

► cylindrique par deux disques situés à chaque extrémité et tournant en sens contraires (voir la photographie page 47). Cette expérience a permis, pour la première fois, d'observer en laboratoire des inversions spontanées de polarité et de mieux comprendre comment elles se déroulent à l'échelle de la planète.

Les équations d'Elsasser montrent que ce changement de polarité est possible: si un écoulement peut maintenir un champ magnétique d'une polarité donnée, il peut, sans être modifié, maintenir aussi le champ de polarité opposé! En revanche, la question de la transition entre les polarités est longtemps restée mystérieuse. L'expérience VKS a permis de mettre en évidence le rôle des symétries: le champ magnétique engendré par les deux disques contrarotatifs ne s'inverse que si la symétrie de l'écoulement est brisée, c'est-à-dire si les deux disques ne tournent pas à la même vitesse.

En 2009, François Pétrélis, de l'École normale supérieure, à Paris, et trois collègues, dont je faisais partie, ont modélisé la dynamique de l'inversion sur un système de basse dimension (impliquant peu de degrés de liberté). Nous avons pu modéliser les aspects essentiels de l'inversion du champ magnétique terrestre: une décroissance lente de l'intensité du champ (qui ne disparaît cependant pas complètement, mais devient chaotique) suivie d'une inversion rapide de la polarité, et enfin un rétablissement rapide de l'intensité. Les tout récents travaux de Brad Singer sur les registres géologiques, évoqués précédemment, ont confirmé ce scénario pour la dernière inversion du champ géomagnétique.

DES DÉFIS TECHNIQUES

Dans l'expérience VKS, les disques tournants qui produisent l'écoulement étaient en fer. Or ce matériau peut s'aimanter, ce qui pourrait contribuer à la génération du champ magnétique, et donc fausser les mesures. Plusieurs équipes essaient à présent de réaliser des expériences dans des géométries plus proches de celle de la Terre et sans utiliser de fer.

C'est le cas de Daniel Lathrop, de l'université du Maryland, qui a mené un projet reposant sur une enceinte sphérique de 3 mètres de diamètre en rotation. Mais en raison des difficultés techniques, il n'y a pas eu de résultats. Cary Forest, de l'université du Wisconsin, à Madison, élabore une expérience utilisant un plasma plutôt qu'un métal liquide. Enfin, à Dresde, la plateforme Dresdyn (*Dresden sodium facility for dynamo and thermohydraulic studies*) permettra d'étudier plusieurs configurations, dont une dynamo de 2 mètres de diamètre forcée par les mouvements de précession.

Ces expériences encore en développement devraient, dans les années à venir, aider à mieux comprendre le phénomène de dynamo



Le champ magnétique d'une galaxie polarise la lumière provenant de celle-ci ou de sources plus lointaines. En analysant cette lumière, il est alors possible de cartographier le champ magnétique, comme ici pour la galaxie M51.

autoexcité. L'enjeu ne se limite pas au géomagnétisme. Dans son article de 1919, Larmor s'était avant tout intéressé au champ magnétique du Soleil. L'étoile, dont le diamètre est cent fois plus grand que celui de la Terre, produit aussi un champ magnétique organisé. L'intensité de son champ de grande échelle est assez comparable à celle du champ terrestre (environ 10 gauss pour l'étoile et 0,5 gauss pour la planète), sauf dans les régions des taches solaires, où il peut atteindre plusieurs milliers de gauss. Autre différence, la polarité du champ magnétique solaire s'inverse de façon quasi périodique tous les onze ans. En fait, une grande partie des objets astrophysiques produisent un champ magnétique. C'est le cas de la plupart des planètes du Système solaire, mais pas toutes (Vénus, par exemple, n'a pas de champ magnétique).

DES DYNAMOS GALACTIQUES

Les galaxies produisent aussi un champ magnétique (voir la figure ci-dessus) de l'ordre du microgauss (un million de fois moins que le champ terrestre). Là encore, l'effet dynamo est la seule explication pour l'origine de ce champ organisé à grande échelle. Il prend sa source dans les mouvements du milieu interstellaire liés à la rotation de la galaxie et aux chocs provoqués par les explosions de supernovæ. L'étude des différents champs magnétiques n'est pas simple, car ils interagissent les uns avec les autres. Ainsi, le vent solaire interagissant avec la magnétosphère terrestre produit les spectaculaires aurores boréales. En cent ans, les chercheurs ont compris plusieurs aspects de la dynamo terrestre, mais il reste des questions ouvertes, sur Terre comme ailleurs dans l'Univers... ■

BIBLIOGRAPHIE

K. Moffatt et E. Dormy, **Self-Exciting Fluid Dynamos**, Cambridge University Press, 2019.

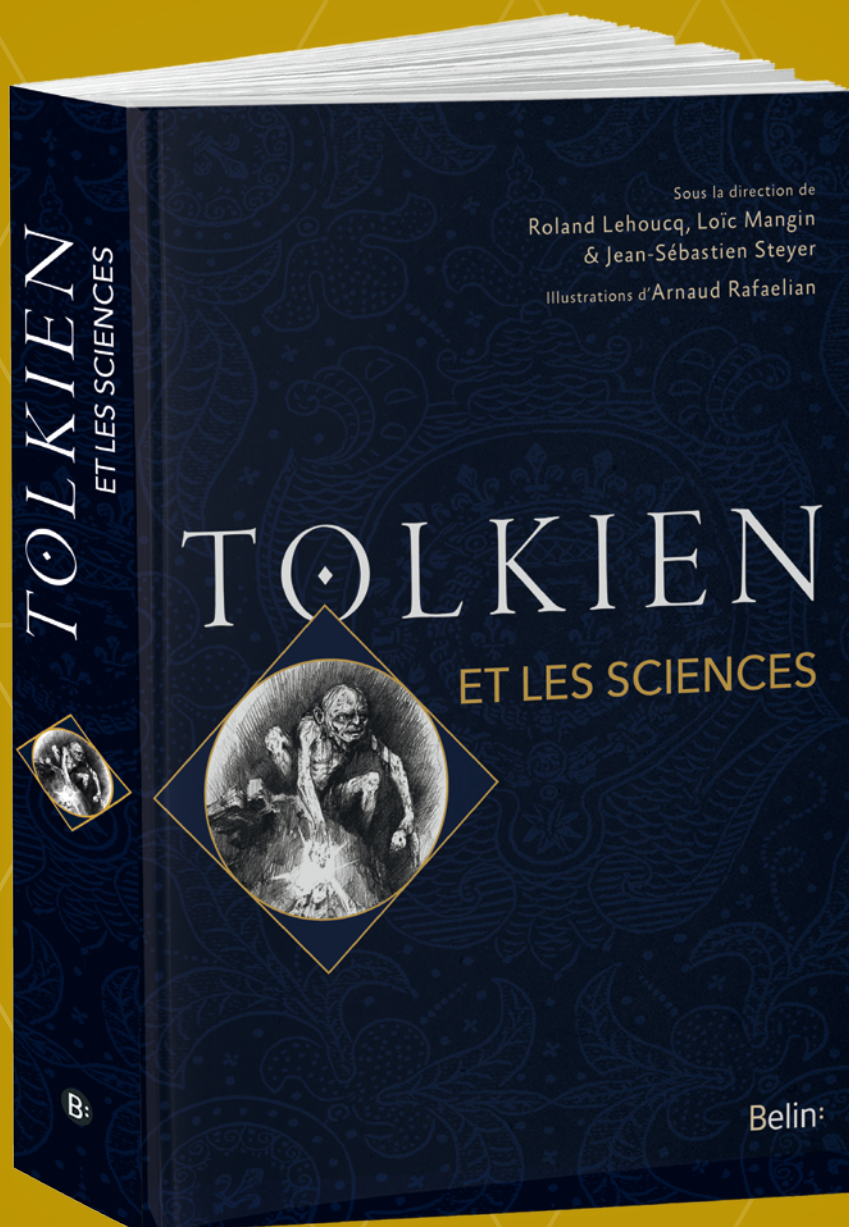
C. Guervilly et al., **Turbulent convective length scale in planetary cores**, *Nature*, vol. 570, pp. 368-371, 2019.

N. Schaeffer et al., **Turbulent geodynamo simulations: a leap towards Earth's core**, *Geophysical Journal International*, vol. 211(1), pp. 1-29, 2017.

E. Dormy, **Strong-field spherical dynamos**, *Journal of Fluid Mechanics*, vol. 789, pp. 500-513, 2016.

E. Dormy, **The origin of the Earth's magnetic field: fundamental or environmental research?**, *Europhysics news*, vol. 37(2), pp. 22-25, 2006.

QUAND LA SCIENCE NOUS ÉMERVEILLE...



Belin:

LES MÉCANISMES DE LA DÉSINFORMATION

COMMENT LES DÉMONTER

- P. 52** Connaître l'ennemi : les rouages de la désinformation
- P. 60** Comment enrayer une épidémie de désinformation ?
- P. 68** Enseigner l'esprit critique

L'informatique et les technologies de la communication nous ont fait entrer dans l'«ère de l'information». Mais est-ce vraiment le cas? L'arrivée d'internet et de ses «réseaux sociaux» a ouvert aux campagnes de désinformation des moyens nouveaux et beaucoup plus puissants qu'auparavant. On assiste ainsi à la diffusion massive et rapide d'informations délibérément ou involontairement fausses. Ce qui a de lourdes conséquences sociales, politiques, économiques, sanitaires... Lutter contre ce phénomène nécessite d'abord de bien comprendre ses mécanismes. C'est à cette condition que l'on trouvera des parades efficaces – dont l'enseignement de l'esprit critique, insuffisamment pratiqué, est l'un des éléments essentiels.

Pour la Science

L'ESSENTIEL

> La désinformation sur internet s'effectue par la diffusion d'informations délibérément fausses, de vidéos trafiquées, de mèmes...

> Avec l'automatisation d'actions et le ciblage fin des internautes, des agents malveillants instrumentalisent aisément les usagers des réseaux sociaux, à des fins diverses :

influence politique, gain d'argent, pure malveillance...

> Beaucoup de recherches restent à mener pour mieux comprendre les effets de la désinformation et construire les garde-fous nécessaires pour s'en protéger.

L'AUTRICE



CLAIRE WARDLE
chercheuse en communication,
cofondatrice et directrice de First Draft,
une organisation internationale
à but non lucratif créée en 2015 pour étudier
la désinformation et la combattre

Connaître l'ennemi: les rouages de la désinformation

Sur les réseaux sociaux, des agents malveillants exploitent notre propension à relayer sans réfléchir des contenus. Ils manipulent nos opinions soit en propageant des informations fausses ou au contexte dénaturé, soit en propageant des mèmes, c'est-à-dire des messages – visuels le plus souvent – spécialement conçus pour être partagés très vite.

J'étudie l'impact de la désinformation sur la société. Cela m'amène souvent à regretter que les jeunes entrepreneurs de la Silicon Valley ayant rendu possible la communication rapide d'aujourd'hui n'aient pas été obligés, avant de commercialiser leurs technologies, de simuler un scénario du type de l'attaque des tours jumelles de New York le 11 septembre 2001.

L'une des images les plus frappantes de cet événement montre un groupe de New-Yorkais le regard tourné vers le ciel. Sa puissance tient au fait que nous savons à quelle horreur ils assistaient. Il semble évident que, aujourd'hui, tous ou presque auraient un smartphone à la main, certains filmant le terrible spectacle afin de publier aussitôt leur vidéo sur Twitter et sur Facebook. Alimentées par les réseaux sociaux en ligne, les rumeurs et les informations fausses se répandraient vite; les messages haineux envers les musulmans se multiplieraient; avec les innombrables partages, «J'aime» et autres

commentaires, les algorithmes renforceraient les spéculations et l'indignation, tandis que, de l'étranger, des agents de désinformation amplifieraient le chaos en semant la zizanie entre communautés. Pendant ce temps, les personnes bloquées en haut des tours suivraient en direct sur leur téléphone leurs derniers instants...

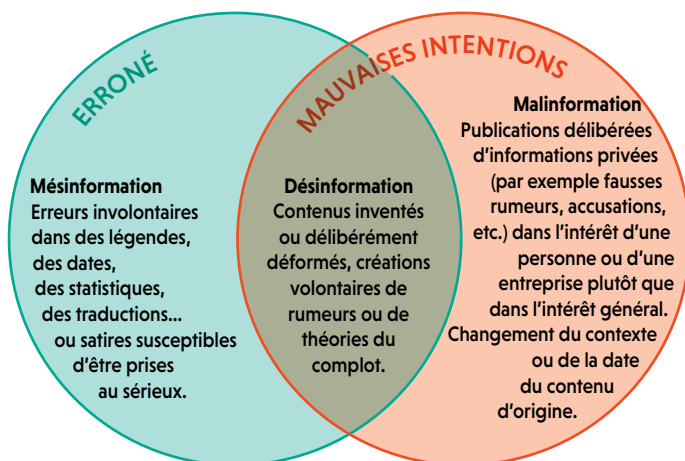
Tester les technologies des réseaux sociaux dans les conditions réelles des pires événements historiques aurait peut-être mis en évidence ce que les sociologues et les propagandistes savent depuis longtemps: les humains réagissent aux signaux émotionnels et partagent de fausses informations lorsqu'elles renforcent leurs croyances et leurs préjugés. Au lieu de cela, les développeurs des réseaux sociaux en ligne ont cru avec ferveur que créer un grand nombre de connexions entre les gens favoriserait la tolérance et neutraliserait la haine. Ils n'ont pas su voir qu'en elle-même, la technologie ne peut rien changer à ce que nous sommes fondamentalement – elle ne peut que prolonger et amplifier les traits humains existants.

>



TROIS CATÉGORIES DE TROUBLES INFORMATIONNELS

Un langage commun est impératif pour étudier et comprendre l'écosystème informationnel, car le recours habituel à des expressions simplistes telles que *fake news* (qui signifie « nouvelles de presse contrefaites ») efface des distinctions importantes tout en dénigrant la presse. Il met l'accent sur ce qui serait « vrai » par rapport à ce qui serait « faux », alors que les troubles informationnels découlent de tromperies qui se déclinent dans de nombreuses nuances.



La mésinformation en ligne existe depuis le milieu des années 1990. Mais en 2016, plusieurs événements ont mis en évidence l'émergence de forces plus malveillantes encore : l'automatisation, le microciblage et la coordination alimentaient désormais des campagnes visant clairement à manipuler à grande échelle l'opinion publique. Lorsque Rodrigo Duterte parvint à se hisser au pouvoir grâce à une intense activité sur Facebook, les journalistes philippins ont agité le chiffon rouge. Cet événement fut suivi en juin par le résultat inattendu du Brexit, et en novembre par celui de l'élection présidentielle aux États-Unis. Ces développements successifs ont incité les chercheurs à étudier systématiquement de quelle façon l'information pouvait servir d'arme.

Au cours des trois dernières années, la discussion sur les causes de la pollution de nos écosystèmes d'information s'est surtout concentrée sur les mesures prises (ou pas) par les grandes entreprises d'internet. Cette fixation est trop simpliste : une imbrication complexe de changements sociaux rend les gens plus vulnérables qu'auparavant à la désinformation et aux théories du complot. La confiance dans les institutions s'érode en effet en raison de bouleversements politiques et économiques. L'aggravation incessante des inégalités de revenus en est l'un des principaux facteurs ; par ailleurs, les effets du changement climatique sont

de plus en plus prononcés ; d'amples mouvements migratoires suscitent des tensions entre communautés ; et avec l'automatisation croissante, les gens ont de plus en plus peur pour leur emploi et pour leur vie privée.

Bien au fait de ces tendances sociétales, des acteurs souhaitant accroître les tensions existantes conçoivent des contenus qui, espèrent-ils, susciteront la colère ou l'enthousiasme de leurs destinataires afin de transformer ceux-ci en messagers. L'objectif poursuivi est d'exploiter le capital social de chaque destinataire afin de renforcer les messages diffusés et d'augmenter la crédibilité de ces derniers.

La plupart de ces contenus ne sont pas conçus pour convaincre les gens de quoi que ce soit, mais pour créer de la confusion, bouleverser et saper la confiance dans les institutions démocratiques, depuis le système électoral jusqu'à la presse. Même si une intense activité de ce genre est en cours afin de préparer l'électorat américain en vue de la course à la présidence de 2020, les contenus trompeurs et conspirationnistes ne datent pas de la campagne présidentielle de 2016 et ne prendront pas fin avec celle qui vient. Car à mesure que les outils logiciels conçus pour manipuler et amplifier les contenus deviennent moins chers et plus accessibles, il est de plus en plus facile d'instrumentaliser les utilisateurs de réseaux sociaux et d'en faire, à leur insu, des agents de la désinformation.

« FAKE NEWS », UNE EXPRESSION FOURRE-TOUT ET SANS NUANCES

Le langage utilisé en général pour discuter du problème de la désinformation est trop simpliste. Tant la recherche que la détermination d'actions à mener exigent de partir de définitions claires. Or beaucoup de gens emploient l'expression problématique de *fake news*, qui se traduit au mieux par « fausses nouvelles ». Sans cesse brandie par des politiciens du monde entier pour attaquer la presse indépendante, cette expression est dangereuse. Des travaux récents montrent que le public l'associe de plus en plus à la presse traditionnelle. Cette expression fourre-tout se rapporte à plusieurs phénomènes distincts : mensonges, rumeurs, canulars, désinformation, complots, propagande... *Fake news* masque ainsi les nuances et la complexité de ces types de contenus, lesquels n'ont rien de nouvelles de presse, mais consistent en memes, vidéos et messages publiés sur les réseaux sociaux tels que Facebook et Instagram.

Afin de faire apparaître la diversité des contenus susceptibles de polluer l'écosystème informationnel, j'ai défini en février 2017 sept catégories différentes de « troubles de l'information ». Elles comportent notamment la