

# ASSISTANCES CIRCULATOIRES PULSÉES, APPLICATIONS CLINIQUES

PAR M. MONTIES, R. DEVIN, R. COURBIER,  
J. TORRESANI, H. BRANDONE, F. BÉNADY,  
J. MARTIN, B. GARABÉDIAN, E. HENRY,  
A. JOUVE ET G. BENOIST \*

Kuhn écrivait en 1962 que les indications chirurgicales de la circulation extra-corporelle pourraient bientôt être beaucoup moins nombreuses que les applications médicales, dont le domaine ne cesserait d'augmenter.

Il est certain que les progrès considérables qui ont permis l'extension actuelle de la chirurgie cardiaque ont fait de la C.E.C. une méthode de routine sûre et le plus souvent simple.

L'application de cette technique à des atteintes médicales a rapidement paru séduisante. Le but primitif a été de diminuer le travail du cœur en chargeant une pompe d'effectuer une partie plus ou moins importante de la circulation. Puis est apparue la notion d'amélioration de la vascularisation du myocarde : l'élévation de la pression diastolique devant augmenter la circulation coronaire et faciliter en particulier l'établissement de voies collatérales après obstruction coronaire. Une certaine confusion s'est établie, et nous verrons le rôle et les indications respectives des diverses méthodes d'assistance circulatoire, telles qu'on peut les envisager actuellement.

Les circulations assistées à débit continu ont d'abord été utilisées : l'expérimentation et les premières applications cliniques ont montré leur insuffisance et leurs dangers.

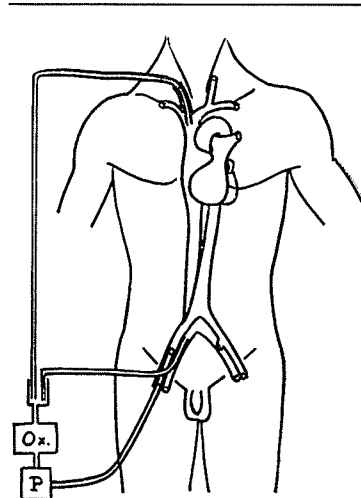
Les circulations veino-artérielles comportaient (fig. A) :

- un prélèvement de sang veineux dans les territoires caves par canulation des veines fémorales ou jugulaires;

- un circuit extra-corporel, constitué d'un oxygénateur et d'une pompe;
- une ligne artérielle injectant le sang oxygéné dans une artère de gros calibre, l'artère fémorale le plus souvent. Cette dérivation permettait de soulager le cœur droit, réalisant en quelque sorte une saignée permanente et espérait compléter l'activité insuffisante du ventricule gauche.

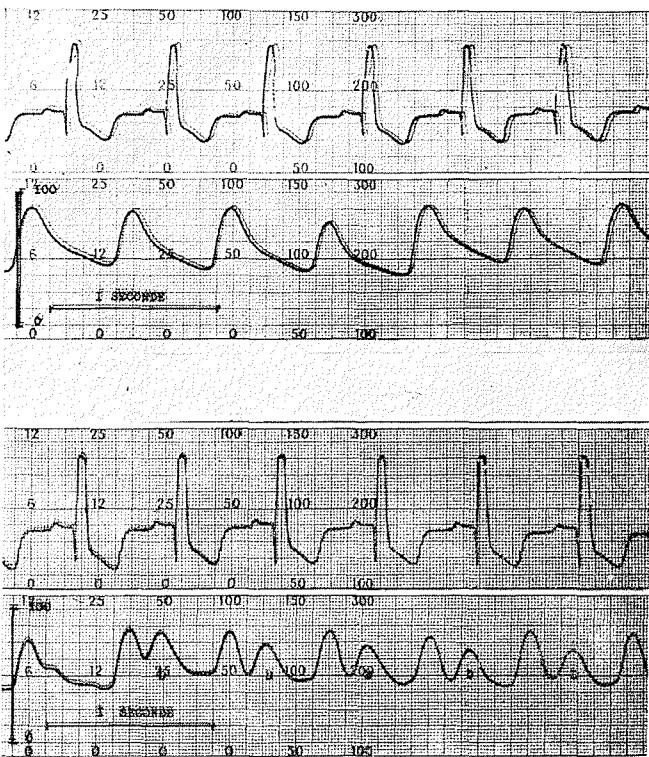
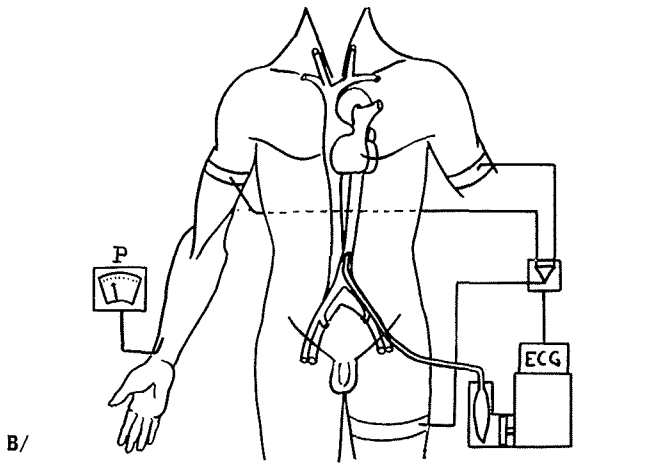
Nous pouvons relater l'observation d'une malade de trente-six ans, arrivée au stade ultime d'une double insuffisance mitrale et tricuspide, cachectique, grabataire depuis dix ans, rebelle à toute action thérapeutique médicale. Nous avions décidé, en accord avec la malade, de tenter une intervention chirurgicale, malgré son risque majeur.

Redoutant les conséquences de l'induction anesthésique et de la thoracotomie, nous installons, à l'anesthésie locale, une circulation d'assistance veino-artérielle (veine jugulaire externe-artère fémorale). Cette circulation, maintenue à un débit de 600 à 800 cm<sup>3</sup>/mn pendant 45 mn, permet de pratiquer l'anesthésie, l'intubation trachéale et la thoracotomie en toute quiétude. Sitôt les canulations caves effectuées, la circulation extra-corporelle avec exclusion cardiaque autorise la



A/

\* Centre Cantini et Laboratoire d'Anatomie appliquée et de Chirurgie expérimentale, Marseille.



C/

mise en place de deux valves de Starr : mitrale et tricuspide.

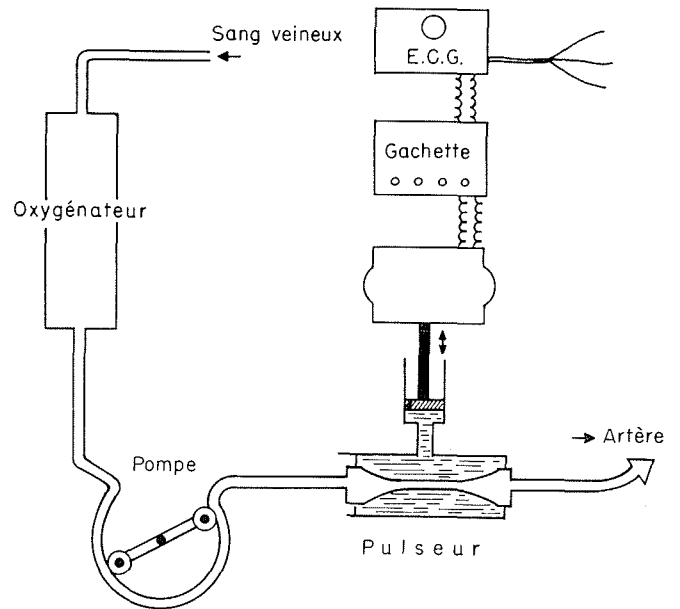
Les avantages de l'assistance ont été :

- la possibilité de manœuvres délicates chez une malade dans cet état;
- la nette amélioration des courbes de pression artérielle : après 30 mn d'assistance, on notait une ascension plus franche de la courbe tensionnelle avec augmentation de la tension différentielle;
- redémarrage immédiat d'un cœur efficace dès l'arrêt de la C.E.C. après réparation.

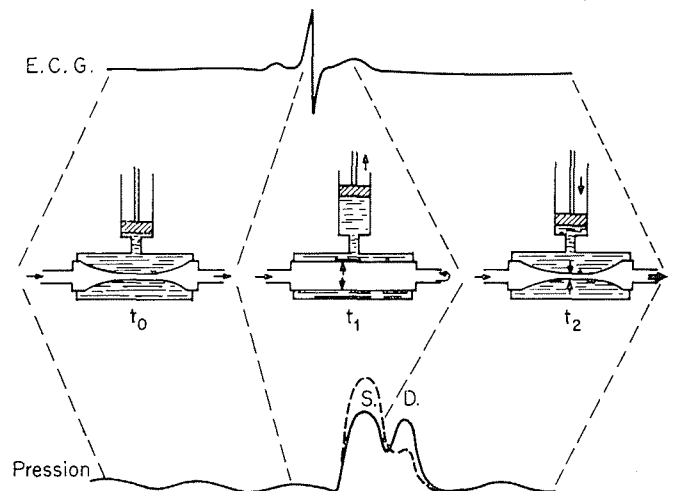
Malgré un état général déplorable, les suites cardiaques furent simples, spectaculaires même. Malheureusement, la malade est décédée brusquement le dixième jour, d'un accident de trachéotomie.

Cette observation paraît souligner la valeur de ces assistances; mais des objections importantes leur sont opposées :

- le débit inconstant et difficile à contrôler du retour veineux et la difficulté à équilibrer la perfusion d'assistance;



1/ Circulation assistée pulsée : montage.



2/ Circulation assistée pulsée : principe de fonctionnement.

— la complexité de fixer le débit idéal : trop faible, et l'assistance est inefficace, suffisant, et la réinjection artérielle à contre-courant, s'opposant à l'éjection ventriculaire gauche, augmente la pression dans cette cavité, entrave le jeu sigmoïdien normal, entraîne en quelque sorte un véritable « forçage » du ventricule gauche.

Ce phénomène peut se voir en particulier à la fin d'une intervention chirurgicale, lorsque une déficience myocardique nécessite une longue assistance : la compétition entre le cœur et la pompe, si elle est prolongée, risque d'être à l'origine d'une inefficacité cardiaque irréversible.

Les procédés de CIRCULATION PULSÉE semblent être un progrès déterminant.

Nous avons eu l'occasion d'utiliser deux types de circulation pulsée :

- la contre-pulsation diastolique, artério-artérielle;
- l'assistance circulatoire pulsée, veino-artérielle.

## La contre-pulsation diastolique

Mise au point par Harken, a été expérimentée dans le laboratoire du Pr. Henry par le Dr. Torrèsani et le Pr. Devin.

Rappelons brièvement le principe (fig. B) : une canule placée dans une artère de gros calibre est reliée à une cavité dont les contractions et les relâchements peuvent être synchronisés par rapport aux contractions cardiaques : la cavité s'emplit par aspiration durant la systole ventriculaire et se vide pendant la diastole. Ainsi la petite saignée systolique soulage le ventricule gauche en diminuant les résistances périphériques, l'injection lors de la diastole augmente sa pression, favorisant ainsi la perfusion coronaire.

Après une étude expérimentale qui a été rapportée par le Dr. Torrèsani, la technique a été appliquée à quatre malades au Centre Cantini. Voici leurs observations résumées (*in* Thèse de J. P. Poirier, 1964).

Obs. 1. — M. B., cinquante-cinq ans, hospitalisé le 5 mars 1964 pour O.A.P. Ce malade a présenté : en juin 1958, un infarctus antérieur, avec récédives en janvier 1959 (infarctus septal) et en juillet 1963, infarctus postérieur). La cardiopathie, compensée jusqu'en février 1964, s'aggrave, et le malade présente le 5 mars une crise d'œdème aigu du poumon avec chute tensionnelle. Malgré le traitement, et après une amélioration passagère et incomplète, un nouvel accès avec collapsus survient le 11 mars. Ce tableau d'insuffisance ventriculaire gauche permanente et irréductible fait poser l'indication d'une C.P.D.

Sous anesthésie, on pratique la canulation de l'artère fémorale gauche (Bardic n° 20) et de l'artère radiale gauche (pour contrôle de la pression artérielle). La contre-pulsation est commencée avec une temporisation nulle et un volume pulsé égal à 17 ml. La modification de la courbe de pression est obtenue, mais les variations sont de faible amplitude; la temporisation est modifiée, et le volume pulsé augmenté à 25 ml. La C.P.D. est poursuivie une heure (fig. C).

Les suites permettent de noter une amélioration : suppression de la dyspnée, net assèchement bronchique à l'auscultation, reprise de la diurèse. Aucune perturbation ionique ou métabolique n'est trouvée. Cet état satisfaisant se maintient pendant une semaine, avec persistance toutefois d'un galop à l'auscultation cardiaque.

Le 21 mars, l'état du malade s'aggrave et un arrêt cardiaque irréversible survient le lendemain.

Obs. 2. — M. A., quatre-vingt-cinq ans, est hospitalisé le 21 mars 1964 pour infarctus du myocarde. Ce malade a subi un mois auparavant une amputation de la cuisse gauche pour gangrène artéritique et a constitué dans les suites un infarctus antérieur. Il récidive le 20 mars. A son entrée, il est en collapsus, presque inconscient, avec une tension basse et instable mais assez sensible aux analeptiques majeurs. Une C.P.D. est entreprise d'urgence.

On se heurte à des difficultés au niveau de l'artère fémorale qui est athéromateuse et présente un diamètre intérieur rétréci, admettant cependant une canule Bardic n° 20. La C.P.D. est poursuivie 1 h 35 mn et entraîne une nette amélioration : retour à la conscience, recoloration des téguments, stabilisation de la T.A. entre 100 et 110 mm Hg.

Cependant son état reste très grave jusqu'au lendemain; un mieux sensible apparaît; il sera de courte durée, des signes d'ischémie apparaîtront au niveau du membre inférieur droit. Le 24 mars, le malade meurt subitement.

Obs. 3. — Il s'agit d'une tentative de contre-pulsation chez un homme jeune atteint de thrombo-angéite de Boerger et qui présentait une I.V.G. consécutive à un infarctus. L'artériopathie rendit impossible la réalisation de la C.P.D.

Obs. 4. — Chez un malade de cinquante et un ans, atteint d'infarctus, une contre-pulsation dut être abandonnée après une demi-heure en raison des douleurs intolérables au niveau du membre inférieur dues à une ischémie causée par la canulation artérielle.

Ces observations ne sont pas encourageantes : il s'agissait en fait d'indications limitées chez des malades extrêmement graves. Elles nous ont permis cependant de constater une amélioration de brève durée chez les deux malades qui ont subi une C.P.D. A quoi nous pouvons attribuer ces résultats? L'évolution clinique ne permet pas de penser à une amélioration de la circulation coronaire; l'assistance cardiaque par diminution du travail doit alors être envisagée, permettant au myocarde forcé de récupérer un certain tonus et d'être plus sensible à la thérapeutique tonocardiaque.

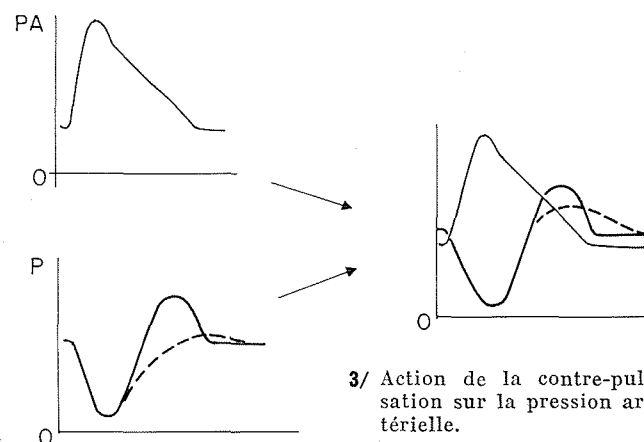
La tolérance a été bonne dans le premier cas. Le terrain artériel a été à l'origine de difficultés et d'impossibilité dans les autres cas. Nous verrons plus loin ce qu'il faut en penser et les moyens de diminuer les conséquences de la canulation artérielle.

## La circulation veino-artérielle pulsée

Utilise un cœur poumon simplifié (sac oxygénateur « disponible ») mais un dispositif placé sur la ligne d'injection artérielle transforme le flux à peu près continu de la pompe en un flux intermittent, synchronisé avec les battements cardiaques.

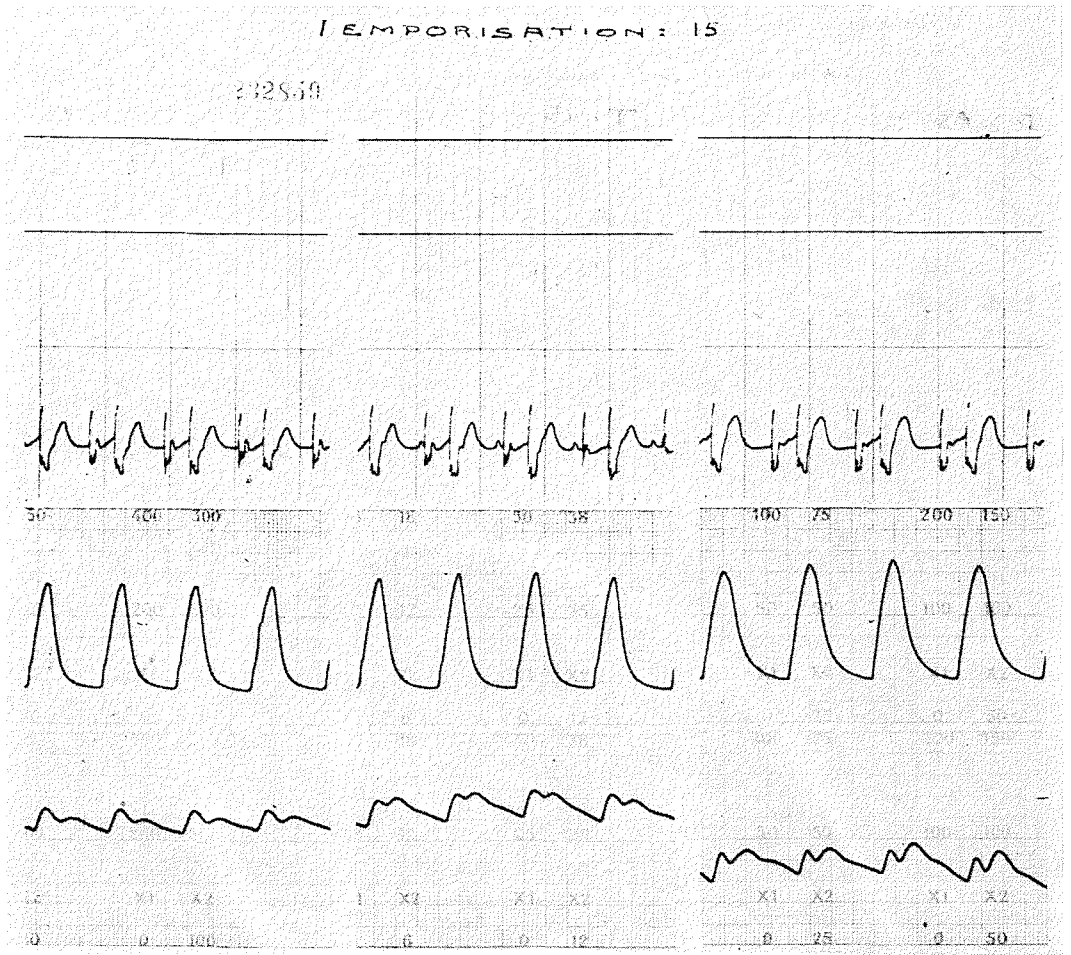
Ce dispositif est constitué par un tube de latex (fig. 1), intercalé sur la ligne artérielle, et enfermé de façon étanche dans un tube rigide. Ce cylindre extérieur rigide est relié au « ventricule » de l'appareil de contre-pulsation par une tubulure épaisse; « ventricule », tubulure et cylindre sont remplis d'eau.

A la position de départ, le tube est comprimé par la pression hydraulique, le piston du contre-pulsateur étant en position de contre-pression : le tube de latex présente donc une capacité minimale sans opposer toutefois de résistance au flux de la pompe artérielle (fig. 2). Lorsque survient la systole ventriculaire, la gâchette électronique déclenche le

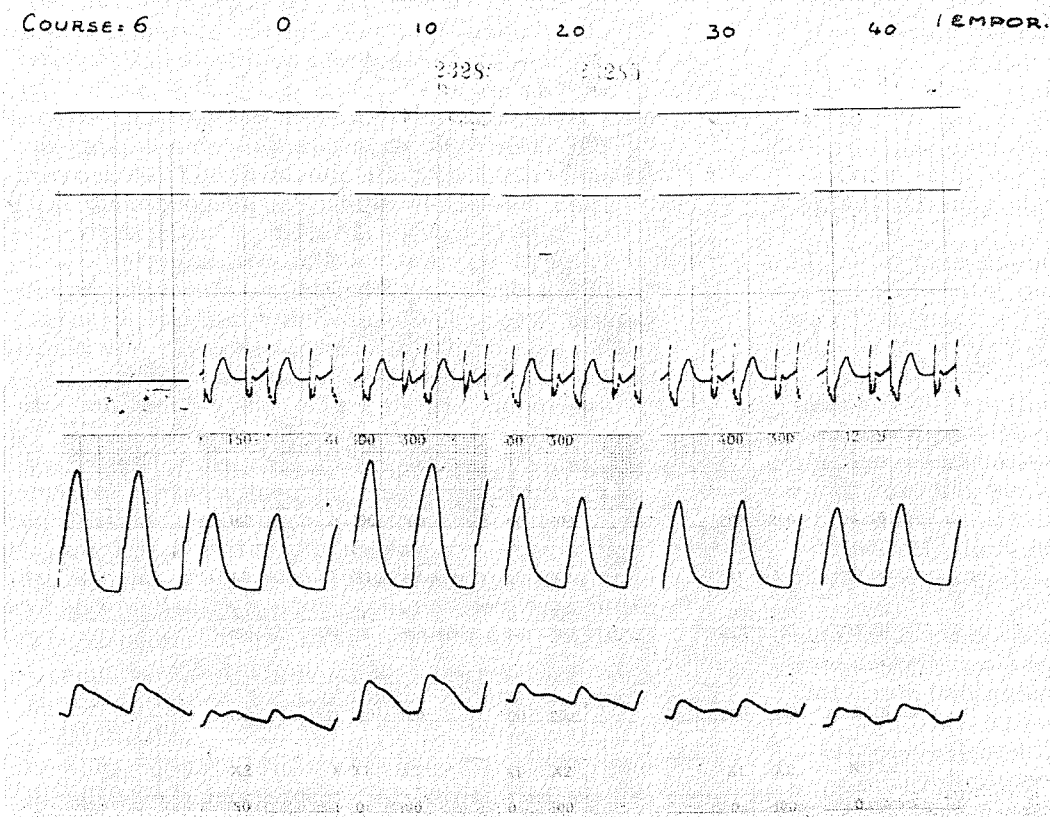


3/ Action de la contre-pulsation sur la pression artérielle.

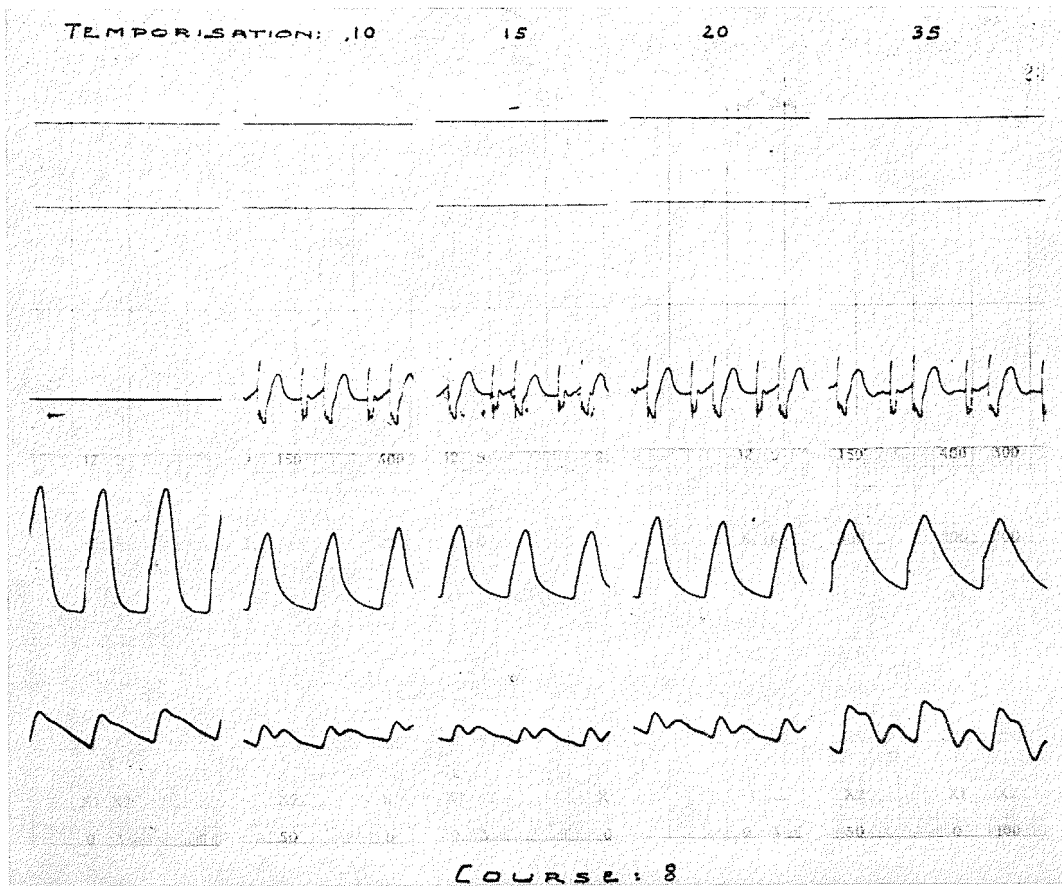




7/ Variations de la course.



8/ Variation de la temporisation, mais course trop faible.



9/ Variations de la temporisation.

— soit en augmentant la *vitesse* du moteur du contre-pulsateur, ce qui entraîne un raccourcissement du temps de pulsion (fig. 10).

Un nouvel appareillage, en cours de réalisation, permettra en outre de régler la vitesse de déplacement du piston du C.P. et de modifier ainsi la pente des courbes d'aspiration et de pulsion.

L'expérimentation sur l'animal a permis des assistances circulatoires prolongées avec des débits égalant le 1/3 à la 1/2 du débit circulatoire normal.

Nous avons utilisé cette assistance dans deux cas, en fin d'intervention chirurgicale sous circulation extra-corporelle :

- une fois de principe, chez une malade ayant subi la cure d'une communication inter-auriculaire, la C.E.C. a été prolongé 10 mn sans décharge des cavités gauches : il n'y a pas eu de compétition entre le ventricule gauche et la pompe;
- le second cas est plus dramatique : il s'agissait d'une fillette opérée de tétralogie de Fallot : en fin d'intervention, l'incapacité du ventricule gauche à assurer une circulation suffisante nous a amené à l'assister pendant 2 h, espérant ainsi l'adapter à ces nouvelles conditions. Malheureusement, nous avons dû abandonner sans avoir obtenu de résultat.

Nous n'avons pas encore utilisé cette technique pour tenter d'améliorer une insuffisance cardiaque médicale, mais nous nous proposons de le faire très prochainement.

L'application des circulations assistées pulsées à la clinique pose des *problèmes pratiques* :

#### 1. — LA CANULATION ARTÉRIELLE.

La mise en place d'une canule artérielle longue

remontant jusque dans l'aorte amène à formuler deux objections :

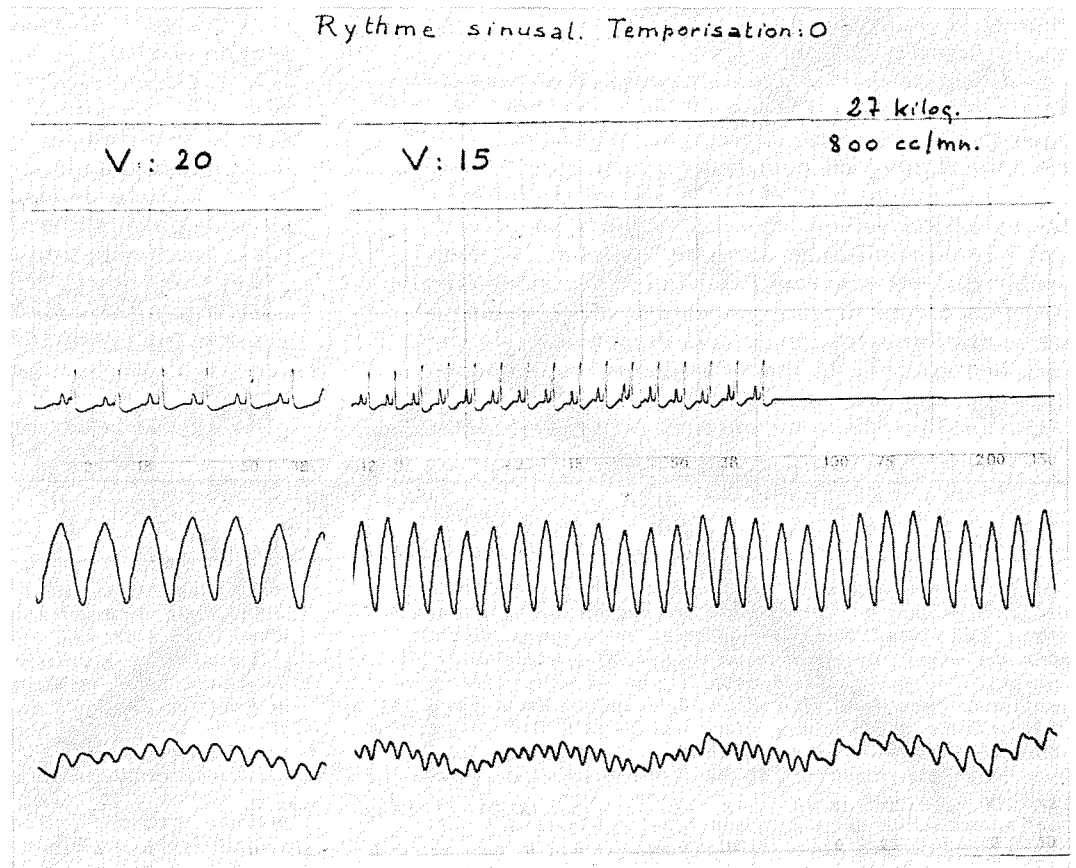
- l'une théorique : la transmission trop brutale des impulsions diastoliques, mal amorties par un lit vasculaire peu élastique pourrait être, pour Callaghan, à l'origine de rupture vasculaire distale, surtout fâcheuse au niveau des artérioles cérébrales;
- l'autre certaine : l'atteinte des parois artérielles par l'athérome et la courbure anatomique normale des artères iliaques dans le bassin, parfois exagérées par le vieillissement, pourraient expliquer des lésions artérielles au contact d'un cathéter rigide et de diamètre important.

En fait ces longs cathéters, qui paraissent indispensables lors de l'aspiration systolique du contre-pulsateur pour éviter un phénomène de clapet, deviennent inutiles si on utilise une aspiration systolique moins brutale : une courte canule métallique du type de celles utilisées pour les C.E.C. est préférable et n'expose pas à ces inconvénients.

La canulation artérielle peut s'avérer extrêmement douloureuse chez un malade conscient par le clampage fémoral qu'elle entraîne. En fait, la canulation au niveau de l'artère fémorale superficielle avec une canule courte met à l'abri de ces troubles circulatoires.

#### 2. — LE CONTROLE DE LA PRESSION ARTÉRIELLE.

En raison du retard dû à la propagation de l'onde de contre-pulsation, il serait souhaitable de mesurer la pression aussi près que possible des orifices coronaires. La mesure idéale est effectuée avec une sonde placée en position sus-sigmoïdienne par cathétérisme huméral. L'expérience a montré



10/ Adaptation de la circulation pulsée à un rythme cardiaque très rapide.

que la simple ponction d'une artère radiale ou humérale permettait un réglage satisfaisant du contre-pulsateur.

### 3. — LA DURÉE DE L'ASSISTANCE.

Il est encore difficile d'apprécier la durée efficace d'une assistance cardiaque : la durée est limitée par des phénomènes métaboliques et par l'hémolyse.

Nous pensons que seule l'appréciation de l'état clinique, des modifications de la courbe tensionnelle et de l'E.C.G. permettra, avec l'expérience, de fixer la durée d'une assistance.

De nombreuses inconnues subsistent encore et seule l'expérimentation permettra de préciser la technique, les indications et les résultats à attendre des assistances circulatoires pulsées. Actuellement il semble que deux types de circulations extracorporelles pulsées demeurent, avec des indications différentes.

### Etat actuel et avenir des C.E.C. pulsées

Deux types d'indications se précisent :

- l'insuffisance cardiaque gauche, droite ou globale, post-opératoire ou médicale;
- l'ischémie du myocarde.

Ce démembrement est logique, car les applications sont différentes, et dans la technique de contre-pulsation et dans le moment de son utilisation.

L'augmentation diastolique artério-artérielle paraît réservée à l'ischémie myocardique. A ce titre, comme l'a souligné Harken, elle doit être effectuée dans les premières heures de l'oblitération coro-

naire : c'est durant cette période que l'augmentation de la pression de perfusion des coronaires pourra ouvrir des shunts, créer ou développer une circulation collatérale.

L'augmentation diastolique paraît ne pas devoir être associée à un abaissement de la pression systolique, l'écrêtage systolique étant inutile. Le déclenchement de l'onde diastolique peut être commandé soit par l'onde R de l'E.C.G., soit par la montée systolique de la pression artérielle.

Le traitement de l'I.V.G. secondaire à certains infarctus, par contre, n'intervient pas à la même période et il semble qu'il soit préférable de pratiquer un « by-pass » veino-artériel pulsé avec amélioration diastolique.

L'assistance pulsée veino-artérielle, déjà utilisée en fin d'intervention sur un cœur défaillant verra ses indications s'étendre à l'insuffisance cardiaque médicale.

Les indications chirurgicales semblent être :

- les obstacles au travail du ventricule droit. L'embolie pulmonaire massive en est l'exemple le plus remarquable : l'assistance préluant à une intervention d'embolectomie a pu être à flux continu, car de courte durée; l'assistance pulsée paraît un progrès, surtout si l'on envisage l'application d'une thérapeutique thrombolytique;
- les inefficacités myocardiques en fin de cure chirurgicale d'une cardiopathie grave;
- l'hypothermie profonde avec arrêt circulatoire sans thoracotomie.

Une expérimentation avait été effectuée sur vingt-neuf chiens, mais l'absence de pulsation

entraînait rapidement une compétition entre le cœur et la pompe et une insuffisance ventriculaire gauche irréversible.

L'utilisation de la circulation pulsée doit permettre de la réaliser, et nous allons reprendre cette expérimentation. Les applications pourraient être très importantes, en neuro-chirurgie surtout.

Les indications médicales paraissent promises à une extension rapide, chez les malades ne présentant pas d'insuffisance aortique, toutefois. Il nous semble que les séances d'assistance devraient être associées à une diurèse provoquée, voire même à une épuration extra-rénale, afin de pouvoir agir sur l'augmentation de la masse sanguine, conséquence et facteur aggravant de l'insuffisance cardiaque.

L'utilisation des membranes semi-perméables

dans des unités à triple rôle dialyseur, oxygénateur et échangeur thermique apportera peut-être un progrès décisif.

Une difficulté persiste : le problème de l'hémolyse. Ces variations brutales de débit dans une canule relativement étroite sont à l'origine d'une destruction globulaire limitant la durée d'une assistance. L'étude de circuits, de canules et de dispositifs de pulsion nouveaux, apporteront, nous l'espérons, une amélioration certaine.

Les assistances circulatoires pulsées ne sont encore que peu sorties du stade expérimental. Nous pensons qu'elles sont promises à une extension importante : qui aurait imaginé, il y a seulement dix ans, le développement actuel de la chirurgie cardiaque sous circulation extra-corporelle?

Président : M. REMENIERAS

M. MORET demande à M. MONTIES s'il a observé des troubles circulatoires du côté opposé à l'endroit de la canulation. Au niveau fémoral, on crée, au moment de la contre-pulsation, un renversement du débit circulatoire, susceptible de provoquer, dans la région de l'iliaque, une insuffisance circulatoire chez des malades qui souffrent d'une athérosclérose des membres inférieurs. Or, MM. HINGLAIS et GOURGON ont établi des courbes de vitesse enregistrées dans la contre-pulsation : il serait peut-être intéressant qu'ils les présentent.

M. MONTIES répond qu'il a remarqué seulement des phénomènes d'ischémie chez certains malades mais pas de renversements circulatoires spoliant considérablement l'artère; ces phénomènes lui paraissent peu admissibles étant donné les faibles quantités pulsées.

M. DEVIN ajoute quelques remarques à l'exposé et à la réponse de M. MONTIES :

— Du point de vue clinique, il ne fallait pas s'attendre à des résultats spectaculaires, étant donné l'état précaire et le peu de chance de survie des malades traités (infarctus du myocarde rebelles ou récidivants). Mais la contre-pulsation appliquée au cours d'une crise a provoqué une amélioration clinique indiscutable qui se manifeste au bout d'un quart d'heure ou d'une demi-heure de fonctionnement de l'appareil. Les craintes de dyspnée, pendant ce régime circulatoire, avec double onnée sanguine, ne se sont pas confirmées. Le procédé est d'ailleurs applicable sur un malade en mauvais état, car il nécessite uniquement une dénudation des artères fémorale et radiale qui peut être faite sous anesthésie locale et au lit même du malade.

— Le deuxième problème est un problème de « tuyauterie », consistant à placer des canules chez les sujets âgés :

a) *Lorsque les vaisseaux étaient athéromateux*, dans ce cas, M. DEVIN a été obligé de renoncer, l'artère étant totalement impossible à cathétériser; dans deux autres cas, il a pu passer la canule, la remonter suffisamment haut, mettre un lien temporaire qui entoure l'artère à l'endroit de la canulation et faire la contre-pulsation. Pour répondre à M. MORET, M. DEVIN précise qu'il n'a pas observé de troubles circulatoires du côté opposé. Les sujets peuvent faire bouger leurs doigts de pied et n'éprouvent pas de douleurs particulières au niveau du lit fémoral, sans doute parce que leur système artériel déjà athéromateux est habitué à vivre dans des conditions hémodynamiques assez précaires. Comme l'a dit M. MONTIES, la contre-pulsation a été arrêtée au bout d'une heure.

b) *Lorsque l'artère n'était pas athéromateuse* (cas d'un sujet plus jeune), l'appareil a fonctionné pendant deux heures, mais a dû être arrêté parce que le sujet présentait des douleurs d'ischémie du côté contre-pulsé : tout se passait comme si l'on avait mis une pince sur l'artère maitresse du membre; cela provoque une douleur poignante au niveau des muscles du mollet, qui disparaît, d'ailleurs, dès qu'on retire la pince ou le cathéter. M. DEVIN rappelle d'ailleurs à ce propos qu'au cours des interventions de chirurgie cardiaque sous circulation extra-corporelle, on peut clamber l'artère fémorale avec une pince pendant une du-

rée de deux, trois ou quatre heures sans inconvénients; il suffit en fin d'intervention que le flux artériel soit réparti d'une façon correcte.

Il reste donc à prévoir chez le sujet jeune un dispositif de canule en T permettant à l'ondée de contre-pulsation de pénétrer à la fois dans le système aortique sus-jacent et dans le système fémoral sous-jacent pour éviter les inconvénients d'une ischémie circulatoire prolongée chez un sujet non anesthésié.

M. GOURGON insiste sur le fait que le contrôle de la pression artérielle doit être effectué au niveau de l'aorte initiale, pour obtenir une parfaite synchronisation. C'est en effet au niveau de l'aorte initiale qu'on doit contrôler en particulier l'obtention d'un abaissement notable de la pression artérielle au moment de l'éjection ventriculaire gauche, si l'on veut obtenir effectivement une baisse de cette dernière. Les temps de transmission depuis l'artère fémorale jusqu'à l'aorte initiale de l'onde de pression due à l'éjection de pompe d'une part, et en sens inverse de l'onde due à l'éjection ventriculaire d'autre part, provoquent sur des enregistrements de pression artérielle périphériques des images absolument faussées par rapport aux valeurs existant dans l'aorte initiale.

Pour répondre à la demande de M. MORET, M. GOURGON projette des tracés de vitesse sanguines obtenus par débitmètre électromagnétique, enregistrés simultanément avec les pressions intra-ventriculaire gauche et de l'aorte initiale, sous contre-pulsation comparativement à des tracés témoins. Les figures présentées concernent les vitesses dans les artères carotide, fémorale et rénale. Elles montrent :

- 1° L'hyperpulsabilité considérable provoquée par la contre-pulsation dans ces troncs artériels;
- 2° Le décalage — variable suivant l'artère envisagée — des pics de vitesse dus respectivement à la pompe et au ventricule gauche; ainsi, dans l'artère carotide, ces deux pics tendent à se superposer, et la phase d'aspiration de pompe est marquée par des vitesses nulles, voire négatives (reflux); dans l'artère fémorale opposée à l'artère fémorale utilisée pour la contre-pulsation, l'éjection de pompe provoque, par un phénomène de Venturi, une profonde et brutale chute de la vitesse jusqu'à des valeurs franchement négatives, où vient se marquer faiblement le pic positif de l'éjection cardiaque;
- 3° Malgré ces importantes modifications des tracés de vitesse, les vitesses moyennes (débit) sont restées identiques aux valeurs témoins.

M. MARION demande quelles sont les observations de contre-pulsation de plus longue durée qui ont été faites.

M. MONTIES ne pense pas qu'il ait été publié des cas de durée supérieure à une journée.

M. GOURGON dit que Callaghan a publié des cas de 24 h sur des chiens et prétend n'avoir jamais eu de mort. Chez l'homme, à sa connaissance, cela n'a pas dépassé 2 h.

M. MARION remarque qu'il est très difficile, dans ces conditions, de juger la méthode. Des contre-pulsations de 2 h sont appliquées à des malades qui exigeraient une contre-pulsation d'au moins 24 h ou 48 h.

M. GOURGON dit que les expériences sur des chiens ne font pas apparaître de vice rédhibitoire de la méthode.