

rémunérés parce qu'ils le font fonctionner. Dans le cas du Bitcoin, 6,25 bitcoins sont créés toutes les dix minutes environ et attribués à l'un des validateurs du réseau, qui reçoit aussi des commissions provenant des utilisateurs du réseau.

Lorsque les validateurs sont anonymes, ce qui est le cas pour les cryptomonnaies mentionnées, le problème de l'attribution est alors exactement celui du «jeu du mécène et des enveloppes», car les validateurs peuvent apparaître sous plusieurs identités comme les joueurs qui envoient plusieurs enveloppes. En sécurité informatique, la tricherie consistant à apparaître sous plusieurs identités est nommée «une attaque Sybil» (voir l'encadré 3). Ces attaques ne sont possibles que sur les réseaux anonymes, et c'est bien parce que les cryptomonnaies mentionnées sont conçues avec des validateurs anonymes qu'il y a un problème. Si les validateurs étaient clairement identifiés, il serait possible de les rémunérer par la méthode S/N ou sa variante probabiliste. Pour les blockchains où les validateurs sont clairement identifiés, le problème de la distribution de l'incitation n'existe pas ou est très simple. Précisons que l'identification des validateurs n'oblige pas à l'identification des utilisateurs, qui peuvent rester anonymes même quand les validateurs sont connus.

Concevoir la méthode de rétribution des validateurs du réseau d'une cryptomonnaie dont les validateurs sont anonymes revient donc exactement à résoudre le «jeu du mécène et des enveloppes» décrit plus haut.

La méthode de l'enjeu a été proposée et elle est utilisée par de nombreux réseaux de cryptomonnaies avec des variations dans le détail. Elle prend le nom de «preuve d'enjeu» ou de «preuve de participation». La méthode du travail prend le nom de «preuve de travail». Les méthodes adoptées sont le plus souvent les versions probabilistes.

Le travail à faire dans le cas de la preuve de travail n'est pas, bien sûr, la fabrication de rubans en dentelle ensuite détruits. Le travail demandé est la réalisation de calculs dans le but de résoudre un problème numérique. Le problème à résoudre est conçu de façon qu'un validateur engageant une puissance de calcul c , (à mettre en parallèle avec la capacité à fabriquer des rubans chaque semaine) gagnera avec une probabilité proportionnelle à c . Ces calculs ne servent à rien d'autre qu'à la distribution de l'incitation et donc dès qu'elle a eu lieu on ne garde rien des calculs qui sont parfaitement comparables aux rubans détruits.

Dans le cas de la méthode de la preuve d'enjeu, un validateur engage une somme en la mettant sous séquestre numériquement, ce que l'on sait faire sans avoir à lever l'anonymat, et il est rétribué avec une probabilité proportionnelle à cette somme mise sous séquestre, qui est l'équivalent de la somme s ,

mise dans l'enveloppe envoyée à l'organisateur de la distribution.

L'évolution de ce que nous avons décrit pour «la méthode du travail» s'est produite pour les blockchains qui ont choisi la méthode de «la preuve de travail», ce qui est le cas du Bitcoin. Une industrie spécialisée dans ce calcul s'est progressivement mise en place, comparable à l'industrie des rubans de notre histoire. La compétition entre calculateurs est devenue de plus en plus forte et les moyens engagés pour mener les calculs de plus en plus importants.

SIX RÉACTEURS NUCLÉAIRES !

La logique économique incontournable, comme dans le cas des rubans, a conduit à l'utilisation de moyens industriels de calcul qui font qu'aujourd'hui l'électricité dépensée pour les calculs d'une cryptomonnaie comme le Bitcoin est équivalente à la production d'au moins six réacteurs nucléaires et sans doute trois fois plus. Une équipe de l'université de Cambridge a développé un outil de suivi en temps réel de cette consommation (voir la bibliographie). Cette dépense rogne les revenus des validateurs, comme le coût de fabrication des rubans diminue la somme S réellement distribuée par le mécène. Cette perte est absurde puisque la méthode de la «preuve d'enjeu» l'évite totalement (mais cette solution n'a été envisagée que plusieurs années après la création du Bitcoin). Il se trouve que le passage d'une méthode à l'autre n'est pas facile. Le Bitcoin ne l'envisage pas et restera économiquement inefficace et écologiquement scandaleux. Ethereum va passer de la preuve de travail à la preuve d'enjeu. Les cryptomonnaies récentes fonctionnent toutes selon la méthode de la preuve d'enjeu ou une variante.

De ces observations, retenons deux points principaux. La difficulté initiale provient de l'anonymat des validateurs. Si on y renonce, tout est assez simple. Les blockchains dites «privées» ou «de consortium» qui fonctionnent entre des utilisateurs en nombre limité et connus ne rencontrent de ce fait aucun problème de dépense électrique.

Même si on souhaite permettre aux validateurs d'une blockchain de cryptomonnaies de rester anonymes, les solutions de type «preuve d'enjeu» évitent aussi la dépense électrique et l'impact écologique de la «preuve de travail», qui apparaît comme une erreur initiale dans la conception du Bitcoin. Malgré l'admiration qu'on doit à Satoshi Nakamoto, l'inventeur de la première cryptomonnaie que fut le Bitcoin, sa «preuve de travail» est indubitablement une absurdité. Il est indispensable qu'elle soit abandonnée si on souhaite réellement que cette nouvelle sorte de monnaie se développe, permettant l'existence d'un argent liquide numérique anonyme respectueux de la vie privée de chacun. ■

BIBLIOGRAPHIE

J. P. Delahaye, **Au-delà du Bitcoin. Dans l'univers de la blockchain et des cryptomonnaies**, Dunod, août 2022.

J. P. Delahaye, **Les arguments en faveur de la preuve d'enjeu (POS) et contre la preuve de travail (POW)**, Institut Rousseau, janvier 2022. bit.ly/PLS536_LC_Rousseau

Consommation électrique du réseau Bitcoin mis à jour en continu par l'université de Cambridge ccaf.io/cbeci/index

J. P. Delahaye, **Au-delà du Bitcoin**, *Pour la Science*, n° 499, mai 2019.

V. Faure-Muntian et al., **Les enjeux technologiques des blockchains**, OPECST (Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques), 2018. bit.ly/PLS536_LC_OPECST

J. P. Delahaye, **Consommation électrique des cryptomonnaies et des blockchains, document pour France-Stratégie dans le cadre de la réflexion «La consommation électrique des technologies disruptives»** bit.ly/PLS536_LC_FranceStrat

L'AUTEUR



LOÏC MANGIN
rédacteur en chef adjoint
à Pour la Science

NOBELLES POUR TOI

Une pièce de théâtre réhabilite des femmes scientifiques qui ont vu leurs travaux empêchés, entravés et même volés.

L'année 2020 a été un bon cru. Emmanuelle Charpentier et Jennifer Doudna ont reçu le prix Nobel de médecine pour avoir mis au point la technique d'édition génomique CRISPR-Cas9. Andrea Ghez, celui de physique pour la découverte d'un objet compact super-massif au centre de notre galaxie, et Louise Glück celui de littérature pour sa voix poétique caractéristique, qui avec sa beauté austère rend l'existence individuelle universelle. L'année 2009 a même été un record, cinq femmes récompensées sur neuf prix Nobel distribués ! Mais hormis ces deux millésimes, les femmes brillent par leur absence dans le palmarès de la plus prestigieuse des récompenses : 58 nobélisées contre 885 hommes depuis 1901 ! La troupe de la Compagnie des Ondes a

décidé de leur rendre justice en leur consacrant « Nobelles », une pièce de théâtre sous la forme d'une « Cérémonie pour les oubliées du prix Nobel ».

En science, ce déséquilibre est connu sous le nom d'« effet Matilda », qui consiste en un déni systématique de la contribution des femmes à la recherche scientifique. En conséquence, leurs travaux sont souvent récupérés, voire spoliés par leurs homologues masculins. Cet effet qui porte le prénom de la militante féministe américaine Matilda Joselyn Gage, a été théorisé en 1993, par l'américaine Margaret Rossiter, historienne des sciences.

Pour le mettre sur le devant de la scène, et tenter d'ouvrir les consciences sur ce problème, l'œuvre dramatique se propose de remettre au cours d'une

cérémonie fictive des prix dans trois catégories : « La nobelle travestie », « La nobelle entravée » et « La nobelle dérobée ». Pour chacune d'elles, trois femmes scientifiques concourent. À quoi correspondent ces catégories ? La première concerne les femmes qui ont dû se déguiser en homme pour poursuivre leur activité scientifique. La seconde celles qui ont vu leurs travaux minimisés, non reconnus, ralentis, pour différentes raisons, mais essentiellement à cause de la gent masculine. La troisième réunit les femmes qui ont vu leurs résultats volés par des hommes qui s'en sont attribué... la paternité.

C'est l'occasion de découvrir ou redécouvrir le parcours de femmes de sciences, souvent extraordinaires et courageuses. Certaines sont connues, comme





Une cérémonie pour les oubliées du prix Nobel, une pièce de théâtre de la Compagnie des Ondes.

la mathématicienne Sophie Germain, la physicienne (et femme d'Albert Einstein) Mileva Marić, la physico-chimiste Rosalind Franklin. D'autres le sont moins. Un exemple? Dans la catégorie « Nobelle dérobée », Marthe Gautier est parvenue à mettre en évidence la cause de la trisomie 21, en l'occurrence un chromosome surnuméraire dans la vingt et unième paire. Cependant, le chercheur Jérôme Lejeune lui propose de faire des clichés dans un laboratoire mieux équipé... et en profite pour s'octroyer la découverte. La supercherie sera reconnue des décennies plus tard.

Inspirée de cérémonies existantes, la pièce alterne interviews, présentations des nommées, remises de prix et discours d'invitées d'honneur. Du beau monde parmi ces dernières avec la spécialiste des

plantes indigènes africaines Mary Abukutsa-Onyango, la star hollywoodienne et pionnière du wifi Hedy Lamarr et la botaniste Janaki Ammal.

Mais le spectacle va au-delà de cette seule réhabilitation en jouant, avec humour, sur les codes. Le côté glamour et paillettes, souvent associé à la seule féminité, contraste avec la valeur des travaux présentés, accomplis par des femmes. Plus encore, à mesure que la cérémonie progresse, des grains de sable perturbent la belle mécanique du spectacle en invitant le spectateur, de façon interactive, à s'interroger, par exemple, sur le bien-fondé de l'idée même de remise de prix et sur la question de la compétition dans les sciences.

Le Nobel n'est hélas pas une exception, et pour d'autres pièces, la Compagnie

des Ondes pourrait se pencher sur des prix tout aussi courus et tout autant monopolisés par des hommes, comme la médaille Fields en mathématiques, le prix Prizker en architecture, le prix Turing en informatique... ■

Nobelles. Cérémonie pour les oubliées du prix Nobel, par la Compagnie des Ondes, installée à Palaiseau. Prochaines dates à découvrir ici : www.comediedesondes.com/



L'auteur a publié :
Pollock, Turner, Van Gogh, Vermeer et la science...
(Belin, 2018)