

Pollution spatiale

Comment protéger les satellites des débris en orbite autour de la Terre ?

Les «tempêtes de météorites» ne sont-elles que de la science-fiction ? La carte établie par Nicholas Johnson de l'Institut des sciences Kamen détaille les 7 800 des plus grands objets de facture humaine – parmi eux, des satellites morts – qui orbitent autour de la Terre. Le ciel ne va pas encore nous tomber sur la tête, mais il se remplit d'obstacles.

Aucun satellite actif n'a encore été endommagé par collision avec ces déchets spatiaux ; néanmoins, le danger est réel. Les vitesses relatives des objets en orbite autour de la Terre atteignent 15 kilomètres par seconde (la vitesse d'une balle de fusil est inférieure au kilomètre par seconde). Un boulon perdu peut détruire un satellite ou mettre en danger la vie des astronautes.

On distingue, suivant leur taille trois catégories de débris. Les petits débris de taille inférieure au centimètre et qui sont indétectables par les techniques actuelles. Les débris «moyens» de taille comprise entre 1 et 10 centimètres, également indétectables, et contre lesquels il est difficile de se prémunir. Enfin, les «gros» objets, de taille supérieure à 10 centimètres. La plupart de ces derniers sont répertoriés et leurs trajectoires connues.

Si les débris présentent un risque pour les satellites de haute altitude, dans les zones où les astronautes travaillent (autour de 400 kilomètres d'altitude) le frottement sur les couches supérieures de l'atmosphère fait tomber les débris en quelques mois. Pour les navettes spa-

tiales, les débris en orbite ne constituent pas un danger majeur : les collisions avec des petits déchets sont rares et les gros objets sont esquivés par des manœuvres d'évitement.

En raison de sa taille importante et de sa durée de vie prévue (10 ans), la station spatiale internationale actuellement en projet sera menacée. Pour pallier le danger, des blindages protégeront les éléments sensibles de la station (moteurs, zones habitées, etc.) des débris de petite taille. Par ailleurs, à l'instar de la navette spatiale, la station a été conçue pour esquiver les plus gros débris. Il reste les débris moyens qui, indétectables, constituent un risque faible, mais indéniable.

La densité de débris est maximale entre 800 et 1 500 kilomètres d'altitude. Beaucoup plus haut, sur l'orbite géostationnaire, à 36 000 kilomètres d'altitude, les places sont chères et les satellites risquent d'entrer en collision.

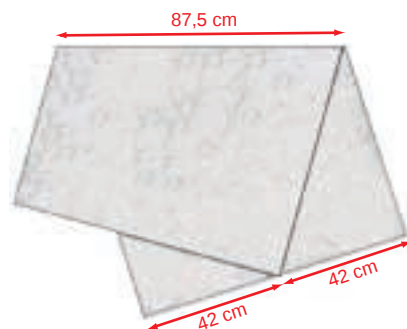
Éliminer la pollution spatiale n'est pas une tâche aisée et il serait souhaitable de ne pas produire de débris. Une source de pollution est la formation des débris résultant de l'explosion de lanceurs : aujourd'hui, on prévient cette pollution en réduisant le nombre des débris et en faisant retomber les étages sur le sol. On nettoie également l'orbite géostationnaire en «réorbitant» les satellites inutiles sur une trajectoire située à 300 kilomètres au-dessus de cette orbite où ils résideront sans constituer une menace pendant des millions d'années. ■

JEU-CONCOURS

par Pierre TOUGNE **N°19**

PLIAGE ET GÉOMÉTRIE

L'art du pliage réserve des problèmes délicats. Cette feuille pliée a une largeur de 84 cm, et la longueur du pli vaut exactement 87,5 cm. Le coin est au milieu du petit coté opposé. Quelle est la longueur de la feuille ?



Envoyez vos réponses à *Pour la Science*, 8, rue Férou, 75006 Paris. Parmi les réponses reçues en janvier 1996, dix gagnants recevront un livre.

RÉPONSE AU JEU-CONCOURS N°17

Si un nombre d divise ABC , alors il divise $100A + 100B + C$. De même, divisant BCA et CAB , il divise $100B + 10C + A$ et donc $100C + 10A + B$. Dès lors, d doit diviser :

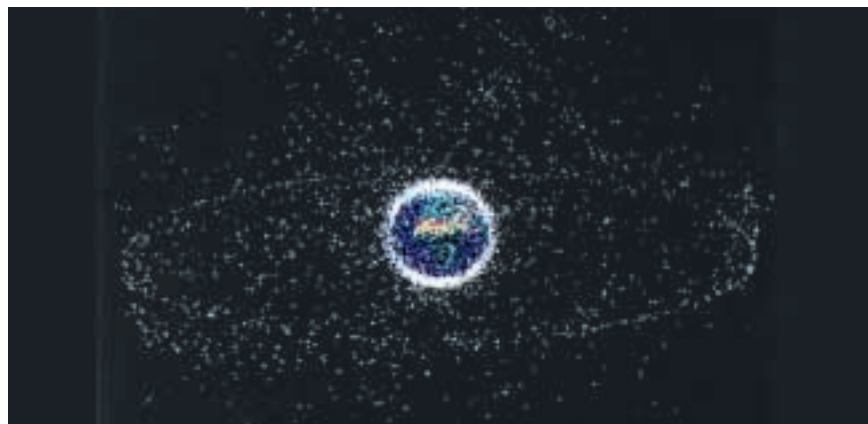
$$10(ABC) - (BCA) = 10(100A + 10B + C) - (100B + 10C + A) = 999A$$

ainsi que

$$10(CAB) - (ABC) = 999C \text{ et } 10(BCA) - (CAB) = 999B$$

Cela étant vrai quels que soient les chiffres A, B et C , d doit diviser 999. Soit $d = 1, 3, 9, 27, 37, 111, 333, 999$. Cependant si $d = 111, 333$ et 999 , cela implique $A = B = C$ solutions que l'on peut considérer comme triviales. Il y a d'ailleurs d'autres cas si $A = B = C$, on doit avoir $kd = 111A$, d'où les solutions triviales, 111, 222, 333, ..., 888, 999.

À propos de la grille de nombres croisés du jeu-concours n° 15, la solution est unique si comme cela est dit dans ses définitions tous les carrés étaient différents. En revanche, si l'on enlève cette condition, plusieurs lecteurs ont montré, à l'aide de programmes informatiques, qu'il y avait 136 solutions.



CARTE DES DÉBRIS de taille supérieure à 10 centimètres orbitant autour de la Terre. Les débris ont été grossis pour une meilleure lisibilité.

Du coton «vert»

La culture de coton naturellement coloré en France.

Les viticulteurs du Languedoc-Roussillon ont le «blues» : ils arrachent 3 000 hectares de vignes par an. Ils pourraient bientôt chanter le «blues», en cultivant du coton, grâce au projet lancé par des agronomes du CIRAD de Montpellier. Les producteurs de rouge ne se convertiront toutefois pas au plus blanc que blanc : leur coton sera vert ou marron. L'absence de teinture polluante dans la chaîne de production sera un argument clé de la commercialisation des produits de cette nouvelle filière. En outre, les couleurs se renforceraient plutôt au lavage.

Le cotonnier est un arbuste vivace dont les fruits, les capsules, contiennent des fibres, que l'on file : une seule capsule fournit jusqu'à 30 mètres de fil. Depuis deux siècles, les agronomes ont sélectionné les espèces qui fournissent les meilleurs rendements et les fibres les plus longues possible. Ils ont aussi décoloré le coton : alors que les espèces sauvages produisent des fibres aux couleurs pastel variées, le coton de *Gossypium Hirsutum*, l'espèce la plus cultivée dans le monde, est blanc. Il est facilement teint pour répondre à la demande colorée changeante des industriels et des consommateurs.

Comment colorer le coton en conservant les avantages de *Gossypium Hirsutum*? La couleur des fibres dépend d'un seul gène, qui contrôle la production par la plante d'un colorant de la cellulose des fibres. Les allèles qui produisent des fibres colorées sont tous dominants sur celui qui produit des fibres blanches : si l'on féconde un plant «blanc» avec le pollen d'un plant «coloré», les graines résultantes produisent des plants à fibres colorées. Afin de conserver les autres caractéristiques de l'espèce «blanche», l'hybride ainsi obtenu est utilisé pour féconder à nouveau un plant «blanc», et ainsi de suite jusqu'à la quatrième génération.

L'idée de cultiver du coton en France date vraisemblablement du blocus continental, imposé par Napoléon à la Grande-Bretagne et à ses importations coloniales. Les dernières tenta-



Le coton naturellement coloré rend inutile la teinture. En Languedoc-Roussillon les cultures expérimentales laisseront la place à une production à grande échelle en 1998.

tives remontent aux années 1950. Les espèces utilisées étaient toutefois trop difficiles à cultiver : les rendements n'étaient pas assez réguliers. Le cotonnier ne pousse que si la température extérieure est supérieure à 12 °C. Il a aussi besoin, au moment de son développement végétatif, d'apports suffisants en eau. En outre, tout au long de la culture, il faut maintenir un juste équilibre entre le développement des branches et des feuilles, qui assurent la photosynthèse, et celui des fruits. Les agronomes du CIRAD achèvent aujourd'hui la définition des techniques de culture et des traitements à réaliser. Ils visent un rendement moyen de deux tonnes de coton non égrené à l'hectare.

La production de coton coloré débutera à grande échelle en 1998. Des usines d'égrenage seront construites pour séparer les fibres des graines, et de grandes surfaces seront plantées en cotonniers : 1 500 à 5 000 hectares sont nécessaires pour alimenter une usine. Les producteurs de fil devront aussi promouvoir ce nouveau produit, respectueux de l'environnement, mais plus cher que le coton blanc : aujourd'hui, le kilogramme de coton coloré non égrené coûte environ 25 francs, contre quatre francs pour le coton blanc. Si le coût de la teinture inclut celui de la dépollution, l'écart de prix entre les tissus teints et ceux de couleur naturelle est toutefois faible. Des réglementations anti-pollution établiraient une concurrence équitable entre les deux types de produits. ■