

Se faire congeler pour survivre

Par B. FRISCH.



LES 12 et 13 janvier 1967, le docteur James Bedford, professeur de psychologie en retraite de Glendale (Californie), qui venait de mourir d'un cancer du poumon, a été entouré de glace, puis de neige carbonique ; on l'a transporté à Phoenix (Arizona), et on l'a enfermé dans une capsule refroidie par de l'azote liquide jusqu'à moins 194°. Si tout va bien, on le réchauffera, on le ramènera à la vie et on le guérira quand la médecine sera plus avancée.

Six autres personnes en Amérique vont suivre l'exemple de Bedford, affirme Robert Ettinger, l'homme qui est à l'origine de toute l'histoire, avec son livre *The Prospect of Immortality*, paru en 1964. Ce n'est pas tout. Une société,

la « Life extension society » a été fondée et elle comprend déjà plus de 725 membres, pour le même objet. Leur devise c'est : « Geler, attendre, revivre. »

Que penser d'une idée si aventureuse ? Eh bien, plus tard cela pourrait réussir. Aucun principe connu ne dit que cela réussira ; mais aucun principe connu ne dit que cela ne réussira jamais ; sans doute il reste quelques difficultés sur la route et, comme pour la calvitie, la solution sera longtemps à l'horizon.

Les hommes adultes meurent quand la température de leur corps tombe en-dessous de 27°, bien qu'on cite le cas d'une femme ivre qui se serait tirée d'affaire avec 18°. Tout le problème est de parcourir le chemin depuis cette température jusqu'à celle de l'azote liquide, où, si l'on ne tient pas compte de quelques réserves récentes, bien des savants pensent que la conservation serait parfaite et éternelle. Les animaux qui hibernent font un peu cela chaque année ; la température de leur corps suit celle du milieu ; mais leur cœur continue à battre et ils respirent ; si bien qu'ils vieillissent. Mais très lentement. Le cœur d'une chauve-souris, qui normalement bat à 420 coups par minute, s'abaisse à 8,5 quand elle hiberne. Si la température du corps approche du zéro, la plupart des hibernants augmentent légèrement leur métabolisme, ou le changent complètement et reviennent à la température normale ; ceux qui ne le font pas gèlent et meurent.

Les mammifères nouveau-nés nonhibernants peuvent supporter des températures beaucoup plus basses que les adultes ; de jeunes rats ont tenu à deux degrés au-dessus du point de congélation et leur cœur s'est arrêté pendant une heure. Cette aptitude

spéciale est en rapport avec le fait que le mécanisme de régulation de la température est faible ou inexistant à cet âge ; la température du corps des petites chats, des petits chiens, etc., est réglée par celle de leur mère ; à mesure que le système de régulation se perfectionne on ne peut plus supporter de basses températures.

On a refroidi des hommes pour pratiquer des opérations sur le cœur ou sur le cerveau ; avec l'abaissement de la température le métabolisme diminue, donc la consommation d'oxygène ; le chirurgien profite de cette situation en abaissant la température jusqu'à 28 ou 30 degrés, ce qui diminue de moitié la consommation d'oxygène ; les tissus du cerveau peuvent supporter plus longtemps le manque d'oxygène ; maintenant on arrive facilement à refroidir le cerveau jusqu'à 10 ou 15 degrés et la consommation d'oxygène n'est plus que de 6 à 12 % de la normale.

On refroidit le corps en faisant passer une partie du sang dans un échangeur de chaleur ; après l'arrêt du cœur une pompe maintient la circulation et le refroidissement, tandis qu'un courant artificiel donne de l'oxygène au sang. Quand on a obtenu la température voulue, on fait passer le sang dans une bouteille ; un mélange de produits chimiques est injecté dans les vaisseaux pour éviter la formation de caillots.

On peut arrêter la circulation du sang pendant au moins une heure, tandis que le chirurgien répare le cœur ou le cerveau. Ensuite on réchauffe le sang, on le fait passer de nouveau dans le corps et le malade revit.

On a essayé plusieurs fois de descendre jusqu'à 5° au-dessus du point de congélation, mais il en est résulté des dommages permanents pour le cerveau ; des chiens ont sur-

vécu malgré un abaissement de température (2° au-dessus de la congélation) et un arrêt du cœur très long (deux heures) ; mais toutes ces expériences ont été nuisibles aux cerveaux des animaux. Le cerveau est la partie la plus sensible du corps aux abaissements de température, et c'est là sans doute que l'on rencontrera le plus de difficultés.

Quand on approche de la température de congélation, les recherches deviennent passionnantes. Dans ce domaine, des hommes comme le Dr Richard C. Lillehei, de l'école de médecine de l'université du Minnesota, essaient de conserver des organes en vue des greffes. Une expérience typique consiste à enlever un rein à un chien ; après une période de mise en réserve, on rebranche le rein aux artères et aux veines du cou du chien ; le succès se mesure en examinant si le rein continue à vivre, s'il donne de l'urine, et si le chien peut survivre quand on lui enlève son autre rein.

La plus longue période de conservation qui ait permis de satisfaire à ces trois critères dans les expériences de Lillehei, a été de trois jours. Même dans ce cas, l'expérience avait endommagé le rein, et il a fallu attendre de trois à cinq jours pour permettre au corps de réparer l'organe avant de pratiquer l'ablation du rein intact.

La technique en quatre phases de Lillehei est ce qui se fait de mieux à l'heure actuelle, au point de vue de la conservation des organes. D'abord, on refroidit le rein jusqu'à environ 2 degrés au-dessus du point de congélation. A cette température le métabolisme ralentit et la consommation d'énergie n'est que de 5 à 10 % de la normale. Deuxièmement, on diminue encore ou même on arrête complètement le métabolisme par des produits chimiques (chlorpromazine, hydrocortisone ou sulfate de magnésium). Troisièmement et quatrièmement, la faible quantité d'oxygène encore nécessaire est fournie par un courant lent d'un liquide oxygéné, et une atmosphère environnante d'oxygène à haute pression.

Avec une telle méthode, Lillehei, la veille du Jour de l'An, a greffé un rein et un pancréas sur une diabétique, après les avoir conservé sept heures. Deux mois plus tard, la femme n'avait pas besoin d'insuline.

Mais quand on arrive au zéro, la phase la plus délicate du long voyage vers la basse température de l'azote liquide reste à franchir. On a plusieurs méthodes pour abaisser la température d'un organe ou d'un animal au-dessous de zéro sans qu'il se forme de la glace. On appelle ces procédés « super-congélation ».

Une méthode nouvelle, mise au point par le Dr Stanley Jacob, de l'école de médecine de l'université de l'Oregon, consiste à

maintenir le cœur sous une pression de 1 000 kg/cm² tandis qu'on le refroidit à deux degrés au-dessous de zéro. Après vingt-deux heures de conservation les cœurs « se mettent à battre vigoureusement ».

Par des moyens plus classiques, l'emploi d'un antigel, il a pu descendre à sept degrés au-dessous de zéro et faire revivre les cœurs. Après le succès de ces expériences, Jacob a tiré la conclusion : « La meilleure méthode pour conserver longtemps des organes ne serait pas de faire baisser le point de congélation, ni de se tenir au-dessus, mais de congeler avec la protection des produits chimiques ».

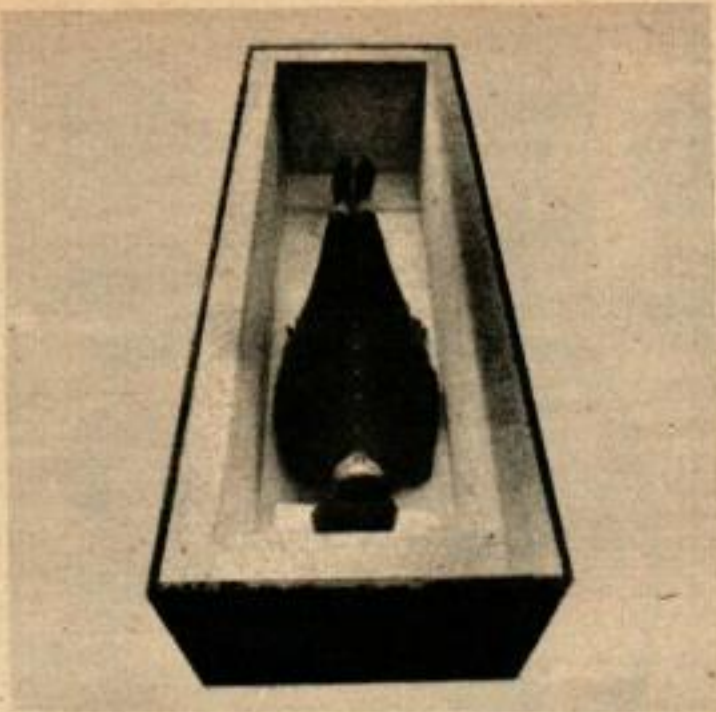
Progressivement les savants s'attaquent à la congélation. Les docteurs Audrey Smith et Andjus, de l'institut national pour la recherche médicale (Londres) ont peut-être atteint la plus extrême limite. Ils ont placé des hamsters dans divers milieux au-dessous de zéro, durant des périodes plus ou moins longues, avec un froid plus ou moins fort. On peut placer la limite de survie au moment où 50 % de l'eau de l'organisme est gelée. Aucun animal, sauf ceux de taille microscopique, aucun organe, sauf dans un cas spécial ou de petits organes d'embryons, n'a jamais pu franchir cette limite et reprendre une vie normale. Ceci semble en contradiction avec les histoires de poissons gelés dans des blocs de glace, ou plongés dans l'air liquide ; mais, comme les hamsters, s'ils sont gelés avec précaution, l'eau n'est qu'en partie cristallisée.

Du sang, de la moelle, des cultures de cellules, du sperme, ont pu être gelés dans l'azote liquide et survivre. Ceci permet à Charles Huggins, de l'école de médecine de Harvard de dire que « des organes complets, des animaux entiers, des hommes, pourraient être conservés si on les gelait dans de bonnes conditions ».

Le mur du gel est aussi réel et difficile à franchir pour les cryobiologistes que le mur du son pour les ingénieurs en aéronautique.

Car le gel tue. C'est pour cela que les neuro-chirurgiens se servent d'une sonde à azote liquide pour détruire les zones du cerveau qui fonctionnent mal. C'est pour cela que Curtis Henderson, président de la Cryogenics Society de New York dit en parlant de la congélation des individus avant leur mort : « C'est un meurtre. »

Le gel tue en formant de petits cristaux de glace dans les cellules. La glace prend plus de place que l'eau ; elle fait sauter la capsule d'une bouteille de lait laissée en hiver sur le pas de la porte ; elle fait sauter aussi les cellules. Les plantes qui supportent le gel réussissent à garder les cristaux dans les intervalles entre leurs cellules ; on pourrait en faire autant en refroidissant progres-



« GLACIERE » PROVISoire construite par une société de New York.

sivement ; les cristaux se forment d'abord entre les cellules ; en grandissant ils tirent l'eau des cellules, ce qui augmente leur concentration ; or on connaît ou on suspecte au moins six manières de tuer par la concentration. On évite le danger en ajoutant 10 à 15 % de glycérol ou de diméthyl sulfoxyde (DMSO) ; ces produits s'unissent aux molécules d'eau pour donner un complexe qui sert de solvant. Dans le cas du sang, par exemple, le glycérol augmente de 10 à 25 % la proportion de l'eau non gelée.

Le dégel doit être rapide. Pour des greffons de peau on a découvert que la vitesse la plus favorable était de 50 à 60 degrés par minute ; pour de la peau de souris, de 900 degrés par minute.

La raison en est que certaines réactions biochimiques reprennent plus vite que les autres. Si le dégel est lent, les processus de la vie sont trop décalés les uns par rapport aux autres ; et puis au cours de l'opération les cristaux de glace peuvent atteindre une taille assez grande pour blesser les cellules.

Un bain d'eau chaude est l'idéal pour les petits spécimens, mais beaucoup trop lent pour un rein de chien qui ne pèse pourtant que 50 grammes. L'extérieur se réchauffe, dégèle et fait démarrer la vie, alors que l'intérieur est encore gelé. On a plus de chances de réussir un réchauffement rapide et régulier par la diathermie, en faisant passer dans les tissus un courant électrique à haute fréquence qui arrive par des électrodes extérieures ; mais un appareil simple ferait cuire un morceau tout en laissant l'autre froid ; un système plus perfectionné ressemblerait sans doute à celui de l'école de médecine de l'université de Pennsylvanie ; six paires d'électrodes sont placées autour d'un rein de chien ; des dispositifs compliqués règlent le

courant qui va à chaque électrode pour que la chaleur soit régulièrement distribuée. On pourrait combiner ce système avec la circulation interne d'hélium que la Canadian Liquid Air Corporation et d'autres ont expérimentée. Mais vous imaginez le complexe d'électrodes, de capteurs, de commandes, de tuyaux et de pompes qu'il faudrait pour un corps humain 1200 fois plus lourd et de forme compliquée.

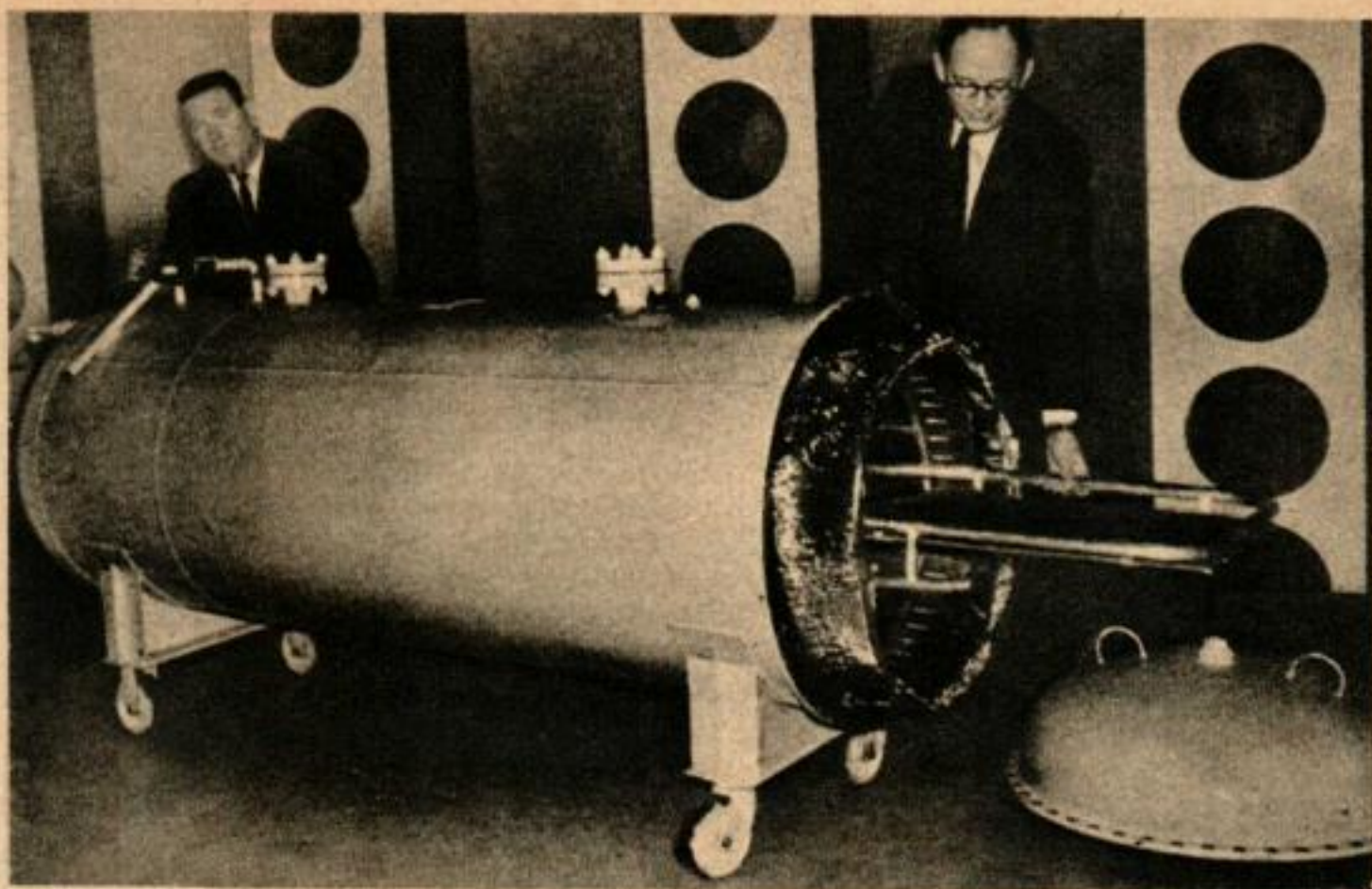
Pour la congélation nous ne disposons pas d'une onde ou d'un courant magique qui refroidirait comme la diathermie réchauffe ; il est donc difficile de contrôler l'opération et d'obtenir le degré par minute qui semble l'idéal. Cependant, l'équipe de l'université de Pennsylvanie affirme : « Nous croyons que l'on peut conserver des organes volumineux en mettant au point un procédé de congélation et d'échauffement adapté à ces objets. »

Actuellement la meilleure méthode comporte les phases suivantes : perfusion avec une solution de DMSO ; refroidissement lent ; réchauffement rapide. Pour plus de sûreté, Lillehei opère d'abord suivant la méthode en quatre phases dont nous avons déjà parlé ; mais pendant le réchauffement il laisse l'organe juste au-dessus de zéro jusqu'au dégel complet. La zone critique se situe entre le zéro et moins 50°, car là le gel et la fusion sont possibles. Entre moins 50° et la température de l'azote liquide, l'abaissement et l'élévation de température peuvent se faire rapidement et avec moins de précautions.

Le cas spécial que nous avons signalé ne suit pas ces principes, mais c'est un cas spécial, parce qu'il s'agit de reins gelés sur des rats vivants. Les chercheurs du Sloan-Kettering Institute, et des hôpitaux Memorial et James Ewing de New York ont pratiqué une incision dans le flanc des animaux, ont ramené les reins vers l'extérieur et les ont enfermés dans une enveloppe de plastique. Puis ils ont versé de l'azote liquide dessus pendant 15 secondes, ce qui a fait baisser la température extérieure à moins 110° et la température intérieure à moins 20°. Tout de suite après ils ont plongé les reins dans de l'eau salée de même température que le corps, pour les réchauffer en moins de 10 secondes.

De cinq à quinze secondes plus tard, l'urine s'est remise à couler ; mais il ne faut pas oublier que chaque rein ne pesait qu'un ou deux grammes.

Certains savants pensent qu'on ne trouvera pas de technique pour se refroidir et survivre. Les professeurs Hinton et Blum, de l'université de Bristol, Angleterre, font remarquer que « certains biologistes ont peine à imaginer la possibilité pour un organisme complet de rester viable pour une période prolongée après la suspension de tous les processus métaboliques. Ils pensent que si on



ED HOPE à gauche et Robert Ettinger, montrent à la télévision une des capsules de Hope. Entre les deux enveloppes on a fait le vide et placé un isolement réfléchissant. L'azote liquide est versé par le tuyau du haut, le gaz s'échappe par les ouvertures du couvercle.

peut les ralentir, ces processus ne doivent jamais s'arrêter, pour fournir l'énergie nécessaire au maintien de la complexité de l'organisme. »

Au point de vue strictement pratique, Michael Dolan, du National Naval Medical Center, fait remarquer que ce que l'on sait congeler, par exemple du sang, « n'implique pas la conservation de chaque cellule. » (Après la transfusion le corps se débarrasse simplement des cellules mortes et se sert des autres.) « Au contraire un organe comme le rein comprend des assemblages de cellules bien définis et indispensables, et presque toutes doivent surmonter le choc du froid si l'on veut retrouver par la suite un fonctionnement correct. »

Des recherches récentes ont découvert plusieurs autres pierres d'achoppement. Travaillant sur des greffons de peau de souris, J.K. Sherman, de l'école de médecine de l'université de l'Arkansas, pense avoir prouvé que le DMSO et le glycérol seraient à l'origine des dommages attribués au froid. Dans ce cas une amélioration de la technique ne supprimerait pas la difficulté ; il faudrait trouver un autre antigel.

Autre découverte troublante : le froid pourrait accélérer certaines réactions chimiques, au lieu de les ralentir comme on l'espérait. Ceci viendrait peut-être de l'augmen-

tation de la concentration des corps, que nous avons déjà signalée, ou d'une action catalytique de la glace. L'associé du chercheur qui a découvert ce phénomène, Norman Grant, des laboratoires Wyeth, dit : « Bien que la conservation (des tissus et des organes) se fasse en définitive à une température bien inférieure (100 degrés au-dessous par exemple) à celle où nous avons trouvé une accélération notable, des périodes relativement courtes d'une température supérieure, au cours du refroidissement ou du réchauffement, pourraient être dangereuses. »

Et encore Grant n'a peut-être qu'à moitié raison : un autre expérimentateur a constaté la détérioration d'un enzyme, l'aldolase, dans un tissu de culture conservé dans l'azote liquide, 95 degrés au-dessous du niveau estimé sûr par Grant.

Ceci ne trouble pas les chercheurs. Lillehei dit clairement qu'il espère congeler un animal tout entier, aussi gros qu'un chien, vers 1970. Il admet qu'il reste des « problèmes techniques ».

S'il en est ainsi, est-il vrai que la N.A.S.A. pense à congeler ses astronautes comme on le dit et comme les partisans de la congélation des morts le proclament ? « N'y pensez plus. Jamais ! » nous a répondu un représentant de la société. Jamais, c'est bien long. Peut-être, comme Lillehei, aurait-il pu dire : « Pas tout de suite ! »