



# L'apport des outils technologiques pour l'apprentissage par progression conditionnelle des mathématiques, une promesse inachevée

<https://doi.org/10.52358/mm.vi24.514>

Simon Landry, étudiant au doctorat en sciences de l'éducation  
Université de Montréal, Canada  
[simon.landry.6@umontreal.ca](mailto:simon.landry.6@umontreal.ca)  
<https://orcid.org/0009-0009-2862-2526>

---

## RÉSUMÉ

Ce récit de pratique explore l'implantation de l'apprentissage par progression conditionnelle (APC) dans l'enseignement des mathématiques au secondaire, en contexte québécois. L'APC repose sur l'idée que l'élève doit maîtriser chaque étape avant de progresser, ce qui pose des défis importants en classe hétérogène. L'auteur décrit les limites des approches traditionnelles et les difficultés rencontrées avec des outils numériques courants (Google Forms, Microsoft Teams), qui ne permettent pas une rétroaction efficace ni une progression conditionnelle automatisée. Après plusieurs expérimentations, une solution innovante a été développée : l'utilisation de formulaires PDF programmés en JavaScript, intégrés à Teams. Cette méthode assure la validation des réponses en temps réel, la sauvegarde du progrès et une correction automatisée, réduisant le temps alloué à la correction d'exercices simples, permettant ainsi de concentrer les interventions de l'enseignant sur le raisonnement mathématique et favorisant une plus grande autonomie des élèves. Bien que cette approche exige un investissement initial considérable en temps et en compétences techniques, elle constitue une avancée significative pour l'individualisation des apprentissages. L'auteur conclut en soulignant le potentiel des technologies, notamment de l'intelligence artificielle, pour créer des outils intégrés et accessibles qui soutiendraient l'APC et contribueraient à réduire l'épuisement professionnel enseignant.

**Mots-clés :** apprentissage par progression conditionnelle, technologies éducatives, différenciation pédagogique, mathématiques



# 1. Introduction

Au tournant du 21<sup>e</sup> siècle, l'approche socioconstructiviste et l'enseignement centré sur l'élève ont gagné en popularité. Au Québec, la réforme éducative du début des années 2000 est venue cimenter cette approche en l'intégrant dans les normes et modalités éducatives exigées de la part du gouvernement. L'évaluation a connu une transformation radicale, passant d'une approche centrée sur l'acquisition, voire la mémorisation de connaissances à l'acquisition et à la maîtrise de compétences.

La pédagogie des mathématiques n'a pas échappé à cette transition. Avant la réforme, l'enseignement des mathématiques était axé sur la mémorisation de notions et sur la mécanique de divers calculs. À la suite de la réforme, l'enseignement a mis de côté la mémorisation en mettant plutôt l'accent sur le déploiement d'un raisonnement mathématique et sur la résolution de problèmes.

Toutefois, même lorsqu'on recentre l'enseignement sur l'élève et qu'on met l'accent sur le développement de compétences au lieu de l'acquisition de connaissances, les mathématiques ont cette particularité de nécessiter tout de même la capacité d'asseoir ces compétences sur un certain nombre d'opérations de base. Ainsi, même si on souhaite amener l'élève à mieux raisonner, il faut tout d'abord assurer la maîtrise de certains concepts élémentaires. Même si l'élève peut être amené à « découvrir » certaines mécaniques de calcul au fil de diverses activités pédagogiques, il reste néanmoins qu'afin d'être en mesure de bien utiliser ce processus, un certain entraînement sera requis.

Pour être optimal, cet entraînement doit suivre une progression logique. Débutant par des opérations de base, les calculs se verront se complexifier progressivement jusqu'au point où l'élève les maîtrisera suffisamment pour être en mesure de les réinvestir dans des activités pédagogiques plus complexes, comme des résolutions de problèmes ou des situations d'apprentissage.

Cette vision pédagogique connaît plusieurs conceptions. Un des premiers chercheurs à s'y être intéressé a été Bloom (1968), en introduisant le concept du *learning for mastery*. Cette approche s'articule autour du postulat selon lequel l'élève doit impérativement atteindre un seuil de maîtrise déterminé des prérequis avant de s'engager dans l'acquisition des contenus subséquents. Dans l'éventualité où l'élève ne parviendrait pas à atteindre le niveau de maîtrise requis, des ressources pédagogiques complémentaires lui sont allouées afin de soutenir l'apprentissage et la révision des notions, après quoi ils font l'objet d'une réévaluation. Ce processus itératif se poursuit jusqu'à ce que l'apprenant démontre sa maîtrise du sujet, lui permettant dès lors de progresser vers l'unité d'enseignement suivante. Cette logique trouve de nombreuses autres appellations, comme les *learning hierarchies* (Gagne, 1977), les *corrective and feedback loops* (Rana et Rana, 2025; Ruan *et al.*, 2020; Zubaidah *et al.*, 2021) ou plus récemment le *successive relearning* (Rawson et Dunlosky, 2022). Afin de simplifier la conceptualisation dans le cadre de ce récit de pratique, toutes ces approches seront regroupées dans une définition plus généraliste d'apprentissage par progression conditionnelle (APC).

L'enjeu pour un enseignant<sup>1</sup> lorsqu'on souhaite favoriser l'APC est l'organisation du matériel et des cours afin que les élèves soient tenus de réussir un certain niveau de complexité d'opération avant de passer au niveau supérieur. Dans un contexte d'enseignement individualisé, il est relativement simple de superviser le travail d'un élève, de constater ses erreurs et d'intervenir immédiatement afin d'apporter les correctifs nécessaires. Or, la réalité de l'enseignement est toute autre, les enseignants devant réaliser leur tâche avec un grand nombre d'élèves simultanément, souvent avec une grande hétérogénéité entre les élèves quant aux rythmes d'apprentissage.

---

<sup>1</sup> Dans ce texte, le genre masculin est utilisé comme générique, dans le seul but de ne pas alourdir le texte et n'a aucune intention discriminatoire.



L'arrivée de nouvelles technologies au tournant des années 2020 amenait un vent d'espoir à cette vision pédagogique, particulièrement en mathématiques. Des outils comme Google Forms, Teams, Desmos ainsi qu'une multitude d'autres plateformes comme NetMath annonçaient l'automatisation ou du moins la simplification de certaines tâches d'enseignement. La reconnaissance d'équations mathématiques rendait certaines opérations pédagogiques plus simples. La correction automatisée par l'entremise de questionnaires en ligne promettait quant à elle une économie de temps dans la correction d'exercices simples, permettant un réinvestissement de ce temps dans des interventions directes auprès des élèves, notamment quant à leur raisonnement mathématique.

Malheureusement, même si certains de ces outils numériques ont amélioré certaines pratiques pédagogiques en mathématiques, il reste néanmoins beaucoup d'embûches afin que ces derniers viennent réellement contribuer à l'APC.

Le présent récit de pratique se veut un tour d'horizon des diverses expérimentations réalisées dans le cadre de ma pratique professionnelle afin de solliciter l'aide du numérique dans cette approche pédagogique.

## 2. Implantation de l'APC dans le contexte d'enseignement des mathématiques en première secondaire

Au courant de l'année scolaire 2013-2014, j'éprouvais en tant qu'enseignant de grandes difficultés à faire progresser mes élèves en mathématiques de première secondaire de manière cohésive. La réduction progressive du nombre de classes spécialisées en adaptation scolaire pour les élèves en difficulté, ces derniers se trouvant désormais intégrés aux classes régulières, créait un écart grandissant entre mes élèves dans une même classe. Certains élèves commençaient l'année scolaire avec des bases solides acquises en 6<sup>e</sup> année du primaire, tandis que d'autres arrivaient en classe avec un an ou deux de retard en matière d'acquis mathématiques. Il était néanmoins attendu que tous les élèves arrivent au même point au mois de juin suivant, peu importe leur point de départ. Dans des petits groupes, il est possible de faire de la différenciation pédagogique, mais dans une classe pouvant comporter parfois près d'une trentaine d'élèves, il est plus difficile de cibler individuellement les difficultés de chacun et d'intervenir de façon spécifique alors que l'enseignement se fait en grand groupe. Devant cette réalité pédagogique, j'ai repensé mon approche pédagogique afin de mieux pouvoir répondre aux besoins de chaque élève. En m'inspirant des travaux de certains chercheurs (Bloom, 1968; Gagne, 1977; Rawson et Dunlosky, 2022), mais aussi de pratiques gagnantes, comme l'enseignement modulaire offert aux jeunes athlètes de haut niveau qui doivent combiner entraînements et école à distance, j'ai créé mes propres cahiers de mathématiques où une séquence de notions m'apparaissant logique était établie, visant ainsi à implanter une APC. La logique de cette séquence didactique visait à travailler de manière progressive mais en nombre limité certaines opérations de base (ex. :  $1/12 + 5/12 \rightarrow 1/4 + 5/12 \rightarrow 1/4 + 1/3 \rightarrow -1/4 + 2/5$ ) avant de passer à des résolutions de problèmes où l'élève doit réinvestir ces opérations, me permettant d'évaluer son raisonnement mathématique. Cette approche impliquait toutefois certains enjeux pour lesquels j'ai dû apporter des correctifs. Je cherchais donc à maximiser mon potentiel de différenciation pédagogique, en utilisant une approche qui visait l'atteinte de deux objectifs, soit : 1) permettre à chaque élève d'avancer à son rythme de manière autonome et 2) me permettre d'offrir des rétroactions personnalisées et ciblées à chacun, en les concentrant sur son raisonnement mathématique et non sa mécanique de calcul.



### 3. Enjeux et obstacles en cours d'implantation de l'APC sans outils technologiques

À la première année de cette nouvelle approche, les devoirs à compléter à la maison faisaient encore partie du travail exigé des élèves. Même si l'enseignement en classe se faisait plus régulièrement par le biais d'activités, de mises en situation et de projets, une partie de l'apprentissage demeurait via un entraînement à certaines opérations mathématiques. Afin de limiter le temps consacré à la rétroaction vis-à-vis ces devoirs et ainsi maximiser le temps de classe consacré à la réalisation d'activités et de projets, la correction de ces devoirs s'effectuait généralement en grand groupe. Je profitais de cette occasion pour questionner mes élèves et, lorsqu'une erreur était constatée, un retour sur la notion était effectué. Quoique très efficient comme approche, cette méthode de rétroaction apportait son lot de problèmes. Tout d'abord, certains élèves pouvaient ne pas avoir fait le travail et, si durant cette période de retour ils n'étaient pas questionnés, il m'était impossible de noter ce manquement et ainsi faire un retour pour comprendre pourquoi le travail n'avait pas été réalisé. Il fallait également composer avec l'enjeu des élèves qui ne posent pas de questions. En effet, lorsque la correction se faisait en groupe, il était naïf de croire qu'un élève qui commettait une erreur allait systématiquement me demander des explications. Certains élèves le faisaient de facto, mais plusieurs préféraient ne rien dire, pour de multiples raisons. L'élève pouvait simplement noter la bonne réponse dans son travail, sans comprendre pourquoi son choix initial était erroné, ce qui limitait son apprentissage.

Certains enseignants permettent à leurs élèves d'aller consulter un solutionnaire et de se corriger eux-mêmes, réduisant ainsi leur charge de correction. Cette approche se bute toutefois aux mêmes enjeux soulevés précédemment, soit les élèves qui n'ont pas effectué le travail et qui ne font que noter les bonnes réponses ainsi que les élèves qui se corrigent, constatent des erreurs, notent les bonnes réponses, mais ne demandent pas d'aide à l'enseignant.

Devant ces constats, j'ai choisi de retravailler l'année suivante ma façon de gérer les travaux des élèves. La correction devait dorénavant se faire individuellement, à mon bureau, durant la période de travail dédiée en classe à la suite des explications. Alors que les élèves travaillent dans leurs activités d'apprentissages ou leurs projets, chaque élève était appelé à son tour pour venir me montrer son travail. Une correction individualisée était donc réalisée, me permettant de constater pour chaque élève les lacunes et lui fournir des explications supplémentaires afin que les corrections puissent être apportées à son travail.

Cette approche de correction individuelle me semblait gagnante, puisqu'elle me permettait d'avoir un portrait de chaque élève, avec des rétroactions personnalisées et ne permettant pas à l'élève qui n'avait pas effectué le travail de passer sous mon radar. L'envers de la médaille était que cette manière d'organiser ma classe était épuisante! Je devais, dans une très courte période, corriger chaque élève et lui fournir les explications nécessaires. Le tout devait se dérouler alors que je devais assurer simultanément la gestion des comportements des élèves ainsi que répondre aux questions durant la période de travail. Il arrivait même par moments que je sois forcé de créer une « liste d'attente » simplement pour limiter le nombre d'élèves qui se trouvaient autour de moi durant les périodes de travail en classe. Quoique très enrichissant pour mes élèves et moi-même, puisque j'avais l'occasion d'offrir des rétroactions à chacun d'entre eux, voyant ainsi une meilleure progression dans leurs apprentissages, je terminais chaque cours essoufflé.



## 4. Exploration d'outils technologiques pouvant contribuer à l'APC

L'arrivée de certains outils technologiques, comme Google Classroom ou Microsoft Teams, me semblait prometteuse pour alléger ma charge de correction d'exercices élémentaires, tout en conservant mon approche d'APC qui me permettrait de me concentrer sur la résolution de problèmes et l'évaluation du raisonnement mathématique. Plusieurs embûches ont toutefois été constatées, que je partage dans le présent récit de pratique, dans l'espoir que certaines solutions à ces enjeux puissent être explorées. Certaines technologies, notamment via l'approche APC, si elles en viennent à être épousées par le personnel enseignant, sont porteuses du potentiel d'alléger certaines composantes de la tâche enseignante, ce qui pourrait à son tour venir impacter l'épuisement professionnel enseignant, un enjeu largement documenté (Borman et Dowling, 2008; Doherty, 2020; Kelchtermans, 2017; Taie et Lewis, 2023).

Lorsque la pandémie de COVID-19 a forcé la fermeture des établissements scolaires, ces derniers ont dû rapidement transitionner vers des plateformes d'apprentissage en ligne. La plupart du temps, les enseignants se voyaient imposer une plateforme en particulier, soit Google Classroom ou Microsoft Teams, souvent au gré d'une décision administrative. Je me suis donc tourné, comme tous mes collègues dans mon école, vers Google Classroom, puisque c'était l'outil recommandé par mes supérieurs. Cette transition vers l'enseignement numérique et à distance a ravivé mon intérêt pour l'utilisation des technologies informatiques dans le but de simplifier ma tâche enseignante.

Voyant le potentiel de ces plateformes d'automatiser certaines composantes de ma pratique professionnelle, j'ai exploré les multiples options offertes par Classroom, notamment via les formulaires en ligne Google Forms. Google Forms me permettait de faire des évaluations très rapidement pour mes élèves et réduisait ma charge de correction drastiquement. Toutefois, il m'était impossible d'utiliser Google Forms dans une perspective d'APC. Si un élève n'écrivait pas la bonne réponse, ce dernier n'avait pas la possibilité de reprendre la question jusqu'à ce que l'opération soit maîtrisée, mais devait envoyer le formulaire rempli sans pouvoir valider au préalable ses réponses. L'option de renvoyer le formulaire à l'élève jusqu'à ce que tous les exercices soient complétés correctement était présente, mais cela créait un va-et-vient incessant qui, au lieu de réduire ma charge de travail, l'alourdissait, puisque je devais continuellement retourner un travail à l'élève et revalider le nouvel envoi une fois complété. Plutôt que d'encourager l'élève à corriger ses lacunes, cela avait plutôt l'effet contraire de le décourager alors qu'il se voyait reprendre un questionnaire complet, parfois pour une seule erreur.

Du point de vue des mathématiques, Google Forms n'était pas l'outil optimal. Il y était difficile d'y inscrire des opérations et fonctions mathématiques, et la validation de réponse était relativement complexe à programmer. Si on passait par des questions à choix de réponses, cela simplifiait grandement la partie de validation; toutefois, on se butait ensuite à l'enjeu d'un élève qui pouvait simplement deviner une réponse, en cliquant sur une des options au hasard, limitant ainsi l'apprentissage. Même en retournant un formulaire tant qu'une note parfaite n'était pas atteinte, cela n'avait pour effet que d'encourager l'élève à procéder uniquement par élimination des options en fonction des réponses précédentes, ce dernier ne réalisant ainsi aucun apprentissage réel. Une fonction de validation de réponse était présente dans Google Forms, ce qui semblait au départ prometteur, car cela obligeait l'élève à reprendre une question tant que sa réponse ne correspondait pas au critère de validation comme « est égal à », mais dans son fonctionnement, cette option ne permettait pas à l'élève d'avancer par APC, puisque le critère de validation s'affichait à l'écran en cas d'erreur (figure 1).



**Figure 1**

*Validation des réponses dans Google Forms*

*Note.* Capture d'écran de l'auteur.

J'ai donc poursuivi mes recherches, cette fois-ci en explorant Microsoft Teams. D'un point de vue logistique, cette plateforme était relativement simple à utiliser, puisque tous les élèves, comme le personnel scolaire, disposaient de facto d'un compte Microsoft Office 365, permettant d'utiliser les outils de la suite Microsoft. De plus, Teams offrait un net avantage par rapport à Classroom, puisque de nombreux outils de mathématiques étaient directement intégrés dans la plateforme, rendant son utilisation dans un contexte d'enseignement des mathématiques plus simple. En effet, Teams avait l'application Math Preview directement intégrée à son interface, permettant de résoudre des équations, d'expliquer les principes mathématiques et d'avoir accès à des ressources supplémentaires. La reconnaissance d'éléments mathématiques s'effectuait également dans la plateforme Microsoft Forms, permettant de créer des quiz mathématiques avec une grande aisance. Lors de l'élaboration de questions à choix de réponses, Forms reconnaissait automatiquement certaines équations et offrait une série d'options, incluant la bonne réponse, que l'on pouvait intégrer rapidement dans la question (figure 2), permettant ainsi une économie de temps importante.

**Figure 2**

*Reconnaissance des équations mathématiques dans Microsoft Forms*

*Note.* Capture d'écran de l'auteur.



Pour ce qui est des questions à réponses courtes, Forms permettait à l'utilisateur (l'élève) d'écrire des équations et des symboles mathématiques avec aisance grâce à son clavier de calculatrice scientifique intégré et de préparer les réponses acceptables. Par exemple, en écrivant 2/3, Forms reconnaît automatiquement le format et le transforme en notation fractionnaire (figure 3). Cela permettait d'assurer une certaine uniformité dans l'écriture des réponses mathématiques qui n'était pas accessible dans la suite Google. À première vue, la suite d'outils Microsoft était la solution que j'attendais depuis longtemps.

**Figure 3**

*Calculatrice, symboles et équations mathématiques dans Microsoft Forms*

une tablette. Après 6 semaines, combien de tablettes lui manquera-t-il?

$\frac{2}{3}$

|                |                         |          |               |               |     |   |   |   |   |
|----------------|-------------------------|----------|---------------|---------------|-----|---|---|---|---|
| x              | y                       | $x^y$    | $\frac{x}{y}$ | [ ]           | ( ) | 7 | 8 | 9 | ÷ |
| >              | <                       | ≥        | ≤             | ≠             | x   | 4 | 5 | 6 | × |
| $\sqrt{\quad}$ | $\sqrt[\square]{\quad}$ | $x^2$    | $x^{\square}$ | log $\square$ | ln  | 1 | 2 | 3 | - |
| $\pi$          | x!                      | $\Sigma$ | $\prod$       | [x]           | [x] | 0 | . | = | + |

*Note.* Capture d'écran de l'auteur.

Je me suis toutefois à nouveau trouvé devant une multitude d'enjeux pour lesquels aucune solution simple n'existait. Tout d'abord, Teams ne permettait pas de sauvegarder le progrès d'un formulaire ou d'un questionnaire s'il n'était pas complété et remis. Autrement dit, si un élève n'avait pas le temps de terminer son questionnaire avant la fin d'un cours, ce dernier devait reprendre le questionnaire en entier à la prochaine ouverture, une option qui était pourtant disponible dans Google Forms. Aussi, comme dans Google Forms, l'élève qui commettait des erreurs dans ses calculs n'était pas forcément obligé de se corriger afin de pouvoir progresser. Il était donc possible de retourner un formulaire à un élève qui n'avait pas tout bon, mais cela entraînait le même va-et-vient observé avec l'autre suite bureautique. Un autre problème majeur avec cette méthode est qu'une fois le formulaire rempli via Teams, il était impossible pour l'élève de refaire ce même quiz, l'interface indiquant que le formulaire avait déjà été rempli.

Microsoft Forms offrait toutefois le « mode entraînement » qui semblait prometteur, car on y indiquait qu'un élève devait reprendre un exercice tant et aussi longtemps que le bon résultat n'était pas donné (figure 4).



**Figure 4**

*L'option « entraînement » dans Microsoft Forms*

Paramètres

**Option de questionnaire**

Mode Entraînement ☒

Les personnes interrogées peuvent s'entraîner à leur propre rythme et voir les réponses correctes pour chaque question avant de les soumettre.  
[Essayer une démonstration](#)

Afficher automatiquement les résultats ☒

Les répondants verront leurs résultats et les bonnes réponses immédiatement après l'envoi du questionnaire.

**Qui peut remplir ce formulaire ?**

☒ Tout le monde peut répondre

*Note.* Capture d'écran de l'auteur.

Je croyais avoir enfin trouvé la solution à mon problème, mais j'ai rapidement été déçu. En effet, même s'il est vrai que ce mode de travail obligeait l'élève à avoir une bonne réponse avant de pouvoir avancer, deux problèmes ont surgi à la suite de l'exploration de cette nouvelle approche. Le premier problème est que l'élève qui ne trouve pas la bonne réponse peut simplement cliquer sur « ignorer » et ainsi passer par-dessus la question qui lui pose des problèmes (figure 5).

**Figure 5**

*Possibilité d'ignorer une question ou d'afficher la réponse correcte dans Microsoft Forms*

5 - 1 =

2

Envoyer Ignorer Afficher la réponse correcte

Ne communiquez jamais votre mot de passe. [Signaler un abus](#)

*Note.* Capture d'écran de l'auteur.



On se trouvait donc devant une situation où un élève passait par-dessus une multitude de questions, remettait le travail et il était désormais impossible d'y retourner pour compléter les éléments manquants, car l'interface indiquait que le formulaire avait déjà été rempli. Le deuxième enjeu est qu'avec le mode entraînement, l'élève qui rate la question peut simplement cliquer sur la boîte de dialogue « Afficher la réponse correcte » et ainsi s'assurer sans effort d'avoir toutes les bonnes réponses (figure 5).

L'outil Microsoft Forms se révélait cependant être un outil très puissant d'évaluation sommative, puisqu'en remplissant l'évaluation en ligne, il était possible de prédéterminer les bonnes réponses aux questions à choix de réponses et à réponses courtes. Cela avait pour effet de réduire considérablement le temps alloué à la correction des évaluations des élèves, puisqu'une grande partie de cette dernière avait été automatisée. Il suffisait de vérifier les examens de chaque élève et de corriger les questions à développement, comme les résolutions de problèmes, afin d'obtenir la note finale.

Toutefois, cela ne réglait pas l'enjeu de l'implantation de l'APC en classe afin de réguler l'apprentissage des élèves à ma charge. La méthode qui a finalement répondu à mes objectifs pédagogiques n'était pas simple et a exigé beaucoup de travail.

## 5. L'utilisation de fichiers PDF avec programmation Javascript pour l'APC

C'est finalement en 2021 que j'ai enfin pu réaliser une véritable approche d'APC à l'aide d'outils informatiques lorsque je suis passé par l'utilisation de fichiers en format PDF avec une programmation Javascript.

Il est possible dans les fichiers PDF d'implanter des cases de réponses où l'utilisateur ira inscrire les informations nécessaires. L'exemple le plus probant de cette méthode se trouve dans certains formulaires gouvernementaux, comme les demandes de passeports. Afin d'utiliser pleinement le potentiel de cette méthode, plusieurs étapes ont dû être franchies.

Premièrement, j'ai dû prendre chaque page de mes documents de travail, qui étaient en format Word (.docx), et les convertir en fichiers PDF. Cela peut se faire par une multitude d'approches, comme l'impression en fichier PDF ou la conversion en utilisant des applications tierces, comme Adobe Acrobat.

Ensuite, j'ai converti chacun des fichiers PDF en formulaire à remplir. Pour ce faire, il était nécessaire d'utiliser le programme Adobe Acrobat. Certaines plateformes en ligne offrent de convertir des fichiers en formulaires, mais nécessitent l'enregistrement d'un compte et parfois un abonnement payant. Afin d'éviter de complexifier encore plus les choses, j'ai préféré utiliser la version Pro d'Adobe Acrobat, pour laquelle je disposais déjà d'un abonnement payant. Acrobat détectait avec une grande facilité les endroits où devaient apparaître des champs de réponse (figure 6). Certaines modifications mineures quant à la mise en forme étaient nécessaires, mais dans l'ensemble, cette transformation était relativement simple.



Figure 6

Exemple de formulaire PDF sur Acrobat Pro

Nom:  Prénom:  Groupe:

Date:

*La calculatrice est interdite dans cette section. Tu devras déposer des traces de tes calculs faits à la main dans le Bloc-Notes de Classe.*

**Exercices 3 : Additions et soustractions de nombres entiers**

1- Effectue les additions de nombres entiers suivantes :

|                  |                      |                  |                      |                  |                      |
|------------------|----------------------|------------------|----------------------|------------------|----------------------|
| A) $-48 + 37 =$  | <input type="text"/> | B) $-34 + 19 =$  | <input type="text"/> | C) $-7 + 48 =$   | <input type="text"/> |
| D) $-10 + 50 =$  | <input type="text"/> | E) $17 + -35 =$  | <input type="text"/> | F) $-2 + 37 =$   | <input type="text"/> |
| G) $37 + -36 =$  | <input type="text"/> | H) $-14 + -10 =$ | <input type="text"/> | I) $-31 + -32 =$ | <input type="text"/> |
| J) $-7 + -15 =$  | <input type="text"/> | K) $24 + 12 =$   | <input type="text"/> | L) $-20 + -43 =$ | <input type="text"/> |
| M) $-13 + -41 =$ | <input type="text"/> | N) $20 + -41 =$  | <input type="text"/> | O) $2 + -23 =$   | <input type="text"/> |

2- Socrate est né en l'an 469 avant Jésus-Christ. S'il est mort à l'âge de 70 ans, en quelle année est-il décédé?

Démarche :

Réponse : il est décédé en l'an  avant Jésus-Christ.

3- Calcule les différences:

|                  |                      |                  |                      |                 |                      |
|------------------|----------------------|------------------|----------------------|-----------------|----------------------|
| A) $-86 - -83 =$ | <input type="text"/> | B) $18 - 94 =$   | <input type="text"/> | C) $-35 - 38 =$ | <input type="text"/> |
| D) $17 - 16 =$   | <input type="text"/> | E) $-80 - -85 =$ | <input type="text"/> | F) $24 - -74 =$ | <input type="text"/> |
| G) $34 - 94 =$   | <input type="text"/> | H) $-38 - 92 =$  | <input type="text"/> | I) $-43 - 62 =$ | <input type="text"/> |
| J) $-18 - -33 =$ | <input type="text"/> | K) $95 - -41 =$  | <input type="text"/> | L) $94 - -90 =$ | <input type="text"/> |
| M) $25 - 1 =$    | <input type="text"/> | N) $-30 - 78 =$  | <input type="text"/> | O) $-82 - 15 =$ | <input type="text"/> |

Note. Capture d'écran de l'auteur.

C'est à ce moment que la plus grosse partie du travail est entrée en jeu. Afin de réellement implanter une approche APC, il était nécessaire d'assurer qu'un élève ne puisse pas inscrire une mauvaise réponse dans une case avant de pouvoir terminer un travail. Pour ce faire, la programmation par langage Javascript a été utilisée. Dans chaque case de réponse, il a été nécessaire de programmer les réponses acceptables et le scénario en cas de mauvaise réponse. Afin de simplifier l'opérationnalisation, j'ai choisi de simplement programmer qu'une case de réponse demeurerait vide tant que la bonne réponse n'était pas inscrite. Par conséquent, lorsqu'un élève devait calculer  $-13 + -41$ , tant que la bonne réponse ( $-54$ ) n'était pas inscrite dans la case, elle resterait vide (figure 7).



Figure 7

Exemple de programmation Javascript pour valider une bonne réponse

Nom:  Prénom:  Groupe:

Date:

Propriétés du champ de texte

Général Aspect Position Options Actions Format Validation Calcul

☐ Valeur non calculée

☐ La valeur correspond à la/au  des champs

☐ Notation simplifiée du champ :

☒ Script de calcul personnalisé :

```
if (event.value == "-54"){
  event.target.textColor = color.blue;}
else {
  event.value = "";
```

☐ Verrouiller

Note. Capture d'écran de l'auteur.

Afin d'assurer que la programmation de correction avait été correctement activée, une programmation spécifique au niveau du nom de l'élève et de l'inscription de la date avait été effectuée. Cela permettait de voir immédiatement si la correction automatisée par Javascript avait été activée ou non lorsqu'un travail était remis (figure 8).



Figure 8

Exemple de la programmation Javascript du nom de l'élève et de la date pour valider l'activation de la correction automatisée

Nom:  Prénom:  Gro:

Date:  *La calculatrice est interdite dans cette section. Ti de tes calculs faits à la main dans le Blo*

Exercices 3 : Additions et soustractions

1- Effectue les additions et soustractions de r

A)  $-48 + 37 =$

D)  $-10 + 50 =$

G)  $37 + -36 =$

J)  $-7 + -15 =$

M)  $-13 + -41 =$

2- Socrate est né en l'an 469  
année est-il décédé?  
Démarche :

Propriétés du champ de texte

Général Aspect Position Options Actions Format Validation Calcul

☐ Valeur non calculée

☐ La valeur correspond à la/au somme (+) des champs suivants :

☐ Notation simplifiée du champ :

☐ Script de calcul personnalisé :

`event.value = event.value.toUpperCase();`

☐ Verrouiller

Fermer

Catégorie de format : Date

mm/yyyy  
d-mmm  
d-mmm-yy  
d-mmm-yyyy  
dd-mmm-yy  
dd-mmm-yyyy  
Lun-mm-aa

Exemple de format actuel : 15-Déc-2025

Note. Capture d'écran de l'auteur.

Les avantages de cette approche étaient nombreux. Tout d'abord, contrairement aux formulaires en ligne comme Microsoft Forms, il était possible pour un élève de sauvegarder son progrès au fur et à mesure qu'il avançait dans ses travaux. Avec un minimum d'explications, les élèves devenaient rapidement à l'aise avec la procédure de sauvegarde de fichiers, similaire à d'autres outils, comme Word ou PowerPoint. Aucun progrès n'était ainsi perdu en cours de route. Puisque les formulaires en PDF étaient identiques dans leur mise en page à la version papier avec laquelle ils étaient habitués de travailler, cette transition vers le numérique a été relativement simple à faire (figure 9).



Figure 9

Formulaire PDF à remplir en ligne et document papier de l'élève

Nom:  Prénom:  Groupe:

Date:

*La calculatrice est interdite dans cette section. Tu devras déposer des traces de tes calculs faits à la main dans le Bloc-Notes de Classe.*

**Exercices 3 : Additions et soustractions de nombres entiers**

1- Effectue les additions de nombres entiers suivantes :

|                  |                  |                  |
|------------------|------------------|------------------|
| A) $-48 + 37 =$  | B) $-34 + 19 =$  | C) $-7 + 48 =$   |
| D) $-10 + 50 =$  | E) $17 + -35 =$  | F) $-2 + 37 =$   |
| G) $37 + -36 =$  | H) $-14 + -10 =$ | I) $-31 + -32 =$ |
| J) $-7 + -15 =$  | K) $24 + 12 =$   | L) $-20 + -43 =$ |
| M) $-13 + -41 =$ | N) $20 + -41 =$  | O) $2 + -23 =$   |

2- Socrate est né en l'an 469 avant Jésus-Christ. S'il est mort à l'âge de 70 ans, en quelle année est-il décédé?

Démarche :

Réponse : il est décédé en l'an  avant Jésus-Christ.

3- Calcule les différences:

|                  |                  |                 |
|------------------|------------------|-----------------|
| A) $-86 - -83 =$ | B) $18 - 94 =$   | C) $-35 - 38 =$ |
| D) $17 - 16 =$   | E) $-80 - -85 =$ | F) $24 - -74 =$ |
| G) $34 - 94 =$   | H) $-38 - 92 =$  | I) $-43 - 62 =$ |
| J) $-18 - -33 =$ | K) $95 - -41 =$  | L) $94 - -90 =$ |
| M) $25 - 1 =$    | N) $-30 - 78 =$  | O) $-82 - 15 =$ |

**Exercices 3 : Additions et soustractions de nombres entiers**

1- Effectue les additions de nombres entiers suivantes :

|                  |                  |                  |
|------------------|------------------|------------------|
| A) $-48 + 37 =$  | B) $-34 + 19 =$  | C) $-7 + 48 =$   |
| D) $-10 + 50 =$  | E) $17 + -35 =$  | F) $-2 + 37 =$   |
| G) $37 + -36 =$  | H) $-14 + -10 =$ | I) $-31 + -32 =$ |
| J) $-7 + -15 =$  | K) $24 + 12 =$   | L) $-20 + -43 =$ |
| M) $-13 + -41 =$ | N) $20 + -41 =$  | O) $2 + -23 =$   |

2- Socrate est né en l'an 469 avant Jésus-Christ. S'il est mort à l'âge de 70 ans, en quelle année est-il décédé?

Démarche :

Réponse : il est décédé en l'an \_\_\_\_\_ avant Jésus-Christ.

3- Calcule les différences:

|                  |                  |                 |
|------------------|------------------|-----------------|
| A) $-86 - -83 =$ | B) $18 - 94 =$   | C) $-35 - 38 =$ |
| D) $17 - 16 =$   | E) $-80 - -85 =$ | F) $24 - -74 =$ |
| G) $34 - 94 =$   | H) $-38 - 92 =$  | I) $-43 - 62 =$ |
| J) $-18 - -33 =$ | K) $95 - -41 =$  | L) $94 - -90 =$ |
| M) $25 - 1 =$    | N) $-30 - 78 =$  | O) $-82 - 15 =$ |

Note. Capture d'écran de l'auteur.

Cela permettait également à l'élève qui ne disposait pas d'un ordinateur à la maison de poursuivre tout de même ses travaux chez lui dans son document papier. Pour l'enseignant, cela simplifiait grandement le travail de correction. En un simple coup d'œil, on pouvait rapidement constater si toutes les cases d'un travail étaient remplies ou non, attestant que toutes les bonnes réponses avaient été trouvées. Puisque la correction des opérations simple était automatisée, il était désormais plus simple de se concentrer sur la démarche mathématique dans les résolutions de problèmes et d'intervenir auprès des élèves qui commettaient des erreurs de raisonnement ou de démarche (voir question 4 dans la figure 10).



Figure 10

Fichier de travail comportant des erreurs de calcul

Date: 13-Nov-2025

Exercices 4 : Réduction de fractions, nombres fractionnaires

Inscris tes réponses sous la forme suivante :  $\frac{1}{3} \rightarrow 1/3$

a)  $\frac{6}{9} = \frac{2}{3}$  b)  $\frac{54}{72} =$  c)  $\frac{28}{90} = \frac{14}{45}$  d)  $\frac{36}{54} =$

e)  $\frac{12}{48} = \frac{1}{4}$  f)  $\frac{36}{60} = \frac{3}{5}$  g)  $\frac{63}{108} = \frac{7}{12}$  h)  $\frac{64}{112} =$

N'utilise pas la forme de nombre fractionnaire, laisse tes réponses sous forme de fraction même si le numérateur est plus grand que le dénominateur.

2) Transforme les fractions suivantes en nombre fractionnaire :

a)  $\frac{79}{13} = 6\frac{1}{13}$  b)  $\frac{15}{4} = 3\frac{3}{4}$  c)  $\frac{53}{12} = 4\frac{5}{12}$  d)  $\frac{123}{8} = 15\frac{3}{8}$

e)  $\frac{179}{16} = 11\frac{3}{16}$  f)  $\frac{100}{99} = 1\frac{1}{99}$  g)  $\frac{11}{5} = 2\frac{1}{5}$  h)  $\frac{187}{12} = 15\frac{7}{12}$

3) Transforme les nombres fractionnaires suivants en fraction :

a)  $7\frac{11}{12} = \frac{85}{12}$  b)  $2\frac{3}{4} = \frac{11}{2}$  c)  $5\frac{3}{8} = \frac{43}{8}$  d)  $15\frac{1}{11} = \frac{166}{11}$

e)  $11\frac{3}{17} = \frac{190}{17}$  f)  $1\frac{5}{47} = \frac{52}{47}$  g)  $4\frac{2}{5} = \frac{22}{5}$  h)  $21\frac{4}{23} = \frac{487}{23}$

4) Une compagnie de distribution alimentaire emploie 380 personnes. Il y a 140 hommes dans l'entreprise. Quelle est la fraction irréductible représentant le nombre de femmes ?

Démarche :

Réponse :  $\frac{12}{19}$

Note. Capture d'écran de l'auteur.

Le désavantage de cette approche se trouvait principalement dans le temps nécessaire à programmer tous ces documents. En effet, puisqu'au cours d'une année scolaire les élèves peuvent être appelés à effectuer plusieurs centaines de calculs, il a été nécessaire de programmer tout autant de cases réponses. Toutefois, une fois le script général de validation bien affiné, il suffisait de copier le code source et de le coller dans la section de validation, en modifiant simplement la valeur recherchée. Il aura tout de même fallu investir plus d'une centaine d'heures de programmation afin de monter les documents de travail pour une année entière. Cependant, une fois tous les documents programmés, il était relativement facile de les corriger lorsqu'une erreur de programmation était constatée.

Dorénavant, les élèves utilisaient en classe un ordinateur Chromebook fourni par l'école. Une fois connectés à leur portable, ils pouvaient aller sur leur plateforme Teams. À l'intérieur de leurs Teams se trouvait chaque page de travail à faire. Il leur suffisait de télécharger la page d'exercices et de la remplir. Une fois la page terminée et toutes les bonnes réponses trouvées, attestées par l'absence de cases vides



dans leur formulaire, ils pouvaient simplement la remettre dans Teams. Cela leur permettait de valider de manière autonome leur maîtrise des opérations mathématiques et de passer à la section suivante sans être tenus de la faire valider à mon bureau. L'élève qui se butait à une case vide se voyait donc obligé de se reprendre. La plupart du temps, il s'agit d'erreurs d'inattention simples que l'élève corrige par lui-même, mais lorsque ce dernier se butait à une case vide à répétition, cela l'obligeait à venir demander de l'aide afin de débloquent cette impasse, me permettant de lui offrir une aide personnalisée, ce qui n'était pas possible avec les approches précédentes ou un simple solutionnaire mis à la disposition des élèves. De mon côté, lorsque je voyais un travail remis, je pouvais voir en quelques secondes si un travail avait été entièrement maîtrisé, en vérifiant à l'aide du format de la date et du nom de l'élève que la correction automatisée avait été enclenchée, approuver le travail et passer à l'élève suivant en quelques secondes. Si une copie comportait des cases vides, j'allais voir ce dernier afin de comprendre ce qui n'avait pas fonctionné dans cette question en particulier, ce qui lui permettait d'apporter les correctifs nécessaires à la complétion de son travail.

Cette approche où je mobilisais des formulaires PDF avec programmation Javascript, combinée à la plateforme Teams, me permettait enfin de minimiser le temps alloué à la correction d'exercices simples, où l'élève travaille sa mécanique de calcul, et concentrer mon énergie à évaluer le raisonnement mathématique des élèves et leur offrir des rétroactions ciblées.

## 6. Enjeux liés à l'utilisation des fichiers PDF avec programmation Javascript

Cette approche d'APC à l'aide des outils technologiques présentés ci-haut, quoique fonctionnelle et efficace, soulève toutefois de nombreux enjeux auxquels il faudra s'attaquer dans un avenir rapproché.

Tout d'abord, un investissement massif de temps en début de processus est nécessaire afin de créer les documents en version PDF, les transformer en formulaires et organiser les nombreuses cases de réponses dans un tout structuré et cohérent. De plus, la mise en place d'un tel système exige un certain niveau de maîtrise en programmation informatique, en particulier en ce qui concerne le langage JavaScript. Cette compétence n'est pas nécessairement à la portée de tous les enseignants. Une fois le tout créé et programmé, des corrections mineures doivent être apportées au fil du temps, mais il demeure qu'un effort colossal en début de parcours est exigé afin de tout mettre en place correctement. Il est toutefois désormais possible de créer un procédurier où on explique la démarche à suivre, incluant les « codes sources » à programmer, ce qui permettrait à un enseignant qui souhaiterait reproduire ce modèle, mais ne possédant pas les compétences en programmation Javascript, de simplement « copier/coller » les codes en modifiant les valeurs à valider. L'intelligence artificielle générative (IAG) pourrait aider les enseignants moins technophiles à programmer leurs fichiers en leur générant les codes Javascript automatiquement. Ensuite, certaines opérations mathématiques plus complexes, comme l'algèbre et les fonctions, rendent cette approche moins pertinente à certains niveaux scolaires, puisqu'il est plus difficile de programmer les réponses « acceptables » dans un contexte où l'écriture mathématique n'est pas nécessairement compatible avec l'écriture relativement simple de Javascript. L'utilisation de formulaires PDF avec Javascript serait donc probablement plus pertinente pour des élèves de troisième cycle du primaire ou de premier cycle du secondaire uniquement. Aussi, toute cette démarche est relativement facile et pertinente à déployer dans un contexte de l'apprentissage des mathématiques, mais se transpose difficilement dans d'autres matières, où l'apprentissage ne suit pas nécessairement une trajectoire cumulative aussi rigide. Finalement, bien que la majorité des élèves soient à l'aise avec les outils technologiques, il reste néanmoins que certains d'entre eux, ainsi que leurs parents, éprouveront des difficultés à utiliser les plateformes numériques comme Teams ainsi que la manipulation (ouverture, enregistrement, remise, etc.) des fichiers informatiques nécessaires à une telle approche.

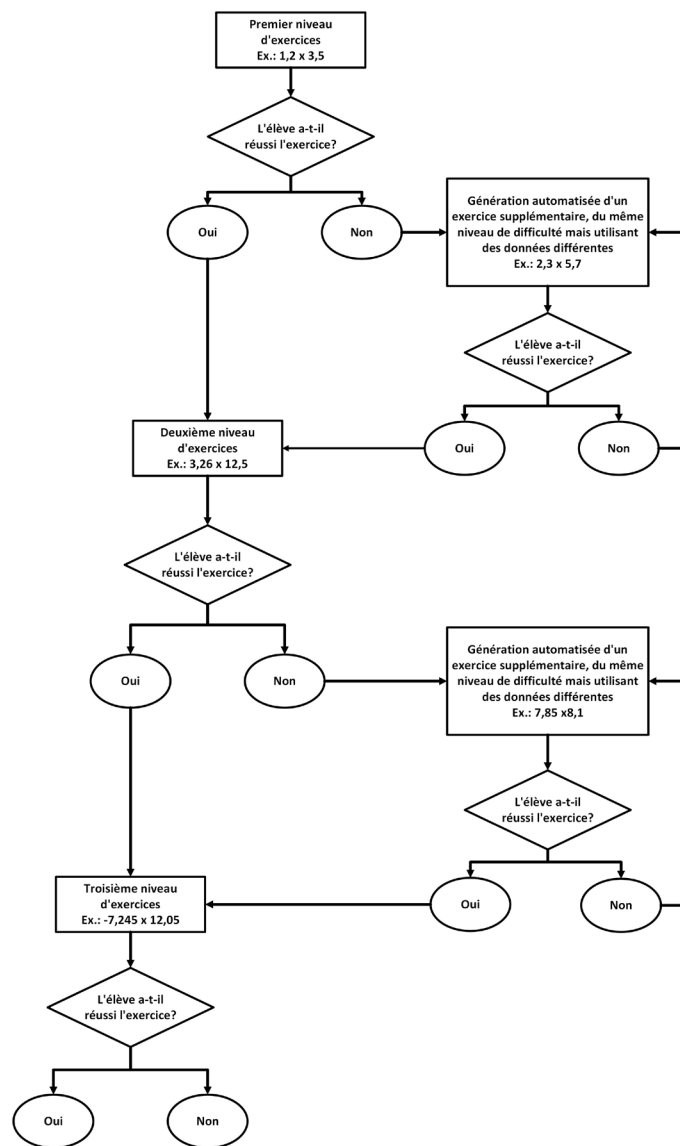


## 7. Avenir et enjeux de l'utilisation de la technologie dans une approche APC

Il demeure étonnant qu'encore à ce jour, en 2025, malgré les avancées immenses que nous avons connues en matière de technologie, notamment avec l'arrivée de l'IAG, aucun outil utilisant l'approche APC n'existe, du moins de manière intégrée aux plateformes les plus courantes (Classroom ou Teams) pour faciliter l'apprentissage des mathématiques. La création d'un outil sophistiqué de génération automatique d'exercices, s'inspirant de la structure d'APC et s'appuyant sur une arborescence prédéfinie (figure 11), serait probablement à la portée des géants de la technologie, qui possèdent déjà des plateformes d'apprentissage en ligne et des infrastructures solides en matière d'intelligence artificielle.

**Figure 11**

*Schéma conceptuel d'un exerciceur mathématique intelligent*





Un tel outil intelligent pourrait non seulement améliorer grandement les conditions d'exercices des enseignants en réduisant leur charge de travail en matière de planification et de génération d'exercices d'entraînement, mais aiderait aussi à individualiser, voire à différencier la progression des élèves en mathématiques. Les élèves les plus performants pourraient rapidement passer aux niveaux supérieurs sans avoir à attendre le reste du groupe et même passer à de l'enrichissement, tandis que ceux qui éprouvent des difficultés bénéficieraient d'un entraînement bonifié et même de possibles rétroactions automatisées via l'IAG.

## 8. Conclusion

Dans le contexte actuel où l'attrition enseignante, c'est-à-dire le départ des enseignants de la profession pour une autre raison que la retraite (Kelchtermans, 2017), est de plus en plus importante, notamment en raison d'un phénomène d'épuisement professionnel (Harnois *et al.*, 2021; Mukamurera et Balleux, 2013; Mukamurera *et al.*, 2019; Sirois et Dembélé, 2023), et la réalité actuelle de la classe régulière où l'intégration d'élèves présentant de graves difficultés scolaires est devenue courante (Fortier-Moreau, 2021), l'approche détaillée dans ce récit de pratique pourrait être reproduite avec un minimum de compétence numérique, puisque la voie est maintenant tracée. Développer d'autres outils cohérents qui permettraient à l'enseignant d'utiliser une approche par APC de manière fluide et simple d'utilisation pourrait s'avérer une solution gagnante tant pour les élèves que pour les enseignants. La recherche, notamment en IAG éducative, pourrait explorer le développement d'un tel outil qui aurait le potentiel d'être bénéfique pour tous.

## Liste des références

- Bloom, B. (1968). Learning for Mastery. Instruction and Curriculum. *Regional Education Laboratory for the Carolinas and Virginia, Topical Papers and Reprints, Number 1*. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED053419.pdf>
- Borman, G. D. et Dowling, N. M. (2008). Teacher attrition and retention: A meta-analytic and narrative review of the research. *Review of educational research*, 78(3), 367-409. <https://doi.org/10.3102/0034654308321455>
- Doherty, J. (2020). A systematic review of literature on teacher attrition and school-related factors that affect it. *Teacher Education Advancement Network Journal*, 12(1), 75-84. <https://ojs.cumbria.ac.uk/index.php/TEAN/article/view/646>
- Fortier-Moreau, G. (2021). Enjeux de l'inclusion des EHDA en classe ordinaire. *Nouveaux Cahiers du socialisme*, (26), 48-55. <https://id.erudit.org/iderudit/96594ac>
- Gagne, R. M. (1977). Types of capabilities and learning hierarchies in instructional design. *Journal of instructional development*, 8-10. <https://www.jstor.org/stable/30220515>
- Harnois, V., Sirois, G. et Morneau-Guérin, F. (2021). *Pénurie enseignante au Québec : un portrait de l'offre et la demande*. <https://r-libre.telug.ca/2406/>
- Kelchtermans, G. (2017). 'Should I stay or should I go?': Unpacking teacher attrition/retention as an educational issue. *Teachers and teaching*, 23(8), 961-977. <https://doi.org/10.1080/13540602.2017.1379793>
- Mukamurera, J. et Balleux, A. (2013). Malaise dans la profession enseignante et identité professionnelle en mutation. Le cas du Québec. *Recherche et formation*, (74), 57-70. <https://doi.org/10.4000/rechercheformation.2129>
- Mukamurera, J., Lakhal, S. et Tardif, M. (2019). L'expérience difficile du travail enseignant et les besoins de soutien chez les enseignants débutants au Québec. *Activités*, 16(1). <https://doi.org/10.4000/activites.3801>
- Rana, K. et Rana, K. (2025). How secondary English teachers employ formative assessment and feedback to scaffold students' odyssey in English learning. *Journal of Language and Education*, 11(2), 111-124. <https://doi.org/10.17323/jle.2025.19854>



- Rawson, K. A. et Dunlosky, J. (2022). Successive relearning: An underexplored but potent technique for obtaining and maintaining knowledge. *Current Directions in Psychological Science*, 31(4), 362-368  
<https://doi.org/10.1177/09637214221100484>
- Ruan, S., He, J., Ying, R., Burkle, J., Hakim, D., Wang, A., Yin, Y., Zhou, L., Xu, Q., AbuHashem, A., Dietz, G., Murnane, E. L., Brunskill, E., et Landay, J. A. (2020). Supporting children's math learning with feedback-augmented narrative technology. *Proceedings of the Interaction Design and Children Conference, IDC '20*, 567-580.  
<https://doi.org/10.1145/3392063.3394400>
- Sirois, G. et Dembélé, M. (2023). Pénurie de personnel enseignant: ampleur du phénomène au Québec. *Apprendre et enseigner aujourd'hui*, 12(2), 12-17. <https://doi.org/10.7202/1101206ar>
- Taie, S. et Lewis, L. (2023). *Teacher Attrition and Mobility: Results from the 2021-22 Teacher Follow-Up Survey to the National Teacher and Principal Survey. First Look*. NCES 2024-039. National Center for Education Statistics.  
<https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED636806.pdf>
- Zubaidah, R., Fitriawan, D., Yusmin, E., Nursangaji, A. et Mirza, A. (2021). Corrective feedback, self-esteem and mathematics learning outcomes. *Al-Jabar: Jurnal Pendidikan Matematika*, 12(1), 121-132.  
<https://doi.org/10.24042/ajpm.v12i1.8659>

## Abstract / Resumen / Resumo

### The Contribution of Technological Tools to Conditional Progression Learning in Mathematics: An Unfulfilled Promise

#### ABSTRACT

This reflective account of practice explores the implementation of conditional progression learning (CPL) in high school mathematics education within the Quebec context. CPL is based on the idea that students must master each step before progressing, which poses significant challenges in heterogeneous classrooms. The author describes the limitations of traditional approaches and the difficulties encountered with common digital tools (Google Forms, Microsoft Teams), which do not allow for effective feedback or automated conditional progression. After several experiments, an innovative solution was developed: the use of PDF forms programmed in JavaScript, integrated into Teams. This method ensures real-time answer validation, progress saving, and automated grading, reducing the time allocated to correcting simple exercises. This allows the teacher to focus interventions on mathematical reasoning and fosters greater student autonomy. Although this approach requires considerable initial time and technical skills investment, it represents a significant advancement for the individualization of learning. The author concludes by highlighting the potential of technologies, notably artificial intelligence, to create integrated and accessible tools that would support CPL and contribute to reducing teacher burnout.

**Keywords:** conditional progression learning, educational technology, differentiated Instruction, mathematics



## La aportación de las herramientas tecnológicas al aprendizaje por progresión condicional de las matemáticas: una promesa incumplida

### RESUMEN

Este relato de práctica explora la implementación del aprendizaje por progresión condicional (APC) en la enseñanza de las matemáticas en la escuela secundaria, en el contexto quebequense. El APC se basa en la idea de que el alumno debe dominar cada etapa antes de avanzar, lo que plantea desafíos importantes en aulas heterogéneas. El autor describe las limitaciones de los enfoques tradicionales y las dificultades encontradas con herramientas digitales comunes (Google Forms, Microsoft Teams), que no permiten una retroalimentación eficaz ni una progresión condicional automatizada. Tras varios experimentos, se desarrolló una solución innovadora: el uso de formularios PDF programados en JavaScript, integrados en Teams. Este método asegura la validación de respuestas en tiempo real, el guardado del progreso y una corrección automatizada, reduciendo el tiempo asignado a la corrección de ejercicios simples, lo que permite concentrar las intervenciones del docente en el razonamiento matemático y favorece una mayor autonomía de los alumnos. Aunque este enfoque exige una inversión inicial considerable de tiempo y habilidades técnicas, constituye un avance significativo para la individualización de los aprendizajes. El autor concluye destacando el potencial de las tecnologías, en particular de la inteligencia artificial, para crear herramientas integradas y accesibles que respalden el APC y contribuyan a reducir el agotamiento profesional docente.

**Palabras clave:** aprendizaje por progresión condicional, tecnología educativa, diferenciación pedagógica, matemáticas

## A contribuição das ferramentas tecnológicas para a aprendizagem por progressão condicional da matemática: uma promessa não cumprida

### RESUMO

Este relato de prática explora a implementação da aprendizagem por progressão condicional (APC) no ensino de matemática no ensino médio, no contexto quebequense. A APC baseia-se na ideia de que o aluno deve dominar cada etapa antes de progredir, o que apresenta desafios significativos em salas de aula heterogêneas. O autor descreve as limitações das abordagens tradicionais e as dificuldades encontradas com ferramentas digitais comuns (Google Forms, Microsoft Teams), que não permitem um feedback eficaz nem uma progressão condicional automatizada. Após vários experimentos, desenvolveu-se uma solução inovadora: o uso de formulários PDF programados em JavaScript, integrados ao Teams. Esse método garante a validação de respostas em tempo real, o salvamento do progresso e a correção automatizada, reduzindo o tempo alocado para a correção de exercícios simples. Isso permite concentrar as intervenções do professor no raciocínio matemático e favorece uma maior autonomia dos alunos. Embora essa abordagem exija um investimento inicial considerável de tempo e habilidades técnicas, ela constitui um avanço significativo para a individualização das aprendizagens. O autor conclui destacando o potencial das tecnologias, notadamente da inteligência artificial, para criar ferramentas integradas e acessíveis que apoiariam a APC e contribuiriam para reduzir o esgotamento profissional docente.

**Palavras-chave:** aprendizagem por progressão condicional, tecnologias educacionais, diferenciação pedagógica, matemática