

AXE : LA DÉMOCRATISATION DU NUMÉRIQUE (ÉQUITÉ)

Questions : On sait que les élèves les plus vulnérables, incluant les élèves en difficulté d'apprentissage, peuvent bénéficier ou pâtir du numérique en éducation, dépendamment de la qualité des pratiques d'intégration pédagogique du numérique, de la qualité du soutien qui leur est offert, de la qualité de l'environnement socioéducatif (incluant l'environnement extrascolaire), etc. Quelles sont les pratiques discriminantes et inclusives du numérique en éducation? Quelles sont leurs conséquences sur l'apprentissage et le cheminement des élèves vulnérables? Comment les résorber?

La démocratisation du numérique ou la nécessité de repenser l'expression de la réussite : le cas de l'apprentissage des mathématiques.

Texte présenté dans le cadre de la conférence de consensus sur l'utilisation du numérique en éducation

Mélanie Tremblay

Professeure en didactique et orthopédagogie des mathématiques
Unité départementale des sciences de l'éducation
Université du Québec à Rimouski, campus Lévis

L'omniprésence du numérique dans les différentes sphères d'activités de notre société est souvent associée à des gains en termes de tâches réalisées. Il n'est pas rare d'appréhender les interventions médiatisées par le numérique auprès des élèves en difficulté sous le prisme des gains possibles ou d'une amélioration des résultats attendus. Une première question pertinente à se poser serait alors associée à la nature de ces résultats. Et, en supposant l'expression d'un certain succès, la pérennité des retombées de ce succès reconnu sur le cheminement de l'élève mérite tout autant d'être analysé. Ainsi, le développement d'outils, la conception et l'orchestration de situations d'apprentissage ou d'intervention, l'implantation de démarches d'investigation des difficultés à l'aide du numérique exigent cette réflexion sur les résultats espérés conjuguée à une sensibilité à l'endroit des diverses personnes apprenantes et à l'égard des choix faits afin de promouvoir l'égalité des chances de réussite.

Ce texte questionne les usages du numérique en ayant en trame de fond un argumentaire tourné plus spécifiquement sur les activités d'enseignement-apprentissage-évaluation menées en mathématiques, en classe ou en contexte orthopédagogique. Nous avançons qu'au même titre qu'une formule pédagogique ne peut porter en elle tous les ingrédients assurant le bien-être et l'engagement de l'élève à atteindre les objectifs pédagogico-didactiques visés, la présence d'outils numériques ne suffit pas davantage. De même, l'intégration du numérique (p.ex. calculatrice graphique, tableau interactif, logiciel de géométrie dynamique, tableur, grapheur) à des activités usuellement réalisées sous les modalités papier-crayon ne peut être considérée en conservant la seule logique d'ajout de fonctions d'aide à ces activités. Le numérique transforme ces dernières et peut contribuer

à l'actualisation de nouvelles opportunités d'apprentissage. Cette réflexion nécessaire sur le numérique nous invite d'abord à questionner le regard porté sur les élèves en difficulté.

Quelles lunettes pour approcher les difficultés d'apprentissage ?

Il existe diverses manières d'approcher les difficultés d'apprentissage en mathématique, lesquelles contribuent chacune à leur façon à analyser les conduites des élèves et à proposer des interventions. Une première filiation de recherches, issues de la neuropsychologie ou de la psychologie cognitive, est d'inspiration cognitiviste. L'intérêt de ces recherches porte alors sur le traitement de l'information ainsi que sur les fonctions cognitives générales (Giroux, 2014).

Sous cette perspective, on observe un accroissement important de logiciels et d'applications en ligne pour l'évaluation neuropsychologique. Les difficultés de l'apprenant sont alors caractérisées en termes de déficits cognitifs. De même, sans s'intéresser explicitement à l'apprentissage des mathématiques, mais plutôt à l'évaluation et au développement de fonctions cognitives (fonctions exécutives, inhibition, cognition sociale...), des situations en réalité virtuelle ont été conçues de manière à recréer des environnements du quotidien (salle de classe, supermarché, appartement...). En tant qu'aide à la réalisation de diverses tâches dites génériques, des technologies mobiles se multiplient pour ainsi permettre, à titre d'exemples, le rappel de tâches à exécuter ultérieurement, se souvenir d'informations importantes, faciliter le repérage d'un trajet pour se rendre d'un point A à un point B.

La seconde filiation de recherches, appelée « psychodynamique » par Charron, Duquesne, Marchand et Meljac (2001), regroupe différentes approches inspirées, disent-ils, des travaux de Piaget, de Vygotski et de Bruner. Le sujet joue un rôle prépondérant dans ses activités en interaction avec les contextes dans lesquels celles-ci se déroulent. Les travaux en didactique des mathématiques, discipline qui a comme objet spécifique l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques, s'inscrivent dans cette filiation. Ils s'intéressent alors à la spécificité des savoirs en jeu en situations et au processus d'élaboration de significations des élèves en cours d'activité. Les difficultés d'apprentissage reconnues chez les élèves ne sont toutefois pas appréhendées en se limitant à l'élève, mais en prenant en compte les situations didactiques proposés et vécues. Plusieurs travaux de cette discipline ont ainsi démontré que les différents champs mathématiques (géométrie, algèbre, arithmétique...) ont leur propre mode de pensée, et que le développement de l'un n'implique pas nécessairement le développement de l'autre. De même, d'autres recherches ont montré l'importance de considérer les caractéristiques d'un problème, nommées variables didactiques pour anticiper les stratégies de résolution des élèves. Ces variables peuvent ainsi motiver la conception de tâches proposées dans des environnements numériques. Certains travaux se sont d'ailleurs intéressés aux conduites des élèves alors que les outils numériques deviennent de nouvelles variables didactiques à considérer.

Les potentialités que l'on reconnaîtra dans le numérique et surtout la façon dont les tâches sont conçues dépendront donc étroitement du regard porté sur les difficultés. La suite de notre texte adoptera une posture didactique pour réfléchir cette fois aux conceptions de la

résolution de problème, cœur du programme de mathématique québécois. Cette réflexion s'avère nécessaire pour penser les usages potentiels du numérique pour l'accompagnement de tous les élèves et plus globalement pour enrichir notre vision de la réussite.

Acte 2 – Mais quels apprentissages de la résolution de problèmes ?

Nous avons plus tôt abordé la réussite visée chez nos élèves. Qu'il y ait intégration ou non du numérique, la conception associée à l'apprentissage d'une discipline aura un impact sur les choix de l'enseignant·e, de l'orthopédagogue et du conseiller·ère pédagogique. En mathématique, par exemple, la résolution de problèmes est au cœur des apprentissages visés (MELS, 2006). Elle est aussi considérée comme source de nombreuses difficultés. L'on pourrait toutefois avancer que celles-ci sont étroitement liées à la conception que l'enseignant·e ou l'orthopédagogue se fait de la résolution de problèmes. Différents chercheurs (Proulx *et al.*, 2019; Schroeder et Lester, 1989) ont contribué à la mise en évidence de différentes approches possibles en enseignement des mathématiques relatives à la résolution de problèmes : l'enseignement *pour* la résolution de problèmes, l'enseignement *de* la résolution de problèmes, l'enseignement *via* la résolution de problèmes et finalement, l'exploration et l'investigation mathématique à travers la résolution de problèmes. En supposant une intégration du numérique, ces différentes conceptions de la résolution de problème auront un impact sur le choix des outils retenus, sur les problèmes/tâches proposées aux élèves ainsi que sur l'orchestration en classe permettant ou non de réinvestir les productions des élèves.

L'enseignement *pour* – *de* – *via* – *de l'activité d'investigation qu'est* – la résolution de problèmes

L'enseignement des contenus du programmes (concepts et processus) *pour* que l'élève puisse résoudre des problèmes renvoie à la première conception. Souvent, pour les tenants de cette conception, les problèmes proposés succèdent une introduction préalable des savoirs visés. Il devient alors difficile de savoir si l'élève reconnaîtra à plus long terme les différentes utilités des connaissances élaborées.

L'enseignement *de* la résolution de problèmes est centré sur la ou les façons de résoudre des problèmes. Prenant appui sur les travaux en psychologie cognitive, les phases associées à l'expression d'un processus de résolution de problèmes donnent alors lieu à l'élaboration de modèles qui deviennent objets d'enseignement en soi (p.ex. *How to Solve It*, Polya, 1957; Schoenfeld, 1985; Verschaffel, 1999).

L'enseignement *via* la résolution de problèmes renvoie cette fois à l'utilisation de problèmes, souvent en début de séquence d'enseignement, en ayant comme visée de susciter un conflit cognitif chez les élèves dont la recherche de stratégies de résolution permettra d'apprendre des contenus précis.

Finalement, l'enseignement *de l'activité d'investigation qu'est* la résolution de problèmes invite alors à planifier et orchestrer des situations dans la classe, où les élèves, considérés comme porteurs d'un génie inventif, pourront explorer, conjecturer, se questionner,

réfléchir, s'engager dans un processus de généralisation d'une idée mathématique qu'ils croient vraie ou encore dans un processus itératif de recherche d'un modèle mathématique qui permettrait d'expliquer, de mieux comprendre un phénomène réel tout cela en ayant pour potentielle visée de chercher à convaincre leurs pairs (Boaler, 2016; Mary et Squalli, 2021; Tremblay et Dumas, 2012). Cette voie est reconnue comme étant porteuse sur l'expérience positive que vivent les élèves par rapport aux mathématiques. Elle leur fait alors apprécier les défis, développer ce désir de surpasser les obstacles qui devraient se manifester dans ce processus dynamique de résolution. L'expression d'une pensée créatrice chez les élèves colorée par différents raisonnements mathématiques où les échanges permettront de saisir les stratégies qui tiennent mieux la route que d'autres tout en pouvant argumenter les choix réalisés contribue alors à l'expression d'une compréhension relationnelle (Skemp, 1976) plutôt qu'une compréhension uniquement axée sur l'acquisition et le réinvestissement de procédures.

Acte 3 – Les potentialités perçues du numérique : prolongement des conceptions de la résolution de problèmes et de l'accompagnement des élèves

Les différentes conceptions de la résolution de problèmes peuvent se retrouver ou non dans le discours d'un·e même enseignant·e sur une année scolaire donnée. Dans la mesure où notre définition de la réussite conjugue une réflexion sur le processus de subjectivation de chacun de nos élèves (Radford, 2011), sur les aptitudes et compétences espérées chez le futur citoyen et la future citoyenne de demain et sur la façon dont ce qui précède devrait se transposer dans l'agir espéré dans les activités proposées dans l'apprentissage d'une discipline et à l'école, alors on s'attellera à penser l'intégration du numérique en mathématique en reconnaissant certes les potentialités de certains outils, mais en allant bien au-delà de ceux qui prennent la forme d'évaluations offrant une rétroaction sur l'exactitude d'une réponse donnée ou dans la réalisation de capsules vidéos qui permettent de définir, caractériser ou exemplifier certains concepts. En embrassant une conception de l'enseignement *de l'activité d'investigation qu'est* la résolution de problèmes, on reconnaîtra d'abord le potentiel de chaque élève à s'engager dans l'exploration de problèmes et on portera notre attention sur l'expression d'aptitudes de recherche, d'exploration, d'ouverture face aux idées mathématiques exprimées par les autres. On encouragera la verbalisation et la justification d'idées mathématiques en cours d'élaboration. On cherchera ainsi à s'écarter d'une réussite de porcelaine qui conduirait à mettre au premier plan l'application correcte de concepts et la répliquabilité d'actions sans que l'élève n'y perçoive les utilités dans une variété de situations.

Si les objectifs des différentes personnes intervenant de près ou de loin en mathématiques sont de maximiser les occasions où les élèves pourront donner du sens aux activités vécues et s'engager dans un processus d'investigation qui contribuera au développement d'un contrôle sur la mobilisation de connaissances en situations, alors le recours au numérique peut contribuer à accroître les occasions de mettre en place et de rendre compte chez les élèves de différentes facettes de l'agir mathématique espéré :

- Exploration de contextes réels grâce à la vidéo, la réalité augmentée ou virtuelle, la robotique, la simulation et problématisation de problèmes ;

- Visualisation et étude des propriétés d'objets mathématiques (p. ex. solides) sous différentes perspectives;
- Résolution de problèmes par le biais d'outils favorisant l'exploration, la collecte de données, la modélisation de situations grâce à la coordination de divers registres de représentation (vidéo, images, dessin, table de valeurs, graphique, équations ou règles...);
- Exploration, formulation de conjectures à propos de propriétés ou de relations perçues et validation de celles-ci par le biais d'outils (logiciel de géométrie dynamique, tableur, calculatrice graphique, outils de manipulation symbolique...) offrant des possibilités à l'élève de contrôler certains paramètres et/ou offrant une rétroaction directe à l'élève (p. ex. confirmation d'égalité d'expressions arithmétiques ou algébriques par simple déplacement de termes ou développement d'expressions, reconnaissance de la non-conservation d'une propriété anticipée par simple déplacement d'un point libre d'une figure construite dans un logiciel de géométrie dynamique).

Malgré les potentialités nouvelles perçues, le développement d'environnements numériques de collaboration qui favoriseront, d'une part, les interactions entre les élèves et entre les élèves et l'enseignant·e en prenant en compte les spécificités du langage mathématique et, d'autre part, la collecte de traces sur l'expression de l'engagement des élèves dans le processus dynamique d'investigation d'un problème, recèle des enjeux de conception d'actualité. De même, le développement d'espaces numériques qui offrent des rétroactions à l'élève dans une visée constructive, au sens de Vandebrouck et Robert (2017), soulève un défi important lorsqu'on prône l'analyse des stratégies des élèves plutôt que la simple réponse fournie.

Conclusion

La présente réflexion sur l'intégration du numérique de manière à assurer le respect de principes d'équité et de justice sociale invite à prendre un pas de recul sur notre façon de réfléchir l'accompagnement des élèves ayant des besoins variés. Plutôt que de renforcer l'hypothèse que les difficultés des élèves relèvent d'un «défaut» sur le plan cognitif ou métacognitif, nous proposons de miser sur l'actualisation du potentiel des élèves (Mary et Squalli, 2021). L'expression du potentiel ne peut toutefois faire abstraction de cette réflexion encore plus importante sur ce qu'est apprendre une certaine discipline. Dans notre cas, l'apprentissage de la résolution de problèmes en mathématique. Les technologies offrent des opportunités nouvelles pour créer des situations d'apprentissage dont les façons de les vivre en classe dépendront de la conceptualisation de la résolution de problèmes.

La richesse des activités d'enseignement-apprentissage-évaluation intégrant le numérique dépendent certes de ce qui précède, mais elles sont aussi contraintes par le respect ou non d'autres recommandations qui assureront la disponibilité des technologies et la conservation ainsi qu'un meilleur accès à tous :

1. Équiper les élèves de milieux socio-économique faibles d'appareils mis à leur disposition sur une base régulière.

2. Signer avec les élèves des contrats d'utilisation des appareils en classe sur une base renouvelable.
3. Faire appel à des plateformes numériques qui permettent la synthèse vocale et qui sont conformes à la norme [WCAG 2.1](#). Cette dernière assure que les élèves ayant une déficience visuelle ou qui sont aveugles les mêmes possibilités d'apprendre que leurs pairs.
4. Assurer la traduction de logiciels centrés sur l'apprentissage des mathématiques recommandés par un comité formé de praticien-nes de terrain et de didacticien-nes.
5. Du côté du Ministère, proposer des situations d'évaluation qui encouragent l'investigation à l'aide de la technologie.

Références :

Boaler, J. (2016), Guest Editor, special Issue: The Many Colors of Math: Engaging Students through Collaboration and Agency. *Journal of Mathematical Behavior*.
<http://www.sciencedirect.com/science/journal/07323123/41>

Charron, C., Duquesne, F., Marchand, M.H., Meljac, C. (2001). L'évaluation des conduites numériques des enfants en grande difficultés. Dans A. Van Hout et C. Meljac (dir.), *Troubles du calcul et dyscalculies chez l'enfant*, (p. 336-346). Paris, France : Masson.

Giroux, J. (2014). Les difficultés d'enseignement et d'apprentissage des mathématiques : historique et perspectives théoriques. Dans C. Mary et L. Theis (éds), *Recherches sur les difficultés d'enseignement et d'apprentissage en mathématiques* (pp. 11-44). Presses de l'Université du Québec.

Mary, C. et Squalli, H. (2021). Miser sur le potentiel mathématique des élèves en difficulté : fondements épistémologiques et didactiques. Dans P. Marchand, A. Adihou, J. Koudogbo, D. Gauthier et C. Bisson (dir), *La recherche en didactique des mathématiques et les élèves en difficulté : Quels enjeux et quelles perspectives?* (p. 13-33). Les Éditions JFD inc.

Ministère de l'Éducation du Québec (2006). *Programme de formation de l'école québécoise. Éducation préscolaire, enseignement primaire*. Version approuvée. Québec : Gouvernement du Québec.

Polya, G. (1957). *How to Solve It*, 2nd Edition. Princeton University Press, Princeton, NJ.

Proulx, J., Dufault, A., Van Moorhem, A., Mégrouèche, C., Champagne, K., L'Italien-Bruneau, R.A. (2019). Pourquoi travailler la résolution de problèmes en mathématiques? Retombées et intentions du travail par problèmes. Dans *Enseignement des mathématiques par résolution de problèmes : Approche, fondements et illustrations*. [En ligne]
<http://profmath.uqam.ca/~jproulx/MAT3227.html>

Radford, L. (2011). Vers une théorie socioculturelle de l'enseignement-apprentissage: la théorie de l'objectivation. *Éléments*, 1, 1 – 27.

Schoenfeld, A.H. (1985). Mathematical Problem solving and education. *Mathematics Magazine*, 50(5), 283-291.

Schroeder, T.L., Frank K.L. (1989). Developing Understanding in Mathematics via Problem Solving. In P. R. Trafton, *New Directions for Elementary School Mathematics*, 1989 Yearbook of

the National Council of Teachers of Mathematics, pp. 31–42. Reston, Va.: National Council of Teachers of Mathematics.

Verschaffel, L. (1999). Realistic mathematical modelling and problem solving in the upper elementary school: Analysis and improvement. In J.H.M Hamers, J.E.H. Van Luit and B. Csapo (eds), *Teaching and Learning Thinking Skills, Swets and Zeitlinger*, Lisse, pp. 215-240.

Tremblay, M. et Dumas, B. (2012). Quand interroger l'activité mathématique à privilégier dans la classe contribue à développer les compétences, *Vie pédagogique*, no.160, 64-69.

Skemp, R. (1976) Relational understanding and instrumental understanding. *Math Teach*, 77, 20–26.

Vandebrouck, F., Robert, A. (2017). Activités mathématiques des élèves avec les technologies numériques: vers une théorie didactique de l'activité. Cahiers du Laboratoire de Didactique André Revuz, IREM de Paris, 9782866123796. hal-02111613 [En ligne] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02111613/document>