

L'AUTEUR



J.-P. DELAHAYE est professeur à l'Université de Lille et chercheur au Laboratoire d'informatique fondamentale de Lille (LIFL).

BIBLIOGRAPHIE

P. Noizat, *Bitcoin : derrière la bulle, de vrais débats*, *Les Echos*, 23 août 2013 <http://blogs.lesechos.fr/paristech-review/bitcoin-derriere-la-bulle-de-vrais-debats-a13320.html>

S. Barber et al., *Bitter to better, How to make Bitcoin a better currency*, *Proceedings of Financial Cryptography*, 2013.

D. Ron et A. Shamir, *Quantitative analysis of the full Bitcoin transaction graph*, *Proceedings of Financial Cryptography*, 2013.

J. Kroll et al., *The Economics of bitcoin mining, or bitcoins in the presence of adversaries*, 12th Workshop on the economics of information security, 2013 : www.weis2013.econinfosec.org/papers/KrollDaveyFeltenWEIS2013.pdf

FBI Directorate of Intelligence, *Bitcoin virtual currency : Unique features present distinct challenges for deterring illicit activity*, 2012 : www.wired.com/images_blogs/threatlevel/2012/05/Bitcoin-FBI.pdf

Satoshi Nakamoto, *Bitcoin : A peer-to-peer electronic cash system*, 2009 : <http://bitcoin.org/bitcoin.pdf>

Bitcoin Foundation : <https://bitcoinfoundation.org>

calcul montre que le processus d'émission de ces nouveaux *bitcoins* de récompense aura cessé en 2140 et qu'il y aura alors un total de 21 millions de *bitcoins*. À partir de cette date, aucun nouveau *bitcoin* ne sera plus jamais créé.

Afin d'éviter que tous les mineurs, essentiels au bon fonctionnement du protocole, désertent et que la construction et la validation continue du cahier de comptes cessent, S. Nakamoto a prévu qu'à chaque transaction, on donne une commission à celui qui ajoutera la page contenant la transaction au cahier. L'intérêt de miner sera donc préservé, même au-delà de 2140. Donner une telle commission n'est pas obligatoire et, aujourd'hui, même si vous ne laissez rien, vos transactions sont quand même validées et passent dans le cahier de comptes. Après 2140, il deviendra sans doute souhaitable de laisser un petit quelque chose à chaque transaction... On a le temps d'y penser.

L'impossible devenu réalité... et valeur

Le système mis en fonctionnement il y a quatre ans tient bien. Au début, le cours du *bitcoin* était dérisoire. Depuis un peu plus d'un an, il a monté pour atteindre 200 euros le 9 avril 2013. Il a ensuite chuté, puis est remonté à 100 euros. Certains ont réalisé d'excellentes affaires soit en achetant des *bitcoins* quand ils ne valaient rien, soit en les « minant » quand c'était facile. L'instabilité du cours fait qu'acheter des *bitcoins* est un pari. Cependant, à mesure que son usage se répandra et que des commerçants accepteront d'être payés en *bitcoins*, on peut espérer que le cours se calmera. Les avis sont partagés sur son devenir, mais l'intérêt qu'il suscite a de quoi rendre optimiste. Quelque chose d'important s'est produit avec la naissance de cette monnaie qu'une valorisation du total des *bitcoins* supérieure à un milliard d'euros a installé pour longtemps dans le monde réel. Une question se pose : pourquoi le *bitcoin* n'est-il pas apparu plus tôt ?

La réponse est simple : avant 2009, il était impossible d'envisager une telle monnaie qui doit son existence aux progrès récents dans plusieurs domaines.

a) Il fallait un réseau mondial fiable ; le *bitcoin* cesserait d'exister immédiatement en cas d'arrêt du réseau (il reprendrait à sa remise en marche).

b) Rien de possible non plus sans d'importantes puissances de calcul et de mémorisation informatique. C'est seulement récemment qu'elles sont devenues suffisantes pour que la tenue et la vérification des comptes, même en considérant toutes les transactions depuis la création de la monnaie, soient possibles quasi simultanément par des milliers d'acteurs indépendants. Ce modèle crée sans doute une confiance bien meilleure dans les comptes immatériels de cette monnaie que celle que l'on a dans ceux d'une banque qui s'occupe de gérer sa monnaie seule en faisant marcher la planche à billets de façon imprévisible et sans demander leur avis aux détenteurs de devises qui s'en trouvent pourtant lésés.

c) Le génie d'un informaticien (ou plusieurs ?) qui, en s'appuyant sur une cryptographie qui a formidablement progressé depuis 30 ans, a produit un protocole subtil et robuste que personne ne pensait possible, et qui a réussi à le faire fonctionner et décoller.

d) Essentielle aussi est la communauté des passionnés, un peu anarchistes, qui s'occupent des programmes et des réseaux pair-à-pair. Ils rendent l'utilisation pratique des *bitcoins* possible gratuitement partout et évitent qu'un groupe, une banque ou un État ne s'empare de ce qui est au fond une monnaie commune, universelle et démocratique.

Ceux qui, à propos du *bitcoin*, parlent de pyramide de Ponzi ou de construction sur du vide pouvant s'écrouler du jour au lendemain n'ont rien compris à cette nouveauté remarquable, due aux mathématiques, aux avancées techniques et à l'ingéniosité de S. Nakamoto. Ils n'ont rien compris non plus aux monnaies qui reposent toutes sur la confiance (depuis l'abandon général de la convertibilité en or) et qui créent donc, comme le *bitcoin*, de la valeur à partir de rien. Le temps est peut-être venu aujourd'hui d'accorder sa confiance à des protocoles bien conçus, contrôlés par tous, plutôt qu'à des banques qui se moquent du reste du monde et qui, sans régulation collective, manipulent les monnaies aux dépens de (presque) tous. ■

Offre de parrainage

Pour **Noël**, offrez une année de découvertes avec **SCIENCE**



Prix unitaire : 11,95 € - www.hugobouc.fr

Et recevez votre CADEAU

Les amateurs de jeux de chiffres prendront plaisir à résoudre un jeu de chiffres par jour : sudokus, carrés magiques, opérations secrètes, dédalos, hanjes, koudumos, jeux de logique, géométrie...

À partir de janvier 2014, votre filleul recevra au choix pendant un an :

- ou 12 numéros du magazine *Pour la Science*
- 12 numéros du magazine *Pour la Science* + 4 numéros du *Dossier Pour la Science*.



Une personne de votre entourage s'intéresse aux neurosciences et à la psychologie ? Faites-lui plaisir ! Offrez-lui un abonnement d'un an à **Cerveau & Psycho** et recevez votre cadeau !

À partir de janvier 2014, votre filleul recevra au choix pendant un an :

- ou 6 numéros du magazine *Cerveau et Psycho*
- 6 numéros du magazine *Cerveau et Psycho* + 4 numéros de l'*Essentiel Cerveau & Psycho*.



Votre CADEAU

Avec trois niveaux de difficulté, les jeux proposés dans ce livre vous feront exercer votre sens de l'observation et votre logique, et s'ils paraissent simples, ils se révèlent parfois plus complexes qu'il n'y paraît.

Prix unitaire : 10,50 € - www.hugobouc.fr



BULLETIN DE PARRAINAGE **SCIENCE**

À découper ou à photocopier et à retourner accompagné de votre règlement dans une enveloppe non affranchie à : Groupe Pour la Science • Service Abonnements • 8 rue Férou • 75 278 Paris cedex 06

POUR MON/MA FILLEUL(E)

Oui, j'offre 1 an d'abonnement au magazine *Pour la Science* :

- ☐ **formule simple • 12 numéros • 56 €** au lieu de 74,90 €
Tarif valable uniquement en France métropolitaine et d'outre-mer.
Pour l'étranger, participation aux frais de port à ajouter : Europe 12 € - autres pays 25 €.
- ☐ **formule couplée • 12 numéros + 4 Dossiers • 76 €** au lieu de 102,70 €
Tarif valable uniquement en France métropolitaine et d'outre-mer.
Pour l'étranger, participation aux frais de port à ajouter : Europe 16 € - autres pays 35 €.

Oui, j'offre 1 an d'abonnement au magazine *Cerveau & Psycho* :

- Format choisi : ☐ **classique** (21 x 28 cm) ou ☐ **pocket** (16 x 23 cm)
- ☐ **formule simple • 6 numéros • 32 €** au lieu de 41,70 €
Tarif valable uniquement en France métropolitaine et d'outre-mer.
Pour l'étranger, participation aux frais de port à ajouter : Europe 7,50 € - autres pays 15 €.
- ☐ **formule couplée • 10 numéros + 4 Essentiels • 48 €** au lieu de 69,50 €
Tarif valable uniquement en France métropolitaine et d'outre-mer.
Pour l'étranger, participation aux frais de port à ajouter : Europe 11,50 € - autres pays 23 €.

J'indique ci-dessous les coordonnées de la personne qui en bénéficiera :

Nom : _____ Prénom : _____
Adresse : _____
CP : _____ Ville : _____
Pays : _____ Tél. : _____
Email : _____ Pour le suivi client (facultatif)

POUR MOI *

Je reçois en cadeau aux coordonnées suivantes :

- ☐ **Un Jeu de Chiffres par jour - 2014** (983871)
- ☐ **Jeux de Logique** (983870)

Nom : _____ Prénom : _____
Adresse : _____
CP : _____ Ville : _____
Pays : _____ Tél. : _____
Email : _____ Pour le suivi client (facultatif)

Je choisis mon mode de règlement :

- ☐ Par chèque à l'ordre de *Pour la Science*
- ☐ Par carte bancaire

Numéro de carte _____
Date d'expiration _____ Signature obligatoire
Clé _____
(les 3 chiffres au dos de votre CB)

* Vous pouvez profiter de cette offre pour vous réabonner. Dans ce cas, remplissez la partie « Filleul » en indiquant vos coordonnées. Vous recevrez également vos cadeaux.
En application de l'article 27 de la loi du 6 janvier 1978, les informations ci-dessus sont indispensables au traitement de votre commande. Elles peuvent donner lieu à l'exercice du droit d'accès et de rectification auprès du groupe Pour la Science. Par notre intermédiaire, vous ou votre filleul(e) pouvez être amenés à recevoir des propositions d'organismes partenaires. En cas de refus de votre part, merci de cocher la case ci-contre ☐

SCIENCE & FICTION

Matière à fiction

Certains matériaux naturels ont des propriétés que les matériaux artificiels n'atteignent pas. Mais ceux de la science-fiction sont encore plus performants !

Roland LEHOUCQ et Jean-Sébastien STEYER

De la pierre taillée aux nanotubes de carbone, du travail du bois à la métallurgie, l'amélioration des techniques est toujours allée de pair avec la recherche de nouveaux matériaux. Dès l'Antiquité, Platon évoque l'orichalque dans *L'Atlantide* : ce métal, le plus précieux après l'or, aurait été couramment utilisé par les Atlantes. La pierre philosophale, autre matériau de légende, a été recherchée en vain par les alchimistes qui la pensaient capable de transmuter les métaux, notamment le plomb en or. Mais le mythe de la transmutation est devenu réalité avec l'invention des accélérateurs de particules : les collisions de haute énergie qui s'y déroulent transforment les noyaux cibles en d'autres noyaux n'existant pas toujours à l'état naturel. Ainsi la transmutation d'un métal en or fut réussie pour la première fois en 1941, en bombardant du mercure avec des neutrons. Hélas, l'or obtenu est radioactif et son coût de production prohibitif, ce qui rend le procédé totalement inutilisable en pratique !

Les auteurs de science-fiction n'ont bien sûr pas manqué d'inventer quantité de matériaux fabuleux. L'un des premiers exemples est la cavorite, imaginée par H. G. Wells dans son roman *Les Premiers Hommes dans la Lune*, paru en 1901. Cette substance a la propriété singulière de se comporter comme un écran gravitationnel, tout comme une cage de Faraday fait écran aux champs électromagnétiques. La cavorite permet donc de construire un appareil se déplaçant par antigravité ! La physique interdit l'existence

d'un matériau opaque à la gravitation, car il permettrait de fabriquer une machine à mouvement perpétuel : en placer un morceau sous une roue suffirait à la mettre en rotation du seul fait de l'annulation de son poids à l'endroit où le matériau est placé. La cavorite est nommée d'après le héros du roman, le docteur Cavor, qui la réalise en « fondant ensemble quelques métaux et diverses autres choses ».

Un cas plus intéressant encore est celui de Cleve Cartmill. En 1944, il publie dans la revue *Astounding Science Fiction* une nouvelle intitulée *Deadline* où est décrite une bombe utilisant des isotopes radioactifs déjà connus des physiciens nucléaires de l'époque. Les détails qu'il en donna attirèrent l'attention du FBI qui y vit un engin similaire à celui qui était alors en construction dans le cadre du très secret projet *Manhattan*, dont l'objectif était la réalisation d'une bombe nucléaire.

Les auteurs de science-fiction n'anticipent pas toujours l'avenir de façon aussi pertinente. S'ils s'inspirent de matériaux existant réellement, ils en déforment ou en amplifient les propriétés. Ainsi, dans *Les fontaines du paradis*, Arthur Clarke décrit la construction d'un ascenseur spatial, très long câble fixé à la surface de la Terre et permettant d'accéder à l'espace. Il doit être de faible densité et d'une résistance à la traction dépassant largement celle des matériaux ordinairement utilisés dans la construction. Dans son roman, Clarke nomme « monofilament » le matériau utilisé et extrapole probablement les propriétés des fibres de carbone ou des fibres polymères à haute résistance, le kevlar par exemple.



1. DANS LE FILM AVATAR, l'unobtainium a les propriétés d'un supraconducteur à température ambiante, Graal des physiciens des matériaux.



2. SUPERMATÉRIAUX POLYMORPHES (*en haut*) fabriqués à partir de minéraux (*en bas*) rapportés de la Galaxie et observés – sur cette vue d'artiste – au microscope optique.

Depuis, la science des matériaux a progressé, et les physiciens ont découvert le nanotube de carbone en 1991. Il s'agit d'un cylindre de quelques milliardièmes de mètre de diamètre constitué d'atomes de carbone agencés selon un motif hexagonal. Il semble que ces nanotubes aient les bonnes propriétés mécaniques pour construire un ascenseur spatial : sa résistance estimée est 100 fois supérieure à celle de l'acier, pour une densité quatre fois moindre. Seule difficulté : les brins que l'on sait fabriquer ne dépassent pas quelques centimètres de longueur...

L'alchimie de la science-fiction

S'ils s'inspirent parfois de la réalité, les auteurs de science-fiction aiment inventer de toutes pièces le matériau dont ils ont besoin. Ils ne font d'ailleurs que suivre la voie ouverte par les ingénieurs anglo-saxons qui, dans leur jargon, invoquent ironiquement l'« unobtainium » [de « unobtain » qui signifie ne pas obtenir] à chaque fois qu'ils parlent d'un matériau fictif ayant des propriétés peu communes. L'unobtainium a migré vers la science-fiction cinématographique, dans *Fusion the Core* (J. Amiel, 2003) et *Avatar* (J. Cameron, 2009), où il représente tour à tour le métal ultrarésistant de la coque du *Virgil*, le vaisseau d'exploration qui atteint le centre de la Terre, ou le supraconducteur à température ambiante convoité par les humains sur la planète Pandora. Parmi les matériaux fictionnels, les supermétaux sont les plus courants pour réaliser armes (les griffes en adamantium de

Wolverine), armures (le mithril forgé par les Nains du *Seigneur des Anneaux*) ou coques de vaisseaux interstellaires.

Ces supermétaux résistent évidemment à des contraintes extrêmes ou à des températures infernales. Mais la physique joue encore les rabat-joie : la matière solide ne peut pas être infiniment résistante. Ainsi, sa résistance thermique est limitée par l'énergie de liaison des atomes qui le constituent. Quand la chaleur apportée est suffisante, l'agitation thermique est telle que le matériau perd sa cohésion et fond. La gamme de températures de fusion rencontrées dans la nature est relativement large : le sodium fond à 98 °C et le tungstène à 3 422 °C. Mais le jugement est sans appel : aucune matière terrestre ne résiste à une température supérieure à quelques milliers de degrés.

Le « neutronium » est un autre matériau qui a inspiré la science-fiction depuis le milieu du XX^e siècle. Le terme fait souvent référence à une forme extraordinairement dense et résistante de matière, inspirée de celle que l'on trouve dans le cœur d'une étoile à neutrons. Dans *L'alchimiste du neutronium*, de Peter Hamilton (1997), l'astrophysicienne Alkad Mzu veut venger la destruction de son monde natal et conçoit une arme capable de provoquer l'implosion du cœur d'une étoile. L'énorme énergie gravitationnelle ainsi dégagée fait exploser l'étoile et la transforme en supernova dont le résidu postexplosif est une étoile à neutrons. C'est précisément par ce mécanisme que les étoiles les plus massives finissent – naturellement – leur vie. Le scrith,

dont le romancier Larry Niven fait la matière première de l'*Anneau-Monde* dans son œuvre éponyme de 1970, a aussi des propriétés proches de celle de la matière nucléaire : sa résistance n'a d'égal que l'intensité de la force nucléaire forte qui, dans le noyau des atomes, lie protons et neutrons. Il faut bien ça pour résister aux énormes contraintes engendrées par la rotation de l'*Anneau-Monde*, dont le rayon est de 150 millions de kilomètres.

Verrons-nous un jour les matériaux fabuleux de la science-fiction ? D'une certaine façon, ils sont déjà là, mais pas où nous les attendions : plantes et animaux produisent des matériaux organiques impressionnants. À quand, par exemple, une sporopollénine de synthèse, ce polymère ultrarésistant qui compose les parois des spores, des pollens et de certaines algues, capable de résister à des chocs et des températures extrêmes ? À quand une soie d'araignée artificielle, dont la configuration moléculaire pourra s'adapter aux changements de température et d'humidité ? Les applications du biomimétisme sont plus que prometteuses : polymères autoréparants, os synthétique, conducteurs organiques, surfaces autonettoyantes, nanomatériaux, etc. Les inventions d'aujourd'hui transformeront-elles la science-fiction d'hier en réalité de demain ? ■

J.-S. STEYER est paléontologue au CNRS-MNHN, à Paris. R. LEHOUCQ est astrophysicien au CEA, à Saclay.

Retrouvez les articles de J.-S. Steyer et R. Lehoucq sur www.pourlascience.fr



ART & SCIENCE

Le retour de la Grande Comète de 1680 ?

Une comète qui restera visible jusqu'au début de l'année 2014 ressemble beaucoup à celle peinte au XVII^e siècle par l'artiste hollandais Lieve Verschuier. Ont-elles un lien de parenté ?

Loïc MANGIN

Durant les derniers jours de décembre, lorsque vous préparerez les festivités de fin d'année, prenez quelques minutes pour scruter le ciel à la nuit tombée. Avec un peu de chance, vous apercevrez C/2012 S1. Une étoile ? Un satellite ?

Non, une comète – qui est visible à l'aide de télescopes amateurs depuis août 2013 (voir le cliché page ci-contre, en bas) et qui le restera jusqu'en janvier 2014. Au plus près du Soleil (on parle de périhélie), le 26 décembre 2013, et à 60 millions de kilomètres de la Terre, elle sera alors peut-être visible à l'œil nu. Cette comète est aussi nommée ISON, du nom du télescope (*International Scientific Optical Network*) installé près de Kislovodsk, en Russie, grâce auquel Vitali Nevski et Artyom Novichonok l'ont découverte le 21 septembre 2012.

Rappelons qu'une comète est un petit corps constitué d'un noyau de glace et de poussières. À l'approche du Soleil, ce noyau fond en partie et entraîne l'apparition, autour de lui, d'une couche gazeuse et brillante souvent prolongée par une traînée lumineuse, la queue de la comète. Cette queue peut s'étendre jusqu'à 80 millions de kilomètres. Plus précisément, ISON est une comète dite rasante, c'est-à-dire que son périhélie est très proche du Soleil.

Les caractéristiques de l'orbite d'ISON (son demi-grand axe, son excentricité, son inclinaison...) intriguent les astronomes, car elles sont similaires à celles de C/1680 V1, une autre comète plus connue sous le nom

de Grande Comète de 1680, mais aussi comète de Kirch. Elle a été représentée dans le ciel de Rotterdam (voir page ci-contre, en haut) par le peintre hollandais Lieve Verschuier (1627-1686). L'artiste est célèbre par ailleurs pour ses marines, riches d'enseignement sur la construction navale au XVII^e siècle.

La comète C/1680 V1 a été découverte le 14 novembre 1680 par l'astronome allemand Gottfried Kirch (1639-1710), qui sera le premier directeur de l'Observatoire de Berlin.

La comète de Kirch aurait été la première comète découverte grâce à un télescope : elle était pourtant visible à l'œil nu !

La comète de Kirch aurait été la première à avoir été découverte grâce à un télescope. On dit pourtant qu'elle fut visible en plein jour. De fait, elle avait une queue très longue, ce qu'illustre le tableau de Verschuier.

Dans ce tableau, que tiennent dans les mains certains spectateurs ? Il s'agit de bâtons de Jacob, ou arbalétrilles. Avant l'invention du sextant à la fin du XVIII^e siècle, ces instruments aidaient les astronomes à mesurer les angles. Ils étaient aussi utiles aux navigateurs et aux arpenteurs. Leur usage est attesté dès le XIV^e siècle.

La comète C/1680 V1 est aussi nommée comète de Newton, car le savant britannique, en rien concerné par sa découverte, aurait néanmoins utilisé les caractéristiques de son orbite pour, d'une part, vérifier les lois de Kepler

et, d'autre part, élaborer la loi universelle de la gravitation. Étonnamment, en 1684, l'un des premiers informés de son succès fut son ami... l'astronome Edmond Halley, qui avait calculé la périodicité de la comète de 1682 portant désormais son nom. D'ailleurs, Halley aurait observé la comète de Kirch lorsqu'il traversait la Manche vers la France.

La comète de Kirch est passée à quelque 60 millions de kilomètres de la Terre le 30 novembre 1680 (on retrouve la distance qui séparera ISON de la Terre le 26 décembre prochain). Elle s'est approchée à moins de un million de kilomètres du Soleil le 18 décembre 1680, atteignant son pic de luminosité le 29 décembre. Elle a été observée la dernière fois le 19 mars 1681. On a calculé qu'en septembre 2012, elle était à quelque 253 unités astronomiques du Soleil, soit environ 40 milliards de kilomètres.

Comment interpréter les similarités entre les orbites des comètes C/1680 V1 et C/2012 S1 ? Elles ne peuvent être les mêmes, car la comète de Kirch a une période de l'ordre de 10 000 ans. En 2012, l'astronome John Bortle, de l'Observatoire Brooks, aux États-Unis, a proposé que ces deux comètes pourraient être les fragments d'un même corps initial. Cependant, les observations qui se sont accumulées depuis semblent infirmer cette hypothèse. Quoi qu'il en soit, une splendide comète dans le ciel reste un beau cadeau de Noël ! ■

Un site de la NASA est dédié à l'observation de la comète ISON. Il contient de nombreuses références : <http://www.isoncampaign.org>