

VRAI OU FAUX

Voit-on des taches sombres en cas de glaucome ?

Oui, mais uniquement à un stade avancé de la maladie.

Le dépistage et le traitement permettent d'éviter cette perte de vision.

Laurent LALOUM

Le glaucome est une maladie de l'œil ; plus précisément le nerf optique dégénère. Cela entraîne une perte progressive irréversible de la vision, qui se caractérise par l'apparition de zones où l'on ne voit plus. Mais avant d'en arriver là, il est possible de traiter la maladie.

Dans le monde, plus de 66 millions de personnes sont traitées pour un glaucome et plus de 6 millions des cécités sont dues à cette maladie. En France, 800 000 personnes ont un glaucome traité, mais on estime qu'autant de glaucomateux ne sont pas connus.

Les cellules réceptrices de la lumière – ou photorécepteurs – dans la rétine sont reliées au cerveau par des fibres. Ces dernières, à la sortie de la rétine, sont réunies en un seul gros « câble », le nerf optique. L'œil est une coque souple gonflée par du liquide. Lorsque la pression régnant dans le globe oculaire est trop élevée (on parle d'hypertension oculaire, ce qui n'est pas lié à l'hypertension artérielle), les fibres du nerf optique dégénèrent petit à petit, et les pho-

torécepteurs auxquels elles sont connectées ne transmettent plus d'information au cerveau. Des troubles de la vision apparaissent.

Un glaucome commence par des zones dites aveugles dans le champ de vision : ce sont des régions de la rétine qui ne transmettent plus d'information au cerveau, car les fibres correspondantes du nerf optique sont mortes. Mais ces zones ne sont pas « recon- nues » comme aveugles : le malade ne se rend donc pas compte qu'il ne voit plus en certains endroits de son champ de vision. En effet, le cerveau est capable de reconstruire une image même là où l'œil ne perçoit plus rien.

À mesure que la maladie progresse, les zones aveugles se multiplient. Elles ne sont détectables que si on les cherche systématiquement, avec des examens ophtalmologiques complexes, car, au début, ces régions sont seulement moins sensibles que la rétine normale.

Le glaucome est une pathologie insidieuse : le malade n'en prend conscience qu'à un stade avancé de la maladie, lorsque

les zones aveugles sont si étendues que la perception devient mauvaise. Et même à ce stade, le malade peut avoir une acuité visuelle de dix dixièmes, alors qu'il ne peut plus conduire parce qu'il ne voit plus sur les côtés : des piétons ou des véhicules semblent surgir de nulle part !

Dépistage nécessaire

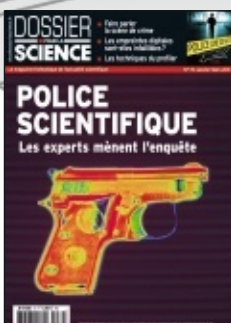
Pourtant, le glaucome se soigne bien quand il est dépisté tôt ; le traitement consiste à diminuer la pression dans le globe oculaire, et souvent, une goutte dans les yeux tous les soirs suffit. C'est pour cela que l'ophtalmologiste recherche systématiquement un glaucome, et, en cas de doute, prescrit des examens complémentaires. Le glaucome est donc une maladie à prendre au sérieux, car sans traitement adapté, il évolue et peut engendrer une cécité. ■

Laurent LALOUM est neuro-ophtalmologiste à Paris.



Le glaucomateux voit l'image de gauche quand il conduit, alors qu'un ballon est présent au bord de la route [au milieu] : des taches aveugles apparaissent dans son champ de vision. Elles s'étendent, puis deviendront des taches sombres lorsque le sujet, s'il n'est pas traité, aura perdu 90 pour cent des fibres visuelles de la région concernée [à droite].

ACTUELLEMENT EN KIOSQUE



Balistique, génétique, psychologie, informatique, statistiques... Les sciences aident à reconstituer le déroulement des faits et à décider de la culpabilité ou de l'innocence d'un prévenu. Cependant, pour être fiables, les experts doivent laisser une place au doute et favoriser la confrontation d'hypothèses contradictoires. Dans ce numéro, découvrez tous les outils scientifiques à la disposition de ces experts, ceux de la réalité, non ceux des séries télévisées !

Les illusionnistes connaissent bien les rouages du cerveau ou plutôt ses failles, et en jouent : en focalisant le « projecteur attentionnel » sur un objet sans intérêt, ils agissent dans l'ombre en toute quiétude. Même si nous le savons, nous continuons à nous laisser prendre ! En plus, dans ce numéro, découvrez comment les foules réagissent - de façon plus intelligente qu'on ne le pense généralement -, ou encore le rôle des hormones sur les comportements.



Disponible aussi
en format pocket



Disponible aussi
en format pocket

Les virtuoses jouent avec leurs doigts, leurs mains, leurs bras, leur corps et... leur cerveau. Ce dernier contrôle le système moteur, l'audition, la mémoire, les émotions, tous ces ingrédients étant indispensables pour créer le frisson que connaissent les mélomanes. Mais la musique n'est pas réservée aux musiciens. Découvrez comment elle stimule la mémoire et la coordination motrice, ou encore l'apprentissage de la lecture chez l'enfant !

POUR LA
SCIENCE

Découvrez les sommaires de ces numéros,
sur notre site

www.pourlascience.fr

QUESTIONS OUVERTES

Vers la privatisation des vols spatiaux ?

La NASA envisage de sous-traiter les vols habités à des entreprises privées. Au-delà des questions techniques et de sécurité que poserait une telle décision, cela pourrait paradoxalement conduire à les développer.

David FREEDMAN

Il y a deux ans, feu l'acteur de la série télévisée *Star Trek* James Doohan (« Scotty ») a eu droit à une dernière aventure, offerte par l'entreprise privée californienne *Space X*, créée en 2002 avec l'objectif d'envoyer des hommes en orbite autour de la Terre. En août 2008, *Space X* a embarqué les cendres de Doohan sur le troisième vol test de *Falcon 1*, une fusée à kérosène et oxygène liquide. Mais après deux minutes de vol, le dernier voyage de Doohan s'est terminé en catastrophe : le premier étage de la fusée est entré en collision avec le deuxième au moment de la séparation. C'était le troisième échec de *Space X* en... trois tentatives.

« Qu'espériez-vous d'autre ? », railleront d'anciens membres d'équipage de la NASA, des responsables de l'aérospatiale et de nombreux autres spécialistes convaincus que l'envoi en orbite de vaisseaux spatiaux, surtout s'ils sont habités, nécessite des armées d'ingénieurs, de techniciens et de directeurs, avec un financement de milliards d'euros et des plans de développement sur plusieurs décennies.

L'espace, après tout, est difficile d'accès. Une initiative privée peut parvenir à envoyer un prototype modeste à 100 kilomètres d'altitude, comme l'a réussi l'avion *SpaceShip One* de Burt Rutan en 2004. Mais c'était un exploit de salon comparé aux missions de la navette spatiale américaine ou la Station spatiale internationale (ISS). Pour gagner l'orbite terrestre, une altitude de 100 kilomètres équivaut à la longueur d'une bretelle d'entrée sur une autoroute,

au bout de laquelle vous avez intérêt à accélérer franchement pour dépasser les 7,7 kilomètres par seconde nécessaires pour placer une charge en orbite stable à 300 kilomètres d'altitude.

Mais alors, pourquoi l'administration Obama a-t-elle annoncé en février 2010 que la NASA devrait pour ainsi dire se retirer du domaine des vols habités et l'abandonner au secteur privé ? Selon ce plan, la NASA devrait annuler l'essentiel des sept milliards d'euros affectés à ce jour au programme *Constellation*, destiné à remplacer la navette spatiale et à acheminer des astronautes vers la Station spatiale internationale et, à terme, jusqu'à la Lune. Au lieu de cela, l'agence fournira les capitaux de lancement à des jeunes sociétés telles que *Space X*, puis leur achètera des places sur leurs lanceurs.

Un pari risqué

De nombreuses voix se sont élevées pour dénoncer ce « projet naïf et imprudent ». Parmi les plus virulents, l'icône de l'histoire spatiale, Neil Armstrong, plus que sceptique à l'idée que le secteur privé prenne la relève de la NASA. Selon lui, il faudra de nombreuses années et des investissements considérables pour atteindre le niveau de sécurité et de fiabilité requis. Comme d'autres, il pense que laisser le transport orbital aux mains d'entreprises privées serait dans le meilleur des cas un pas en arrière pour l'exploration spatiale habitée. Pire, le manque de compétence pourrait se tra-

duire de façon catastrophique par des accidents mortels. L'aventure de l'homme dans l'espace subirait alors un coup d'arrêt durable : en effet, une fois la massive infrastructure des vols habités de la NASA démantelée, il serait tellement long et coûteux de la reconstruire en cas d'échec des compagnies privées que personne ne le ferait. Après un été de débats houleux, le Congrès américain a cependant fini par adopter le plan à contrecœur.

Mais le fait que ce soit un pari risqué ne signifie pas que ce soit un mauvais pari. Il y a des raisons de croire que les compagnies privées pourraient être à la hauteur de la tâche et envoyer des hommes en orbite, assez vite, pour moins cher et de façon aussi fiable que la NASA. Et cela pourrait redonner vie à un rêve que 30 ans d'attentisme en matière d'exploration spatiale avaient estompé : celui d'une station en orbite. Ce « pied-à-terre » ne serait pas réservé aux seuls astronautes, mais ouvert à des légions de scientifiques, d'ingénieurs, et même à ceux qui rêvent de passer quelques jours dans l'espace. Mieux encore, cette vague de visiteurs spatiaux pourrait lancer une nouvelle économie orbitale, dont certains pensent qu'elle serait autosuffisante.

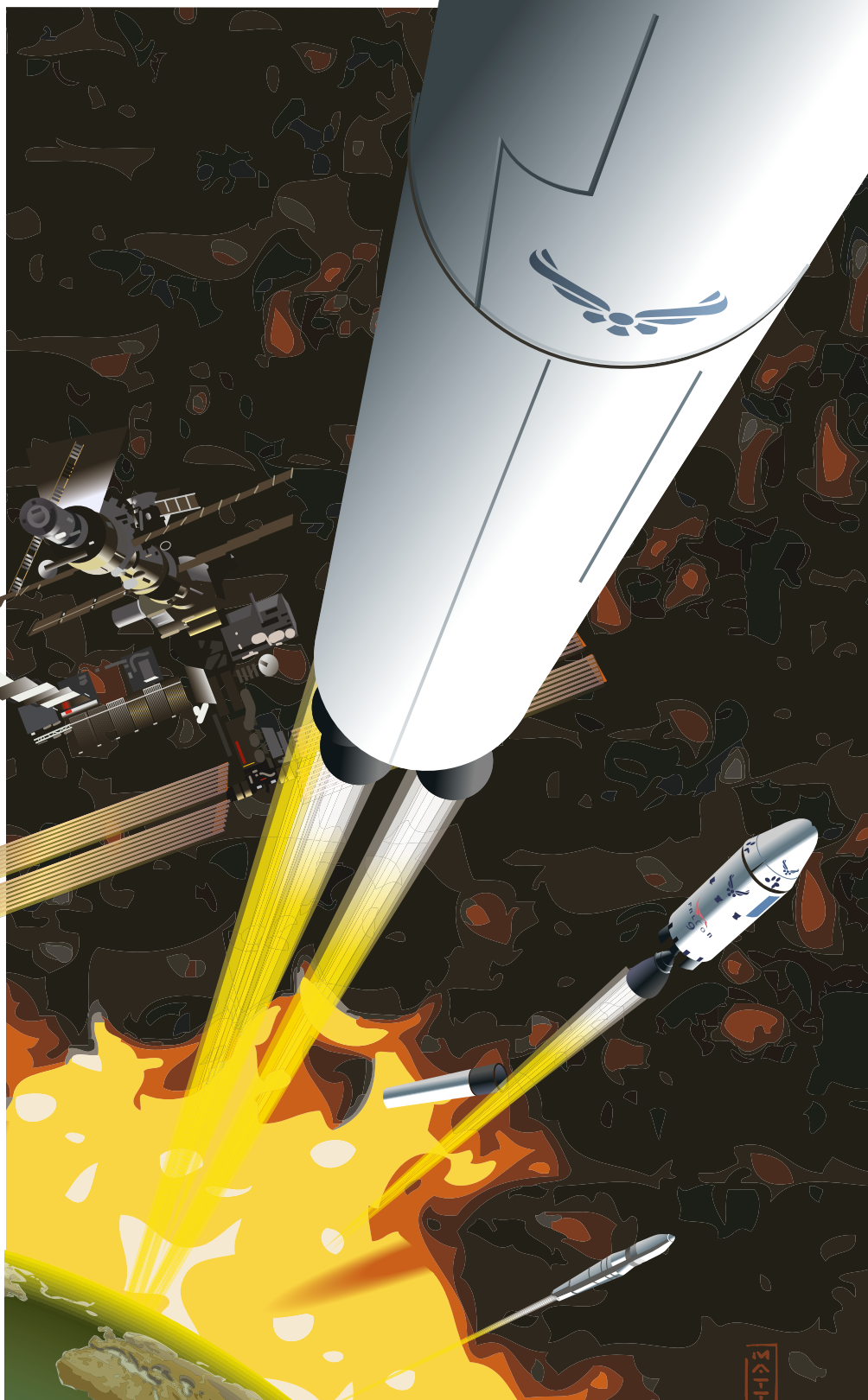
S'en remettre au secteur commercial pour construire des lanceurs et des vaisseaux spatiaux n'est pas nouveau. Les véhicules qui ont transporté les astronautes de la NASA dans l'espace ont toujours été construits par des entreprises privées. Ce qui changera avec le plan d'Obama, c'est la façon dont la NASA travaillera avec les entre-

prises privées. L'Agence spatiale américaine a toujours engagé ses fournisseurs sur des contrats de type « prix de revient plus marge » (*cost-plus*), ce qui signifie que la NASA leur rembourse ce qu'ils dépensent et y ajoute un profit garanti.

Les experts s'accordent à dire que de tels contrats augmentent les prix et la complexité des projets, car plus le nombre de fonctionnalités et de mesures de sécurité augmente, plus les fournisseurs gagnent d'argent et plus l'Agence spatiale limite le risque de se voir un jour accusée d'avoir mis en danger des vies par souci d'économies. Ce serait la raison pour laquelle, selon certains, les vols habités sont confinés en orbite terrestre basse depuis près de 30 ans, avec des vols de la navette spatiale à plus de 750 millions d'euros par mission. À ce prix, les vols sont rares et le bilan de la navette spatiale pas aussi étoffé qu'espéré. Les critiques mettent en garde contre le même gaspillage avec le programme *Constellation*.

Le juste prix

Un nouveau modèle où l'on « paie pour le produit » ne serait pas sans précédent, note Paul Guthrie, analyste du groupe d'expertise pour l'espace et la défense *Tauri*, à Alexandria, en Virginie. Depuis la Seconde Guerre mondiale, le gouvernement des États-Unis a investi massivement dans les sciences et la technologie, avec des retombées commerciales incertaines, mais potentiellement importantes. Ces investissements ont ouvert la voie aux industries biotechnologiques et informatiques, entre autres. Comme pour le vol spatial aujourd'hui, ces industries ont été confrontées à leurs débuts à des défis technologiques et commerciaux. Elles ont pu les surmonter grâce à des programmes gouvernementaux, fonctionnant comme le nouveau plan de la NASA : en donnant aux entreprises des crédits pour leur développement et en étant un « client garanti », tandis que l'industrie améliorerait ses produits et développait des économies d'échelle. Le Département américain de la défense a été



Joim Matos

le principal financier et le principal client de nombreux fabricants de circuits intégrés au début des années 1970, par exemple, jusqu'à ce que des circuits intégrés beaucoup plus performants et moins chers soient disponibles, à la suite de la vive concurrence à laquelle se sont livrées les entreprises.

Il n'existe sans doute pas d'équivalent de la loi de Moore [le nombre de transistors par unité de surface double tous les deux ans] pour les voyages spatiaux, mais il n'y a sûrement aucune loi qui les oblige à rester indéfiniment très chers. Les entreprises

le prix au kilogramme par dix. Une place pour la Station spatiale passerait ainsi de 40 millions à 4 millions d'euros.

Pour encourager ce type d'innovations, la NASA devra changer sa façon de travailler. L'Agence a toujours dicté précisément à ses fournisseurs comment les véhicules spatiaux devaient être construits, ce qui est normal, étant donné que c'est la seule à avoir les compétences nécessaires jusqu'à présent. Mais avec ce nouveau fonctionnement, elle devra se contenter d'imposer les objectifs.

D'après Phil McAlister, membre de l'équipe de la NASA en charge de l'analyse des programmes, l'agence ne sera pas trop exigeante sur la façon dont les fournisseurs devront répondre au cahier des charges. Il y aura une liste d'objectifs majeurs et un maximum de flexibilité sur la façon de les remplir. Ensuite, à des étapes spécifiques, la NASA vérifiera que les exigences ont été satisfaites.

Pour aider les entreprises à concevoir des véhicules aussi simples et efficaces que possible, le nouveau plan élimine du programme *Constellation* les missions de la navette orbitale vers la Lune. La mission se contenterait de déposer cargaisons et équipages en toute sécurité et à moindre coût jusqu'à la Station spatiale internationale, et de les en ramener.

La suppression des missions lunaires a attiré de nombreuses critiques, mais c'est oublier qu'elles n'étaient qu'un entraînement pour le véritable objectif à long terme : le voyage vers Mars. Et contrairement à ce que certains opposants au nouveau plan ont laissé entendre, il n'est pas question que la NASA dépense moins d'argent pour l'espace ou abandonne les vols habités à long terme. Le plan reconnaît seulement de façon implicite qu'un aller-retour vers Mars nécessitera des progrès technologiques bien plus importants que ne le promettait le programme *Constellation*. Et en libérant la NASA de l'obligation de consacrer tout son budget à ce programme, ce plan donne à l'Agence le répit nécessaire pour mettre en route d'autres projets.

Selon Eligar Sadeh, président d'*Astroconsulting International*, un cabinet

SI LES COÛTS BAISSAIENT DE FAÇON NOTABLE et que la sécurité était assurée, les vols spatiaux pour particuliers pourraient se multiplier.

en concurrence dans le cadre du plan Obama seront forcées de réduire leurs coûts : si elles dépassent le budget alloué, la différence sera à leurs frais ; si elles dépensent moins, elles feront des bénéfices. Outre la question des financements, celle de la sécurité à respecter malgré la réduction des coûts est bien évidemment cruciale.

Plus d'autonomie pour des coûts réduits

Space X, qui s'impose pour l'instant comme chef de file de la nouvelle industrie spatiale, a déjà beaucoup travaillé dans ce sens. Elle a réduit le prix des boulons en aluminium anodisé en les usinant elle-même. Elle a diminué notablement le coût du matériau à base de carbone utilisé dans les boucliers thermiques en mettant au point sa propre formulation (certes inspirée d'un brevet de la NASA). Elle a remplacé les tubes très onéreux destinés à éliminer la turbulence dans les tuyères de la navette spatiale par un système meilleur marché fondé sur des tubes en spirale de diamètre constant.

Selon Kenneth Bowersox, ancien commandant de la navette spatiale et aujourd'hui vice-président de *Space X*, le rapport du coût et de la performance changera forcément : les charges placées en orbite seront certes plus petites, mais l'objectif sera de diviser

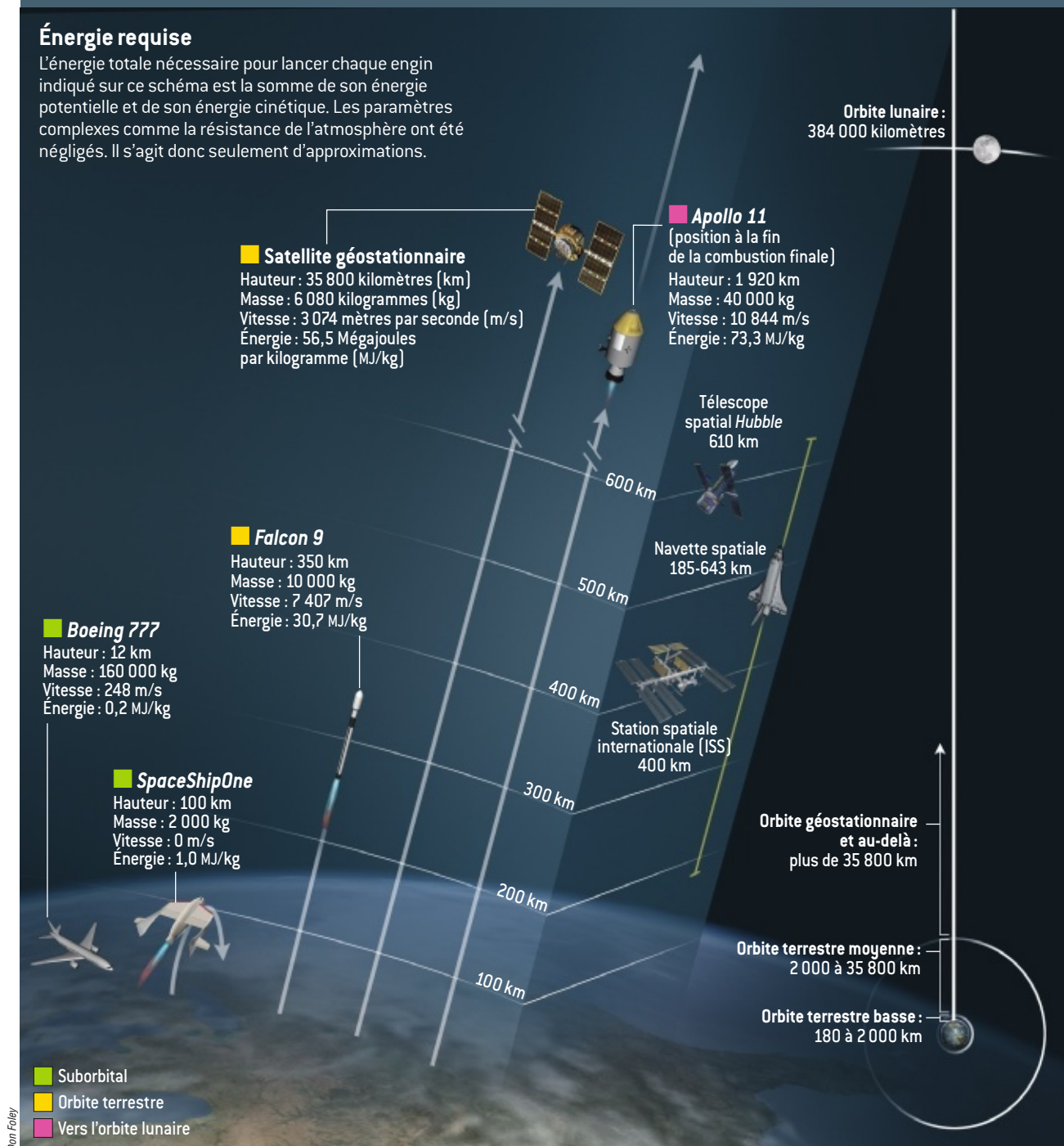
CONTRAINTES ORBITALES

Le vol spatial orbital n'implique pas seulement de monter suffisamment haut ; il faut aussi voyager suffisamment vite pour ne pas retomber sur Terre. C'est pourquoi un vol balistique, où l'on se contente de monter, puis de redescendre comme

l'a fait *SpaceShipOne* en 2004, ne prouve pas que les compagnies privées aient conquis l'espace : placer un module avec équipage en orbite terrestre basse est bien plus difficile. Un voyage jusqu'à la Lune le serait plus encore.

Énergie requise

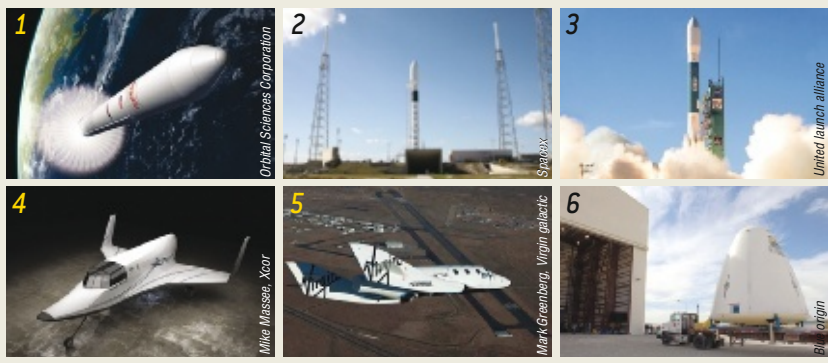
L'énergie totale nécessaire pour lancer chaque engin indiqué sur ce schéma est la somme de son énergie potentielle et de son énergie cinétique. Les paramètres complexes comme la résistance de l'atmosphère ont été négligés. Il s'agit donc seulement d'approximations.



Don Foley

LES VAISSEAUX DE DEMAIN

Plus d'une dizaine de compagnies ont annoncé leur intention d'envoyer des hommes en vol suborbital ou en orbite basse. Les astronautes atteindront l'orbite basse en décollant avec le *Taurus 1* (1) construit par *Orbital Science Corporation*, dans le *Falcon 9* de *Space X* (2), qui a été lancé avec succès durant l'été 2010, ou sur une variante de la fusée *Delta* (3) construite par *United Launch Alliance*, une coentreprise entre *Boeing* et *Lockheed Martin*. Les touristes, quant à eux, iront faire des tours à la frontière de l'atmosphère à bord de véhicules construits par *Xcor* (4), *Virgin Galactic* (5) ou *Blue Origin* (6).



d'experts pour l'espace et la défense de Colorado Springs, le nouveau plan entraînera une réduction des coûts et une meilleure gestion du dossier « orbite terrestre basse » de la NASA, si bien que celle-ci pourra se recentrer sur les sciences de la Terre et de l'espace.

En fait, le plan Obama prévoit une hausse du budget de la NASA dans les années à venir. En un sens, le président des États-Unis tente de redonner à la NASA l'image qu'elle avait dans les années 1960 en faisant d'elle à nouveau une agence de recherche et de développement performante, et en déléguant à des fournisseurs civils l'orbite terrestre basse. Mars deviendrait la nouvelle Lune.

Le nouveau plan ne serait cependant pas très pertinent si, en fin de compte, les entreprises ne parvenaient pas à développer un véhicule orbital sûr et fiable, que le programme *Constellation* pourrait mettre au point (mais pour plus cher). Le secteur privé y parviendra-t-il ? Bien qu'il soit encore trop tôt pour l'affirmer, ce n'est pas impossible. En septembre 2008, juste un mois après le lancement raté embarquant les restes de James Doohan, le *Falcon 1* de *Space X* est devenu la première fusée privée à ergols (comburant et combustibles) liquides à être placée en orbite. Elle a été

suivie moins d'un an après par *Falcon 9*, une fusée plus puissante conçue pour transporter un véhicule avec équipage.

Les essais réussis de *Space X* sont encourageants, mais ils représentent les seuls succès tangibles. Le seul autre nouvel acteur qui se prépare à produire un véhicule spatial, *Orbital Sciences* à Dulles, en Virginie, n'a pas encore grand-chose à présenter. Les deux entreprises ont embauché certains des directeurs et ingénieurs les plus compétents de l'industrie spatiale, mais il est impossible de savoir si l'une ou l'autre sera capable de produire un véhicule de qualité avec des budgets réduits et sans que les ingénieurs de la NASA ne leur fournissent en aval des cahiers des charges très détaillés.

Vers une réduction des coûts

D'après John Logsdon, ancien directeur de l'Institut de politique spatiale à l'Université George Washington, si l'on donne une chance à ces entreprises privées, elles y parviendront sans doute. Les véhicules résultants coûteront moins cher que dans le cadre du programme *Constellation*, même

s'ils ne seront pas forcément plus fiables ou efficaces, du moins dans les cinq à dix prochaines années. Pour J. Logsdon, on va d'abord assister à une réduction des coûts. Parmi les entreprises spatiales qui s'apprêtent à répondre aux appels d'offres de la NASA, citons *Blue Origin*, créée par le fondateur d'*Amazon* Jeff Bezos, *Armadillo Aerospace*, par le magnat des logiciels John Carmack, et *Xcor Aerospace*, par des vétérans de l'industrie aérospatiale.

Et l'industrie spatiale ne se limitera pas aux fabricants de navettes orbitales. Supposons que les coûts baissent notablement et que la sécurité soit suffisante ; les voyages spatiaux pour particuliers pourraient alors se multiplier. La Station spatiale internationale ne pourra pas accueillir tous ces touristes de l'espace. L'entreprise *Bigelow Aerospace* a développé des capsules gonflables dont les composants modulaires peuvent être assemblés et déployés dans l'espace pour former des quartiers d'habitation orbitaux. Il est vraisemblable que d'autres entreprises vont émerger pour proposer des lieux de vie, des laboratoires, des installations de stockage et de construction dans l'espace. Et la compétition sera encore accrue quand les pays du monde entier se lanceront dans cette nouvelle course à l'espace. Le Japon et l'Inde entrent déjà dans la bataille.

Les fournisseurs de l'aérospatiale entreront sans doute eux aussi dans la compétition. Ces grandes entreprises savent construire des véhicules spatiaux opérationnels ; la seule question est de savoir si elles pourraient les construire en réduisant leurs coûts. ULA (*United Launch Alliance*), une coentreprise de *Boeing* et *Lockheed Martin*, envoie déjà des charges en orbite pour 75 millions d'euros. Bien que ce soit quatre fois ce que *Space X* projette de faire payer, ULA a acquis une réputation de fiabilité.

Le plus grand intérêt financier potentiel du plan Obama serait de baisser suffisamment les coûts d'un lancement en orbite pour créer un cercle vertueux : si les prix baissaient, davantage de personnes iraient dans l'espace, ce qui entraînerait des économies d'échelle et une intensification de la concurrence, laquelle ferait encore

La sélection SCIENCE

Spécial évolution

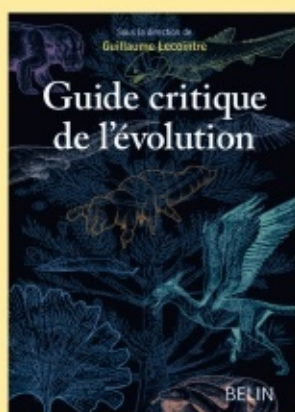


La Terre avant les dinosaures

Sébastien Steyer,
illustré par Alain Bénétou

Ce livre répare une injustice ! Il braque l'objectif sur de grands oubliés de la paléontologie : des vertébrés à quatre pattes qui, bien avant le règne des dinosaures, peuplaient notre planète. Retrouvez-les dans cet ouvrage, avec plus de 100 reconstitutions d'animaux pour beaucoup inédites, ainsi que de nombreuses photos de fossiles. Un livre événement pour tous les passionnés des mondes perdus !

978-2-7011-4206-7 • 208 p. • 25,00 €

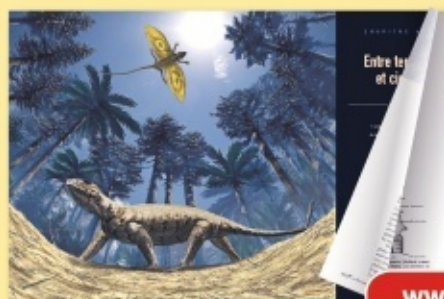


Guide critique de l'évolution

Sous la direction
de Guillaume Lecointre

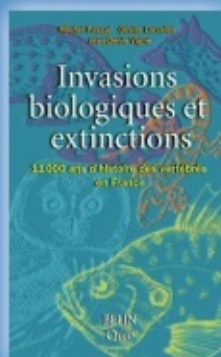
Pourquoi la théorie de l'évolution est-elle si souvent mal comprise du public ? Pourquoi fait-elle l'objet de si nombreuses attaques ? Ces questions sont au cœur de cet ouvrage. Il ne critique pas la théorie contemporaine de l'évolution, mais la façon dont nous en parlons. Il présente le cadre scientifique, épistémologique et historique dans lequel on peut comprendre l'évolution, et donne les clés pour déjouer les pièges que notre langage et nos réflexes premiers nous tendent.

978-2-7011-4797-0 • 576 p. • 35,00 €

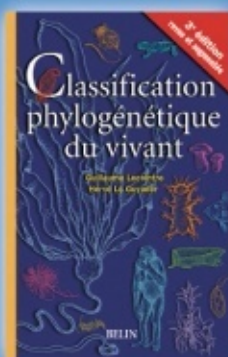


Feuilletez les premières pages de notre sélection de livres en exclusivité et commandez en ligne sur notre site

www.pourlascience.fr



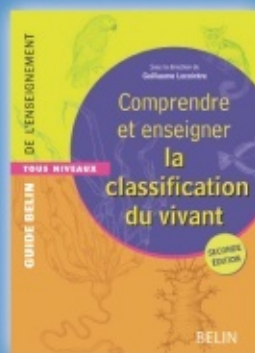
M. Pascal, D. Lorvelec et J.-D. Vigne
978-2-7011-3628-8 • 352 p. • 35,50 €



G. Lecointre et H. Le Guyader
978-2-7011-4273-9 • 560 p. • 41,50 €



A. Meinesz
978-2-7011-4694-2 • 336 p. • 19,50 €



G. Lecointre
978-2-7011-4798-7 • 360 p. • 27,00 €



M. Gargaud, H. Martin, P. López-García,
T. Montmerle, R. Pascal
978-2-7011-4799-4 • 304 p. • 26,50 €



C. Bousquet
978-2-7011-5119-9 • 160 p. • 6,95 €

Prix littéraire de culture scientifique



P. Tassy
978-2-7011-4971-4 • 168 p. • 18,00 €



P. Forterre
978-2-7011-4425-2 • 256 p. • 20,50 €

L'AUTEUR



David Freedman est journaliste scientifique à New York.

✓ BIBLIOGRAPHIE

Review of U.S. Human Spaceflight Plans Committee – Final Report, sous la direction de N. Augustine, octobre 2009.
www.nasa.gov/offices/hsf/home

Michael Belfiore, *Rocketeers : How a Visionary Band of Business Leaders, Engineers, and Pilots Is Boldly Privatizing Space*, Smithsonian, 2007.

G. Musser, *Cinq priorités pour l'exploration du Système solaire*, *Pour la Science* n° 362 - décembre 2007. <http://bit.ly/pls362-musser>

C. Dingell, W. Johns et J. White, *Retour sur la Lune*, *Pour la Science* n° 362 - décembre 2007. <http://bit.ly/pls362-constellation>

baisser les prix, et ainsi de suite. Si un nombre suffisamment important de personnes visitent l'espace, il faudra créer de grandes infrastructures en orbite, ce qui attirerait encore davantage de personnes. Une économie spatiale pourrait ainsi se mettre en place, à condition encore une fois que la sécurité des vols soit assurée et que ces vols puissent être rentables.

Mais le simple fait de faire baisser le prix d'un voyage en orbite attirera-t-il davantage de clients ? Y aura-t-il assez de personnes intéressées pour rendre les navettes rentables et stimuler la concurrence ? Sans vision claire des bénéfices attendus au-delà des commandes de la NASA, l'avenir du secteur privé dans l'espace reste très incertain.

Certes, il existe déjà un marché : celui occupé par la navette spatiale. Les États-Unis et les autres pays continueront à vouloir envoyer des scientifiques et des techniciens dans la Station spatiale internationale pour y mener des recherches en impesanteur, ou pour finaliser des observations de la Terre ou de l'espace. Si une nouvelle industrie spatiale pouvait abaisser le prix d'un « taxi orbital » aux alentours de quatre millions d'euros, davantage de pays enverraient leurs chercheurs dans l'espace. Il n'en reste pas moins que ce prix sera encore trop élevé pour la plupart des organismes.

Les perspectives d'une économie orbitale s'amélioreraient s'il s'avérait avantageux de fabriquer certains objets en impesanteur. Pour l'instant, ce n'est pas le cas. La quasi-absence de gravité ressentie dans une navette permet par exemple de produire des cristaux exceptionnellement gros et purs ou des roulements à billes et autres objets sphériques parfaits. Quelle que soit la valeur ajoutée de ces produits, les coûts d'installation et d'exploitation d'une usine dans l'espace seraient des milliers de fois supérieurs. Selon Lon Levin, cofondateur de *SkySeven Ventures*, un fonds d'investissement dans les jeunes pousses du secteur spatial, même l'exploitation d'un astéroïde de diamant pur ne serait sans doute pas rentable !

La seule possibilité de découvrir un jour un produit pharmaceutique ou un nanomatériau ne pouvant être fabriqué qu'en

microgravité devrait ouvrir une nouvelle profession : chercheur en impesanteur. Le coût du transport en orbite a limité jusqu'à présent ce domaine d'expérimentation. Mais si ce coût diminuait, il y aurait de plus en plus d'expériences réalisées en orbite, et donc de chances de trouver un composé ou un résultat intéressant. Une seule découverte remarquable donnerait une forte impulsion à l'économie orbitale.

Le tourisme spatial, un marché crédible ?

Cependant, de nombreux observateurs pensent que le secteur le plus prometteur à court terme est celui du tourisme spatial. Depuis 2001, la Russie a envoyé huit touristes jusqu'à la station spatiale avec ses fusées *Soyouz*, à des prix compris entre 22 et 36 millions d'euros. Avec des billets nettement moins chers, le nombre de candidats au départ augmenterait. Selon L. Levin, il existe des clients potentiels pour se rendre dans la Station spatiale internationale, et ils seraient prêts à payer entre 10 et 20 millions de dollars pour y aller.

Mais une menace plane sur ce marché potentiel : celui d'un accident mortel. Si des clients étaient tués dans un accident de navette, ce serait la fin immédiate du tourisme spatial. C'est ce que pense Sherman McCorkle, PDG de la firme d'expertise-conseil *Technology Ventures* à Albuquerque, au Nouveau-Mexique (État qui construit un « spatioport » à 225 millions de dollars, anticipant une industrie du vol spatial) : si un vol orbital touristique se soldait par un échec, il n'y en aurait certainement pas d'autres avant longtemps.

Le tourisme devrait être un moteur pour l'économie spatiale, mais son développement sera lent, et ce sera, du moins au début, un marché limité. Le tourisme pour milliardaires peut paraître un moteur à la fois fragile et superficiel comparé à nos rêves d'exploration spatiale, mais cela ne semble plus être du domaine de l'utopie. Le désir de repousser les limites de notre village global est un projet ambitieux, et le tourisme spatial pourrait être un outil efficace pour le faire avancer. ■

Découvrez le site internet de Pour la Science

En quelques clics, retrouvez :

- » Des actualités quotidiennes et d'autres contenus en accès libre
- » Tous les articles et numéros depuis 2004 en PDF
- » L'accès libre à tous les numéros compris dans votre abonnement
- » Tous les ouvrages Belin-Pour la Science
- » Votre compte abonné



À très bientôt sur www.pourlascience.fr !

POUR LA
SCIENCE.fr

Le site de référence de l'actualité scientifique

L'arrivée des langues indo-européennes en Europe

Ruth Berger

La paléogénétique et la linguistique assistée par ordinateur livrent de nouveaux indices sur la diffusion des langues.

Avant que les langues indo-européennes ne conquièrent l'Europe, on y parlait notamment une langue apparentée au basque actuel, le vascon. Ainsi, en Europe occidentale et centrale, beaucoup de fleuves portent des noms dérivés de termes basques. Mais quand et comment les langues indo-européennes ont-elles supplanté celles de l'ancienne Europe ? Comme nous le verrons dans cet article, des études récentes de génétique et de linguistique ont apporté de nouveaux éléments de réponse à cette question.

Longtemps a prévalu l'hypothèse de l'archéologue américano-lituanienne Marija Gimbutas (1921-1994), selon laquelle des peuples de cavaliers nomades originaires des steppes entourant la mer Noire et la mer Caspienne auraient commencé, il y a 6000 ans au plus, à se répandre par vagues successives en Europe et en Asie. Quelques indices archéologiques en témoignent, mais ils n'ont pas apporté de réponse claire. En tout cas, ces peuples des steppes et leur culture patriarcale guerrière semblaient concorder avec certains éléments que l'on croyait connaître depuis le XIX^e siècle sur les anciens Indo-Européens et leur « patrie d'origine ».

L'archéologue britannique Colin Renfrew a élaboré à la fin des années 1980 une

hypothèse concurrente, selon laquelle les Indo-Européens seraient originaires d'Anatolie. Ils seraient arrivés bien plus tôt, il y a plus de 8000 ans, et ces colons auraient apporté l'agriculture à une Europe sauvage et faiblement peuplée.

La thèse de C. Renfrew est attrayante, parce qu'elle est simple : avec l'introduction de l'agriculture, l'Europe a connu sa plus grande révolution préhistorique et il tombe alors sous le sens de ramener la propagation des langues indo-européennes au même événement. Cela suppose toutefois que l'agriculture ait effectivement été introduite en Europe par l'immigration. C'est précisément ce dont doutent beaucoup d'archéologues. Selon eux, la population européenne ancestrale s'est convertie elle-même à un mode de vie agricole, contaminée en quelque sorte par le contact avec l'Anatolie, mais sans échanges importants de populations.

La génétique peut-elle nous aider à aller plus loin ? Depuis les années 1980, les

1. CES MASQUES SCULPTÉS de la ville de Myre, de l'ancienne Lycie (dans la région de l'actuelle Antalya, dans le Sud de la Turquie), semblent parler. Le lycien, supplanté par le grec au I^{er} siècle avant notre ère, est l'une des plus anciennes langues indo-européennes.



© Shutterstock/nibelski