

MEDIOS DE COMUNICACIÓN

Un modèle mathématique pourrait aider à expliquer comment le sang circule dans le cerveau
Cette recherche de l'UC3M analyse l'apparition d'oscillations dans les réseaux de flux

Une recherche de l'Universidad Carlos III de Madrid (UC3M) pourrait aider à mieux comprendre les oscillations du flux sanguin qui se produisent dans le réseau vasculaire cérébral, et ce, grâce à un modèle théorique qui permet de prendre en compte l'écoulement et les accumulations de fluide (de sang en l'occurrence).

Les réseaux de flux sont constitués d'un ensemble de connexions qui transportent un fluide. En général, le courant qui circule dans ces « conduits » augmente si la différence de pression entre l'entrée et la sortie augmente. Cependant, dans certains réseaux de flux dits non linéaires, comme le système circulatoire, il peut arriver que le courant diminue lorsque la différence de pression augmente. « Ce comportement est appelé résistance différentielle négative et a été observé dans les vaisseaux sanguins et dans les dispositifs qui conduisent l'électricité », explique l'un des chercheurs, Miguel Ruiz García, chercheur CONEX-Plus au département de mathématiques de l'UC3M.

Les vaisseaux sanguins ressemblent davantage à des organes actifs qu'à des conduits rigides. Les artères sont notamment tapissées d'une musculature vasculaire qui leur permet de se comporter, par exemple, en se rétrécissant ou en s'élargissant en réponse à divers stimuli. Par exemple, lorsqu'un vaisseau sanguin alimentant un organe sent que la pression à son entrée augmente, il peut répondre à cette augmentation de pression en se contractant (en comprimant ses muscles) pour réduire le débit et ainsi protéger cet organe. « Cet effet est appelé mécanisme myogénique et il existe des effets similaires qui font que le flux à travers un vaisseau sanguin n'est pas une fonction linéaire de la différence de pression, mais une fonction non linéaire, présentant parfois une résistance différentielle négative », explique Miguel Ruiz García.

Ce modèle théorique qui permet d'estimer la taille du réseau avec une méthode qui tient compte de la façon dont sont les connexions entre les conduits et donc de prédire la fréquence des oscillations de pression a été récemment présenté au Congrès international sur les réseaux complexes et leurs applications. « Nous avons pu observer des phénomènes intéressants tels que l'apparition d'ondes progressives dans ces réseaux complexes. Il s'avère que la fréquence de ces oscillations change lorsque nous modifions la structure du réseau de manière très différente. Expliquer pourquoi ces différents changements structurels entraînent une modification similaire de la fréquence était très difficile et n'a été possible qu'en utilisant une métrique topologique : une valeur qui mesure la taille « effective » du réseau », explique Miguel Ruiz García.

Les métriques topologiques sont appelées ainsi parce qu'elles utilisent la topologie du réseau, c'est-à-dire qu'elles prennent en compte la façon dont le réseau est connecté en interne. « Par exemple, nous pouvons mesurer la distance entre les villes en kilomètres et nous dirons que Madrid est plus proche de Teruel que de Barcelone. Mais si nous mesurons la distance comme étant égale à 1 divisé par le nombre de trains circulant par jour entre Madrid et chacune des deux villes, alors Barcelone est beaucoup plus « près » que Teruel selon notre nouvelle méthode de mesure. Ce type de mesures nous donne des informations sur la difficulté de se déplacer d'un point à un autre du réseau », explique le chercheur. « De même, la mesure topologique que nous utilisons dans notre cas nous indique la taille effective du système. Si le système est effectivement plus petit, les ondes prennent moins de temps pour aller d'un bout à l'autre et la fréquence augmente, comme dans le cas précédent où il est plus facile d'aller à Barcelone qu'à Teruel », conclut-il.

« Nos résultats théoriques pourraient aider d'autres chercheurs à mieux comprendre les oscillations observées dans le sang qui alimente notre cerveau, puisque ces vaisseaux sanguins présentent les conditions étudiées par notre modèle », déclare Miguel Ruiz García. « D'autre part, poursuit-il, grâce à notre travail expérimental, nous espérons développer de nouveaux dispositifs permettant de contrôler le flux dans les dispositifs microfluidiques (dispositifs dotés de très petits tuyaux utilisés dans l'industrie pharmaceutique et dans de nombreux appareils de laboratoire) ».

#

#

#

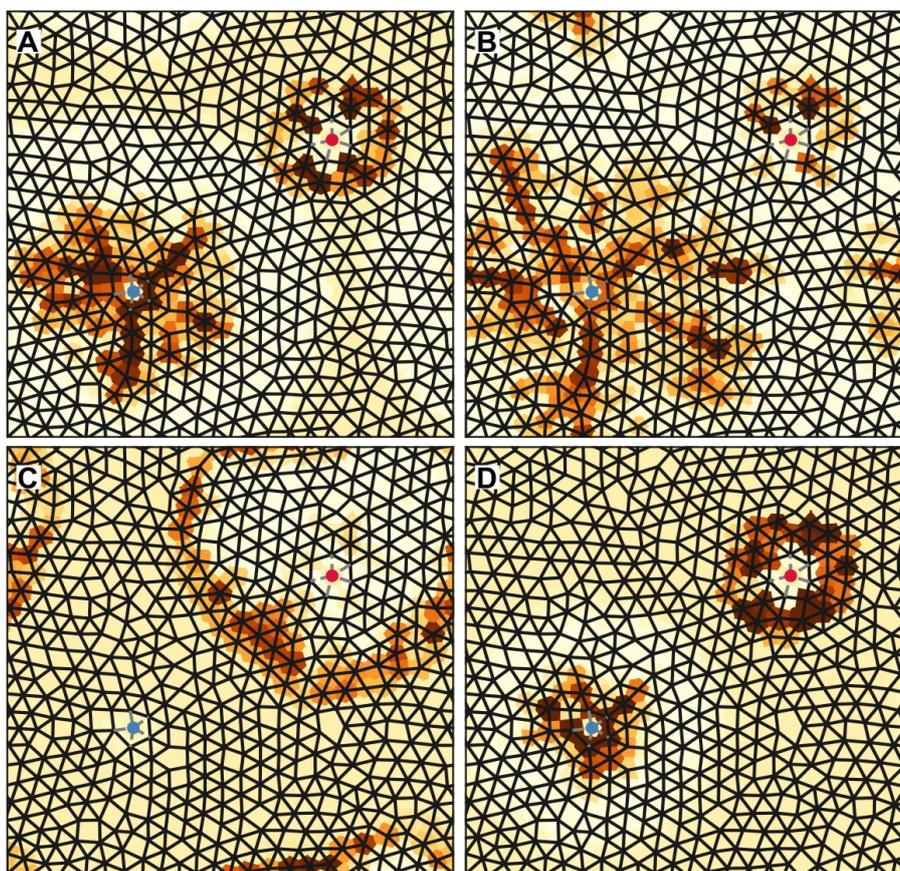
MEDIOS DE COMUNICACIÓN

Cette recherche a débuté lorsque Miguel Ruiz García travaillait comme chercheur postdoctoral à l'Université de Pennsylvanie (USA), avec la professeure Eleni Katifori. Actuellement, il a pu se développer grâce à son incorporation à l'UC3M en tant que chercheur du programme d'attraction de talents CONEX-Plus, financé par l'Université et la Commission européenne à travers l'action Marie Skłodowska-Curie COFUND (GA 801538) du programme-cadre européen Horizon 2020.

Pour plus d'informations :

Ruiz-Garcia, M. Katifori, E. (2021). Topology controls the emergent dynamics in nonlinear flow networks. The 10th International Conference on Complex Networks and their Applications. November 30 - December 2.. Madrid, España. <https://complexnetworks.org/>

Ruiz-Garcia, M. Katifori, E. (2021). Emergent dynamics in excitable flow systems, Physical Review E 103 (6), 062301. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.103.062301>



Légende de l'image : ondes progressives dans un réseau de flux non linéaire. Chacun des panneaux montre différents moments dans le temps. Le réseau est représenté par les lignes noires tandis que la couleur autour de chaque nœud indique le volume accumulé à ce nœud. Les nœuds rouge et bleu maintiennent une différence de pression constante (comme s'ils étaient reliés à une pompe à pression). On peut observer comment une vague commence à se former autour du nœud bleu, grandit et se déplace vers le nœud rouge. Ce processus se répète périodiquement, ce qui donne lieu à des oscillations. Crédit : Miguel Ruiz García et Eleni Katifori.

#

#

#