



# Institut de physique

Actualités scientifiques

## Le stress mécanique détermine la forme des virus

Octobre 2017

La forme d'un virus, donnée par sa coque ou capsid, peut être régulière et compacte, à la façon d'un icosaèdre, ou bien irrégulière et allongée, comme un cône. Des chercheurs ont démontré que cette forme dépend d'une propriété intrinsèque des protéines qui constituent la coque : la courbure spontanée.

Les virus biologiques sont constitués essentiellement par un génome et un assemblage spontané de protéines virales, sous la forme de coques fermées appelées capsides dont un des rôles est de protéger le génome du virus. Les formes générales de ces capsides virales sont soit très régulières et compactes, reproduisant alors une forme d'icosaèdre pour un grand nombre de virus, soit plutôt irrégulières et allongées, avec par exemple une forme conique pour le virus associé au SIDA, le virus de l'immunodéficience humaine (VIH-1). (Illustration icosaèdre et cône).

Quelle est la propriété, à l'échelle de la protéine, responsable du choix de la forme globale du virus ? Pour répondre à cette question, une équipe du Laboratoire de physique de l'ENS de Lyon a modélisé l'énergie mécanique associée à la formation de la capsid virale. Elle a mis en évidence le rôle déterminant de la courbure spontanée, propriété intrinsèque de la surface protéique qui traduit sa tendance à adopter une certaine courbure.

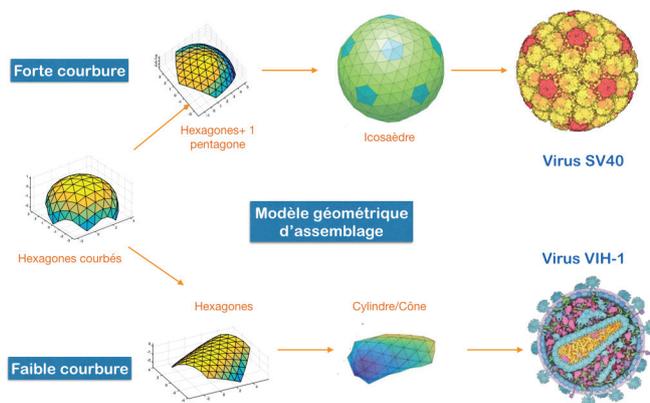
En l'absence de courbure spontanée, les protéines forment localement

des hexagones en s'associant par six au sein d'une surface globalement plane. En revanche, la présence de courbure spontanée va, lors de la croissance initiale de la coque, comprimer les protéines les unes contre les autres créant ainsi un stress mécanique très important. L'équipe de chercheurs de Lyon a montré que ce stress mécanique peut être relaxé de deux manières différentes.

Lorsque la courbure spontanée est forte, certaines protéines vont former localement des pentagones et donc s'assembler par cinq, plutôt que des hexagones, permettant ainsi de courber plus facilement la surface. Cela se comprend bien en modélisant géométriquement une protéine par un triangle équilatéral. Un hexagone formé de six triangles identiques est plan, alors qu'un pentagone formé de cinq triangles identiques forme plutôt un cône, donc une surface courbée. L'inclusion de ces pentagones va ainsi permettre la formation d'un icosaèdre.

En revanche, lorsque la courbure spontanée est faible, les protéines vont s'assembler en cylindre. Au sein de cette géométrie, elles peuvent alors former une surface courbe qui ne les comprime pas. La croissance de la capsid se fera ainsi de façon allongée et cylindrique.

La compréhension de ces mécanismes fondamentaux d'assemblage de virus peut avoir des applications qui dépassent la virologie, comme l'ingénierie de nano-matériaux à base de carbone, pour lesquels les géométries d'assemblage sont similaires : arrangement hexagonal plat pour le graphène, icosaèdres pour les fullerènes, ou encore cylindres pour les nanotubes.



*Schéma reproduisant la croissance de la surface protéique, chaque triangle étant associé à une seule protéine. La surface formée d'hexagones comprime les triangles à la périphérie, produisant un stress mécanique. Ce stress est relaxé par l'inclusion de pentagones, lorsque la courbure est forte, ou par une croissance le long d'un cylindre, lorsque la courbure est faible.*

source des deux images de droite : The Protein Data Bank H.M. Berman, J. Westbrook, Z. Feng, G. Gilliland, T.N. Bhat, H. Weissig, I.N. Shindyalov, P.E. Bourne (2000) *Nucleic Acids Research*, 28: 235-242. doi:10.1093/nar/28.1.235; rcsb.org

## En savoir plus

[Viral self-assembly pathway and mechanical stress relaxation](#)

Martin Castelnovo

*Physical Review E* (2017), doi:10.1103/PhysRevE.95.052405

## Contact chercheur

Martin Castelnovo, chargé de recherche au CNRS

## Informations complémentaires

Laboratoire de physique de l'ENS de Lyon (CNRS/ENS Lyon/Univ. Lyon 1)

cnrs

www.cnrs.fr

Institut de Physique

CNRS - Campus Gérard Mégie  
3 rue Michel-Ange, 75794 Paris Cedex 16

T 01 44 96 42 53

inp.com@cnrs.fr

www.cnrs.fr/inp

Illustration du bandeau : © Emmanuel Perrin/CNRS Photothèque