

Analyse des connaissances mobilisées par des élèves de 1^{ère} S à propos de la synthèse des protéines lors d'une activité de conception expérimentale

Saavedra, Reinaldo⁽¹⁾, Marzin, Patricia⁽¹⁾, Girault Isabelle⁽¹⁾

⁽¹⁾Laboratoire LIG, équipe MeTAH (LIG-METAH), Université Grenoble Alpes - France

Résumé : Le travail présenté porte sur l'analyse d'une activité de conception expérimentale réalisée par des élèves de 1^{ère} S à l'aide de l'éditeur de protocoles COPEX, intégré à la plateforme informatique LabBook. Afin de rendre compte des connaissances mobilisées par les élèves, nous avons modélisé cette activité selon la théorie des situations didactiques (Brousseau, 1986). L'activité proposée aux élèves est ancrée dans la thématique de la génétique et plus précisément dans l'expression du patrimoine génétique, domaine pour lequel de nombreuses difficultés chez les élèves ont été répertoriées dans la littérature. L'analyse des rapports expérimentaux réalisés par les élèves révèle que ceux-ci parviennent à formuler des hypothèses en mobilisant des connaissances qui rendent compte du lien existant entre gènes et protéines. Dans notre cas, très peu d'élèves s'appuient sur une conception erronée de ce lien, ce qui n'était pas le cas des exemples décrits dans d'autres études. Par ailleurs, ce travail a permis de mettre en valeur l'importance du rôle du protocole expérimental pour la mobilisation des connaissances. L'élaboration des protocoles *a priori* ainsi que leur exécution aide les élèves à se représenter les concepts en jeu, ce qui se traduit par la modification de leur système de connaissances.

Mots-clés : Théorie des situations didactiques, conception expérimentale, protocole expérimental, synthèse des protéines.

Etat de l'art, cadre théorique et questions de recherche

L'importance de la réalisation des activités expérimentales au sein de la salle de classe, inscrites dans le contexte de la « démarche d'investigation expérimentale », a été largement explorée dans les recherches sur l'enseignement des sciences (Tiberghien et *al.*, 2001). Dans ce contexte, plusieurs études révèlent un engagement relativement faible de la part des élèves souvent placés en situation d'exécuter des manipulations et rarement justifiées d'un point de vue théorique (Hofstein et Lunetta, 2004). Or, les études menées par Etkina et al (2010) montrent que l'implication des élèves dans des démarches expérimentales favorise le développement des habilités scientifiques et la construction des connaissances scientifiques. Pour Etkina et al (2010), une partie importante de l'apprentissage des élèves a lieu lorsque les élèves sont amenés à concevoir eux-mêmes leurs propres expériences. Dans le cadre d'une démarche d'investigation expérimentale, l'activité de conception expérimentale entraîne nécessairement la formulation et la formalisation des procédures en amont de l'opérationnalisation de l'expérience. Lorsque cette procédure est formalisée en tâches et actions, elle aboutit à la production d'un protocole écrit, objet scientifique qui fait partie de l'activité scientifique (Girault et *al.*, 2012 ; Marzin et *al.*, 2007).

Nous considérons qu'une activité de conception expérimentale peut être vécue, dans le contexte de la théorie des situations didactiques (Brousseau, 1986), comme une situation adidactique. En effet, dans ce contexte, les élèves sont confrontés à un milieu didactique qui les conduit à agir, à identifier et à construire des connaissances, à comprendre et à

exprimer jusqu'à un niveau formel les savoirs qu'ils réinvestissent. Ainsi, à partir de la modélisation de cette activité sous l'angle de cette théorie, nous souhaitons vérifier si les élèves parviennent à atteindre les objectifs d'apprentissages visés. Plus précisément, la question de recherche que nous nous posons est la suivante : *Quelles sont les connaissances mobilisées par les élèves lors de l'activité de conception expérimentale et quel est le rôle du protocole expérimental dans cette mobilisation ?*

Nous pensons que l'élaboration d'un protocole *a priori* ainsi que son exécution, vont aider les élèves à se représenter différemment les concepts en jeu, ce qui va se traduire par la modification de leur système des connaissances.

Méthodologie

Mise en œuvre pédagogique

La situation conçue porte sur l'étude d'une maladie nommée *Xeroderma pigmentosum* qui s'exprime lorsque certaines protéines responsables de la réparation de l'ADN sont défaillantes. Trois protéines synthétisées par différents allèles du gène xpa (xpa1 / xpa 2-6 / xpa 4-7) sont proposées aux élèves. Chacune de ces protéines a une taille et une fonctionnalité spécifique. Tout d'abord les élèves doivent formuler des hypothèses à propos des mutations portées par les allèles et ils doivent analyser les effets de celles-ci sur les protéines proposées (taille et fonctionnalité). Ensuite, ils doivent concevoir des protocoles, les exécuter (à l'aide du logiciel anagène) et conclure en revenant sur les hypothèses de départ. Les éléments à partir desquels les élèves doivent réaliser ces activités sont :

- Les connaissances des élèves concernant « l'expression de l'information génétique »
- Le logiciel anagène qui permet de manipuler les séquences nucléotidiques de chaque allèle concerné et d'obtenir ainsi les résultats de leur expression.
- La plateforme informatique LabBook pour la rédaction des rapports expérimentaux, et le logiciel COPEX intégré à cette plateforme. Ce dernier permet la structuration des protocoles expérimentaux en étapes et actions.

Analyse *a priori*

Le **milieu** auquel les élèves sont confrontés correspond aux différents gènes de xpa et les protéines synthétisées par chacun d'eux. Afin d'expliquer l'origine de ces protéines, les élèves doivent mettre en place des **stratégies** qui sont justifiées par un raisonnement relatif au processus de synthèse protéique. La stratégie experte est celle qui prend en compte toutes les étapes de la synthèse protéique, dont la transcription et la traduction. A partir d'une analyse épistémologique des savoirs en jeu (Saavedra, 2015), nous avons défini d'autres stratégies (non-expertes) qui négligent certaines étapes ou qui sont justifiées par une conception erronée.

Au niveau des allèles xpa 1 et xpa 2-6, la mise en place des stratégies non-expertes, peut suffire pour expliquer les caractéristiques des protéines synthétisées (taille et fonctionnalité). En revanche au niveau des allèles xpa 4-7, la stratégie experte est indispensable pour expliquer ces caractéristiques. Les différentes valeurs du gène xpa correspondent à notre **variable didactique** dans le sens qu'elle permettra d'induire les élèves à changer de stratégie de résolution du problème.

Contexte expérimental

La situation conçue a été testée face à deux classes, chacune composée de 32 élèves. L'expérimentation se déroule pendant une séance d'enseignement de 90 minutes. Notre corpus de données est composé des rapports expérimentaux réalisés par les élèves avec la plateforme LabBook. Chaque rapport a été élaboré par un binôme d'élèves, ce qui fait un total de 32 rapports expérimentaux recueillis en fin de chaque séance (16 rapports expérimentaux pour chaque classe).

Résultats

Nous avons établi un codage spécifique nous permettant d'identifier la stratégie mise en place par les élèves lors de la formulation des hypothèses. Les résultats sont les suivants :

		Allèle xpa 1 : Protéine taille normale et fonctionnelle	Allèle xpa 2-6 : Protéine taille normale et non fonctionnelle	Allèles xpa 4-7 : Protéine taille plus courte et non fonctionnelle
Stratégies	S1 (experte) : ADN → transcription → traduction → protéine	13	10	15
	S2 : ADN → traduction → protéine	2	2	1
	S3 : ADN → transcription → protéine	0	0	0
	S4 : ADN → protéine	14	19	15
	S5 : ADN	1	1	1
	Non fait	2	0	0
Total		32	32	32

Tableau 1 : nombre de productions par stratégie adoptée au niveau des hypothèses

La plupart des élèves participant à cette étude parviennent à formuler des hypothèses fondées sur la mise en place des stratégies qui sont justifiées par un raisonnement relatif au lien entre gènes et protéines (S1 ; S2 ; S4).

Des stratégies contextualisées en fonction des allèles étaient attendues au niveau des hypothèses formulées par les élèves. Plus précisément nous espérons un changement de stratégie (vers l'experte) au niveau des allèles xpa 4-7. Six groupes parmi les 25 qui ont formulé des hypothèses contextualisés en fonction des différents allèles, adoptent la stratégie experte pour tous les allèles. Parmi les groupes restants les résultats sont les suivants :

Variation de stratégie dans les hypothèses relatives aux allèles xpa 4-7	
Changement de stratégie (vers la stratégie experte)	6 groupes
Changement de stratégie (vers une stratégie non-experte)	4 groupes
Pas de changement de stratégie (non-experte)	9 groupes
TOTAL	19 groupes

Tableau 2 : variation de stratégie dans les hypothèses relatives aux allèles xpa 4-7

Dans presque la moitié des groupes, nous constatons un changement de stratégie au niveau des allèles xpa 4-7. Il existe une représentation différente du processus de synthèse de protéines en fonction de la mutation évoquée par les élèves, ce qui justifie à notre avis le changement de stratégie dans un sens ou dans l'autre. Afin de rendre compte du rôle du protocole sur les connaissances mobilisées, nous avons comparé les stratégies mises en place par les élèves au niveau des hypothèses et des protocoles. En considérant uniquement les groupes qui n'avaient pas une stratégie experte au niveau des hypothèses, les données pour les allèles xpa 4-7 sont les suivantes :

Variation de stratégie entre hypothèses et protocoles (allèles xpa 4-7)	
Changement de stratégie (vers la stratégie experte)	5 groupes
Changement de stratégie (vers une stratégie non-experte)	10 groupes
Pas de changement de stratégie (non-experte)	8 groupes
TOTAL	23 groupes

Tableau 3 : variation de stratégie entre hypothèses et protocoles (allèles xpa 4-7)

Dans la plupart des cas, la stratégie relevée dans les protocoles diffère de celle qui a été adoptée au niveau des hypothèses (changement de stratégie). Il est remarquable que pour 5 groupes d'élèves ce changement porte sur l'adoption de la stratégie experte au niveau des protocoles. Nous pensons que lors de l'exécution des protocoles, les élèves allaient réaliser des actions complémentaires à celles qui ont été formalisées *a priori*, et donc changer de stratégies au niveau des résultats obtenus. Afin de tester ceci, nous avons comparé, les stratégies mises en place par les élèves au niveau des protocoles et des résultats. En considérant uniquement les groupes qui n'avaient pas une stratégie experte au niveau des protocoles, et que parviennent à formaliser des résultats, nous obtenons les données suivantes :

Variation de stratégie entre protocoles et résultats (allèles xpa 4-7)	
Changement de stratégie (vers la stratégie experte)	6 groupes
Changement de stratégie (vers une stratégie non-experte)	3 groupes
Pas de changement de stratégie (non-experte)	4 groupes
TOTAL	13 groupes

Tableau 4 : variation de stratégie entre protocoles et résultats (allèles xpa 4-7)

Un changement de stratégie (vers l'experte) a été constaté dans presque la moitié des groupes concernés (6 groupes). Une analyse des actions réalisées par les élèves serait pertinente de mener afin d'affirmer que l'exécution des protocoles n'a pas eu des influences sur les connaissances mobilisées par ces derniers groupes d'élèves.

Discussion et conclusion

Les résultats présentés dans cette étude permettent de valider le potentiel adidactique de la situation conçue. En effet, les élèves parviennent à formuler des hypothèses sur la base des stratégies qui rendent compte du lien existant entre gènes et protéines. Les études puisées dans la littérature montrent que ce lien n'est pas évident à saisir par les élèves et que des conceptions erronées concernant la nature de l'information génétique persistent (Duncan et Reiser, 2007 ; Lewis et Kattmann, 2004 ; Venville et Treagust, 1998). Alors que ce lien n'a toujours pas été établi comme attendu, nous constatons que le fait de formuler des hypothèses en fonction des différents allèles, conduit les élèves à remettre en question leurs raisonnements. Ceci se traduit pas un changement de stratégie vers celle qui s'accorde au raisonnement expert. Alors que d'autres études ont proposés des situations centrées sur la conception expérimentale (Etkina et *al.*, 2010; Karelina et Etkina, 2007; Schneeberger et Rodriguez, 1999) peu d'entre elles centrent leur attention sur l'importance de la formalisation des protocoles sous la forme d'étapes et d'actions. De notre point de vue, cette activité de formalisation non seulement va aider les élèves à faire le lien entre la théorie et les activités expérimentales réalisées (Karelina et Etkina, 2007) mais va aussi favoriser chez les élèves une représentation différente des concepts en jeu. Nous constatons que les élèves parviennent à prendre en compte certains éléments négligés dans les hypothèses formulées, ce qui se traduit par une complexification des stratégies au niveau des protocoles conçus. Dans certain cas, cette complexification de stratégie a été constatée au niveau des résultats obtenus par les élèves. Ainsi, ce travail a permis de mettre en valeur le rôle du protocole expérimental dans la modification du système des connaissances des élèves.

Références bibliographiques

- Brousseau, G. (1986). Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. *Recherche en didactique des mathématiques*, 7(2), 33-112.
- Duncan, R. G., Reiser, B. J. (2007). Reasoning across ontologically distinct levels: Students' understandings of molecular genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(7), 938-959.
- Etkina, E., Karelina, A., Ruibal-Villasenor, M., Rosengrant, D., Jordan, R., Hmelo-Silver, C. E. (2010). Design and Reflection Help Students Develop Scientific Abilities: Learning in Introductory Physics Laboratories. *Journal of the Learning Sciences*, 19(1), 54-98.
- Girault, I., d'Ham, C., Ney, M., Sanchez, E., Wajeman, C. (2012). Characterizing the Experimental Procedure in Science Laboratories: A preliminary step towards students experimental design. *International Journal of Science Education*, 34(6), 825-854.
- Hofstein, A., Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science education*, 88(1), 28-54.
- Karelina, A., Etkina, E. (2007). Acting like a physicist: Student approach study to experimental design. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 3(2), 020106.
- Lewis, J., Kattmann, U. (2004). Traits, genes, particles and information: re-visiting students' understandings of genetics. *International Journal of Science Education*, 26(2), 195-206.

- Marzin, P., Girault, I., Wajeman, C., D'Ham, C., Sanchez, E., Cross, D. (2007). L'utilisation d'un arbre des tâches pour concevoir et analyser des situations d'apprentissage : trois T.P. intégrant la conception d'un protocole expérimental par les élèves, en géologie, chimie et physique. (p. 257-264). Acte des Journées de l'ARDIST 2007
- Saavedra, R. (2015). *Etayer le travail des élèves avec la plateforme LabBook pour donner davantage de sens aux activités expérimentales réalisées par des élèves de première S*. Thèse de doctorat. Université Grenoble Alpes.
- Schneeberger, P., Rodriguez, R. (1999). Des lycéens face à une investigation à caractère expérimental: exemple en classe de première S. *Aster N°28*. p. 79-105.
- Tiberghien, A., Veillard, L., Le Maréchal, J.-F., Buty, C., Millar, R. (2001). An analysis of labwork tasks used in science teaching at upper secondary school and university levels in several European countries. *Science Education*, 85(5), 483-508.
- Venville, G. J., Treagust, D. F. (1998). Exploring conceptual change in genetics using a multidimensional interpretive framework. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(9), 1031-1055.