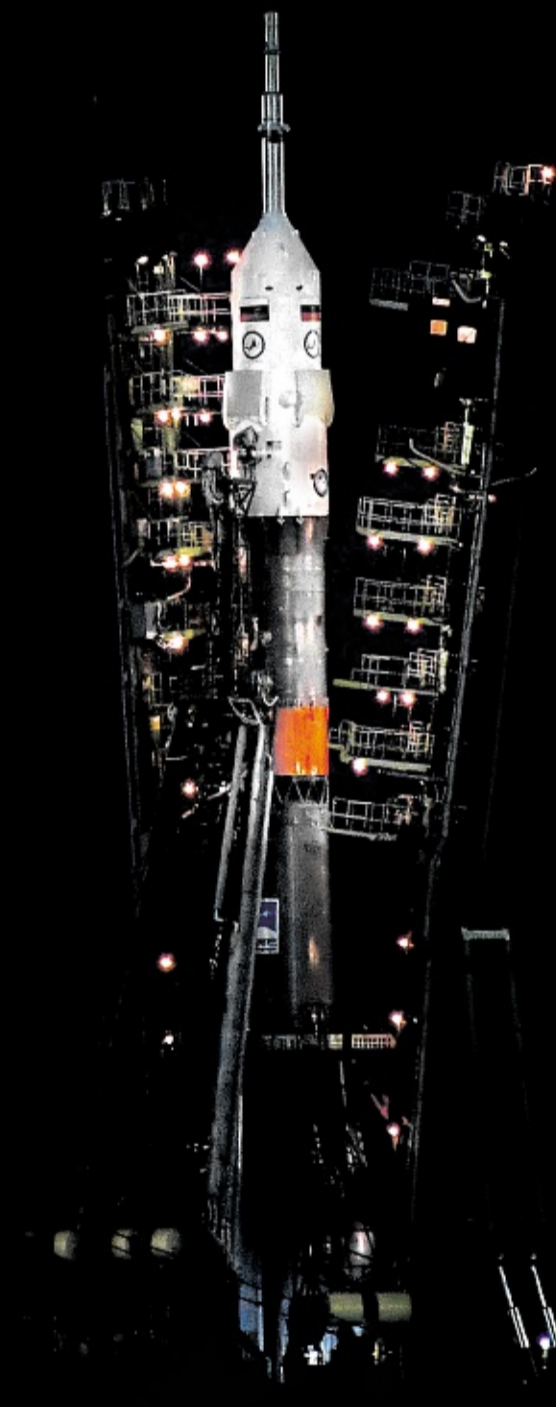


## Le long crépuscule de Baïkonour



Une fusée Soyouz, sur la base de Baïkonour, quatre jours avant son décollage pour la Station spatiale internationale, le 18 novembre. KIRILL KUDRYAVTSEV/AFP

C'est depuis cette base du Kazakhstan que se sont écrites les plus belles pages de la conquête spatiale russe. Le Français Thomas Pesquet s'y est envolé vers l'espace. Alors que Moscou parie sur un port spatial en Sibérie, Baïkonour ne se résout pas à son destin de ville-musée

ISABELLE MANDRAUD  
BAÏKONOUR (KAZAKHSTAN) - envoyée spéciale

**L**e drapeau russe flotte sur la place centrale de Baïkonour. Fiché sur le toit de Roscosmos, l'imposant siège local crème et turquoise de l'Agence spatiale russe, il côtoie, comme dans n'importe quelle autre ville de province russe, la statue immuable de Lénine, avec sa main droite tendue en avant. Il faut faire un effort pour se rappeler que nous sommes ici en territoire kazakh, au beau milieu de la steppe balayée par un vent glacial, à plus de 2500 km de Moscou. Baïkonour reste une enclave, un site uni-

que qui a survécu à la chute de l'URSS voici vingt-cinq ans. Sa destinée, cependant, s'apparente déjà à celle d'une ville-musée. Accolé à la cité, le plus important cosmodrome au monde, symbole de l'exploration spatiale, est menacé par la détermination de Vladimir Poutine de rapatrier sur le sol russe une activité stratégique.

Le site, longtemps resté secret, garde encore aujourd'hui son caractère fermé. Pour pénétrer dans la ville, il faut passer par des checkpoints muni d'un laissez-passer. Les rares visiteurs, touristes de l'espace et journalistes, qui affluent en groupes au moment des lancements de vols habités, encadrés par des escortes, ne sont pas les seuls concernés. Les résidents eux-mêmes restent soumis à une liste de contraintes rigoureuses. «Il faut une permission pour tout, détaille Nadia Tetriakova, une jeune enseignante d'anglais. Une permission pour sortir et rentrer dans la ville, valable trois mois, une permission pour inviter la famille ou les amis, et un permis prouvant que l'on habite bien ici.» La «propiska», l'autorisation de résidence mise en place à l'époque des tsars et perpétuée par le régime soviétique, a toujours cours – tout comme les longues files d'attente pour obtenir ce précieux sésame.

Pour les étrangers, mieux vaut prévoir un visa russe à multiples entrées si l'on veut sortir du périmètre de la ville et y revenir. Nichée dans un méan-

dre du fleuve Syr-Daria, à 200 km à l'est de la mer d'Aral, en plein désert aride où l'on peut apercevoir des chameaux déambuler, Baïkonour dispose de son propre aéroport desservi par la compagnie de Roscosmos. Deux vols hebdomadaires, le mardi et le vendredi, relient la cité à Moscou, moyennant 13 500 roubles (près de 200 euros) pour les personnes dotées de leur propiska, plus pour les autres. La capitale régionale, Kyzylorda, est à trois heures de route. D'autres contrôles, d'autres postes de garde bordent le cosmodrome mitoyen, qui s'étend sur une superficie de 6 717 km<sup>2</sup>, soit la taille d'un département français comme le Pas-de-Calais. Ici, malgré l'espace, on vit d'abord en vase clos.

### Un microcosme

«Il n'est pas exagéré de parler de "microcosme" de Baïkonour, lorsque l'isolement tend à la formation d'une culture, de schémas identitaires alternatifs qui objectivent le caractère spécial de ces habitants exilés en leur propre patrie et chargés d'une mission quasi millénariste, écrivait en février 2012, dans la revue *Espace(s)*, du Centre national d'études spatiales, Kevin Limonier, maître de conférences à l'Institut français de géopolitique de Paris-VIII. Le huis clos auquel est soumis le cosmonaute dans sa capsule est aussi inévitable et absolu que celui instauré à Baïkonour...»

→ LIRE LA SUITE PAGES 4-5

## Santé mentale Un plan pour les adolescents

L'Elysée veut améliorer le repérage et la prise en charge de la souffrance des jeunes. Des séances gratuites auprès de psychologues leur seront proposées.

LIRE PAGE 2



## Immunothérapie Suspension d'un protocole contre le cancer

Après deux nouveaux décès, la société américaine Juno a dû stopper une expérimentation contre la leucémie.

LIRE PAGE 3



## Portrait Une mutante darwinienne

Marie-Charlotte Morin, après avoir étudié les transformations de cellules rectales d'un ver en neurones, change elle aussi de destin : la jeune biologiste monte sur les planches, dans un spectacle comique où elle expose et défend la théorie de l'évolution.

LIRE PAGE 8

# Souffrance des adolescents : mieux coordonner les moyens

SANTÉ MENTALE - Le 29 novembre, François Hollande devait annoncer un plan Bien-être et santé des jeunes. Avec deux mesures phares : des séances gratuites de psychothérapie, sur prescription médicale. Et un renforcement des missions des Maisons des adolescents

Comment mieux accompagner le mal-être et la souffrance psychique des adolescents ? Mardi 29 novembre, un plan Bien-être et santé des jeunes devait être annoncé par le président François Hollande. Une fois n'est pas coutume, cette annonce était prévue à l'Élysée. Un symbole, pour dire une nécessité : entre le monde de l'éducation et le monde du soin, il faut « faire tomber les murs », et réinventer des alliances fécondes.

École, université ou lieux d'apprentissage sont parfois des « caisses de résonance » du mal-être des adolescents. C'est pourquoi tous les professionnels, autour de ces jeunes, doivent être informés et formés pour reconnaître les signes de malaise et pour orienter dans le système de soins. En France, de 10% à 15% des adolescents sont en souffrance. « L'objectif de ce plan est de se placer le plus en amont possible dans l'accompagnement de ces jeunes, sans avoir besoin de recourir à des prises en charge lourdes », indique-t-on à l'Élysée.

Le plan présidentiel s'inspire des recommandations de la mission Moro-Brison. Sa mesure phare est le Pass Santé Jeunes, un forfait gratuit pour des consultations auprès de psychologues. Ce Pass, qui sera expérimenté pendant trois ans, sera proposé aux jeunes après une évaluation rigoureuse de leur situation par un médecin. Il comportera un maximum de dix séances remboursées pour le jeune ; et de deux pour ses parents.

« Nous attendions un tel Pass depuis des années, se réjouit Benoît Maillat, psychiatre à la maison des adolescents (MDA) et au CHU de Nantes. Quand un jeune parvient à formuler sa souffrance, après plusieurs entretiens avec un accompagnateur, il est prêt à demander de l'aide à un psychologue. Nous sommes alors souvent démunis. Les plus fortunés vont vers les psychologues libéraux, non remboursés. Les autres font face à de très longs délais, avant d'être éventuellement pris en charge dans un centre médico-psychologique (CMP), où ces soins sont gratuits. »

Pour Bénédicte Chenu, qui a cofondé le collectif Schizophrénie, ce dispositif est « un formidable encouragement pour les familles ». C'est un psychologue qui a décelé, il y a sept ans, des signes précurseurs de schizophrénie chez son fils de 17 ans, et l'a très vite orienté vers l'hôpital. « Plus cette maladie est prise en charge tôt, meilleur est son pronostic. »

Le docteur Paul Jacquin, pédiatre à la maison des adolescents et à l'hôpital Robert-Debré, à Paris, se dit « très favorable à l'expérimentation de ce Pass. » Mais il faut que les soignants de première ligne soient bien préparés, pointe-t-il : « On ne consulte utilement un psychologue que si l'on est convaincu qu'on a besoin. C'est un processus qui demande un accompagnement. » Ce dispositif va d'abord être évalué auprès de 2 000 jeunes de 6 à 21 ans, pour un coût estimé de deux millions d'euros.

Ce plan vise d'abord à donner une impulsion forte en faveur des partenariats bénéfiques, dont beaucoup se nouent dans la centaine de maisons des adolescents existantes. Aux jeunes en difficulté, elles proposent un accueil sans rendez-vous, gratuit et anonyme. On les écoute, on



En France, de 10% à 15% des adolescents seraient en souffrance. PATRICK ALLARD/REA

évalue leur situation, on leur propose une orientation ou une prise en charge de courte durée, mobilisant accompagnants sociaux, éducateurs, psychologues, médecins... Dans une MDA, « nous faisons du sur-mesure, pas du prêt-à-porter », souligne Patrick Cottin, directeur de la MDA de Nantes et président de l'association nationale de ces maisons (ANMDA).

## Un tâtonnement rigoureux

Une prise en charge réussie, pour un jeune en difficulté, repose sur « des professionnels qui ont développé des qualités d'hybridation. Par exemple, des enseignants qui exercent hors des murs de l'éducation nationale », indique Bertrand Ravon, sociologue à l'université Lyon-II. Plutôt que d'imposer des protocoles standardisés, il faut permettre un « tâtonnement rigoureux » partagé, autour de chaque élève.

Les MDA font souvent l'interface avec le monde de l'éducation. Ce plan les positionne en tête de réseaux dans le parcours de soins des ados. Et il étend leurs missions : par exemple, à la prévention de la radicalisation. « Si de nouvelles missions sont confiées aux MDA, il faudra qu'elles soient dotées en conséquence », note Patrick Cottin. La moitié des MDA sont aujourd'hui fragiles. »

Selon l'ANMDA, le financement permettant à une MDA d'exercer pleinement ses missions serait de 1,35 euro par habitant.

A l'heure de franchir le seuil d'une telle maison, ils flottent souvent, ces jeunes. Fragiles et farouches. « Nous devons les apprivoiser », dit Valérie Gimonet, codirectrice de la MDA Robert-Debré. Sur son bureau, un paquet de mouchoirs. Saad, 12 ans, raconte son parcours, mi-farouf, mi-penaud. « J'ai des difficultés au collège. C'est surtout des histoires de comportements. La principale a proposé à ma mère que je vienne ici. Je parle de mes problèmes avec une dame. On travaille sur ce que je dois faire pour m'améliorer. Par exemple, pour ne pas répondre aux élèves qui me parlent pendant le cours. »

Sans le savoir, Saad renforce ses compétences psycho-sociales. En clair, il améliore sa capacité à répondre aux exigences ou aux épreuves de la vie quotidienne. Ces compétences peuvent être développées à l'école. Elles le sont dans une région pilote, les Pays de la Loire : « Nous menons une opération très intéressante sur le renforcement des compétences psycho-sociales des élèves de CM1 et de CM2. C'est un partenariat entre l'ARS [Agence régionale de santé] et le rectorat de Nantes », relève le recteur, William Marois.

Il s'agit d'une expérimentation sur trois ans, démarrée fin 2015. « Elle vise à toucher plus de 200 enseignants et plus de 6 000 élèves », précise Cécile Courrèges, directrice de l'ARS. « Les enseignants disent déjà que leurs classes sont apaisées », indique Christophe Duvaux, directeur adjoint de l'ARS. « Le harcèlement scolaire est parmi les problèmes les plus durs que nous ayons à résoudre. On peut penser qu'une amélioration du climat scolaire limitera ce problème », estime William Marois. Sur le plan international, ces programmes ont montré leurs bénéfices. En Norvège, par exemple, l'un d'eux a réduit de moitié le nombre de jeunes déclarant avoir commis ou été victimes de brutalités.

Certains collèges ou lycées n'ont pas attendu ce plan pour développer des actions inspirantes. Ainsi du collège Jean-Moulin à Marmande (Lot-et-Garonne), dans lequel 60% des élèves viennent d'un milieu défavorisé. « Nous avons monté une équipe qui forme les enseignants du département au repérage du risque suicidaire. Cette équipe comporte un médecin de l'éducation nationale, une assistante sociale et moi-même », indique le principal, Philippe Nicolon.

## Epauler les personnels éducatifs

Autre exemple : le lycée Victor-Hugo de Caen. Il accueille des élèves qui « se préparent plutôt à des études assez poussées », note son proviseur, Laurent Macrel. Ce lycée a mis en place une cellule de veille chargée de repérer les élèves en situation de stress scolaire ou de mal-être. Cette cellule « installe un triptyque autour de l'élève » : la famille, un référent du lycée et un référent spécialisé dans la prise en charge des jeunes en difficulté. « Il y a peu, un élève de première est passé par une crise suicidaire. Grâce à cette cellule, il a bénéficié d'un suivi quotidien. Il a pu reprendre sa scolarisation deux semaines plus tard. Il continue d'être suivi. »

Ce plan prévoit aussi une permanence téléphonique pour tous les personnels éducatifs. Confrontés à un jeune en difficulté, ils seront épaulés, en ligne, par un psychologue clinicien. Mais il y a un point sur lequel ce programme achoppe : c'est la réforme de l'équipe de santé scolaire. « Il faudrait que les médecins scolaires retrouvent une vraie fonction de médecins, au sein d'une équipe coordonnée », glisse un expert. Cela semble « un point de crispation au sein de l'éducation nationale ».

Quid de la santé mentale des étudiants ? La coordination entre ARS et universités est ici capitale. « Si l'ARS dépêche trois psychologues dans un centre universitaire et que l'université fait de même, les étudiants des petits centres ne bénéficieront pas de ce service », note Alice Clément, de la Fédération des associations générales étudiantes (FAGE).

Mais qu'est-ce qu'un service dont on méconnaît l'existence ? Bien des jeunes ignorent les ressources de santé auxquelles ils ont droit. Ce plan prévoit le lancement, au printemps 2017, d'un service en ligne qui les informera sur ces ressources, géolocalisées. Pour Alice Clément : « Améliorer l'information des étudiants, c'est ce qui sera le plus efficace pour leur santé. » ■

FLORENCE ROSIER

## « IL S'AGIT DE CRÉER UN COCON PROTECTEUR »

Marie-Rose Moro est professeure de psychiatrie de l'enfant et de l'adolescent à l'université Paris-Descartes ; elle dirige la Maison de Solenn-Maison des adolescents de Cochin (AP-HP) à Paris. Jean-Louis Brison est inspecteur d'académie et inspecteur pédagogique régional. Tous deux sont coauteurs d'un rapport « Mission bien-être et santé des jeunes », publié le 29 novembre, dont s'est inspiré le plan annoncé par l'Élysée.

### Comment cette Mission bien-être et santé des jeunes est-elle née ?

Marie-Rose Moro En septembre 2015, nous avons été chargés de cette mission par trois ministères : la santé, l'éducation nationale et la ville, la jeunesse et les sports. C'était une volonté de l'Élysée, soulignant la nécessité de réin-

venter un lien fort entre ces mondes, de dépasser leurs clivages.

Jean-Louis Brison La moitié des souffrances psychiques des adolescents ou des adultes commence avant 14 ans. C'est un point qui nous alerte. Il montre l'importance d'identifier très tôt les signes des souffrances des jeunes avant qu'elles ne se cristallisent, pour prévenir leur chronicisation. L'école est parfois une caisse de résonance de ce mal-être. Elle doit être capable d'identifier ces signes de mal-être ; et elle a la responsabilité d'enclencher une alerte et de proposer une orientation adaptée. Les parents d'élèves demandent d'ailleurs à l'école de jouer ce rôle.

### Vous avez auditionné quelque 200 personnes, dont des jeunes. Qu'est-ce qui vous a frappé ?

M.-R. M. Il manque un souffle pour la jeunesse. Il faut donner aux adolescents un élan, un « ré-

cit » pour qu'ils soient capables d'apprendre et d'aimer apprendre, qu'ils aient envie de vivre bien et d'agir sur le monde. Le second constat est qu'on n'est pas si heureux, aujourd'hui, à l'école, à l'université ou dans les lieux d'apprentissage. Entre 11 ans et 21 ans, de 8% à 10% des jeunes d'une classe d'âge se sentent dans une position non tranquille, voire totalement en dehors du système. Ce taux peut aller jusqu'à 15%, à 20% en zone rurale, dans les banlieues... C'est inadmissible.

J.-L. B. Le système scolaire français est particulièrement anxigène. Le poids de l'évaluation y est très fort, très tôt.

### Comment les mesures que vous proposez s'articulent-elles ?

M.-R. M. et J.-L. B. Toutes ces mesures s'appuient les unes sur les autres. L'idée est de s'adresser à tous les cercles autour du jeune,

en mobilisant des ressources et des acteurs de plus en plus larges. Comme si l'on créait un cocon protecteur... Au jeune de 11 ans à 21 ans, d'abord, et au premier cercle qui l'entoure – sa famille ou la protection de l'enfance – nous proposons un nouveau droit : le Pass Santé jeunes. Quand un adolescent se sentira en difficulté, il pourra, en plus de toutes les possibilités actuelles, consulter gratuitement un médecin. Quand celui-ci, dont on aura favorisé la formation, jugera que cet adolescent en a besoin, il pourra lui prescrire un maximum de 10 séances de psychothérapie gratuites – plus deux avec ses parents si besoin. Dix séances, cela permet de répondre aux problèmes les plus fréquents.

### Et pour le second cercle ?

M.-R. M. et J.-L. B. Nous proposons une permanence téléphoni-

que destinée à tous les personnels de l'éducation nationale, des associations jeunesse et sports... Nous préconisons un renforcement de leur formation sur le bien-être et la santé des adolescents. Nous recommandons la création d'un corps unique de psychologues de l'éducation nationale et un renforcement de la médecine universitaire. Nous proposons des maisons des adolescents (MAD) de deuxième génération, aux missions et aux moyens augmentés. D'autres structures sont aussi à consolider, comme les points accueil écoute jeunes (PAEJ) ou les bureaux d'aide psychologique universitaire (BAPU). Toutes ces recommandations ont été reprises dans le plan.

### A six mois de la fin du quinquennat, ce plan ne vient-il pas un peu tard ?

M.-R. M. Pour la jeunesse, il n'est jamais tard ! Nous avons bénéficié d'un certain nombre d'expériences locales. Leur articulation n'avait jamais été pensée. Sans doute y avait-il des résistances. Il s'agit bien davantage de questions d'organisation que financières.

J.-L. B. Cette mission a été possible, car l'éducation nationale, depuis quelque temps, prend ces sujets à bras-le-corps. La loi de refondation de l'école de 2013 fait une place importante à la notion de bienveillance. Et la loi de réforme du système de santé de 2016 met en place un « parcours éducatif de santé », avec une information des élèves sur leurs droits et les dispositifs existants. Le système éducatif a la capacité de retrouver une de ses vocations initiales : être un vecteur de la santé publique. ■

PROPOS RECUEILLIS PAR FL. R.

# Arrêt d'un essai d'immunothérapie contre le cancer

ONCOLOGIE - Après la mort de deux patients, le laboratoire américain Juno vient de stopper le protocole « Rocket ». Il avait déjà été suspendu en juillet à la suite de trois décès

**M**auvaise nouvelle pour l'immunothérapie du cancer : Juno Therapeutics a annoncé, mercredi 23 novembre, la suspension de son essai clinique de phase 2, « Rocket », en raison du décès de deux des douze participants. Le laboratoire américain est engagé dans une nouvelle approche pour traiter les cancers : la mobilisation du système immunitaire du malade grâce à des cellules génétiquement modifiées.

Atteints d'une leucémie lymphoblastique aiguë (un cancer où prolifèrent les précurseurs d'un des types de globules blancs, les lymphocytes) en récidive ou réfractaire au traitement, deux patients ont présenté un œdème cérébral – signe de toxicité neurologique – et sont décédés. L'essai mené aux Etats-Unis avait été interrompu une première fois en juillet en raison du décès dans les mêmes conditions de trois malades. Après un rapide examen du dossier – quelques jours, quand le délai réglementaire peut aller jusqu'à trente jours – la Food and Drug Administration avait autorisé la reprise de l'essai Rocket.

Cette promptitude avait étonné, d'autant que Juno évoquait comme principal suspect le produit de chimiothérapie administré préalablement à l'injection de cellules génétiquement modifiées, la fludarabine, remplacée pour la poursuite de l'essai par le cyclophosphamide. « Ces explications n'avaient pas convaincu les spécialistes d'hématologie et des greffes, car ce produit est utilisé de longue date sans que ce type d'effet indésirable ait été remarqué », note Christian Chabannon, professeur de biologie cellulaire à l'université d'Aix-Marseille, responsable du centre de thérapie cellulaire de l'Institut Paoli-Calmettes et du Centre d'investigations cliniques en biothérapies (CBT-1409 Inserm).

Dans le cancer, les cellules malignes trompent le système immunitaire (à commencer par les lymphocytes T) qui ne les attaque pas, bien qu'elles expriment des antigènes anormaux. L'approche de Juno et d'autres concurrents comme Kite et Novartis consiste à prélever chez le

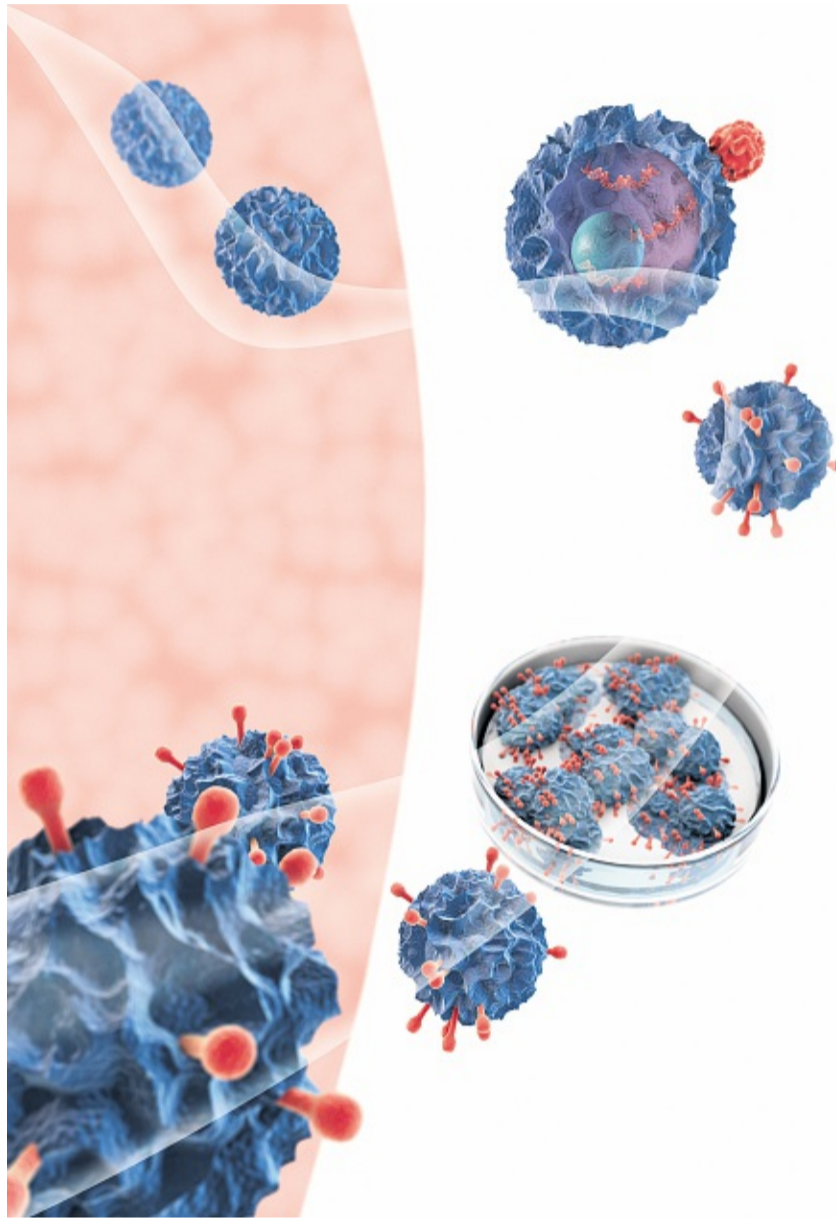
malade des lymphocytes T. Ces cellules T sont modifiées génétiquement afin d'exprimer à leur surface une molécule artificielle appelée « récepteur antigénique chimérique » (dont l'acronyme anglais est « CAR ») qui reconnaît une protéine spécifique (antigène) présente à la surface des cellules malignes. D'où l'appellation « CAR-T » pour les désigner.

« Les données de Juno étaient très bonnes chez des patients dans des situations complexes et difficiles », commente André Choulika, virologue et PDG de Collectis, qui s'est lancé dans la voie des CAR-T mais en utilisant des cellules T de donneurs. La toxicité neurologique ne surprend pas complètement, car les CAR-T franchissent la barrière hémato-encéphalique. Il faut se donner du temps mais cette nouvelle halte de l'essai ne disqualifie pas les CAR-T pour effectuer le nettoyage final des cellules malignes après la chimiothérapie. »

Chercheur au Memorial Sloan Kettering Cancer Center (MSKCC, New York) et lui aussi travaillant sur les CAR-T, Michel Sadelain note que « le MSKCC et le National Cancer Institute ont utilisé une CAR très similaire sur plus d'une centaine de patients et n'ont pas observé d'œdème cérébral aigu ». Il poursuit : « Le MSKCC présentera ses résultats sur 55 patients le mois prochain. Ces nouvelles décourageantes ne devraient donc pas être généralisées au potentiel toujours extraordinaire de la CAR-thérapie. »

## Problèmes de toxicité

« Ces nouvelles thérapeutiques ne sont pas simples à manipuler, car elles posent trois grands problèmes : la logistique, le modèle économique et la toxicité », analyse pour sa part Christian Chabannon. Elles supposent des circuits inédits entre hôpital, entreprise de biotechnologie et industriel. L'augmentation importante des coûts qui en découle retentit sur le prix qu'un industriel attend pour que cela soit rentable. Enfin, nous voyons avec l'essai Rocket que les problèmes de toxicité ne concernent pas seulement les phénomènes inflammatoires. La toxicité neurologique gravissime pose d'autant plus problème que nous



Les lymphocytes T (en bleu) sont modifiés génétiquement par un virus (en rouge) afin de leur permettre de reconnaître les cellules cancéreuses. GUNILLA ELAM/SPL/COSMOS

n'en connaissons pas encore la physiopathologie. »

Promoteur d'une stratégie différente des thérapies ciblées qui s'appuie sur un produit renforçant les effets locaux de la radiothérapie, Laurent Lévy, président de Nanobiotix, estime que cet accident ne remet pas en cause la voie des CAR-T : « L'effet chez certains patients est spectaculaire, mais le revers est, chez d'autres, l'apparition d'effets secondaires très forts. Cela amènera peut-être à chercher des marqueurs pour

identifier le sous-groupe de patients qui pourrait tirer bénéfice de cette thérapeutique, sans en subir les risques. »

L'essai Rocket utilisait l'un des deux types de CAR-T développés par Juno, le JCAR015, l'autre étant le JCAR017. Si l'avenir du premier, dont l'industriel espérait la mise sur le marché avant la fin 2017, s'est fortement assombri, le laboratoire a fait savoir qu'il poursuivait les essais prévus avec les autres traitements de la même famille. ■

PAUL BENKIMOUN

## TÉLESCOPE

+56 %

C'est l'augmentation du nombre de cas de syphilis chez les hommes homosexuels ou bisexuels en France entre 2013 et 2015, selon une étude publiée dans le *Bulletin épidémiologique hebdomadaire* du 29 novembre. En 2015, plus de 1400 cas de cette infection sexuellement transmissible (IST) ont été recensés dans cette population, contre 500 en 2010. Une forte hausse est également constatée sur la même période chez les hétérosexuels (+ 85% chez les femmes et + 75% chez les hommes), avec des effectifs plus faibles. Les infections à gonocoques et la lymphogranulomatose vénérienne, une autre IST, sont aussi en progression, notamment chez les hommes ayant des rapports homosexuels. Une évolution qui reflète l'augmentation des pratiques à risque dans cette population.

## ESPACE

### Schiaparelli trahie par son capteur de mouvements

Le 19 octobre, la sonde russo-européenne Schiaparelli s'est écrasée sur Mars. L'Agence spatiale européenne en a dévoilé les raisons le 23 novembre. Après l'ouverture correcte du parachute et le largage du bouclier thermique, le module a subi des rotations plus intenses que prévu, ce qui a saturé le capteur mesurant ces mouvements et induit en erreur le calculateur de trajectoire. L'ordinateur, pensant que l'engin avait atterri, a décidé de larguer le parachute... à 3,7 km d'altitude, conduisant à la catastrophe. Une enquête indépendante doit cependant rendre ses conclusions définitives début 2017. En outre, les 1<sup>er</sup> et 2 décembre, les ministres européens chargés de l'espace se réunissent en Suisse pour décider du financement de la seconde partie de cette mission : l'atterrissage d'un engin roulant capable de forer profondément la surface martienne en 2020.

## MÉDECINE

### Le sang frais ne serait pas un élixir de jeunesse

Mauvaise nouvelle pour la quête de l'éternelle jeunesse. Des chercheurs de l'université de Berkeley (Etats-Unis) viennent de montrer que l'échange sanguin entre une jeune et une vieille souris ne permettait pas de lutter contre le vieillissement de la seconde. Aucun gain de neurones ou de capacité de mémoire n'est observé chez cette dernière. En revanche, la plus jeune perd vite en cognition, agilité et coordination. En 2005, la même équipe avait donné des espoirs avec une première expérience chez des rongeurs reliés chirurgicalement (technique de parabiose). Les bons résultats observés avaient été largement attribués à des facteurs apportés par la circulation sanguine. A tort. Les chercheurs californiens invitent désormais à se concentrer sur les moyens de « nettoyer » le vieux sang plutôt que d'en injecter du neuf.

> Rebo et al., « Nature Communication », 22 novembre.

# PlugDB, coffre-fort numérique personnel

INFORMATIQUE - Ce prototype améliore la sécurité des données et optimise leur partage

**P**as un jour sans que le site DataLossDB, recensant les fuites de données (mails, numéros clients, adresses, mots de passe, numéros de carte de crédit...), n'ajoute une ligne à ses statistiques : 3900 « fuites » en 2015, près des deux tiers par piratage, pour 736 millions de données.

Et le flux, tout comme la diversité d'informations, ne cesse de croître par les activités en ligne, les objets connectés ou les initiatives publiques (dossier médical, cahier de textes scolaire...). Pour protéger et gérer ces données, l'Institut national de recherche en informatique et en automatique (Inria), l'université de Versailles - Saint-Quentin, l'INSA Lyon, le département des Yvelines et l'entreprise Gemalto, viennent de boucler un projet de « coffre-fort numérique ».

Le prototype, baptisé « PlugDB », a été présenté les 17 et 18 novembre, aux Rencontres de

l'Agence nationale de la recherche (ANR), qui l'a financé.

Il ressemble à une grosse clé USB avec, à l'intérieur, une carte mémoire, comme dans un appareil photo, stockant les précieuses informations. Celles-ci sont chiffrées grâce à des clés cachées dans une puce, comme pour les cartes bancaires ou les téléphones portables. Un capteur d'empreinte digitale authentifie le porteur. Surtout, le dispositif contient un « cerveau », un système de gestion de base de données. C'est lui qui donne ou refuse les droits d'accès aux informations de la carte mémoire. Ce logiciel, qui fonctionne comme un mini-serveur, ne peut être modifié par l'utilisateur ou par un virus.

« Ce serveur personnel de données est une alternative à la centralisation actuelle des données, soit dans les entreprises de service, soit chez des hébergeurs », résume Philippe Pucheral de l'Inria. Le système a

déjà été testé dans les Yvelines pour gérer les dossiers médico-sociaux de 120 patients. En fonction des acteurs (médecin, infirmier, assistant social...), les informations accessibles sont différentes. Alors que, sur des systèmes plus classiques comme des clés USB chiffrées, il faut choisir des clés différentes pour chaque dossier, ici une seule suffit pour accéder au serveur qui gère les différents accès.

## Accès à la carte

Autre intérêt, le système permet le partage des fichiers entre possesseurs du PlugDB. L'utilisateur choisit de donner accès en téléchargement ou en consultation à des photos, des documents, des vidéos stockées sur la carte mémoire. De quoi créer des réseaux sociaux à volonté, en gardant la main sur ce qui est accessible à chacun de ses cercles. Le projet FreedomBox, lancé en 2010, répond

aussi à ce besoin, mais sans la garantie offerte par la carte à puce.

Ce n'est pas tout. Le serveur protégé offre la possibilité d'interroger le contenu même des fichiers stockés. Par exemple, pour extraire des noms ou numéros d'un carnet d'adresses ou des dépenses d'une facture. Cela permet en outre d'utiliser les données de plusieurs utilisateurs, sans les identifier ! Si, par exemple, le système stocke les consommations électriques, une procédure peut agréger ces informations et faire des moyennes, sans qu'on sache qui a consommé quoi. Une sorte de calcul distribué entre pairs anonymes.

Un nouveau projet, financé par l'ANR, a débuté pour développer cette fonctionnalité, avec Orange et Cozy Cloud, une start-up de services d'hébergement qui compte utiliser PlugDB pour la sécurité et les calculs distribués. ■

DAVID LAROUSSE

Dans l'interêt de la science

france

mathieu vidard  
la tête au carré  
14:00-15:00

avec, tous les mardis,  
la chronique de Pierre Barthélémy

Le Monde  
science&médecine



La figure de Iouri Gagarine, premier homme dans l'espace, est très présente à Baïkonour. Ici, le 13 novembre 2016. DMITRI LOVETSKY/AP



Départ du Français Thomas Pesquet et de son équipage, le 18 novembre 2016.

# Baïkonour : le mythe se cherche un avenir

► SUITE DE LA PREMIÈRE PAGE

Cet isolement forcé a tout de même connu des variantes. En 2007, avec le départ massif des militaires des KV (troupes spatiales), tout d'abord, puis avec l'augmentation progressive du nombre de nationaux. Sur place, désormais, les Russes sont en effet devenus minoritaires. Ils ne représentent plus que 35% de la population estimée à 73 000 personnes, contre 65% de Kazakhs. La proportion des communautés était exactement inverse il y a quelques années. Mais comme autrefois, pour attirer le personnel sur la base, les employés y sont mieux payés qu'ailleurs : entre 45 000 et 50 000 roubles (entre 650 et 750 euros), contre 15 000 à 20 000 roubles (moins de 300 euros) « en ville ». La tradition, aussi, se perpétue : dix ans d'expérience, auxquels s'ajoutent dix ans de travail sur place, donnent droit à un appartement gratuit dans une localité non choisie du territoire russe, selon le « Programme spécial de déménagement des citoyens » toujours en vigueur.

L'indépendance du Kazakhstan, acquise le 16 décembre 1991, a induit d'autres conséquences. La Russie paie chaque année un loyer pour l'exploitation du cosmodrome : 115 millions de dollars (environ 108 millions d'euros). Le premier bail, négocié en 1994 entre Boris Eltsine et Noursoultan Narzabaïev, le président du Kazakhstan au pouvoir sans discontinuer depuis 1991, devait

aussi mettre au clair la prise en charge des infrastructures. Il y avait urgence : l'hiver précédant la signature du document, les conditions s'étaient tellement dégradées que la population, en ville, avait dû se passer de chauffage. « Cette année-là, la neige était tellement tombée, témoigne Elena, cadre administrative, en désignant la hauteur de sa ceinture, que les routes étaient impraticables. »

« A l'époque, se souvient, Lionel Suchet, directeur de l'innovation au CNES et ancien responsable des vols habités sur la Station spatiale internationale (ISS), c'était vraiment difficile. Les soldats kazakhs quittaient l'Armée rouge et on voyait, çà et là, des nuages de fumée. Ce n'était pas la guerre, mais quand même... » En 2004, le nouveau bail signé par Vladimir Poutine, où il est question « d'amitié à vie » et de « coopération mutuellement avantageuse orientée vers le XXI<sup>e</sup> siècle », a étendu la concession jusqu'en 2050. Au loyer du cosmodrome s'ajoute également le versement, par la Fédération de Russie, d'un milliard de roubles (14 millions d'euros) pour soutenir le maigre budget de la ville.

## Une enclave russe

Moyennant quoi, Baïkonour reste russe. Ici, on paie en roubles et l'on parle la langue de Dostoïevski. Les habitants ont voté lors des dernières élections législatives, au mois de septembre, comme dans n'importe quelle autre partie de la Russie, sans passer par un consulat. Simple-ment, le député élu réside à Moscou et sa circonscription, dans la banlieue de la capitale russe,

## TOUT SEMBLE S'ÊTRE FIGÉ À L'ÉPOQUE SOVIÉTIQUE, ET LES HABITANTS DE BAÏKONOUR SENTENT PEU À PEU LEUR VILLE LEUR ÉCHAPPER

s'étend à la petite enclave située à des milliers de kilomètres. Deux parquets, deux procureurs, deux tribunaux, deux polices se côtoient à Baïkonour, russes et kazakhs. Chaque communauté dépend de sa propre législation. Huit écoles fonctionnent pour les premiers, six pour les seconds. Une église orthodoxe et une mosquée, à distance l'une de l'autre, ont été bâties. Seuls les jours fériés se cumulent, le Noël orthodoxe ou le Nouvel An asiatique, et la place centrale accueille, le 9 mai, les défilés de la victoire de la seconde guerre mondiale et la célébration de l'indépendance du Kazakhstan. « Les Russes vivent comme des Russes, les Kazakhs comme des Kazakhs », résume Nadia Tetriakova.

Tout juste débarquée il y a cinq ans de Barnaoul, en Sibérie, la jeune femme, âgée de 30 ans, est restée saisie par cette « ville unique ». « La première fois, j'étais choquée : il n'y avait pas de boutiques, pas d'endroits où aller pour les loisirs. Tout le

monde se connaît. Si tu vas au supermarché, tu vois les mêmes personnes, dans la rue, ce sont les mêmes gens... » Aujourd'hui mariée, cette petite brune guillerette apprécie les lancements, qui amènent leur lot d'étrangers. « Cela reste toujours un événement », dit-elle dans un sourire.

La vie est rude, à Baïkonour, mais elle est sans commune mesure avec celle qu'ont connue les premiers pionniers, chargés de faire émerger de ce terrain sablonneux piqué de petits arbustes secs toute une cité du futur, dans une région où, de surcroît, les températures oscillent entre +45°C l'été et -30°C l'hiver. L'endroit, à l'origine un tout petit relais sur la ligne de chemin de fer Moscou-Tachkent baptisé Tiouratam, avait été choisi pour ce paysage sans relief, éloigné de tout mais à proximité de l'équateur. En 1955, lorsque les travaux débutent, les 3 000 militaires dépêchés sur place vivent dans des conditions particulièrement éprouvantes. « La qualité de vie était si médiocre que les habitants de Tiouratam s'amusent alors à surnommer leur ville "Tiourmatam", ce qui signifie en russe "là-bas, c'est la prison" », rapporte le chercheur Kevin Limonier.

Maria Iaroutskaïa, 83 ans, fait partie des vétérans de cette époque, dont le nombre aujourd'hui, à Baïkonour, se compte sur les doigts d'une main. « La première chose que j'ai vue, c'est la steppe, la steppe, la steppe. Il n'y avait rien, absolument rien, pas d'écoles, pas de transports ou de bains, seulement quelques bicoques en bois ! », s'exclame-t-elle. Arrivée en septembre 1956, depuis la région de Vladimir (à l'est de

## « ICI, ON DEVIENT VRAIMENT UN COSMONAUTE »

Première et unique femme française dans l'espace à ce jour, l'astronaute de l'Agence spatiale européenne Claudie Haigneré est partie deux fois depuis Baïkonour, en 1996 et en 2001, vers la station russe Mir, puis vers la Station spatiale internationale (ISS).

### Que représente Baïkonour pour vous ?

Pour moi, c'est le moment où, après toutes ces longues préparations, alors que l'on se sent bien avec l'équipage, en confiance avec la mission, on plonge dans une espèce de bulle. On est d'ailleurs derrière une vitre, au sens propre

du terme ! Cela nous permet d'endosser, psychologiquement, notre mission. Ici, c'est finalement comme une zone de transition qui nous permet de prendre de la distance avec notre entourage pour nous imprégner de l'environnement, non habituel, qui sera le nôtre. On devient vraiment un cosmonaute. Et je crois que, pour cela, on a besoin d'un lieu particulier comme Baïkonour, avec ses rites et ses traditions que l'on vit comme des étapes.

### Baïkonour possède-t-elle quelque chose de particulier ?

Je crois que, pour les astronautes, il n'y a jamais une base comme

une autre. Le début de notre vie d'astronaute se fait à la Cité des étoiles à Moscou, à Houston, en Allemagne... Le cosmodrome, lui, a un statut particulier. On y vient deux fois, un mois avant le vol, pour essayer son Soyouz à soi, sa capsule, parce que, jusque-là, on s'est entraîné dans une maquette, puis quinze jours avant.

Ici, vous l'avez remarqué, Gagarine est très présent. C'est une célébration de cette aventure du pionnier qui est un peu mythifiée. A la veille du départ, on regarde également le film *Le Soleil blanc du désert*, qui a été diffusé la première fois après une mission, qui ne s'était pas bien passée,

pour combattre ce mauvais sort. Nous regardons ce film, parce qu'il le faut !

On plante aussi un arbre dans l'allée des Cosmonautes, on visite la petite maison de Gagarine, où il a passé la dernière nuit avant son vol, et celle de Korolev. Le bus s'arrête sur le trajet où Gagarine est censé avoir fait sa petite pause pipi avant l'embarquement. Toutes ces étapes sont conservées. Ça donne un caractère très humain et très humble pour nous, cosmonautes, qui mettons nos pieds dans les traces d'un tel personnage. Avant le départ, on s'assoit enfin tous dans une chambre, parce que les Russes font cela. Ils

s'assoient en silence pour qu'un voyage se passe bien. Ensuite, on sort de cette chambre et chacun signe sa porte. C'est la culture soviéto-russe qui veut cela avec ses héros, ses mythes...

### Pour la première fois, à l'occasion du départ de Thomas Pesquet pour l'ISS, vous avez découvert Baïkonour « de l'autre côté », non plus en quarantaine dans le cosmodrome. Quelles sont vos impressions ?

Je n'étais pas revenue depuis quinze ans et c'est vrai que je découvre pour la première fois la ville. Quand on est de l'autre côté, en fermée, on a l'impression que ça

grouille d'activité, qu'il y a plein d'équipes qui s'agitent un peu partout. En réalité, ce n'est pas très très animé. On ne sent pas une activité débordante en dehors des quelques îlots liés au spatial. Mais les gens connaissent tout ! J'ai même rencontré des Russes et des Kazakhs qui m'avaient accompagnée sur le pas de tir il y a quinze ans. Je ne sais pas quel est le devenir de Baïkonour, mais Vostotchny va probablement se développer. Il y a des phases comme cela. Je suis convaincue qu'on ne construit le futur qu'en s'appuyant sur l'héritage du passé. ■

PROPOS RECUEILLIS PAR I. M. (ENVOYÉE SPÉCIALE À BAÏKONOUR)



...mbre, pour la Station spatiale internationale. SHAMIL ZHUMATOV/REUTERS



Cette fusée Soyouz fait partie des nombreux monuments disséminés dans la ville, qui retracent la légende du Cosmodrome. KIRILL KUDRYAVTSEV/AFP

Moscou) à l'âge de 23 ans, cette spécialiste du calcul des trajectoires aériennes doit alors signer des documents qui lui imposent un silence total sur son travail. Interdiction d'en parler, même en famille. Sa mère n'est venue la voir, pour la première fois, que dans les années 1970. Maria Laroutskaïa, elle-même, participe au lancement, en 1961, du premier homme dans l'espace, Iouri Gagarine, sans savoir qu'il s'agit d'un vol habité et qu'un cosmonaute se trouve à bord... « *Personne n'avait même jamais entendu parler de Baïkonour* », dit dans un rire la vieille femme dont le visage ridé s'éclaircit.

Baïkonour ne s'est pas toujours nommée ainsi. Le petit poste relais Tiouratam a successivement pris le nom de « Zaria », puis celui de « Leninsk », avant d'adopter en 1995 son patronyme actuel. Pour brouiller les pistes, une autre ville, abandonnée depuis, située à plus de 300 km au nord, s'appelait... Baïkonour. Mais très vite, la supercherie a été découverte, grâce aux photos aériennes des avions espions américains basés au Pakistan et en Iran.

#### Première version du Soyouz

Trois ans à peine après le démarrage des travaux titanesques, les fondations de l'agglomération ont pris forme. Peu à peu émergeront ainsi des bâtiments, des lignes de chemin de fer, un aqueduc, une centrale électrique, un aéroport... Mais surtout le premier pas de tir du cosmodrome est achevé dès 1957. Cette année-là, le premier lancement depuis Baïkonour a lieu le 15 mai, avec le tir du premier missile intercontinental, R-7 Semiorka, la première version du Soyouz. Cinq mois plus tard, le même type de fusée sera utilisé pour lancer le premier satellite artificiel, Spoutnik-1, et son célèbre « bip-bip ». C'est de ce même pas de tir n° 1 que s'est envolé, le 17 novembre, l'équipage du Soyouz MS-03 avec, à son bord, l'astronaute français Thomas Pesquet, cinquante-cinq ans après Iouri Gagarine, parti lui aussi du même endroit.

Comme la base de Plessetsk, au nord de la Russie, toujours active, conçue à l'origine pour lancer des missiles balistiques à charge nucléaire capables d'atteindre le territoire des Etats-Unis – dans la foulée des premiers essais nucléaires –, le site de Baïkonour s'est en effet très vite orienté vers l'exploration de l'espace, sous l'impulsion de Sergueï Korolev. Cet ingénieur, célébré aujourd'hui comme le père du programme spatial soviétique, est un rescapé. Victime des purges staliniennes de 1937, il avait été envoyé dans le terrible goulag de Kolyma, au nord de l'Extrême-Orient russe, avant de poursuivre ses recherches dans une *charachka*, l'un de ces laboratoires secrets du système pénitentiaire soviétique gérés par la suite par le NKVD, l'ancêtre du KGB. Sa statue s'élève aujourd'hui à Baïkonour, la principale artère de la ville porte son nom et sa modeste demeure, sur le cosmodrome, est la seule à pouvoir rivaliser avec la maison jumelle, séparée d'à peine quelques mètres, dans laquelle Iouri Gagarine passa sa dernière nuit avant de décoller pour l'espace.

Succédant à Staline, Nikita Khrouchtchev a vite mesuré l'importance que ce nouveau terrain d'excellence soviétique pouvait représenter par rapport aux Etats-Unis. « *Les dirigeants de l'URSS ont pu aisément voir en l'aventure spatiale soviétique un symbole du matérialisme historique, un acte suprême de victoire de la raison sur ce chaos*

*d'où la bourgeoisie tire son essence* », souligne Kevin Limonier. Ironie de l'histoire, les astronautes américains, rivaux d'hier, partent désormais de Baïkonour pour la Station spatiale internationale, depuis la mise à la retraite de leurs navettes en 2011 – non sans acquitter les 81 millions de dollars du billet aller-retour.

En 1966, sous Brejnev, le général de Gaulle sera le premier chef d'Etat étranger convié à assister, depuis Baïkonour, au lancement de deux missiles R16-U, avant même la venue sur place, un an plus tard, des dirigeants des pays « frères », le Cubain Fidel Castro, le Hongrois Janos Kadar, ou le Roumain Nicolae Ceausescu. La visite de De Gaulle, baptisée « Opération Palma 1 », donnera lieu à quelques bizarreries. Les militaires russes présents en nombre, aisément repérables à leur allure martiale et à leur coupe de cheveux, avaient été priés de se vêtir en civil, comme des citoyens ordinaires...

Cinquante ans après, le décor n'a presque pas changé. Hormis quelques supérettes modernes, tout semble s'être figé à l'époque soviétique, et les habitants de Baïkonour sentent peu à peu leur ville leur échapper. L'incroyable Soyouz est aussi lancé depuis Kourou : il s'est envolé une quinzaine de fois du centre spatial guyanais depuis 2011, trois lancements par an sont programmés pour les prochaines années. Et désormais, les regards se tournent vers Vostotchny. Plusieurs dizaines de spécialistes de Baïkonour ont déjà été envoyés dans la région de l'Amour, à l'extrême sud-est de la Russie, où un nouveau cosmodrome a vu le jour depuis l'oukase de Vladimir Poutine ordonnant sa construction en novembre 2007. Le premier lancement d'un Soyouz, porteur de trois satellites, y a été effectué le 28 avril 2016.

A terme, Vostotchny est censée supplanter Baïkonour, victime de sa localisation à l'étranger. « *C'est très stratégique pour un pays, et Baïkonour pourrait bien devenir une ville fantôme* », admet Bernardo Patti, chef des missions de l'ISS à l'Agence spatiale européenne (ESA), qui trace un

### VOSTOTCHNY EST LOIN AUJOURD'HUI DE POUVOIR RIVALISER AVEC UNE LÉGENDE COMME BAÏKONOUR

parallèle. *Regardez Cap Canaveral, aux Etats-Unis [partiellement désaffecté], une maison à Coconut Beach ne vaut plus grand-chose.* »

Certes, il faudra encore du temps. Vostotchny, censée contribuer au développement économique d'une région peu peuplée, confrontée de surcroît au dynamisme d'une Chine toute proche, est loin aujourd'hui de pouvoir rivaliser avec une légende comme Baïkonour. Le nouveau site cumule les déboires, à commencer par les scandales de détournements de fonds qui ont entouré son déploiement. « *Nous avons été obligés d'ouvrir six affaires pénales* », s'était étranglé de colère le président russe, venu en avril assister au premier lancement, retardé de 24 heures. « *Si la faute est prouvée, certains devront échanger leur lit douillet contre un châlit en prison!* », avait-il ajouté sur un ton menaçant. Dans un article paru récemment, le 17 novembre, le quotidien *Kommersant* s'interrogeait encore sur les circonstances qui ont conduit les dirigeants russes à regarder le tir « *à partir d'une tranchée* » et non depuis le lieu d'observation prévu. Bien peu des infrastructures prévues ont émergé. Pire, un seul lancement est prévu en 2017, et le deuxième pas de tir, réservé aux fusées Angara (prévues pour prendre le relais des lanceurs Proton), paraît abandonné.

A Baïkonour, le patriotisme local l'emporte, et l'on se gausse des malheurs du site rival. « *Tous les spécialistes partis là-bas sont revenus et, d'après ce que j'ai entendu dire, dès le premier lancement, tout était cassé* », confie Nadia Tetriakova. « *Bien*

*sûr que les gens d'ici ont peur de l'avenir, soupire Elena, la cadre administrative. Mais ce ne sera jamais la même chose; d'abord parce que Baïkonour a été construit pendant l'Union soviétique et que Vostotchny l'est par la Russie avec des entreprises privées qui ont moins de moyens.* » Il suffit néanmoins de regarder autour de soi.

Sur le cosmodrome de Baïkonour, six pas de tir, dont ceux consacrés aux lanceurs Proton, sont aujourd'hui désaffectés, tout comme celui du Bourane (l'énorme vaisseau censé concurrencer les navettes spatiales américaines, dont un seul exemplaire a volé). Au « N1 », d'où ont été effectués plusieurs essais pour des vols vers la Lune restés sans suite, les infrastructures destinées à abriter 15 000 personnes seraient aujourd'hui entièrement vides, selon une personne bien informée. En ville, plusieurs bâtiments tombent en ruine, certains sont murés. L'hôpital militaire, autrefois fleuron de toute l'Union soviétique, ne fonctionne plus. De l'aveu même de la municipalité, « *cinq incidents techniques par semaine* » surviennent à Baïkonour. Des pannes à répétition. Lors du décollage, mi-novembre, de Thomas Pesquet pour l'ISS, c'est l'eau froide qui est venue à manquer à l'Hôtel Central, contrastant avec la parfaite réussite de ce 130<sup>e</sup> vol habité – record inégalé.

« *Et alors? Et si ce n'était pas rouillé, est-ce que cela marcherait aussi bien?* », lance Jean-Pierre Haigneré, venu comme ambassadeur de l'ESA assister au départ du dixième Français dans l'espace. L'ancien astronaute, parti lui-même de Baïkonour pour rejoindre la station Mir en 1993, reste un incondicional du site, chargé d'histoire, que beaucoup décrivent comme un mythe. En 1995, Jean-Pierre Haigneré se trouvait encore sur place en compagnie de Guerman Titov, le deuxième cosmonaute russe à s'être envolé dans l'espace, en 1961, à l'âge de 26 ans, et devenu lui aussi une figure légendaire. « *C'est comme si je disais: j'ai fait l'école de l'aviation avec Mermoz* », dit-il joliment.

« *L'industrie spatiale, c'était une locomotive économique, c'était notre futur* », déclare avec une nostalgie non dissimulée dans la voix Viktor Koulietov, 69 ans, un ingénieur à la retraite. Mais parfois aussi, les tensions entre communautés russe et kazakhe surgissent, faisant craindre une accélération du transfert vers Vostotchny. « *Je suis partagé. D'un côté, j'ai envie que les Russes partent parce qu'ils se croient toujours chez eux; de l'autre, je me demande ce que l'on deviendra après* », avoue Rouslan, un commerçant kazakh.

Baïkonour s'enfonce dans ses souvenirs. Impossible de faire un pas dans les rues de cette oasis artificielle sans buter sur la maquette d'une fusée, le buste de Korolev ou l'effigie de Gagarine. Deux musées consacrés à l'espace accueillent une prodigieuse quantité d'objets, de témoignages et de documents liés à l'aventure spatiale. Les traditions mythiques y sont plus que jamais mises en avant, comme la visite, incontournable pour tout visiteur, de la « Cosmonot Alley », là où chaque astronaute parti de Baïkonour a planté « son » arbre, après celui de Gagarine, premier d'une longue lignée. Quelques magasins de souvenirs ont ouvert leurs portes. La cité symbole retient son souffle. Chaque année, Baïkonour enregistre 500 nouveaux départs. ■

ISABELLE MANDRAUD  
BAÏKONOUR (KAZAKHSTAN) ENVOYÉE SPÉCIALE



## SPECTACLE

## Aux frontières de l'ignorance

Frédéric Ferrer perturbe subtilement, dans ses conférences-spectacles, la cartographie des savoirs

**Wow!**, c'est l'exclamation laissée par l'astrophysicien Jerry Ehman, le 15 août 1977, dans la marge d'un relevé de signaux anormaux captés par un radiotélescope de l'université de l'Ohio, rendant crédible l'hypothèse d'une vie extraterrestre. Ces instants de la vie du chercheur où, dépassé par l'énigme qu'il tente de résoudre, il se révèle dans son humanité, font la matière des créations de l'artiste Frédéric Ferrer.

*Wow!* a donné son titre à la cinquième conférence-spectacle de Frédéric Ferrer commandée par l'atelier art-sciences du Centre national d'études spatiales (CNES), après *A la recherche des canards perdus*, *Les Vikings et les Satellites*, *Les Déterritorialisations du vecteur* et *Pôle Nord*. Il s'agit de cartographe, en se calquant sur le format de la conférence scientifique, les réponses possibles aux questions posées à l'humanité par le réchauffement climatique.

*Pôle Nord* s'intéresse ainsi au devenir de cette région du globe après la fonte de la banquise, *La Déterritorialisation du vecteur*, à la conquête de nouveaux territoires par le moustique-tigre, et *Wow!* à la recherche d'une planète de rechange, où l'homme pourra se réfugier une fois que la Terre sera devenue inhabitable. Le chercheur, front plissé et regard absorbé, déroule, gestuelle de mains et présentation PowerPoint à l'appui, sa logique imparable.

## Objectivité qui dérape

«*Quelle que soit la temporalité de l'événement, la conclusion, c'est que l'espèce humaine n'a pas d'avenir sur Terre*», expose-t-il ainsi au début de *Wow!*, après avoir décrit les différents scénarios de perte d'habitabilité de la Terre, depuis la transformation du Soleil en étoile rouge d'ici 5 à 10 milliards d'années, jusqu'au réchauffement climatique, à plus courte échéance. L'enjeu est alors d'identifier parmi les quelque 1800 exoplanètes connues, celles qui offriraient à l'homme la possibilité de s'y installer moyennant quelques aménagements, et d'échapper ainsi à la catastrophe qui le guette. «*Si une planète se situe dans la zone d'habitabilité de son étoile, mais que les conditions sont similaires à celles de Mars, il faudra alors adapter l'homme à cet environnement très dur*, poursuit le chercheur. *Cela demandera des modifications de l'être humain, on doit aller vers un être cybernétique, un cyborg*», ajoute-t-il en faisant apparaître un photomontage de cyborg marchant sur Mars.

Tandis que l'objectivité dérape, l'image de l'absurde surgit sur l'écran, et l'illusion de la vérité scientifique s'effondre. Le spectateur rit. Autant du chercheur passionné, qui ne voit pas le caractère dérisoire des questions qu'il pose face à l'énigme de notre place dans l'Univers, que de lui-même. Car c'est finalement le crédit que nous apportons à la science, censée répondre à tout ce que questionne Frédéric Ferrer. ■

CATHERINE MARY

«*Cartographies*», du 29 novembre au 3 décembre 2016, Théâtre Durand, Château-Arnoux-Saint-Auban (Alpes-de-Haute-Provence).  
[www.theatredurand.fr](http://www.theatredurand.fr)

## L'AGENDA

## COLLOQUE

## L'animalité au cœur du vivant

Les 1<sup>er</sup> et 2 décembre, l'École nationale vétérinaire d'Alfort (ENVA) accueille un colloque, ouvert à tous, «*Animalité, expérimentation et fiction: l'animalité au cœur du vivant*», avec la participation de biologistes, de spécialistes de la littérature, d'historiens, d'éthiciens. Expérimentation, douleur, conscience animale, frontière animal-humanité, visivision et anatomie dans la littérature sont quelques-uns des thèmes abordés.

> Amphithéâtre d'honneur, ENVA, 7, avenue du Général-de-Gaulle, 94700 Maisons-Alfort.  
[Anihumain.hypotheses.org](http://Anihumain.hypotheses.org)



## LA TOMBE DU SAVANT (ENCORE) INCONNU

Au cœur du cimetière du Montparnasse, une sépulture étrange se distingue de la quarantaine de milliers d'autres. Aucun nom n'y figure. L'identité de son commanditaire ne sera dévoilée qu'après son décès. Seul fi-

gure, sur la semelle de marbre de Carrare sur laquelle repose le monument, celui de sa conceptrice, Milène Guermont. Elle garde le secret sur cet homme, «*très grand inventeur qui est notamment à l'origine du transistor et qui a effectué une grande partie de sa carrière à l'étranger*». L'œuvre présente douze facettes, métaphores de ses

Causes de Lozère natale et des douze niveaux de la cellule photoélectrique à multiplicateur d'électrons inventée par notre homme. Des fibres optiques coulées dans un béton ultrahauts performances permettent à la lumière de passer d'une face à l'autre, à l'instar des électrons dans une cellule photoélectrique.

(PHOTO: MILÈNE GUERMONT)



## IMPROBABLEOLOGIE

## QUI SE SOUCIE DES YEUX DE LAUREL ET HARDY ?

Par PIERRE BARTHÉLÉMY

Plus d'un demi-siècle après leur disparition, (Stan) Laurel et (Oliver) Hardy demeurent un des duos comiques les plus célèbres de l'histoire, loin devant l'attelage français (Droopy) Fillon et (Droopy) Juppé. Rappelons, pour ceux qui ne connaîtraient pas encore ces rois du gag, que Hardy était le mastard moustachu et autoritaire tandis que Laurel, le maigrichon, jouait le benêt lunaire et pleurnichard. Une phrase résumait ainsi les deux personnages : «*Deux esprits sans la moindre pensée*» (il sera laissé au lecteur la responsabilité de dire si elle s'applique aussi aux duettistes de la primaire de la droite).

Rappelons surtout que les films de ce tandem burlesque formé dans les années 1920, et qui sévira à l'écran jusqu'en 1951, se caractérisaient par une multitude d'incidents et une certaine violence physique, intentionnelle ou pas. On n'y comptait pas les gamelles, les baffes ni les bosses. Et c'est précisément cette lacune qu'ont voulu combler les Néerlandais Lara et Richard Zegers dans une étude publiée le 17 novembre dans le *Scottish Medical Journal*: ils ont

compté non pas l'intégralité des coups portés et reçus, mais uniquement les traumatismes oculaires – il faut préciser que Richard Zegers est ophtalmologiste dans un hôpital d'Utrecht.

Pour ce faire, les auteurs de ce travail ont acheté – sur leurs propres deniers, précise le texte – l'intégrale de Laurel et Hardy et visionné, sur une période de cinq mois, la centaine de films que les DVD contenaient. Chaque «*pan!* dans l'œil» était répertorié: les auteurs notaient qui avait blessé qui, quel œil (ou quels yeux en cas de coup double) avait été touché(s) et si la blessure était accidentelle ou pas. Premier résultat: 88 traumatismes oculaires ont été recensés dans un total de 50 films. La palme revient au court-métrage muet de 1929 *Double Whoopee* (dont le titre français est *Son Altesse royale*), avec une scène de moins de trois minutes au cours de laquelle on recense une dizaine de doigts dans l'œil. Second résultat: il valait mieux être Laurel que Hardy. A lui seul, le mafflu du duo compte 42 traumatismes, soit exactement deux fois plus que son acolyte.

Le médecin qu'est Richard Zegers note que certains incidents auraient pu s'avérer très dangereux, notamment quand étaient impliqués des objets

capables de percer le globe oculaire – un clou fixant une poignée de porte, le manche d'une ventouse, une punaise ou une branche d'arbre. Et ce chercheur de parler de joyusetés comme des hémorragies, des décollements de la rétine, des infections bactériennes ou fongiques, des lacerations ou abrasions de la cornée, des luxations du cristallin... Heureusement, Laurel et Hardy étant des personnages de fiction, ils s'en tiraient généralement avec quelques secondes de douleur ou, au pire, un beau coquard. L'étude précise néanmoins que si ces accidents leur étaient arrivés dans la vie réelle, les deux compères auraient indubitablement subi une diminution de leur acuité visuelle (et fait la fortune des ophtalmologistes).

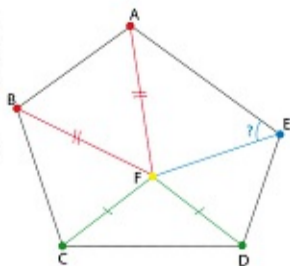
Tout ceci n'a dans le fond qu'un intérêt prodigieusement limité. Si l'on évoque ici cette étude, c'est avant tout en raison de ses auteurs. L'article précise en effet que Lara Zegers, qui a visionné les films, collecté les données avant de les transférer sur un tableur Excel puis discuté des différentes versions de l'étude est... collégienne. Grâce à Laurel et Hardy, le monde de la recherche a peut-être gagné la vocation d'une jeune fille de 14 ans, qui a appris ce qu'était la science en s'amusant. ■

## AFFAIRE DE LOGIQUE – N°986

## Lotissement pentagonal

Alice, Bob, Charlotte, Daniel et Emilie, des amis habitent cinq sommets d'un lotissement en forme de pentagone convexe qui, sans être régulier, a la propriété remarquable d'avoir cinq angles égaux.

Quant à Fabien, il habite à égale distance d'Alice et de Bob, mais aussi à égale distance de Charlotte et de Daniel. Sous quel angle Emilie voit-elle Alice et Fabien ?



## SOLUTION DU N° 985

Un seul nombre est perdant pour le premier joueur quel que soit le choix de M et de N : 1260. Pour chaque valeur du couple (M;N), on cherche les nombres gagnants pour le joueur qui en bénéficie (ceux qui peuvent mener à un nombre perdant pour l'autre) et les nombres perdants (ceux qui ne peuvent mener qu'à des nombres gagnants pour l'autre).  
• Par exemple, pour (2;3) : 1, 2 et 3 sont gagnants (ils mènent à 4) ; 4 est perdant (il ne mène qu'à l'un des nombres gagnants

précédents) ; 5, 6 et 7 sont gagnants (ils mènent à 4) ; En continuant ainsi, on constate que les nombres perdants sont les multiples de 4. De la même manière, on montre que les nombres perdants sont :  
• pour (M;N) = (2;4), (2;5), (2;7) et (2;8) les multiples de 3 ;  
• pour (M;N) = (2;6) les multiples de 7 ou multiples de 7 plus 3 ;  
• pour (M;N) = (3;4) les multiples de 7 ou multiples de 7 plus 2 ;  
• pour (M;N) = (3;5), (3;7) et (3;9) les multiples de 2 ;  
• pour (M;N) = (3;6) les multiples de 9, multiples de 9 plus 2 ou multiples de 9 plus 4 ;

• pour (M;N) = (2;9) les nombres se terminant par 0, 3 ou 6 ;  
• pour (M;N) = (3;8) les multiples de 11, multiples de 11 plus 2, multiples de 11 plus 4 ou multiples de 11 plus 6 ;  
En dehors de ces deux dernières conditions, on constate qu'un nombre perdant pour tous les choix est multiple de 4, de 7 et de 9, donc de 252. Il ne reste plus qu'à chercher les multiples de 252 vérifiant les deux dernières conditions. En étudiant leur dernier chiffre et leur reste dans la division par 11, on s'aperçoit qu'en dessous de 4000, seul 1260 convient. Le suivant est 4536.

ÉLISABETH BUSSER ET GILLES COHEN © POLE 2016

affairede logique@poleditions.com

## Des conférences pour tous les goûts

• **« Alan Turing : vous avez dit calcul ? »**, le 2 décembre à Bobigny  
Alan Turing est surtout connu pour avoir contribué à «*casser*» les codes de la machine Enigma pendant la dernière guerre. Pourtant, vendredi 2 décembre, à 14 h 30, sur le campus de l'université Paris XIII à Bobigny, sous l'égide de l'association Science Ouverte, il sera question d'un aspect inusité des travaux du chercheur britannique. Sous le titre «*Alan Turing : vous avez dit calcul ?*», Marie-Claude Gaudel y présentera, à l'attention des lycéens et du grand public, la contribution de Turing à la définition formelle d'un calcul : une approche qui constitue un premier jalon de l'intelligence artificielle et servira plus tard à la conception des premiers ordinateurs.

Informations et inscriptions sur <http://scienceouverte.fr>  
• **L'histoire de Han Van Meegeren, le faussaire génial**, à Nancy, le 8 décembre  
Le cycle «*Sciences et société*» se poursuit jeudi 8 décembre, à 20 h 30, à Nancy (IUT Charlemagne) avec la conférence : «*Sciences et art : la belle histoire de Van Meegeren*». Tout en racontant l'histoire du peintre néerlandais, restaurateur de tableaux et faussaire à la fois, et de ses faux Vermeer, Daniel Perrin présentera les notions de datation, radioactivité et décroissance exponentielle, montrant comment les sciences – et surtout les mathématiques – peuvent aider à porter le doute sur les affirmations des experts.

Informations sur [iecl.univ-lorraine.fr/Cycle-Conferences-Sciences-et-Societe](http://iecl.univ-lorraine.fr/Cycle-Conferences-Sciences-et-Societe)  
• **« Les géométries »**, le 15 décembre, au Kafemath, à Paris  
Combien de parallèles à une droite peut-on mener par un point ? Une seule, aucune, plusieurs ? Si la géométrie euclidienne est la plus connue, il en existe d'autres, aux multiples visages, souvent étonnantes, que François Lavallou présentera tour à tour, jeudi 15 décembre, à 20 heures, au Kafemath («*la Coulée douce*», 51, rue du Sahel).  
Informations sur [www.kafemath.fr](http://www.kafemath.fr)

CARTE  
BLANCHEParadoxe  
arithmétique  
politique

Par ÉTIENNE GHYS

« La politique, c'est pas des mathématiques », déclarait un candidat à la primaire de la droite. À l'évidence, il n'avait pas lu l'article « Arithmétique politique » publié par Diderot dans l'*Encyclopédie*, ni son supplément écrit par Condorcet.

Quand des candidats se présentent à une élection, comment choisir « le meilleur », celui que le peuple préfère ? Condorcet propose une méthode. Un candidat est déclaré gagnant si, comparé tour à tour à tous les autres candidats, il obtient toujours la majorité des voix. Si on applique ce critère à l'élection présidentielle de 2012, c'était François Bayrou le gagnant. Les commentateurs politiques affirment en effet qu'il aurait gagné tous les duels l'opposant aux autres candidats. Il a pourtant été classé en cinquième position au premier tour.

Nous sommes habitués au scrutin uninominal à deux tours, mais il n'est pas clair que ce soit le plus satisfaisant. Condorcet met en évidence un grand nombre de paradoxes. Voici le plus simple. Considérons trois candidats, que nous appellerons A, B, C. Supposons le corps électoral constitué de 60 électeurs. On suppose que 23 électeurs préfèrent A à C et C à B, ce que je note  $A > C > B$ . On suppose que l'opinion  $B > C > A$  est partagée par 19 électeurs,  $C > B > A$  par 16, et  $C > A > B$  par 2. Au scrutin uninominal à un tour, c'est A qui gagne avec 23 voix (alors que B et C ont 19 et 18 voix). Au scrutin à deux tours, c'est B qui gagne. Enfin, C est le gagnant au sens de Condorcet.

## Perte de sens

C'est un peu ennuyeux et on comprend que la question de savoir qui est le préféré du peuple perd son sens. Il n'est pas exclu que cela se soit présenté à l'élection présidentielle de 1974 où Giscard d'Estaing a été élu au second tour, alors qu'il était en deuxième position au premier. Dans un autre type de paradoxe, il peut se faire qu'une majorité des électeurs pense que A est meilleur que B, qu'une (autre) majorité pense que B est meilleur que C, et enfin qu'une majorité pense que C est meilleur que A. Le serpent se mord la queue, chacun des candidats est battu par un autre.

Existe-t-il une autre méthode qui éviterait ces paradoxes ? Hélas, en 1951, Kenneth Arrow démontrait un théorème selon lequel aucune méthode électorale ne peut être complètement satisfaisante. Il recevra le prix Nobel d'économie en 1972. Son livre *Social Choice and Individual Values* va bien au-delà d'une réflexion sur les élections. Comme le titre l'indique, il s'agit de comprendre comment des opinions individuelles peuvent s'agréger pour constituer une opinion collective. Le théorème d'Arrow affirme qu'il n'y a pas de solution miracle, ce qui ne surprendra pas mes lecteurs de bon sens. Il faut alors chercher des méthodes qui sont moins mauvaises que les autres. Beaucoup de solutions ont été proposées.

Voici une version légèrement modifiée d'une méthode proposée par Borda en 1770. Chaque électeur attribue une note à chaque candidat, par exemple entre 0 et 20. Ensuite, on calcule la note totale obtenue par chaque candidat et le meilleur gagne. Beaucoup de calculs ? Peut-être, mais, à l'heure des ordinateurs, ça ne devrait pas poser de problèmes. À l'école de mon enfance, le maître ajoutait les notes obtenues par les élèves dans toutes les disciplines, avec des coefficients souvent mystérieux, pour déterminer un classement des élèves, du premier au dernier.

Les mathématiques peuvent nous faire comprendre que les classements sont souvent des illusions. Cela ne signifie pas pour autant qu'il ne faut jamais classer, mais qu'il faut avoir un regard critique sur ce que cela signifie. Bien sûr, la politique est loin de n'être que mathématique, mais, pour citer Condorcet : « *Même sous la Constitution la plus libre, un peuple ignorant est esclave.* » ■

Étienne Ghys est mathématicien, directeur de recherche (CNRS) à l'École normale supérieure de Lyon. [etienne.ghys@ens-lyon.fr](mailto:etienne.ghys@ens-lyon.fr)

## Autisme : il est urgent de changer de modèle

**TRIBUNE** - Face à l'augmentation des cas d'autisme, estimés à plus de 1 pour 100, et à la veille du quatrième plan national, la France doit s'engager vers une médecine fondée sur la science, alertent 25 médecins et chercheurs, dont Stanislas Dehaene, Yves Agid et Thomas Bourgeron

Depuis près de dix ans, la prise en charge médicale des personnes souffrant d'autisme a fait de remarquables progrès en France. Cette évolution reste cependant lente, freinée par de multiples résistances. À la veille du 4<sup>e</sup> plan Autisme, alors que la France a fait l'objet de plusieurs condamnations pour le retard de ses politiques publiques dans le champ de l'autisme, nous militons pour un effort accru de recherche et une meilleure diffusion des connaissances les plus récentes.

Nous, médecins, chercheurs ou professeurs d'université en psychiatrie, en neurologie, en neurosciences, en génétique, en physiologie, en psychologie, en immunologie ou en imagerie médicale, en appelons au choix résolu d'une médecine fondée sur les preuves, qui a permis de si grands progrès dans la prise en charge de nombre de maladies ou handicaps.

## Lecture refondée

Comme beaucoup, nous mettons, au quotidien, nos savoirs et nos expertises au service d'une meilleure compréhension de l'autisme afin de favoriser un diagnostic et une prise en charge les plus précoces possible.

Depuis plus de vingt ans, les avancées scientifiques ont apporté des éléments de compréhension offrant une lecture totalement refondée de l'autisme, montrant que les anomalies cognitives, sensorielles et comportementales étaient liées à des altérations du développement et du fonctionnement de réseaux neuronaux, survenant dans la plupart des cas in utero.

Dans le domaine de la génétique, ce sont des équipes de recherche françaises qui furent, en 2003, les premières à découvrir dans l'autisme des mutations de gènes impliqués dans la formation des synapses. Depuis, nombre de gènes de vulnérabilité à l'autisme impliqués dans le développement du cerveau ont été identifiés, permettant d'espérer une meilleure compréhension des mécanismes. En parallèle, l'interaction entre facteurs de vulnérabilité génétiques et environnementaux a été mise en évidence. Leur identification est un axe de recherche important, qu'il s'agisse de facteurs toxiques (métaux lourds, pesticides, perturbateurs endocriniens...), immunologiques (auto-immunité), infectieux ou de prise de médicaments (comme le valproate) pendant la grossesse.

Ces découvertes majeures placent clairement l'autisme dans le champ des troubles neurodéveloppementaux. Seule la connaissance de l'ensemble des facteurs impliqués et des mécanismes sous-jacents permettra de réduire l'incidence de la pathologie, d'améliorer sa prise en charge, aujourd'hui éducative et comportementale, et demain, peut-être, médicalement.

En 2010, la Haute Autorité de santé (HAS) a proposé une définition de l'autisme conforme aux critères diagnostiques internationaux. Dans le prolongement, la HAS a publié en 2012 des recommandations de prise en charge d'enfants autistes fondées sur l'examen exhaustif des données scientifiques existantes. Préconisant le recours aux méthodes comportementales,

« SEULE  
LA CONNAISSANCE  
DE L'ENSEMBLE  
DES FACTEURS  
IMPLIQUÉS  
PERMETTRA  
DE RÉDUIRE  
L'INCIDENCE DE  
LA PATHOLOGIE ET  
D'AMÉLIORER SA  
PRISE EN CHARGE »

de développementales et neurofonctionnelles, le rapport écarte celles qui n'avaient pas fait l'objet de travaux suffisamment étayés, les considérant comme non consensuelles.

## Trop peu d'accompagnement

Néanmoins, la mise en place de ces recommandations émanant d'une autorité indépendante de santé reste, à ce jour encore, plus l'exception que la règle. Si les deuxième et troisième plans Autisme ont indéniablement contribué à la dissémination des approches recommandées (comportementales et éducatives), de trop nombreuses familles n'ont toujours pas accès à un accompagnement adapté (77 % des enfants autistes n'en bénéficient pas, selon le Collectif Autisme).

Face à l'augmentation du nombre de cas recensés d'autisme, estimé à

plus de 1 pour 100, le futur 4<sup>e</sup> plan Autisme doit être celui d'un véritable changement de modèle.

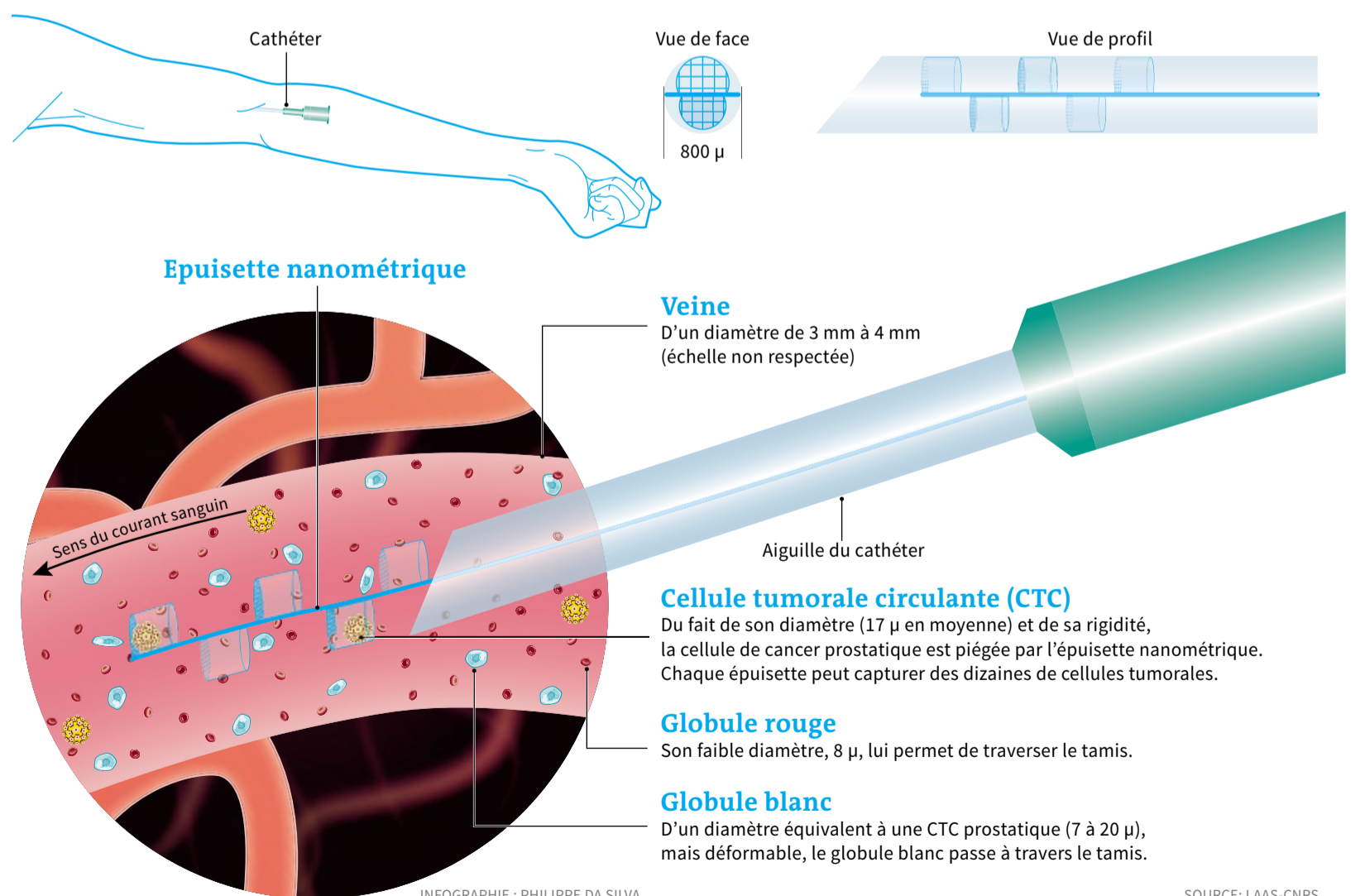
Voici nos propositions : définir et financer une politique ambitieuse de recherche fondamentale, clinique et translationnelle ; soutenir et développer des équipes spécialisées dans le diagnostic, la prise en charge et la recherche, aujourd'hui saturées de demandes ; faire respecter, partout sur le territoire, le droit à l'éducation des enfants (objet de plusieurs condamnations de la France, notamment par le Conseil de l'Europe) ; répondre aux besoins d'insertion professionnelle des adultes autistes par de la formation adaptée et un accompagnement personnalisé vers l'emploi ; refondre les programmes universitaires et les formations initiales des différentes professions de santé et de l'éducation impliquées dans l'accueil et l'accompagnement des personnes avec autisme ; veiller au respect des recommandations de la Haute Autorité de santé par l'ensemble des professionnels du secteur sanitaire et du secteur médico-social.

Il nous faut, à l'instar d'autres pays, aller plus loin dans la promotion d'une médecine fondée sur les preuves, la recherche et la science. Il est impératif également d'envisager l'autisme non plus comme une pathologie de l'enfant, mais comme un trouble neurodéveloppemental de la « vie entière ». ■

Liste complète des signataires sur [Lemonde.fr](http://Lemonde.fr)

Le supplément « Science & médecine » publie chaque semaine une tribune libre. Si vous souhaitez soumettre un texte, prière de l'adresser à [sciences@lemonde.fr](mailto:sciences@lemonde.fr)

## UNE NANO-ÉPUISETTE POUR ATTRAPER LES CELLULES TUMORALES



Faire le diagnostic d'un cancer et suivre son évolution par une simple prise de sang en recherchant des cellules tumorales circulantes (CTC). Cela reste un défi, en raison de la très faible concentration de CTC : une pour un milliard de

cellules normales. Les approches actuelles reposent sur un prélèvement sanguin, et une détection des CTC dans l'échantillon, par l'intermédiaire d'anticorps. L'équipe toulousaine d'Aline Cerf, au Laboratoire d'analyse et d'ar-

chitecture des systèmes (LAAS-CNRS), a breveté un système de capture des CTC dans le flux sanguin, grâce à une épaisseur nanométrique 3D. Un travail en collaboration avec l'Institut universitaire du cancer de Toulouse. Des essais

cliniques seront conduits pour suivre l'évolution de cancers de la prostate traités. Une start-up, Smartcatch, espère appliquer cette technologie à d'autres types de cancers. ■

SANDRINE CABUT

Marie-Charlotte Morin,  
le 29 octobre.  
TINA MERANDON  
POUR « LE MONDE »

On l'avait repérée en 2014 lors de la finale du concours « Ma thèse en 180 secondes », où des doctorants expliquent leurs travaux de recherche en moins de trois minutes. Elle y racontait « l'ascension sociale » de cellules du rectum d'un minuscule ver, qui parvenaient à devenir des neurones ! Un show hilarant tout en restant scientifiquement exact, qui l'avait propulsée en finale internationale francophone de ce concours, où elle avait finalement remporté le deuxième prix, et le prix du public.

Aujourd'hui, elle revient avec un spectacle de théâtre sur Darwin, un format hybride entre une conférence et un duo comique tout à fait classique. Cette pièce se veut « une ode à la réflexion scientifique ». Avec le metteur en scène, Alexandre Taesch, qui joue une multitude de rôles, elle s'en donne à cœur joie contre les créationnistes, les obscurantistes, les adeptes de « Mère Nature fait bien les choses », et plus généralement contre tous ceux qui comprennent de travers la théorie de l'évolution – ce qui fait beaucoup de monde !

Au départ, elle pensait plutôt réaliser une vidéo YouTube sur l'évolution. C'est Alexandre Taesch qui l'a convaincue d'en parler plutôt à travers une pièce de théâtre – il n'a d'ailleurs pas dû beaucoup insister tant Marie-Charlotte Morin avait adoré se retrouver sur scène pour « Ma thèse en 180 secondes ». Elle s'y était inscrite sur un coup de tête, n'avait presque rien préparé. « J'ai probablement gagné grâce à cette spontanéité. Je suis comme ça dans la vie, je balance des vanes, j'aime l'humour noir. » Une fraîcheur bienvenue, à l'heure où la plupart des candidats proposent des présentations stéréotypées.

Sa sincérité aussi fait mouche, lorsqu'elle compare les gènes favorisant la reprogrammation d'une cellule rectale en cellule neuronale à un professeur mentor encourageant un étudiant en sciences, d'origine populaire, à faire une thèse, c'est du vécu ! « Je crois que je me suis beaucoup trop identifiée à cette cellule rectale », explique-t-elle, amusée, dans sa présentation... elle qui a été boursière, élevée par sa mère seule, femme de ménage.

#### Athéiste militante

Pourquoi faire un spectacle sur Darwin aujourd'hui ? « La théorie de Darwin est l'une des plus mal acceptées ou mal comprises, observe la jeune femme de 28 ans, aussi volubile dans la vie que sur scène. Il y a une croyance forte que la nature est bien faite. Or, la nature n'a pas d'intention ! » Pour faire comprendre la théorie de l'évolution, elle ose tout. « Si les êtres vivants s'adaptaient, les Russes se seraient déjà fait pousser un deuxième foie », s'exclame-t-elle dans le spectacle pour rappeler que les êtres vivants n'évoluent pas, mais meurent lorsqu'ils ne sont pas adaptés. Elle n'hésite pas à montrer une reproduction géante d'un pénis de scarabée, affreusement mutilant pour la femelle (mais offrant au mâle un avantage reproductif), pour rappeler que « c'est pas toujours beau l'évolution finalement, et ça va pas forcément vers du mieux ».

La pièce insiste longuement sur le rôle du hasard, souvent occulté : « Le hasard fait bien mieux [qu'un être intelligent] parce qu'il n'y a pas la limite. Tous les essais sont permis vu qu'il n'y a aucun plan, et c'est de là que jaillit l'innovation qui ne ressemble à rien de connu. » Elle montre alors une magnifique photo de loup. « Ça, c'est le produit de l'évolution, du hasard et des sélections. » Puis, affichant la photo d'un chien pékinois à l'air un peu dégénéré : « Et ça, bah ça, c'est le produit de l'ingéniosité, une pure création d'un esprit intelligent, le nôtre. »

Si Marie-Charlotte Morin peut apparaître comme athéiste militante, c'est parce que ce sont essentiellement les religions qui attaquent la théorie de l'évolution. « Je n'ai rien contre les religieux modérés qui ne se mêlent pas de science, précise-t-elle. Mais je ne fais



## Marie-Charlotte Morin, de la paille aux planches

**PORTRAIT** - La jeune biologiste, qui a très sérieusement étudié la transformation de cellules rectales d'un ver en neurones, a imaginé une comédie scientifique sur la théorie de l'évolution de Darwin

aucun compromis avec ceux qui affirment que Dieu a créé l'homme à son image, surtout lorsqu'ils tentent de faire entrer ce créationnisme dans les écoles. » Sa hantise : les Etats-Unis et ses 40% d'Américains créationnistes (contre « seulement » 9% en France).

L'autre cible du spectacle, c'est la droite et le capitalisme sauvage. Ainsi, à propos d'Herbert Spencer, inventeur, au XIX<sup>e</sup> siècle, du « darwinisme social » prônant la fin de toute protection sociale, elle surruse au spectateur : « La légende raconte que c'est l'ancêtre direct de Pierre Gattaz. » Très logiquement, Christine Boutin, grande adepte de l'immixtion de la religion dans le débat public, en prend pour son grade, de même que Sarkozy, Copé, Bolloré, Trump, Thatcher, mais aussi Hollande et Macron. Un positionnement très à gauche revendiqué par Marie-Charlotte Morin, qui s'engagerait bien en politique si elle avait le temps... mais ses multiples activités ne lui en laissent pas le loisir.

Qu'on en juge : en 2016, elle a fait un bébé, rédigé sa thèse (la nuit), puis l'a soutenue le 22 mars, tout en écrivant *Tout le monde*

descend avec Alexandre Taesch. Elle a aussi trouvé des financements pour la pièce, dessinés les illustrations, assuré la promotion... Elle suit actuellement un master 2 « ingénierie des projets innovants », tout en jouant la pièce le week-end. Certains mois, elle n'a pas un seul jour de repos. Mais, pour elle, mieux vaut s'épuiser dans ses multiples passions que de se focaliser sur une seule activité : ce serait trop frustrant. D'ailleurs, la pièce lui permet de combiner la plupart de ses passions : la science, le théâtre (qu'elle a pratiqué au lycée), mais aussi l'économie et les beaux-arts.

#### Choix de carrière

Pour son avenir aussi, difficile de choisir. Seule certitude : elle ne sera pas chercheuse. « J'aime ce métier, mais pas les conditions de travail. Etre chercheur est passionnant, mais on a abusé de leur passion : être embauché à moins de 1800 euros net après huit ans d'études et plusieurs années de précarité, ce n'est pas possible. »

Pas question d'aller vers une autre précarité, celle des intermittents du spectacle. D'où le master sur l'ingénierie de projets innovants. Car Marie-Charlotte Morin a adoré rechercher des financements pour sa pièce. Cette appétence pour la gestion de projet, elle la mettrait bien au service d'une entreprise ou d'une organisation européenne. A condition que ça lui laisse du temps pour continuer à vivre d'autres passions en dehors du travail, par exemple le théâtre. Les êtres vivants ne s'adaptent pas, mais Marie-Charlotte Morin, elle, sait adapter ses rêves aux réalités. ■

CÉCILE MICHAUT

*Tout le monde descend*, comédie scientifique de Marie-Charlotte Morin et Alexandre Taesch. Prochaine date le 23 décembre, Au camionneur, à Strasbourg. [www.toutlemondedescend.com](http://www.toutlemondedescend.com)



## ZOOLOGIE

### La danse vitale des flamants roses

Trouver l'âme sœur. Obsédante mission. Du plus petit des invertébrés au plus grand des mammifères, tout le règne animal y semble condamné. Se reproduire ou mourir. Combats, cadeaux, danses, sérénades : à chacun sa technique pour tenter de tirer un numéro gagnant et profiter, au moins une fois, de la roue de la fortune.

Mais les jeux de l'amour n'ont rien du hasard. Prenez les parades nuptiales. Si quelques amphibiens s'y adonnent ici ou là, les maîtres en la matière restent incontestablement les oiseaux. La raison ? « Elle est simple, explique Frédéric Jiguet, ornithologue au Muséum national d'histoire naturelle. Contrairement aux mammifères, ils ne disposent pas de pattes pour forcer l'accouplement. » Les passereaux ont donc développé un art inégal du chant.

D'autres volatiles ont opté pour les registres plastique et chorégraphique. Ce sont les shows colorés du paon ou du tétras-lyre, l'impressionnante poche gulaire de la frégate ou encore la danse chaloupée des grèbes huppés. Sans oublier les oiseaux de paradis, princes absolus du *dance floor*. Des spectacles à savourer à la Fondation Cartier, à Paris, qui présente un festival de parades nuptiales (« Le Grand Orchestre des animaux », jusqu'au 8 janvier 2017).

Les flamants roses ne sont pas en reste. Eux ne font rien comme les autres. D'abord, parce qu'ils sont « monogames », comme disent les ornithologues – comprendre qu'ils n'ont qu'un partenaire chaque année. Pas question, donc, de se tromper. Ensuite, parce qu'ils vivent en grandes colonies et que la synchronisation des naissances est essentielle à leur survie. De novembre à mars, mâles et femelles se livrent donc à d'interminables danses. Peu à peu, les couples se forment. Pourtant tous attendent sagement fin avril-début mai pour passer à l'acte. Les femelles pondent alors un œuf, qui éclora vingt-huit jours plus tard.



La complexité de la parade des flamants roses est cruciale pour les reproducteurs. CÉLINE HANZEN

Mais comment se choisissent-ils ? C'est ce mystère que vient d'éclaircir l'Institut de recherche pour la conservation des zones humides méditerranéennes de la Tour du Valat, qui suit les quelque 13000 couples de flamants installés en Camargue. Publié dans la revue *Scientific Reports*, l'article met en avant un critère : la complexité des mouvements. « Sur une séquence de cinq minutes, nous avons comptabilisé les différentes postures – ailes grandes ouvertes, tête sous l'aile, bec dans l'eau... Deux à huit, suivant les individus, détaille Charlotte Perrot, première signataire de l'article. Et nous avons relevé les transitions, les combinaisons entre postures : deux à dix-sept. » Puis les scientifiques ont regardé quels animaux parvenaient ensuite à se reproduire.

Ils ont ainsi mis en évidence trois phénomènes. En premier lieu, la complexité de la parade augmente jusqu'à 20-25 ans, puis elle se simplifie, selon une loi dite « quadratique ». « Ça a été notre plus grande surprise, avoue la biologiste. On n'avait jamais montré l'effet du vieillissement sur l'accouplement. » « On avait observé de la sénescence au niveau des pontes chez certains oiseaux, mais mettre en évidence le phénomène en amont est remarquable », salue Frédéric Jiguet.

D'autant – et c'est le deuxième résultat – que les animaux s'apparient suivant la richesse de leur danse. Il est ainsi possible pour les plus âgés – jusqu'à 37 ans sur le site camarguais, le record en captivité étant de 68 ans... – de s'accoupler avec des partenaires tout juste pubères. Pas franchement attendu, là encore. Enfin, la complexité se révèle le meilleur indicateur des chances de reproduction des individus. « Pour le partenaire, c'est un indice des qualités individuelles, notamment des chances de défendre le nid », détaille Charlotte Perrot.

Formidables danseurs que ces flamants roses : Disney ne s'y était pas trompé, qui en avait fait les héros d'une des meilleures scènes de son *Fantasia*. ■

NATHANIEL HERZBERG