

Jean-François Joanny, chaire « Matière molle et biophysique »

Cours 2018-2019 : « Matière active »

Transcription de la vidéo « Jean-François Joanny présente son cours dans la série les courTs du Collège de France »

Les cours dans le cadre de la chaire « Matière molle et biophysique » au Collège de France montreront comment on peut décrire la physique des objets biologiques à partir d'idées qui viennent de ce domaine qui est la matière molle.

La matière molle étudie les fluides complexes dont le comportement est intermédiaire entre un comportement solide qui est un comportement élastique et un comportement fluide qui est un comportement de système qui coule. Cela couvre tout un tas de matériaux qui sont très importants dans la vie courante comme les polymères, les plastiques, les cristaux liquides, les systèmes colloïdaux, les savons... Donc il y a tout un spectre de fluides de la vie courante qui ont des propriétés très spécifiques et pour lesquelles on arrive à faire des descriptions assez générales.

Le premier cours que je ferai cette année introduira la notion de ce qu'on appelle la matière active introduite ces dernières années par les physiciens pour décrire des systèmes qui consomment de l'énergie à l'échelle de leurs constituants. L'idée générale est que tous ces systèmes-là peuvent avoir les mêmes comportements et un des comportements qu'on observe de façon systématique, à la fois pour des groupes d'animaux, pour des cellules, pour des bactéries, même pour des milieux granulaires, c'est qu'il y a un écoulement spontané qui peut se produire dans ces systèmes-là sans qu'il n'en exerce des forces extérieures. Cet écoulement peut être un écoulement global dans une direction donnée. Cela peut être un cisaillement ou cela peut être, dans certains cas, l'apparition de tourbillons avec même des arrangements de tourbillons qui ressemblent à ce qu'on appelle la turbulence.

Un exemple, c'est peut-être celui de cellules qui sont sur un substrat qu'on pose sur un substrat et qui elles-mêmes individuellement ne bougent pas et ce qu'on voit très clairement, c'est un cisaillement qui se produit, où d'un côté les cellules bougent dans un sens, et de l'autre côté les cellules bougent dans l'autre sens. Ce mouvement-là, il est induit par un gradient d'orientation des cellules. Les cellules sont allongées, elles ne sont pas toutes dans la même direction et quand la direction change, cela crée des forces qui provoquent ce mouvement-là.

Un deuxième type de mouvement est celui des groupes d'animaux. Ce qui est très spectaculaire, ce sont les vols d'oiseaux par exemple, où on voit les oiseaux se structurer et bouger tous dans les mêmes directions.

Voilà un certain nombre d'exemples.

Donc ce que je veux faire dans le premier cours, c'est identifier tous ces phénomènes qui sont génériques de la matière active et puis essayer d'indiquer comment ils peuvent s'appliquer à des systèmes plus particuliers.

Pour les cours suivants, il y a plusieurs choses que j'ai en tête. Il y a les propriétés de la cellule elle-même : comment on obtient des informations sur ce qui se passe à l'intérieur de la cellule ou sur les processus cellulaires fondamentaux en appliquant ces idées qui viennent de la matière active. Alors les processus cellulaires fondamentaux, c'est la division cellulaire, c'est le mouvement de cellule, c'est

l'adhésion de cellules soit sur un substrat ou entre elles. Tous ces mécanismes-là impliquent une consommation de l'énergie et donc sont des problèmes qui relèvent de la matière active.

Ce que je souhaite ensuite faire c'est passer à des applications aux tissus biologiques sans décrire trop précisément le comportement des cellules. Cela veut dire que tout ce que je cherche à faire, c'est en partant des problèmes biologiques dire ce que la physique impose sans trop rentrer dans les détails microscopiques. Donc l'idée, c'est bien sûr de prendre ces idées qui viennent de la matière active, de voir ce que sont les paramètres pour les tissus et de voir ce que cela impose sur la croissance des tissus. Alors évidemment les tissus on peut les considérer comme des matériaux. Un physicien des matériaux pourrait regarder des tissus. Mais il y a un phénomène supplémentaire, c'est que dans un tissu, les cellules se divisent et les cellules meurent. Donc ce que je veux faire, c'est considérer un tissu comme un liquide, et puis à partir de cette description-là, coupler ces propriétés mécaniques à la division cellulaire et à la mort cellulaire.

Bien sûr, on ne peut pas rester trop loin de ce que j'appellerais les applications. Cela veut dire qu'il faut relier ces études à des questions biologiques. Ce qu'on vise, c'est le comportement des cellules cancéreuses. Cela est une des grandes applications des travaux qu'on peut faire. Ce que j'essaie de faire en ce moment par exemple à l'Institut Curie mais aussi en collaboration avec les gens de l'École normale, c'est de regarder si ces idées physiques peuvent aider à comprendre les questions d'immunité dans le traitement du cancer, et en particulier, on regarde comment les cellules du système immunitaire vont modifier la croissance des tissus. Donc ce qu'on décrit, c'est la croissance d'agrégats de cellules cancéreuses et comment cette croissance est modifiée.

Les expériences nous montrent que ce n'est pas du tout la même forme, qu'on fait des tout petits agrégats et qu'ils ont tendance à exploser en présence de ces cellules du système immunitaire. C'est ce genre de choses qu'on souhaiterait comprendre pour arriver à avoir une description quantitative de ce que font les cellules immunitaires dans ces agrégats de cellules cancéreuses qui croissent. Donc, on en est tout au début. Il y a des immunologistes de l'Institut Curie qui ont des résultats expérimentaux et il faut qu'on essaie de modifier notre étude théorique pour arriver à décrire ces résultats expérimentaux.