

Au cœur du numérique...

Remplacer un cœur défaillant par un modèle artificiel est une idée déjà ancienne qui ne s'est pourtant jamais concrétisée réellement. Ce rêve de chirurgien cardiaque est peut-être sur le point de se réaliser grâce aux efforts de la société française Carmat.

Les recherches pour développer et implanter chez un malade un cœur artificiel remontent aux années 50. Les projets menés à terme se sont heurtés aux problèmes de rejet, de formation de caillots ou de fiabilité à long terme. Pour ne lister que les principales difficultés. D'une durée de vie très limitée, les modèles disponibles jusqu'à maintenant exigeaient donc une médication importante du patient, un équipement externe lourd, et limitaient les activités quotidiennes. La société Carmat est sans doute en passe de révolutionner le secteur. Elle propose un nouveau concept de cœur artificiel, mixant les technologies innovantes et notamment les biomatériaux. Créée l'année dernière après plus de 15 années de R&D, la PME a pour mission d'industrialiser sa fabrication. Si les essais cliniques sont validés par les autorités de santé publique, les premières implantations devraient être réalisées en 2013. Un espoir pour les quelques 100 000 patients en attente de greffons chaque année sur la planète !

C'est le professeur Alain Carpentier, directeur du département de chirurgie cardio-vasculaire et de transplantation d'organes de l'Hôpi-



Pro/Engineer a été utilisé pour la conception géométrique de la prothèse et son optimisation.

tal Georges Pompidou à Paris qui est à l'origine du projet Carmat en 1986.

Le même homme avait déjà mis au point des valves cardia-

ques à base de péri-

carde bovin, utili-

sées depuis sur

de nombreux

patients. C'est

sur la base de

ses travaux et

avec l'appui de la

société Matra, devenue

entre temps EADS, que

le projet s'est développé. Le groupe européen y a investi

plus de 15 millions d'euros sur un total d'une centaine

de millions. « Son savoir-faire en matière de technologie

embarquée a été l'un des facteurs de réussite de ce projet »

explique Patrick Coulombier patron de la société Carmat.

« Car l'un des obstacles majeurs à la conception d'un cœur

artificiel est la miniaturisation des différentes technologies

qui le composent tout en garantissant le maximum de fiabilité

et de performances... Des contraintes habituelles pour

le fabricant de missiles, de satellites et d'aéronefs. »

Et des technologies, ce cœur n'en manque pas.

Electronique de commande, capteurs de

pression, inclinomètre, micro-moteurs

pour les pompes, paliers spéciaux,

et surtout biomatériaux pour les

éléments mobiles en contact avec

le sang. Double avantage pour ces

matières issues du vivant : éviter

le rejet de la part du malade, et la

formation de caillot sanguin grâce à leur

micro-porosité et à une géométrie savante.

Autre innovation, le PTFE (polytétrafluoré-

thylène) expansé, plus connu sous la marque

Téflon, qui recouvre les parties fixes des ventricules.

Son très faible coefficient de friction favorise un écoule-

ment fluide du sang. Sans parler de l'aspect général de la

prothèse, qui bat comme un vrai cœur et en reproduit la

physiologie avec deux ventricules activés séparément par

45 millions de cycles annuels et ceci pendant cinq ans, c'est ce que devra supporter au minimum le cœur artificiel Carmat.



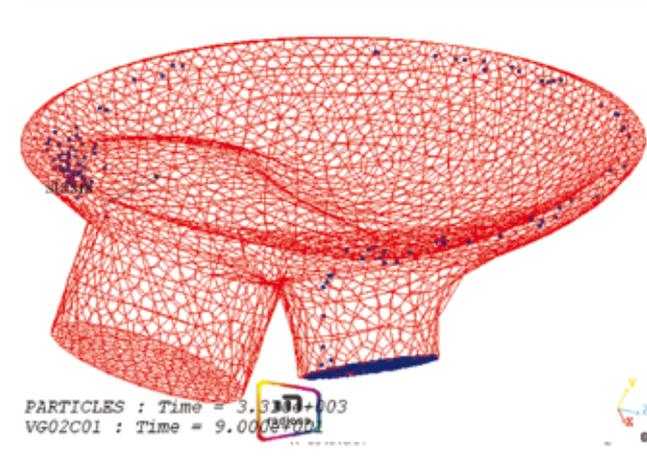
deux pompes. Plus fort, le cœur Carmat adapte son débit à l'activité physique de son patient ou simplement à sa position, debout ou allongée par exemple !

Cette prothèse est l'aboutissement de près de 20 ans de R&D dans de nombreux secteurs. Ainsi, la société Carmat emploie une vingtaine de professionnels issus de l'ingénierie mécanique, de l'électronique, des biomatériaux, des essais/mesures, ainsi que des médecins. Elle s'appuie également sur des compétences externes comme celle de la société Altair Engineering. Celle-ci a utilisé ses propres solutions de calcul numérique, en l'occurrence Radioss, pour simuler l'aspect hémodynamique du cœur Carmat. « Ces analyses nous ont permis de visualiser le comportement dynamique de particules sanguines virtuelles à l'intérieur du cœur. Et donc d'optimiser la forme et la dynamique de déploiement de la paroi du ventricule afin d'éviter toute stagnation de sang » souligne Patrick Coulombier.

Bien d'autres logiciels ont été mis à contribution à l'occasion de ce projet. En phase d'ingénierie, c'est par exemple Matlab de The MathWorks qui a été employé pour modéliser le comportement biomécanique du corps humain. Citons également Pro/Engineer de PTC utilisé pour la conception géométrique, mais également pour des analyses structurelles, cinématiques ou dynamiques des éléments mécaniques.

Ces solutions ont permis de diminuer les essais cliniques, de concevoir des bancs de test très proches de la physiologie humaine. « Et puis elles facilitent la cohérence de nos développements et leur robustesse. Car, même s'il s'agit d'un produit un peu particulier, nous avons travaillé avec les mêmes procédures industrielles que celles de l'automobile ou de l'aéronautique ». Mais, si le modèle numérique du corps humain est fiable pour modéliser son comportement mécanique, il reste encore fort à faire sur l'aspect biologique. « Aucun outil à ma connaissance n'est en mesure de simuler convenablement les échanges chimiques du sang avec les matériaux qui l'entourent, et notamment les dépôts de protéines à leurs surfaces » regrette Patrick Coulombier. L'une des raisons pour laquelle l'entreprise a développé un « cadre hémodynamique », une structure simulant mécaniquement les organes principaux du corps humain et qui a permis la corrélation de très nombreux tests.

Comme dans toute démarche PLM, Carmat a non seulement utilisé la technologie numérique pour concevoir son produit, mais également pour mettre au point le processus opératoire lui-même ! « En combinant les images scanners du patient et un modèle numérique, nous pouvons simuler virtuellement l'implantation de la prothèse et visualiser les éventuelles collisions en 3D. Nous collaborons à ce sujet avec un institut de recherche en automatique pour modéliser plus finement la souplesse des organes humains et leur comportement physiologique... » conclut Patrick Coulombier. ●



Vérification numérique du bon écoulement sanguin dans le ventricule à l'aide de particules virtuelles et d'une simulation dynamique de leur comportement.

