

Optimisation des déplacements d'échantillons médicaux

Florian Bethencourt¹, Hélène Blasco^{2,3}, Marina Vinot¹, Jean-Charles Billaut^{1,4}

¹ EA 6300, LIFAT, Université de Tours, 37000 Tours.

(marina.vinot, jean-charles.billaut)@univ-tours.fr

² UMR 1253, iBrain, Université de Tours, Inserm, 37000 Tours.

³ CHU de Tours, Service de Biochimie et Biologie Moléculaire, 37000 Tours.

⁴ LAAS CNRS, Université de Toulouse, CNRS, Toulouse.

Mots-clés : *échantillons médicaux, flots, contraintes*

1 Contexte

La Sclérose Latérale Amyotrophique (SLA) ou maladie de Charcot est une maladie du neurone moteur qui se caractérise par une perte progressive des neurones moteurs du cerveau et de la moelle. Notre étude concerne un consortium constitué de cinq centres hospitaliers qui se sont spécialisés dans l'étude de cette maladie.

Deux centres en France disposent d'une grande cohorte de patients : Lille (*L*) et Tours (*T*). Ces centres prélèvent sur les patients du sang, du liquide céphalo-rachidien (LCR), du plasma, des tissus, etc. et les stockent selon différentes conditions de conservation (température, tubes/poches, volumes, etc.). Trois autres centres, spécialisés dans cette maladie, s'ajoutent au consortium pour les explorations biologiques : Lyon (*Ly*), Montpellier (*M*) et Poitiers (*P*). Des études différentes se font dans ces centres et afin de consolider les résultats des analyses, il est important que ces centres travaillent sur les échantillons en provenance des mêmes patients.

L'objectif de cette étude est de proposer le parcours optimal des échantillons des différentes cohortes afin d'éviter la perte et la dégradation des paramètres biologiques. Cette étude peut se généraliser à des études cliniques concernant d'autres maladies, pour d'autres types de prélèvements et d'analyses, et peut concerner d'autres centres hospitaliers.

A notre connaissance, ce problème de logistique de prélèvements n'a pas été abordé dans la littérature sous cet angle. Les problèmes de transports d'échantillons médicaux concernent généralement des ramasses d'échantillons chez des patients ou dans des laboratoires d'analyses médicales et les contraintes de temps et d'espace, ainsi que les objectifs sont différents [1, 2].

2 Modélisation

On considère plusieurs cohortes de patients. Dans une cohorte, chaque patient fait l'objet de plusieurs types de prélèvements (sang, plasma, LCR) et plusieurs tubes par type peuvent être prélevés, et de volumes différents selon les cohortes. Chaque centre, en fonction des études qu'il réalise, va requérir un certain volume de certains types de prélèvement par patient. Par exemple, dans une cohorte, on prélève par patient deux tubes de plasma de 0.6 ml, deux tubes de sérum de 0.5 ml, et quatre tubes de LCR de 0.2 ml. Dans un centre, les analyses requièrent 0.2 ml de LCR, 0.4 ml de plasma et 0.5 ml de sérum par patient. Hormis les contraintes de flot, les contraintes à prendre en compte sont de deux types. (1) Tous les tubes sont conservés à -80°C et doivent être transportés au froid sur les longues distances. Chaque tube pour une analyse nécessite une décongélation, puis une recongélation s'il reste du produit dans le tube. Les opérations de décongélation-recongélation détériorent progressivement le produit. (2) Il est possible de séparer un tube en plusieurs tubes différents, si on souhaite le dispatcher à plusieurs endroits.

Cette opération s'appelle l'aliquotage. Ce travail est long, minutieux et source d'erreurs, il faut donc limiter le plus possible les aliquotes. En outre, la distance parcourue est à considérer.

La Figure 1 illustre ces contraintes. Dans cet exemple, deux tubes de 0.6 ml de LCR sont disponibles à T (notés LCR1 et LCR2). Les demandes de (L, P, M, Ly) (en ml) sont de $(0.5, 0.1, 0.2, 0.2)$. Dans la première solution (au centre), T envoie à chaque centre ce dont il a besoin. Cela suppose la séparation d'un tube en trois aliquotes (le tube LCR2) et une congélation par tube. Dans la deuxième solution, T envoie un tube plein à P , qui prélève son besoin puis envoie à L la quantité restante, et T envoie un tube plein à Ly , qui prélève son besoin puis envoie à M la quantité restante. Cela ne suppose aucune opération d'aliquotage, mais deux congélations par tube.

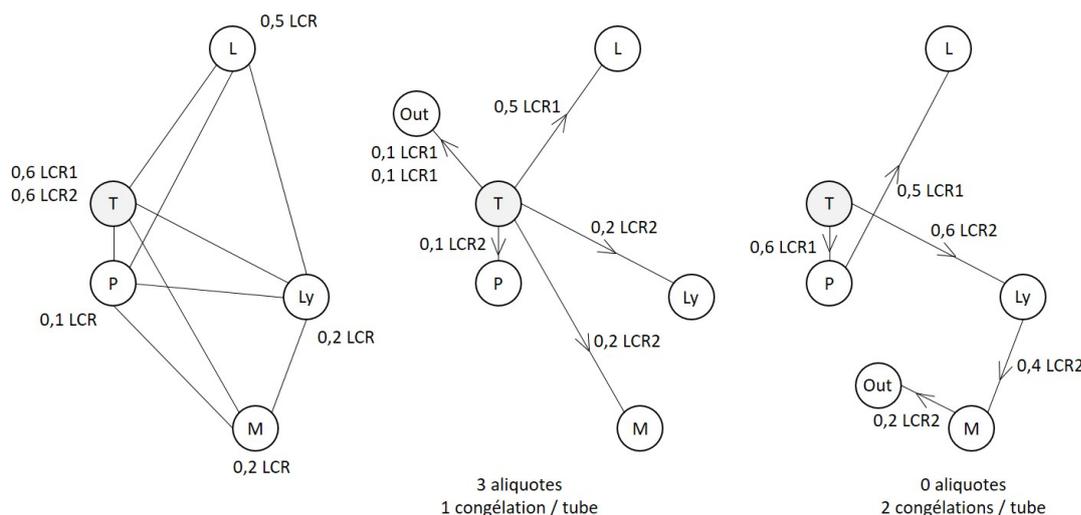


FIG. 1 – Exemple de flux

Le problème est fondamentalement un problème de flot, mais avec des contraintes et des objectifs spécifiques. Nous proposons une modélisation de ce problème sous la forme d'un programme linéaire en nombres entiers et étudions sa résolution par des solveurs du marché.

3 Conclusion

Le problème qui consiste à déterminer les trajets des échantillons de prélèvements est un problème de flot très particulier, rendu difficile par les contraintes à prendre en compte et les objectifs à considérer. Toutefois, le problème ne s'arrête pas là. Une dimension temporelle vient s'ajouter au problème. Par exemple, certains traitements sont prioritaires par rapport à d'autres, ce qui induit une précédence dans les trajets. Certains traitements sont rapides, d'autres très longs (plusieurs semaines). Les traitements, pour être réalisés dans un centre, nécessitent que tous les échantillons soient présents. La prise en compte de ce genre de contrainte fera l'objet d'une prochaine étude.

L'objectif final est de proposer un outil d'aide multicritère à la décision qui optimise le flux de ces échantillons, tout en respectant les contraintes imposées.

Références

- [1] Cirrelet (2013). *Modélisation et optimisation du transport d'échantillons en biologie médicale*. Rapport technique.
- [2] M Benini, P. Detti, G. Zabalo Manrique de Lara (2022). *Mathematical programming formulations and metaheuristics for biological sample transportation problems in healthcare* Computers & Operations Research, vol. 146, 105921.