

Le problème d'échange de reins et sa résolution

Proposé par :
Ayşe N. Arslan
ayse-nur.arslan@inria.fr
Bat 33, Bureau 266

Contexte :

L'insuffisance rénale chronique (IRC) est l'une des maladies graves qui menacent la vie de nombreuses personnes dans notre société. En 2016, l'étude "Global Burden of Disease Study" [3] identifie l'IRC comme la 11^{ème} cause la plus fréquente de décès dans le monde, représentant près de 1,2 million de décès par an, soit 2,17 % de tous les décès annuels [2]. Il existe deux traitements courants pour l'IRC : la dialyse et la greffe d'organe (rein). Bien que la première option soit plus facilement disponible, elle nécessite plusieurs visites hebdomadaires à l'hôpital et des dépenses considérables (par exemple, on estime qu'au Royaume-Uni, la dialyse coûte entre 15 000 et 35 000 £ par patient et par an [1]), diminuant significativement la qualité de vie du patient. La greffe de rein, en revanche, une fois réalisée avec succès, peut permettre à ces patients de continuer leur vie sans aucun problème de santé lié aux reins, améliorant ainsi leur espérance et qualité de vie. C'est donc le traitement de choix pour l'IRC.

Traditionnellement, les greffes de rein sont réalisées à partir de donneurs décédés. Dans une liste d'attente de donneurs décédés, les patients souhaitant recevoir une greffe sont classés selon des critères prioritaires tels que le temps d'attente, la gravité de la maladie, etc. Lorsqu'un rein viable est disponible, des tests assurant la compatibilité du donneur décédé et les patients candidats de la liste d'attente doivent être exécutés. Ces tests vérifient la compatibilité du type sanguin, du type tissulaire et des anticorps entre le donneur et le receveur potentiel. À la suite de ces tests, le premier patient compatible de la liste d'attente reçoit une greffe. Malheureusement, le nombre de patients dans la liste d'attente dépasse souvent le nombre d'organes disponibles, ce qui entraîne de longs délais d'attente et une aggravation de l'état de santé des patients.

Dans la plupart des pays, grâce aux progrès de la médecine et de la législation, un patient peut également recevoir un rein d'un donneur vivant. Une greffe de rein d'un donneur vivant est réalisée entre un patient et un donneur disposé à leur donner un de leurs reins, souvent un membre de la famille ou un ami. Comme dans le cas des greffes de donneurs décédés, avant qu'une opération puisse être effectuée,

des tests de compatibilité doivent être entrepris entre le patient et son donneur. Si ces tests indiquent un résultat positif, la greffe peut être programmée, sinon la greffe ne peut pas être effectuée. Dans ce deuxième cas, où le patient et le donneur sont incompatibles, les programmes d'échange de rein (KEP) offrent une solution alternative.

Un KEP est un système centralisé contenant un ensemble de binomes patient-donneur incompatibles. Dans ce système, un patient peut être apparié avec le donneur vivant d'un autre patient avec lequel il est compatible et vice-versa. En effet, des cycles d'échange impliquant de nombreux binomes patient-donneur peuvent être construits de sorte que le donneur de chaque binome du cycle donne son rein au patient du suivant, et le donneur du dernier binome donne son rein au patient du premier, donc permettant à plus de patients de recevoir une greffe de rein. En revanche, pour des contraintes éthiques et logistiques, les cycles longs ne sont pas souhaitables, et une taille maximale de cycle est souvent imposée de façon à impliquer un petit nombre de binomes patient-donneur dans chaque cycle.

Dans ce projet, étant donné un programme d'échange de rein et une taille de cycle maximale, nous nous intéresserons au problème d'optimisation qui trouve la meilleure façon de créer des cycles d'échange afin que le bien-être commun soit maximisé. C'est ce qu'on appelle le problème d'échange de rein (KEP).

L'objectif de ce projet est dans un premier temps de formaliser et modéliser ce problème et ses différentes variantes. Ensuite, des méthodologies de résolution exactes ou heuristiques peuvent être mises en place. En fonction de l'avancement, soit des méthodologies de résolution plus avancées, soit l'étude de variantes sous incertitude peuvent être envisagées. Les méthodologies développées seront implémentées à l'aide de langages de programmation et d'outils d'optimisation tels que Gurobi, CPLEX, Cbc, etc. Toutes les implémentations seront testées sur un ensemble d'instances réalistes accessibles sur internet.

Instances :

Un ensemble d'instances généré sur la base de statistiques médicales est disponible en téléchargement ici. Il contient 10 instances avec chacune 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024 et 2048 patients. Il conviendrait de mettre en place un parseur et des structures de données pour lire et stocker ces fichiers d'instance.

Références

- [1] Keshwar BABOOLAL, Philip MCEWAN, Seema SONDHI, Piotr SPIEWANOWSKI, Jaroslaw WECHOWSKI et Karen WILSON. "The cost of renal dialysis in a UK setting—a multicentre study". In : *Nephrology Dialysis Transplantation* 23.6 (jan. 2008), p. 1982-1989.
- [2] Institute for HEALTH METRICS et EVALUATION. *GBD compare: Global burden of disease study*. <http://www.healthdata.org/>. 2018.

- [3] Mohsen NAGHAVI, Amanuel Alemu ABAJOBIR, Cristiana ABBAFATI, Kaja M ABBAS, Foad ABD-ALLAH, Semaw Ferede ABERA, Victor ABOYANS, Olatunji ADETOKUNBOH, Ashkan AFSHIN, Anurag AGRAWAL et al. “Global, regional, and national age-sex specific mortality for 264 causes of death, 1980–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016”. In : *The Lancet* 390.10100 (2017), p. 1151-1210.