

PP25

Interface tangible modulaire, articulée et sans marqueur dédiée à la pédagogie et à la recherche en biologie moléculaire

Nicolas Férey^a, Bastien Vincke^b, Mohamed Anis Ghaoui^c

a LISN—CNRS UMR , Univ. Paris-Saclay, Campus universitaire, bât 507, 91405 Orsay CEDEX, France

b,c SATIE—CNRS UMR 8029, Univ. Paris-Saclay, Digiteo Labs, BAT 660, 91405 Orsay CEDEX, France

La recherche moderne biologique moléculaire a toujours été associée à l'usage de modèles physiques, c'est à dire d'objets réels à une échelle adaptée pour que nous puissions les étudier et les manipuler. Ces objets facilitent notre compréhension des structure 3D et des mécanismes biomoléculaires. Avec l'ère de l'informatique, les modèles physiques ont peu à peu été supplantés par les modèles numériques, permettant de visualiser ces modèles en quelques minutes, là où les modèles physiques complexes étaient le résultats de travaux de tout une vie.

Si la modélisation *in silico* comporte évidemment de nombreux avantages et, en particulier la flexibilité en matière de contenus et de rendus visuels, la manipulation à travers des dispositifs d'interaction- humain-machine classiques restent peu aisées. La difficulté de manipulation et d'édition de modèles de plus en plus complexes, hétérogènes, avec des outils donnant accès de plus en plus fréquemment à leur caractéristiques dynamiques de manière interactive, reste un verrou important en interaction- humain-machine appliquée à la biologie moléculaire.

En parallèle au développement d'outils informatiques toujours plus puissants, la démocratisation des imprimantes 3D et les travaux sur les avantages de la manipulation d'objets tangibles ont redynamisé les recherches sur les modèles physiques et leurs usages, avec des propositions de modèles physiques toujours plus avancés. Le modèle Peppytide¹ est une illustration convaincante par son réalisme, permettant de construire de manière modulaire de petits peptides, de reproduire les structures secondaires usuelles et de ressentir les puits de potentiel des angles dièdres, modèle idéal pour faciliter notre représentation mentale de la dimension spatiale et biomécanique caractérisant ces structures.

Dans ce contexte, inspirés par les travaux du pionnier dans le domaine des interfaces tangibles moléculaires Arthur J. Olson², associés à des recherches démontrant les avantages d'interfaces tangibles pour manipuler des objets numériques 3D articulées³ ou des modèles physiques en facilitant l'apprentissage de la biologie moléculaire⁴, nous avons conçu une interface tangible modulaire, articulée, et surtout sans marqueur, élément qui restait rédhibitoire pour un usage quotidien. La suppression de ces marqueurs grâce à la miniaturisation et aux technologies issues de l'internet des objets, a nécessité de mettre ensemble des compétences en biologie moléculaire, en informatique, et en électronique⁵. Cette interface a fait l'objet d'expérimentation pour mesurer sa pertinence face aux interfaces plus classiques, et nous entrons dans une nouvelle phase pour cerner les perspectives en de cette approche en matière pédagogique et de recherche, notamment pour supporter les approches de type Rational Drug Design.

1 Chakraborty, P.; Zuckermann, R.N. Coarse-grained, foldable, physical model of the polypeptide chain. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2013, 110, 13368–13373.

2 Gillet, A.; Sanner, M.; Stoffer, D.; Olson, A. Tangible interfaces for structural molecular biology. *Structure* 2005, 13, 483–491.

3 Jacobson, A.; Panozzo, D.; Glauser, O.; Pradalier, C.; Hilliges, O.; Sorkine-Hornung, O. Tangible and modular input device for character articulation. *ACM Trans. Graph. (TOG)* 2014, 33, 82.

4 Newman, D. L.; Stefkovich, M.; Clasen, C.; Franzen, M.A.; Wright, L. K. Physical models can provide superior learning opportunities beyond the benefits of active engagements, *Biochem Mol Biol Educ.* 2018,46(5): 435–444.

5 Vincke, B.; Ghaoui, M. A.; Férey, N.; Martinez, X. Modular and Articulated Interface for Interactive Molecular Manipulation, *Sensors* 2020, 20(18), 5415;