
De la symétrie des molécules à la symétrie des paysages d'énergie

Jean-Pierre Launay*¹

¹CEMES - CNRS et Université Paul Sabatier – Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS – France

Résumé

Le prix Nobel de Chimie 2016 a récompensé les remarquables travaux consacrés aux machines moléculaires, ces molécules obtenues par des techniques de synthèse d'une grande élégance et dont la forme rappelle celle d'objets macroscopiques. Le défi est de les forcer à exécuter une action déterminée, ce qui implique de maîtriser la symétrie de leur comportement.

Les molécules complexes, par exemple un véhicule moléculaire, un moteur moléculaire ou plus simplement une roue ou rotor, présentent souvent une symétrie qui détermine leur évolution dynamique, avec le risque de donner naissance à un mouvement aléatoire inutilisable (autant de chances d'aller vers la droite que vers la gauche, ou de tourner dans le sens des aiguilles d'une montre ou en sens inverse). Pour comprendre dans quelles conditions elles peuvent donner lieu à un mouvement unidirectionnel, on peut raisonner sur des " paysages d'énergie " (techniquement des surfaces d'énergie potentielle) avec une règle simple : à l'instar d'un randonneur en fin de journée, le système se déplace dans le paysage d'énergie de manière à suivre les vallées qui conduisent aux points les plus bas. On peut se poser alors la question : une asymétrie dans la forme de la molécule entraînera-t-elle automatiquement une asymétrie dans l'évolution du système (le trajet suivi par le randonneur) ? On verra sur l'exemple de la roue à cliquet que la réponse à cette question n'est pas immédiate et que la transposition à l'échelle microscopique des raisonnements macroscopiques comporte des pièges.

On proposera enfin un paysage d'énergie qui permettrait d'expliquer de manière simple le fonctionnement d'un moteur moléculaire tournant dans un sens déterminé. Ce type de raisonnement pourrait s'appliquer aux récentes expériences de contrôle du mouvement d'objets nanométriques par la pointe d'un microscope à effet tunnel (voir par exemple la " course de nanovoitures ", http://www.cemes.fr/course_nanovoitures).

*Intervenant