

possède chacun de ces problèmes, aucun n'est facile : imbriquer douze pièces est plus délicat qu'imbriquer 7 pièces. Le cube de Soma, c'est pour les enfants ; les pentacubes plans, pour les adultes !

Une autre illustration de l'idée que l'assemblage d'un cube peut avoir un très grand nombre de solutions sans qu'au-

cune soit facile à découvrir est le casse-tête des 25 Y. Il s'agit de ranger 25 pentacubes de la forme de l'y (qui ont un volume total de 125) dans une boîte cubique de côté 5 (qui a elle aussi un volume de 125). Il existe des centaines de solutions, mais aucune n'est évidente. Un problème encore plus difficile a été résolu sans ordinateur

par David Klarnier (qui en avait cherché la solution pendant plusieurs années) : le casse-tête des 25 N (on remplace le pentacube Y par le pentacube N). Une étude par programme menée par J. Verhoeff a établi que seules 4 solutions existent, ce qui fait sans doute de ce casse-tête le plus difficile des problèmes cités dans cet article. J'ignore ces quatre solutions, de même que j'ignore les solutions des problèmes de pentacubes que je présente dans la figure 8. Lecteurs, au travail !

LES CUBES DE CUTLER

Pour terminer, voici un problème d'apparence très simple : quatre pièces identiques de forme presque cubique, mais pas tout à fait (voir la figure 6), doivent être rangées dans une boîte d'allure parfaitement anodine. «Cela ne peut pas être difficile», croyez-vous. Pourtant, avec les pièces et la boîte inventées par le mathématicien Bill Cutler, vous changerez d'avis. Vous réussirez à placer sans difficulté une, deux, trois pièces dans la boîte, mais il sera alors impossible d'y faire entrer la quatrième. L'astuce est qu'il faut ranger les pièces en dehors de la boîte (en plaçant la face carrée de chaque pièce au-dessus et les faces rectangulaires au sol selon un schéma symétrique, chaque pièce tournée de 90° par rapport à ses voisines). En saisissant les quatre pièces simultanément, leurs bases se resserrent et elles entrent alors dans la boîte d'un seul coup : on peut placer les quatre pièces ensemble, mais pas les unes après les autres ! Là encore, je doute qu'aucun programme ait jamais été écrit qui traite un tel problème.

Jean-Paul DELAHAYE est professeur d'informatique à l'Université de Lille.

APMEP (Association des professeurs de mathématiques de l'enseignement public), *Jeux 3, Jeux pour la tête et les mains*, 1990.

E. BERLEKAMP, J. CONWAY et R. GUY, *Winning Ways for Your Mathematical Plays*, t. II, Ac. Press, Orlando, 1982.

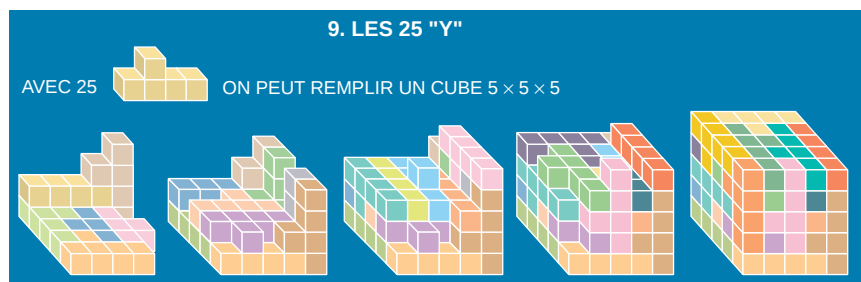
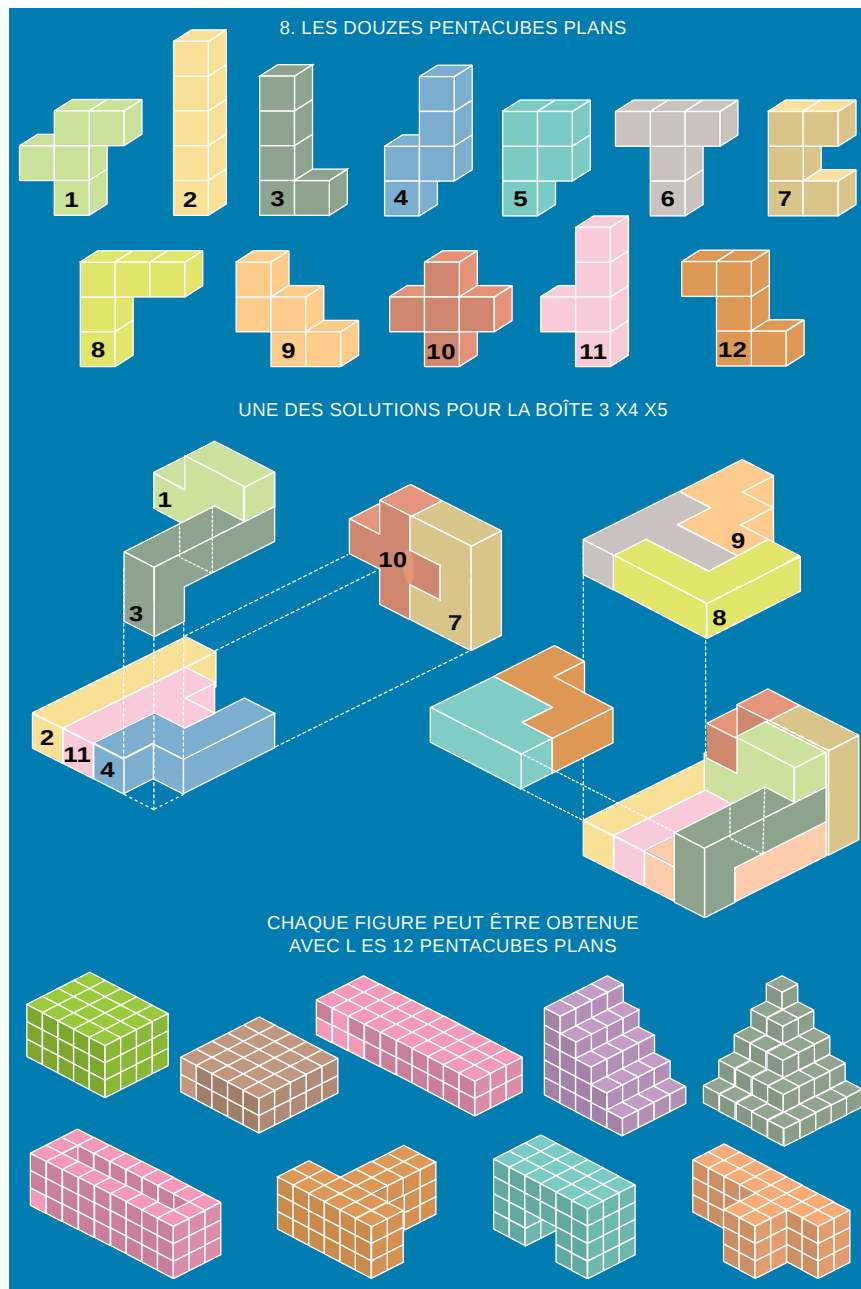
S. COFFIN, *Puzzle Craft*, Trevor Wood T.W. Puzzles (28 Alexandra Crescent, Ilkley, L29, 9ER Angleterre), 1993.

K. HOLMES et R. VAN GROL, *A Handbook of Cube-Assembly Puzzles Using Polycubes Shapes*, pilot edition, 1996.

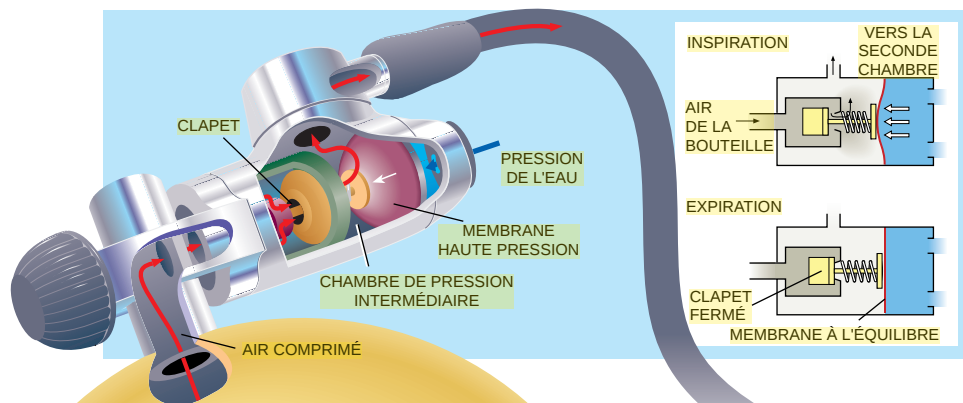
Pr. HOFFMANN, *Puzzles Old and New*, Frederick Warne and Co, Londres, 1893.

J. SLOCUM et J. BOTERMANS, *Puzzles Old and New. How to Make Them*. University of Washington Press, Seattle, 1994.

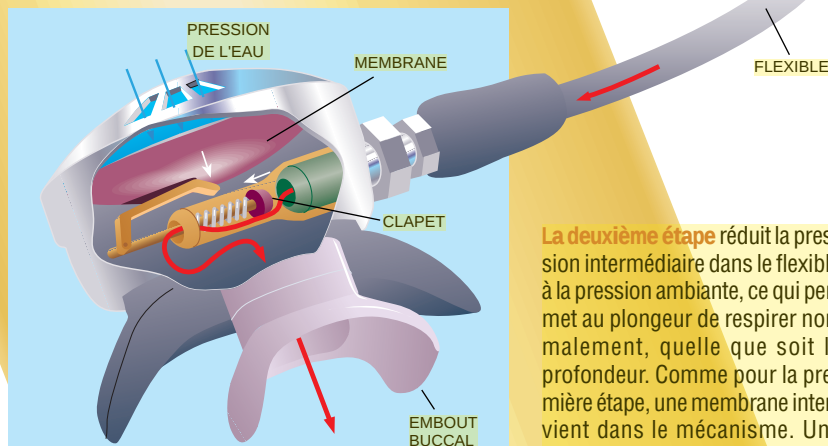
P. VAN DELFT et J. BOTERMANS, *Creative Puzzles of the World*, Key Curriculum Press (P.O. Box 2304, Berkeley, CA 94702, États-Unis), 1995.



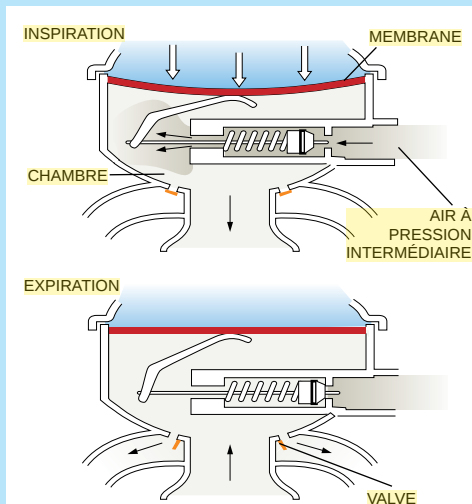
Le détendeur



Au cours de la première étape, l'air passe d'une pression de 200 bars, dans la bouteille, à une pression intermédiaire, dans le flexible et dans la première chambre, de 7 à 10 bars supérieure à la pression hydrostatique ambiante. Plusieurs dispositifs sont disponibles ; le plus performant est sans doute celui de la membrane compensée. Chaque fois que le plongeur respire, la pression chute dans le flexible et dans la chambre de pression intermédiaire ; la membrane haute pression, poussée par la pression de l'eau, s'incurve vers l'intérieur, ce qui ouvre un clapet, qui laisse passer de l'air de la bouteille dans la chambre. Quand la pression de l'air est suffisante, la membrane retrouve sa forme initiale, le clapet se ferme.



La deuxième étape réduit la pression intermédiaire dans le flexible à la pression ambiante, ce qui permet au plongeur de respirer normalement, quelle que soit la profondeur. Comme pour la première étape, une membrane intervient dans le mécanisme. Une inspiration par l'embout buccal incurve la membrane vers l'intérieur, ce qui laisse passer de l'air à pression intermédiaire. Ainsi, lorsque le plongeur inspire, il aspire l'air contenu dans la deuxième chambre, qui est à la pression ambiante (voir le schéma inférieur) : la dépression ouvre le clapet, le petit volume d'air contenu dans le flexible et dans la première chambre (à pression intermédiaire) s'engouffre et se détend dans la deuxième chambre, puis est inspiré. Simultanément, la dépression que ce flux d'air produit dans la première chambre ouvre le clapet, et de l'air à haute pression s'y engouffre (voir le schéma supérieur).



L'invention du détendeur, qui relie une bouteille d'air comprimé à un embout buccal, est la clé de l'univers sous-marin. Simple en apparence, ce dispositif permet à n'importe qui de voir ce que nos ancêtres imaginaient seulement. Naguère mystérieux et sombre, le monde sous-marin est aujourd'hui connu de tous.

Grâce aux détendeurs, les plongeurs respirent sous l'eau un gaz dont la pression est exactement égale à la pression de l'eau où ils se trouvent, quelle que soit la profondeur.

La décompression s'effectue en deux temps. Premièrement, la pression est réduite de 200 bars (soit 200 fois la pression de l'air au niveau de la mer) à une pression supérieure de 7 à 10 bars à la pression ambiante, variable selon la profondeur. Au cours de la seconde étape, la pression est ajustée à la pression ambiante.

Le détendeur est né en 1872 : le Français Louis Denayrouse dépose un brevet pour l'aérophore, un appareil de respiration dans les milieux irrespirables et détonants. Destinée aux mineurs de fond, l'invention sera perfectionnée par Yves Le Prieur en 1926, mais elle ne quittera pas les bassins d'expérimentations. En 1943, Jacques-Yves Cousteau et Émile Gagnan mettent au point un modèle qui sera commercialisé, en France, en 1945, par la Société *Spirotechnique* : le CG 45. Le détendeur ne sera disponible aux États-Unis qu'en 1953, lorsque les Sociétés *Dacor* et *U.S. Divers* commercialiseront leurs modèles C1 et *Aqua-Lung*.

Jusqu'en 1961, seul le système à un étage existait : une seule chambre de décompression était reliée à deux flexibles, l'un pour inspirer, l'autre pour souffler. Il a été remplacé par le système à deux étages, c'est-à-dire à deux chambres et à un seul flexible : l'air s'échappe alors par deux orifices, les déflecteurs situés près de l'embout buccal. À la fin des années 1970, le caoutchouc naturel et le cuivre de certaines pièces ont été remplacés par des matériaux synthétiques plus performants et plus résistants. On a ensuite amélioré l'ergonomie et le confort d'utilisation.

William BOWDEN est directeur de la Société *Dacor*.