

WG4/GT4 Report/Rapport: *Mathematics Education with Technology/Mathématiques avec les technologies*

Gilles Aldon*, **Isabel Cabrita****

**S2HEP, ENS de Lyon, Université de Lyon, France **Universidade de Aveiro, Portugal*

E-mail: gilles.aldon@ens-lyon.fr, icabrita@ua.pt

Abstract. In this time of increasing presence of technologies in everyday life, questions about the place of these technologies in teaching and learning are crucial to prepare students for understanding the world and their integration as citizens aware of their possibilities and limitations. In the context of mathematics education, the tools proposed both from the point of view of communication and from that of calculation or dynamic representations of objects being acquired must be questioned from a perspective of benefits in terms of their understanding.

Résumé. Dans ce temps de présence de plus en plus importante des technologies dans la vie de tous les jours, les questions de la place de ces technologies dans l'enseignement et l'apprentissage sont cruciales pour préparer les élèves à la compréhension du monde et à leur intégration comme citoyen conscient de leurs possibilités et de leurs limites. Dans le cadre de l'enseignement des mathématiques, les outils proposés tant du point de vue de la communication que de celui du calcul ou des représentations dynamiques des objets en cours d'acquisition doivent être interrogés dans une perspective de bénéfices quant à leur compréhension.

1. Introduction of the WG4

In this time of increasing presence of technologies in everyday life, issues about the place of these technologies in teaching and learning are crucial for the education of new generations. As technology is a tool for communication, for the conservation and sharing of diversified and always renewed data, for the facilitation of daily tasks, it must be studied to understand deeply its possibilities and limits. Hence, technology has to be present in the future citizens' education from the very early age and particularly in mathematics teaching and learning. ICT makes world more complex but also gives opportunities to discovering mathematical concepts differently, making bridges between concepts, giving sense to engage students in mathematics.

It's a matter of tension between the increasing of complexity brought by technology and the facilitation in the understanding of concepts. Here we can think of the theoretical framework of instrumental genesis: before an artifact becomes an instrument to do something, its use modifies the way of doing things when it is shaped by the actors:

According to this approach, the use of a technological tool involves a process of instrumental genesis, during which the object or artifact is turned into an instrument. This instrument is a psychological construct, which combines the artifact and the schemes (in the sense of Vergnaud, 1996) the user develops to use it for specific types of tasks. In such instrumentation schemes, technical knowledge about the artifact and domain-specific knowledge (in this case, mathematical knowledge) are intertwined. Instrumental genesis, therefore, is essentially the co-emergence of schemes and techniques for using the artifact. (Drijvers & al. 2010)

The working group 4 addressed three main issues that can be summarized in the three questions:

- How can ICTs contribute to learning rich in connections, in an increasingly complex world?
- How can ICT be used in teacher training to promote understanding in mathematics?
- How can we use ICT as teaching and learning tools, rather than instruments that replace students' cognitive efforts?

Communications

Communications within WG4 have been diverse in terms of contents, in terms of goals, countries and educational systems represented, but also in terms of school levels and technology. Each author or group of author provided a new point of view on the landscape of technology in mathematics education. It is interesting to review the various communications and discussions to perceive the variety of technology oriented research mathematics education. The discussions, following each communication, also clearly indicate the actual need of research in the field.

Houssam Kasti spoke of the *effect of a collaborative and iterative Geogebra module on in-service mathematics secondary teachers' zones*. In his communication he explained the conditions under which teachers can benefit from in-service training in terms of teachers' Valsiner's zones relating to technology. His thesis clearly shows that training sessions are not enough to integrate technology into their teaching. It is necessary to add a specific intervention taking into account the teachers' positioning with regard to technology in order to radically change the current pedagogical behavior of teachers.

Julia Bagdadi studied the principles used in the design of e-tasks in a context of formative assessment combined with rich tasks. The experiments done with students showed that the design principles of such tasks are more efficient when students can choose themselves some of the didactical variables of the exercises in order to solve problems according to their knowledge. It means that a very precise analysis of the variables that can be used is an important goal that designers must take into account.

Marcello Bairral took profit of the manipulations on touch screen devices to explore mathematical properties of geometrical figures leading students to justify the constructions, paying attention to gestures as moving, dragging, pulling and augmenting. These actions, essentially embodied and synchronous, produce meaning and augment the geometrical repertoire of students.

Elisabete Cunha, Lina Fonseca and Isabel Cabrita raise the problems of the relationship between the use of technologies and computational thinking through programming in the context of teachers training. Through the programming of robots or drones, they show the interrelated skills in geometry and programming necessary to solve path problems, stressing the importance of collaborative work between students to manage both Artifact signs and Mathematical signs in a semiotic perspective.

Audrey Cooke showed how 360.° videos can be used in the context of teachers training to observe children in early childhood education. In particular she showed how this observation tool allows discussions between teachers to recognize mathematical thinking in what children do and to understand the mathematical thinking they engage with. These observations strengthen new teachers' efficacy in helping young children to develop and become aware of their mathematical skills.

Gilles Aldon, starting by the observation that mathematics often only appears as a selection subject, explained the project of creating a game whose objective is to allow the students of the low secondary and high school to reflect on a positive orientation taking into account their tastes, their skills and a thorough knowledge of the trades. Technology, in this project, is a media that allows

students to work in and out of school through an epistemic game that takes profit of the technological dimension to enhance the skills, social and playful dimensions.

Belmira Mota and Rosa Tomás Ferreira based their communication "Using WhatsApp to share mathematical ideas" on the premise that writing and learning influence each other. Yet, students reveal many difficulties in communicating mathematics in written form, which involves not only answering a given task but also making explicit and understandable to others the reasoning followed to solve that task. Hence the authors challenged their classes to create Whatsapp groups in which students could share their questions, difficulties or ideas in a perspective of collaboration between them but also with the teacher, who, as the students gained autonomy, progressively played the role of moderator, letting them pose their own questions and validate their own answers.

The posters' presentation gave also the opportunity to hear from the authors about their research or class experiments. Mária Čujdíková studies the relationships between games and mathematical thinking through observations and interviews. Uaiana Pratesand João Filipe Matos are interested in the e-learning platforms willing to identify possible dialogues between the Mathematics Teacher Programs in Distance Education (DE) and the new paradigms of communication, production and access to knowledge. Claire Chevrier shows how to use pattern and punches to study mathematical properties of plane transformations.

Discussions

Although the diversity of research on technology may appear to be a patchwork, the discussions in the group revealed the common goal of all these works: to improve mathematics engagement but also mathematics competencies, knowledge, skills, emotions, attitudes, including the human ones and specific to mathematics. And this common goal leans to consider interactions with technology not in a functional sense but in a perspective of intentional interactivity, that is to say, answering questions of the value of technology in relation of other tools and considering goals in terms of knowledge construction. Technology has no goal to replace teachers but, in the contrary, it highlights the importance of the teacher who has to deal with the introduction of a reflection on the uses of technology and develop critical thinking at the same time as he/sh must take into account the place that technology plays in the daily lives of his/her students. The aim of the school is to prepare future citizens to live in the future world and technology is now present in the world. So, school must deal with issues and challenges that technology brings: how does it work? How to use it? To do what? What are the limits? What are the ethical issues? Is there a specific epistemology of computer science? What is changing in mathematics? In mathematics teaching? In mathematics learning? We only have to look back 30 years to see how the use of technology has changed the perception of what mathematics can be in terms of calculation, representation, communication... Is it then possible to ignore it in mathematics teaching?

However, the technology that teachers want to use is not necessarily the same than students use. One of the teachers' roles is to make the link without forgetting the educational and teaching objectives of the future citizen: using properties of technology to design games, but games with an epistemic background; using touchscreen manipulations or robots programming, but aiming at discovering geometrical properties of objects; using communications tools but with the will to make students write mathematical text and develop arguments and logical thinking. These new roles have to be taught and technology is in itself a tool allowing to approach a better understanding of students behavior or teachers awareness of the importance of this reflection in a complex world, where different viewpoints are necessarily to catch the entire fact. Technology may be considered as

a way to show and to introduce complexity as well as to help to understand better the issues of this complexity.

The following texts coming from the communications presented in the Working Group 4 of CIEAEM 71 reflect the need to continue working at future conferences in a specific group taking as an input the use of technology in teaching and learning of mathematics.

Acknowledgements

We would like to acknowledge all the participants of this working group whose proposals were stimulating and challenging during all the meetings. A special thank goes to the young colleagues of Quality Class, Joana Monteiro, Franck Van Dijk and Wimsteen Bakker for their involvement and their contributions to the group.

References

Drijvers, P., Doorman, M., Boon, P. et al. *Educ Stud Math* (2010). 75: 213. <https://doi.org/10.1007/s10649-010-9254-5>

Vergnaud, G. (1996). Au fond de l'apprentissage, la conceptualisation. [At the basis of learning, the conceptualization.] In R. Noirfalise & M.-J. Perrin (Eds.), *Actes de l'école d'été de didactique des mathématiques [Proceedings of the summer school on didactics of mathematics.]* (pp. 174–185). Clermont-Ferrand: IREM.

1. Introduction du GT4

En cette époque de présence croissante des technologies dans la vie quotidienne, les questions relatives à la place de ces technologies dans l'enseignement et l'apprentissage sont cruciales pour l'éducation des nouvelles générations. La technologie étant un outil de communication, de conservation et de partage des connaissances et des données toujours renouvelées, de facilitation des tâches quotidiennes, elle doit être étudiée pour en comprendre profondément les possibilités et les limites. La technologie doit donc être présente dans l'éducation des futurs citoyens dès leur plus jeune âge, en particulier dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques. Les TIC rendent le monde plus complexe, mais donnent aussi l'occasion de découvrir des concepts mathématiques différemment, de jeter des ponts entre les concepts, de donner un sens à la participation des élèves aux mathématiques.

C'est une question de tension entre la complexité croissante apportée par la technologie et la facilitation dans la compréhension des concepts. On peut penser ici au cadre théorique de la genèse instrumentale : avant qu'un artefact ne devienne un instrument pour faire quelque chose, son utilisation modifie la façon de faire les choses quand il est façonné par les acteurs :

According to this approach, the use of a technological tool involves a process of instrumental genesis, during which the object or artifact is turned into an instrument. This instrument is a psychological construct, which combines the artifact and the schemes (in the sense of Vergnaud, 1996) the user develops to use it for specific types of tasks. In such instrumentation schemes, technical knowledge about the artifact and domain-specific knowledge (in this case, mathematical knowledge) are intertwined. Instrumental genesis, therefore, is essentially the co-emergence of schemes and techniques for using the artifact. (Drijvers & al. 2010)

Le groupe de travail 4 a abordé trois questions principales qui peuvent être résumées dans les trois questions :

- Comment les TIC peuvent-elles contribuer à un apprentissage riche en connexions, dans un monde de plus en plus complexe ?
- Comment les TIC peuvent-elles être utilisées dans la formation des enseignants pour promouvoir la compréhension en mathématiques ?
- Comment utiliser les TIC comme outils d'enseignement et d'apprentissage plutôt que comme instruments qui remplacent les efforts cognitifs des élèves ?

Communications

Les communications au sein du GT4 ont été diverses en termes de contenu, en termes d'objectifs, de pays et de systèmes éducatifs représentés, mais aussi en termes de niveaux scolaires et de technologie. Chaque auteur ou groupe d'auteurs a présenté un nouveau point de vue sur le paysage de la technologie dans l'enseignement des mathématiques. Il est intéressant de passer en revue les diverses communications et discussions pour percevoir la variété des recherches sur l'enseignement des mathématiques médiées par la technologie. Les discussions, à la suite de chaque communication, indiquent aussi clairement le besoin réel de recherche dans ce domaine.

Houssam Kasti a parlé de l'effet d'un module collaboratif et itératif de Geogebra sur les zones des enseignants de mathématiques en service dans le secondaire. Dans sa communication, il a expliqué les conditions dans lesquelles les enseignants peuvent bénéficier d'une formation continue en s'appuyant sur les zones définies par Valsiner des enseignants en matière de technologie. Sa thèse montre clairement que les sessions de formation ne suffisent pas pour intégrer la technologie dans leur enseignement. Il est nécessaire d'ajouter une intervention spécifique prenant en compte le positionnement des enseignants par rapport à la technologie afin de changer radicalement le comportement pédagogique actuel des enseignants.

Julia Bagdadi a étudié les principes utilisés dans la conception de tâches dans un contexte numérique et d'évaluation formative construites sur des tâches riches. Les expériences faites avec les élèves ont montré que les principes de conception de ces tâches sont plus efficaces lorsque les élèves peuvent choisir eux-mêmes certaines des variables didactiques des exercices afin de résoudre des problèmes en fonction de leurs connaissances. Cela signifie qu'une analyse très précise des variables qui peuvent être utilisées est un objectif important que les concepteurs doivent prendre en compte.

Marcello Bairral, en étudiant les manipulations sur les appareils à écran tactile, explore les propriétés mathématiques des figures géométriques en demandant aux élèves de justifier les constructions, en prêtant attention aux gestes comme bouger, traîner, tirer et augmenter. Ces actions, essentiellement incarnées et synchrones, produisent du sens et augmentent le répertoire géométrique des élèves.

Elisabete Cunha, Lina Fonseca et Isabel Cabrita soulèvent les problèmes de la relation entre l'utilisation des technologies et la pensée computationnelle par la programmation dans le contexte de la formation des enseignants. Par la programmation de robots ou de drones, elles mettent en évidence les compétences interdépendantes en géométrie et en programmation nécessaires pour résoudre les problèmes de trajectoires, soulignant l'importance du travail collaboratif entre les élèves pour gérer à la fois les signes d'artefact et les signes mathématiques dans une perspective sémiotique.

Audrey Cooke a montré comment les vidéos 360° peuvent être utilisées dans le cadre de la

formation des enseignants pour observer les enfants dans l'éducation de la petite enfance. Elle a notamment montré comment cet outil d'observation permet aux enseignantes et enseignants de reconnaître la pensée mathématique dans ce que font les enfants et de comprendre la pensée mathématique à laquelle ils participent. Ces observations renforcent l'efficacité des nouveaux enseignants pour aider les jeunes enfants à développer et à prendre conscience de leurs compétences en mathématiques.

Gilles Aldon, partant du constat que les mathématiques n'apparaissent souvent que comme un sujet de sélection, a expliqué le projet de création d'un jeu dont l'objectif est de permettre aux élèves du collège et du lycée de réfléchir sur une orientation positive tenant compte de leurs goûts, de leurs compétences et d'une connaissance approfondie des métiers. La technologie, dans ce projet, est un média qui permet aux élèves de travailler à l'école et en dehors de l'école à travers un jeu épistémique qui tire profit de la dimension technologique pour améliorer les compétences, les dimensions sociales et ludiques.

Belmira Mota et Rosa Tomás Ferreira ont basé leur communication "Using WhatsApp to share mathematical ideas" sur le principe que l'écriture et l'apprentissage s'influencent mutuellement. L'expérience montre que les élèves ont de nombreuses difficultés à communiquer les mathématiques sous forme écrite, non seulement pour répondre à une tâche donnée, mais aussi pour rendre explicite et compréhensible pour les autres le raisonnement suivi pour résoudre cette tâche. Les auteurs ont donc mis leurs classes au défi de créer des groupes Whatsapp au sein desquels les élèves pourraient partager leurs questions, difficultés ou idées dans une perspective de collaboration entre eux mais aussi avec l'enseignant qui, au fur et à mesure que les élèves gagnaient en autonomie, jouait un rôle de modérateur, leur laissant poser leurs propres questions et valider leurs propres réponses.

La présentation des affiches a également donné l'occasion aux auteurs d'entendre parler de leurs recherches ou de leurs expériences en classe. Mária Čujdiková étudie les relations entre les jeux et la pensée mathématique à travers des observations et des interviews. Uaiana Prates et João Filipe Matos s'intéressent aux plates-formes d'apprentissage en ligne pour identifier les dialogues possibles entre les programmes d'enseignement des mathématiques à distance (DE) et les nouveaux paradigmes de communication, de production et d'accès au savoir. Claire Chevrier montre comment utiliser les patrons et les poinçons pour étudier les propriétés mathématiques des transformations planes.

Discussions

Bien que la diversité de la recherche sur la technologie puisse lui donner un caractère disparate, les discussions au sein du groupe ont révélé l'objectif commun de tous ces travaux : améliorer l'engagement mathématique mais aussi les compétences en mathématiques : connaissances, aptitudes, émotions, attitudes, y compris celles des humains et spécifiques aux mathématiques. Et cet objectif commun tend à considérer les interactions avec la technologie non pas dans un sens fonctionnel mais dans une perspective d'interactivité intentionnelle, c'est-à-dire en répondant aux questions sur la valeur de la technologie par rapport aux autres outils et en considérant les objectifs en termes de construction du savoir. La technologie n'a pas pour objectif de remplacer les enseignants, mais au contraire, elle souligne l'importance de l'enseignant qui doit faire face à l'introduction d'une réflexion sur les usages de la technologie et développer une pensée critique tout en tenant compte de la place que la technologie joue dans la vie quotidienne de ses élèves. L'objectif de l'école est de préparer les futurs citoyens à vivre dans le monde du futur et la technologie est maintenant présente dans le monde. L'école doit donc faire face aux problèmes et aux défis que pose la technologie : comment fonctionne-t-elle ? Comment l'utiliser ? Pour faire

quoi ? Quelles sont les limites ? Quelles sont les questions éthiques qui se posent ? Existe-t-il une épistémologie spécifique de l'informatique ? Qu'est-ce qui change en mathématiques ? Dans l'enseignement des mathématiques ? Dans l'apprentissage des mathématiques ? Il suffit de regarder 30 ans en arrière pour voir comment l'utilisation de la technologie a changé la perception de ce que peuvent être les mathématiques en termes de calcul, de représentation, de communication... Est-il alors possible de l'ignorer dans l'enseignement des mathématiques ?

Cependant, la technologie que les enseignants veulent utiliser n'est pas nécessairement la même que celle qu'utilisent les élèves ; l'un des rôles des enseignants est de faire le lien sans oublier les objectifs institutionnels et pédagogiques du futur citoyen : utiliser les propriétés de la technologie pour concevoir des jeux, mais des jeux avec un fond épistémique, utiliser des manipulations d'écran tactile ou la programmation robotique, mais viser à découvrir les propriétés géométriques des objets, utiliser des outils de communication mais avec la volonté de faire écrire aux élèves des textes mathématiques et développer l'argumentation et la pensée logique. Ce nouveau rôle doit être enseigné et la technologie est en soi un outil permettant d'aborder une meilleure compréhension du comportement des élèves ou une prise de conscience par les enseignants de l'importance de cette réflexion dans un monde complexe, où des points de vue différents doivent nécessairement saisir le fait dans son ensemble. La technologie peut être considérée comme un moyen de montrer et d'introduire la complexité ainsi que d'aider à mieux comprendre les enjeux de cette complexité.

Les textes suivants, issus des communications présentées dans le Groupe de travail 4 du CIEAEM 71, reflètent la nécessité de continuer à travailler lors de futures conférences au sein d'un groupe spécifique en prenant comme contribution l'utilisation de la technologie dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques.

Remerciements

Nous tenons à remercier tous les participants de ce groupe de travail dont les propositions ont été exigeantes et stimulantes pendant toutes les réunions. Un merci spécial aux jeunes collègues de la Quality Class, Joana Monteiro, Franck Van Dijck et Wimsteen Bakker pour leur engagement et leur contribution au groupe.

References

- Drijvers, P., Doorman, M., Boon, P. et al. *Educ Stud Math* (2010). 75: 213. <https://doi.org/10.1007/s10649-010-9254-5>
- Vergnaud, G. (1996). Au fond de l'apprentissage, la conceptualisation. [At the basis of learning, the conceptualization.] In R. Noirfalise & M.-J. Perrin (Eds.), *Actes de l'école d'été de didactique des mathématiques [Proceedings of the summer school on didactics of mathematics.]* (pp. 174–185). Clermont-Ferrand: IREM.