

Zeitschrift: Actes de la Société jurassienne d'émulation
Herausgeber: Société jurassienne d'émulation
Band: 109 (2006)

Artikel: Le cœur artificiel et la transplantation cardiaque
Autor: Prêtre, René
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-550006>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 12.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Le cœur artificiel et la transplantation cardiaque

René Prêtre

Le présent article constitue le compte rendu d'une conférence sur la chirurgie cardiaque, donnée à la Section zurichoise de la Société jurassienne d'Emulation en novembre 2005.

Physiologie

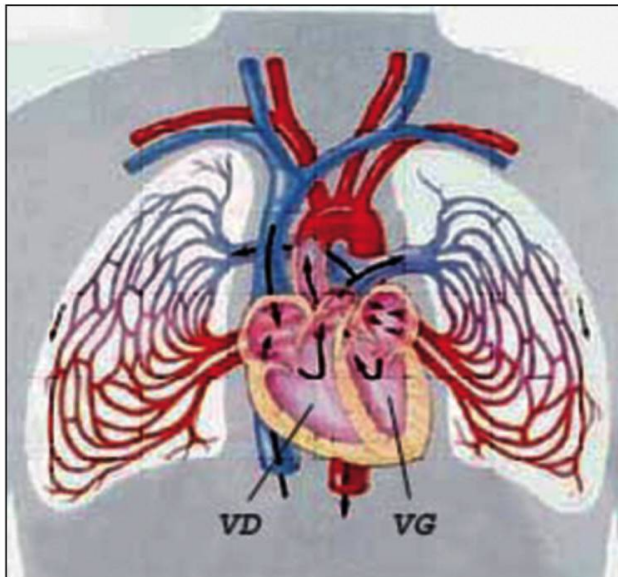


Figure 1 : Le complexe cœur-poumon. Le sang veineux, pauvre en oxygène (sang bleu), est pompé par le ventricule droit (VD) dans les poumons où il acquiert de l'oxygène. Le sang oxygéné (sang rouge) est pompé par le ventricule gauche (VG) dans l'aorte et le corps entier.

La circulation sanguine chez les mammifères est composée de deux circulations en série ayant chacune une source d'énergie (le ventricule) et un réseau de distribution (les capillaires) (figure 1). La circulation pulmonaire est une circulation à basse pression qui nécessite peu d'énergie. Ainsi, le ventricule droit est peu musclé. La circulation systémique (du corps) est une circulation à haute pression qui nécessite une source d'énergie forte. Le ventricule gauche est donc fortement musclé.

Le but de la chirurgie cardiaque est principalement

de réduire les pertes d'énergie (comme, par exemple, par la réparation ou le remplacement d'une valve qui s'ouvre ou se ferme mal) ou pour prévenir une perte de muscle (c'est le rôle de la chirurgie coronarienne dont le but principal est de prévenir l'infarctus du myocarde). Elle ne peut par contre pas grand-chose pour rendre le muscle cardiaque plus fort une fois celui-ci affaibli.

Indications au cœur artificiel

Divers mécanismes ou pathologies aboutissent à l'affaiblissement du myocarde. Cet affaiblissement peut être temporaire (par exemple lors d'une infection ou lors d'une atteinte toxique du myocarde) ou définitive, sans espoir de récupération. Les causes les plus fréquentes d'atteinte du myocarde sont les infarctus et des pathologies que l'on groupe sous le terme de cardiomyopathie. Il s'agit d'une atteinte vraisemblablement génétique du muscle cardiaque qui, sans raison apparente, va progressivement perdre sa force, sa capacité de contraction. Au fur et à mesure de cette évolution, les symptômes d'essoufflement et de fatigue apparaissent toujours plus précocement lors d'un effort pour finalement s'installer aussi au repos. A ce stade de la maladie, les médicaments ne peuvent plus aider de façon satisfaisante le muscle cardiaque et un support dit «mécanique» de la circulation est nécessaire pour empêcher une évolution fatale. Ce support mécanique va permettre au cœur de récupérer si son atteinte est réversible (indication appelée «bridge to recovery») ou va permettre d'attendre en toute sécurité un cœur à transplanter (indication appelée «bridge to transplantation»). En effet, le temps d'attente sur une liste de transplantation est souvent long et, sans support cardiaque adéquat, un nombre important de patients décède avant qu'un cœur ne soit disponible. Dans un futur proche, avec l'amélioration de leur performance technique, ces appareils deviendront peut-être une solution définitive. Le patient sera alors en permanence assisté par un cœur artificiel (indication appelée «destination therapy»).

Historique du cœur artificiel

Le cœur remplit une fonction de pompe assez simple d'un point de vue purement physique. L'idée de l'aider dans cette fonction n'est pas nouvelle. Au début des années 70, on a fabriqué beaucoup de machines, copiées sur les ventricules avec leurs valves, pour remplacer les ventricules défaillants. Le cœur était alors extrait et remplacé «in situ», en position orthotopique, par ce cœur artificiel (figure 2). Les ventricules artificiels étaient lourds et d'une extrême complexité. Leur alimentation en énergie nécessitait une console externe si grosse que le patient ne pouvait plus se mobiliser tout seul. De nombreux problèmes techniques sont apparus, qui étaient souvent mortels puisque la circulation sanguine dépendait entièrement de ce système. Un autre obstacle, très difficile à gérer avec la complexité de cet appareillage, fut la formation de caillots. Ceux-ci se forment au contact de surfaces «non biologiques», particulièrement aux endroits où apparaissent des turbulences¹. Ces caillots pouvaient bloquer une valve du cœur artificiel (et ainsi interrompre la circu-

lation) ou se détacher, être entraînés dans la circulation sanguine et obstruer une artère périphérique. L'obstruction d'une artère du cerveau (artères fréquemment atteintes) aboutit à un infarctus du territoire cérébral sous-jacent et à l'apparition d'une hémiplégie croisée. Ces complications dramatiques ont beaucoup freiné l'enthousiasme initial porté sur ces projets et aujourd'hui le cœur artificiel total, orthotopique, est peu implanté.

L'idée de laisser le cœur malade en place et de simplement l'assister (sans le remplacer) est apparue au milieu des années 1980. C'est l'assistance hétérotopique. L'avantage d'une assistance par rapport à un remplacement est que le cœur peut fournir lui-même une partie du travail circulatoire (voire son intégralité sur une courte période de temps si un élément de l'assistance doit être changé). De plus, le potentiel de récupération de certains myocardiocytes est conservé. Ces appareils d'assistance ont rapidement gagné en simplicité, ce qui s'est traduit par une meilleure fiabilité et une réduction de leurs complications.

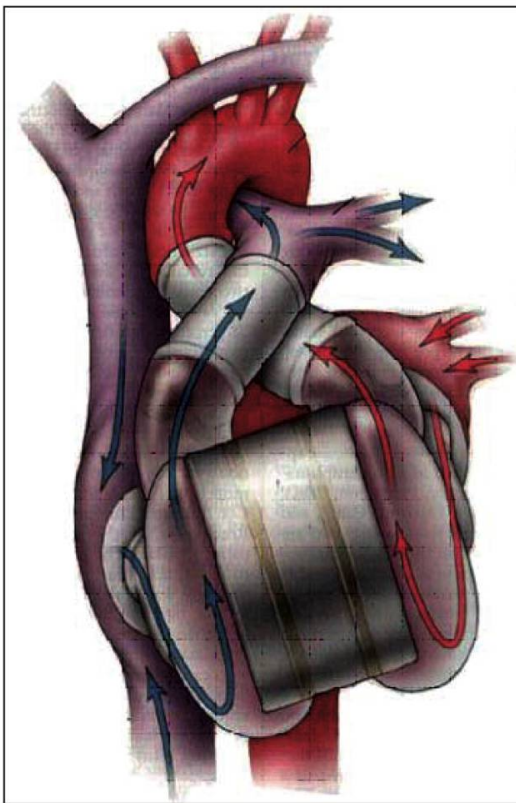


Figure 2: Cœur artificiel total. Ce cœur est implanté en remplacement du cœur natif qui a été extrait, et dont il occupe la place. Son énergie lui est fournie par une console externe, reliée au cœur artificiel par des câbles transcutanés.

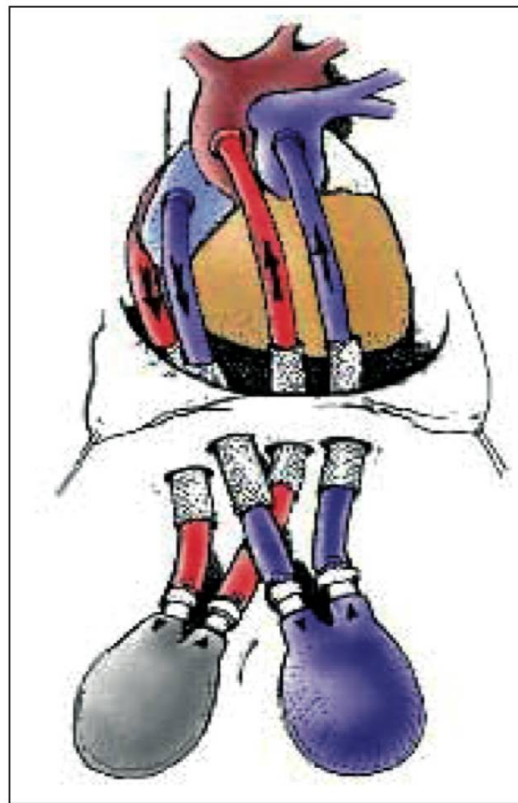


Figure 4: Assistance biventriculaire. Le ventricule droit (sang bleu) et le ventricule gauche (sang rouge) sont ici assistés. Les ventricules, ainsi que la console, sont à l'extérieur du corps.



Figure 3: Le Berlin Heart. Ce cœur artificiel, le plus populaire actuellement, a été développé à Berlin. Le ou les deux ventricules sont à l'extérieur du corps et sont reliés aux structures cardiaques par des canules et à une console. La console fournit l'énergie (en aspirant et expulsant de l'air dans le ventricule), contrôle les paramètres de fonction (fréquence cardiaque, pressions, etc.) et permet leur ajustement. En médaillon, la console mobile.

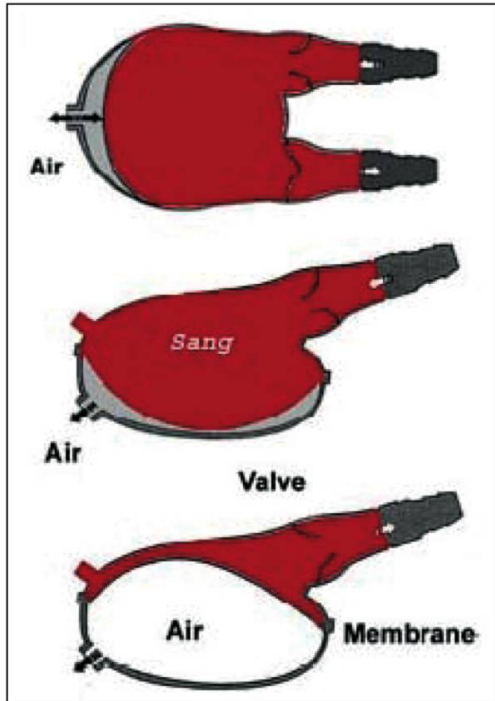


Figure 5: Le ventricule de la pompe paracorporelle (ici, le Berlin Heart) vu de face et de profil. Une membrane fait l'interface entre le sang et l'air. L'air aspire le sang du cœur puis l'expulse dans un des gros vaisseaux (l'artère pulmonaire et/ou l'aorte). Une valve à l'admission et une valve à l'échappement assurent un flux unidirectionnel.

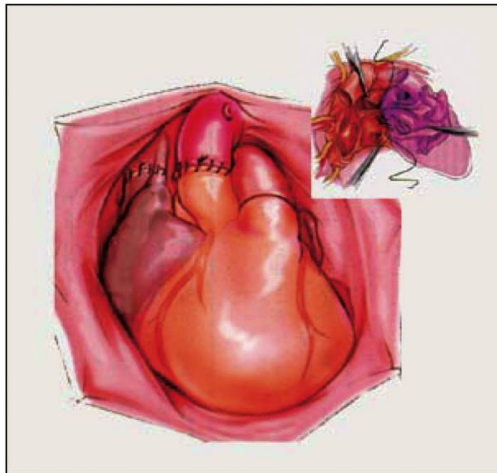


Figure 9: Transplantation cardiaque. Le cœur en phase terminale a été retiré et un cœur sain a été suturé aux gros vaisseaux, en position orthotopique. En médaillon, le détail de l'implantation du greffon cardiaque.

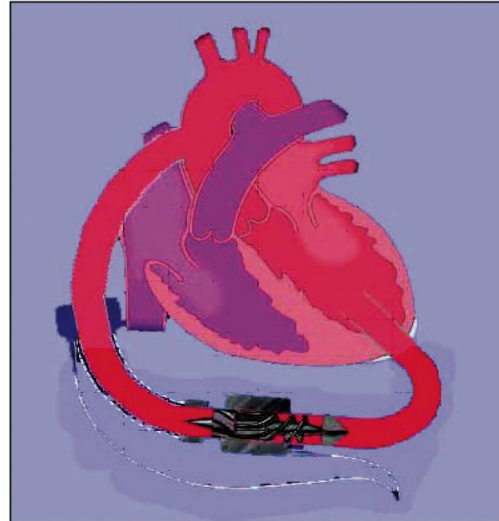


Figure 7: Pompe axiale. La pompe est connectée à la pointe du ventricule gauche et à l'aorte. Une vis sans fin, fonctionnant à la manière d'une hélice, assure un flux continu dans la pompe et dans l'aorte. Le système est extrêmement simple, il ne possède pas de valve.

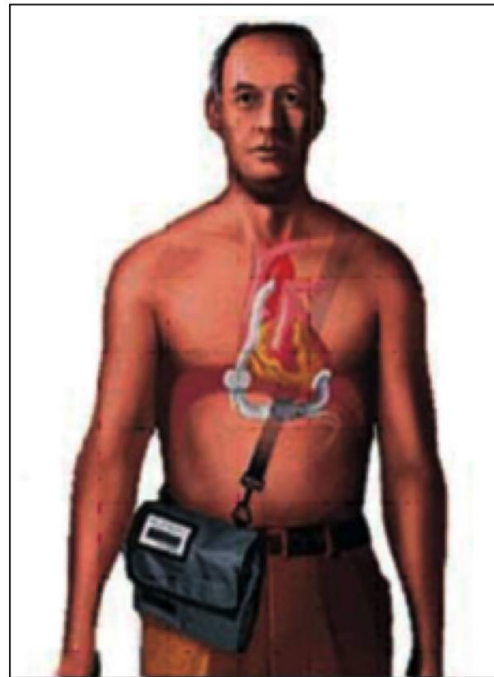


Figure 8: Vue d'ensemble de la pompe axiale. La pompe est à l'intérieur du corps. Elle est reliée à la source d'énergie par un câble de transmission. Le système est léger et peu encombrant. Le patient jouit d'une excellente autonomie.

Une percée décisive dans l'approche du cœur défaillant fut la découverte que la circulation pulmonaire pouvait se faire passivement (c'est-à-dire sans pompe) si les vaisseaux sanguins des poumons étaient normaux et que le ventricule gauche fonctionnait bien. L'assistance circulatoire pouvait ainsi être concentrée uniquement sur la circulation gauche (celle à haute pression) (figure 7). Avec l'utilisation d'un seul ventricule artificiel, les problèmes techniques et les complications infectieuses et thrombotiques furent ainsi diminués de moitié.

De nombreuses machines ont ainsi été développées. Actuellement, deux approches (plus complémentaires que concurrentielles) dominent le marché. La première approche (appelée «assistance para-corporelle») utilise un ventricule artificiel flanqué de deux valves (pour assurer un flux unidirectionnel du sang). Le ventricule est à l'extérieur du corps et fournit un flux sanguin pulsé (comme un cœur normal) dans l'aorte. Cette assistance peut être utilisée pour soutenir la circulation pulmonaire, la circulation systémique (corporelle) ou les deux à la fois (assistance biventriculaire). La deuxième approche (appelée par «pompe axiale»), d'apparition plus récente, utilise une vis sans fin qui, à grande vitesse, arrive à produire un flux sanguin continu suffisant pour satisfaire les besoins du corps. La pompe sanguine est située à l'intérieur du corps, au voisinage du cœur.

L'assistance para-corporelle

Il s'agit d'une assistance cardiaque avec un ventricule artificiel, des canules et une console (figure 3). Le ou les ventricules sont placés à l'extérieur du corps et sont reliés aux structures cardiaques par des canules (figure 4). Le ventricule artificiel est composé d'une chambre séparée par une membrane étanche et très souple (figure 5). D'un côté de la membrane se trouve de l'air et de l'autre le sang. L'air est alternativement aspiré puis injecté sous pression dans la chambre gazeuse et son énergie est transmise, par la membrane, au sang. Deux valves, à l'entrée et à la sortie du ventricule, assurent un flux unidirectionnel du sang. Le flux sanguin est pulsé et peut être augmenté, selon les besoins, jusqu'à 7 ou 8 litres par minute.

Cette assistance s'est révélée extrêmement efficace et fiable. Malgré une certaine complexité, elle ne présente pratiquement jamais de défaillance technique et peut être utilisée dans des situations de réanimation (contrairement à la pompe axiale). Grâce à sa palette large de canules et ventricules, elle permet de supporter toute personne, de l'enfant de 3 kg à l'adulte de 100 kg (figure 6). La console, qui fournit le tableau de bord et l'énergie est connectée à une prise électrique domestique. Elle possède deux accumulateurs qui garantissent une autonomie de trois heures. Le



Figure 6: Exemple d'un enfant de quatre ans assisté pendant quatre mois par un système biventriculaire jusqu'à la réalisation d'une transplantation cardiaque. Le système, bien qu'encombrant permet une mobilisation du patient et lui permet d'attendre à domicile sa greffe cardiaque.

patient peut ainsi se déplacer, tout en mobilisant lui-même sa console, et rentrer chez lui. Bien sûr, cette assistance est indiquée comme pont pour récupération cardiaque ou pour transplantation. Une assistance définitive de type «destination therapy» est inconcevable avec un système aussi lourd.

La pompe axiale

C'est actuellement le dernier des systèmes développés. Il est le plus simple et, en raison de cette simplicité, est un des plus fiables. Il ne peut soutenir que le ventricule gauche (l'anatomie du ventricule droit ne se prête pas à son implantation), c'est-à-dire la circulation systémique. L'assistance isolée du ventricule gauche est suffisante pour améliorer la qualité de vie de 80 % des patients en insuffisance cardiaque et pour les maintenir en état de stabilité jusqu'à ce qu'une transplantation soit possible ou que leur cœur se soit rétabli. Le complexe se compose d'une unité interne (la canule d'admission, la vis hélicoïdale et le tube de Dacron) (figure 7) et d'une unité externe (la console qui fournit l'énergie). Les deux unités sont reliées par un câble qui traverse la peau et transmet l'énergie à la pompe interne (figure 8). La pompe axiale tourne à une vitesse située entre 6000 et 8000 rotations par minute. Avec cette vitesse, elle génère un débit fluctuant entre 3,5 et 5 litres par minute. Ce flux est continu, sans pulsation; il n'y a donc pas besoin de valves pour maintenir un flux antégrade. La console est reliée à une source d'énergie par une prise électrique classique. Elle est portable et possède deux batteries qui assurent une autonomie de 3 heures chacune. Ainsi, le patient peut sortir et entreprendre quelques tâches domestiques. Son indépendance est cependant limitée et actuellement ne permet pas une intégration complète dans la vie sociale et professionnelle. L'amélioration de la transmission d'énergie et de l'autonomie des batteries permettront peut-être un jour de proposer ce support cardiaque comme solution définitive (destination therapy). Des systèmes de transmission d'énergie transcutanée (sans câble) sont à l'étude. Ces systèmes éviteraient les infections qui, à la longue, se développent toujours le long du câble de connexion.

Le grand avantage de la pompe axiale est sa simplicité et le peu d'énergie qu'elle nécessite. Cette pompe a toutefois des limites. Elle ne peut fournir que 3 à 4 litres par minute. Une augmentation des rotations

entraîne une dégradation des éléments sanguins (globules rouges, globules blancs et plaquettes) et conduit à des complications systémiques, en particulier rénales. Ce débit devient insuffisant en cas d'infection ou de gros stress corporel.

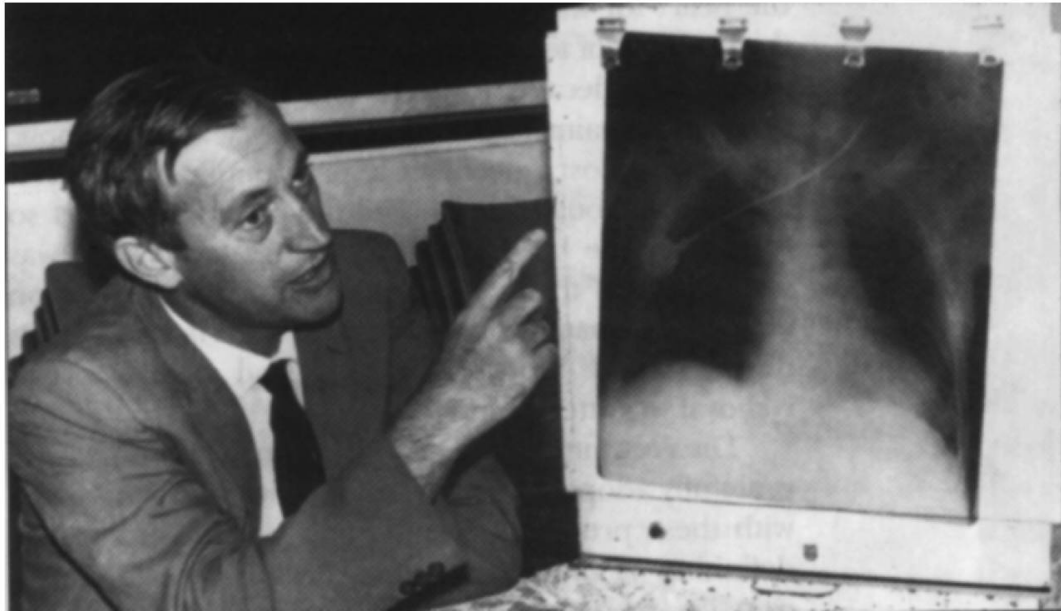


Figure 10: Christiaan Barnard montrant la radiographie du thorax du premier greffé cardiaque. Le patient survivra 17 jours à cette transplantation et sera emporté par une infection.

La transplantation cardiaque

La transplantation cardiaque est la solution ultime pour toute maladie cardiaque évolutive et devenant réfractaire au traitement médical (figure 9). La première transplantation cardiaque fut réalisée par Christiaan Barnard à Cap Town en Afrique du Sud le 3 décembre 1967 (figure 10). Cet exploit, déjà à l'époque fortement médiatisé, fut rapidement suivi par une vague de déception et de scepticisme. Le rejet de l'organe transplanté, mal maîtrisé, limitait fortement la survie des greffés. L'enthousiasme pour la transplantation cardiaque est réapparu vers le début des années 1980 grâce au développement d'un nouveau médicament immunosuppresseur très efficace: la cyclosporine. La transplantation connaît alors un pic mondial dix ans plus tard. Dès le milieu des années 1990, le nombre de transplantés régresse en raison principalement d'une diminution du nombre des donneurs. La prévention routière et quelques changements dans la réanimation de patients gravement atteints expliquent ce déclin. Le manque de donneurs a relancé l'intérêt de développer une assis-

tance cardiaque définitive (destination therapy). Il est aujourd'hui difficile de prédire si les travaux intenses dans les matériels biocompatibles et dans les transmetteurs d'énergie transcutanés permettront de créer des machines capables s'assister le cœur en permanence, sans risque infectieux et sans complication majeure.

René Prêtre, né en 1957 à Boncourt, a effectué son progymnase et son gymnase à l'Ecole Cantonale de Porrentruy avec obtention de la maturité en 1976.

Diplômé de médecine de l'Université de Genève en 1982, il effectue une formation de chirurgie générale, puis de chirurgie cardiaque et enfin de chirurgie cardiaque pédiatrique. Trois séjours de formation à l'étranger, à New York (1988-1990), Londres (1994) et Paris (2000) le conduisent, en 2001, à devenir Professeur à l'Université de Zurich et Médecin-chef de l'Unité de chirurgie cardiaque pédiatrique de Zurich.

GLOSSAIRE

Myocarde: muscle cardiaque

Cardiomyopathie: maladie du muscle cardiaque

Circulation systémique: circulation du corps (dépendante de l'aorte)

Infarctus: mort cellulaire (habituellement par déprivation d'oxygène)

Hémiplégie: paralysie d'un hémicorps

Orthotopic: en position anatomique

Hétérotopic: en position non anatomique

Thrombose: caillot sanguin

Bridge to recovery: pont vers la récupération

Bridge to transplantation: pont vers la transplantation

Destination therapy: thérapie définitive

NOTES

¹ Ce problème est aujourd'hui toujours présent et chaque patient sous assistance circulatoire reçoit plusieurs médicaments «anti-coagulants». Les dernières générations de ces médicaments, une meilleure maîtrise de cette thérapie et l'amélioration de la compatibilité des surfaces non-biologiques font que le risque de formation de caillots aujourd'hui est faible et tout à fait acceptable.

