

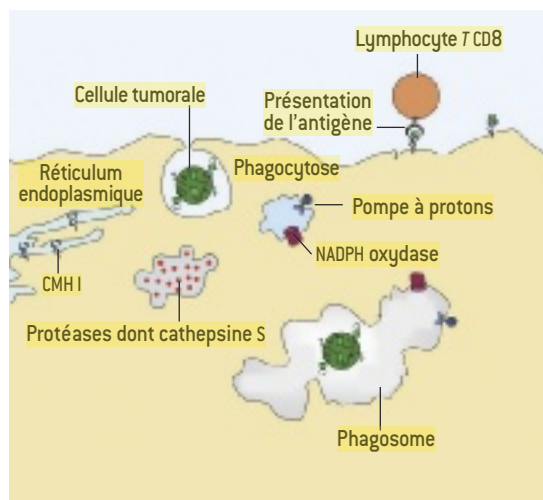
par les lymphocytes. Pourquoi la taille des « débris » varie-t-elle selon le type de cellule ? C'est ce qu'a découvert Ariel Savina dans l'équipe de Sebastian Amigorena, à l'Institut Curie, à Paris.

Les intrus phagocytés sont enveloppés dans un « sac », un phagosome, où ils sont « attaqués » par des enzymes, des protéases, dont l'environnement optimal, le plus souvent acide, est assuré par d'autres protéines, des pompes à protons. Des mesures avaient révélé que l'acidité augmente progressivement (le pH diminue) dans le phagosome des macrophages dès qu'il est formé. Aussi, fort de ce constat, les biologistes pensaient qu'il en allait de même dans les cellules dendritiques, la différence entre la taille des fragments tenant au nombre de protéases sollicitées et à l'efficacité des pompes à protons.

Ils ont suivi l'acidité des cellules dendritiques et observé que, contre toute attente, le pH augmente dans le phagosome des cellules dendritiques avant de diminuer après plusieurs dizaines de minutes : or si le pH augmente malgré la présence des pompes à protons, c'est qu'un autre acteur intervient. L'équipe de Curie a montré qu'il s'agit d'un complexe protéique, la NADPH oxydase, connue pour diminuer l'acidité dans les neutrophiles, d'autres cellules immunitaires. Ainsi, la différence entre la dégradation des intrus par les macrophages et par les cellules dendritiques tient au contrôle de l'acidité qui règne dans le phagosome. En outre, cette découverte résout un problème sur lequel les biologistes demeuraient perplexes : pourquoi certaines protéases (la cathepsine S, par exemple) des cellules dendritiques ont un fonctionnement optimal pour un pH plutôt basique. La cellule dendritique est une sorte de macrophage tempéré par un constituant d'un neutrophile.

L. M.

Cell, vol. 126, 2006



Lorsqu'un intrus, telle une cellule tumorale (en vert) est phagocyté par une cellule dendritique, plusieurs compartiments intracellulaires participent à la formation du phagosome où les antigènes sont préparés afin d'être présentés à la surface de la cellule selon le mécanisme de la présentation croisée des antigènes. D'abord, le réticulum endoplasmique apporte les molécules du CMH I. Certains compartiments cellulaires fournissent des protéases (en rouge), dont la cathepsine S, qui fonctionnent au mieux dans un milieu alcalin, d'autres des pompes à protons (en bleu) et la NADPH oxydase (en violet). Cette dernière diminue un temps l'acidité dans le phagosome de sorte que l'intrus est découpé en fragments suffisamment importants pour être apprêtés et présentés à la surface par le CMH I. Là, ils seront reconnus par des lymphocytes T CD8 (en orange) qui traqueront ensuite les cellules tumorales identiques à celle qui a déclenché le processus.



Cet été, redécouvrez notre collection Bulles de Sciences...

EDP Sciences enrichit sa collection **Bulles de Sciences** avec le nouvel ouvrage "Doit-on craindre la foudre ?"...

Cette collection apporte à chaque volume la réponse d'un spécialiste à une question d'apparence anodine... mais qui reflète un problème scientifique actuel. En langage accessible à tous, chaque auteur dresse l'état des connaissances sur cette question. Des textes vivants, illustrés, riches d'enseignements, d'anecdotes, de rencontres et d'aventures.

Cette collection a reçu la Mention Spéciale du Prix du Livre Scientifique d'Orsay 2002.

Nouveauté 1^{er} semestre 2006

Quelques autres titres Bulles de Sciences...



Doit-on craindre la foudre ?

C. Bouqueneau

La foudre est un phénomène naturel qui fascine. Si son caractère mystérieux est de mieux en mieux connu, il n'est pas toujours bien expliqué, ni compris, et alimente encore un nombre considérable d'idées reçues. Ce livre a pour objectif d'apporter des réponses claires et détaillées, afin de permettre à tout un chacun de connaître et d'apprécier cet événement à la fois banal et spectaculaire.

• Juin 2006 • ISBN 2-86883-841-3
• 192 pages • 18 €



Tous les autres titres de cette collection sont consultables sur notre site web : www.edpsciences.org (rubrique Livres)

www.edpsciences.org



Stromatolites d'Australie

Les stromatolites sont des roches à structure laminaire que l'on trouve, par exemple, dans le massif du Haut Atlas, au Maroc, ou sur le rivage australien. Leur origine fait débat : sont-elles d'origine sédimentaire, et donc purement géologique, ou organique, c'est-à-dire le résultat d'une activité biologique ? L'en-

ROCHES ASSURÉMENT BIOLOGIQUES

On sait désormais que les stromatolites, des roches stratifiées, sont de nature biologique.

Le jeu est de taille, car certaines de ces roches stratifiées sont datées de plus de 3,5 milliards d'années et seraient donc les témoins des balbutiements de la vie sur Terre. Les travaux de Abigail Allwood et ses collaborateurs de l'Université Macquarie, à Sydney, marquent la fin du débat : les stromatolites sont bien d'origine biologique.

Les tenants des deux écoles s'opposaient sur l'interprétation de la morphologie des couches superposées. La structure stratifiée diversifiée (des dômes, des colonnes ramifiées...) et les échelles de taille (du millimètre à la dizaine de mètres) ne peuvent résulter, selon certains, que d'une activité biologique. Ils prennent à témoin les édifices qu'élaborent les cyanobactéries actuelles et

qui ressemblent aux stromatolites. En revanche, selon les partisans de l'hypothèse abiotique, les multiples structures des stromatolites peuvent s'expliquer par des conditions de sédimentation particulières.

L'équipe australienne a étudié une zone de dix kilomètres de longueur, à l'Ouest de l'île, et y a distingué sept faciès, caractérisés notamment par des conditions de sédimentation différentes. Or, pour chaque faciès, les formes des stromatolites qu'on y trouve sont variées. La conclusion s'imposait : ces concrétions sont d'origine biologique. En effet, dans des conditions identiques, un même mécanisme géologique de formation aurait conduit à la même morphologie.

L. M.

Nature, vol. 441, pp. 714-718, 2006

Cerveau & Psycho

Actuellement en kiosque

Cerveau & Psycho **numéro 16**

Juillet-Août 2006

- Pourquoi les enfants tentent-ils de **consoler** un petit qui est tombé et pleure ?
- Pourquoi le **coaching** est-il à la mode ?
- Pourquoi certains adolescents traversent-ils une **crise de rejet** de la famille et de la société ?

Des psychologues abordent ces questions dans le nouveau numéro de Cerveau & Psycho.

www.pourlascience.fr

Du trébuchet au propulseur

À la lecture de la rubrique *Idées de physique* sur *Le trébuchet du footballeur* (voir *Pour la Science* n° 344, juin 2006), je me demandais si le propulseur (utilisé chez nous pendant la Préhistoire et par les Aztèques, les Inuits et les aborigènes australiens) est considéré comme un levier composé ou un simple prolongateur du bras ? Je pratique régulièrement cet engin et la question me tracasse, d'autant que le sujet ne fait pas l'unanimité parmi les archéologues et les sportifs.

Christian Lepers, par courriel

Réponse de Jean-Michel Courty et Édouard Kierlik

Le film du jet d'une lance par un propulseur (*Woomera* ou *Atlatl*) montre qu'au cours du mouvement, le bras du lanceur se déploie, et que le propulseur tourne dans sa main. Le résultat est que la lance atteint une vitesse (de l'ordre de 100 km/h) bien supérieure à celle de la main. L'articulation de l'ensemble bras-propulseur est donc tout à fait cruciale et dépasse le simple effet de levier. Néanmoins, l'histoire ne s'arrête pas là : le propulseur et la lance fléchissent tous deux durant le jet. Le stockage d'énergie élastique, puis sa restitution à la lance ajoutent aux performances de l'engin. Pour cela, tout comme un arc et une flèche, l'élasticité du propulseur et celle de la lance doivent être adaptées l'une à l'autre.

Du sang fabriqué par l'industrie

En ce qui concerne *Le sang fabriqué en laboratoire* de Luc Douay (voir *Pour la Science* n° 345, juillet 2006), peut-on produire des globules rouges à partir des cellules d'une étape intermédiaire du protocole de multiplication et de différenciation, sans nécessairement partir des cellules souches ? En d'autres termes, est-ce que le processus s'autoentretient sans dégradation biologique ?

Julien Berthaud, par courriel

Réponse de Luc Douay

Les cellules intermédiaires de notre protocole de maturation érythroïde sont notamment les érythroblastes. Il est en effet possible d'appliquer notre protocole aux érythroblastes naturellement présents dans la moelle osseuse. Cela a été démontré in vivo en injectant à une souris qui tolère des cellules étrangères une population d'érythroblastes après dix jours de culture ; ces cellules ont continué leur maturation in vivo jusqu'au stade de globule rouge. Il est également possible d'amener à maturation, in vitro, des érythroblastes de la moelle osseuse.

Toutefois, dans une optique de production à grande échelle, cela n'est pas concevable, car on ne peut pas imposer à ces cellules un rythme de multiplication important. Plus généralement, notre protocole d'amplification et de multiplication s'applique seulement à des cellules souches hématopoïétiques de diverses origines, ainsi qu'à tous les précurseurs érythroïdes.

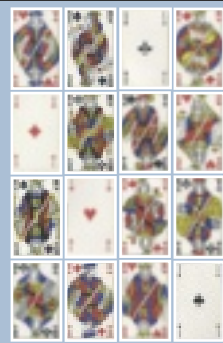
Un nouvel ancêtre du sudoku

En complément à l'article *Les ancêtres français du Sudoku* (voir *Pour la Science* n° 344, juin 2006), je signale un article paru dans la revue *La Nature* du 26 décembre 1885. Il s'agit, dans un carré 4x4, de « placer les As, Rois, Dames, Valets d'un jeu de cartes tel que dans chaque ligne, colonne et diagonale, il n'y ait qu'une carte et une seule de même valeur, et une carte et une seule de même couleur ». C'est à rapprocher du problème des 81 officiers, puisque chaque élément possède deux attributs. Est-il possible de faire un sudoku de 16x16 avec 16 carrés de 4x4 avec ces cartes et avec les règles ci-dessus pour chaque carré 4x4, mais chaque ligne ou colonne de 16 cases contenant les 16 cartes, soit les quatre figures (As, Rois, Dames, Valets) dans les quatre couleurs (trèfle, carreau, cœur, pique) ?

Michel Feuillée, Franconville la Garenne

Réponse de Christian Boyer

Votre problème de 1885 confirme bien l'intérêt des Français de cette époque pour ces questions. Sa solution peut passer par un carré magique eulérien. En voici une des nombreuses possibilités. Vous remarquerez que c'est aussi une superposition de deux sudokus 4x4, chaque sous-carré 2x2 contenant aussi toutes les cartes :

Carré magique eulérien	Équivalence des cartes	Solution																																									
<table><tr><td>1</td><td>7</td><td>16</td><td>10</td><td>34</td></tr><tr><td>14</td><td>12</td><td>3</td><td>5</td><td>34</td></tr><tr><td>11</td><td>13</td><td>6</td><td>4</td><td>34</td></tr><tr><td>8</td><td>2</td><td>9</td><td>15</td><td>34</td></tr><tr><td>34</td><td>34</td><td>34</td><td>34</td><td></td></tr></table>	1	7	16	10	34	14	12	3	5	34	11	13	6	4	34	8	2	9	15	34	34	34	34	34		<table><tr><td>0.</td><td>Valet</td></tr><tr><td>1.</td><td>Dame</td></tr><tr><td>2.</td><td>Roi</td></tr><tr><td>3.</td><td>As</td></tr><tr><td>.0</td><td>Cœur</td></tr><tr><td>.1</td><td>Carreau</td></tr><tr><td>.2</td><td>Pique</td></tr><tr><td>.3</td><td>Trèfle</td></tr></table>	0.	Valet	1.	Dame	2.	Roi	3.	As	.0	Cœur	.1	Carreau	.2	Pique	.3	Trèfle	
1	7	16	10	34																																							
14	12	3	5	34																																							
11	13	6	4	34																																							
8	2	9	15	34																																							
34	34	34	34																																								
0.	Valet																																										
1.	Dame																																										
2.	Roi																																										
3.	As																																										
.0	Cœur																																										
.1	Carreau																																										
.2	Pique																																										
.3	Trèfle																																										

Enlever 1 et écrire en base 4

0.0	1.2	3.3	2.1
3.1	2.3	0.2	1.0
2.2	3.0	1.1	0.3
1.3	0.1	2.0	3.2

Le problème que vous avez ajouté est bien plus difficile. Alors que des sudoku 16x16 sont connus, publiés dans des revues de jeux, et alors que les carrés eulériens 4x4 sont bien connus, votre superposition des deux questions semble nouvelle. En voici une solution :

1	7	16	10	12	14	5	3	13	11	4	6	8	2	9	15
14	12	3	5	7	1	10	16	2	8	15	9	11	13	6	4
11	13	6	4	2	8	15	9	7	1	10	16	14	12	3	5
8	2	9	15	13	11	4	6	12	14	5	3	1	7	16	10
5	3	12	14	16	10	1	7	9	15	8	2	4	6	13	11
10	16	7	1	3	5	14	12	6	4	11	13	15	9	2	8
15	9	2	8	6	4	11	13	3	5	14	12	10	16	7	1
4	6	13	11	9	15	8	2	16	10	1	7	5	3	12	14
2	8	15	9	11	13	6	4	14	12	3	5	7	1	10	16
13	11	4	6	8	2	9	15	1	7	16	10	12	14	5	3
12	14	5	3	1	7	16	10	8	2	9	15	13	11	4	6
7	1	10	16	14	12	3	5	11	13	6	4	2	8	15	9
6	4	11	13	15	9	2	8	10	16	7	1	3	5	14	12
9	15	8	2	4	6	13	11	5	3	12	14	16	10	1	7
16	10	1	7	5	3	12	14	4	6	13	11	9	15	8	2
3	5	14	12	10	16	7	1	15	9	2	8	6	4	11	13

Le plus difficile a été d'obtenir toutes les diagonales des sous-carrés 4x4 correctes (comportant bien les quatre figures et les quatre couleurs de cartes). Vous retrouverez dans le coin haut gauche la solution au problème de 1885. Je vous laisse le soin de le convertir en base 4 et en cartes à jouer, selon les mêmes règles.

Pour nous écrire : tribune@pouirlascience.fr