ROLE DES MEDIATEURS VISUELS ET DU VOCABULAIRE UTILISE DANS L'ETABLISSEMENT D'UNE COMMUNICATION EFFICACE LORS DE LA RESOLUTION D'UN PROBLEME DE MATHEMATIQUE APPLIQUEE

KHALLOUFI-MOUHA[*] Faten

Résumé – Des recherches attestent que les étudiants trouvent des difficultés à mettre en œuvre d'une façon spontanée leurs connaissances mathématiques dans des problèmes de biologie. En nous plaçant dans le cadre de la théorie commognitive, nous analysons comment l'utilisation de médiateurs visuels et d'un vocabulaire mathématique associé permet aux étudiants d'établir une communication efficace et de mettre en œuvre leurs connaissances mathématiques.

Mots-clefs : communication efficace, projet focal, médiateurs visuels, vocabulaire mathématique.

Abstract – Research shows that students face difficulties to spontaneously use their mathematical knowledge in biology problems. Using the commognitive framework, this paper analyses how the use of visual mediators and an associated mathematic vocabulary allow students establishing an effective communication, as well as activating their mathematical knowledge.

Key words: effective communication, focal project, visual mediators, mathematical vocabulary.

I. INTRODUCTION

La volonté institutionnelle de mettre en place un enseignement interdisciplinaire prend de plus en plus d'importance. Dans un contexte éducatif, l'interdisciplinarité implique que les approches monodisciplinaires encore dominantes soient remplacées par des approches permettant plus de liens avec les connaissances existantes et conduisant ainsi à un apprentissage plus profond et plus intégré. Dans le cas de l'enseignement des mathématiques en biologie, plusieurs auteurs (par exemple, Brewer & Smith, 2011 ; Michelsen, 2017 ; Osman, Hiong & Vebrianto, 2012) suggèrent une plus grande intégration des mathématiques et de la biologie dans le curriculum. Dans le même contexte, Hester, Buxner, Elfring & Nagy (2014) mettent en évidence à travers une étude expérimentale que les étudiants en biologie trouvent des difficultés à transférer d'une façon spontanée leurs connaissances mathématiques dans les problèmes de biologie. Les problèmes de modélisation et de mathématique appliquée à la biologie constituent un champ adéquat pour satisfaire une telle demande des programmes puisqu'ils permettent de faire le lien entre les deux disciplines. Muller et Burkhardt (2007) affirment que la modélisation mathématique, basée sur l'utilisation d'un contexte du monde réel, fournit le cadre idéal pour articuler le contenu et le processus de manière à mettre en œuvre les connaissances mathématiques pour résoudre ces problèmes. Plusieurs travaux soulignent l'importance d'associer l'intégration des problèmes de modélisation et de mathématique appliquée à la biologie à une organisation de séances de travail en petits groupes. L'importance des discussions en groupe dans le développement et la mise en œuvre des connaissances mathématiques a suscité l'intérêt de plusieurs chercheurs (Kieran, 2001 ; Nilsson & Ryve, 2010…). Dans leurs travaux, Sfard (2001) et Ryve (2006) ont mis en évidence que les étudiants travaillant en groupes éprouvent des difficultés à aboutir à une discussion efficace. Dans notre travail nous nous intéressons essentiellement à comment les étudiants peuvent arriver à établir une discussion efficace lors de la résolution d'un problème de mathématique appliquée à la biologie. Les éclairages fournis par cette étude sont susceptibles de contribuer à une meilleure planification de la mise en place de situations

[*] Université de Carthage. Faculté des sciences de Bizerte – Tunisie – fkhalloufi@yahoo.fr

donnant aux étudiants l'opportunité d'établir une communication efficace lors de la résolution des problèmes de modélisation et d'application des mathématiques.

Notre analyse se place dans le cadre de la théorie commognitive (Sfard, 2008) et adopte l'approche analytique proposée par Nilsson et Ryve (2010) et reprise par Ryve, Nilsson et Pettersson (2013) afin d'apporter des éléments de réponse à la question de recherche : « Comment l'utilisation des médiateurs visuels et d'un vocabulaire mathématique spécifique permet aux étudiants de mettre en place une discussion efficace lors de la résolution d'un problème de mathématique appliquée à la biologie ? »

II. CADRE THEORIQUE

La notion de communication efficace (effective communication) a été introduite par Sfard et Kieran (2001). Elle est identifiée lorsque « The different utterances of the interlocutors evoke responses that are in tune with the speakers meta-discursive expectations » (p.49). Cette notion a été utilisée par Nilsson et Ryve (2010) en focalisant sur la manière dont les projets individuels des étudiants constituent une composante importante dans leur collaboration dans le cadre d'un travail en groupe. Nilsson et Ryve (2010) proposent une approche analytique centrée sur l'analyse des projets focaux (PF) des interlocuteurs et leur contextualisation, qui permet la conceptualisation et l'analyse d'une communication mathématiquement efficace. S'appuyant sur les résultats de Nilsson et Ryve (2010), Ryve et al. (2013) ont étudié la communication efficace dans un contexte universitaire et plus particulièrement dans le contexte de la résolution de problèmes en petits groupes. Ce travail a contribué à éclairer comment les étudiants lors d'une discussion collective arrivent à établir des focus intéractonaux communs (*common interactional foci*) et expliquer comment certains types d'utilisation des termes techniques et des médiateurs visuels aboutissent à la co-construction d'une communication efficace. Dans l'analyse des discussions, Ryve et al. (2013), identifient les PF individuels des étudiants du groupe. Le PF d'un étudiant fait référence au problème ou au projet dans lequel l'étudiant s'engage et qu'il interprète comme son obligation pour avancer dans son travail. Cependant, un projet peut être traité de différentes manières et la façon dont un individu choisit de faire face à son PF dépend de la façon dont il contextualise ce projet; c'est-à-dire, dans quel contexte personnel et mental l'individu travaille afin de développer une compréhension du projet (Nilsson & Ryve, 2010)

Pour l'analyse des discussions lors du travail par groupe, l'approche commognitive élaborée par Sfard (2008) fournit des concepts théoriques permettant l'étude du processus de développement de projets interpersonnels étroitement liés et établir une discussion efficace. La théorie commognitive (TCM) (Sfard, 2008) est une approche discursive qui définit les mathématiques comme un discours particulier, comme une activité de communication (Sfard, 2012). L'apprentissage des mathématiques est défini comme un développement du discours, comme une modification dans l'activité discursive. Selon la TCM, le discours mathématique, comme tout autre discours est caractérisé par :

- **Un vocabulaire spécifique** relatif à l'utilisation de la terminologie mathématique (comme la « topologie ») ainsi que des mots ordinaires avec un sens spécifique en mathématiques (comme « limite », « ouvert », « continu » et « groupe »).
- **Les médiateurs visuels** tels que les graphiques, les diagrammes et les symboles algébriques et numériques.
- **Les récits validés** qui comprennent des textes écrits ou oraux décrivant les objets et les processus ainsi que les relations entre eux et qui sont soumis à la validation, à la

modification ou au rejet selon des règles définies par la communauté (définitions, théorèmes et preuves).

- **Les routines** comprennent les pratiques régulièrement utilisées et bien définies par la communauté (telles que la définition, la conjecture, la preuve, l'estimation, la généralisation et l'abstraction). Sfard (2008) élabore trois types de routines: les actions (*deeds*), les explorations (*explorations*) et les rituels (*rituals*) (pp. 223-245).

Selon la TCM, le discours mathématique comporte une infinité de transitions entre un signifié mathématique et ses différentes réalisations. Ces réalisations sont des entités perceptibles qui peuvent être vocales ou visuelles (symboles, mots, …) et qui renvoient au signifié mathématique. Nous pouvons citer comme exemple le signifié mathématique « fonction » et ses différentes réalisations "graphe", "formule algébrique"… Sfard (2008) souligne l'importance des images d'objets mathématiques pour permettre aux étudiants de développer des projets interpersonnels étroitement liés. Elle considère que dans le discours mathématique, les médiateurs visuels sont des artefacts symboliques qui constituent le discours (tels que des expressions algébriques, des tableaux, etc.). Dans notre étude, nous cherchons à identifier la façon dont les médiateurs visuels affectent la communication à partir du rôle qu'ils jouent dans le développement de projets focaux communs lors du travail de groupe.

D'autre part, Sfard (2008) souligne que le même médiateur visuel peut être scanné de différentes manières par différents individus. Dans une telle perspective, l'utilisation de termes techniques pour attirer l'attention des étudiants sur les caractéristiques critiques est soulignée comme étant cruciale (par exemple, Ryve, Nilsson & Mason, 2012 ; Wertsch, 2007 ; Wertsch & Kazak, 2011). Un terme technique fait référence à un terme qui appartient généralement à un discours spécifique, tel que le discours mathématique. En particulier, nous étudions comment les étudiants contextualisent les médiateurs visuels en utilisant un vocabulaire mathématique spécifique et comment cela affecte l'établissement d'une communication efficace.

III. PRESENTATION DE LA SITUATION

La situation « l'évaluation d'un risque de trisomie 21 » est extraite de Biau, Droniou et Herzlich (2010) et développée dans Khalloufi-Mouha (2015). Elle est basée sur l'hypothèse que le développement d'une maladie génétique comme la trisomie 21 semble relever du hasard. Une évaluation du risque nécessite l'utilisation d'un modèle mathématique qui prend en compte la nature incontrôlable du phénomène étudié. Il s'agit ainsi de faire appel à une théorie permettant non pas d'expliquer les causes de la maladie mais plutôt capable de prédire avec un degré de fiabilité raisonnable les conséquences éventuelles des observations. La théorie en question est la probabilité et le modèle mathématique visé est celui de la probabilité conditionnelle. Le problème se présente sous forme d'un texte ne comportant pas de formules mathématiques (voir Annexe) et présentant certaines données provenant d'une étude médicale précisant les différents tests utilisés pour évaluer le risque de la trisomie 21. Les étudiants sont ainsi amenés à comprendre d'abord la situation proposée, puis à procéder à une interprétation mathématique des données. A ce niveau les stratégies de lecture du texte et la capacité de comprendre les différents termes utilisés et les formulations proposées jouent un rôle important dans le processus de résolution et influencent l'identification du modèle mathématique adéquat pour la résolution de la tache proposée.

La tâche des étudiants consiste à identifier les données du problème et à les interpréter en termes d'évènements et de probabilité. La difficulté consiste essentiellement à identifier les relations entre les évènements lors de l'interprétation de la situation réelle en termes du modèle mathématique de probabilité.

Les évènements à identifier sont (nous utilisons les mêmes notations adoptées par le groupe dont nous analysons la discussion)

S : « le fœtus est atteint du syndrome de Down »

T : « le taux repéré lors du test sanguin de la mère est anormal »

$$p(S) = \frac{1}{700}, p(T/S) = \frac{1}{4} \text{ et } p(T/\bar{S}) = \frac{1}{100}$$

La question proposée aux étudiants requiert de calculer $p(S/T)$ en appliquant la formule de Bayes.

Le problème a été proposé à dix-huit étudiants de 1ère année de l'enseignement supérieur tunisien section SVT (Sciences de la Vie et de la Terre) ayant déjà suivi pendant un semestre un cours de statistique et probabilités. Les étudiants ont été répartis en six groupes de trois. Il leur a été demandé de produire une réponse commune pour chaque groupe. La séquence expérimentale a eu lieu en dehors des séances ordinaires et les étudiants participants sont des volontaires. Les discussions des six groupes ont été enregistrées et les durées des discussions ont varié entre 1h et 2h. Les données recueillies sont les enregistrements vidéo du travail de chaque groupe, les productions intermédiaires (brouillons) et les productions finales des groupes.

Dans ce travail nous nous limitions à l'analyse de la discussion d'un seul groupe d'étudiants. Un groupe formé par trois étudiantes ayant l'habitude de travailler ensemble (Sahar - Amal - Hayfa)

IV. ANALYSE DE LA DISCUSSION

Pour des raisons de l'espace réduit dans cet article nous centrons l'analyse de la discussion du groupe sur deux extraits qui permettent de montrer comment les trois étudiantes arrivent à travers l'utilisation de médiateurs visuels et d'un vocabulaire appartenant au domaine de la probabilité à mettre en place des projets personnels étroitement liés et à établir ainsi une discussion efficace.

1. *Rôle des médiateurs visuels et du vocabulaire mathématique dans la mise en place d'un projet focal commun relatif à l'identification du modèle mathématique adéquat.*

L'extrait suivant est relatif à la phase de la transition de la situation réelle proposée dans le texte du problème vers l'identification du modèle mathématique adéquat pour la résolution de la tache proposée. L'extrait commence à 18 minutes et 40 secondes du début de l'enregistrement. Dans cette étape les étudiantes sont entrain de lire le texte et cherchent à identifier les données pertinentes et à comprendre la tâche proposée. L'extrait montre que l'utilisation de la production écrite par Amal est un nouveau médiateur visuel qui a permis aux autres étudiantes de suivre et de participer à un PF collectif.

33. *Hayfa : On essaye de résumer. On a 1/4 ont des taux anormaux et le syndrome et 1/100 ont des taux anormaux et ils n'ont pas le syndrome. On va appeler S l'évènement avoir le syndrome et ça $\bar{S}$ et on va mettre T pour les dosages anormaux et après……* Amal <u>commence par écrire ça</u> : [l'évènement S « atteint du syndrome »]

34. *Amal [écrit] : Soit S l'évènement : atteint par le syndrome et $\bar{S}$?*

35. *Hayfa : $\bar{S}$ c'est l'évènement contraire et T lorsqu'il y a des taux anormaux. Ça c'est les données.*

36. *Amal : c'est-à-dire nous allons utiliser « sachant T » ?*
37. *Hayfa : le test s'il donne des taux anormaux, il faut chercher le risque qu'il y a la maladie c'est-à-dire on va chercher ça le S*
38. *Amal : il faut utiliser « sachant T »*
39. *Hayfa : oui on a des taux anormaux et il y a ceux qui ont le syndrome et ceux non. Nous on va chercher le S, la probabilité de S*
40. *Amal : oui voilà. On a p*
41. *Hayfa : probabilité*
42. *Amal : p(S)… non* $p(S/T) = 0{,}25$ *c'est* $\frac{1}{4}$ *l'autre* $p(\bar{S}/T) = 0{,}01 = \frac{1}{100}$ *maintenant on cherche la probabilité de S.*

Dans la première intervention, Hayfa explicite son projet focal qui consiste à interpréter les données de l'énoncé du problème en termes d'événements. Hayfa introduit un nouveau terme mathématique «événement» qui n'est pas évoqué dans le texte du problème et utilise de nouveaux médiateurs visuels « l'événement S », « S » et « T ». Cela sert de point de départ pour établir un contexte commun qui est le modèle mathématique de probabilité. Dans [34], Amal exprime son engagement dans le projet de Hayfa en utilisant les mêmes médiateurs visuels « l'événement S », « S » et « T ». Le passage d'un discours contextualisé lié au texte du problème à un vocabulaire probabiliste et aux médiateurs visuels connexes de Hayfa, a permis aux deux autres étudiants de participer à son projet focal. Cela confirme l'affirmation de Sfard (2008) relative à l'importance des représentants des objets mathématiques (*the images of mathematical objects*) pour aider les élèves à établir des projets interpersonnels étroitement liés.

Dans les interventions [36] et [38], nous notons qu'Amal passe à un contexte local en introduisant le nouveau terme « sachant que » utilisé dans la probabilité conditionnelle afin de calculer la probabilité d'un événement étant donné qu'un autre événement s'est produit. Cela atteste qu'Amal passe à une analyse de la relation entre les différents événements identifiés à partir des données du problème. Les interventions [37] et [39] de Hayfa font référence à l'interprétation de l'événement S comme « avoir le syndrome de Down étant donné que, dans le test, les taux sont anormalement élevés ». C'est pourquoi elle propose de calculer $p(S)$. Cependant, l'intervention de Amal fait apparaitre que son utilisation du terme « l'événement S » réfère à « avoir le syndrome de Down ». Cela atteste que les deux étudiantes utilisent deux interprétations mathématiques différentes pour le même médiateur visuel « l'événement S ». Ceci est cohérent avec l'idée de Sfard (2008) selon laquelle un même médiateur visuel peut être scanné de différentes manières par différentes personnes.

Dans [42], Amal introduit un nouveau médiateur visuel $p(S/T)$ relatif à la probabilité conditionnelle. Mais son intervention fait apparaitre l'existence de difficultés relatives à l'interprétation mathématique des données du problème et en particulier la relation entre les deux événements S et T. En fait, selon les notations adoptées par les étudiantes, la phrase, issue du problème « Des études médicales ont montré qu'une trisomie sur quatre engendre des taux anormaux » est interprétée comme la probabilité de S sachant T ($p(S/T)$), alors qu'elle devrait les interpréter comme la probabilité de T sachant S ($p(T/S)$).

L'extrait suivant présente les différentes interprétations personnelles des étudiantes des données suivantes du problème « Des études médicales ont montré qu'une trisomie sur quatre engendre des taux anormaux, tandis qu'un taux hors norme se rencontre dans une grossesse sur cent ne présentant pas le syndrome. »

43. *Sahar : Je n'ai rien compris moi. C'est p(S) ou* $p(S/T)$ *qu'on doit calculer ?.*

44. *Amal : Bon, on a juste traduit les données. On a appelé S ceux ayant le syndrome et $\bar{S}$ ceux n'ayant pas le syndrome. Les deux évènements S et $\bar{S}$ ont en commun l'évènement T « les taux anormaux »…*
45. *Hayfa : parce qu'il y a ceux ayant des taux anormaux et ils ont la maladie et ceux ayant des taux anormaux sans être malade. Le $p(S)$ c'est donné c'est $\frac{1}{700}$ … $p(S) = \frac{1}{700}$*
46. *Sahar : et le $\frac{1}{4}$ c'est quoi ?*
47. *Hayfa : c'est par rapport au taux T. Là c'est $p(S)$ tout seul c'est donné et nous on doit chercher $p(S/T)$ sachant que dans le test les taux sont anormaux. Donc $p(S) = \frac{1}{700}$*

Pour la troisième étudiante Sahar, nous avons remarqué dès le début de la discussion qu'elle éprouvait des difficultés à s'impliquer dans le projet de ses collègues et qu'elle est restée attachée au modèle concret et n'arrive pas à passer au modèle mathématique. L'utilisation des médiateurs visuels relatifs aux évènements et du vocabulaire de probabilité lui a permis de participer au projet focal du groupe et d'exprimer son hésitation entre $p(S)$ et $p(S/T)$, ainsi que d'exprimer sa propre interprétation des données. Cela apparait également dans son intervention [46] « *Sahar : et le $\frac{1}{4}$ c'est quoi ?* » qui renvoie à la même interprétation qu'avait Hayfa relativement à l'évènement S « avoir le syndrome sachant que le test donne des taux anormalement élevés » et à ce niveau c'est cette dernière qui prend la charge de lui expliquer et d'exprimer son ajustement au niveau de la probabilité de l'évènement S puisqu'elle déclare que $p(S) = \frac{1}{700}$. La question de Sahar a constitué un point de départ pour un ajustement des différentes interprétations personnelles des données du problème pour s'accorder sur une même interprétation de la probabilité que le fœtus soit atteint par le syndrome est $p(S) = \frac{1}{700}$.

2. *Ajustement de la relation entre les évènements.*

L'extrait suivant est relatif à 33 minutes et 20 secondes de l'enregistrement de la discussion. Dans cette étape du travail en groupe les étudiantes on déjà identifié le modèle mathématique qu'elles vont utiliser pour résoudre la situation proposée. Elles s'engagent dans un nouveau projet focal relatif à l'identification des relations entre les évènements proposés.

65. *Hayfa : Regardez. On a un ensemble S et un ensemble T et on a $\bar{S}$ l'ensemble de ceux qui n'ont pas la maladie.*
66. *Amal : on doit trouver le risque d'avoir le syndrome si le test donne des valeurs anormales.*
67. *Hayfa : Donc on doit chercher S sachant T, c'est-à-dire la probabilité de ceux ayant le syndrome et les taux anormaux.*
68. *Amal : On va reprendre dès le départ. On a $p(S) = \frac{1}{700}$ d'accord ?*
69. *Sahar : et ça 1/4 c'est $p(S/T)$ et $p(\bar{S}/T) = \frac{1}{100}$*
70. *Hayfa : ce n'est p(T/S) ? Regardez, l'énoncé dit que « une trisomie sur quatre engendre des taux anormaux »*
71. *Amal : Ah oui c'est $p(T/S)$ sachant qu'il y a la maladie c'est la probabilité d'avoir des taux anormaux.*
72. *Hayfa : OK et nous on doit chercher $p(S/T)$.*
73. *Amal : On a $p(S/T) = \frac{p(S \cap T)}{p(T)}$*
74. *Sahar: $p(S \cap T) = p(T/S).p(S)$ et on peut calculer ça parce que c'est donné*

(*Les étudiantes s'engagent dans la tâche de détermination de la valeur de $p(S/T)$ à travers l'application de la formule de Bayes et le calcul de probabilité*)

Le projet focal global du groupe à cette étape est de répondre à la question de la détermination du risque d'avoir le syndrome si un test sanguin indique un dosage anormalement élevé. Ce PF est explicité dans l'intervention [66] de Amal qui reprend la même formulation proposée dans le texte du problème. Hayfa utilise un langage de probabilité et des médiateurs visuels relevant du même domaine pour exprimer sa participation à ce PF. À partir de l'intervention de Amal [68] les étudiantes s'engagent dans un nouveau PF plus local relatif à l'identification de la relation entre les évènements $S,\ T$ et $\bar{S}$.

La discussion du groupe fait apparaitre les difficultés des étudiantes à se mettre d'accord sur une même interprétation des données du problème. En fait, les interventions [69] et [70] montrent un retour sur l'interprétation mathématique de la donnée « une trisomie sur quatre engendre des taux anormaux ». Pour Sahar dans [69] l'interprétation est $p(S/T) = \frac{1}{4}$. Tandis que, pour Hayfa dans [70] c'est $p(T/S) = \frac{1}{4}$. Pour expliquer à Sahar et expliciter sa propore interprétation de cette donnée, Amal dans [71] utilise une autre formulation « *c'est* $p(T/S)$ *sachant qu'il y a la maladie c'est la probabilité d'avoir des taux anormaux.* » cette nouvelle formulation bien que exprimée dans un vocabulaire contextualisé, précise la relation entre les deux évènements.

Selon Galbraith, Stillman, Brown et Edwards (2007), cette étape de la discussion de groupe marque la transition du problème contextualisé vers le modèle mathématique. Cette étape marque également l'engagement des trois étudiantes dans un nouveau projet focal commun: élaboration d'une solution mathématique du problème. Les étudiantes utilisent les mêmes médiateurs visuels liés à la probabilité conditionnelle et aux connaissances mathématiques antérieures. Elles font appel à des théorèmes et des formules déjà étudiés en cours ce qui renvoie en termes de la TCM à l'utilisation des énoncés validés en cours de probabilité (*endorsed narratives*). Le groupe arrive à se mettre en accord sur une production finale validée et acceptée par les trois étudiantes et qui constitue une solution pour la tâche proposée.

V. CONCLUSION

Dans ce travail, l'analyse de la discussion mathématique d'un groupe de trois étudiantes lors de la résolution d'un problème de mathématiques appliqué à la biologie a pour objectif d'identifier ce qui rend cette discussion efficace. Se basant sur les travaux de Ryve et al. (2013), cette étude est un exemple d'application du cadre commognitif qui illustre le rôle des médiateurs visuels et du vocabulaire mathématique associé dans l'établissement d'une discussion efficace. Les analyses ont porté sur la façon dont les trois étudiantes utilisent les médiateurs visuels, événements S, T et $\bar{S}$ et les probabilités $p(S)$, $p(S/T)$ et $p(T/S)$ pour élaborer des projets de focaux communs et s'accorder sur la même interprétation des données du problème ce qui permet d'établir une communication efficace. Ces médiateurs visuels liés à la probabilité conditionnelle ont servi d'outil pour rendre explicites les projets focaux et ont également constitué un outil de communication lors de la discussion du groupe. Les analyses appuient l'hypothèse de Stillman (2015), que la transition de l'énoncé du problème (*the real word problem statement*) vers le modèle mathématique est l'étape la plus difficile du processus de résolution. Le passage de la forme contextualisée à la forme décontextualisée de la tâche était associé à l'introduction du vocabulaire lié à la probabilité des événements et aux médiateurs visuels associés. Ces médiateurs visuels fonctionnent comme un moyen d'établir un contexte commun pour la communication de groupe. En fait, l'utilisation du médiateur visuel $p(T/S)$ par Amal a orienté les trois étudiantes vers l'utilisation du modèle de la probabilité conditionnelle ce qui leur a permis d'établir un projet focal commun. Nos analyses illustrent bien l'importance de l'utilisation de médiateurs visuels et du vocabulaire associé à la probabilité conditionnelle pour rendre explicite le projet de focalisation personnelle et pour harmoniser l'interprétation des données par les élèves et l'identification du modèle mathématique valable.

Notre analyse s'est limitée à la discussion d'un seul groupe où les étudiants ont utilisé un seul type de médiateur visuel. L'observation des autres groupes participant à l'expérience montre l'utilisation d'autres types de médiateurs visuels comme «arbre de choix» et «diagrammes». Nos prochaines analyses porteront sur la manière dont les étudiants articulent les différents types de médiateurs visuels pour établir une communication efficace. Nous supposons que l'utilisation de la même méthodologie dans le cas d'une discussion en classe entière mettra également en évidence le rôle de l'enseignant dans l'orientation des discussions vers l'efficacité visée et cela constitue à notre avis une piste de recherche importante.

REFERENCES

Biau, G, Droniou J., & Herzlich M. (2012). *Mathématiques et statistiques pour les sciences de la nature. Modéliser, comprendre et appliquer*. Paris : Collection Enseignement Supérieur EDP Sciences.

Brewer, C., & Smith, D. (Eds.) (2011). *Vision and Change in Undergraduate Biology Education: A Call to Action.* Washington: American Association for the Advancement of Science.

Galbraith, P. L., Stillman, G., Brown, J., & Edwards, I. (2007). Facilitating middle secondary modelling competencies. In C. Haines, P. Galbraith, W. Blum, & S. Khan (Eds.), *Mathematical modelling: Education, engineering and economics* (pp. 130-140). Chichester, UK: Horwood.

Hester, S., Buxner, S., Elfring, L. & Nagy, L. (2014) Integrating quantitative thinking into an introductory biology course improves students' mathematical reasoning in biological contexts. *Life Sciences Education, 13*(1), 54-64.

Khalloufi-Mouha, F. (2015). Etude d'un problème de modélisation au niveau de la première année de l'enseignement universitaire. In Y. Matheron & G. Gueudet (Eds.), *Actes de la XVIIIe école d'été de didactique des mathématiques*. Brest (Bretagne).

Kieran, C. (2001). The mathematical discourse of 13-year-old partnered problem solving and its relation to the mathematics that emerges. *Educational Studies in Mathematics*. *46*, 187–228.

Michelsen, C. (2017). Linking Teaching in Mathematics and the Subjects of Natural Science. *Global Journal of Human-Social Science: G, 17*(6-G), 35-46. https://doi.org/10.17406/GJHSS.

Muller, E. & Burkhardt, H. (2007). Applications and modelling for mathematics — Overview. In W. Blum, P. L. Galbraith, H. W. Henn HW & M. Niss (Eds.), *Modelling and Applications in Mathematics Education*. *The 14th ICMI Study Series* (pp. 267-274). Boston, MA: Springer.

Nilsson, P., & Ryve, A. (2010). Focal event, contextualization, and effective communication in the mathematics classroom. *Educational Studies in Mathematics*, *74*, 241–258.

Osman, K., Hiong, L. C, & Vebrianto, R. (2012). 21st century biology: an interdisciplinary approach of biology, technology, engineering and mathematics education. *Procedia – Social and Behavioral Sciences, 102*(22), 188-194.

Ryve, A. (2006). Making explicit the analysis of students' mathematical discourses: Revisiting a newly developed methodological framework. *Educational Studies in Mathematics, 62,* 191–210.

Ryve, A., Nilsson, P., & Mason, J. (2012). Establishing mathematics for teaching within classroom interactions in teacher education. *Educational Studies in Mathematics*, *81*(1), 1–14.

Ryve, A., Nilsson, P., & Pettersson, K. (2013). Analyzing effective communication in mathematics group work: The role of visual mediators and technical terms. *Educational Studies in Mathematics*, *82*, 497‑514.

Sfard, A. (2001). There is more to the discourse than meets the ears: Looking at thinking as communication to learn more about mathematical learning. *Educational Studies in Mathematics, 46*, 13–57.

Sfard, A., & Kieran, C. (2001). Cognition as communication: Rethinking learning-by-talking through multi-faceted analysis of students' mathematical interactions. *Mind, Culture, and Activity*, *8*, 42–76.

Sfard, A. (2008). *Thinking as communicating: Human development, development of discourses, and mathematizing*. New York, NY: Cambridge University Press.

Sfard, A. (2012). Introduction: Developing mathematical discourse—Some insights from communicational research. *International Journal of Educational Research*, 51–52, 1-9.

Stillman G. A. (2015). Applications and Modelling Research in Secondary Classrooms: What Have We Learnt? In S. Cho S. (Ed.), *Selected Regular Lectures from the 12th International Congress on Mathematical Education* (pp. 791-805). Cham: Springer.

Wertsch, J. V. (2007). Mediation. In H. Daniels, M. Cole, & J. V. Wertsch (Eds.), *The Cambridge companion to Vygotsky* (pp. 178–192). Cambridge: Cambridge University Press.

Wertsch, J. V., & Kazak, S. (2011). Saying more than you know in instructional settings. In T. Koschmann (Ed.), *Theorizing learning practice* (pp. 134–167). New York: Springer.

ANNEXE

ÉVALUATION D'UN RISQUE DE TRISOMIE 21

Pour évaluer le risque qu'un fœtus développe le syndrome dit de Down (trisomie 21) il existe des tests prénataux permettant de déceler si le fœtus est effectivement atteint par la maladie. Ces tests sont cependant effectués sur la base de prélèvements invasifs (analyse de cellules du trophoblaste, ponction du liquide amniotique) et peuvent en cas d'utilisation massive, provoquer davantage d'avortements qu'ils ne détectent le syndrome. Dans un tel contexte, il est donc essentiel d'être en mesure d'évaluer les risques de développement de la trisomie 21. La stratégie médicale consiste alors à n'effectuer un test plus poussé que pour les grossesses à risque et non pas systématiquement.

Le nombre moyen d'individus atteints par le syndrome de Down est en moyenne une naissance sur 700 si l'on choisit de ne pas tenir compte de l'âge de la future mère. La méthode la plus courante pour évaluer si une grossesse est à risque consiste alors à effectuer des dosages de certaines substances comme par exemple l'hormone H.C.G ou l'alpha-foetoproteine, via de simple prises du sang. En effet, la présence d'une trisomie 21 peut se traduire parfois par des taux anormalement élevés de ces substances dans le sang. Néanmoins, ce mécanisme n'est pas systématique et bien d'autres facteurs (liés au métabolisme de la mère ou du fœtus) peuvent aussi engendrer des taux anormaux.

Des études médicales ont montré qu'une trisomie sur quatre engendre des taux anormaux, tandis qu'un taux hors norme se rencontre dans une grossesse sur cent ne présentant pas le syndrome.

Dans de telles circonstances, quel est le risque d'avoir le syndrome si un test sanguin indique un dosage anormalement élevé?