'est... Oui, y-en a une d'intermédiaire pour moi.
314	V. De tout façon, y-en a pas qu'une seule parce qu'elles se sont développées entre temps! Et donc...
315	S. Oui, oui. Y-a une étape. Je parle... Y-a une étape intermédiaire, Y-a eu quelque chose entre les deux quoi. Y- a eu d'abord, y-a eu de la végétale et après l'animale et entre les deux y-a eu quelque chose mais... quoi? ...
316	P. Voilà, on va s'arrêter là parce que je veux pas abuser. J'ai déjà...Je vous remercie beaucoup. Si vous avez, si d'autres questions apparaissent, vous me les notez sur un papier et puis vous me les faites passer? Hein, mais c'est pas obligatoire.
	FIN DE LA DEUXIEME CASSETTE.

Vendredi 31 mars 2000

Kévin

Classe de Terminale 4

A un moment donné, il n'y avait pas encore d'êtres vivants sur notre planète.

Pouvez-vous expliquer le plus précisément possible ce qui s'est passé entre le moment où il n'y avait pas d'êtres vivants et le moment où les premiers êtres vivants ont existé sur la planète?

A l'origine, il n'existait pas d'êtres vivants sur notre planète. Les conditions atmosphériques et l'air à la surface de la Terre ne permettait pas de donner vie à des êtres vivants. L'évolution à la surface de la Terre fut telle que la bactérie apparut. Puis à partir de la bactérie, par déplacement de celle-ci vinrent les végétaux, puis les poissons, les reptiles et enfin les mammifères et l'homme.

Quelle a été cette évolution à la surface de la Terre? Comment à partir d'une simple bactérie est-on arrivé à des êtres vivants? Pourquoi n'y avait-il pas d'êtres vivants à l'origine sur notre planète?

La réponse écrite de Kévin (Terminale S, 1999/00, L'origine de la vie)

Vendredi 31 mars 2000

Classe de Terminale 4

A un moment donné, il n'y avait pas encore d'êtres vivants sur notre planète.

Pourvez-vous expliquer le plus précisément possible ce qui s'est passé entre le moment où il n'y avait pas d'êtres vivants et le moment où les premiers êtres vivants ont existé sur la planète?

mélange de matières (origines volcaniques) et gaz
(H₂S) + eau + certains acides aminés (pas sûr)
(peut être par ventons d'origine extraterrestre et arrivé
par des météorites) → premier être unicellulaire
qui s'est divisé, etc.

Comment s'est fait le "mélange", et de quel ordre?
Y a-t-il eu 1 état en général (solatre, chaud...)?

La réponse écrite de Gaël (Terminale S, 1999/00, L'origine de la vie)

LE PROBLEME DE L'ORIGINE DE LA VIE

ENTRETIEN AVEC KEVIN et GAEL
Terminale S

Mercredi 5 avril 2000 de 10h15 à 10h 55.

Transcription réalisée par Denise ORANGE

Cet entretien survient quelques jours après que les élèves, individuellement, ont proposé une réponse à une question sur l'origine de la vie (voir pages précédentes). Cette question leur est posée avant enseignement. Kevin dira au cours de l'entretien qu'il est allé voir le manuel de Terminale S car il n'était pas satisfait de sa réponse.

K: Kévin G: Gaël P: Professeur
XXX: propos inaudibles ... : Silence

1	P: Voilà, c'est parti, mercredi 5 avril. Voilà, alors je vais commencer par toi, K., tu te souviens un peu de la question?
2	K: C'était sur l'origine des êtres vivants, c'est ça?
3	P: Oui, tu t'en souviens aussi G.?
4	G: Comment expliquer comment sont arrivés les êtres vivants?
5	K: Oui voilà, comment est apparue la vie sur terre?
6	P: Voilà, donc y-a pas de problèmes par rapport à la consigne, vous vous en souvenez bien, sinon je peux vous la redonner pour la voir.
7	K: Oui, quand même, je préférerais!
8	P: Tu préférerais. Alors, attends, j'en ai peut-être... (le professeur reprends les feuilles portant les réponses des élèves) G., ..., K. alors où est-ce que tu es? Voilà!... Alors, K., toi, oui, justement, comment tu avais vu ça? Histoire que ... parce que G. connaît pas ta réponse, sans relire ici, mais comment, comment tu avais vu ça?
10	K: En fait, c'était, pour moi le problème, c'était de ressortir tout ce que savais dessus. Donc, c'était un peu le fouillis dans ma tête pour, je savais pas trop par quoi commencer parce que j'avais tout un mélange de connaissances, c'étaient plutôt des souvenirs donc mon problème c'était d'organiser ma réponse et c'était, ben des petits bouts que j'ai mis, des petits bouts de souvenirs que j'ai mis les uns à la suite des autres pour essayer de formuler ma réponse.
11	P: Et ces petits petits bouts de souvenirs, c'est donc? Tu essaies de nous le... justement pour mettre aussi G., G. fera la même chose tout à l'heure.
12	K: En fait, depuis qu'il y a eu ça je me suis un peu, je me suis un peu intéressé au problème. Je me suis, j'ai regardé un peu dans mon bouquin de SVT depuis donc je sais d'autres trucs dessus mais.
13	P: On reste plutôt à ce que tu en étais là pour le moment et tu me diras après.

14	K: J'ai mis que en fait au départ, on avait eu juste une bactérie quoi, y'avait eu apparition d'une bactérie, je savais plus trop comment donc, et puis par des développements moléculaires cette bactérie a fait que ben, elle s'est transformée en végétal, puis ensuite il y a eu les poissons, les reptiles et enfin les mammifères et les oiseaux. C'était assez court mais je me rappelais plus trop. Et puis voilà.
15	P: Et c'est quoi pour toi une bactérie?
16	K: Une bactérie, c'est.
17	P: Comment tu vois ça, une bactérie?
18	K: Ben c'est ...c'est ... c'est unicellulaire. C'est microscopique, ben y-en a partout, une bactérie, je veux dire que c'est, y-en a dans l'atmosphère, dans l'eau, dans la terre.
19	P: Dans la terre, et là elle serait apparues où?
20	K: Les premières bactéries?
21	P: Oui là, justement comment tu les vois celles-là?
22	K: Dans la mer. Je sais pas, c'est...Vu que ça a donné des poissons, des végétaux puis des poissons. Les végétaux ont besoin d'eau pour ...
23	P: Et comment, comment ça se fait que ces bactéries elles soient apparues? Comment tu vois ça là?
24	K: Ben...
25	P: Parce que ... Oui, tu vois la consigne?
26	K: Oui, oui!
27	P: Y'avait pas, y'avait pas d'êtres vivants.
28	K: Oui, je sais. Ben, déjà y'avait pas d'êtres vivants au début parce qu'il y avait pas d'oxygène à la surface de la terre donc, et puis y-a eu une évolution je sais pas, peut-être chimique qui a fait que du dioxygène est apparu à la surface de la Terre. Et avec, y-a peut-être eu des, des phénomènes moléculaires qui ont donné une bactérie, je sais pas. Ou alors si ça se trouve c'est peut-être d'origine ... vu qu'il y a eu je sais plus ... je vais peut-être dire une bêtise ... y-a pas eu un, des bombardements à la surface de la terre il y a je sais plus combien de milliards d'années? Des bombardements de météorites et puis je sais pas, peut-être ça a peut-être fait qu'y a apportées des, des molécules organiques, des trucs comme ça ... et puis ces molécules organiques en se développant ont donné des, des bactéries.
29	P: Quand tu dis en se développant, ça veut dire quoi?
30	K: Développement moléculaire comme on a vu je sais pas , par, par mitose, ou par..., je sais pas, je sais pas trop.
31	P: Tu sais pas trop.
32	K: Oui.
33	P: Donc pourquoi les conditions étaient pas bonnes avant, avant qu'elles existent, pourquoi les conditions sur la planète étaient pas bonnes avant?
34	K: Pourquoi elles n'étaient pas bonnes?
35	P: Oui, et pourquoi y-en avait pas avant donc, de ces bactéries?
36	K: Ben, parce que je vous l'ai dit, à la surface de la Terre y'avait pas encore d'O ₂ . Y'avait, je sais pas si y'avait, y'avait peut-être un mélange...
37	P: Tu la vois comment la planète avant? Elle est...
38	K: Avant?
39	P: Oui.

40	K: Ben au commencement y-avait le ciel et la Terre, puis le premier jour Dieu ...
41	P: Oui, ça d'accord. Rires.
42	K: Sérieusement, comment je la voyais. Je sais pas. Y-avait par rapport à ce que j'ai lu dans les livres, ben il devait y avoir de l'eau déjà et donc pas de dioxygène, l'air n'était pas respirable. Et je sais pas, à sa surface, il devait y avoir des, des volcans, des ... trucs comme ça, je vois pas trop en fait.
43	P: Toi, toi là tu as dit, tu dis que tu fais référence aux livres. Hein, mais quand je t'ai posé la question là, tu pensais à des conditions comme celles-là?
44	K: Oui, je pensais, ben je savais que justement que, qu'il y avait une évolution de l'atmosphère mais je savais plus trop. J'ai regardé un peu dans le livre la semaine dernière.
45	P: Oui, oui, oui. Mais toi avant? Tu as regardé le livre pourquoi en fait ?
46	K: Ben pour, parce que ça m'a, ça me travaillait un peu. parce que je me rappelais plus, pratiquement plus ce qui s'était passé quoi, parce qu'on l'a vu dans les classes antérieures. Comment, comment cette évolution s'est faite. je me rappelais plus de tout.
47	P: D'accord, et donc si c'est devenu possible qu'il y ait des bactéries, c'est parce que donc ...
48	K: C'est grâce à l'atmosphère qui s'est développée, qui est devenue respirable.
49	P: Respirable, et tu me disais tout à l'heure que la vie, enfin les bactéries, les premières, c'était dans l'eau .
50	K: Oui.
51	P: C'est important l'atmosphère pour l'eau ?
52	K: Ben c'est, oui je pense ... Ben, y-a des échanges entre l'atmosphère et puis, et puis l'eau quoi. Des échanges gazeux, chimiques qui se font.
53	P: Qui se font. Oui, oui. L'eau elle sert à, elle sert à quelque chose dans tout ça?
54	K. Ben, on a eu, ben après les ... après la bactérie, ben certaines bactéries qui ont donné des végétaux donc pour la photosynthèse, la...pour le développement des végétaux on a besoin d'eau pour faire la photosynthèse. Ca a servi à ça.
55	P: Donc c'est plutôt pour le après, ce qu'elle est devenue cette bactérie, hein?
56	K: Acquiescement.
57	P: Parce que tu es en train de m'expliquer en gros comment on passe de la bactérie aux végétaux?
58	K: Oui.
59	P: Et c'est à ce moment là que l'eau, que l'eau est utile.
60	K: Oui et puis ben.... oui oui sûrement.
61	P: D'accord, et ça pourrait se refaire ça? Cette apparition de bactéries? Parce là on, je sais pas, tu le situes quand dans le temps ça?
62	K: L'apparition de la bactérie?
63	P: Oui là, les premiers, donc les premiers êtres vivants hein?
64	K: Y-a 2 milliards d'années.
65	P: Donc y-a oui, y-a très longtemps.
66	K: Oui parce que la Terre, la Terre est vieille de 4,5 milliards d'années. Oui 2 milliards d'années.
67	P: Deux milliards d'années. Et ça, ça pourrait se refaire? Ca a pu se refaire depuis ça?... Parce que tu m'as parlé donc de conditions; est-ce que c'est encore possible finalement? Tu m'as parlé des conditions, de comment ça s'est fait... Est-ce que c'est encore possible?

68	K: Après, après que, après que les dinosaures, je sais pas les dinosaures ont disparu de la surface de la Terre par une météorite, oui c'est ça, qui après qu'il y ait eu cette météorite, l'air a dû être aussi, ça devait être difficilement respirable pour, je sais pas si y-a beaucoup d'animaux qui ont survécu, je pense pas mais y-a peut-être eu apparition justement de nouvelles bactéries après ça. Non, d'accord?
69	G: Y-a peut-être des animaux qui ont survécu, des mammifères notamment.
70	P: G., tu penses oui qu'il y a des animaux qui ont survécu?
71	G: Oui.
72	P: Et donc...
73	K: Non, je pensais que, oui, je pensais qu'il y avait peut-être pas d'animaux qui avaient survécu que puis que ben justement ça avait repris le même enchaînement et puis...
74	P: Quand les conditions étaient redevenues ...
75	K: Oui parce que, à la suite, après, après que la météorite se soit écrasée sur Terre, ben y-a eu, y-a eu des effets tels que l'air était, n'était plus respirable. Je sais pas, je...
76	P: Enfin toi tu le vois comme ça en tous cas!
77	K: Ben, oui, plus ou moins oui.
78	P: Oui, donc...
79	K: Je sais pas trop .
80	P: Finalement, ça a pu se reproduire. Ca s'est reproduit au cours de ... Ca a été encore possible, un , une telle chose?
81	K: Ben, oui.
82	P: Ca s'est pas fait qu'une fois?
83	K: Euh, ... ben je sais pas ... D'après ce que je dis, y-a eu une deuxième fois, avec la disparition des dinosaures, mais, oui donc, ben c'est sûr que même si maintenant, y-avait, y-avait une météorite qui , une grosse météorite, d'un certain diamètre qui s'écrasait sur terre, après avant qu'il y ait d'autres êtres vivants, ce serait, y-aurait, y-aurait un certain nombre d'années qui se passerait avant que ça se passe... à cause de l'air qui serait plus respirable, donc la vie impossible pour, que ce soit les végétaux ou les animaux .
84	P: Ca sert à quoi le dioxygène alors, oui c'est ça, tu dis, tu le dis un petit peu d'ailleurs, tu dis l'air serait plus respirable.
85	K: Oui, oui.
86	P: Donc tu fais référence à...
87	K: Au dioxygène ... au dioxygène.
88	P: Actuellement ... comment, ça pourrait pas être possible actuellement, parce que l'air est respirable, y-a de l'eau. Pourquoi, est-ce que c'est possible maintenant? Est-ce que c'est encore possible?... Selon toi? Enfin, comment tu vois les choses là, et comment tu expliques les choses? Maintenant?
89	K: Si c'était encore, si c'est encore possible?
90	P: Oui, est-ce que c'est encore possible maintenant? Parce qu'on a ...
91	K: Ben je sais pas, y-a les conditions...
92	P: Est-ce que les conditions sont bonnes actuellement pour ça?
93	K: Ben, d'après ce que, ce que je pense oui... vu que y-a du ...
94	P: D'après ce que tu penses, j'ai pas compris.
95	K: Oui, d'après ce que je pense oui.

96	P: Et ça se fait? Selon toi ça se fait encore maintenant?
97	K: Euh ... je sais pas ...
98	P: Tu hésites ou bien tu te dis au fin fond de moi, bon, qu'est-ce que tu en penses?
99	K: Ben, je vois pas pourquoi ça se ferait pas, ça se referait pas je veux dire, mais je sais pas, ça voudrait dire qu'on aurait de nouvelles formes animales tout, à chaque fois que ça se ferait quoi. Je sais pas en fait là. Rires.
100	P: Et qu'est-ce qui te gêne alors, là, pour les nouvelles formes animales?
101	K: Ben, je sais pas, on voit tout le temps les mêmes animaux. Je veux dire y-a pas trop d'évolution au niveau des animaux. Non?
102	G: Ça dépend de l'échelle du temps aussi.
103	K: Oui.
104	P: Tu dis G. que ça dépend de l'échelle du temps?
105	G: Parce que à l'échelle géologique y-a quand même des modifications.
106	K: Oui, oui mais maintenant, je sais pas.
107	G: Même aujourd'hui y-a des modifications.
108	K: Acquiescement.
109	G: Mais ça se ressent pas en 20 ans ou en trente ans.
110	K: Oui c'est ... acquiescement. Je sais pas trop en fait. Rires.
111	P: Là, tu sais pas trop en fait mais ça t'embête un peu?
112	K: Ben ouais!
113	P: Que ça se fasse maintenant ou ça t'embête pas?.
114	K: Non, ben ... je sais pas. C'est pas que ça m'embête ou pas. Non, je vois pas trop en fait. C'est ça que ça...
115	P: Parce que... ..
116	K: Ca commence à m'intriguer en plus maintenant!
117	P: Rires. Je suis casse pied!
118	K: Non, il va falloir que je cherche!
119	P: Parce que, avec ce que tu disais, y-a pas de raison que ça se passe pas maintenant!
120	K: Ben oui! ... Donc là y-a...
121	P: Et pourquoi alors est-ce que tu penses que ça se fait maintenant encore? Et pourquoi?
122	K: Ben par rapport aux conditions qui... Ben, les conditions, elles sont favorables pour que ça se fasse.
123	P: Oui...
124	K: C'est flou, hein?
125	P: C'est pas flou! C'est pas flou! C'est, c'est difficile. Tu... Qu'est-ce qui t'aide quand tu ... enfin en gros, oui qu'est-ce qui t'aide quand on te propose une question comme ça? Tu t'appuies sur quoi? Qu'est-ce que tu fais revenir comme ... Qu'est-ce qui t'aide pour trouver une réponse? Parce que ... C'est pas une question facile, hein!
126	K: Ben dans la question y-a sûrement des mots clés qui me font me rappeler certains souvenirs mais ouais, comme je vous dis, les souvenirs reviennent, c'est des petits flashes quoi donc.
127	P: Tu les as trouvés où ces flashes? Je veux dire...
128	K. Ben, c'est, je vous dis c'est avec les connaissances, que j'ai acquises dans les classes antérieures.

129	P: Et par exemple donc ...
130	K: C'est peut-être aussi des fois, c'est peut-être un mélange aussi de, de plusieurs connaissances, c'est plusieurs connaissances qui se mélangent et puis qui font que ça donnent quelque chose de faux ou...
131	P: Oh ben là de toutes façons même les chercheurs peuvent pas prétendre trouver quelque chose de juste à ce sujet! Faut, faut être modeste et les chercheurs et tout le monde! Mais moi ce qui m'intéresse un peu c'est de savoir un peu ... Tu parles, tu as parlé de mots clés hein? Et puis de ... Qu'est-ce qui ...Malgré tout tu fournis une réponse qui est quand même cohérente. Qu'est-ce qui ... Qu'est-ce qui te permet d'arriver à ça? Qu'est-ce que tu choisis comme informations? Comment tu fais là? ... Pour reconstituer ça?
132	K: Ben, je m'appuie sur mes, sur... mes, les connaissances de base que j'ai en géologie tout simplement.
133	P: Et alors en géologie qu'est-ce qui te sert? Quelles, quelles données? ... Quelles connaissances de base là-dessus? Qu'est-ce que.
134	K: L'origine, ce qui est l'origine de la vie. Ce qui est en rapport avec la question. L'origine de la vie, notre système solaire, le big bang.
135	P: Ah oui donc, et le big bang c'est quoi déjà? C'est, c'est...Tu sais quoi sur le big bang?
136	K: Big bang! Ah! Ah! C'est un gros mot!
137	P: Oui. Rires. Ah ben oui moi je veux pas des gros mots!
138	K: Big bang. Ben...
139	P: Non mais pourquoi ça t'aide de penser au Big bang?
140	K: Je peux le dater. Mais je peux ... Ben c'est ce qui a donné notre système solaire, l'univers. Donc, c'est arrivé il y a 15 milliards d'années.
141	P: Oui.
142	K: Et oui, et puis... ça a donné notre système solaire et puis il y a la terre qui s'est formée par accumulation de, de météorites je crois. Et puis bon, c'est les météorites qui se sont mises bout à bout pour donner la Terre.
143	P: Et là, elle était pas prête, la vie était pas livrée avec?
144	K. Non, ... non parce que l'atmosphère à la surface de la Terre était pas respirable. Donc et puis, ben là c'est pareil, y-a un gros mot qui me revient c'est le phénomène d'ac, d'accrétion.
145	P: Oui.
146	K: Mais c'est pareil là, je vois pas trop. Je sais que c'est en rapport avec la vie sur Terre mais je saurais pas trop le définir maintenant. Faudrait que je revoie ça.
147	P: Et ...
148	K: Le mot d'accrétion? C'est ben justement le bombardement, c'est pas le bombardement de météorites?
149	P: Tu t'en souviens un peu ou t'as pas eu le temps peut-être...
150	G: C'est pas plutôt la formation de la Terre, tous les, les matériaux qui se regroupent?
151	P: Oui., accrétion, oui, oui, accrétion ça veut dire, en latin ça veut dire accroissement. Hein donc, c'est tous ces, tous ces matériaux, tous ces petits corps célestes plus ou moins gros qui se sont accumulés et ça a fait quelque chose de plus en plus gros.
152	K: Ah d'accord.

153	P: Voilà donc c'est un gros mot oui mais c'est un gros mot qui fait référence à la formation de la Terre. Pourquoi c'est difficile de parler de l'origine de la vie? Pourquoi on est si mal à l'aise pour en parler?
154	K: Peut-être parce que c'est assez vieux. Et puis qu'on en parle pas assez souvent. C'est pour ça. Et puis, on n'est pas assez informé de ces choses.
155	G: Déjà parce qu'on sait pas trop ce qui s'est passé.
156	K: Oui, même les chercheurs eux-mêmes, savent pas exactement;
157	P: Vous avez une idée comment ils font les chercheurs? Quelles sont, je vous demandais moi tout à l'heure de, enfin je te demandais ce qui t'avait aidé pour trouver une réponse. Les chercheurs ils travaillent pas sans filet! Hein, vous avez une petite idée de ..
158	G: Ben, ils essaient de reproduire les circonstances de ... comment était l'atmosphère, tout ça au début avant qu'apparaisse la vie. Ils essaient de faire apparaître la vie.
159	K: C'est ça justement qui m'a toujours... J'ai jamais compris, c'est comment ils faisaient justement pour créer, pour savoir comment était l'atmosphère, tout ça. Peut-être, ben je sais pas, peut-être par rapport au, au ... par rapport aux recherches archéologiques qu'ils ont faites ils ont trou, peut-être trouvé des, des, des bactéries je sais pas peut-être pas des bactéries des ... ils ont réussi à dater des ... comment dire des, ... des pierres ou des, des roches qui, oui ils ont réussi à dater des roches et à les analyser et elles contenaient peut-être des, des molécules qui, qui, qui existaient, qui étaient pas respirables. Là je bafouille un peu là.
160	P: Mais c'est pas grave, je veux dire l'oral c'est ça, et puis en plus on, on se met un peu en même temps.
161	K: Ils ont peut-être fait, oui ils ont peut-être retrouvé des roches et en les analysant ils ont observé qu'il y avait, qu'à l'époque où elles dataient y'avait pas, l'atmosphère était pas respirable, qu'il y avait pas tel, d'oxygène à la surface. Je sais pas peut-être... T'as une idée?
162	P: G., oui?
163	G: Peut-être par rapport à d'autres planètes aujourd'hui.
164	P: C'est-à-dire?
165	G: Qui ont, qui ont, qui ont eu moins de changements. XXX transformation et dont la composition ressemblerait plus à celle de la Terre à son ...
166	P: Qu'est-ce que tu en penses?
167	K: Acquiescement. Oui, ben oui, pourquoi pas?
168	P: Je vais terminer avec toi enfin, mais après tu pourras réagir aussi mais on va écouter G. aussi. Attends, rappelle moi, qu'est-ce qui fait qu'on passe de la bactérie aux végétaux?
169	K: Euh ... l'évolution, une évolution, en fait je sais pas trop, c'est peut-être par rapport ... la bactérie aux végétaux par rapport à la photosynthèse, je disais ça tout à l'heure, c'est pour ça. Y-a eu un développement... des végétaux, par une évolution chimique, je sais pas trop en fait.
170	P: Et quand tu dis évolution chimique ça, tu penses à quoi parce qu'on peut mettre plein de choses.
171	K: Chimique, moléculaire aussi.
172	P: Oui et justement qu'est-ce que tu mets, ça se ... Qu'est-ce qui s'est passé, alors, on avait une bactérie?

173	K: Acquiescement.
174	P: Et quand tu dis évolution chimique et moléculaire?
175	K: Elle s'est développé dans les conditions, telles conditions, je sais pas exactement lesquelles... et puis ben en se développant, elle a donné des végétaux.
176	P: Et oui c'est ça, euh ... qu'est-ce ... est-ce que ... comment dire? C'est quoi la différence entre un végétal et une bactérie? Pour qu'on voit un peu les points d'arrivée et les points de départ si tu veux comme ça...
177	K: Et ben un végétal ben c'est, y-a plusieurs, c'est formé de plusieurs cellules et puis une bactérie ben y-a, c'est unicellulaire. Tandis que les végétaux sont pluricellulaires.
178	P: Et alors quand tu dis évolution moléculaire et évolution chimique ...
179	K: Ben y-a eu des développements cellulaires, des multiplications cellulaires pour donner des, qui ont fait que ça s'est transformé en végétal.
180	P: Et pour passer aux animaux?
181	Silence
182	P: Parce que, comment tu vois ça?
183	K: Ben vu que c'était dans l'eau, les végétaux ... qui y-a eu une ...transformation du végétal ou peut-être aussi à partir de bactéries en poisson. Vu que ça s'est, ça s'est passé dans l'eau.
184	P: Alors c'est ... attendsOn avait la bactérie.
185	K: Acquiescement.
186	P: Hein? Qu'est-ce qu'elle a donné après alors?
187	K: Le végétal.
188	P: Le végétal.
189	K: Puis, ben je sais pas si c'est le végétal qui a donné le poisson ou si c'est encore la bactérie qui a donné le, le poisson aussi.
190	P: D'après ce que tu avais mis là?
191	K: Moi j'avais mis que c'était bactérie, végétal, poisson, reptile et mammifère... Oui je sais pas, c'est pas facile à expliquer.
192	P: Qu'est-ce qui t'embête là? Pourquoi tu as deux choix maintenant? Pourquoi tu ... tu pars vers deux hypothèses?
193	K: Parce que je trouve difficile de passer du végétal au poisson quoi donc.
194	P: Pourquoi?
195	K: Je sais pas, je trouve ça, je sais pas.
196	P: Et...
197	K: Je trouve ça pas très cohérent quoi. Je sais pas, j'ai un peu de mal à... à comprendre.
198	P: Ben, tu interviendras tout à l'heure peut-être. Et de la bactérie au poisson ça te gêne moins?
199	K: Ben...Un peu moins oui, vu que ça fera que les poissons c'est pareil c'est des, c'est pluricellulaire et tandis que la bactérie c'est unicellulaire donc y-aurait aussi... une multiplication cellulaire et puis on aboutirait au poisson. Et ouais, je sais pas trop en fait.
200	P: Tu sais pas trop. Merci, on va t'écouter G. maintenant, hein? Alors j'espère que tout est bien enregistré mais y-a pas peut-être pas de raisons. C'est bon... ça tourne. On y va G.! Alors toi, comment t'as vu ça parce que Kévin est pas au courant là hein.

201	G: Ben moi j'ai vu plutôt à partir d'une bactérie pour après avoir les êtres vivants. Moi j'avais fait ce qui y-avait un peu avant, c'était comment arriver à un organisme unicellulaire. Et donc moi j'avais pensé à un mélange de matières, matières par exemple minérale d'origine volcanique, y-avait beaucoup de volcans à ce moment là, de gaz, d'eau et puis de certaines, de certaines molécules comme des acides aminés et d'autres d'autres molécules. J'avais notamment pensé, enfin j'avais entendu que c'était possible que certains de ces acides aminés ou de ces molécules étaient arrivé par des météorites.
202	K. Ah d'origine extraterrestre?
203	G. Oui ils seraient arrivés, parce qu'il y avait beaucoup de bombardement de météorites à ce moment là, et donc tout ça aurait fait un certain mélange je savais pas trop dans quel ordre ni, y-avait peut-être eu aussi un apport d'énergie ça aurait pu donner le premier, le premier être unicellulaire.
204	P: Qu'est-ce que, qu'est-ce que tu appelles mélange?
205	G: Ben, y-aurait eu des, des réactions chimiques. C'est comme ça, ouais, avec un apport d'énergie et de matières au départ et puis on aurait pu aboutir à une bactérie.
206	P: C'est quoi une bactérie? Alors, je te repose ... Comment tu ... Pour toi c'est quoi une bactérie? Et comment tu l'inclus à ce que tu dis là? Donc...
207	G: Ben ce serait l'organisme le plus simple possible. Unicellulaire.
208	P: Alors le plus simple possible, donc fait de quoi?
209	G: Ben il serait fait de... Ce serait juste une cellule avec un noyau, avec de l'ADN dedans, avec un cytoplasme, avec ... Je sais pas, tout ce qui a avec.
210	P: Oui. Et alors le mélange? Tu as parlé de mélange, tu as parlé de réactions chimiques... et ... tu as parlé donc de, d'une seule cellule très simple... Tu peux me donner un exemple de comment on passe de mélange à ... euh... tu m'as parlé de... T'as donné des exemples de matières là. Est-ce que tu peux un petit peu développer là, pour qu'on voit un peu cette...
211	G: Non, je sais pas trop. Enfin je sais qu'y-avait eu des, des expériences qui ont été faites, je sais pas trop quand et où ils avaient, des scientifiques ont essayé en reproduisant justement les, les conditions à ce moment là, en ajoutant donc certaines molécules certains, certaines matières de retrouver, ben de retrouver les bactéries, les êtres vivants.
212	P: Et ils y sont arrivés?
213	G: Je crois oui...
214	P: Et ... alors, pourquoi le mélange a pas pu se faire avant?
215	G: Parce qu'il devait manquer quelque chose. Et que...
216	P: T'as une petite idée?
217	G: Je sais pas, peut-être qu'à cause des, à cause de, du volcanisme trop important, il y avait une trop grande chaleur ou alors qu'il manquait certaines molécules comme les acides aminés.
218	P: Pourquoi c'est important les acides aminés?
219	G: C'est essentiel, c'est pour former les protéines.
220	P: Et c'est important les protéines?
221	G: Ben, c'est essentiel non pour la vie?
222	P: T'as une petite idée?
223	G: J'ai pas trop d'idée. Les acides aminés?
224	K: Oui, oui.

225	G: C'est essentiel!
226	K: Ben... oui, pareil.
227	P: Dans une bactérie t'as une petite idée de leur rôle?
228	G: ... Non.
229	K: C'est des colles!
230	Rires.
231	P: C'est vraiment... Je suis vraiment affreuse! Vraiment très affreuse, oui. T'as dit que ces acides aminés, ils pouvaient venir d'ailleurs.
232	G: Oui.
233	P: Et comment ils s'étaient faits ailleurs?
234	G: Je sais pas... Je sais pas, les acides aminés sont, sont eux-mêmes des molécules.
235	P: Oui.
236	G: Ca a été fait par certaines réactions chimiques aussi, qui étaient possibles autre part que sur la Terre...
237	P: Et donc là ça aurait été intéressant que, que ça arrive. T'avais mis que les acides aminés t'en étais pas sûr?
238	G: Oui.
239	P: C'est ça? Pourquoi?
240	G: Ben c'était, c'était des souvenirs, c'est un petit peu comme Kévin quoi, j'avais des, certains flashes qui venaient de plusieurs, de plusieurs sources différentes donc le mélange on est pas trop sûr, donc, je pensais aux acides aminés mais j'en étais pas certain.
241	P: Et maintenant t'en es plus certain aujourd'hui? Qu'il en faut.
242	K: Apparemment.
243	G: Euh, non, enfin, euh, j'y pense toujours. Je pense que ça peut être ça.. Je suis pas sûr à 100%.
244	P: Donc en gros pour, pour faire une bactérie, il faut quels ingrédients? Et ils deviennent quoi alors? Tu as dit...
245	G: Des acides aminés, plus d'autres molécules sûrement puis faudrait, peut-être de la matière, quoi la matière minérale ou de l'eau ou de l'énergie.
246	P: D'accord, et alors la suite? C'est...
247	G: Ben la suite c'est, c'est un, tout ça forme un mélange. Je savais pas trop dans quel ordre d'ailleurs et ça peut donner une bactérie.
248	P: Mélange hein c'est ça? Moi c'est la notion de mélange que je vois, oui mais c'est... (FIN DU PREMIER COTE DE LA CASSETTE) Tu dis pas y aurait d'abord un premier mélange puis tu sais pas dans quel ordre.
249	G: Je sais pas y-auroit peut-être eu un mélange tout d'un seul coup ou peut-être en plusieurs étapes.
250	P: D'accord. Tu penses que ça a pu se refaire depuis ça? A l'échelle, enfin, sur la planète.
251	G . Je sais pas. C'est difficile de savoir.
252	D. Pourquoi c'est di... et c'est plus difficile de savoir pour le début? Pour la suite que pour le début?
253	G. Ben, ça passe plus inaperçu, oui.
254	P: Mais c'est pas impossible. Comment tu vois ça toi?

255	G: Ben non, c'est pas impossible. Je sais pas, est-ce que la vie est toujours possible maintenant. Donc il est sûrement possible qu'elle puisse se refaire.
256	P: Quelle sorte de vie alors peut se refaire? Toutes les sortes de vie?
257	G: Toutes celles qui existent maintenant.
258	P: C'est possible qu'elles se refassent donc ... A la surface de la terre, on a peut-être en certains endroits, y-a peut-être des, des choses qui se sont comme tu l'as évoqué là?
259	G: Oui, peut-être
260	P: Ca s'est fait où ça?
261	G: Sûrement dans l'eau.
262	P: Pourquoi?
263	G:...Je sais pas. On dit souvent que la vie s'est fait dans l'eau.
264	P: Et vous y voyez un rôle important à l'eau? Tu y vois un rôle important à l'eau?
265	G: Ca devait, ça devait sûrement être nécessaire à la formation de la bactérie.
266	P: Et de quelle façon? Enfin, tu m'expliques un peu là?
267	K: Il parlait de réactions chimiques tout à l'heure.
268	G: Oui y-a peut-être besoin de réactions avec l'eau, dans certaines conditions, qui auraient été plus favorables dans l'eau que dans l'air, à cause de la température, de la pression.
269	K: Et même des molécules XXX de toute façon, la molécule, la molécule...
270	P: Une fois que tu as la première bactérie, qu'est-ce que, qu'est-ce qui se passe?
271	G: Elle se divise, il y en a plusieurs puis qui se redivisent, qui se redivisent puis il y a de plus en plus de bactéries et puis ben, y-a sûrement au bout d'un moment des modifications de l'ADN et puis y-a une bactérie qui va commencer à être un peu différente et puis qui va pas forcément se diviser de la même façon et puis qui va, qui va donner d'autres bactéries. Et puis à force de modifications peut-être qu'on va obtenir des organismes qui vont ... qui vont se faire de plusieurs cellules, lors de la division au lieu de se séparer, elles vont rester ensemble.
272	P: Et alors on va vers quoi avec ça?
273	G: Ben à force de se modifier, ben on va vers des choses de plus en plus différentes, et puis vers les premiers organismes complexes.
274	P: Quand tu dis premiers organismes complexes...
275	G: Faits de plusieurs, faits de plusieurs cellules. Un peu plus sophistiqués.
276	P: La sophistication c'est ... plusieurs cellules?
277	G: Oui.
278	K: De tout façon, ça revient à ce que j'ai dit tout à l'heure.
279	P: Et les, et les, comment dire? Et les végétaux dans tout ça?
280	G: Ben à force de se différencier, ça ne peut qu'obtenir des choses qui ressemblaient de plus en plus à des végétaux jusqu'à la forme...
281	P: Et les animaux?
282	G: Ben pareil, c'étaient peut-être d'autres bactéries, avec d'autres changements qui auraient pu donner ... les animaux ben je sais pas , ça a du passer par des, au début les organismes ils se ressemblaient un peu comme du plancton, du plancton animal et végétal puis ça se complexifie.
283	P: Qu'est-ce que tu en penses toi de tout ça K.?
284	K: Pourquoi pas, justement, les planctons là ça... Ben peut-être qu'il se serait différencier en plancton animal et végétal et les planctons végétaux ben sont devenus des végétaux et le plancton animal, des animaux.

285	P: Qu'est-ce que vous mettez dans plancton, parce que ...
286	G: C'est...
287	P: Non, non , mais, parce que ...
288	G: C'est des petits organismes qui vivent à la surface de l'eau.
289	K. Qui pourraient, y-en a peut-être qui viennent des bactéries.
290	P: D'accord... Quelle heure il est là, je vais ...Vous avez l'impression. Alors, Oui, K., est-ce que tu peux, comment tu te situes par rapport à ...
291	K: Par rapport à G.? Ben y-a des ... En fait ça se complète un peu . Parce que moi, j'ai parlé qu'à partir de la bactérie. Et ben ce qu'on a dit à peu près sur la bactérie, ben, moi ça revenait à ce qu'il disait. Et puis lui, il a parlé pas mal de ce qui s'est passé avant, quoi. Avant, avant la création de la bactérie. Moi j'avais, j'avais oublié d'en parlé de ça... Ben, on se complète un peu là-dessus.
292	P: Et tu es d'accord avec ce qu'il a dit sur l'avant? Justement, avant la bactérie.
293	K:Oui, ben oui, parce que ...oui, sûrement.
294	P: Parce que tu disais...
295	K: Ben j'ai, j'en ai pas, dans ma, dans ma réponse, j'en avais pas parlé, mais dans mon entretien là, j'ai essayé d'en parler un petit peu mais c'est vrai que, ça c'est ce qui me paraît le plus flou, quoi. Et lui, ben il en a pas trop mal, pas trop mal parlé, ben c'est ce que je pense...
296	P: Et toi comment tu te situes... Comment tu te situes toi par rapport à K.?
	G: Ben pareil. . Je trouve qu'on se complète bien. Y-a juste un truc où je suis pas trop d'accord. C'est...Toi tu penses que d'abord y-a eu des modifications de l'atmosphère...
297	K: Acquiescement.
298	G: ... pour après avoir des êtres vivants. Moi je me demande si c'est pas plutôt l'inverse. Si y-a pas d'abord eu des êtres vivants à partir de certaines matières, et puis qui en se développant ont produit des végétaux qui ont après produit du dioxygène, qui était pas présent au départ.
299	K: ...Alors, oui, oui, oui, c'est vrai. Ah oui, parce que oui c'est vrai que... les végétaux produisent du dioxygène et puis absorbent le CO2 donc... ben pourquoi pas?... Sûrement même!
300	P: Pourquoi tu dis sûrement?
301	K: Ben parce que ... Le dioxygène, il serait apparu comment à ce moment là à la surface de la Terre? Il est pas apparu comme un claquement de bottes, qu'il a sûrement fallu qu'il y ait, qu'il y ait des végétaux! Ou qu'il soit apparu avant!
302	P: Toi tu, tu... tu le faisais apparaître comment? Le dioxygène? Tu y avais réfléchi avant?
303	K: Ben, non, ça j'avais pas réfléchi à ça... je, je savais pas en fait ...En fait la bactérie serait apparue avant qu'il y ait... un changement dans l'atmosphère.
304	G: Il y aurait eu synthèse des bactéries et puis peut-être après les végétaux et puis ensuite les végétaux aurait, aurait changé l'atmosphère en fait, en absorbant le, le dioxyde de carbone et en relâchant du dioxygène et puis comme après c'est devenu respirable peut-être qu'il aurait pu y avoir des ...
305	K: Ben ouais je suis d'accord!

306	P: T'es d'accord. Rires. Bon, ben je crois qu'on va arrêter là. Est-ce que vous avez, est-ce que vous avez des choses à dire encore? Vous dites, par rapport à ce que vous avez dit... Est-ce que vous vous dites mince y-a un truc que j'ai oublié ou bien ... là je me pose encore des questions. Vous vous posez encore des questions à ce sujet après que je vous aie bien embêtés?
307	G: Ben oui.
308	P: Tu t'en poses?
309	K. Oui, oui. Bien sûr.
310	G: Je reviens toujours à la même, l'histoire du mélange. On sait pas trop comment s'est fait le mélange, dans quel ordre et puis duquels éléments on va XXX
311	K: En fait, c'est l'ordre, moi l'ordre que j'ai eu. Je... Bactérie, végétal, poisson, reptile, oiseau, mammifère. Je me demande si c'est le bon ordre en fait... que ... C'est du végétal au poisson là c'est... Ce serait plutôt en fait qu'il y aurait, y-a aurait d'abord la bactérie qui aurait donné, qui se serait divisée, qui aurait donné... le plancton végétal comme il disait tout à l'heure, et le plancton animal et puis là y-a aurait eu végétaux, et puis de l'autre côté les animaux. Donc en fait le plancton végétal serait apparu avant le plancton animal? Puisqu'il a donné les végétaux.
312	G. Oui, sûrement.
313	P: Et pour qu'il y ait le plancton animal?
314	K: ... Ben...Nécessité de ...de O2.
315	G: Animal, c'est nécessité du dioxygène.
316	P: Donc il faut forcément le préalable des végétaux ...
317	K. ...Donc en fait sans les végétaux les ... les animaux ben, ne peuvent pas vivre. Si, si y-avait pas eu de végétaux , y-a aurait pas eu d'animaux.
318	P: Pour toi, c'est pareil?
319	G: Oui, je pense.
320	P: Y-a d'autres questions que vous vous posez encore, là, après ça?
321	K: Je suis sûr qu'il y a plein de questions que je me poserai plus tard mais ...
322	P: Si ça te gêne,... si ça ne vous gêne pas, vous me les notez sur un papier et vous me les faites passer.
323	K: Ben de toute façon, on va peut-être voir en cours aussi.
324	P: Oui, on va voir ça en cours. C'est pour ça que je vous ai fait venir vite parce que vendredi on va en parler un petit peu donc je voulais vous voir avant... C'est ... Je vous remercie. Est-ce qu'il y a d'autres questions G. que tu ... ?
325	G: ...Oui, y-en a, je sais pas...
326	P: Ben tu peux les...
327	G: Mais ça viendra sûrement après.
328	P: Ou tu les donnes en vrac là si y-en a une ou deux qui arrivent...
329	G: Ben y-en a plein, en fait on sait vraiment pas comment ...
330	K: En fait y-en a tellement que ... laquelle ...
331	G: Comment on a pu passer d'un tel à un autre.
332	P: Pardon? J'ai pas compris.
333	G: Comment on a pu passer d'un tel à un autre. D'un plancton à un poisson, des trucs comme ça.
334	P: Oui.

171
ANNEXE 16

335	G: Comment je sais pas une bactérie a pu se faire ... à partir de simples matières alors que c'est quelque chose avec, quand même un peu compliqué ... avec un noyau, qui est capable de se diviser, en faire deux puis trois...
336	P: Acquiescement. K., ça va?
337	K: Acquiescement.
338	P: Je vous remercie.

NOM:
Mercredi 8 septembre 1999

Prénom: Céline.....

Classe: Seconde 1

Y-a-t-il toujours eu des animaux sur la Terre? Justifiez.

Oui, je pense qu'il y a toujours eu des animaux sur terre.
que ce soit des animaux vivants dans l'eau, la terre, l'air
il y en a toujours eu.

Comment expliquez-vous la présence d'animaux sur la Terre?

Si, il n'y avait pas d'animaux, nous n'en serions peut-être pas là aujourd'hui. A l'époque où il n'y avait pas de machines, c'était les animaux qui aidaient les hommes à travailler. De même pour la nourriture, les animaux nous sont très utiles. La présence des animaux sur terre est irremplaçable.

Comment expliquez-vous qu'il y ait des animaux sur la Terre et pas sur Mars et Vénus?

Pour que les animaux vivent, il faut que la planète soit à une certaine température. La Terre est une planète vivable car sa température permet aux animaux et aux hommes de vivre. Elle est à une distance idéale du soleil ce qui explique la présence des animaux sur terre.

La réponse écrite de Céline (Seconde, 1999/00, L'origine de la vie)

NOM: Prénom: Céline Classe: Seconde 1
Mercredi 8 septembre 1999

Y-a-t-il toujours eu des végétaux sur la Terre? Justifiez.

Oui, il y a toujours eu des végétaux sur Terre.
Cela revient également à la température.

Comment expliquez-vous la présence de végétaux sur la Terre?

Les végétaux sont indispensables à la vie animale et humaine.
La présence des végétaux sur Terre s'explique grâce à
l'eau et la chaleur. Les végétaux ont poussés.

Comment expliquez-vous qu'il y ait des végétaux sur la Terre et pas sur Mars et Vénus?

La vie existe sur la Terre, pas sur Mars et Vénus.
Si il y a vie, il y a des végétaux, des animaux.

NOM _____ Prénom: Caroline Classe: Seconde 1
Mercredi 8 septembre 1999

Y-a-t-il toujours eu des animaux sur la Terre? Justifiez.

Oui il y a toujours eu des animaux.
au départ ils étaient microscopiques
puis au fil des années ils ont grandi.
la preuve, on sait que ~~les~~ certains animaux
comme la tortue, les crocodiles, les requins
existaient avant les dinosaures ainsi que
d'autres espèces, mais ils étaient tous petits et
vivaient dans l'eau

Comment expliquez-vous la présence d'animaux sur la Terre?

avec les bactéries
qui étaient dans l'eau
ou qu'au départ la terre
était une planète formée essentiellement d'eau
de plus ~~il~~ dans l'eau il y avait de la végétation
un peu comme du plancton

Comment expliquez-vous qu'il y ait des animaux sur la Terre et pas sur Mars et Vénus?

peut-être ^{que} sur Mars et Vénus il n'y avait
pas d'eau ni de végétation. le climat n'était pas
favorable pour qu'il y ait des animaux

La réponse écrite de Caroline (Seconde, 1999/00, L'origine de la vie)

NOM: Prénom: Caroline Classe: Seconde 1
Mercredi 8 septembre 1999

Y-a-t-il toujours eu des végétaux sur la Terre? Justifiez.

Oui il y a toujours eu des végétaux sur Terre
Car, ainsi que les animaux, ils se trouvaient
dans l'eau et avaient une taille microscopique
ou qu'à certains endroits l'eau disparaissait
ils se sont adaptés à la terre
(idem pour les animaux.)

Comment expliquez-vous la présence de végétaux sur la Terre?

La terre étant formée essentiellement d'eau,
l'eau contenant des bactéries il y eu
formation de végétaux.

Comment expliquez-vous qu'il y ait des végétaux sur la Terre et pas sur Mars et Vénus?

Sur ces deux planètes il n'y avait
pas d'eau et le climat n'était pas assez
chaud pour qu'il y ait formation de végétaux.

LE PROBLEME DE L'ORIGINE DE LA VIE

ENTRETIEN AVEC CELINE ET CAROLINE
Classe de Seconde (1999/00)

Mardi 14 septembre 1999, 30 mn

Transcription réalisée par Denise ORANGE

Dans la transcription:

Ca: Caroline

Cé: Céline

P: Professeur (Denise Orange)

XXX: signale des propos inaudibles

1	P. Voilà, c'est parti. Alors, ben, on se met un petit peu dans le bain. L'autre jour, je vous ai demandé s'il y avait toujours (eu) des animaux sur la Terre et toujours des végétaux. Alors, enfin, comment vous avez vu les choses là?
2	Ca. Ben, oui, pour moi, y-a toujours eu la vie sur la Terre. Donc, je sais pas, ça devait être peut-être des animaux microscopiques, dans l'eau, plus ... avec les années, ils ont grandi.
3	Cé. Oui, moi aussi, y-a toujours, pour moi, c'est vrai qu' y a toujours eu ... c'est vrai que c'est assez ... s'imaginer ça moi je trouve que ça assez complexe, j'ai du mal à m'imaginer tout ce qui est univers et tout mais.. c'est vrai que pour moi, y-en a toujours eu.
4	P. Y-en a toujours eu...
5	Cé. J'arrive pas à imaginer sans, quoi. Comment, c'est vrai que j'arrive pas à m'imaginer quand est-ce qu'ils sont apparus, comment et ... pourquoi, tout ça c'est vrai que pour moi, c'est des questions souvent sans réponse.
6	P. Et tu as les mêmes difficultés (à l'intention de Ca)?
7	Ca. Oui ...Oui.
8	P. Tu dis que tu as du mal à imaginer ça. Comment tu fais pour l'imaginer quand on te force comme je le fais?
9	Cé. Ben oui, ben, je sais pas, je me dis que bon ben ils sont arrivés mais comment ça je ... j'ai aucune réponse à ... c'est vrai que comment ... ça c'est la question ... bon, ils sont arrivés, je sais pas comment mais ...
10	P. Et ...
11	Cé. Ils sont arrivés.
12	P. Ils sont arrivés. Qu'est-ce que tu mets dans le "ils"? Qui est arrivé?
13	Cé: Ben les animaux, les végétaux, les ... C'est venu ...
14	Ca: Ben, moi, j'ai, j'ai vu des émissions mais je sais pas si c'est la vérité mais en fait c'était sous forme de bactéries au départ et ... ben ... ben ... elles ont grandi quoi en fait et voilà, quoi, mais je sais pas si c'est vrai.
15	P. Oui. Ca te, ça te paraît acceptable que ça puisse se faire comme ça...
16	Ca ou Cé?. Ben pourquoi pas?

17	P. Ca te gêne pas. Toi tu disais que tu avais du mal à l'imaginer.
18	Cé. Non, parce que faut bien ... un, un départ ... pour que maintenant, pour que nous vivions maintenant, faut toujours, on a besoin de quelque chose pour vivre donc au départ, il fallait qu'il y ait déjà ces choses mais faut qu'y-ait ces choses soient ... faut qu'elles ont ... faut qu'elles aient pu arriver aussi c'est ... c'est toujours ... ça conti ... pour moi, c'est une chaîne sans fin quoi, y- pas, y-a pas de début. Moi, j'arrive pas à le trouver le début, le point de départ, comment c'est venu, c'est ça ...
19	P. Comment tu fais, comment tu te débrouilles quand tu veux y penser? Tu re ..., tu re ... tu pars de nous, comment tu fais?
20	Cé. Ben j'essaie de ... C'est vrai que c'est assez compliqué. J'essaie de ve ... de nous et puis de remonter un peu en arrière.
21	P. Et tu trouves quoi, quand tu remontes? Comme ça.
22	Cé. Ben j'ai vraiment du mal à trouver quelque chose, en fait.
23	P. Mais est-ce qu'il y a ... Est-ce qu'il y a des choses plus sûres que d'autres?
24	Cé. Ben ...
25	P. Quand tu essaies de remonter.
26	Cé. Ben y-a des choses ... Pour moi y-a toujours ... les végétaux, oui je suis sûre qu'ils ont toujours été ... enfin bon ... enfin je suis sûre ... Pour moi, ils ont toujours existé. Mais les animaux, je sais pas comment ... Parce qu'il faut qu'il y ait une reproduction mais pour qu'il y ait une reproduction , faut déjà qu'il y ait ... qu'il y ait eu ... Faut toujours qu'il y ait quelque chose en fait! Donc c'est vrai que c'est assez ...
27	P. Faut toujours qu'il y ait quelque chose ...
28	Cé. Faut, faut ... C'est comme nous, pour qu'on ait, pour qu'on ait pu être là, c'est que derrière bon, y-a eu nos parents, tout ça ... mais au début? Y-a bien ... Pour qu'on arrive? C'est vrai que c'est assez ...
29	P. Et alors quand tu essaies de remonter comme ça, tu trouves des parents.
30	Cé. Oui.
31	P. Des grands parents.
32	Cé. Oui, ça fait très... mais c'est ... au début, quoi j'arrive pas à ...
33	P. Et quand tu remontes encore, tu trouves encore des arrière grands parents et si tu remontes encore, tu trouves quoi? ... En remontant encore.
34	Cé. Je trouve encore, tout le temps des personnes mais à un moment où bon, ben, il doit y avoir quelque cho... A un moment, ça doit s'arrêter...
35	P. Ca doit s'arrêter.
36	Cé. Ca doit s'arrêter quoi mais ...
37	P. Tu penses que ça a commencé à un moment.
38	Cé. Oui.
39	P. Toi aussi.
40	Ca. Oui.
41	P. Et ce moment, il était ...
42	Cé. Très longtemps.
43	P. Y-a très longtemps. C'est plus facile pour les végétaux pour toi aussi? C'est plus facile?
44	Ca. Oui, ben oui c'est ...Ben, ça fait bizarre parce que là nous, on est ... ben, je sais pas moi ... Que avant c'était peut-être plus des animaux. Par exemple, comme on dit ce sont les singes et puis après mais ... ça fait bizarre.
45	P. Comment tu remontes toi? Je demandais à ta collègue là de ... de remonter. Comment tu remontes toi?

46	Ca. De notre époque et puis après je sais pas moi, au Moyen âge ou ... et puis après à la préhistoire ...
47	P. Et après, tu remontes encore?
48	Ca. Ben ... Non, je vois pas trop.
49	P. Et qu'est-ce que tu trouves quand tu remontes?
50	Ca. Ben, des personnes mais ...
51	P. Ca veut dire quoi des personnes? Tu peux prendre un exemple, par exemple. Ca fait beaucoup (d'exemples dans la phrase)...
52	Rires ...
53	P. Vous voyez ... Ma phrase est pas très jolie mais bon ... On se comprend. L'important, vous voyez, c'est de se comprendre.
54	Ca. Et ben ... Je sais pas trop en fait.
55	P. Parce que toi, tu as essayé en fait, tu nous as dit que c'était difficile de remonter.
56	Cé. Oui.
57	P. Mais est-ce que je traduis ta pensée là, quand tu dis c'est difficile ...
58	Cé. Pour moi y-a eu un début mais c'est le début que j'ai du mal à m'imaginer en fait.
59	P. Et après ça va?
60	Cé. Après, oui bon, je me dis à partir du moment qu'il y a eu des personnes qui ... bon après on a pu faire la reproduction tout ça, ils ont pu faire des enfants. Donc, bon, après c'est une chaîne qui continue. Mais y-a bien eu un début et c'est le début que j'arrive pas à me ...
61	P. A te représenter. Et la chaîne, elle est, elle est comment? La chaîne? Puisque tu dis que tu te la représentes mieux. Comment elle est cette chaîne? Elle est faite de quoi?
62	Cé. Euh.
63	P. Après ce début?
64	Cé. Ben des personnes. Un homme et une femme ... Bon, ben des ... Un couple qui ont fait des enfants et bon ben après ça continue ...
65	P. Pour toi?
66	Ca. Ben c'est pareil en fait. Mais ... En fait, on sait pas trop comment l'expliquer.
67	P. Qu'est-ce qu'on sait pas trop expliquer?
68	Ca. Rires. Je sais pas moi... Ben en fait, moi j'ai peut-être peur de me tromper, enfin ...
69	P. On est forcément sur un sujet un peu délicat. Même les chercheurs actuellement, ils sont pas, ils sont pas clairs. Alors qu'est-ce qui ... Si tu veux, tu as peur ... Je comprends les réserves hein. On est sur des hypothèses bien évidemment, hein. Mais comment, qu'est-ce qui te paraît le plus acceptable?
70	Ca. Ben en fait l'être humain est peut-être venu ben, avec les animaux, en fait...Je sais pas moi ... ben leur intelligence ...
71	P. Explique nous un petit peu parce que je suis pas sûre que , hein ... L'être humain est venu avec les animaux?
72	Ca. Enfin, pas les animaux, enfin, comment on peut l'expliquer ... Ben, les singes par exemple et, au bout d'un moment ça ... Au fil des années... Ben, par exemple au début ils marchaient à 4 pattes, après ben sur 2 pattes quoi... Voilà quoi, voilà au fil des ans ... Pour expliquer ... C'est pas très ...
73	P. Ce que tu chercherais à expliquer, c'est quoi ? Ce pour quoi t'as pas de réponse, c'est quoi alors?
74	Ca. Ben, pourquoi, nous on est comme ça maintenant? Enfin ... Même avant le Moyen âge, on sait pas trop comment les gens étaient en fait. On n'a pas beaucoup d'explications pour ça.

75	P. Et quand tu dis les gens ... On sait pas trop ce que les gens étaient ... De quel point de vue tu...
76	Ca. Ben leur mentalité, ou leur façon de s'habiller ou ...Je sais pas moi ... Comment ils vivaient en fait.
77	P. Ben c'était pas une question d'être à 4 pattes ou à 2 pattes. Ca on le savait.
78	Ca. Oui.
79	P. Donc euh... Parce que tu sais tu parlais des singes.
80	Ca. Oui.
81	P. Et tu disais 4 pattes ... 2 pattes ... C'était pour dire quoi ça?
82	Ca. Ben, l'évolution, en fait... Et leur mentalité.
83	P. Parce que ça, ça change au cours du temps.
84	Ca. Oui.
85	P. Et toi tu penses quoi de ça, parce que toi tu as parlé d'une chaîne.
86	Cé. Oui, moi je ...
87	P. Qu'est-ce que tu penses de ce qu'elle dit?
88	Cé. Ben, je suis pas ... Enfin, j'ai pas la même, j'ai pas du tout la même vision des choses.
89	P. Ah oui! Alors ...
90	Cé. Moi je ... je pars pas du même principe, en fait. Je suis moins dans les ... à partir des animaux ... après les hommes, avec le singe et tout. Moi j'arrive pas ... Pour moi, j'arrive pas à m'imaginer bon ben que les animaux comme le singe ont pu après faire que ça devienne un homme ... Non, moi je sais que pour moi, y-a eu un début mais c'est vrai que là, c'est un grand point d'interrogation.
91	P. Et après, oui d'accord, y- a eu un début c'est là que... que tu te poses des questions .
92	Cé. Oui .
93	P. Qu'est-ce qu'il faut pour que ça démarre? Si on voulait y réfléchir un petit peu. Comment? Qu'est-ce qu'il y avait avant ce début? On peut dire ça aussi.
94	Cé. Oui.
95	P. Qu'est-ce qu'il y avait avant ce début?
96	Cé. Silence.
97	P. Et pour toi? Parce t'avais un début?
98	Ca. Ben, oui, oui.
99	P. Qu'est-ce que ... Qu'est-ce qu'il y avait avant?
100	Ca. Je sais pas.
101	Cé. C'est ...
102	P. C'est pas facile.
103	Les deux. Non.
104	Ca. C'est une question, c'est vrai qu'on se pose pas tous les jours donc, le jour où il faut y réfléchir ...
105	Rires.
106	P. Oui, je vous prends un peu à froid, là. Mais c'est aussi ...
107	Cé. Non, mais c'est vrai que ça nous arrive des fois même d'y penser tout seul ... enfin je pense ... Moi ... Ca nous arrive d'y penser ... Comme même, moi je voyais en histoire, en géographie, c'est pareil. L'univers, tout ça, moi, pour moi, c'est quelque chose... Moi, j'arrive pas à y comprendre, à comprendre ça. Infini, le mot infini, univers, tout ça c'est ...
108	P. Ah oui. Oui, alors donc là tu retrouves cette notion d'infini, là aussi?

109	Cé. Oui, pour moi, je sais pas si y-a eu un début en fait. Si ça se trouve, ça fait des ... Enfin, pour moi, y-a eu un début mais ... c'est comme l'infini, pour moi, y-a l'univers, ça s'arrête quelque part mais ... c'est vrai que c'est une question enfin ... sans réponse.
110	P. Oui, oui.
111	Ca. Et puis peut-être que personne n'a jamais su vraiment nous expliquer en fait.
112	Cé. Acquiescement.
113	Ca. Au départ donc ...
114	P. Donc, oui, c'est ça, vous n'arrivez pas à ... à ...
115	Ca. Ben, à comprendre peut-être.
116	P. Oui. Oui. Vous avez déjà, y-a des choses qui , y-a des hypothèses qui vous viennent sur ce qu'il y avait avant?
117	Silence
118	P. Y-avait rien avant?
119	X. Ben si.
120	P. Avant ce début. Là on parle de, des ... des êtres vivants.
121	Cé. Oui.
122	P. Avant eux, y-avait rien?
123	Cé. Il devait bien y avoir quelque chose.
124	Ca. Oui, je sais pas, des bactéries peut-être mais c'est toujours ... c'est toujours ... Ca finira . Enfin. Si on part, si on part comme ça, ça finit jamais parce que y-a toujours eu quelque chose avant en fait et on sait jamais qu'est-ce qu'il y a eu avant.
125	P. Voilà, donc on peut pas tellement répondre.
126	Cé. Parce que pour que ça naisse, il faut bien qu'il y ait eu quelque chose avant qui les aide à naître. Donc c'est vrai que c'est ...
127	P. Et qu'est-ce qui pourrait aider à naître? C'est vrai ...
128	Cé. Oui, oui.
129	P. C'est le problème de cette, de cette naissance.
130	Cé. Acquiescement.
131	P. Alors on va, on va laisser un peu de côté l'avant. Mais alors, juste après, qu'est-ce qu'il y avait? Qu'est-ce qui vous paraît le plus satisfaisant?
132	Cé. Après le début?
133	P. Oui, juste après le début. Ca a donné quoi le début? C'était quoi le début?
134	Cé. Ben, un homme et une ... Ben, je pense qu'il y avait des hommes, des femmes et puis bon, ben, après, ils ont essayé de vivre comme ils pouvaient. et, ils sont, ils se sont reproduits enfin, ils ont pris un mode de vie et puis au fur et à mesure ça a évolué selon les mentalités, tout ça. Les gens ils ont ... Oui les modes de vie, ils ont appris à connaître plusieurs, plus de choses, voilà quoi ...
135	P. Et pour les plantes? Et pour les végétaux? C'était quoi XXX
136	Cé. Enfin, ça pouvait.... enfin ça peut être avec, je sais pas, moi, la pluie, tout ça, le soleil fait, ça fait que les plantes, tout ça, ont poussé. Enfin, la nature, c'est vrai que c'est ...
137	P. Pourquoi tu souris?
138	Ca. C'est toujours aussi difficile.
139	Cé. Oui.
140	P. C'est vrai, c'est vrai que c'est pas facile, là.
141	Ca. C'est pas une question très...
142	P. Toi, toi, tu le vois comment pour les plantes? Les végétaux donc.

143	Ca. Je sais pas en fait ... En fait, il a dû y avoir quelque chose qui a déclenché la végétation mais c'est pareil, quoi? On sait pas. Et peut-être qu'il y a toujours eu de la vie sur terre mais ... on sait pas et pourquoi pas sur les autres planètes aussi? En fait, y-a beaucoup de choses qu'on peut pas résoudre.
144	P. Donc ... Mais entre le ... le toujours ... Là, tu as l'air de dire peut-être qu'il y en a eu toujours... Est-ce que c'est ce que tu penses vraiment? Est-ce que c'est ce que vous pensez vraiment? Le toujours, qu'il y en a toujours eu? Ou bien est-ce qu'après enfin... Ou bien est-ce qu'il y a eu une origine?
145	Ca. Oui, mais il faudrait savoir quelle origine aussi parce que ...
146	Cé. Acquiescement.
147	Ca. Sinon...
148	P. Vous voyez des différences entre les animaux et les végétaux?
149	Les deux. Pour moi, non.
150	P. Non, c'est-à-dire?
151	Cé. En fait, les végétaux et les animaux, ils se complètent en fait. Enfin, ils se complètent les ... Les végétaux, non, les animaux ont besoin des végétaux, je pense, pour se nourrir de toute façon donc je pense que quand les animaux ont paru, sont paru ...
152	P. Oui, c'est pas grave ça ...
153	Cé. Et ben les végétaux ... devaient être là puisque après, il fallait que les animaux se nourrissent. Donc...
154	Ca. Oui, sinon, y-aurait pas eu d'existence, en fait.
155	Cé. Ben oui.
156	P. Donc on a déjà, en réfléchissant un peu, on a déjà un ordre.
157	Ca. Oui, d'abord les végétaux et peut-être après les animaux.
158	Cé. Acquiescement.
159	Ca. Parce que sinon, ils auraient pas pu vivre. Donc...
160	Cé. Parce que les végétaux peuvent vivre sans les animaux.
161	P. Les végétaux peuvent vivre sans les animaux.
162	Cé. Ah oui, pour moi, oui.
163	P. Et alors, là, est-ce que... l'origine des végétaux, donc, on peut maintenant repousser un peu, le but c'est quand même de remonter un peu, on a dit que c'était difficile mais... l'origine des végétaux, tu avais quelques idées, toi?
164	Cé. Moi, je pensais à, je sais pas, quelque chose, avec la pluie, avec le temps, tout ça donc, je sais pas, ça aurait pu pousser. Mais avec quoi?
165	P. Qu'est-ce qu'il faut? Ca aurait pu pousser? Qu'est-ce qui aurait poussé?
166	Cé. Ben, les végétaux.
167	P. A partir de quoi?
168	Cé. Ben, sur le sol, sur la terre. Avec, je sais pas. Le vent peut-être aurait ramené je sais pas du tout ...
169	P. Il aurait ramené quoi le vent?
170	Cé. Ben des graines qui aurait fait que ça aurait poussé puis après, ça se reproduit, c'est pareil..
171	P. Et pour toi?
172	Ca. Ben, oui, à peu près. Enfin, oui, dans l'eau. Enfin ... Pour moi, ça doit être cette solution.
173	P. C'est-à-dire donc?

174	Ca. Ben, une graine, ou enfin quelque chose comme ça. Et puis au fur et à mesure elle a poussé et puis y-en a eu d'autres et puis...
175	P. Et elle viendrait d'où cette graines?
176	Les deux . Rires et successivement: Alors ça?
177	Cé. Peut-être sous l'eau.
178	Ca. Peut-être.
179	P. Et comment elle aurait été là?
180	Cé. Ben, je sais pas, avec le vent, elle se serait promenée.
181	Rires.
182	P. Donc là, on arrive, on arrive à ... bon à jalonner un tout petit peu, hein? A mettre des choses mais bon... Et alors les animaux, y-a de la nourriture. Imaginons ... Je pars là-dessus. Les animaux eux, comment ils arrivent?
183	Cé. Alors, ça aussi une...C'est vrai que c'est le début qui est le ... qui est le plus compliqué. Pour moi. Parce qu'ils sont arrivés. Ils ont été là mais ils sont arrivés comment? Par quels moyens?
184	P. Et toi?
185	Ca. Silence.
186	P. T'avais des explications, un peu?
187	Ca. Oui, enfin je sais pas mais... Ben c'est ce que j'ai vu à la télé donc c'est ce que j'ai pensé. Mais, je sais pas, sous forme de bactéries quoi en fait puis en fait après sont devenues des poissons et comme par exemple les ... j'ai vu dans un musée les amphibiens tout ça puis après comme y'avait moins d'eau, ils sont venus sur terre et ben voilà mais je sais pas si...
188	P. Donc ça serait des bactéries...
189	Ca. Oui.
190	P. Là, t'es du côté des animaux.
191	Ca. Donc, on remonte, on trouve des bactéries. Tu saurais décrire rapidement une bactérie pour que ça parle à ta collègue?
192	Ca. Ben, quelque chose de microscopique, quoi enfin... je sais pas ...
193	Cé. C'est quelque chose de vivant.
194	Ca. Oui, voilà.
195	P. Qu'est-ce que ça veut dire, quelque chose de vivant?
196	Ca. Ben, il respire, je sais pas moi ... il mange, ben, il se nourrit, quoi donc ...
197	P. C'est vrai, on pourrait peut-être se demander ce que, ce que c'est quelque chose de vivant donc, là on pourrait peut-être éclaircir ce problème du début. Donc il respire, il mange...
198	Ca. Ben, il grandit au fur et à mesure des années.
199	Cé. Au fur et à mesure qu'il mange, il grandit.
200	P. Oui, oui. Et donc, ça c'est pour les animaux. Des bactéries. Elles auraient pu venir d'où, ces bactéries? Comment? Comment on peut expliquer leur présence?
201	Ca. Ben, des végétaux. Y-aurait peut-être eu des ...je sais pas...
202	P. D'où elles viennent, ces bactéries?
203	Ca. De l'eau mais ...
203	P. Elles vivraient dans l'eau.
204	Ca. Oui.
205	P. Et comment elles auraient été là?
206	Ca. Ca c'est la question ...
207	P. Est-ce que tu, est-ce que tu adhères un peu à cette...

208	Cé. Oui.
209	P. A cette idée de...
210	Cé. Oui.
211	P. Qu'est-ce qui te paraît intéressant dans son idée?
212	Cé. Qu'il y a eu quelque chose de très petit qui après a poussé mais c'est vrai que l'évolution, bon, ben, on a du mal quand même à se l'imaginer. Pour qu'une bactérie devienne quelque chose de un peu poisson, après que ça vienne sur terre, de 4 pattes, après 2 pattes, c'est vrai que bon, ça ...
213	P. Et par rapport à l'origine, est-ce que ça règle un peu le problème que tu avais toi, pour l'imaginer cette origine?
214	Cé. Oui un peu mais c'est vrai que ça part toujours, comment elle fait la bactérie pour venir?
215	Ca. Oui, c'est ça la question.
216	Cé. D'où elle est venue? En fait.
217	P. Bon, pour les végétaux, c'est autre chose?
218	Cé. Je pense que pour les végétaux, ça doit être plus simple.
219	P. C'est-à-dire?
220	Cé. Ben, je sais pas, c'est plus simple pour qu'ils viennent, pour que les végétaux poussent; c'est plus naturel en fait. Enfin, pour moi, c'est plus naturel. Parce que pour que les animaux viennent, pour que les animaux vivent, naissent, on peut pas faire ça avec de l'eau enfin, alors que les végétaux c'est vrai avec de l'eau, une petite graine, quelque chose comme ça, ils peuvent pousser alors que les animaux c'est vrai que bon avec une graine et de l'eau, ça a du mal à pousser!
221	Rires.
222	P. Donc il y a quand même une distinction entre les végétaux et les animaux.
223	Les deux. Oui.
224	Ca. Et pour toi?
225	Ca. Et ben moi, dans la feuille j'avais marqué que c'était pareil, mais en réfléchissant, c'est peut-être, oui c'est peut-être, son idée n'est peut-être pas mauvaise non plus.
226	P. C'est-à-dire donc?
227	Ca. Ben, ce serait peut-être pas la même chose que pour les êtres humains.
228	P. Et alors ça se serait passé comment? Si tu intègres un peu ce qu'elle dit à ce que tu pensais toi? Comment tu vois les choses?
229	Ca. Ben si c'est vrai, une ... quelque chose... une graine, ou je sais pas, avec l'eau oui c'est sûr que même nous une graine de fleur, on met dans la terre et puis on l'arrose, et puis ça peut pousser. Donc pourquoi pas comme ça? Mais d'où viennent les graines? Ca, c'est pas ...
230	P. Ca résout pas ...
231	Ca. Non, pas trop. Non.
232	P. Et vous pensez qu'il faut encore le résoudre ce problème? Il faudrait savoir ...
233	Ca. On a réussi à vivre sans, je vois pas pourquoi...
234	Rires
235	P. Oui, c'est vrai que là, on est un peu en train de se... de se ...
236	Ca. C'est sûr.
237	Cé. C'est vrai que d'avoir une réponse à ça, ça nous, ça nous aiderait, quand même peut-être à comprendre.
238	Ca. Oui.
239	P. C'était comment à l'origine? Comment ça se présentait... la terre à l'origine?

240	Silence
241	P. Comment vous voyez ça? Parce qu'on peut aussi approcher l'origine en se disant, c'est vrai, ça se présentait comment?
242	Silence.
243	P. La terre elle était comme maintenant?
244	Cé. Ben non, tout était regroupé, je pense. Les continents, tout ça ...
245	Ca. Oui...
246	Cé. Tout était regroupé. Déjà, on le sait. Puis, ben y-avait ... Puis après, au fur et à mesure, bon, ben, peut-être que l'eau avec...
247	P. Donc c'était différent, en quoi c'était différent la terre à l'époque? Quand la vie est apparue? C'était... Qu'est-ce qu'il y avait de pareil? Qu'est-ce qu'il y avait de différent avec maintenant?
248	Silence.
249	P. A votre avis, bien sûr, on est sur des hypothèses.
250	Ca. Ben, c'était pareil, y-avait des végétaux et des êtres vivants. Mais peut-être pas pareil, je sais pas, parce que nous, par exemple une maison... c'est pas le même monde en fait.
251	P. Donc ce qu'y, ce qu'y-avait pas c'était ... les maisons...
252	Ca. Oui, enfin, oui tout le confort qu'on a maintenant. Ca c'est sûr.
253	P. Donc vous voyez, si vous me faites une petite description du début par exemple, du début. Est-ce que vous... C'est ça, vous m'avez dit que la vie, enfin les êtres vivants, animaux et végétaux, ont toujours existé.
254	Aquiescement (Cé?).
255	P. Mais que y-avait quand même pour vous, c'est ce début.
256	Les deux: Oui, oui.
257	P. Si ça veut dire toujours... Qu'est-ce que ça veut dire qu'ils ont toujours existé sur la terre? Ca veut dire que depuis que la terre...
258	Cé. Oui.
259	P. ... est terre ...
260	Les deux. Oui.
261	P. Y-a. C'est ça?
262	Les deux. Oui.
263	P. Y-a des êtres vivants
264	Acquiescement
265	P. Alors...Ben oui, c'est vrai... Si depuis que la terre est terre, y-a des êtres vivants, si vous envisagez une origine pour les êtres vivants, il faut une origine à la terre?
266	Cé. Oui.
267	Ca. Oui. Rires. C'est ce que je me posais en plus comme question!
268	P. Et alors comment...
269	Cé. Alors ça c'est vrai que c'est... Parce qu'on finit plus après!
270	Ca. Pourquoi y-avait l'univers et ...oui...
271	Cé. Oui... les planètes, tout ça, c'est ça... c'est...
272	Pourquoi y-a une vie à la limite?
273	Ca. Oui. Rires.
274	P. Pourquoi, on s'embête à en parler?
275	Rires.
276	P. Oui, c'est ça, hein, un peu. Alors elle était comment cette terre au début?

277	Ca. Moi, pour moi, elle était faite de terre mais toute recouverte d'eau mais... Ca, je sais pas.
278	Cé. Oui puis peut-être qu'après, par rapport... Peut-être qu'au milieu de la terre, ça, je sais pas comment dire...
279	Ca. Oui, qu'y-a eu moins d'eau puis...
280	Cé. Oui.
281	Ca. Je sais pas.
282	P. Donc que la terre a un petit peu changé par rapport au début.
283	Les deux. Oh ben oui!
284	P. C'est ça hein?
285	Les deux. Oui.
286	P. Au début, donc toi, tu la voyais comment au début la terre?
287	Cé. Moi, je la voyais avec de la terre et de l'eau.
288	P. Que ça? Comme elle un peu?
289	Cé. Ben oui, tu voyais que de l'eau, toi?
290	Ca. Non, de la terre mais recouverte d'eau.
291	Rires
292	Cé. Comme ça.
293	Ca. Ben, je sais pas par exemple, ...
294	Cé. T'avais la terre et t'avais de l'eau par de...
295	Ca. Oui.
296	Cé. Oui, d'accord.
297	Interruption (venue de Patricia pour du matériel)
298	P. Oui, alors allez-y. (A l'intention de Patricia) Mais non, mais c'est pas grave. Oui, on en étais où? Donc... vous échangez à propos de comment elle était la terre au début.
299	Les deux. Oui.
300	P. Alors, toi?
301	Ca. Moi, je disais que ben, là où qu'on vit, c'était tout recouvert d'eau en fait.
302	P. Tu peux faire un petit dessin, par exemple? Non, mais très simple. Oui, c'est peut-être...
303	Ca. Ben, je sais pas... Par exemple, y'avait la terre là (elle dessine) et... c'était tout recouvert d'eau.
304	P. D'accord. Et pour toi?
305	Cé. Pour moi, c'était... Y'avait la t...
306	P. Tu nous fais un tout petit dessin, comme ça...
307	Cé. Ben pour moi y'avait (Ca. Je vois ce que tu veux dire) donc y'avait la terre là... Puis y'avait par exemple un gros bloc de terre et le reste d'eau quoi. Et puis bon après ça s'est ...
308	P. Donc y'avait des continents chez toi...
309	Cé. Oui.
310	P. Y-a pas que...
311	Cé. Oui.
312	P. Comme maintenant un peu?
313	Cé. Oui. Sauf que maintenant, ça s'est séparé et tout ça.
314	P. Et pour toi? Au départ, y'avait pas de continent encore?
315	Ca. Non. Ca s'est formé quand l'eau est partie en fait...
316	P. Et la vie elle est apparue alors là?

317	Ca. Ben oui, là oui. Ben peut-être que là, y-avait des bactéries ou je sais pas et puis après au fur et à mesure, quand l'eau est partie, ils étaient obligé d'aller sur la terre et ils vivaient plus dans l'eau.
318	P. Et pour toi, donc, la vie est apparue où?
319	Cé. Ben, sur la terre (sonnerie), avec de l'eau... avec l'eau qui...
320	P. Donc là-dessus... (sonnerie)
321	Cé. Ben, je sais pas, l'eau serait venue avec les courants, je sais pas...
322	P. Et alors?
323	Cé. Et ben après, ça aurait poussé, avec, grâce à l'eau.
324	P. Ah oui!
325	Cé. Y-aurait eu quelque chose sur la ... parce que la terre, c'est... c'est de la terre!
326	P. Voilà, d'accord. L'eau serait venue sur la terre. Ca aurait permis... Ca aurait en quelque sorte rendu cette terre...
327	Silence.
328	P. Fertile?
329	Cé. Oui.
330	P. C'est ça?
331	Cé. Oui, et puis après les a... les végétaux auraient poussé.
332	P. Oui. Et?
333	Cé. Et puis après les animaux.
334	P. Les animaux seraient venus.
335	Cé. Oui.
336	P. Bon, ben écoutez, on a dit qu'on s'arrêtait là. Donc, on va respecter tout ça. Je vous remercie.

Le cas d'Elise (Seconde puis Première S)

Le passé d'un océan

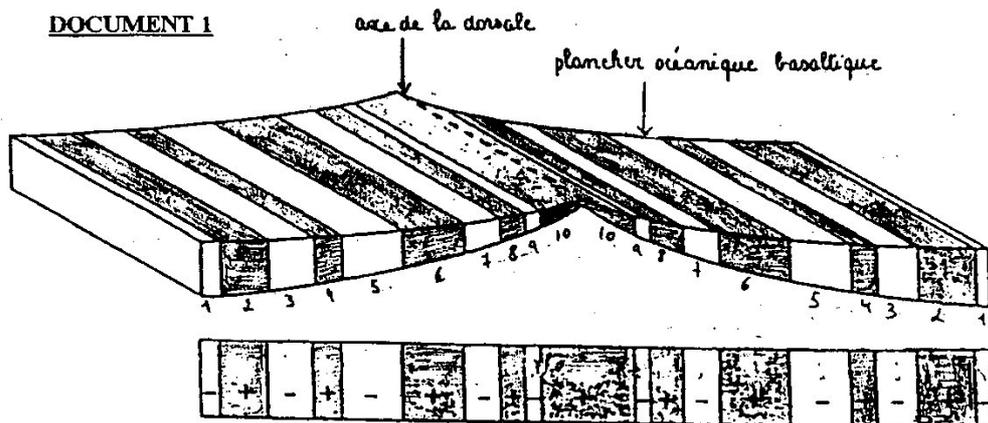
L'histoire des fonds océaniques

Q1 On a une anomalie positive au niveau de la dorsale parce que le basalte à ce niveau là s'est formé quand le champ magnétique terrestre avait la direction actuelle.

On peut en déduire que le basalte qui s'est formé au niveau de la dorsale est positif, ~~et donc qu'il s'est formé récemment~~ (la direction du pôle n'a pas changé depuis la formation du basalte).

Q2 Le basalte se forme au niveau de la dorsale. On connaît le principe de la tectonique des plaques, qui justifie le fait que le basalte s'éloigne de la dorsale (au fur et à mesure que du nouveau basalte se forme).

DOCUMENT 1



+ zone d'anomalie magnétique positive
 - zone d'anomalie magnétique négative

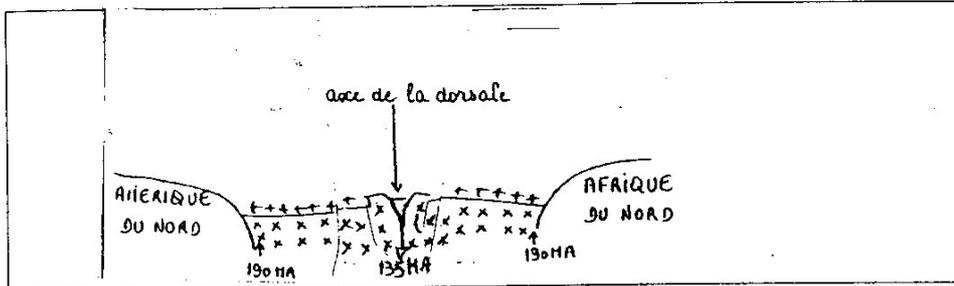
Q3 - D'après la question 2, on sait que les bandes de plancher océanique les plus anciennes sont celles qui sont le plus éloignées de la dorsale. En observant le document 2, on voit que le début de la formation de l'océan Atlantique remonte à 190 MA.

Q4 - Il y a 135 MA, une nouvelle bande de basalte se formait au niveau de la dorsale, les plus récentes n'étaient pas encore "nées".

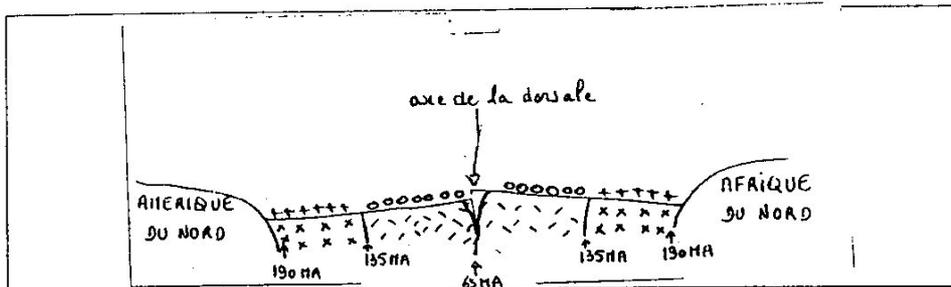
Q5 - Il y a 65 MA, la bande de basalte aujourd'hui âgée de 65 MA se formait au niveau de la dorsale. Les plus récentes n'existaient pas encore.

Q6 - On a observé que les bandes de basaltes s'éloignent de la dorsale au fur et à mesure que le temps passe. On sait que le basalte est surmonté de sédiments. Les sédiments qui reposent sur le basalte s'éloignent de la dorsale en même temps que celui-ci.
(Problème: se pourrait-il que les sédiments "s'éparpillent" au fond des océans? Dans ce cas, on trouverait des sédiments déposés entre 135 et 190 MA sur des bandes de basaltes formés il y a 65 MA, par exemple, tous les sédiments seraient "mélangés".)

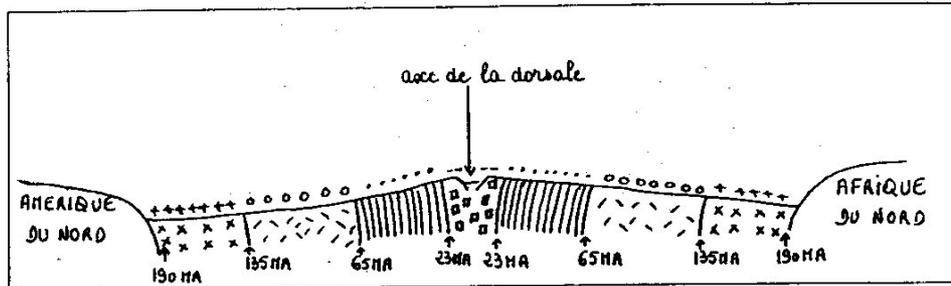
Q7 - Même justification que pour Q6, et même "problème" (ou question).



Cadre 1: Coupe de l'Atlantique Nord il y a 135 MA

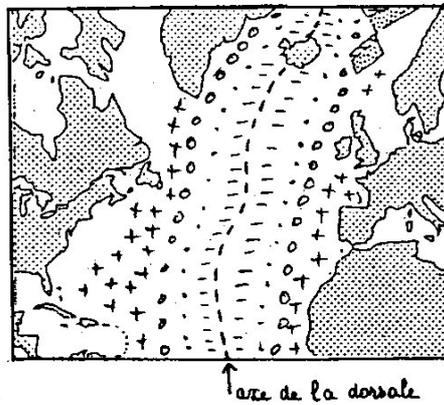


Cadre 2: Coupe de l'Atlantique Nord il y a 65 MA



Cadre 3: Coupe de l'Atlantique Nord aujourd'hui

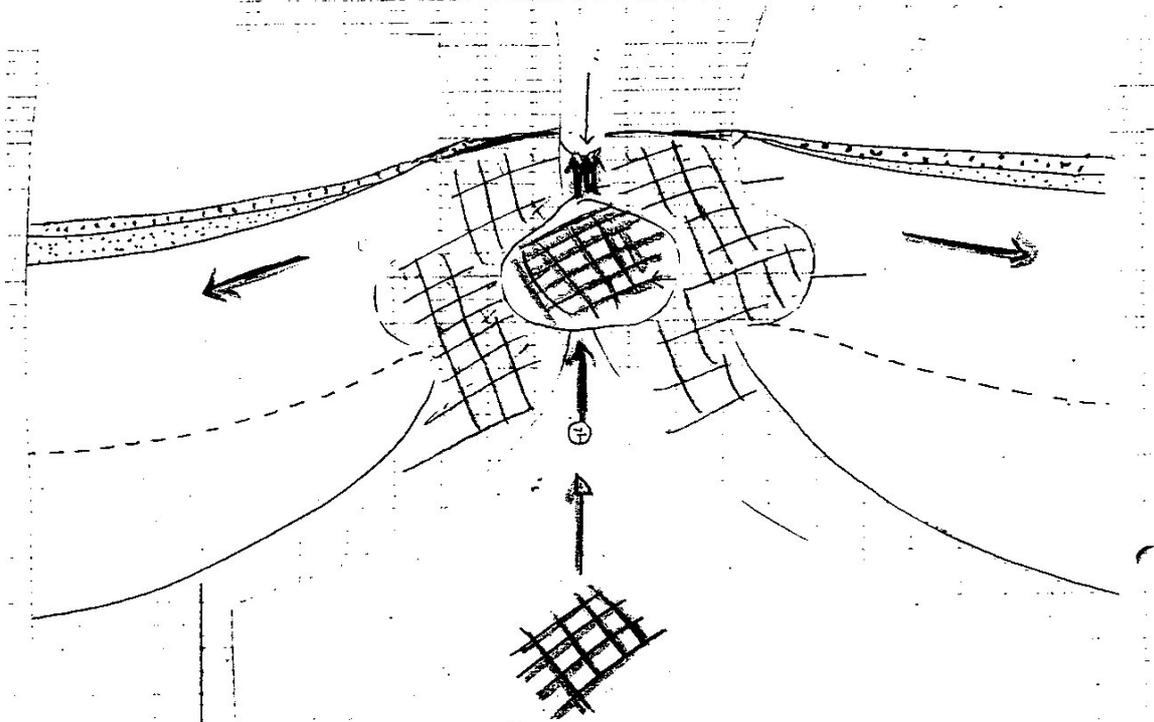
DOCUMENT 3



L'évolution de la zone d'une dorsale

Dans quelques millions d'années, la coupe de la dorsale n'aura rien de changé.

En effet le magma suit un cycle. La partie fondue de la péridotite remonte à la chambre magmatique, puis au rift. Une fois à la surface, il refroidit et contribue ainsi au renouvellement des plaques. Le changement vient donc dans l'allongement des plaques.



② Coupe d'une dorsale dans quelques millions d'années

 renouvellement des plaques

 nouvelle couche de sédiments

La mise en place des ophiolites

Les ophiolites :

Où → morceaux de lithosphère océanique constitués par des basaltes, des gabbros et des serpentinites.

Où → "coincées" entre deux masses continentales qui s'affrontent.

→ ce sont les "restes" d'un fond océanique disparu.

Le classif. de Ehrenfelt fait partie de la chaîne de montagne des Alpes, formée par la collision de deux masses continentales. C'est donc pour cela qu'on y retrouve des ophiolites.

Intro → Qu'est-ce que des ophiolites (déf.)
puis question → Où et comment se forment-elles ?

Développement → Où et comment ?
(leur histoire)

→ Dans certaines parties des Alpes comme le classif. de Ehrenfelt, on rencontre des roches constituées par des basaltes, des gabbros et des serpentinites. D'où viennent ces roches appelées ophiolites, et comment se sont-elles formées ?

L'origine de la vie

NOM: f

Prénom: Elise

Classe: 2e7

Samedi 12 septembre 1998

Remarque avant de commencer:

Les ratures sont autorisées mais pas l'emploi d'un effaceur ou du blanco.

Q1. Racontez comment, selon vous, les animaux et les végétaux sont apparus sur la Terre?

Je crois qu'on ne peut pas savoir ce qu'il y avait au tout début, comment la vie est apparue, mais les premiers animaux et végétaux ont changés, se sont transformés, grâce à l'évolution. C'est comme ça qu'est apparu l'Homme. Les végétaux, eux, sont sortis de terre sûrement grâce à l'environnement.

Q2. Comment expliquez-vous qu'il y ait des êtres vivants sur la Terre et pas sur les autres planètes du système solaire? Justifiez votre réponse.

Il y a des êtres vivants sur la Terre et pas sur les autres planètes car elle est bien située par rapport au soleil, ce qui fait que la température est vivable: ni trop chaud, ni trop froid. On peut y vivre aussi grâce aux éléments qui la constitue: l'eau, la terre, l'oxygène.

Elise

Q3: Le tableau suivant présente une liste de propositions.

A l'aide d'une croix mise dans la colonne appropriée, dites si vous êtes d'accord, pas d'accord ou en partie d'accord avec chaque proposition. Justifiez en une ou deux phrases votre réponse.

	d'accord	pas d'accord	en partie d'accord	Justification de la réponse
1. Les différentes espèces d'êtres vivants sont apparues en même temps sur la Terre.		X		Il y a eu une évolution: l'Homme n'est pas apparu tout de suite.
2. Tous les êtres vivants peuvent apparaître directement à partir de matière humide (boue, terre décomposée, fumier par exemple).			X	Il y a certainement des êtres vivants (végétaux) qui apparaissent de là, mais les animaux, je ne crois pas.
3. Les êtres vivants simples (par exemple les microbes) peuvent apparaître directement à partir de matière humide (boue, terre décomposée, fumier par exemple).		X	X	Je crois que les microbes proviennent de l'air, mais peut-être qu'ils viennent de matière humide et qu'ils vont dans l'air après.
4. Le premier être vivant de la Terre s'est formé à partir de molécules chimiques contenues dans l'océan.			X	C'est peut-être comme ça que sont apparus certains végétaux.
5. Des météorites (pierres qui tombent du ciel) ont apporté sur la Terre les premiers êtres vivants.			X	Peut-être que les premiers êtres vivants proviennent en fait d'une réaction entre des météorites et des éléments terrestres.

Le cas de Julien (Seconde puis Première S)

Le passé d'un océan

Le passé d'un océan

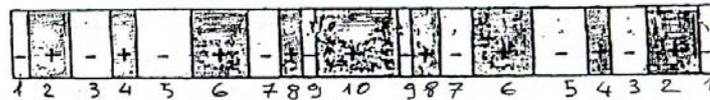
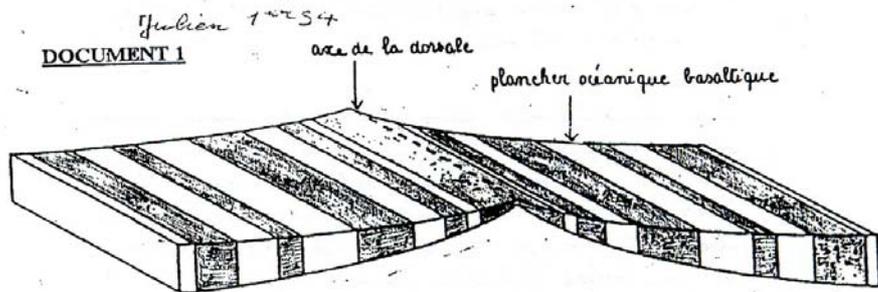
L'histoire des fonds océaniques

Question 2

Les bandes de basalte les plus anciennes sont les plus éloignées de la dorsale car ils sont repoussés par les plus jeunes qui sont émis par la dorsale

Question 1

Le basalte au niveau de la dorsale a été formé récemment quand la direction du CMT était celle actuel



+ zone d'anomalie magnétique positive
 - zone d'anomalie magnétique négative

DOCUMENT 2

Question 3

La formation de l'océan atlantique remonte à 130 million d'années car les bandes de basalte près des côtes date de cette période et elles sont les plus éloignées de la dorsale.

Question 4

L'indication de 135 MA doit se situer à l'emplacement de la dorsale car la basalte s'est formée toujours au même endroit, ~~l'axe est fixe~~ c'est les basalte qui se déplacent et les 2 continents, l'amérique du nord et l'Afrique, se sont écartés pour former l'océan.

Question 5

Pour les même raison que la question 4, la basalte de 65 MA, aujourd'hui, vient de se former et repousse les bandes plus vieille en agrandissant de plus en plus l'océan.

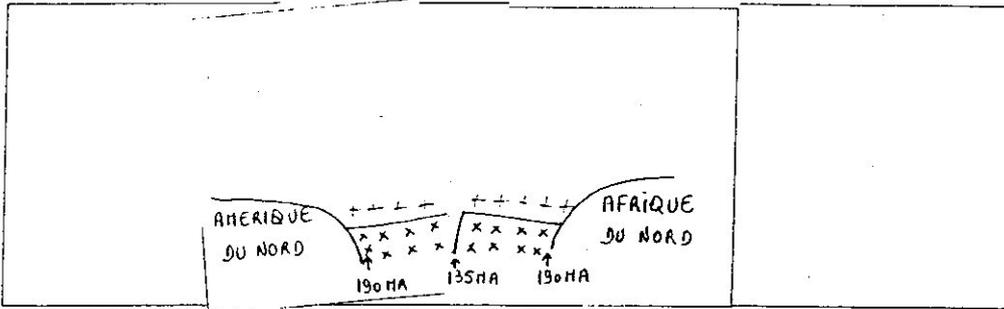
Question 6

Les sédiments les plus jeunes recouvrent peu à peu les plus anciens et se retrouvent partout dans l'océan.

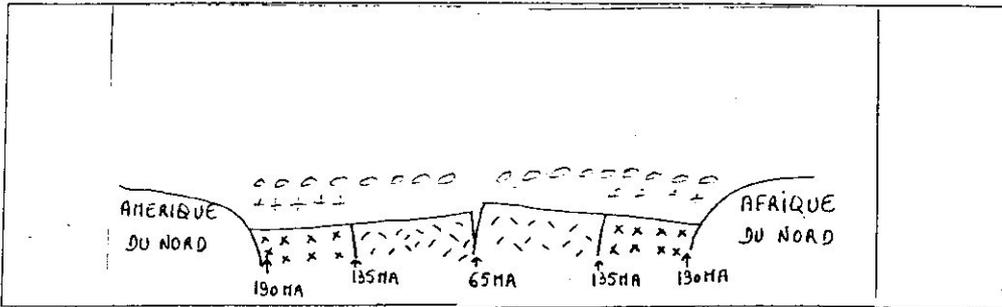
Les plus anciens ne peuvent être trouvés que s'ils sont éloignés de l'axe et enterrés par des sédiments plus jeunes. Les plus anciens ne se trouvent que s'ils sont éloignés de l'axe car comme elle s'est répartit sur les bandes anciennes elles ont été recouvertes avec les bandes sur lesquelles elles étaient.

Question 7

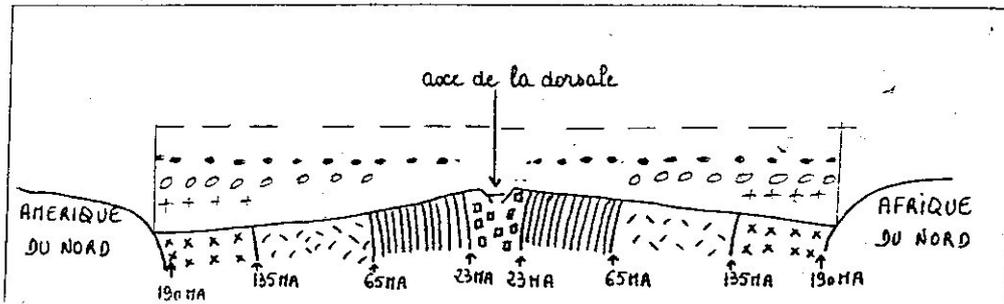
On aperçoit à la surface que les sédiments les plus jeunes car ils se sont déposés et on recouvre les plus anciens.



Cadre 1: Coupe de l'Atlantique Nord il y a 135 MA

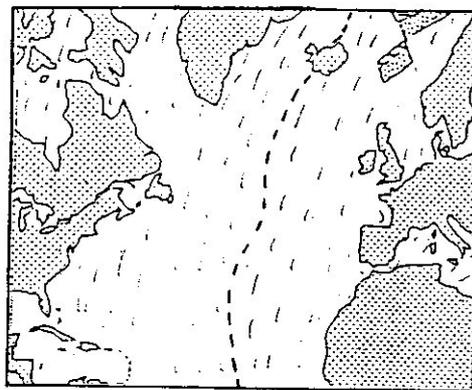


Cadre 2: Coupe de l'Atlantique Nord il y a 65 MA



DOCUMENT 3

- Julien 1er 54



↑ axe de la dorsale

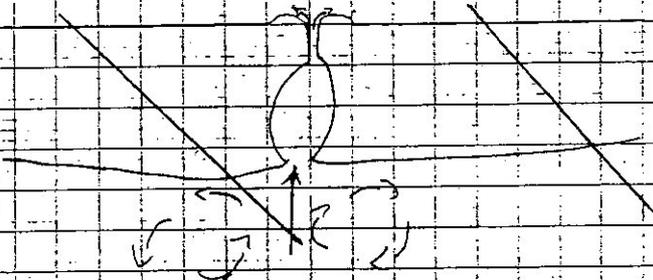
La mise en place des ophiolites

L'histoire des ophiolites

Les ophiolites sont des morceaux de lithosphère océanique "brisés" entre des blocs de crâtes continentales. Elles sont donc des traces d'un ancien océan aujourd'hui disparu. Mais comment sont elles arrivées de la haute mer au royaume ? (Quelle) partie de la lithosphère océanique est préservée de nos jours ?

De l'océan aux montagnes

Tout commence sur l'axe d'une dorsale océanique où il y a un mouvement de divergence, des roches fusionnent pour former du magma qui remonte peu à peu à la surface.

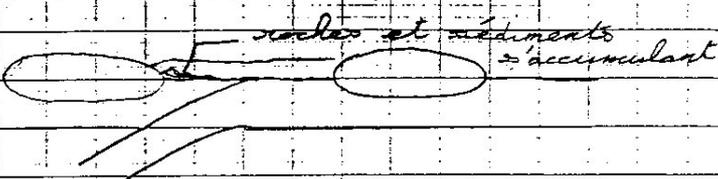


Puis, brusquement sans raison pour quelle raison, le mouvement s'inverse passant d'une divergence à une convergence, alors les 2 plaques s'affrontent en faisant disparaître cet océan.

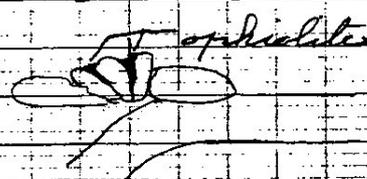


Puis les 2 masses continentales se rejoignent refusant de passer l'une sous l'autre, elles forment alors des montagnes, signant de cette collision.

Ensuite, brusquement, le mouvement s'inverse et par un mouvement de convergence, l'océan peu à peu diminue



pour finalement disparaître quand les 2 masses continentales se rejoignent écrasant entre eux les roches et sédiments, qui n'ont pas disparus dans la subduction, qui s'élève peu à peu avec les montagnes formé par le choc des 2 continents



Les ophiolites sont alors formés

L'origine de la vie

NOM:

Prénom: Julien

Classe: 2e7

Samedi 12 septembre 1998

Remarque avant de commencer:

Les ratures sont autorisées mais pas l'emploi d'un effaceur ou du blanc.

Q1. Racontez comment, selon vous, les animaux et les végétaux sont apparus sur la Terre?

Selon moi les animaux sont apparus sur terre à partir de ^{des végétaux} moisisseaux qui se sont développés en bactéries puis en animaux. Les végétaux sont apparus sur terre grâce aux graines que transportaient les météorites qui ont formé la terre.

Q2. Comment expliquez-vous qu'il y ait des êtres vivants sur la Terre et pas sur les autres planètes du système solaire? Justifiez votre réponse.

Il y a des êtres vivants sur la terre et pas sur les autres planètes du système solaire car, sur la terre, il y a de l'air qui est la source de toute vie ^{parce que} sans elle on ne peut pas respirer et tout être vivant mourrait.

Q3. Le tableau suivant présente une liste de propositions.

Julien 2 nde 7

A l'aide d'une croix mise dans la colonne appropriée, dites si vous êtes d'accord, pas d'accord ou en partie d'accord avec chaque proposition. Justifiez en une ou deux phrases votre réponse.

	d'accord	pas d'accord	en partie d'accord	Justification de la réponse
1. Les différentes espèces d'êtres vivants sont apparues en même temps sur la Terre.		X		Je ne suis pas d'accord car les végétaux sont apparus grâce au météorite et les autres grâce à des matières liquides et les autres grâce au développement de l'être vivant simple.
2. Tous les êtres vivants peuvent apparaître directement à partir de matière humide (boue, terre décomposée, fumier par exemple).		X		Non, car un être complexe comme l'homme est apparu grâce au développement d'un être vivant simple et les végétaux grâce aux météorites.
3. Les êtres vivants simples (par exemple les microbes) peuvent apparaître directement à partir de matière humide (boue, terre décomposée, fumier par exemple).	X			Oui
4. Le premier être vivant de la Terre s'est formé à partir de molécules chimiques contenues dans l'océan.			X	Non, ce n'est pas le premier être vivant qui ont été formés à partir de molécules chimiques contenues dans l'océan.
5. Des météorites (pierres qui tombent du ciel) ont apporté sur la Terre les premiers êtres vivants.	X			Oui, ils ont apporté des graines qui se sont développées une fois sur terre.

Le cas de Romain (Première S puis Terminale S)

Le passé d'un océan

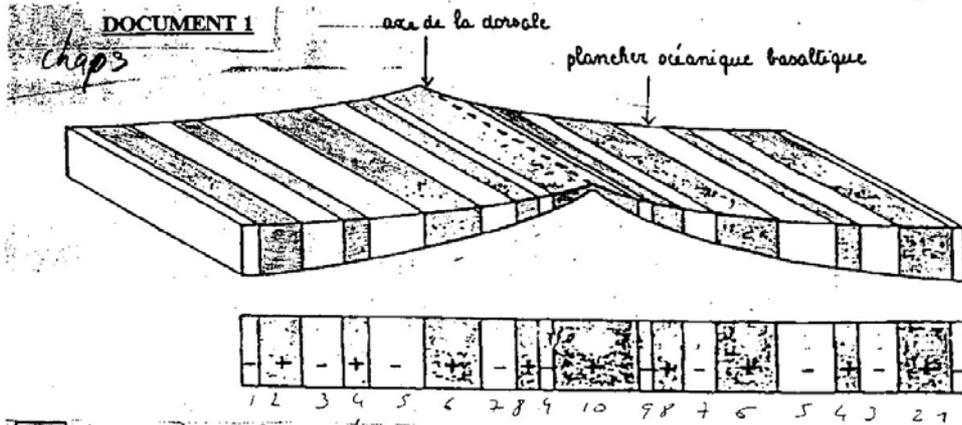
Le passé d'un océan

L'histoire des FENES Océaniques

DOCUMENT 1

Q1: On sait que le dorsale est en ^{continue} continuité
 le ^{nouvelle} 18° 12' 12" dans ce tout ^{en le monde} dans c'ordre
 + c'est l'anomalie est positive

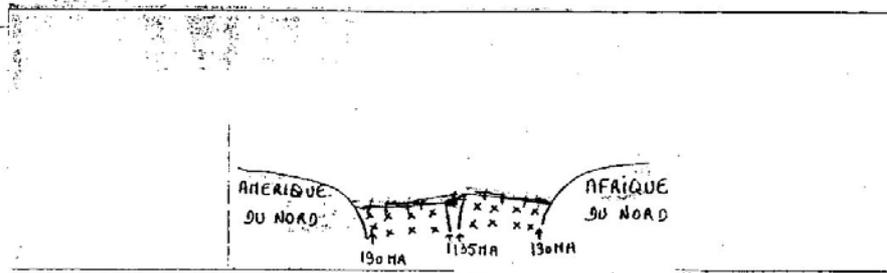
Q2 = les bandes aux extrémités sont les 1^{er}
 formées car aux débuts c'étaient elles qui
 formaient la dorsale. Au dorsale n°10 car
 le basalte le + jeune formé
 la ^{ancien} tectonique au niveau de la dorsale
 la dorsale qui fait qui il passe le basalte
 + ancien
 donc le basalte le + ancien est à
 l'extrémité du plancher océanique
 basaltique



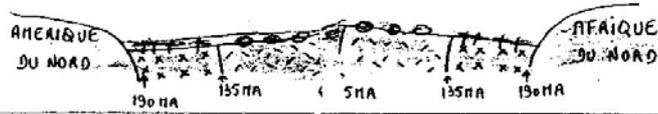
■ + zone d'anomalie magnétique positive
 □ - zone d'anomalie magnétique négative

Q3]. Le début de la formation de l'océan Atlantique date de 190 MA. Date du début de la dorsale.

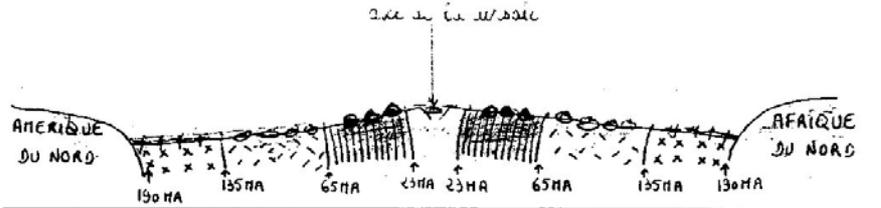
Q7] les sédiments se déposent sur les couches de différentes années (0, 1370, 22, 6370). Comme ces bandes se déplacent au cours du temps, les sédiments se déplacent aussi de la même manière (sédiments les plus anciens sont les plus éloignés de la dorsale car ils se trouvent à la partie la plus ancienne).



Cadre 1: Coupe de l'Atlantique Nord il y a 135 MA

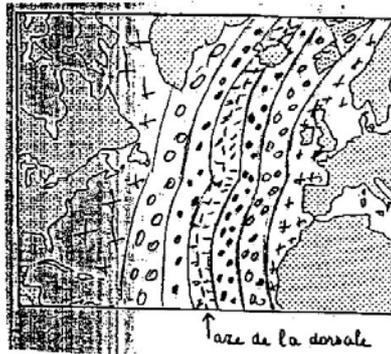


Cadre 2: Coupe de l'Atlantique Nord il y a 65 MA



Cadre 3: Coupe de l'Atlantique Nord aujourd'hui

DOCUMENT 3



L'évolution de la zone d'une dorsale

L'évolution de la zone d'une dorsale

Prévoir à l'aide du doc 6
donné en ⑥ comment sera cette
zone ds quelques millions d'années.

Dans quelques millions, la zone
n'aura pas changé.

les sédiments près du rift seront
plus récents.

les bordures des plaques ne seront
plus près du rift mais rentreront
dans les plaques car les
plaques se readvellent

La mise en place des ophiolites

des ophiolites sont constituées par des basaltes, des gabbros et des serpentinites. La structure des basaltes en coussins est parfois très bien conservée.

D'après ce que l'on connaît sur les basaltes en coussins, ils se forment par refroidissement dans la mer du magma donc pour que il est des lavas en coussins au niveau du massif du Chanaillet cette zone a dû être immergée par l'océan, il y a très longtemps et était une dorsale océanique le massif était une dorsale océanique donc une zone d'agrandissement des plaques.

D'après les documents, dans ce massif, il y a du gabbro or le gabbro est un constituant de la croûte océanique.

La serpentine qui est constituée de péridotites, se trouve aussi sur le massif, la péridotite se trouve à proximité de la chambre magmatique qui est en dessous de la dorsale de fusion partielle de la péridotite forme la magma, donc lors d'une éruption, la péridotite en fusion s'est altérée au cours du temps et a donné de la serpentine.

D'après les documents, le basalte, le gabbro et la serpentine sont en couches bien séparées verticales. Dans la croûte océanique, le basalte est en surface, le gabbro est au milieu de la péridotite et du basalte et la péridotite est sous la chambre magmatique.

Les ophiolites sont pour conclure l'organisation d'une ancienne dorsale océanique qui n'est maintenant plus immergée. Cette organisation est à l'inverse de l'organisation habituelle et normale d'une dorsale océanique en activités.

L'origine de la vie

Vendredi 31 mars 2000

Classe de Terminale 4

A un moment donné, il n'y avait pas encore d'êtres vivants sur notre planète.

Pouvez-vous expliquer le plus précisément possible ce qui s'est passé entre le moment où il n'y avait pas d'êtres vivants et le moment où les premiers êtres vivants ont existé sur la planète?

Au début, sur notre planète, il n'y avait que des océans et des volcans sans personnes. Puis, se créa des bactéries aux fonds des océans car l'air était irrespirable. Ces bactéries prirent des formes de plus en plus variées et complexes. Puis, au fil et au mesure, une sorte de bactérie s'étant adaptée aux conditions de l'atmosphère, elle pu sortir de l'eau et se mettre à terre. Et ont pu sortir des océans les premières bactéries "terrestres" par d'autres espèces dominantes.

Le nombre de bactéries étaient de plus en plus nombreux sur la terre, chacune des différentes "espèces" de bactérie évolua de façon différente pour s'adapter à leur propre besoin. En même temps que cela, la végétation apparue et ce devint et prolifera pour devenir de plus en plus abondante.

Problèmes:

1 - Comment est apparue la végétation sur terre?

- Pourquoi est-ce que les êtres vivants?

- o végétation
- o Atmosphère
- o Bactérie
- o Homme

