

plasmiques ne fonctionnent qu'en présence de concentrations élevées de ce sel. Les protéines de ses structures cellulaires en contact avec le milieu extérieur ne sont fonctionnelles qu'en présence de fortes concentrations de chlorure de sodium.

Les enzymes halophiles sont aujourd'hui moins utilisées que d'autres extrémozymes, mais une application au moins est à l'étude : les biochimistes tentent d'utiliser des extrémozymes halophiles afin de mieux récupérer le pétrole des roches.

Pour créer des voies permettant au pétrole piégé dans les roches de passer dans le puits où s'effectue la récupération, les ingénieurs injectent généralement un mélange d'une gomme visqueuse (le guar, qui provient de certaines plantes) et de sable par le puits, puis ils cassent la roche au moyen d'explosifs, poussant simultanément le mélange injecté dans les fissures formées par l'explosion. Le guar facilite la dispersion du sable dans les fentes, de sorte que les grains maintiennent ultérieurement les fissures ouvertes. Comment éliminer la gomme et laisser circuler le pétrole, après cette opération ? Une solution consiste à injecter, avant le mélange de gomme et de sable, des enzymes qui dégraderont la gomme : celle-ci conserve sa viscosité le temps que le sable soit charrié jusqu'aux fissures, puis elle est dégradée.

Toutefois les puits de pétrole sont des endroits très chauds et souvent salés, où les enzymes « ordinaires » perdent leurs propriétés. Une extrémozyme fonctionnant de manière optimale à des températures et à des salinités élevées resterait probablement inactive à proximité de la sortie du puits, froide et non salée ; elle deviendrait progressivement active à mesure qu'elle pénétrerait dans le puits, puisque la température augmente avec la profondeur.

Moisson d'extrémozymes

Où trouver les extrémozymes utiles à l'industrie ? Classiquement les biologistes de l'industrie isolent les souches de micro-organismes qui contiennent les enzymes utiles, puis ils les cultivent en laboratoire. Toutefois, dans le cas des extrémophiles, ces méthodes sont souvent peu efficaces et coûteuses. Aussi les ingénieurs se sont-ils intéressés à la production d'extrémozymes par des techniques de recombinaison

de l'ADN, qui évitent les cultures d'extrémophiles. Les gènes, constitués d'ADN, codent les enzymes et les diverses protéines des cellules. Aussi, à partir de micro-organismes extrémophiles collectés dans les milieux naturels ou cultivés en laboratoire, on peut former de nombreuses copies des gènes qui codent les enzymes pour, ensuite, synthétiser ces dernières : on introduit les gènes clonés dans des micro-organismes que l'on sait bien cultiver et qui produiront les enzymes en quantités illimitées.

Deux techniques permettent d'identifier des extrémozymes potentiellement efficaces. Tout d'abord, on peut faire de petites cultures d'une bactérie extrémophile récupérée dans un milieu intéressant, puis rechercher des molécules utiles. Par exemple, on cherche des enzymes qui dégradent des protéines en ajoutant à une solution de protéines des extraits des cultures de cellules ; quand on observe une dégradation, on isole les enzymes responsables de cette activité, ainsi que les gènes qui codent ces enzymes, en espérant que ces gènes pourront être introduits dans des cellules qui les exprimeront.

On peut aussi isoler directement l'ADN d'échantillons d'eau, de terre ou de tout autre prélèvement provenant d'un milieu extrême. Puis, par des techniques de recombinaison de l'ADN, on introduit des segments d'ADN sélectionnés au hasard dans des cellules domestiquées (idéalement on n'introduit qu'un fragment par cellule) et l'on teste les colonies issues des cellules modifiées, à la recherche d'activités enzymatiques. Quand une nouvelle activité apparaît, on sait qu'elle provient d'un gène inséré. Cette méthode évite les nombreuses manipulations du procédé classique et ne sélectionne que les enzymes qui pourront, ultérieurement, être produites par des cultures de cellules domestiquées. En outre, elle procure les gènes qui codent ces enzymes sans imposer des cultures d'extrémophiles, généralement très difficiles.

Bien que la diversité des micro-organismes soit considérable, on trouve difficilement les enzymes parfaitement adaptées aux tâches qu'on veut leur confier. Aussi les enzymologues les plus en pointe modifient aujourd'hui les extrémozymes, afin de leur donner des activités sur mesure. Par exemple, après avoir découvert une extrémozyme qui dégrade efficacement des

protéines à haute température, ils sont intervenus afin de la faire fonctionner dans une gamme plus étendue d'acidité et de salinité.

Aujourd'hui, les biologistes effectuent ces transformations de deux façons. Les partisans de la « méthode rationnelle » cherchent d'abord la base structurale d'une propriété donnée ; puis ils modifient le gène de l'enzyme afin que la protéine catalytique qui en résultera détienne, à coup sûr, cette propriété. Les partisans de l'autre approche, nommée évolution dirigée, font varier de façon plus ou moins aléatoire le gène codant une enzyme choisie, et, à partir des gènes modifiés ainsi obtenus, ils fabriquent des milliers de versions différentes de cette enzyme. Ils testent alors l'ensemble pour déceler si l'une des versions a acquis le caractère escompté. Cette dernière stratégie est « edisonnienne », car lorsque Thomas Edison rechercha des matériaux pour confectionner les filaments d'ampoule électrique, il testa tous les matériaux à sa disposition, de l'éclat de bambou jusqu'au fil de soie.

Aujourd'hui les extrémozymes utilisées dans l'industrie sont peu modifiées, mais les deux approches, rationnelle et edisonnienne, produiront certainement des enzymes mieux adaptées aux tâches qu'on leur confie. Par ces mêmes méthodes, on étudie d'ailleurs la transformation d'enzymes ordinaires en extrémozymes artificielles.

Michael MADIGAN est professeur de microbiologie à Carbonsdale (Illinois). Barry MARRS est directeur de la Société *Photosynthetic Harvest*.

M.W.W. ADAMS et R.M. KELLY, *Enzymes Isolated from Microorganisms That Grow in Extreme Environments*, in *Chemical and Engineering News*, vol. 73, n° 51, pp. 32-42, 18 décembre 1995.

Extremophiles, numéro spécial de *Federation of European Microbiological Societies (FEMS) Microbiology Reviews*, vol. 18, nos 2-3, mai 1996.

K.O. STETTER, *Hyperthermophiles in the History of Life*, in *Evolution of Hydrothermal Ecosystems on Earth (and Mars?)*, sous la direction de Gregory R. Bock et Jamie A. Goode, John Wiley & Sons, 1996.

Michael T. MADIGAN, John M. MARTINKO et Jack PARKER, *Brock Biology of Microorganisms*, huitième édition, Prentice Hall, 1997.



Jules Verne, visionnaire incompris

ARTHUR EVANS • RON MILLER

La découverte d'un manuscrit longtemps égaré révèle que le père de la science-fiction se préoccupait des dangers de la science et de la technique.

Près d'un siècle après sa mort, Jules Verne fait à nouveau rêver les lecteurs du monde entier, avec un roman jusqu'ici inédit, *Paris au XX^e siècle*. Achievé en 1863, ce manuscrit était resté dans un coffre-fort, dont il n'a été sorti qu'en 1989 par l'arrière-petit-fils de l'auteur. Homme du XIX^e siècle, Verne peint une aventure humaine dans un monde où règnent des gratte-ciel de verre et d'acier, des trains à grande vitesse, des automobiles à moteur à combustion, des ordinateurs, des télécopieurs et un réseau mondial de communications. Le Verne qui avait présenté à ses lecteurs nombre de merveilles techniques, des sous-marins aux hélicoptères, ne déçoit pas ici.

Toutefois, le nouvel ouvrage ne fait pas l'apologie du progrès scientifique : *Paris au XX^e siècle* est une tragédie montrant la vie d'un jeune homme idéaliste qui lutte pour trouver le bonheur dans le monde férocement matérialiste qu'est devenu Paris vers 1960. Comme 1984 de George Orwell, ce roman de Verne est un commentaire lugubre et troublant sur le coût humain du progrès technique.

Adressé par Jules Verne, ce message surprend. Beaucoup de ses lecteurs supposent qu'il a vanté les merveilles de la technique, parce qu'il était lui-même un scientifique optimiste. Beaucoup croient aussi qu'il a écrit, principalement pour des enfants, des histoires sans profondeur. Le mythe s'est imposé, éclipsant l'homme.

En fait, Verne n'était ni un scientifique ni un ingénieur : c'était un écrivain, et des plus prolifiques : au cours de sa vie, Verne écrivit plus de 60 romans, méticuleusement fondés sur la réalité, qui inspirèrent de nombreux scientifiques, ingénieurs, inventeurs et explorateurs, tels William Beebe (le créateur et pilote de la première bathysphère), l'amiral Richard Byrd (un pionnier de l'exploration de l'Antarctique), Youri Gagarine (le premier homme ayant volé dans l'espace) et Neil Armstrong (le premier astronaute ayant marché sur la Lune).

Bien que des œuvres aux fondements scientifiques aient été écrites avant les siennes, Verne éleva la technique de la vraisemblance scientifique au rang d'art. Ce type de science-fiction, fondée sur des descriptions minutieuses des progrès scientifiques et techniques, a ensuite dominé le genre. Toutefois l'attachement de Verne aux détails techniques ne résulte pas d'une confiance aveugle dans les vertus de la science. Ses premiers écrits, pièces, essais ou nouvelles, étaient des critiques de la science et de la technique.

C'est son éditeur, Pierre-Jules Hetzel, qui poussa Verne vers le récit narratif qui le rendit célèbre : des aventures au rythme rapide, didactiques et optimistes. Sans

partager cette idée, Verne résista peu à Hetzel. Après la parution de son premier livre en 1863 (le premier d'une série de romans publiés sous le titre *Voyages extraordinaires : Voyages dans les mondes connus et inconnus*), Verne expliqua à ses amis de la Bourse (où il avait été associé à une agent de change) : « Mes amis, je vais vous quitter. J'ai eu l'idée, celle que tout homme, selon Girardin, devrait avoir une fois par jour, et que j'ai eue, moi, une seule fois dans ma vie, l'idée qui doit faire ma fortune. Je viens d'écrire un roman d'une forme nouvelle, bien à moi. S'il réussit, ce sera le filon de la mine d'or. » Ce fut effectivement le filon.

Tant qu'il fut guidé par Hetzel, Verne écrivit des romans qui étaient tous du même type. Cependant, après

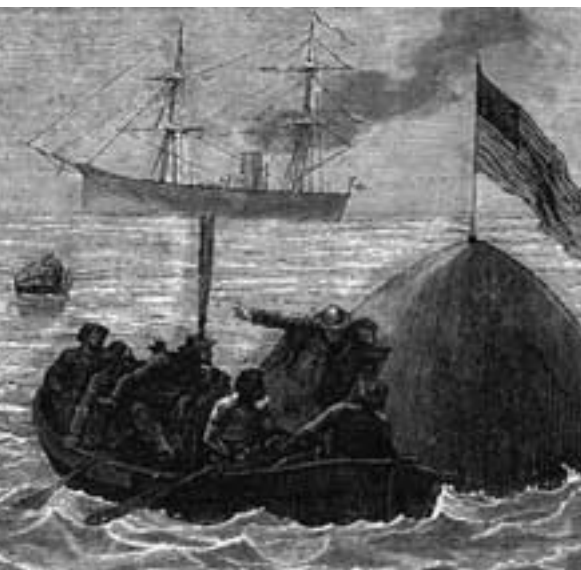
Mais, que les Américains prennent garde de se livrer à une destruction exagérée !... Peu à peu les baleines deviendront rares sur ces mers du sud, et il faudra les pourchasser jusqu'au-delà des banquises.

Le Sphinx des glaces

Ron Miller

1. UNE FORMATION ROCHEUSE en forme de lion couché à tête humaine surgit au-dessus de la mer tumultueuse dans *Le Sphinx des glaces*, l'histoire d'un voyage dans l'Antarctique fondé sur *Les aventures d'Arthur Gordon Pym*, d'Edgar Allan Poe. Verne y explique comment la chasse excessive menace les baleines d'extinction.





2. L'AMERRISSAGE décrit dans *Autour de la Lune* (à gauche) ressemble beaucoup à celui qui eut véritablement lieu quand *Apollo 11* (à droite) revint de la Lune, en 1969.

la mort de l'éditeur, en 1886, il revint à ses idées initiales, prônant l'écologie, critiquant le capitalisme, appelant à plus de responsabilité sociale et doutant des avantages réels de la science et de la technique. Comment Verne est-il alors passé pour un adepte des sciences et des techniques ?

Ambitions littéraires

Jules Gabriel Verne est né le 8 février 1828 à Nantes, ville alors prospère. Lorsqu'il eut 18 ans, sa famille l'envoya à Paris pour lui faire suivre les traces de son père, avoué. Toutefois le jeune homme avait d'autres idées. Il acheva ses études de droit, mais il était attiré par le monde littéraire parisien ; encouragé par Alexandre Dumas père et fils, qui étaient ses amis, il rêvait de célébrité littéraire. Sa licence de droit passée, il commença à composer des poèmes et des pièces.

Secrétaire du Théâtre lyrique, il vécut d'abord de leçons, puis il rédigea de courts articles et des nouvelles sur des sujets de science et d'histoire pour un magazine populaire, *Le Musée des familles* : il sélectionnait les bases de ces reportages au cours de longues consultations de livres, de revues scientifiques et de journaux, en bibliothèque. Et, naturellement, il pensa rapidement à utiliser cette documentation technique dans un « roman de la science » qui mêlerait la fiction et les faits, l'aventure et les principes scientifiques. Verne voulait que ce genre nouveau tienne de la fiction à la Feni-

more Cooper, à la Walter Scott et à la Edgar Poe, mais qu'il présente les plus récentes découvertes, explorations et expériences de son époque.

Il comptait ainsi bénéficier de l'engouement du public français pour la science, la technique et l'exploration : pendant cette période d'industrialisation et d'expansion technique rapides, les scientifiques et les ingénieurs étaient devenus les nouveaux héros populaires. Cette mode, à une époque où les sciences étaient peu enseignées dans les écoles publiques (en raison de la longue tutelle de l'Église), avait suscité une forte demande du public.

La méthodologie du premier roman de Verne, *Cinq semaines en ballon*, fut reprise pour tous les romans ultérieurs. Le romancier trouvait lui-même ses idées littéraires, mais il discutait de ses projets avec de nombreux amis et relations. Il consultait notamment son cousin Henri Garcet (un mathématicien), Jacques Arago (explorateur, frère de l'astronome et physicien François Arago) et Félix Tournachon, plus connu des Parisiens sous le pseudonyme de Nadar.

Pionnier de la photographie, aéronaute et président de la *Société d'encouragement pour la locomotion aérienne au moyen d'appareils plus lourds que l'air*, Nadar intéressa Verne aux projets de conquête de l'air et l'introduisit dans son propre cercle d'amis où entraient des ingénieurs aussi éminents que Jacques Babinet, l'inventeur du premier instrument de mesure de l'hu-

midité, et Gabriel La Landelle, dont le projet d'hélicoptère servit ultérieurement de modèle à l'une des machines fictives de Verne. Les discussions avec Nadar et ses amis aidèrent le romancier à rassembler les connaissances techniques qui furent utilisées dans le premier roman.

Verne s'inspira également d'événements de l'époque. Les récits de voyages en ballon, réels ou fictifs, s'étaient popularisés au cours des années 1850 et au début des années 1860. Les journaux français rapportant des découvertes étranges et exotiques en Afrique avaient intéressé un vaste lectorat, qui suivait de près les aventures d'explorateurs intrépides dans ce vaste continent encore mal connu. Verne vit dans ces récits le cadre idéal pour son premier roman d'aventures scientifiques.

Peu après en avoir achevé le manuscrit, en 1862, il eut la chance de rencontrer Hetzel. Verne lui demanda aussitôt s'il voudrait publier l'histoire provisoirement intitulée *Un voyage en l'air* (que son auteur avait été près de détruire, après un refus par une autre maison d'édition). Hetzel accepta et, quelques semaines plus tard, Verne et Hetzel entamaient une collaboration qui allait durer un quart de siècle. Les textes de Verne (sauf *Cinq semaines en ballon*) furent d'abord publiés dans le nouveau journal de Hetzel, *Le Magazine d'Éducation et de Récréation*.

Dans l'espoir d'obtenir en Angleterre un succès analogue à celui qui avait été rencontré en France, le pério-

dique *The Boy's Own Paper* traduisit les textes publiés par Hetzel. Ces récits eurent un succès immédiat et durable auprès des jeunes lecteurs anglais, mais cette popularité eut des inconvénients : les traductions, hâtives, étaient souvent expurgées de la majeure partie de la science et ne conservaient que les passages les plus sensationnels des textes originaux. Et Verne ne fut connu, jusqu'à aujourd'hui, des lecteurs anglophones que par ces traductions bâclées.

Enfin célèbre

En 1864, deux ans après avoir rencontré Hetzel, Verne écrivit son *Voyage au centre de la Terre*, l'histoire qui eut le plus de succès. Il avait observé l'intérêt croissant du public pour la géologie, la paléontologie et les théories de l'évolution. Narré à la première personne par le jeune protagoniste, Axel, le *Voyage au centre de la Terre* maintient un bon équilibre entre les rêveries poétiques du narrateur et les observations scientifiques détaillées de son oncle, le professeur Lidenbrock, alors qu'ils descendent dans les profondeurs de la Terre et découvrent un monde préhistorique souterrain. Ces entrelacs de faits réels et imaginaires constituent le fondement de la stratégie narrative de Verne.

L'année suivante, Verne publie *De la Terre à la Lune*. Rompant avec la tradition littéraire qui exigerait de raconter un tel voyage comme une entreprise imaginaire, Verne extrapole seulement des principes scientifiques admis à son époque, donnant une vision prophétique troublante : l'aire de lancement choisie est peu éloignée de Cap Canaveral, l'ancienne base américaine de lancement de fusées, en Floride ; il indique aussi la vitesse initiale nécessaire pour échapper à la gravité terrestre. Dans la suite, *Autour de la Lune*, Verne décrit correctement les effets de l'apesanteur et la rentrée brûlante de la capsule dans l'atmosphère, avec un amerrissage dans l'océan Pacifique, qu'il situe à deux kilomètres seulement de l'endroit où *Apollo 11* amerrit, à son retour de la Lune, en 1969.

Naturellement certaines de ces prévisions se sont peut-être «auto-accomplies», tant sont nombreux

les scientifiques et les ingénieurs spatiaux (tels Hermann Oberth et Konstantin Tsiolkovski) qui ont lu les récits de Verne. L'astronautique moderne se serait probablement développée plus lentement si Verne n'avait pas écrit ses deux romans. Soucieux des principes scientifiques, Verne rencontra les mêmes problèmes techniques qu'affrontèrent les ingénieurs astronautiques du siècle suivant. Que les solutions retenues par Verne soient similaires aux solutions modernes n'est donc pas surprenant.

Néanmoins les écrits de Verne contiennent aussi quelques erreurs scientifiques. Sa plus grande erreur, dans *De la Terre à la Lune*, fut de proposer un lancement de l'engin spatial à l'aide d'un canon gigantesque au lieu de fusées. Ce choix illogique semble avoir été voulu : quelques remarques très sceptiques, dans le roman, indiquent que Verne ne croyait pas à son canon géant. Toutefois, la technique de

lancement par des fusées était alors si rudimentaire qu'il supposa que ses lecteurs admettraient plus facilement la notion de canon lunaire géant, et il ne résista probablement pas à l'envie de se moquer de la féroce concurrence entre les fabricants américains d'artillerie après la guerre de Sécession, fil humoristique qui guide toute la lecture de *De la Terre à la Lune*, d'*Autour de la Lune* et de *Sans dessus-dessous*.

Verne commença sa première nouvelle nautique alors qu'il était installé sur le bateau qu'il avait acheté en 1868 pour croiser sur la Somme et au large des côtes françaises. Un an plus tard, il achevait *Vingt mille lieues sous les mers*, le premier roman fondé sur l'océanographie. Le pouvoir imaginaire de cette saga sous-marine, dont l'une des vedettes est le *Nautilus* (ainsi dénommé d'après le sous-marin *Le Nautil* que Robert Fulton avait construit à Paris en 1800), a fait de ce récit l'un des plus lus et des plus admirés.

Sa rédaction fut mouvementée, parce que le capitaine Nemo fut un sujet de grave désaccord entre Hetzel et Verne. L'éditeur voulait justifier les attaques de navires par une position idéologique du capitaine, qui aurait été un adversaire de la traite des esclaves. Verne, lui, voulait que Nemo soit un Polonais haïssant le tsar de Russie (la répression russe de l'insurrection polonaise, cinq ans avant la publication du roman, avait été terrible), mais Hetzel était très préoccupé d'une éventuelle interdiction du livre en Russie, où il espérait vendre les livres de Verne.

Auteur et éditeur finirent par décider que les motivations de Nemo resteraient mystérieuses : celui-ci serait seulement un champion de la liberté et un défenseur des opprimés. Pour les besoins du film tiré de l'œuvre, en 1954, les scénaristes décidèrent que Nemo lutterait contre les fabricants d'armes.

Un autre film fut tiré du *Tour du monde en quatre-vingts jours*, le roman de Verne qui eut le plus de succès. Publiée en 1872, cette histoire s'en tient aux moyens de transport existants. Verne en trouva l'idée dans une relation de voyage qui avait paru en France après l'ouverture du canal de Suez, dans une brochure promotionnelle

Comment survint ce dépeuplement ? De l'extermination des indigènes par la guerre, de l'enlèvement des hommes adultes pour travailler dans les plantations péruviennes, de l'abus d'alcools forts, et – pourquoi ne pas l'avouer ? – de tous les maux que la conquête apporta à ces îles quand les conquérants appartenaient aux races dites civilisées.
L'Île à hélice (1895)



3. UNE ÎLE TROPICALE est en proie à la violence dans *L'Île à hélice*, l'un des nombreux récits écrits après la mort de Pierre-Jules Hetzel, qui fut l'éditeur exclusif de Verne jusqu'au rachat de la maison Hetzel par Hachette.

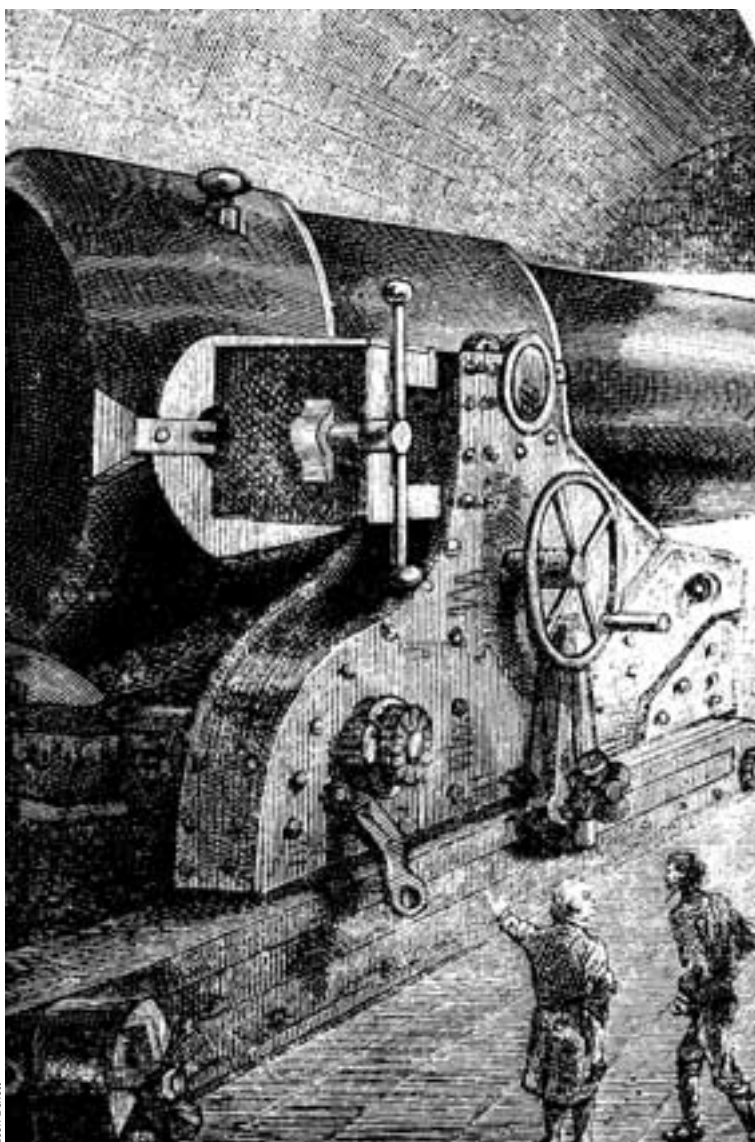
de l'agence de voyages Thomas Cook et dans une nouvelle de Poe intitulée *Trois dimanches dans la même semaine*, où il notait déjà qu'une personne voyageant autour du Globe vers l'Est gagnerait une journée en passant la ligne de changement de date.

Dans *Le Tour du monde en quatre-vingts jours*, Verne décrit comment un Anglais flegmatique et son serviteur plein de ressources se dépêchent de faire le tour du monde, malgré une foule d'aventures qui les retardent. Le roman fut initialement publié sous forme de feuilleton dans un journal parisien, ce qui tripla presque la diffusion ; puis la publication du livre complet, quelques semaines après la publication du dernier épisode, assura des ventes records, en France et à l'étranger. La renommée de Verne culmina quand des célébrités telles que Nellie Bly, Jean Cocteau et S.J. Perelman tentèrent ensuite de faire vraiment le tour du monde en moins de 80 jours.

Les huit œuvres suivantes furent toutes de la même veine que le *Tour du monde en quatre-vingts jours* ; puis Verne publia en 1879 un curieux roman, *Les Cinq cents millions de la Bégum*, qui rappelle les premiers écrits de l'auteur et annonce la vision plus critique de la science et de la technique qu'il reprendra après la mort de Hetzel. Ce roman raconte l'histoire de deux personnages symboliques, le docteur Sarrasin, français, et Herr Schultze, allemand, qui reçoivent chacun un énorme héritage avec lequel ils doi-

«Obus-fusée de verre, revêtu de bois de chêne chargé, à soixante-douze atmosphères de pression intérieure, d'acide carbonique liquide. La chute détermine l'explosion de l'enveloppe et le retour du liquide à l'état gazeux. Conséquence un froid d'environ cent degrés au-dessous de zéro dans toute la zone avoisinante, en même temps mélange d'un énorme volume de gaz carbonique à l'air ambiant. Tout être vivant qui se trouve dans un rayon de trente mètres du centre d'explosion est en même temps congelé et asphyxié. Je dis trente mètres pour prendre une base de calcul, mais l'action s'étend vraisemblablement beaucoup plus loin, peut-être à cent et deux cent mètres de rayon ! Circonstance plus avantageuse encore, le gaz acide carbonique restant très longtemps dans les couches inférieures de l'atmosphère, en raison de son poids qui est supérieur à celui de l'air, la zone dangereuse conserve ses propriétés septiques plusieurs heures après l'explosion, et qui tout être qui tente d'y pénétrer périt infailliblement. C'est un coup de canon à effet à la fois instantané et durable !... Aussi, avec mon système, pas de blessés, rien que des morts !» Herr Schultze éprouvait un plaisir manifeste à développer les mérites de son invention.

Les Cinq cents millions de la Bégum (1879)



4. L'ARME GÉANTE construite par Herr Schultze, dans *Les Cinq cents millions de la Bégum*, publié en 1879, présage le fanatisme qui fondra sur l'Europe au siècle suivant.

vent construire une ville idéale dans les contrées sauvages du Nord-Ouest américain. Sarrasin construit une cité utopique paisible, tandis que Schultze érige une entreprise aux allures de forteresse où l'on fabrique des armes de pointe. Bien dans l'esprit de son temps (on sortait de la guerre de 1870), ce roman montre pour la première fois, avec Herr Schultze, un scientifique œuvrant pour le mal.

Préfigurant Hitler, Schultze affiche des convictions fanatiquement racistes et prône l'extermination des éléments les plus faibles de la race humaine et l'ascension glorieuse d'une nouvelle classe dirigeante : «l'*Übermensch* technique». Pour la première fois, Verne montre que la puissance de la technique peut engendrer la corruption et que la connaissance scientifique peut devenir diabolique quand elle est entre les mains de personnes méchantes.

Le public français accueille fraîchement le roman. Alors qu'il se vendait entre 35 000 et 50 000 exemplaires des autres ouvrages, dans les premières années après leur publication (*Le Tour du monde en quatre-vingts jours* se vendit à 108 000 exemplaires), *Les Cinq cents millions de la Bégum* n'atteignent que la moitié des lecteurs habituels : ceux-ci n'adhèrent apparemment pas au pessimisme scientifique de Verne.

Pourtant Verne continue dans cette veine. Il reprend des thèmes moraux et



5. UNE SCÈNE CLEF de Hector Servadac, de Jules Verne, fait la couverture de la première parution du magazine américain de science-fiction *Amazing Stories*, publié pour la première fois à New York en avril 1926.

invente souvent des personnages qui n'ont plus de rapport avec la science ; les quelques scientifiques qui restent sont, de plus en plus souvent, des fous mégalomanes.

Verne essaye aussi de faire connaître certains abus sociaux et environnementaux contemporains. Par exemple, dans *L'Île à hélice*, il décrit le fléau des politiciens et des missionnaires qui détruisirent les cultures indigènes de diverses îles polynésiennes. Dans *Le Sphinx des glaces*, il met en garde contre l'extinction imminente des baleines. Dans *Le Testament d'un excentrique*, il signale la pollution causée par l'industrie du pétrole, et, dans *Le Village aérien*, il dénonce le massacre des éléphants pour leur ivoire.

La transformation littéraire de Verne transparait encore plus nettement quand il reprend des œuvres écrites au début de sa carrière. Ainsi, dans *Sans dessus dessous*, volet final d'une trilogie commencée avec *De la Terre à la Lune*, les personnages de Verne ne se contentent plus d'envoyer des capsules habitées dans l'espace ; ils cherchent à modifier l'inclinaison de la Terre à l'aide d'un canon gigantesque. Totalement indifférents aux catastrophes écologiques et humaines qui résulteraient d'un tel projet, ils veulent faire fondre la calotte polaire pour mettre à jour ses immenses richesses minières. Les protagonistes de ce

roman sont des caricatures dont Verne expose l'irresponsabilité et l'orgueil.

De l'homme au mythe

Malgré des difficultés familiales, une santé déclinante et la mort du frère qu'il aimait tant, Verne continue de composer deux ou trois romans chaque année jusqu'à la fin de sa vie. Toutefois ces derniers écrits lui rapportent peu. *L'Île à hélice* et *Le Sphinx des glaces*, par exemple, sont vendus à moins de 10 000 exemplaires. Certains de ses derniers romans, comme *Le Superbe Orénoque*, *Les Frères Kip*, *Bourses de voyage* et *L'Invasion de la mer*, n'atteignent même pas les 5 000 exemplaires, pour la première édition.

Avec un tiroir plein de manuscrits inachevés dans son bureau, Verne se sent mal quelques semaines avant son 78^e anniversaire. Lucide jusqu'à la fin, il demande à sa femme, Honorine, de rassembler la famille autour de lui et il meurt paisiblement le 24 mars 1905. Il est enterré près de son domicile, à Amiens, et deux ans plus tard, une sculpture commémorative est placée sur sa tombe. Elle montre Verne sortant de sa tombe, un bras tendu vers les étoiles.

Deux décennies après sa mort, un périodique américain intitulé *Amazing Stories* – le premier magazine entièrement consacré aux histoires de science et d'aventures – utilise une représentation de la tombe de Verne comme logo. Pour décrire ces récits, l'éditeur, Hugo Gernsback, inventa le terme «scientifiction» qui devint plus tard science-fiction. Et progressivement, Verne resta connu pour sa vision optimiste du progrès scientifique.

Arthur EVANS est l'éditeur de la revue *Science-Fiction Studies*. Ron MILLER est illustrateur scientifique.

Arthur B. EVANS, *Jules Verne Rediscovered*, Greenwood Press, 1988.

William BUTCHER, *Jules Verne's Journey to the Centre of the Self*, St. Martin's Press, 1991.

Paul K. ALKON, *Science Fiction Before 1900*, Twayne, 1994.

Brian TAVES et Stephen MICHALUK, *The Jules Verne Encyclopedia*, Scarecrow Press, 1996.

Herbert LOTTMAN, *Jules Verne : An Exploratory Biography*, St. Martin's Press, 1997.

Votes étranges et paradoxaux

JEAN-PAUL DELAHAYE

Manipulation d'informations confidentielles lors des opérations de vote.

Condorcet, illustre encyclopédiste et démocrate convaincu du *Siècle des lumières*, a montré qu'à des élections à la majorité simple A peut battre B (dans un vote opposant A à B), B peut battre C (dans un vote opposant B à C) et C peut battre A (dans un vote opposant A à C). La situation la plus simple créant ce paradoxe ne fait intervenir que trois électeurs, le premier ayant pour ordre de préférence A B C, le second B C A et le troisième C A B. Comment être juste en matière électorale ? s'interrogeait Condorcet.

Notre intuition d'électeur est souvent mise en défaut. Certains paradoxes naissent de l'arithmétique des systèmes de votes, que nous maîtrisons mal. D'autres font intervenir la manipulation d'informations confidentielles qui autorise des opérations imprévues ou même à première vue impossibles. Les trois exemples qui suivent illustrent les difficultés de la démocratie : pour vous donner la possibilité de jouer, nous les présentons sous forme d'énigmes.

1. À UN LOGICIEN RIEN D'IMPOSSIBLE

Une assemblée composée d'un nombre impair de logiciens a été capturée par le *grand méchant logicien* qui veut les enrôler dans sa secte. Il leur laisse une chance d'échapper à l'embrigadement. Il dessine dans le dos de chacun d'eux une croix noire ou une croix rouge en procédant au hasard (il s'aide d'une pièce de monnaie qu'il jette en cachette). Chaque logicien voit les croix dessinées sur le dos des autres logiciens, mais ne voit pas celle qu'il porte. Aucune communication n'est permise entre les logiciens. Un scrutin est organisé, et chaque logicien vote pour indiquer s'il pense qu'il y a un nombre pair de croix rouges au total, ou un nombre impair de croix rouges au total. L'abstention n'est évidemment pas permise.

Le *grand méchant logicien* comptabilise les réponses et considère la réponse

majoritaire (il y en a une, puisque le nombre de logiciens capturés est impair). Si le vote majoritaire est correct, les logiciens sont libérés et peuvent aller s'amuser à traiter toutes les énigmes et paradoxes qu'ils trouvent intéressants ; sinon, ils sont condamnés à servir d'esclaves au *grand méchant logicien*, qui les oblige à trouver des applications à la «logique planaire» inventée par lui et qu'il considère comme la trouvaille du siècle.

Chaque logicien se dit : «Puisque la parité du nombre total de croix rouges dépend de celle que j'ai dans le dos, qui a été tirée au hasard, je ne peux rien faire de mieux que voter au hasard. Il en est de même de tous les autres logiciens, et donc globalement nous ne pouvons rien espérer de mieux qu'être libérés une fois sur deux.»

Aussi étonnant que cela paraisse, il existe une méthode de vote que les logiciens peuvent deviner et appliquer et qui leur permettra d'être libérés dans bien plus de la moitié des cas. Quelle est cette méthode ?

Solution

Imaginons que tous les logiciens adoptent la règle suivante :

«Je suppose que j'ai dans le dos une croix de la couleur majoritairement présente devant moi et je vote conformément à la parité de ce décompte. Si je vois sur le dos des autres logiciens autant de croix noires que de croix rouges, je vote sur la parité en faisant l'hypothèse que j'ai dans le dos une croix rouge.»

Pour analyser l'effet d'une telle méthode, distinguons trois cas.

Cas 1. Si l'écart entre le nombre de croix rouges et le nombre de croix noires est supérieur à un (par exemple, six rouges et trois noires), alors les logiciens font en majorité une hypothèse correcte et donc trouvent la bonne réponse. Le vote majoritaire est alors correct et les logiciens sont libérés.

Cas 2. Si l'écart entre le nombre de croix rouges et le nombre de croix noires est de un en faveur des rouges (par

exemple, cinq rouges et quatre noires), alors d'une part tous les porteurs de croix noires (qui voient plus de rouges que de noires) votent faussement, puisqu'ils font l'hypothèse fautive qu'ils portent une croix rouge ; d'autre part, tous les porteurs de croix rouges, qui voient autant de rouges que de noires, votent correctement (puisque, dans un tel cas, ils font l'hypothèse qu'ils portent une croix rouge). Les rouges étant majoritaires, le vote est majoritairement correct et les logiciens sont libérés.

Cas 3. Si l'écart entre le nombre de croix rouges et le nombre de croix noires est de un en faveur des noires (par exemple, quatre rouges et cinq noires), alors tous les porteurs de croix rouges (qui voient plus de noires que de rouges) votent faussement (ils font une mauvaise hypothèse), ainsi que tous les porteurs de croix noires qui voient autant de rouges que de noires (et qui font injustement l'hypothèse qu'ils portent une croix rouge). Donc le vote est erroné (à 100 pour cent). C'est le seul cas où le vote est erroné. Les cas 2 et 3 se compensent et, dans la majorité des situations (grâce au cas 1), les votes des logiciens sont corrects.

Pour évaluer plus précisément le nombre de cas où le vote sera malheureux, considérons le nombre de logiciens m . Ce nombre peut s'écrire $m = 2n + 1$ (car m est impair). Le nombre de cas où le vote est incorrect est le nombre de cas où il y a n croix rouges et $n + 1$ croix noires. Ce nombre est précisément $(2n + 1)!/[n!(n + 1)!]$ (nombre de façons de choisir n éléments parmi $2n + 1$). Il y a 2^m cas possibles au total (deux façons de peindre la croix du premier logicien, deux façons de peindre la croix du deuxième logicien, etc.). Les résultats pour 3, 5, 7, 9, 15 et 25 logiciens sont donnés sur la figure 2.

Plus le nombre de logiciens est grand, meilleure est la méthode, et d'ailleurs on montre que, lorsque m tend vers l'infini, le rapport du nombre de cas défavorables sur le nombre total de cas tend vers zéro.

On peut critiquer cette solution en remarquant que les logiciens, s'ils n'ont pas pu s'entendre avant l'épreuve et aussi intelligents soient-ils, n'ont pas de raisons d'adopter tous la même stratégie qui donne un rôle particulier au rouge par rapport au noir. Il est plus raisonnable de penser que la moitié des logiciens à peu près adopte la méthode :

A. «Si je vois devant moi autant de croix noires que de croix rouges, je vote en faisant l'hypothèse que j'ai dans le dos une croix rouge. Sinon, je suppose que j'ai dans le dos une croix de la couleur majoritairement présente devant moi et je vote conformément à cette hypo-