

Conception et utilisation d'un modèle de chromosomes imprimés en 3 dimensions dans un cours de biologie de 1^{er} bachelier universitaire

Les étudiants du 1^{er} bachelier en sciences biologiques et chimiques de l'Université de Liège présentent fréquemment, dans le cours de biologie, des difficultés sur certaines notions clés relatives à l'ADN et aux divisions cellulaires (ploïdie, chromosomes homologues, chromosomes composés d'une ou deux chromatides, étapes de la mitose/méiose, crossing-over...). Ces notions sont en effet complexes, mais nécessaires pour une compréhension fine des mécanismes de divisions cellulaires notamment. Elles seront également des prérequis pour la compréhension des mécanismes de transmission des caractères héréditaires que les étudiants aborderont dans les cours de génétique lors de la suite de leur cursus.

L'enseignement des sciences, et de la biologie en particulier, utilise très fréquemment des illustrations (schémas, modèles, dessins, images...) (Poffé *et al.*, 2015 ; Orange, 2015). Les outils graphiques présentent en effet de nombreux avantages : ils permettent une vision globale, une mise en évidence d'éléments qui resteraient implicites dans un texte et favorisent la structuration des idées (Peterfalvi, 1988). Selon Larkin (1989), cité par Poffé *et al.* (2015), les supports imagés permettent d'illustrer des concepts abstraits et aident les apprenants à comprendre des sujets difficiles.

À la suite de l'article de Coquidé (2015), nous avons présagé que des supports plus visuels et manipulables en trois dimensions (3D) pourraient aider les étudiants à dépasser les difficultés sur les notions relatives à l'ADN et aux divisions cellulaires. Nous avons donc conçu un modèle de chromosomes pour une impression en 3D. Le modèle représente les chromosomes d'une cellule diploïde composée de 6 chromosomes. Différents facteurs ont été pris en compte afin de réaliser une représentation simplifiée, mais réaliste, des chromosomes, tant au niveau de leurs différences de taille, que de la position des centromères et des possibilités de crossing-over. Les chromosomes homologues sont de couleurs différentes pour représenter l'origine, maternelle ou paternelle, de chaque chromosome. Des modèles de grande taille (20cm) ont été imprimés à destination des enseignants, pour garantir une bonne visibilité dans les classes. De plus, des petits modèles (10cm) ont aussi été imprimés à destination des étudiants. Notons que notre modèle représente des chromosomes formés par de l'ADN sous une configuration très condensée, comme observée durant la mitose. En revanche, il ne permet pas de montrer les chromosomes dans un état plus décondensé, comme révélés lors de plusieurs phases du cycle cellulaire. Cet état de condensation des chromosomes constitue une limite communément utilisée pour faciliter les représentations schématiques. Selon Peterfalvi (1988, p. 49), « certains éléments du discours ne peuvent être traduits graphiquement, certaines nuances disparaissent, certaines limites sont trop marquées ; il s'agit en quelque sorte d'éléments simplifiés qu'il convient d'utiliser comme tels, avec précaution, sans perdre de vue cet aspect des choses ». Nous discutons donc de cette limite de la modélisation avec les étudiants, afin de diminuer les risques d'inégalités d'apprentissage (Bautier & Rayou, 2009).

Ce modèle de chromosomes a été utilisé lors de cours théoriques, d'une séance d'aide à l'étude (Palmaers & Thiry, 2021) et de deux séances de Travaux Pratiques (TP) du 1^{er} quadrimestre de 2023. Les enseignants ont utilisé les modèles pour illustrer leurs explications et pour guider les étudiants pendant la réalisation d'exercices. Lors de l'aide à l'étude et des TP, des modèles ont également été prêtés aux étudiants pour leur permettre de les manipuler par eux-mêmes. Les étudiants ont également analysé et réalisé des schémas, et des discussions ont eu lieu avec les enseignants afin de s'assurer de leur bonne compréhension, les étudiants pouvant éprouver des difficultés de lecture et d'utilisation correcte des représentations graphiques (Tiberghien 2002).

N.B. Ce modèle de chromosomes est protégé par un dépôt de modèle auprès de l'Office de la Propriété Intellectuelle.

À l'heure d'écrire ces lignes, nous n'avons pas encore pu réaliser une étude systématique, afin de mesurer l'influence de l'utilisation de ce modèle sur les résultats des étudiants. Nous présentons donc ici les premières impressions de tous enseignants et de certains étudiants, récoltées pendant des discussions informelles après les différentes activités. Les retours des enseignants sont très positifs. Ils indiquent notamment avoir eu plus de facilité pour expliquer ces notions. Ils ont également eu le sentiment d'une meilleure compréhension et maîtrise de la part des étudiants. En effet, lors des séances de TP qui ont eu lieu après le cours théorique et l'aide à l'étude, les étudiants avaient beaucoup moins de questions sur ces notions par rapport aux années précédentes. Par ailleurs, deux interrogations lors des TP sur les notions de mitose et de méiose ont donné des résultats satisfaisants (moyenne supérieure à 10/20, n = 201). De plus, des étudiants nous ont indiqué que le modèle 3D de chromosomes est très visuel et qu'ils ont l'impression d'avoir plus de facilité pour comprendre ces notions.

Ce modèle de chromosomes pourrait également être intégré dans d'autres scénarios pédagogiques, tant dans l'enseignement supérieur que dans l'enseignement secondaire, comme la réalisation de caryotypes par les étudiants, la modélisation des étapes de la mitose ou de la méiose, etc. L'ajout d'un système d'allèles amovibles et annotables permettrait également d'adapter le modèle pour des cours de génétique.

L'engouement des enseignants et des étudiants pour ce modèle 3D de chromosomes est très encourageant et nous continuerons à l'utiliser dans les années à venir en mettant en place un dispositif de suivi de son efficacité.

Références

- Bautier, É. & Rayou, P. (2009). *Les inégalités d'apprentissage. Programmes, pratiques et malentendus scolaires*. Paris : PUF.
- Coquidé, M. (2015). *Modèles et modélisation dans l'enseignement scientifique*. In: Th. Evrard & B. Amory, *Les modèles des incontournables pour enseigner les sciences !* (pp. 35-44). Louvain-la-Neuve : De Boeck. Des outils pour enseigner.
- Larkin, J. H. (1989). Display Based problem solving. In: D. Klahr & K. Kotovsky (eds.) *Complex information processing. The impact of Herbert Simon* (pp. 319-341). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Orange, Ch. (2015). *Peut-on faire des sciences sans modéliser ? Peut-on enseigner les sciences sans faire modéliser ?* In : Th. Evrard & B. Amory, *Les modèles des incontournables pour enseigner les sciences !* (pp. 11-33). Louvain-la-Neuve : De Boeck. Des outils pour enseigner.
- Palmaers, A. & Thiry, M. (10 décembre 2021). *Aides à l'étude*. Journée d'Etude Prérequis et Réussite du Pôle académique Liège-Luxembourg, Liège, Belgique.
<https://hdl.handle.net/2268/266102>
- Peterfalvi, B. (1988). Outils graphiques, anticipation de la tâche, raisonnement. *Aster : recherche en didactique des sciences expérimentales*, 6, 47-90. doi : 10.4267/2042/9166
- Poffé, C., Laschet, M. & Hindryckx, M.-N. (2015). Les supports pour l'étude fournis à l'élève en sciences biologiques sont-ils créateurs d'inégalités scolaires ? Étude exploratoire de productions de futurs enseignants en Fédération Wallonie-Bruxelles (Belgique). *Spirale. Revue de recherches en éducation*, 55, 137-152.
- Tiberghien, A. (2002). *Des connaissances naïves au savoir scientifique*. Lyon : Université Lumière Lyon 2.