

Retour sur des sujets déjà traités dans nos colonnes

→ LE TRANSPORT DU FLORIGÈNE

La floraison est le mécanisme essentiel de la reproduction des plantes à fleurs. En 2009, François Parcy expliquait notamment que le « florigène », c'est-à-dire le signal produit dans la feuille et provoquant l'apparition du bouton floral au sommet de la tige, était la protéine FT (voir « Mais qu'est-ce qui fait fleurir les plantes ? », *Pour la Science*, juillet 2009, http://bit.ly/PLS381_Parcy).

Toutefois, le transport du florigène dans les vaisseaux de la plante restait mal compris. Lu Chiu et des collègues de l'Université de Singapour viennent de faire un progrès notable (*PLoS Biology*, 17 avril 2012). Ils ont montré qu'une protéine de la membrane du réticulum endoplasmique – une « usine » de transformation des protéines présente chez tous les eucaryotes (organismes dont les cellules ont un noyau) – s'associe à la protéine FT. Cela permet au florigène de passer des « cellules compagnes », où il est produit, aux cellules du tube criblé, qui sont le point d'entrée dans le système vasculaire assurant le transport de la sève. Ils ont nommé cette protéine régulatrice FTIP1, pour *FT Interacting Protein* ou « protéine interagissant avec FT ». Difficile de faire plus simple...

→ TOUT ACCÉLÈRE : LES GLACIERS ANTARCTIQUES AUSSI

Les banquises de l'Antarctique étayent les glaciers qui débouchent dans les mers entourant le continent blanc et ralentissent ainsi leur avancée. Robin Bell expliquait cela dans un article discutant de l'effet lubrifiant de l'eau circulant sous les calottes de glace (voir « L'eau, une menace pour les calottes polaires », *Pour la Science*, mai 2008, http://bit.ly/PLS367_Bell). Or Hamish Pritchard, du Service de recherche antarctique britannique (*British Antarctic Survey*), et des collègues européens et américains révèlent que c'est surtout la fonte de la base des banquises qui, en les amincissant, facilite leur fragmentation et, de ce fait, diminue, voire annihile, leur rôle d'étalement pour les glaciers (*Nature*, 26 avril 2012). Pour ce faire, les chercheurs ont mesuré par radiométrie laser satellitaire les épaisseurs des banquises et modélisé les névés qui les surmontent afin d'établir une carte de l'amincissement des banquises autour de l'Antarctique. Il en ressort que les glaciers débouchant dans la mer accélèrent avec l'amincissement. Cela prouve que l'épaisseur des banquises est le principal paramètre de contrôle de la vitesse avec laquelle les écoulements de glace antarctiques viennent alimenter la montée des eaux océaniques. Les chercheurs ont remarqué que c'est surtout aux endroits où le courant circumpolaire atteint la banquise que l'amincissement de la glace est le plus important.



Les plaquettes, nœuds du réseau associé au go, sont constituées par une position centrale entourée de ses huit voisines (en bleu).

voisines, lesquelles peuvent être soit vides, soit occupées par une pierre (blanche ou noire). Les symétries de position ou de couleur réduisent le nombre des 6 561 plaquettes possibles *a priori* à 1 107 plaquettes non équivalentes. Ces dernières constituent les nœuds d'un réseau associé au go, dont les liens sont définis par la configuration des arêtes. Il restait aux chercheurs à analyser les évolutions possibles du réseau et à repérer celles qui sont favorables.

B. Georgeot et O. Giraud ont pour cela exploité les 865 parties jouées dans les prin-

cipaux tournois professionnels japonais depuis 1941, auxquelles ils ont ajouté pour comparaison 4 000 parties d'amateurs. Il apparaît que, dans ces parties hautement tactiques, les fréquences des coups choisis par les joueurs respectent la loi dite de Zipf. Remarquée initialement sur la répétition des mots, cette loi empirique stipule que les fréquences d'apparition des coups sont inversement proportionnelles à leur rang dans un classement par fréquences d'apparition décroissantes.

Les chercheurs ont ensuite étudié les différentes « matrices d'adjacence » utilisées en théorie des réseaux pour définir des « graphes pondérés », c'est-à-dire des séquences d'états du réseau dont les liens entre nœuds successifs sont caractérisés par des probabilités. Ces dernières sont liées aux « vecteurs propres » des matrices d'adjacence, qui diffèrent d'un tournoi à l'autre et entre les joueurs professionnels et amateurs, mais qui peuvent être groupés afin de caractériser des types de stratégies. Les deux physiciens sont persuadés qu'en poussant plus loin l'étude de la distribution de ces vecteurs propres, on pourra concevoir un simulateur capable de battre les meilleurs professionnels. À suivre...

François Savatier

→ NOUVELLE SIMULATION DU GO

On ne sait pas bien simuler le jeu de go, mais les techniques probabilistes changent la donne, expliquait Sylvain Gelly dans un article où il nous présentait l'approche *MoGo* fondée sur la méthode de Monte-Carlo (voir « L'ordinateur, champion de go ? », *Pour la Science*, avril 2007, http://bit.ly/PLS354_Gelly). Pour leur part, Bertrand Georgeot, de l'Université de Toulouse, et Olivier Giraud, de l'Université Paris-Sud, viennent d'appliquer au go la théorie des réseaux (*Europhysics Letters*, 13 mars 2012). Pour cela, ces physiciens théoriciens ont modélisé le jeu en le réduisant à ses phénomènes locaux. Ils ont défini les 3⁸ « plaquettes » qui consistent en une intersection entourée de ses huit

POINT DE VUE

Tempêtes solaires : comment s'y préparer ?

L'activité du Soleil est mal connue. Nous devons mettre en commun les connaissances acquises. Alors seulement serons-nous capables de faire des prévisions fiables et de nous préparer au mieux aux « accès de fièvre » de notre étoile.

Jean LILENSTEN

Le Soleil est un astre moins placide qu'on ne le pensait jusqu'en 1995, date à laquelle plusieurs instruments du satellite SOHO ont commencé à le scruter. Il est agité de soubresauts qui donnent lieu à de spectaculaires éjections de matière (éruptions ou éjections de masse coronale). Son rayonnement varie, en particulier dans l'ultraviolet, et ces variations sont dues aux fluctuations, dont la cause est mal connue, de son champ magnétique.

Les bouffées de particules émises lors de ces soubresauts peuvent perturber les satellites et tout le secteur spatial, les télécommunications, les systèmes de géolocalisation, les réseaux d'électricité, etc. Prévoir l'activité solaire pour en minimiser les dommages représente des enjeux industriels qui se chiffrent en milliards d'euros.

Le dernier minimum solaire, en 2010, a duré plus longtemps que prévu, et le début du cycle actuel d'activité ne ressemble pas à ce qui avait été observé au cours des dernières décennies. En fait, si l'on sait que l'activité solaire présente des cycles de 10 à 12 ans, d'autres de 200 ans environ, et d'autres encore plus longs, mais moins bien connus, nous ignorons presque tout de l'activité de notre étoile, puisque nous n'avons que 400 années d'observation directe de son activité sur 4,6 milliards d'années de sa vie, et l'ère spatiale n'a commencé que dans les années 1960... Cette absence de connaissances fiables donne lieu à des supputations qui vont de la disparition pure et simple de l'activité solaire à des éruptions drama-

tiques, tournant les projecteurs médiatiques vers la « météorologie de l'espace ».

Lorsque cette jeune discipline a émergé, en partie sous l'impulsion de l'astrophysicien français Pierre Lantos (1942-2007), le Plan américain de météorologie de l'espace l'a officiellement définie comme l'étude des « conditions sur le Soleil et dans le vent solaire, la magnétosphère, l'ionosphère et la thermosphère pouvant influencer sur les performances et la fiabilité des systèmes technologiques spatiaux embarqués et au sol, et mettre en danger la vie ou la santé humaine ».

LA MÉTÉOROLOGIE DE L'ESPACE
entre dans une phase de maturité
qui nécessite plus de mesures,
de dialogues et de modèles fiables.

Cette phraséologie catastrophiste a été rapidement reprise par la NASA, puis par l'ensemble des agences spatiales et, partant, par la presse mondiale. Aux États-Unis, elle a conduit à une escalade verbale, où l'on n'hésitait plus à envisager des « tsunamis solaires ». La position des Européens fut plus modérée. Les astrophysiciens des 23 nationalités réunies au premier Groupe européen de météorologie de l'espace que j'ai eu la chance d'organiser en 2003 avaient tous connu la guerre. Et leurs craintes de mourir d'une éruption solaire passaient bien après celles de périr d'une bombe, d'un tremblement de terre ou d'une attaque armée. Il nous fallait donc proposer notre propre définition de la météorologie de l'espace.

Ce fut fait après quatre années de vifs débats : « La météorologie de l'espace est la discipline qui traite de l'état physique et phénoménologique des environnements spatiaux naturels. Au moyen de l'observation, la surveillance, l'analyse et la modélisation, elle vise à plusieurs objectifs : d'une part, comprendre et prévoir l'état du Soleil, des environnements interplanétaires et planétaires, et des perturbations qui les affectent, qu'elles soient d'origine solaire ou pas. D'autre part, analyser en temps réel ou prévoir d'éventuels impacts sur les systèmes biologiques et technologiques. » Cette définition fut adoptée par l'Agence spatiale européenne (ESA) et la Commission européenne.

Notre premier objectif est d'étudier l'activité du Soleil. Le deuxième est d'élaborer des modèles fiables permettant de prévoir les éruptions solaires ; et, plutôt que de mentionner les dangers comme le font les astronomes américains, nous avons préféré évoquer les impacts sur les systèmes biologiques et techniques.

Les grands défis de la météorologie de l'espace pour les années à venir sont d'ordre organisationnel et scientifique. L'ESA a piloté le lancement européen de météorologie de l'espace dans les années 1990. Mais la météo de l'espace ne se réduit pas au secteur spatial. Aussi ai-je fixé en 2003 quatre objectifs : un Centre européen de prévision, une rencontre annuelle internationale, un portail grand public et une revue scientifique.

La Belgique s'est particulièrement investie, avec une volonté constante de collaboration, et c'est aujourd'hui à Bruxelles que le

Centre européen est implanté. Il donne des prévisions solaires et géomagnétiques d'une qualité équivalente à celles de l'agence américaine NOAA. La rencontre internationale, qui se tient dans diverses villes belges, réunit chaque année opérateurs, industriels, agences spatiales et scientifiques. Le portail www.spaceweather.eu offre des informations dans plusieurs langues de l'Union. Enfin, en 2011, avec Anna Behlaki, nous avons lancé le *Journal of Space Weather and Space Climate*, en accès libre sur Internet. Aujourd'hui, le réseau existe et grandit rapidement, mais il nous faut maîtriser cette croissance et, pour cela, obtenir un soutien pérenne des gouvernements, des agences spatiales et des industriels concernés.

Reste une difficulté de taille : nous devons améliorer nos connaissances scientifiques sur l'activité du Soleil. Aucune équipe n'a été

capable de prévoir ni la durée ni l'amplitude du dernier minimum solaire et, lors de la dernière rencontre de la Société européenne de géosciences qui s'est tenue à Vienne en avril, les avis divergeaient sur la date et l'ampleur du prochain maximum.

Pourquoi est-ce si important de mieux connaître l'activité solaire ? Parce que si nous pouvons prévoir les éruptions violentes, leur composition et l'énergie des particules qui les composent, nous serons capables de minimiser les risques tant pour les hommes que pour les instruments. Ainsi, dès à présent, quand on sait qu'une émission importante va avoir lieu, on prévient, par exemple, les compagnies aériennes qui, dès lors, peuvent dérouter un avion qui serait concerné, afin de minimiser l'exposition des passagers, mais surtout des personnels navigants qui sont régulièrement soumis aux particules cos-

miques. Le lancement d'une fusée peut être reporté de quelques heures pour éviter la bouffée attendue de particules cosmiques, qui risqueraient d'endommager l'électronique embarquée. Les satellites les plus exposés peuvent être programmés de la Terre pour adopter un mode dit de sauvegarde : de cette façon, le satellite cesse d'émettre, évitant d'envoyer des informations erronées.

La météorologie de l'espace entre dans une phase de maturité dont tout catastrophisme est exclu. Elle nécessite plus de mesures de toutes sortes, de dialogues entre les partenaires et de modèles fiables. ■

Jean LILENSTEN est chercheur à l'IPAG, Institut de planétologie et d'astrophysique de Grenoble.



Réagissez en direct
à cet article sur
www.pourlascience.fr

ÉCONOMIE

Che forte l'Italia !

Mario Monti mène diverses réformes au pas de charge. Pourtant, selon le dicton, « Chi va piano, va sano e va lontano ». L'avenir dira s'il ira vraiment loin...

Alain TRANNOY

L'Italie revient à la mode, au moins chez les dirigeants libéraux qui jaloussent les réformes menées au pas de charge par Mario Monti. La cure de rigueur, la réforme des retraites, les libéralisations de l'économie, l'intensification de la lutte contre la fraude fiscale et la prochaine réforme du marché du travail, bientôt débattue au Parlement, le tout en un peu moins de quatre mois. En novembre 2011, l'Italie inquiétait l'aréopage des cercles dirigeants européens et les marchés financiers, tant elle semblait devenue vulnérable aux attaques spéculatives nourries par un possible défaut de la Grèce sur sa dette publique. Les taux sur les marchés financiers auxquels elle refinançait sa dette

dépassaient sept pour cent par an, faisant craindre le pire.

Et pourtant, il faut se garder de se tromper de diagnostic à propos de l'économie italienne. Son problème n'est pas tant sa dette

que sa croissance, voire sa décroissance. La dette publique rapportée au PIB représente aux alentours de 120 pour cent, et les trimestres de croissance nulle ou négative se succèdent. La croissance moyenne de 2002 à 2011 du PIB italien s'est établie à 0,26 pour cent par an, celles de la France et de l'Allemagne au voisinage de 1,1 pour cent sur la même période. La feuille de route de Mario Monti, à son arrivée au pouvoir, était claire : remettre l'économie italienne sur un sentier de croissance, notamment pour payer la dette.

La croissance économique est un phénomène complexe, et même si beaucoup a été écrit depuis Joseph Schumpeter (1883-1950), le premier économiste à en avoir proposé une explication, la faible croissance

