

## Une puce de biodétection

**Pour déceler une attaque bactériobiologique en quelques secondes.**

**P**our parer à une attaque bactériologique, il faut faire vite. Arrêter un début d'épidémie et minimiser ses effets néfastes imposent l'identification de l'agent pathogène et la détermination du traitement approprié. Un dispositif qui tient dans la main, contenant un «laboratoire sur puce», sera peut-être capable de cet exploit. Cet instrument utilise des découvertes récentes en biologie, en chimie et des savoir-faire en miniaturisation. Il est conçu pour donner l'alerte à la moindre présence dans l'air d'agents pathogènes, tel celui de la variole.

Bien que les systèmes de biodétection soient nombreux, il n'en existait pas qui soit capable d'identifier un agent biologique particulier en moins de deux minutes, à partir d'un échantillon de quelques cellules seulement. Pourtant, d'après Mark Hollis, de l'Institut de technologie du Massachusetts, quelques particules d'agent pathogène (voire une seule), par exemple de la grippe, suffisent souvent à infecter une personne. Avec la collaboration de son collègue biologiste Jianzhu Chen, il espère réaliser un prototype de biodétecteur sensible et rapide d'ici 18 mois.

Le dispositif utilise des globules blancs de souris, nommés lymphocytes *B*, qui participent aux défenses immunitaires, et

produisent des anticorps dirigés contre les agents pathogènes. Les lymphocytes *B* déclenchent ainsi une cascade de réactions chimiques qui, dans l'organisme, visent à éliminer les agents pathogènes. Le nouveau biodétecteur tire parti de ces mécanismes, qui résultent de 600 à 800 millions d'années d'ingénierie génétique due à l'évolution.

Les lymphocytes *B* du biodétecteur sont génétiquement modifiés pour réagir à des agents pathogènes qui pourraient être utilisés lors d'une attaque bactériologique. Pour savoir si les lymphocytes *B* sont effectivement activés, les biologistes y ont également introduit un gène de méduse, qui code une protéine lumineuse ; cette dernière émet de la lumière dès qu'elle est activée par les ions calcium, produits lors de la cascade de réactions chimiques déclenchée par un agent pathogène dans les lymphocytes *B*. L'ensemble de ce processus prend moins d'une seconde, un temps record par rapport aux autres systèmes de biodétection.

D'autres méthodes de biodétection sont soit aussi rapides, soit aussi sensibles que les lymphocytes *B*, mais pas les deux à la fois. On peut utiliser la méthode d'amplification des gènes (PCR), mais il faut 12 minutes et une vingtaine de micro-organismes. Les techniques fondées sur la fixation d'anticorps sont rapides, mais peu sensibles : l'identification d'un agent pathogène nécessite plusieurs milliers de particules infectieuses. En revanche, avec les lymphocytes *B*, une seule particule infectieuse suffit, puisqu'elle active un lymphocyte.

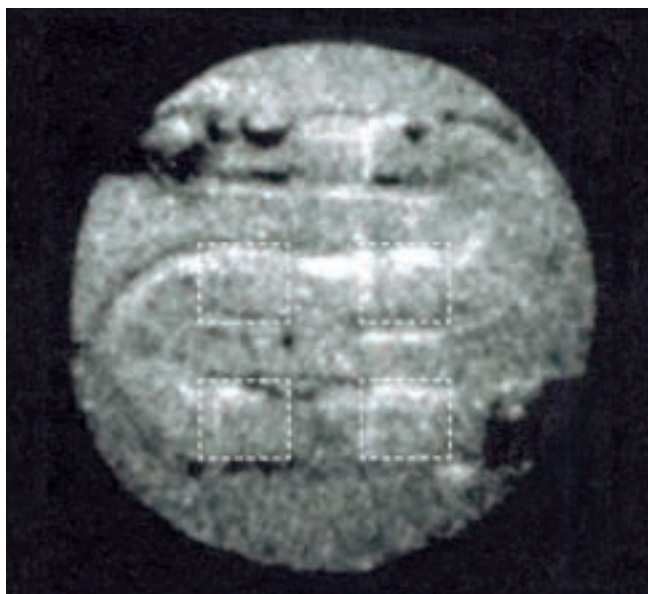
Aujourd'hui, le biodétecteur est une puce de plastique de 25 millimètres carrés, traversée par un sillon sinueux.

Des pastilles de un à deux millimètres carrés, qui contiennent chacune 10 000 lymphocytes *B* spécifiques d'un agent pathogène particulier, bordent le sillon. Un régime strict et une température de l'ordre de 20 °C empêchent les lymphocytes de se multiplier : même s'ils ont faim et froid, ils continuent leur surveillance.

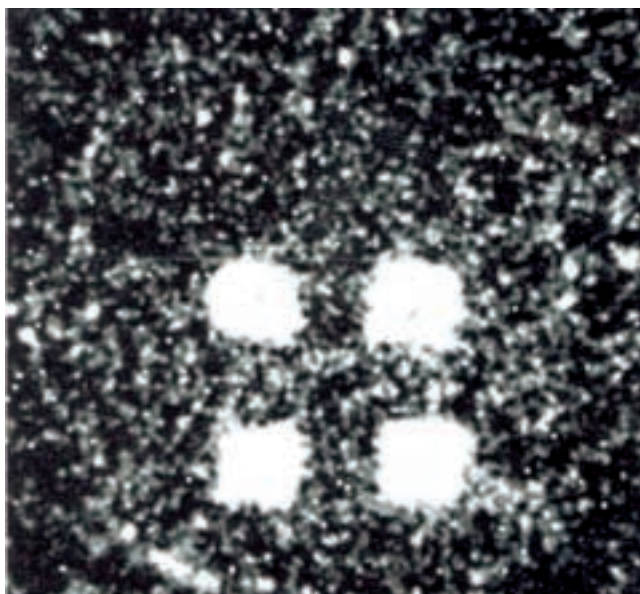
L'échantillon à analyser et les éléments nutritifs destinés aux cellules circulent dans le sillon, où un capteur de lumière extrêmement sensible détecte la moindre émission lumineuse venant d'un lymphocyte *B*. Les essais ont montré que cinq à dix particules suffisent à l'identification d'un agent pathogène. La détection d'agents biologiques mortels, même en très petit nombre, semble résolue.

Le biodétecteur est robuste : les gaz d'échappement, la poussière et les autres contaminants de son environnement, beaucoup moins hospitalier que l'intérieur des organismes auxquels les lymphocytes *B* sont habitués, ne déclenchent pas d'activation ni, par conséquent, d'émission de lumière intempestive. Le sang contient des particules nombreuses et variées : les lymphocytes ne réagissent qu'au virus qu'ils ont appris à reconnaître. Selon M. Hollis, les techniques de biodétection fondées sur les lymphocytes *B*, destinées à des usages militaires, pourraient aussi servir aux médecins, pour détecter et identifier instantanément les virus.

Les lymphocytes se «rechargeront»-t-ils, après avoir émis de la lumière ? L'équipe américaine étudie la question et, au cas où la réponse serait négative, est en train de mettre au point un boîtier opto-électronique qui détecterait les photons émis par une puce à usage unique très bon marché.



Un prototype de puce contre les attaques bactériologiques (à gauche) détecte rapidement les bactéries mortelles. L'air qui porte les micro-organismes pathogènes s'engouffre dans les méandres du sillon



central, où il rencontre les lymphocytes *B* (dans les carrés en pointillés). Les lymphocytes *B* génétiquement modifiés émettent de la lumière quand ils détectent un agent infectieux (à droite).

# Des ballons dans l'espace

STEVE SMITH • JAMES CUTTS

*À l'aide de ballons, météorologistes et planétologues étudient les couches supérieures de l'atmosphère, sur la Terre et sur d'autres planètes.*

C'est dans les vieux pots qu'on fait les meilleures soupes : les scientifiques et les ingénieurs de plusieurs agences spatiales perfectionnent le premier des véhicules volants : le ballon. Ils en modifient la taille, la forme et les capacités de vol, afin d'obtenir des performances bien supérieures à celles des modèles même récents. Bien que les ballons volent depuis plus de 200 ans et que les scientifiques les utilisent depuis longtemps pour des missions de recherche variées, la durée limitée pendant laquelle un ballon reste en l'air a toujours été handicapante. Grâce aux techniques informatiques, aux nouveaux matériaux et à des méthodes modernes de fabrication, les ballons exploreront bientôt la haute atmosphère et contribueront à l'exploration d'autres planètes.

Les spécialistes des ballons cherchent aujourd'hui à construire des ballons qui demeureront dans les couches supérieures de l'atmosphère terrestre pendant 100 jours. En décembre 2001, un énorme ballon en forme de potiron, mis au point au Centre spatial Goddard, à Maryland, décollera d'Australie ou de Nouvelle-Zélande ; on espère qu'il gagnera les limites externes de l'atmosphère terrestre, soit quatre fois plus haut que l'altitude de croisière des avions à réaction, où il restera pendant plusieurs mois. Grâce à une liaison par satellite, il transmettra les données provenant de ses instruments aux scientifiques restés à terre ; notamment l'enregistreur TIGER (*Trans-Iron Galactic Element Recorder*, soit «enregistreur d'éléments galactiques plus lourds que le fer») déterminera les quantités des divers

éléments chimiques présents dans les rayons cosmiques.

Ce ballon nommé ULDB (*Ultra Long Duration Balloon*, soit «ballon de très longue durée») intéresse de nombreux scientifiques, qui voient dans les ballons un moyen économique d'étudier l'atmosphère supérieure et l'espace extra-atmosphérique : un vol de ballon ne coûte qu'une petite fraction du prix des fusées, et les instruments scientifiques peuvent être récupérés, révisés et réutilisés. Les ballons scientifiques ont atteint des altitudes de 52 kilomètres et emporté des charges pesant jusqu'à 3 600 kilogrammes. Capable d'atteindre les limites de la stratosphère, où les turbulences atmosphériques sont très faibles, l'ULDB pourra un jour emporter un télescope, qui sera alors aussi bien placé que le Télescope spatial *Hubble*, mais beaucoup plus volumineux.

Transportés par des fusées, des ballons pourraient également explorer l'atmosphère d'autres planètes ou de leurs satellites : les planétologues qui espèrent utiliser des ballons pour leurs recherches s'intéressent à des domaines comme la chimie et la dynamique atmosphériques, la cartographie paléomagnétique, la reconnaissance géologique et l'imagerie à ultra-haute résolution.

## Flotter au-dessus de la Terre

Archimède découvrit en 240 avant notre ère le principe physique qui permet aux ballons de voler, mais 2 000 ans s'écoulèrent avant que ce principe ne soit mis en œuvre pour gagner les airs, vers la fin des années 1700. Les ballons

scientifiques se multiplièrent à la fin des années 1800, lorsque la nouvelle technique fut utilisée pour des mesures de la température et de l'humidité, lors des premières études de l'atmosphère. Des ballons furent également utilisés à des fins militaires : ils permettaient une surveillance des mouvements de troupes. À la fin des années 1940 et au début des années 1950, l'utilisation de polyéthylène permit à des ballons modernes d'atteindre la stratosphère, à des altitudes de 15 à 50 kilomètres, de transporter des charges supérieures et de rester plus longtemps en l'air. Notamment les combinaisons spatiales furent testées au cours de missions en ballon ; la NASA étudia également ainsi les réactions de l'organisme humain dans un environnement quasi spatial. En 1960, une fusée de la NASA lança le premier ballon expérimental de télécommunications, *Echo I*. Puis, 25 ans après, une équipe qui rassemblait des Russes, des Français du Centre national d'études spatiales (CNES) et des Américains construisit deux ballons qui volèrent dans les nuages de Vénus, à 54 kilomètres au-dessus de sa surface.

Les vaisseaux spatiaux ont plusieurs inconvénients : ils n'embarquent qu'une charge limitée (seule la Navette spatiale peut transporter une charge équivalente à celle des grands ballons), et l'on doit longuement préparer leurs capteurs, avant des vols qui durent des années. Les ballons, eux, donnent l'occasion de réagir rapidement aux événements : ainsi, en 1987, des capteurs embarqués à bord de ballons ont observé la supernova 1987A (une explosion d'étoile comme il ne s'en produit que tous les 400 ans environ) dans les