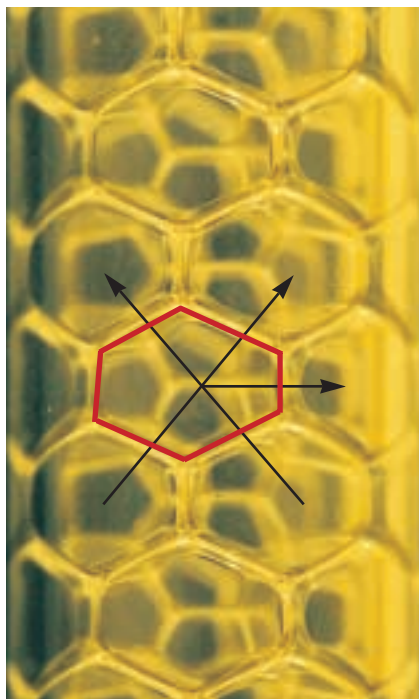


Tiges de bulles

Des bulles dans un tube se répartissent comme les feuilles sur les tiges des plantes.

En 1992, Denis Weaire et ses collègues de *Trinity College*, à Dublin, fabriquent une solution savonneuse où ils insufflent de l'air de façon régulière : ils obtiennent des bulles de diamètre uniforme. Ayant placé un entonnoir au-dessus de la buse soufflante, afin de récupérer les bulles dans un tube de verre vertical, ils observent alors que les bulles s'empilent en spirale. Les diverses structures spirales observées, selon les tailles relatives des bulles et du tube, rappellent des structures observées en botanique : capitules des fleurs de tournesol, feuilles sur les tiges...

À l'Université de Strasbourg, N. Pitet, P. Boltenhagen et N. Rivier ont répété les expériences en modifiant le quotient du diamètre des bulles par le diamètre du tube collecteur : quand ces deux diamètres sont égaux, les bulles s'empilent comme



Empilement de bulles dans un tube de verre d'un centimètre de diamètre. Le système représenté correspond au triplet 5, 5, 0. Les flèches représentent une partie des spirales qui passent par la bulle de contour rouge.

les segments des tiges de bambou ; quand le tube est plus large que les bulles, chacune d'entre elles appartient à trois spirales.

En physique des bulles comme en botanique, trois nombres k , l , m permettent de décrire les structures spirales. Sur la figure, par exemple, on passe d'une bulle à une des deux bulles adjacentes de la rangée supérieure en suivant une spirale de pas égal à cinq bulles ; on passe aux bulles de la même rangée en suivant un cercle horizontal, c'est-à-dire une spirale de pas égal à zéro bulle ; ainsi l'empilement représenté est noté 5, 5, 0. Pour tout empilement, le nombre k est égal à la somme de l et de m , ce qui correspond à une relation que l'on retrouve dans les plantes : les pétales du tournesol, par exemple, appartiennent à des spirales où cette relation, qui préside à la formation des nombres de Fibonacci, est encore observée.

Les physiciens ont d'abord répertorié tous les systèmes d'empilement possibles. Ils ont montré que le premier système pour lequel une bulle ne touche pas les parois est le système 5, 3, 2. Puis, afin d'étudier les transitions entre systèmes d'empilement, ils ont progressivement augmenté le débit de l'air insufflé dans l'eau (plus le débit est élevé, moins la pression est forte, et plus les bulles sont grosses). Les systèmes d'empilement qui se succèdent quand on diminue la taille des bulles ne sont pas identiques à ceux que l'on observe quand on grossit les bulles, après avoir atteint une certaine taille. Par des simulations, ils ont expliqué les transitions entre systèmes d'empilement, et ils savent prévoir le système d'empilement vers lequel évolue un système donné. Ils ont également étudié l'influence du drainage du liquide dans les parois de bulles : en ajoutant du liquide au sommet du tube, ils augmentent l'épaisseur des parois liquides entre les bulles et induisent des transitions entre systèmes d'empilement.

À quoi servent leurs bulles empilées ? L'analogie botanique fait naturellement penser qu'un même mécanisme fondamental est en œuvre dans les empilements de bulles et dans les plantes, mais l'hypothèse est osée. En revanche, le mécanisme physique qui préside à l'empilement des bulles se retrouve probablement dans les organites intracellulaires nommés microtubules, qui assurent le mouvement des organites dans les cellules : ces microtubules sont également composés de spirales qui changent de configuration selon les conditions chimiques du milieu intracellulaire. Ainsi trouverait-on la clef de mécanismes biologiques fondamentaux... en coïncant les bulles. □

Les anti-protéases

Elles inhibent la formation de particules virales actives.

Museler le VIH, le virus de l'immunodéficience humaine responsable du SIDA, est l'objectif de nombreuses équipes qui, de par le monde, recherchent un traitement contre ce virus. Les molécules qui inhibent une enzyme virale, la protéase, forment une nouvelle classe d'agents antiviraux. Une question reste ouverte : seront-ils efficaces pendant longtemps, ou le virus, d'une extrême variabilité, saura-t-il leur échapper ?

Pour qu'une molécule empêche le VIH de se multiplier, elle doit bloquer l'activité d'une molécule indispensable à sa réplication. C'est déjà le cas de l'AZT, par exemple, qui inhibe la transcriptase inverse ; cette enzyme traduit l'information génétique du virus, présente sous forme d'ARN, en ADN qui peut être incorporé dans le génome de l'hôte. Le virus peut alors produire les protéines indispensables à sa reproduction. La protéase est une autre enzyme cible. Normalement, elle assure la maturation finale des protéines virales : elle découpe de grandes protéines virales produites par la cellule infectée en protéines de structure et en enzymes qui représentent les constituants des nouvelles particules virales.

Quelques dizaines de patients ont été traités par une association de deux inhibiteurs de la transcriptase inverse et d'un inhibiteur de la protéase et les résultats ont montré que la réplication virale semble notablement diminuée : au bout de quelques semaines de traitement, le nombre de particules virales dans le sang des patients traités est parfois devenu inférieur au seuil de détection. L'association de ces trois antiviraux semble beaucoup plus efficace que celle des deux inhibiteurs de la transcriptase inverse que l'on utilise, aujourd'hui, en routine pour abaisser la charge virale.

Même si ces résultats devront être confirmés, cette triple association représente un progrès notable dans le contrôle de la réplication virale. Toutefois, en raison de la persistance du virus et de sa variabilité, qui favorise l'apparition de mutants résistants, on ignore encore comment évoluera l'infection. □

La contrebande de matières nucléaires

PHIL WILLIAMS • PAUL WOESSNER

Plusieurs saisies de matières nucléaires transportées en contrebande font redouter le pire. Des États ou des organisations criminelles pourraient fabriquer des bombes atomiques... et s'en servir.

Jadis les contrebandiers qui franchissaient les frontières par des chemins détournés ou qui débarquaient nuitamment sur les plages cherchaient principalement à échapper aux droits de douane. Dans les années 1970 et 1980, de la drogue a ainsi commencé à passer les frontières : des menaces sanitaires se sont ajoutées à l'illégalité des échanges. Depuis cinq ans, le trafic d'uranium et de plutonium menace la sécurité internationale.

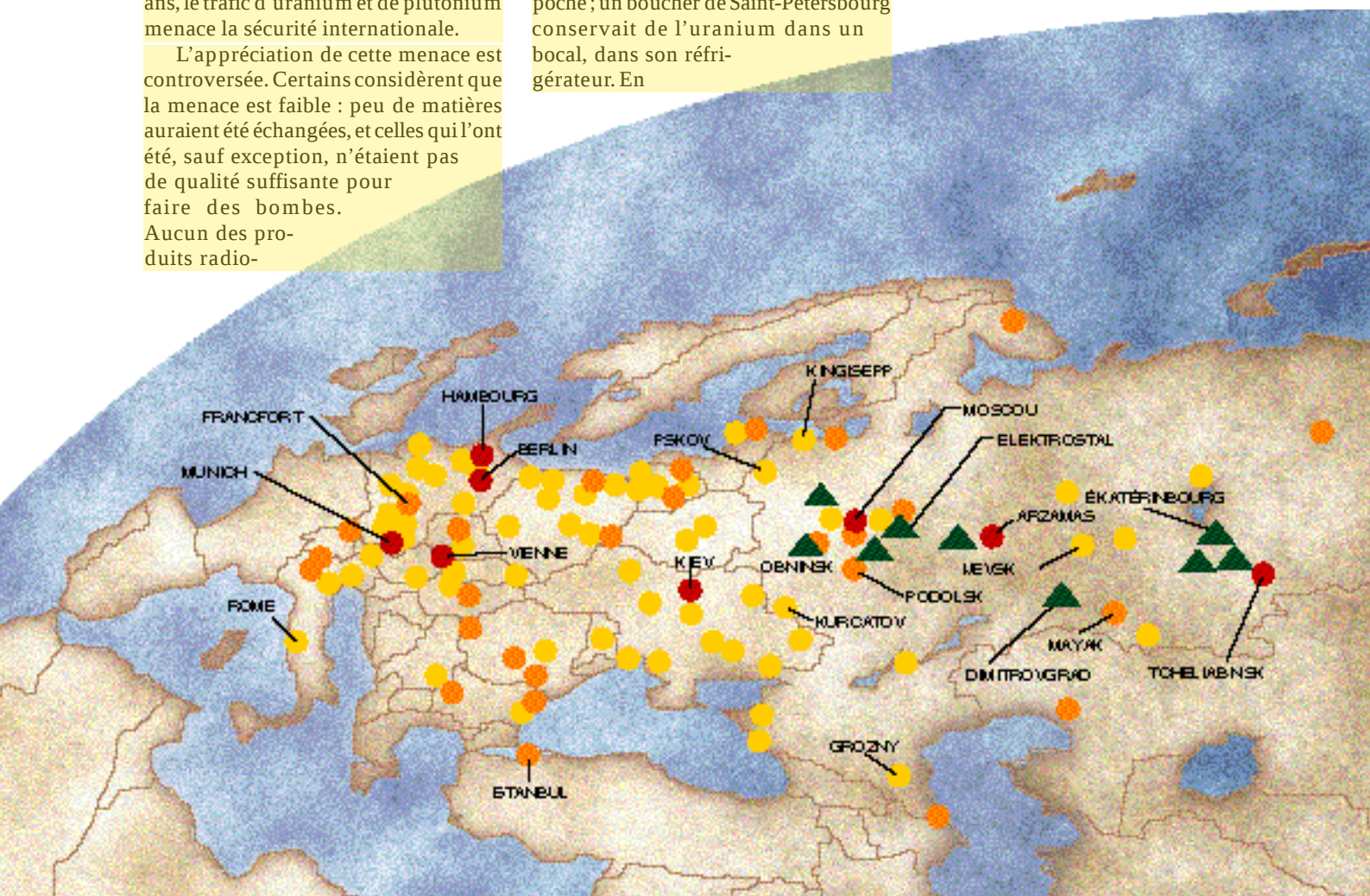
L'appréciation de cette menace est controversée. Certains considèrent que la menace est faible : peu de matières auraient été échangées, et celles qui l'ont été, sauf exception, n'étaient pas de qualité suffisante pour faire des bombes. Aucun des produits radio-

actifs saisis par les polices occidentales ne provenait, sans équivoque, de stocks d'armes ; une partie du plutonium que les trafiquants tentent d'écouler provient de détecteurs de fumée.

La plupart des trafiquants de matières nucléaires sont des amateurs, qui ne savent pas bien ce qu'ils trafiquent. Un Polonais est mort irradié après avoir transporté du césium dans sa poche ; un boucher de Saint-Petersbourg conservait de l'uranium dans un bocal, dans son réfrigérateur. En

outre, des escrocs vendent des éléments stables rendus temporairement radioactifs par exposition à un rayonnement, ou obtiennent de grosses avances en présentant des échantillons minuscules.

La maladresse de la plupart des trafiquants indiquerait que, en Allemagne au moins, les seuls acheteurs sont des journalistes, des policiers ou des agents de renseignements. Certains experts



vont même plus loin : ils prétendent que des États tels que l'Iran, l'Irak, la Libye ou la Corée du Nord ne seraient pas intéressés par l'acquisition d'arsenaux nucléaires, au moment où ils tentent de renouer des relations avec l'Occident.

La partie cachée du trafic

Doit-on vraiment être optimiste? La partie visible des marchés illicites, comme celle des icebergs, est toujours la plus petite. Pourquoi la contrebande des matières nucléaires ferait-elle exception? La police saisit au plus 40 pour cent des stupéfiants qui entrent aux États-Unis, et probablement moins en Europe occidentale. Le marché des matières nucléaires est plus petit que celui de la drogue, mais les douanes ont aussi moins d'expérience pour intercepter des expéditions d'uranium que pour saisir de la marijuana ou du haschich : il serait imprudent de penser qu'elles interceptent plus de 80 pour cent de cette contrebande.

En outre, même un trafic de faible volume aurait des conséquences graves. Un kilogramme de plutonium a un volume d'environ 50,4 centimètres cubes, soit le septième de celui d'une

canette de bière. Malgré la confidentialité des travaux sur les bombes atomiques, on estime que 3 à 25 kilogrammes d'uranium enrichi ou 1 à 8 kilogrammes de plutonium (une canette de bière!) suffisent pour fabriquer une bombe.

Un contrôle rigoureux des transports internationaux permettrait la saisie d'une partie des matières nucléaires de contrebande, mais certains des isotopes les plus dangereux, tels l'uranium 235 et le plutonium 239, ne sont que peu radioactifs : ils risquent d'échapper aux compteurs Geiger ou aux autres appareils de détection. Des appareils à rayons X et à diffusion de neutrons, utilisés dans les aéroports pour détecter les explosifs chimiques, détecteraient des radionucléides illicites, mais leur efficacité pratique est limitée, car ils ne sont pas construits à cet effet.

Déjà petites en valeur absolue, les quantités de matériaux radioactifs nécessaires pour fabriquer des armes

nucléaires sont infimes quand on les compare aux énormes réserves d'uranium et de plutonium enrichis, en particulier russes, dont l'inventaire et la surveillance posent problème. Les réserves mondiales de plutonium, qui s'élevaient à près de 1 100 tonnes en 1992, atteindront 1 600 à 1 700 tonnes en l'an 2000, assez pour fabriquer 200 000 bombes de 10 kilotonnes. Avec la mise en application des accords de désarmement, 100 tonnes supplémentaires de plutonium de qualité militaire seront disponibles aux États-Unis et en Russie. Paradoxalement les nations seraient plus avisées de stocker du plutonium dans la tête des missiles!

De surcroît, les États-Unis et les États de l'ex-Union soviétique possèdent chacun environ 650 tonnes d'uranium enrichi. Ces énormes réserves sont inquiétantes, car leur surveillance est difficile. Les entrepôts russes, notamment, sont insuffisamment protégés, et leur contenu est mal connu et mal géré. Les instruments de mesure de la pro-

1. LA CONTREBANDE NUCLÉAIRE s'étend de l'Europe centrale à la côte Pacifique de la Russie (les disques indiquent les lieux de saisie, d'origine ou de transfert, les triangles indiquent les stocks de matière nucléaire, les usines de retraitement et les laboratoires qui fabriquent des armes). Le renforcement de la sécurité de certains entrepôts est en cours, mais des conditions économiques et politiques instables sapent les efforts. Quelques centaines d'incidents se sont produits depuis cinq ans : le commerce illicite d'uranium et de plutonium pourrait poser un grave problème.

