

Les premières sociétés d'Égypte 60

par Barbara Barich
et Enrico Barich

Quand la sécheresse a chassé les premiers agriculteurs du Sahara, ils ont migré vers le Nil, berceau de la grande civilisation égyptienne.



La représentation de l'esprit chez l'enfant 66

par Anne-Marie Melot

Vers cinq ans, les enfants commencent à concevoir que chacun a sa propre représentation de la réalité physique et sociale.



Jeûner l'estomac plein 74

par Michel Gauthier-Clerc,
Yvon Le Maho et Yves Handrich

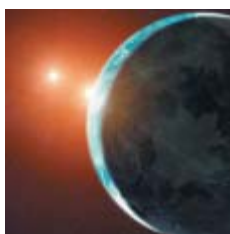
Le manchot royal conserve de la nourriture dans son estomac pendant l'incubation de l'œuf pour pouvoir nourrir le poussin à l'éclosion.



À la recherche d'autres terres 78

par Laurance Doyle, Hans-Jörg
Deeg et Timothy Brown

Les astronomes ont découvert des dizaines de planètes en dehors de notre Système solaire, mais ils n'ont pas réussi à capturer de sœur jumelle de la Terre... pour l'instant.



Les circuits du sexe 86

par Irwin Goldstein

Loin d'être indépendant, le pénis est sous l'influence de multiples centres nerveux qui le commandent.



La nouvelle Académie

La création d'une Académie des technologies repose les questions liées aux applications de la Science et à la responsabilité conjointe des scientifiques, des industriels et des décideurs politiques. Comme dans la maréchaussée composée de bons et de méchants, les rôles étaient autrefois partagés : le gentil scientifique faisait progresser les connaissances, le méchant industriel tirait profit de ces percées en faisant courir des risques à la Société. Le politique gérât ces intérêts conflictuels.

Le communiqué de presse annonçant la création de l'Académie, comporte des phrases soulignées afin que les journalistes comprennent bien la portée des propos. Figurent évidemment les grandes idées comme la nécessité de favoriser le transfert de technologie et la création d'entreprises innovantes, et la volonté de repolitiser la science. Excellentissime, quoique un peu vague. L'Académie des technologies pourrait aussi enseigner au politique le statut de la connaissance.

La création d'entreprises innovantes n'est pas encouragée (litote) par les peurs liées à l'ignorance. Imaginons la position du jeune ingénieur qui a inventé un nouvel appareil : peut-il le commercialiser dans une nouvelle entreprise avant de s'être assuré qu'il est absolument inoffensif ? Le principe de précaution aurait interdit à Prométhée de donner le feu aux hommes, à Pasteur de vacciner Joseph Meister, aux chirurgiens de tenter des greffes.

Il n'y a plus de méchants et de bons, il y a des inquiets. Le politique doit prendre des décisions en fonction de son évaluation de ce que le scientifique sait. Et le scientifique ne parlera avec franchise que si le politique accepte que sa culture est incomplète. En sciences, et tout particulièrement en Sciences de la vie, une question n'amène pas une réponse, mais une chaîne d'autres interrogations (voir *Le clonage : état de l'art*, page 40). L'opinion publique apprend aujourd'hui à accepter les incertitudes multiples.

Si l'homme politique accepte ces indéterminations, sa représentation mentale du savoir scientifique en sera améliorée. Lors de son développement, on sait que c'est vers l'âge de cinq ans (voir *La représentation de l'esprit chez l'enfant*, page 66) que l'enfant sait ce que les autres savent. La connaissance du savoir des autres, et la représentation mentale que l'on s'en fait, sont des étapes importantes de la culture.

Philippe BOULANGER



BLOC-NOTES

DIDIER NORDON

La soustraction divise

La soustraction étant complémentaire de l'addition, ces deux opérations reviennent au même. Recourir à l'une plutôt qu'à l'autre est question de goût. Voici un exemple. Imaginons une soirée. Tout en s'activant aux préparatifs, les hôtes comptent le nombre d'invités. Ils procèdent par addition, en s'y perdant un peu, bien sûr : il y aura les Untel avec leurs deux enfants, plus les Untel avec un enfant, plus Untel, etc. Ils trouveraient exactement le même résultat en partant du nombre total d'hommes vivant sur terre, et en en soustrayant le nombre de gens qui ne sont pas invités à la soirée.

Ce qui précède n'est pas qu'une plaisanterie. Dans certaines affaires criminelles, on a vu la justice agir de la sorte, ou presque, lorsque, incapable de trouver l'assassin, elle s'est résolue à faire subir systématiquement la recherche des empreintes génétiques à toute une population. Supposons que tous les tests soient négatifs et qu'il reste un seul individu non testé : c'est sûrement lui le coupable, mettons vite la main dessus.

Les techniques puissantes, comme les opérations élémentaires, sont utilisables de façon saugrenue.

Le temps de la nouveauté

Le progrès technique prouve que les hommes ne sont pas paresseux. Non seulement les inventeurs enfiévrés sacrifient loisirs et santé pour quelque perfectionnement, mais la masse suit. Car une technique nouvelle ne peut se répandre que si les gens sont prêts à faire l'effort de s'initier. S'ils étaient paresseux, avant de s'astreindre à acquérir tant et tant de nouveaux savoir-faire, ils se demanderaient si tous en valent la peine. Pareille attitude ne serait peut-être pas plus mauvaise, d'ailleurs.



Contrairement aux dires des publicités, une technique nouvelle ne sert pas tant à faire gagner du temps qu'à en faire perdre : avant que l'initiation, avec ses cafouillages et ses énervements, soit rentabilisée, une nouvelle technique surgira et, à son tour, exigera une familiarisation plus ou moins longue et pénible.

Cela dit, perdre son temps tout en se croyant en train de préparer un avenir meilleur est un des exercices favoris de l'humanité. De fait, c'est une excellente façon de ne pas souffrir de la vacuité du présent, de ne même pas la percevoir. Alors, vive le progrès technique!

La double mort du poète

Mort d'un écrivain. La presse, décrivant son enterrement à grand renfort de clichés, énumère les personnalités «venues rendre un dernier hommage au disparu». Pauvre défunt! Le cliché, passe encore! La presse y a droit. Ce qui est terrible, c'est la vérité qu'il exprime. Dernier hommage. Fini. Après, l'écrivain n'en aura plus. À quoi bon tant d'efforts de sa part pour éviter les clichés, justement, et nourrir son œuvre d'images hardies, de pensées puissantes, d'intrigues originales? Évanoui, l'espoir que son enterrement marque le premier jour de sa gloire immortelle. Nouveau Virgile? Nouveau Shakespeare? Eux n'ont pas encore connu leur dernier hommage. Illusion! La presse, hélas, n'est jamais plus crédible que quand elle recourt aux clichés éculés.

Le plagiat : thérapie sociale

«J'ai hais comme la mort l'état de plagiaire», écrivait Musset, qui ne passe pourtant pas pour avoir été très délicat en la matière. Son aveu révèle le problème posé par les plagiaires. La situation dans laquelle ils se mettent ne peut que les faire souffrir. Non parce qu'ils jouissent d'un bien dérobé (cela, ils s'en accommoderaient), mais parce qu'ils reçoivent des compliments qu'ils savent immérités. Ce drame-là leur est propre. La violence avec laquelle, en leur for intérieur, ils ressentent leur insuffisance est d'autant plus dévastatrice qu'on les croit plus grands. Pourquoi n'avouent-ils pas la vérité, mettant fin au supplice d'être félicités pour des qualités qu'ils n'ont pas?

C'est que l'aveu serait pire. Perdre la face, d'abord. Mais, surtout, se retrouver seuls, sans personne pour les solliciter. Ce qu'ils fuient avant tout, c'est le vide. À l'époque de Musset, être reçu dans les salons ; aujourd'hui, passer à la télévision ; en toutes époques, fréquenter



les académies, cela occupe, cela distrait. Le mobile des plagiaires n'est pas de voler des bravos, c'est de ne pas rester seuls aux prises avec la vacuité du temps. La peur, ô Pascal, de s'ennuyer quand on est livré à soi-même, voilà la source de bien des friponneries.

La beauté, il l'a dans l'œil

Beaucoup de scientifiques, émerveillés par la beauté de leur discipline, s'en étonnent et lui attribuent une signification extrême : la preuve éclatante que leur discipline met le doigt sur des vérités profondes.

C'est l'étonnement de ces chercheurs qui est étonnant. Leur situation est en fait la plus banale qui soit. S'ils agissaient sans aucun souci de beauté, là, il y aurait de quoi s'étonner. Car le besoin de beauté est, pour ainsi dire, inhérent à l'homme. Quoi qu'il fasse, il y met de la beauté, s'il peut. Il y a gros à parier que même les bourreaux ont des critères esthétiques pour commenter une exécution.

Les conceptions de la beauté sont très personnelles. Là-dessus, l'ironie de Voltaire est imparable. «Demandez à un crapaud ce que c'est que la beauté. Il vous répondra que c'est sa femelle avec deux gros yeux ronds sortant de sa petite tête, une gueule large et plate, un ventre jaune, un dos brun.» (*Dictionnaire philosophique*, article «Beau, beauté»).

Trouver belle la démarche qu'il choisit est une nécessité psychologique impérieuse de l'être humain, pas une preuve que cette démarche atteint à une vérité.



TRIBUNE DES LECTEURS

Le corail

Votre article «Le récif corallien de Tahiti» (voir *Pour la Science*, août 2000) m'amène à apporter les précisions suivantes.

Premièrement, les zooxanthelles sont de minuscules algues endosymbiotes (intracellulaires). Diverses sources estiment qu'il peut y en avoir jusqu'à dix millions par centimètre cube de tissu : elles ne peuvent donc se trouver dans la cavité stomacale des coraux que de façon transitoire, lorsque ces derniers sont au plus mal et les expulsent de leurs tissus. Cette expulsion accompagne le grave phénomène du blanchiment des coraux attribué, en première approximation, aux températures excessives dues au réchauffement global en cours.

Deuxièmement, la partie volcanique d'un futur atoll s'enfonce effectivement, comme l'avait supposé Charles Darwin (aux îles Keeling, ou Cocos, dans l'océan Indien), car la croûte océanique qui le porte se refroidit (subsidence thermique) et parce qu'en plus, actuellement, le niveau général de l'océan s'élève (eustatisme) ; mais le récif ne se soulève pas naturellement, il grandit vers le haut et vers l'intérieur, car c'est tout ce qu'il peut faire, accroissant la taille du lagon (récif frangeant, récif barrière). En effet, du côté de la haute mer (tombant récifal), où il se protège avec ses formes sphériques les plus résistantes, sa croissance horizontale est bloquée par les dégâts de la houle, des tempêtes et des cyclones : il ne s'écarte donc pas de la côte du cône volcanique.

Les coupes fournies (avec une très forte exagération verticale) le montrent parfaitement ; l'écartement entre les pointes désignées, ou non, par les flèches obliques, ne change pas dans les trois figures : 3,2 millimètres. En fait, faute de possibilité d'expansion horizontale, la taille de l'anneau initial est imposée, d'une part par la profondeur maximale où les coraux peuvent vivre (100 mètres maximum), d'autre part, par la pente du cône volcanique, en général très faible.

Enfin, les récifs qui se soulèvent existent, mais sont rares, et il en meurent. Ils deviennent alors des îles calcaires criblées de grottes, à bordure typique en marches d'escalier. Le meilleur exemple est celui des îles Loyauté, près de la Nouvelle-Calédonie ; d'autres sont connus au Nord d'Haïti ou à la pointe Est de Cuba. Tous sont associés à des phénomènes tectoniques : aux Loyauté, il s'agit d'un grand bombement, dit ride des Loyauté ; à Cuba et à Haïti, il s'agit de l'influence d'un grand décrochement compressif Est-Ouest.

Tous les récifs n'ont donc pas la chance de pouvoir grandir indéfiniment, même s'ils sont épargnés par la tectonique. Si leur vitesse de croissance verticale ne parvient pas à compenser l'effet combiné de la subsidence et de

l'élévation du niveau marin, ils meurent privés de lumière et de l'apport nutritif de leurs zooxanthelles qui ne «fonctionnent» plus (les sédimentologues disent qu'ils ne parviennent pas à combler l'espace disponible). Alors, l'ensemble de l'atoll se noie, comme on en connaît de très nombreux exemples dans l'océan Pacifique, où les plus vieux ont au moins 115 millions d'années : dans le monde, leur nombre atteint environ 10 000.

C'est pour cela que la démarche de Guy Cabioch et de ses collègues est particulièrement intéressante, car 18 millions de kilomètres carrés d'espaces récifaux sont concernés. Leurs résultats recoupent parfaitement ce que l'on savait des édifices coralliens les mieux connus, notamment ceux où ont eu lieu des essais nucléaires : Bikini, Eniwetok, Mururoa.

Jean-Marie VILA, Toulouse

De l'algorithme

En lisant l'excellent article de Gilles Dowek «L'infini et l'univers des algorithmes» (voir *Pour la Science*, décembre 2000), je constate une fois de plus que les auteurs qui définissent les algorithmes oublient souvent de préciser qu'une procédure ne mérite d'être considérée comme un algorithme que si elle est rigoureusement déterministe et, lorsqu'elle fournit un résultat, que si celui-ci est unique. C'est ainsi qu'aucune instruction ne doit faire appel à un processus aléatoire comme : «Lancer alors un dé et ajouter le chiffre obtenu.» Je suppose que, pour ces auteurs, cette restriction est évidente, mais elle ne l'est pas pour tout le monde : un scientifique de haut niveau de mon entourage ne l'admettait pas.

Parfois même, ces auteurs parlent de logiciel, alors que ce terme est réservé aux ordinateurs réels et qu'ils devraient dire qu'un algorithme est équivalent à une «machine de Turing». Et ce parce que les ordinateurs sont essentiellement interactifs, sans quoi ils auraient peu d'intérêt, alors qu'une machine de Turing est rigoureusement non interactive (elle n'a ni clavier ni même de bouton «marche/arrêt» ; si elle en avait un, la démonstration du théorème de l'arrêt s'effondrerait). Cette restriction correspond à la définition d'une «application» en mathématiques : l'élément «cible» doit être unique et déterminé, alors qu'il peut y avoir plusieurs «sources» pour une seule cible.

En revanche, sur un ordinateur, un opérateur indiscipliné peut saisir sur le clavier, lors d'un arrêt au cours de l'exécution d'un logiciel, l'heure qui apparaît sur sa montre ou le résultat du lancement d'un dé, au lieu de la donnée qui figure sur son livre de consignes.

C'est en raison de cette interactivité que les ordinateurs ne sont des machines algorithmiques

que par intermittence, et qu'ils ne satisfont pas au théorème de l'arrêt. C'est pour la même raison que notre cerveau, relié en permanence à l'univers extérieur, ne peut pas non plus avoir un fonctionnement strictement algorithmique, sans qu'il soit nécessaire d'invoquer l'indétermination quantique au niveau des synapses, comme a cru devoir le faire le mathématicien Penrose.

J.-P. SCHWAB

Deux absurdes

Dans l'article «Les mathématiques, science de l'infini» (voir *Pour la Science*, décembre 2000), un encadré détaille un exemple fameux de raisonnement par l'absurde : celui qui établit l'irrationalité du nombre «racine carrée de deux».

Dans le même numéro, l'article intitulé «L'infini, pierre de touche des constructivistes» explique que les mathématiciens constructivistes rejettent la loi du tiers exclu, «sans laquelle il n'est évidemment pas de preuve par l'absurde». Doit-on en conclure que les constructivistes rejettent la démonstration de l'irrationalité de «racine carrée de deux»? Non!

La difficulté vient de ce que les mathématiciens confondent souvent sous la même appellation de «raisonnement par l'absurde» deux types bien distincts de raisonnement. Parlons d'abord du «faux» raisonnement par l'absurde : il s'agit, pour établir la négation d'une certaine proposition P , de supposer P et d'en tirer une contradiction. On peut considérer que c'est la définition même de la négation qui est mise en œuvre dans ce raisonnement, auquel les constructivistes ne voient en général aucune objection. Ils ne mettent donc pas en doute que le nombre «racine carrée de deux» est irrationnel, ni même que l'ensemble des nombres réels est indénombrable.

Le «vrai» raisonnement par l'absurde, celui que les constructivistes rejettent et qui est équivalent au principe du tiers exclu, consiste à établir une proposition P en montrant la négation de la négation de P . Sans lui, on ne peut plus considérer qu'une proposition donnée est automatiquement la négation d'une autre : le «vrai» raisonnement par l'absurde est donc plus puissant que le «faux». Il est d'ailleurs assez rarement indispensable dans les mathématiques élémentaires.

Pierre AGERON, Université de Caen

Écrivez à *Pour la Science* vos réactions, vos commentaires et vos réflexions sur l'actualité scientifique et vos relations avec la science. L'adresse de *Pour la Science* sur Internet est : tribune@pouirlascience.fr. Découvrez d'autres contributions de lecteurs sur le site Web www.pouirlascience.com.