> Il existe un lien direct entre ces évolutions et les craintes qui ont vu le jour au XX^e^ siècle de voir dérailler les processus de publication scientifique. Une lettre d'un certain Norman Campbell paru dans la revue *Nature* du 5 mars 1932 déplorait que de plus en plus de candidats à la Royal Society soumettent une « liste de publications strictement techniques », avec pour conséquence que « nos revues sont pleines d'inepties illisibles » publiées par des chercheurs ambitieux dans l'espoir de renforcer leur candidature.

PUBLISH OR PERISH

Ce fut à peu près à ce moment-là que l'expression *publish or perish* commença à circuler au sein des milieux académiques. Elle apparut d'abord aux États-Unis, où la multiplication des universités de recherche était en train de professionnaliser la science. Le slogan devint également une sorte de raccourci pour décrire l'influence corruptrice de mesures, bureaucratiques et étroites d'esprit, de la performance des recherches.

Dans les années 1960, l'Américain Eugene Garfield lança un outil radicalement différent, connu sous le nom de *Science Citation Index*. Il espérait ainsi mettre un terme à cette culture néfaste du *publish or perish* en montrant que certains articles étaient davantage cités – et avaient donc plus de valeur – que d'autres.

Immédiatement, certains commentateurs avertirent que de nouvelles méthodes de mesure fondées sur les citations ne feraient qu'aggraver les choses, et conduiraient à une « classification fortement injuste » des revues qui pourrait fausser la science. Le « facteur d'impact » d'une revue fit ses premières apparitions publiques en 1972, peu après que le Congrès américain demanda à la NSF (la National Science Foundation) de mieux rendre compte précisément des bénéfices apportés par le financement public de la science. Il ne fait aucun doute que l'indice de citation a modifié les pratiques de la publication scientifique, tout comme, auparavant, l'introduction du catalogue avait provoqué l'essor du décompte des articles.

Aujourd'hui, les partisans des mesures d'impact alternatives soutiennent que des algorithmes bien conçus peuvent imiter et agréger les actes quotidiens de discernement que les chercheurs accomplissent quand ils lisent, citent, soutiennent des publications de recherche ou établissent des liens entre elles. Ces algorithmes, affirment-ils, se révéleront aussi performants, voire meilleurs, que les procédures établies – telles que l'examen des articles par les pairs – censées identifier les travaux de recherche importants et dignes de confiance.

Que ces affirmations se révèlent vraies ou non, elles occultent la question de savoir dans quelle mesure nous estimons que les procédures utilisées par les experts pour évaluer les idées sont intrinsèquement valables, c'est-à-dire indépendantes du contenu de ces jugements.

Le jugement porté sur des travaux scientifiques n'intervient pas dans un vide culturel. Avec la montée en puissance de procédures telles que l'examen par les pairs, destinées à organiser et à évaluer la recherche, il ne s'agissait pas simplement d'avoir une appréciation scientifique juste. Il s'agissait de trouver un équilibre entre la culture d'expertise des scientifiques et les demandes du public en termes de responsabilité. Le *Catalogue of Scientific Papers* s'inscrivait lui-même dans une époque où les index et les catalogues étaient plébiscités pour leur capacité à diffuser librement les connaissances et même à favoriser la paix dans le monde. L'intérêt pour les mesures d'impact alternatives s'est développé parallèlement à l'engouement pour les plateformes de publications en ligne, qui permettent potentiellement à la fois d'ouvrir davantage la communication scientifique et de la rendre plus démocratique.

À l'heure où le statut public de l'expert scientifique devient de plus en plus incertain, ces questions n'ont jamais été aussi cruciales. Dans une démocratie, les procédures permettant de décider ce qui constitue un savoir scientifique de valeur dépendent foncièrement de la conception publique des objectifs de l'entreprise scientifique.

La question de savoir si de nouvelles métriques pourraient un jour reproduire les résultats de l'examen par les pairs (quand celui-ci fonctionne correctement) est un faux débat. La façon dont nous choisissons de juger ce qui constitue des travaux scientifiques de qualité est tout aussi importante que le résultat final de ces jugements. Même les algorithmes ont une politique. ■

DEUX CRITÈRES PARMI D'AUTRES

FACTEUR D'IMPACT

Le facteur d'impact d'une revue est le nombre moyen de fois qu'est cité, au cours des deux dernières années, chaque article qu'elle publie (il s'agit de citations dans des articles publiés par cette revue et par les autres). Les facteurs d'impact sont publiés chaque année dans *Journal Citation Reports,* édité aujourd'hui par Clarivate Analytics. Cette analyse couvre plus de 11 000 revues dans près de 250 disciplines. Les facteurs d'impact de revues appartenant à des disciplines différentes ne sont pas comparables, car les habitudes de publication varient d'une discipline à l'autre.

INDICE H

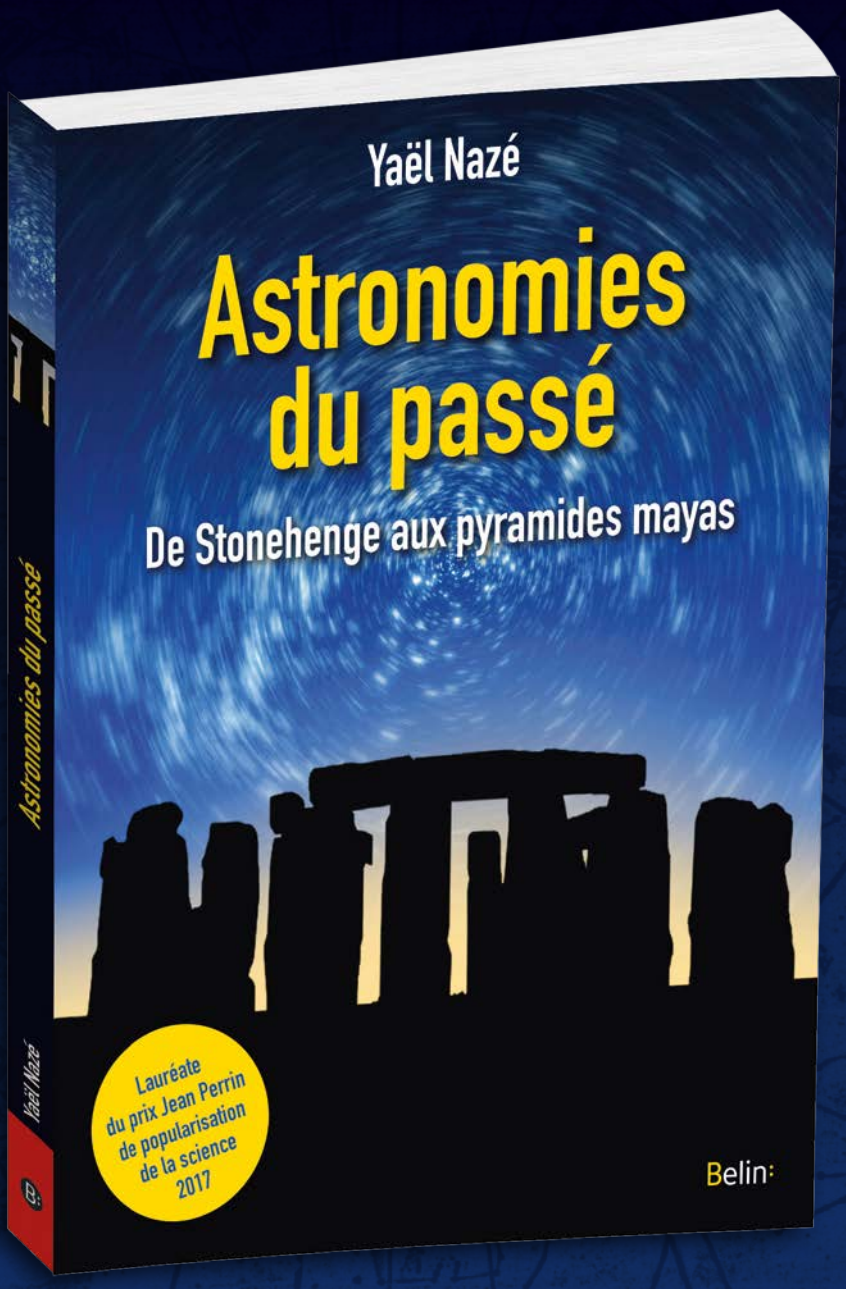
L'indice *h*, ou indice de Hirsch (*h-index* en anglais), est un outil proposé en 2005 par le physicien Jorge Hirsch pour mesurer la productivité et l'impact d'un chercheur. Par définition, l'indice *h* d'un auteur a pour valeur *n* s'il a publié n articles dont chacun a été cité au moins *n* fois par d'autres articles. Cet indice fournit une meilleure évaluation de la production d'un chercheur que le nombre de ses publications ou le nombre d'articles où il est cité. Mais, comme les autres outils bibliométriques, il n'est pas à l'abri de biais.

BIBLIOGRAPHIE

A. Csiszar, **The Scientific Journal : Authorship and the Politics of Knowledge in the Nineteenth Century**, University of Chicago Press, 2018.

A. Csiszar, **How lives became lists and scientific papers became data : Cataloguing authorship during the nineteenth century**, *British Journal for the History of Science*, vol. 50, pp. 23-60, 2017.

Un voyage à travers les âges



Belin

www.belin-editeur.com

LA FOLIE ÉLECTRIQUE DU BITCOIN

Les cryptomonnaies telles que le bitcoin se substitueront-elles un jour au dollar et à l'euro? Rien n'est moins sûr, si l'on considère l'effrayante consommation d'électricité liée au fonctionnement de ces monnaies numériques.

RENDEZ-VOUS

L'AUTEUR

JEAN-PAUL DELAHAYE
professeur émérite à l'université de Lille et chercheur au Centre de recherche en informatique, signal et automatique de Lille (Cristal)

Dans le numéro de *Pour la Science* de décembre 2013, cette rubrique présentait la cryptomonnaie nommée bitcoin et en expliquait le fonctionnement général (*voir l'encadré 1 pour un résumé*). La valeur d'un bitcoin était alors de 100 euros; le 1er janvier 2018, date à laquelle correspondront les chiffres et calculs indiqués ici, le bitcoin valait 11 500 euros!

S'agit-il d'une bulle spéculative ou d'une valorisation ayant un fondement réel? Deux camps s'opposent. D'un côté, des économistes et des spécialistes des monnaies jugent qu'il s'agit d'une «fraude» (terme employé par Jamie Dimon, directeur de la banque JP Morgan Chase) et que tout va s'effondrer, c'est-à-dire que le cours chutera brusquement, voire deviendra nul. Ils sont presque aussi nombreux qu'en 2013.

Dans l'autre camp, les défenseurs des monnaies cryptographiques avancent divers arguments pour justifier la valeur du bitcoin et de ses sœurs. Pour eux, les caractéristiques des monnaies cryptographiques – anonymat, irréversibilité, décentralisation, ouverture à tous, émission fixée à l'avance et rapidité des transactions – en font des monnaies nouvelles sans équivalent, utiles pour une fluidité plus grande des déplacements d'argent sur le réseau et pour un meilleur fonctionnement général de l'économie.

Il faut attendre pour déterminer quel camp a raison. Un point cependant soulève l'inquiétude: le réseau informatique qui assure le fonctionnement des échanges de bitcoins et leur sécurisation a une importante consommation d'énergie électrique. Toujours à la date du 1er janvier 2018, le site internet spécialisé *Digiconomist* l'a évaluée à 36 térawattheures par an, ce qui correspond à la dépense électrique annuelle de plus de 3,4 millions de foyers américains, ou encore à 0,16 % de la production électrique mondiale.

Cette quantité d'énergie brûlée par le réseau est appelée à croître. Un raisonnement économique que nous détaillerons plus loin montre que la dépense électrique du réseau est proportionnelle au cours du bitcoin, avec un délai d'ajustement de plusieurs mois pour que les investissements de rattrapage se mettent en place quand le cours augmente (une sorte d'inertie). Comme le cours du bitcoin a été multiplié par plus de 14 en un an, l'ajustement de la consommation lié au cours actuel n'a pas totalement eu lieu et se fera en multipliant au moins par 2 ou 3 dans les prochains mois la consommation électrique du réseau actuel. C'est une certitude... sauf si le cours du bitcoin s'écroule.

ENTRE 70 ET 100 TÉRAWATTHEURES D'ÉLECTRICITÉ DÉPENSÉS PAR AN!

On aboutira alors à une consommation électrique du réseau informatique du bitcoin comprise entre 70 et 100 TWh par an, équivalente à celle d'un pays tel que la Belgique.

Les évaluations mentionnées sont approximatives, car il est impossible de savoir dans le détail qui dépense de l'électricité et combien pour l'extraction de nouveaux bitcoins.

Jean-Paul Delahaye a récemment publié: **Les Mathématiciens se plient au jeu**, une sélection de ses chroniques parues dans *Pour la Science* (Belin, 2017).

LES PRINCIPES DE BASE DU BITCOIN

1

La monnaie cryptographique bitcoin a été conçue par Satoshi Nakamoto (c'est un pseudonyme) en 2008 et mis en fonctionnement en janvier 2009. En voici les principes.

Un réseau d'ordinateurs auquel tout le monde peut participer gère un registre de comptes (la blockchain) qui indique combien de bitcoins sont détenus par les comptes. Tout le monde peut créer un compte sur ce registre. Le réseau est composé de nœuds principaux, chacun détenant le registre complet des comptes et enregistrant les transactions en bitcoins entre détenteurs de comptes. Tous ces nœuds ont les mêmes droits ; on parle de réseau décentralisé pair à pair.

Le registre et les transactions sont protégés par cryptographie. On aboutit ainsi à un accord unanime sur le contenu de chaque compte, et de cet accord naît la confiance à l'origine de la montée des cours du bitcoin. Depuis neuf ans que le réseau fonctionne, personne n'a pu en empêcher le fonctionnement ou le pirater, à l'exception d'un incident vite contrôlé et réparé en août 2010.

Le fonctionnement du réseau exige qu'il y ait des nœuds volontaires opérant les contrôles et gardant le registre de comptes. Un système de rémunération est prévu pour inciter à être l'un de ces nœuds : de nouveaux bitcoins sont émis et attribués aux nœuds volontaires. Tous les bitcoins en circulation ont été créés dans cet objectif par un concours répété toutes les 10 minutes.

UNITÉS D'ÉNERGIE

Le térawattheure (TWh) est l'énergie dépensée au bout de 1 heure par un dispositif ayant une puissance de 1 térawatt (TW). Le térawattheure est égal à 1 000 gigawattheures (GWh), c'est-à-dire 1 milliard de kilowattheures (kWh). En 1 heure, un radiateur ayant une puissance de 1 000 watts consomme 1 kWh d'électricité ; dans la même durée, un réacteur électronucléaire de 1 gigawatt, ou 1 000 mégawatts, produit 1 GWh, ou 1 milliard de kWh, d'électricité.

À nouveau, deux camps s'affrontent pour cette évaluation. Il y a ceux, peut-être un peu pessimistes, qui arrivent aux chiffres élevés mentionnés. Le site *Digiconomist*, créé par le Néerlandais Alex de Vries, est le plus sérieux représentant de ce camp qui exprime une inquiétude et finalement de la méfiance vis-à-vis des cryptomonnaies, dont l'empreinte écologique semble déraisonnable.

Un autre camp, plus optimiste, arrive à des chiffres en gros deux fois plus faibles. Son représentant le plus précis est Marc Bevand, un Français vivant aux États-Unis, qui s'exprime aussi sur Internet (*voir la bibliographie*).

L'ÉQUIVALENT D'AU MOINS 10 % DE LA CONSOMMATION FRANÇAISE D'ÉLECTRICITÉ

Même pour les optimistes, la dépense électrique est importante et atteint 5 % de la consommation électrique française. Elle ira en croissant si l'intérêt pour les cryptomonnaies se confirme et que leurs cours montent. En prenant en compte les autres monnaies cryptographiques analogues au bitcoin, il faut doubler l'évaluation optimiste; c'est donc au moins l'équivalent de 10 % de la consommation française d'électricité que les monnaies cryptographiques représenteraient... et bien plus dans le futur.

Pour inciter les acteurs (les nœuds) à participer à la gestion et à la surveillance du réseau bitcoin (ce qui permet son fonctionnement sans autorité centrale de contrôle), un système de rémunération a été prévu dès la conception du bitcoin en 2008 par le mystérieux Satoshi Nakamoto. Les nœuds du réseau qui le font fonctionner sont rémunérés en nouveaux bitcoins créés périodiquement selon un programme fixé une fois pour toutes: 12,5 bitcoins sont émis toutes les 10 minutes. Ces nouveaux bitcoins, ainsi que des commissions liées aux transactions qui s'ajoutent aux 12,5 bitcoins, sont attribués à un seul nœud du réseau à la suite d'une compétition.

Ce concours consiste à résoudre un problème de nature mathématique. On a d'autant plus de chances de le résoudre en premier, donc de gagner les 12,5 bitcoins émis et les commissions liées aux transactions, qu'on est capable de calculer rapidement une fonction notée SHA256. Ceux qui participent à ce concours, les « mineurs », ainsi nommés par analogie avec les mineurs dans une mine d'or, sont pris dans une course, chacun essayant d'avoir la capacité maximale à calculer la fonction SHA256.

Au début, on effectuait les calculs de la compétition avec des machines courantes ou même sur des ordinateurs de bureau ou portables. Certains participants ont rapidement compris que les cartes graphiques étaient plus efficaces, donc dépensaient moins d'électricité, pour calculer la fonction SHA256. Ils les ont donc utilisés massivement. Rapidement encore, un second pas a été franchi en concevant et en fabriquant des puces spécialisées Asic (*Application-specific integrated circuit*) qui calculent la fonction SHA256 et ne font rien d'autre. Aujourd'hui, ceux qui participent à la course au calcul du SHA256 ne restent >