



Rassias-DIAF

Comme les drogues, les jeux de hasard rendent parfois dépendants.

la *Nef des fous*, Sebastian Brant écrit : «Je trouve aussi des fous qui n'ont d'autres passions que les dés et les cartes.» Le jeu pathologique est démesuré, tel que l'a décrit Dostoïevski ; on y mise toute sa fortune.

Le premier article français sur la psychologie du joueur est publié en 1929. Les auteurs décrivent un mécanisme en cinq phases : une phase d'initiation (où le joueur est fasciné par le gain), une phase d'accoutumance (le joueur s'habitue), une phase de besoin (le joueur ne peut plus

s'empêcher de jouer et commence à avoir besoin de rejouer pour regagner l'argent perdu), une phase de souffrance (la dépendance devient un cauchemar) et la phase de la déchéance sociale (le joueur a perdu tout son argent, sa famille, ses amis).

Dans la littérature scientifique, le jeu pathologique n'a été décrit comme une maladie que depuis 1980. Il est classé dans la catégorie des «troubles des impulsions non classés ailleurs», avec la cleptomanie et la pyromanie. Le jeu pathologique est considéré comme une toxi-

comanie sans drogue. Comme chez les toxicomanes, la dépendance finit par envahir la vie psychique et sociale du joueur ; les sensations que recherche le joueur ressemblent à celles que produisent les drogues. Tous les jeux, qu'ils soient de hasard ou de stratégie, peuvent déclencher cette dépendance. Les joueurs, comme les alcooliques et les toxicomanes, voient leur dépendance évoluer inexorablement ; la rémission n'est possible qu'avec une aide extérieure.

Connaissant les neuromédiateurs sur lesquels agissent les drogues, les neurobiologistes recherchent des perturbations du même type chez les joueurs pathologiques. Les joueurs deviendraient dépendants de la noradrénaline que l'organisme libère pendant le stress (ici la peur déclenchée, par exemple, au moment où la roulette s'arrête).

Selon Marc Valleur, psychiatre au Centre médical Marmottan, les drogués du jeu présentent souvent plusieurs dépendances simultanées ou alternées (le jeu, l'alcool, la drogue ou le sexe). Plus le nombre de joueurs épisodiques croît, plus le risque de déclencher des comportements pathologiques augmente. Les jeux présentant le plus de risques sont les jeux solitaires qui, comme les machines à sous, rapportent immédiatement. Les jeux de hasard sur l'Internet, où le joueur est seul avec son ordinateur, pourraient multiplier les conduites pathologiques.

Enzymes de réparation

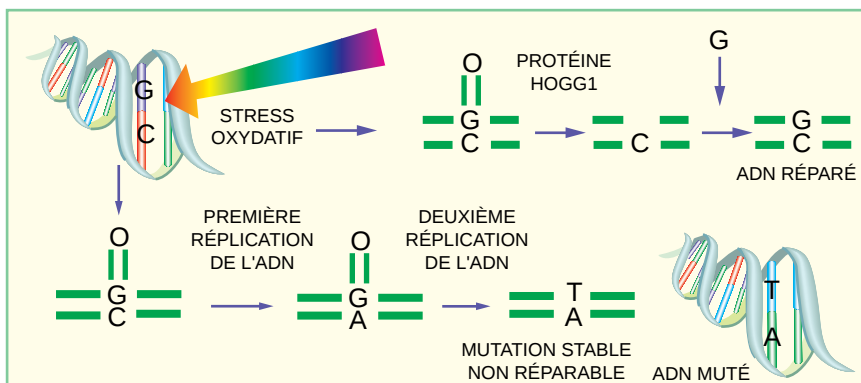
Elles éliminent les effets néfastes de la respiration cellulaire.

Les cellules respirent : elles absorbent de l'oxygène qui engendre des molécules très réactives. Ces dernières risquent d'endommager tant l'ADN, que les protéines ou les lipides de la membrane cellulaire. L'ensemble de ces réactions préjudiciables constitue le stress oxydatif endogène, auquel s'ajoute le stress oxydatif d'origine externe dû, par exemple, aux composés chimiques ou aux rayonnements ionisants. Serge Boiteux et Pablo Radicella, du Laboratoire de radiobiologie de l'ADN du CEA, ont montré que les cellules se protègent contre ces mécanismes d'oxydation : ils ont isolé un gène codant une protéine qui répare l'ADN endommagé par le stress oxydatif endogène.

Ces lésions engendrent des mutations dont l'accumulation perturbe l'expression des gènes et le fonctionnement des cellules ; elles participent aussi au

déclenchement des cancers et accélèrent le vieillissement. Les organismes se défendent contre les molécules oxydantes et les radicaux libres, engendrés lors de la respiration cellulaire, grâce à des enzymes de prévention, qui les

inactivent avant qu'ils n'agissent. Toutefois, certaines de ces molécules nocives réussissent à franchir cette première ligne de défense et à endommager l'ADN. Quand la lésion est notable, la cellule cesse de fonctionner et meurt. Quand la



Lors d'un stress oxydatif, la guanine (G) est oxydée en 8-oxoguanine (G=O). La protéine de réparation codée par le gène *hogg1* élimine la 8-oxoguanine, laquelle est ensuite remplacée par une guanine, et l'ADN est réparé (en haut). Quand cette enzyme de réparation est inactive, l'ADN polymérase place, au moment de la réplication de l'ADN, une adénine à la place d'une cytosine en face des 8-oxoguanines (en bas). À la réplication suivante, une thymine est positionnée en face de l'adénine, et des mutations non réparables apparaissent ainsi dans l'ADN (des paires thymine-adénine sont présentes à la place de paires guanine-cytosine).

DES CAILLOUX DANS LES CHOSES SÛRES



Didier Nordon épingle les scientifiques et les politiques qui extraient de la science plus qu'elle ne dit. Nul doute que chacun reconnaîtra dans ces piques... le défaut de son condisciple.

144 pages - 65 F
Code 1897

**POUR LA
SCIENCE**
DIFFUSION BELIN

Bon de commande en p. 98

lésion est infime, la vie cellulaire continue, mais les mécanismes insidieux de la cancérogenèse s'enclenchent.

Ainsi, l'une des modifications possibles de l'ADN est l'oxydation d'un de ses éléments, la guanine, transformée en 8-oxoguanine. Au cours de la division cellulaire, l'enzyme ADN polymérase recopie l'ADN de façon que le brin en cours de synthèse soit une copie rigoureuse de l'ADN initial. Quand la guanine est devenue une 8-oxoguanine, l'enzyme se trompe et ajoute à la chaîne d'ADN en construction une adénine à la place d'une cytosine. Cette anomalie dans le message génétique perturbe ensuite la synthèse de la protéine codée par le gène muté : celle-ci est alors plus ou moins fonctionnelle ; parfois, elle n'est même pas synthétisée.

La cellule dispose d'une deuxième ligne de défense visant à éliminer ces lésions d'oxydation : les enzymes de réparation. L'équipe de S. Boiteux a découvert une de ces enzymes, l'ADN glycosylase, qui découpe spécifiquement les 8-oxoguanines de l'ADN avant toute réplication. Les biologistes ont cloné le gène codant cette enzyme chez l'homme, et ont isolé le gène correspondant, nommé *hogg1* (pour *human oxoguanine glycosylase 1*). La protéine codée par *hogg1* est exprimée dans tous les tissus de l'organisme.

Connaissant le rôle du gène équivalent chez la levure, les biologistes supposent que le gène *hogg1* répare certaines mutations et prévient ainsi les mécanismes tumoraux : il serait un gène suppresseur de tumeurs. En effet, chez les patients atteints de cancer du poumon, un autre gène suppresseur de tumeur, *p53*, contient de nombreuses mutations où une adénine remplace une cytosine ; cela laisse supposer que le gène *hogg1* n'a pas éliminé les 8-oxoguanines présentes dans le gène *p53*. De surcroît, les remaniements chromosomiques sont fréquents dans les cellules des tumeurs pulmonaires, et l'extrémité du chromosome 3, où est localisé le gène *hogg1*, est souvent absente. Enfin, la fumée de cigarette contient de nombreux agents oxydants, de sorte que les cellules pulmonaires subiraient un stress oxydatif répété, alors même que la protéine de réparation codée par *hogg1* n'est pas synthétisée, est anormale ou inefficace.

L'intégrité de l'ADN étant vitale, d'autres enzymes de réparation assurent vraisemblablement la stabilité de l'information génétique. Leur identification aidera les biologistes à mieux comprendre les conséquences néfastes de l'oxydation.

Marie-Thérèse LANDOUSY

Un billard réversible

**On renverse le temps
dans les billards ondulatoires.**

Après la chute d'une pierre dans une mare, les ronds formés dans l'eau s'éloignent du point d'impact. Si l'on passait le film de la chute à l'envers, on verrait les ronds se rapprocher et la pierre jaillir de l'eau. Peut-on retourner temporellement tous les mouvements de sorte qu'ils se comportent comme le mouvement direct observé en inversant le temps ? C'est en général difficile pour le mouvement des particules, mais plus aisé pour des ondes.

Certains billards dont le bord comprend une partie circulaire et une partie droite ont un comportement chaotique ; la trajectoire d'une boule qui rebondirait parfaitement sur les bords est très sensible aux conditions initiales : deux boules lancées sur des trajectoires voisines suivent des trajectoires qui s'écartent suivant une loi exponentielle. Cette sensibilité aux conditions initiales empêche la réalisation d'une expérience de renversement du temps. Si, après une dizaine de rebonds, on renverse le mouvement d'une boule unique, celle-ci ne revient pas à son point de départ, car la moindre erreur de mesure est amplifiée.

En revanche, une telle expérience de renversement du temps peut être réalisée, non avec des particules, mais avec des ondes, car leur évolution est régie par des équations linéaires (aucun produit des fonctions ou de leurs dérivées n'y apparaît) ; une petite erreur commise lors du renversement ne s'amplifie pas au cours du temps. En utilisant des ondes élastiques se propageant sur la surface d'une galette de silicium, nous avons montré qu'après de nombreuses réflexions, une onde renvoyée en sens inverse, même imparfaitement, convergeait avec précision vers son point de départ.

Le plus curieux dans cette expérience est qu'un billard dont le comportement est chaotique simplifie le renversement du temps : dans le cas de la propagation d'ondes sur ce type de billard, un unique capteur piézo-électrique suffit à renverser le temps de manière efficace alors que habituellement, des centaines sont nécessaires. Pourquoi cette simplification ? Parce qu'en plus d'être chaotiques, ces billards sont ergodiques, de sorte que toute l'information sur l'histoire du champ ondulatoire est contenue, après une durée caractéristique, dans

L'UNIVERS DES SCIENCES



LES ÉTOILES

Ce livre expose l'origine et la nature de nos connaissances sur les étoiles, avant de les décrire dans leur dynamique et leur devenir. Les objets célestes les plus insolites, géantes rouges, supernovae, pulsars et trous noirs, s'insèrent alors naturellement dans le récit de l'évolution stellaire.

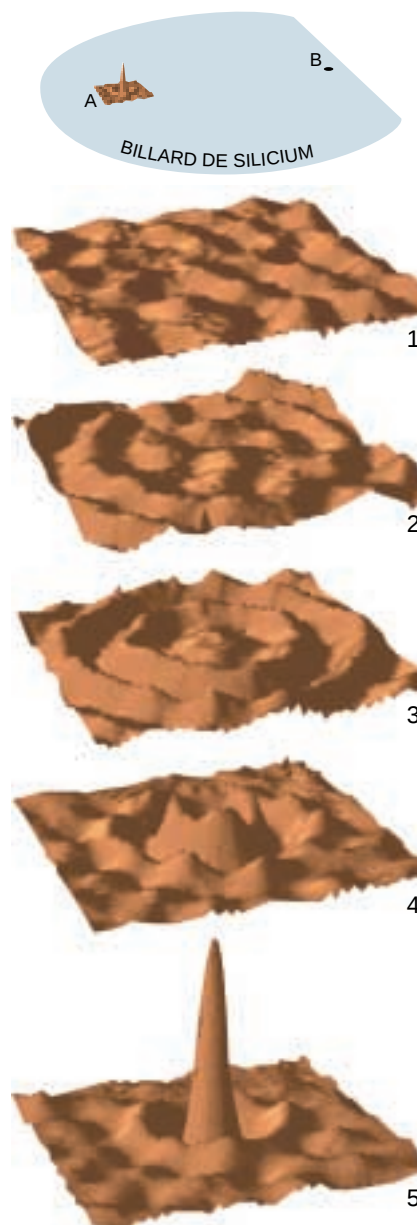
272 pages - 220 F
code 1892

**POUR LA
SCIENCE**
DIFFUSION BELIN

Bon de commande en p.98

l'évolution temporelle de l'onde en chaque point du billard. Grâce à cette propriété, la mesure de l'évolution du champ en n'importe quel point du billard donne les informations suffisantes pour renverser le champ ondulatoire dans tout le billard.

Pour réaliser cette expérience, nous produisons une onde élastique à la surface d'un disque de silicium tronqué. Cette géométrie assure l'ergodicité du billard. En un point A du billard, la pointe d'un cône d'aluminium solidaire d'un trans-



À intervalles réguliers, on mesure la déformation du silicium due au passage de l'onde de surface inverse renvoyée du point B. On visualise ainsi le champ ondulatoire dans un carré de 15 micromètres de côté autour du point d'émission des ondes (A). Alors que le champ ondulatoire semble d'abord désordonné (1), l'onde renvoyée se focalise en son point d'émission initiale (5).

ducteur piézo-électrique est en contact avec la plaque de silicium. Elle oscille brièvement, engendrant ainsi des ondes de surface durant une microseconde. Une seconde pointe couplée à un capteur piézo-électrique, placée au point B, enregistre les oscillations produites par le passage de l'onde. Le signal observé en ce point est long : le signal direct qui arrive du point A est suivi des ondes qui ont subi une, puis plusieurs réflexions sur les bords du billard. La superposition de ces signaux produit un champ ondulatoire d'aspect aléatoire. L'avantage des ondes de surface engendrées est leur faible atténuation : durant le temps de l'enregistrement (plusieurs dizaines de millisecondes), les ondes parcourent plusieurs centaines de mètres et elles traversent le billard des centaines de fois.

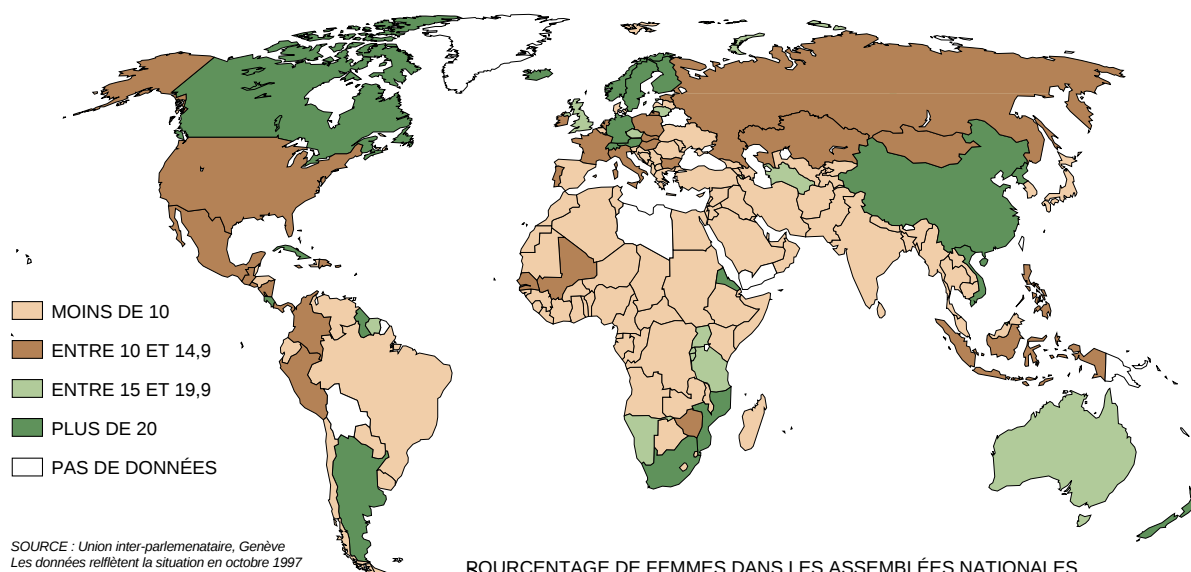
Du signal enregistré en B, nous extrayons une partie (deux millisecondes) que nous renvoyons du même point, selon une chronologie inversée. À l'aide d'une sonde optique qui mesure les déplacements de la surface de silicium à quelques dixièmes de nanomètre près, on suit la progression de l'onde de surface inversée. Après quelques millisecondes, l'onde revient à son point de départ, comme si nous passions le film de la propagation initiale à l'envers. La focalisation de l'onde en A est optimale lorsque le temps durant lequel l'onde est renvoyée est au moins égal au temps d'ergodisation du billard, le temps nécessaire pour que toute l'information sur le champ ondulatoire atteigne le point B.

De tels systèmes ondulatoires intéressent les physiciens qui cherchent à comprendre l'émergence du chaos à la frontière entre physique classique et physique quantique. En raison de l'analogie entre l'équation de Schrödinger, qui décrit l'évolution des systèmes quantiques, et l'équation de propagation des ondes, les notions de chaos quantique et de chaos ondulatoire sont fortement couplées.

Nos expériences confortent l'idée qu'en mécanique quantique, les systèmes ne sont pas sensibles aux conditions initiales. Pourtant, lorsque la constante de Planck est négligeable, le monde quantique se rapproche du monde classique, et nous devrions observer l'apparition du chaos caractérisé par la sensibilité aux conditions initiales. Des expériences d'acoustique menées en utilisant des longueurs d'onde de plus en plus petites pourraient simuler cette transition entre le monde quantique et le monde classique.

Carsten DRAEGER et Mathias FINK
Laboratoire ondes et acoustique,
ESPCI et Université Denis Diderot, Paris

Les femmes en politique



POURCENTAGE DE FEMMES DANS LES ASSEMBLÉES NATIONALES

Dans le monde, la participation des femmes en politique est disparate. La carte représente la proportion de femmes dans les assemblées politiques de chaque pays. Les chiffres concernent uniquement l'équivalent de l'Assemblée nationale, laquelle est, en général, élue au suffrage universel.

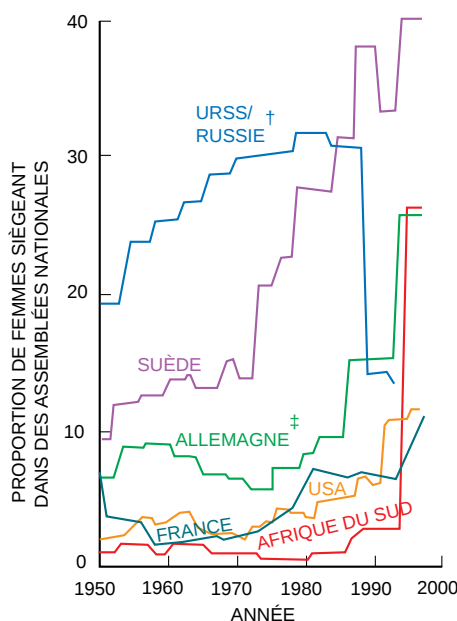
Depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale, la participation des femmes dans les assemblées politiques des démocraties occidentales a augmenté. Dans certains pays, cette croissance fut lente, alors que, dans d'autres, comme la Suède, elle fut extrêmement rapide. En France, aux États-Unis, en Italie et en Irlande, moins de 12 pour cent des sièges sont aujourd'hui occupés par des femmes. Dans les pays nordiques, en Allemagne et aux Pays-Bas, cette proportion est supérieure au quart.

Cette différence reflète directement des traditions culturelles : aux États-Unis, la tendance religieuse cantonne la femme dans son rôle traditionnel. Les Américains mettent l'accent sur la liberté au détriment de l'égalité, de sorte qu'ils négligent les groupes économiquement désavantagés, tels les Noirs ou les femmes. À l'inverse, les pays scandinaves placent la justice sociale de groupe avant la liberté économique individuelle. D'autres facteurs favorisent le nombre de femmes, comme la représentation proportionnelle et un système parlementaire avec de nombreux partis. En Suède, ces facteurs sont réunis : lors des élections législatives de 1994, chacun des sept partis a reçu suffisamment de voix pour

faire siéger plusieurs représentants, dont des femmes. Ces dernières décennies, le nombre de représentants de sexe féminin a augmenté sous les régimes de gauche et de centre gauche. En 1997, l'augmentation du nombre de femmes à la Chambre des communes britannique a coïncidé avec le retour au pouvoir du parti travailliste, après 18 ans de régime conservateur ; la croissance du nombre de femmes en Suède a perduré tant que le parti social démocrate était au pouvoir. Cette règle n'est toutefois pas absolue : en Allemagne, la représentativité féminine a augmenté lors du mandat du conservateur Helmut Kohl (voir le graphique).

Une exception notable à l'augmentation de la participation des femmes en politique est l'Europe de l'Est où, sous le régime communiste, les femmes occupaient 20 à 35 pour cent des sièges. Avec l'avènement de la démocratie, les hommes reprirent leur hégémonie. La participation des femmes a chuté de plus de la moitié en Pologne, en Bulgarie, en Hongrie, en Roumanie et en ex-Tchécoslovaquie. En Russie, leur participation a diminué des deux tiers comparée à ce qu'elle était en Union soviétique.

En Afrique, en Asie, en Amérique latine et surtout dans les pays arabes, le nombre de femmes en politique est particulièrement faible (excepté sous des régimes communistes), ce qui traduit en partie un conservatisme social. Une exception de taille est l'Afrique du Sud, où le gouvernement de Nelson Mandela a promu les droits de la femme, et l'Argentine, où la loi impose un quota de 30 pour cent de femmes candidats.



† URSS avant 1991, Fédération de Russie après.

‡ République fédérale d'Allemagne avant 1989, Allemagne réunifiée après.

Disparition dans un trou noir

Première observation des phases de la vie d'un trou noir.

En 1992, le télescope spatial *Sigma* découvrait GRS 1915+105, un microquasar de notre Galaxie. Cet objet est constitué d'un trou noir entouré d'un disque de matière autour duquel gravite une étoile géante. En observant cette source à plusieurs longueurs d'onde, nous avons mis en évidence plusieurs phases : le moment où la matière du disque d'accrétion disparaît dans le trou noir, suivi par le remplissage du disque d'accrétion par la matière issue de l'étoile et par la formation d'un nuage de particules de grande énergie au voisinage du trou noir.

À la fin de leur vie, les étoiles les plus massives s'effondrent en un trou noir, une région de l'espace d'où ne s'échappe ni matière ni lumière. Le trou noir est délimité par un horizon, une surface immatérielle dont rien ne peut s'échapper. Dès lors, comment s'assurer de la présence d'un tel astre d'où rien ne sort ? Selon la théorie, un trou noir est caractérisé par sa masse : un astre dense de masse supérieure à trois fois la masse du Soleil est un trou noir.

Cependant, des incertitudes demeurent et certaines étoiles à neutrons subsisteraient avec une masse supérieure à cette limite. La présence d'un horizon est une manière de caractériser un trou noir sans ambiguïté. Peut-on voir cet horizon ? Pas directement, mais on peut

observer la disparition de la matière à l'intérieur.

La taille du disque d'accrétion autour d'un trou noir est proportionnelle à la masse de ce dernier. Le temps caractéristique de l'évolution de la matière dans le disque d'accrétion est ainsi d'autant plus grand que le trou noir est massif. Les quasars lointains ont des masses voisines de un milliard de masses solaires, et la durée typique d'une variation dans le disque est de plusieurs milliers d'années. La découverte du microquasar GRS 1915+105 dans notre Galaxie fut une aubaine : la masse du trou noir est de quelques masses solaires et les variations attendues durent de quelques secondes à quelques minutes, aisément mesurables lors d'une campagne d'observation.

Déjà des observations de cette source dans le domaine X, à l'aide du Télescope spatial *Rossi*, avaient révélé des oscillations attribuées à la disparition et au remplissage du disque d'accrétion du trou noir. D'autre part, des observations dans le domaine radio avaient montré des bouffées de gaz chaud (du plasma) éjectées dans deux directions opposées. Pour comprendre l'enchaînement de ces événements, des observations à plusieurs longueurs d'onde étaient nécessaires.

Le 15 mai, puis le 9 septembre 1997, nous avons pointé les antennes du VLA (*Very Large Array*, ou «Très grand réseau»), qui observe à des longueurs d'onde centimétriques, en direction de GRS 1915+105. Simultanément, avec le télescope britannique infrarouge UKIRT, nous avons observé cette source dans l'infrarouge, à 2,2 micromètres. Les rayonnements X de longueur d'onde comprise entre 0,0206 et 0,62 nanomètre (ce qui correspond à une énergie comprise entre 2 et 60 kiloélectronvolts) furent également enre-

gistrés à l'aide du Télescope *Rossi*. Le rayonnement X est émis par le gaz chaud du disque d'accrétion.

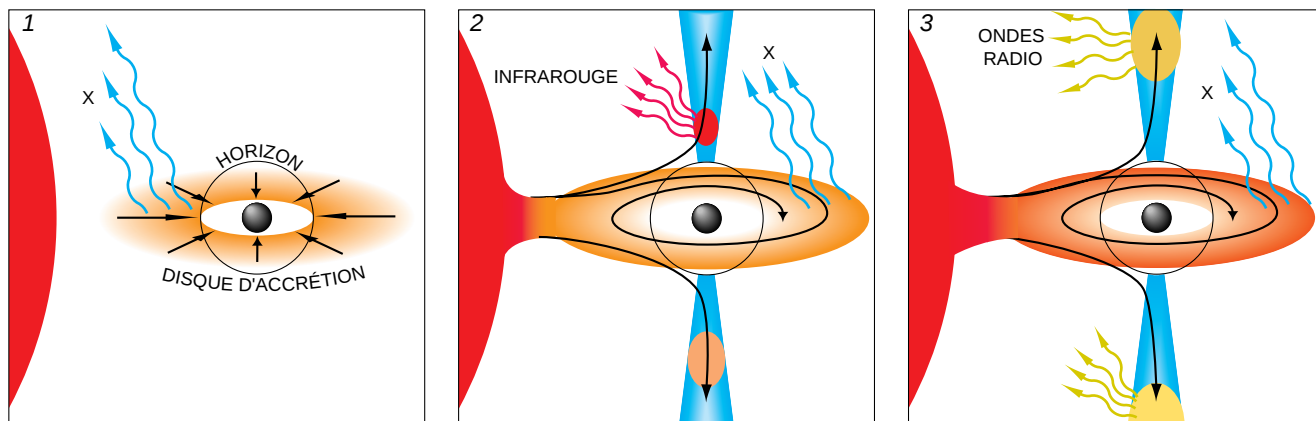
Ces observations simultanées détaillent l'évolution de la matière autour du trou noir. Tout d'abord, la brusque diminution de la luminosité dans le domaine X atteste la disparition de la matière du disque d'accrétion : la région interne du disque d'accrétion tombe au-delà de la dernière orbite stable ; elle est happée par le trou noir et n'émet plus de rayonnement.

Ensuite, l'émission X s'intensifie lentement : le disque d'accrétion se remplit de matière apportée par l'étoile compagne. Simultanément, alors que l'émission de rayons X varie, ce qui traduit des mouvements turbulents dans le disque, l'émission infrarouge augmente. Une partie de la matière qui remplit le disque serait éjectée sous la forme d'un nuage de plasma émettant un rayonnement infrarouge.

En s'éloignant du trou noir, ce plasma se dilate et sa densité diminue : il devient si ténu que les ondes radio émises par les électrons du plasma, jusqu'alors absorbées dans le nuage, s'échappent. Le décalage d'une quinzaine de minutes dans le spectre, entre l'augmentation dans le domaine infrarouge puis en ondes radio, indique cette dilatation.

À partir des émissions radio, on déduit le nombre d'électrons du plasma éjecté. Si l'on suppose qu'à chaque électron correspond un proton (un plasma étant globalement neutre), on déduit la masse du nuage : toutes les 20 minutes, un nuage de plasma de masse égale à celle du Mont Everest est éjecté à 92 pour cent de la vitesse de la lumière.

Sylvain CHATY, Josef MARTI et Félix MIRABEL
Service d'astrophysique, Saclay



Trois phases de la vie du microquasar GRS 1915+105. Dans un premier temps, la matière du disque d'accrétion disparaît, happée par le trou noir, et le rayonnement X, produit par le gaz chaud du disque d'accrétion, diminue fortement (1). Le disque se remplit ensuite de matière apportée par l'étoile compagne. Une partie de cette matière,

chauffée dans le disque, émet des rayonnements X, tandis qu'une autre partie est éjectée perpendiculairement au disque, à 92 pour cent de la vitesse de la lumière. Le nuage de gaz éjecté rayonne d'abord dans l'infrarouge (2), puis, après expansion, dans le domaine radio (3). Le cycle dure un vingtaine de minutes.