

ART & SCIENCE

Cache-cache dans un tableau

Le peintre américain Abbott Handerson Thayer est l'un des pères de la théorie du camouflage animal. Mais à trop vouloir généraliser ses idées, il eut pour contradicteur... le président Théodore Roosevelt !

Loïc MANGIN

De nombreuses espèces animales échappent à la vue des prédateurs en se camouflant. Ce peut être grâce à leurs formes (les poissons-pierre, les phasmes qui ressemblent à des brindilles) ou à leurs couleurs (les caméléons, certains poissons plats, les seiches). L'un des premiers à étudier ce phénomène et à tenter d'en déterminer des principes généraux fut l'Américain Abbott Handerson Thayer (1849-1921), un peintre formé pendant quatre ans à l'École des beaux-arts de Paris, notamment auprès de Jean-Léon Gérôme (1824-1904).

Le style de l'artiste est difficile à cerner, tant il mêle traditions académiques et fantaisies. Thayer est surtout connu pour ses « figures idéales » où des femmes, incarnations de la vertu, arborent tuniques vaporeuses et ailes d'anges. Ses techniques étaient peu orthodoxes et, par exemple, il mélangeait poussière et peinture. Il eut néanmoins de son vivant une certaine renommée qui fit de lui un portraitiste très demandé : Mark Twain et Henry James ont eu les honneurs de ses pinceaux. On peut aujourd'hui admirer ses œuvres dans les plus grands musées américains, à Chicago, Washington, New York...

Vers la fin de sa vie, épris de nature et fervent défenseur du darwinisme, il s'intéressa aux animaux et particulièrement au rôle protecteur de certaines couleurs. Il travailla durant sept ans à un ouvrage, *Concealing - Coloration in the Animal Kingdom* (Se camoufler - Les couleurs dans le règne ani-

mal), publié en 1909 et dont l'auteur crédité est Gerald Handerson Thayer, son fils. Les peintures qui illustrent l'ouvrage sont de beaux exemples de camouflage. On peut citer des geais bleus dans un paysage enneigé (voir l'illustration page ci-contre), un serpent invisible au milieu de feuilles mortes...

Avant cet ouvrage, Thayer s'est fait remarquer par deux contributions qui en font l'un des pères de la théorie du camouflage chez les animaux. En 1896, il expose dans *The Auk*, la revue de l'Union américaine des ornithologues, les principes de la contre-illumination, un phénomène déjà remarqué par le zoologiste britan-

Thayer fut un portraitiste très demandé : Mark Twain et Henry James ont eu les honneurs de ses pinceaux.

nique Edward Poulton en 1890 et adopté par de nombreux poissons, des oiseaux, des mammifères, etc.

Son principe est le suivant : grâce à des teintes sombres dans les zones les plus exposées au soleil et claires dans les zones les plus à l'ombre, un animal s'efface. Prenons l'exemple d'un poisson nageant près de la surface : pour un prédateur situé sous lui, son ventre se confond avec la surface éclairée, tandis que pour un autre situé au-dessus, son dos plus sombre se distingue peu sur le fond. Thayer écrit : « Le spectateur semble voir à travers un volume pourtant occupé par un animal opaque. »

En 1903, Thayer poursuit ses investigations et met au jour les principes du camouflage disruptif : des motifs très contrastés (des tâches, des rayures...) sur la parure d'un animal semblent en estomper les contours. C'est par exemple le cas du léopard.

Emporté par son enthousiasme et, selon certains, par une certaine dose d'arrogance, il généralise ses découvertes en affirmant : « Les motifs et les couleurs de tous les animaux, qu'ils soient des proies ou des prédateurs, ont pour fonction, dans certaines conditions, de les dissimuler à la vue. » C'en était trop. Dès 1911, l'ancien président américain Théodore Roosevelt, chasseur et naturaliste amateur, attaqua avec virulence les idées du peintre. C'était fondé.

Ainsi, le tableau de Thayer où des flamands roses disparaissent devant un coucher de soleil n'est pas réaliste. En effet, à contre-jour, ces oiseaux devraient plutôt apparaître comme des ombres se découpant sur le ciel. En outre, le peintre rejetait en bloc les idées de Darwin sur la sélection sexuelle qui expliquent notamment la livrée des paons.

Face à ses nombreux détracteurs, Thayer s'obstina et perdit ainsi une bonne part de sa crédibilité. Néanmoins, au moment de la Première Guerre mondiale, ses idées furent reprises et appliquées au camouflage des navires militaires américains. ■

R. Behrens, *Revisiting Abbott Thayer : Non-scientific reflections about camouflage in art, war and zoology*, *Phil. Trans. R. Soc. B*, vol. 364, pp. 497-501, 2009.



© Smithsonian Institution/Corbis

IDÉES DE PHYSIQUE

Grand ménage spatial à l'électricité

Comment se débarrasser des débris qui encombrant l'espace autour de la Terre ? L'utilisation de forces électromagnétiques de faible intensité est envisagée.

Jean-Michel COURTY et Édouard KIERLIK

L'espace au voisinage de la Terre se remplit progressivement de débris variés, de la pièce détachée lors d'une collision accidentelle de deux satellites au satellite entier dont le contrôle a été perdu ou qui est en fin de vie. Certaines orbites commencent déjà à être encombrées et, à terme, les risques d'impact avec ces déchets deviendront inacceptables pour les activités spatiales.

Dans cette perspective, des techniques de nettoyage sont à l'étude. À côté de méthodes reproduisant ce que nous faisons sur Terre, telle la collecte mécanique de déchets à l'aide de bras robotisés, les scientifiques imaginent des procédés mettant à profit le fait que dans l'espace, en l'absence de frottement, de petites forces appliquées longtemps peuvent avoir de grands effets.

Lorsque l'atmosphère est assez dense, les frottements de l'air suffisent à freiner les objets spatiaux en orbite et à les faire retomber sur Terre, voire les désintégrer s'ils sont assez petits. Ainsi, à 200 kilomètres d'altitude, la durée de vie d'un satellite est d'environ 60 jours. Mais dès que l'on s'élève, la densité de l'air, donc les frottements, diminuent et la durée de vie augmente. À 250 kilomètres d'altitude, on passe à 220 jours ; dès 500 kilomètres, le satellite reste en orbite quelques années, et à 1 000 kilomètres, c'est plusieurs siècles !

Aussi, pour ces orbites basses, comprises entre 500 et 2 000 kilomètres

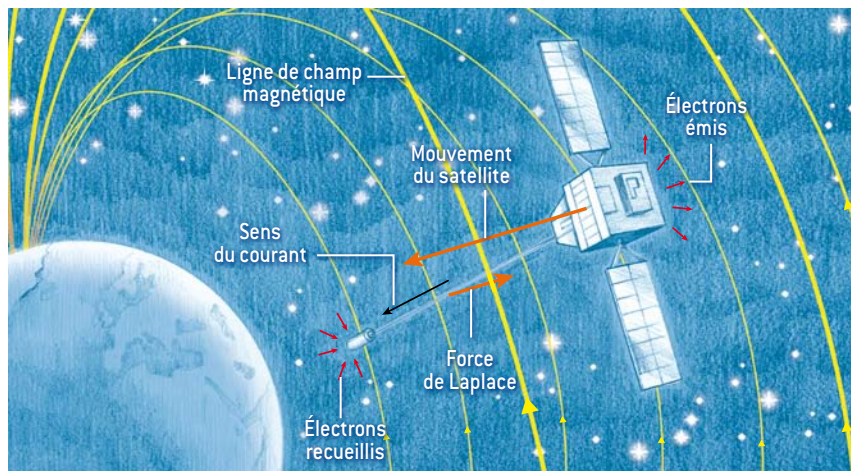
d'altitude, la meilleure méthode pour se débarrasser d'un satellite est d'abord de le faire descendre à une altitude de 200 kilomètres, puis de laisser agir l'atmosphère. Pour ce faire, il faut le décélérer d'environ 400 mètres par seconde. Comment ?

Comment freiner un débris en orbite ?

La solution actuelle est d'utiliser des moteurs à réaction qui éjectent de la masse dans la direction du mouvement. Hélas, la quantité de matière requise pour freiner suffisamment le satellite est de l'ordre d'un cinquième de sa masse. C'est donc 20 pour

cent de masse supplémentaire qu'il faut mettre en orbite pour s'assurer de la fin de vie, autant de masse perdue pour des applications plus intéressantes. Peut-on envisager des alternatives ?

Acquérir une vitesse de 400 mètres par seconde paraît considérable. Pourtant, la force nécessaire n'est pas si importante si l'on a du temps. Ainsi, pour une durée de quatre mois, soit dix millions de secondes, l'accélération requise est de l'ordre de 4×10^{-5} mètre par seconde carrée, soit quatre millièmes de l'accélération de la pesanteur. Pour un satellite d'une tonne, cela correspond à une force de 40 millinewtons – le poids d'une masse de 4 grammes !



1. DANS UN LONG CÂBLE CONDUCTEUR suspendu au satellite, qui se déplace dans le champ magnétique terrestre, ce dernier induit un courant électrique. Le circuit est fermé grâce au plasma conducteur ambiant. La force dite de Laplace exercée par le champ sur ce courant permet de modifier la trajectoire du satellite.

Dessins de Bruno Vacaro

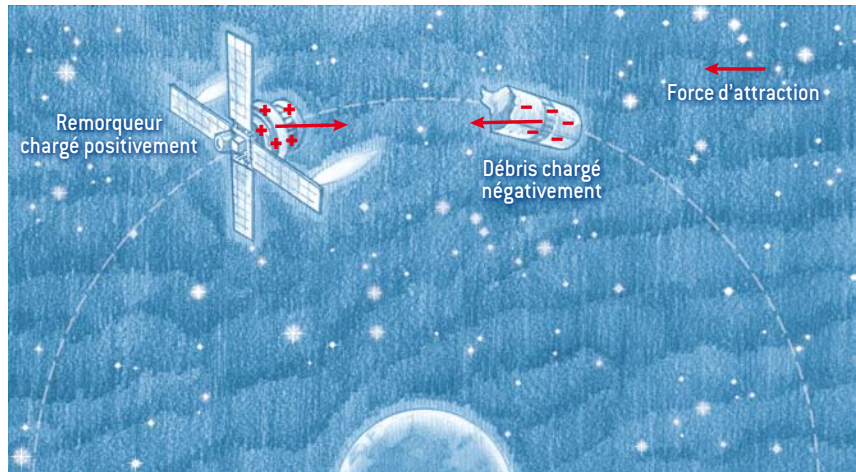
Comment engendrer une telle force, certes de faible intensité, mais de longue durée ? Une première idée est, comme dans les moteurs électriques, de mettre à profit la force de Laplace qu'exerce un champ magnétique sur un fil conducteur parcouru par un courant électrique.

Un câble conducteur en guise de frein

L'aimant est tout trouvé : c'est le champ magnétique terrestre. Restent le conducteur électrique et le courant. Le champ magnétique terrestre étant faible (de l'ordre de 20 microteslas aux altitudes envisagées), pour obtenir une force de 40 millinewtons avec un courant modéré, disons de l'ordre d'une fraction d'ampère, il faut un conducteur long de plusieurs kilomètres. Cette longueur est tout à fait envisageable dans l'espace : elle correspond à une masse de l'ordre de 7 kilogrammes pour un câble en aluminium long de 5 kilomètres et d'un millimètre de diamètre.

Comment le câble est-il alimenté ? Ce conducteur étant en mouvement dans un champ magnétique, une tension est induite entre ses extrémités. Avec une vitesse de 7,2 kilomètres par seconde à une altitude de 1 300 kilomètres, on obtient des tensions de l'ordre du kilovolt si le câble pend verticalement sous le satellite, lequel constitue alors le pôle positif s'il tourne d'Est en Ouest autour de la Terre (voir la figure 1).

Le câble spatial ainsi mis sous tension, un courant électrique y circule. Pourquoi ? Comment le circuit électrique est-il fermé ? Il faut se souvenir qu'à ces altitudes, le satellite baigne dans un plasma (gaz ionisé) faiblement conducteur. Le câble lui-même, dans le cas du prototype *Terminator Tether* développé par une compagnie américaine, ou un ballon conducteur dans d'autres projets, collecte les charges du plasma. Ces dernières circulent alors dans le câble et, pour éviter toute accumulation aux extrémités, ce qui interromprait le courant, le pôle positif du câble (cela peut être le satellite lui-même) est équipé d'un canon à électrons qui réinjecte dans le plasma les électrons excédentaires. Le circuit électrique est ainsi fermé, le tout



2. POUR EXPULSER UN DÉBRIS D'UNE ORBITE GÉOSTATIONNAIRE, une possibilité serait d'utiliser un satellite remorqueur qui, à l'aide d'un canon à électrons, chargerait négativement le débris et se chargerait positivement, créant ainsi une attraction entre les deux objets.

pour une trentaine de kilogrammes, soit de l'ordre de deux pour cent de la masse d'un satellite ordinaire.

Pour diverses raisons, cette méthode n'est hélas pas utilisable pour les satellites géostationnaires, en orbite à 36 000 kilomètres d'altitude. Notamment, le champ magnétique bien plus faible (0,1 microtesla), le plasma bien moins conducteur, et la vitesse du satellite moins élevée (3 kilomètres par seconde) ne peuvent être compensés par un allongement raisonnable du câble.

Débris géostationnaires tractés à distance

L'altitude géostationnaire est très recherchée (on y place notamment les satellites de télécommunication et ceux d'observation) et on ne peut pas, comme pour les orbites basses, se placer à côté, un peu plus haut ou un peu plus bas : on perdrait le caractère géostationnaire. La place y est donc limitée et chère. Or actuellement, si près de 1 200 objets y sont catalogués, seuls 400 d'entre eux sont des satellites en fonctionnement et sous contrôle.

L'idée la plus prometteuse pour nettoyer cette orbite est non pas de faire retomber les objets vers la Terre, mais de les repousser dans des orbites-cimetières, situées 200 à 300 kilomètres au-dessus de l'altitude

LES AUTEURS



Jean-Michel COURTY et Édouard KIERLIK sont professeurs de physique à l'Université Pierre et Marie Curie, à Paris. Leur blog : <http://blog.idphys.fr>

Retrouvez les articles de J.-M. Courty et E. Kierlik sur www.pourlascience.fr



■ BIBLIOGRAPHIE

H. Schaub et D. F. Moorer Jr.,
**Geosynchronous large debris
reorbiter: Challenges and
prospects**, American
Astronautical Society,
document AAS 10-311, 2010
([http://hanspeterschaub.info/
Papers/Schaub2010.pdf](http://hanspeterschaub.info/Papers/Schaub2010.pdf)).

R. Hoyt et R. Forward,
**The Terminator Tether™ :
Autonomous deorbit of LEO
spacecraft for space debris
mitigation**, American Institute
of Aeronautics and Astronautics,
document AIAA 00-0329, 2000
([www.tethers.com/papers/
TTReno00.pdf](http://www.tethers.com/papers/TTReno00.pdf)).

géostationnaire. Pour ce faire, il semble nécessaire d'utiliser un satellite remorqueur. Mais comment établir le lien entre la remorque et le débris ? L'une des idées proposées est simple et séduisante : charger électriquement le remorqueur ainsi que l'objet tracté à distance (donc sans risque de collision) de façon à ce qu'ils s'attirent (voir la figure 2). Avec une différence de potentiel de quelques dizaines de kilovolts et une séparation de 15 à 25 mètres, la force attractive serait de quelques millinewtons, suffisante pour changer d'orbite en quelques dizaines de jours (un gain de quelques kilomètres à chaque révolution). Il est en revanche nécessaire que le remorqueur ait ses propres moteurs.

La réalisation d'une telle opération nécessiterait là encore un canon à électrons. Par une manœuvre d'approche, le

remorqueur se placerait sur la même orbite que le débris à déplacer, à une vingtaine de mètres devant ce dernier. Il mettrait alors en action son canon à électrons en visant le satellite cible. Cela aurait pour effet de charger ce dernier négativement, tandis que le remorqueur, se vidant de ses électrons, se chargerait positivement.

Le plasma ambiant étant peu conducteur à cette altitude, les satellites ne se déchargeraient pas trop vite. Les deux objets, portant des charges électriques de signes opposés, s'attireraient l'un l'autre. On ajusterait ensuite la force de traction du remorqueur et le débit du canon à électrons pour que le remorqueur et le débris à déplacer gardent une distance fixe et subissent la même accélération. Ils s'écarteraient alors de conserve de l'orbite géostationnaire. ■



les conférences

au Palais de la découverte

Entrée libre dans la limite des places disponibles.

> les samedis 18 janvier, 1^{er} et 15 février à 14h30

CYCLE Mathématiques, jeux et comportements

Le jeu du dilemme du prisonnier permet d'étudier notre manière d'agir.
Le cube de Rubik ouvre une voie d'exploration des mathématiques combinatoires...
Chercheurs et médiateurs scientifiques explorent des mathématiques par le jeu.

► Avant et après chaque conférence, participez à des « récréations mathématiques » animées par un médiateur scientifique du Palais de la découverte.

programme complet sur www.universcience.fr

Avec le soutien de



