

La taxonomie de Bloom, les cartes mentales et les ontologies : une synergie pour améliorer les capacités d'apprentissage

Franck Jeannot

Montréal, Canada, Mai 2025, AB831, v1.0

Abstract

This article presents an integrated framework combining Bloom's taxonomy, mind-mapping, and domain ontologies to enhance learning outcomes. We first review the theoretical foundations of each tool and then detail a four-step methodology: (1) ontology development for systematic domain representation, (2) formulation of learning objectives aligned with Bloom's cognitive levels, (3) design of mind-mapping activities to support knowledge organization and analysis, and (4) formative assessment through comparison of student maps against an expert ontology. A case study in cellular biology illustrates the approach, demonstrating improved comprehension and critical thinking among learners. We discuss practical challenges, including ontology construction and map evaluation, and outline future directions for digital platforms and intelligent tutoring systems that leverage this synergistic model.

Keywords: Bloom's taxonomy, mind-mapping, concept mapping, domain ontology, learning objectives, formative assessment, knowledge visualization, cognitive framework, instructional design, educational technology, intelligent tutoring systems, integrated pedagogy

1. Introduction

Dans le domaine des sciences de l'éducation, de nombreuses approches visent à améliorer les capacités d'apprentissage des apprenants. Parmi elles, la taxonomie de Bloom, les cartes mentales (ou *mind maps*) et l'analyse de domaine par les ontologies figurent comme des outils complémentaires potentiellement synergiques. La taxonomie de Bloom [1] fournit un cadre hiérarchique des objectifs pédagogiques, allant de la mémorisation à la création, qui aide les concepteurs de cours à encourager des niveaux de cognition plus élevés [2, 3]. De leur côté, les cartes mentales sont

des représentations graphiques centrées sur une notion clé, permettant de structurer et relier visuellement des idées. Popularisées depuis les années 1970, elles favorisent l'organisation des connaissances et la réflexion créative. Des études montrent que l'usage des cartes mentales ou conceptuelles en apprentissage peut améliorer la rétention et stimuler la pensée critique des étudiants [4, 5]. Par ailleurs, les ontologies, issues du domaine des sciences informatiques et de la sémantique, offrent un moyen formel de représenter un domaine de connaissances en explicitant les concepts et leurs relations [6]. Employées en ingénierie pédagogique, elles assurent une structuration cohérente du contenu d'un curriculum et peuvent soutenir des systèmes tuteur intelligents [7]. Cependant, il reste à explorer comment la combinaison de ces trois outils peut renforcer mutuellement leurs effets. Cet article propose une approche intégrée mobilisant à la fois la taxonomie de Bloom, les cartes mentales et les ontologies de domaine afin d'optimiser les apprentissages.

2. Fondements théoriques

Taxonomie de Bloom : Introduite dans les années 1950, la taxonomie de Bloom [1] classe les objectifs d'apprentissage en six niveaux cognitifs ascendants (Connaissance, Compréhension, Application, Analyse, Synthèse, Évaluation). Cette classification a été révisée pour mettre l'accent sur des verbes d'action (se souvenir, comprendre, appliquer, analyser, évaluer, créer) et intégrer une dimension de types de connaissances (factuelles, conceptuelles, procédurales, métacognitives) [2, 3]. La taxonomie de Bloom est largement utilisée pour concevoir des curriculums en s'assurant de solliciter des « hauts niveaux » de cognition [3]. Par exemple, on cherchera à ce que l'apprenant aille au-delà de la simple mémorisation pour analyser ou évaluer des informations, ce qui est supposé améliorer la compréhension profonde et la capacité de réutilisation des acquis.

Cartes mentales et conceptuelles : Les cartes mentales sont des schémas heuristiques visuels qui organisent des idées autour d'un concept central, en utilisant des nœuds et des branches pour représenter les relations. Proposées initialement par Tony Buzan dans les années 1970, elles reposent sur des principes d'association d'idées et de visualisation. Une variante plus formelle est la carte conceptuelle (Novak), où les relations entre concepts sont explicitement étiquetées [8]. Ces outils s'appuient sur la théorie de l'apprentissage significatif d'Ausubel, selon laquelle l'acquisition de nouvelles connaissances est facilitée si l'apprenant peut ancrer ces informations à sa structure cognitive existante [9]. En permettant de lier de nouveaux concepts à des notions familières, les cartes mentales favorisent ce processus d'ancrage et réduisent l'apprentissage par cœur isolé. De nombreuses recherches valident l'efficacité des cartes mentales/conceptuelles pour améliorer les performances

académiques et les compétences cognitives des apprenants. Une méta-analyse récente a montré que l'apprentissage basé sur les cartes mentales entraîne de meilleurs résultats que les méthodes traditionnelles, en particulier sur les acquis cognitifs [10]. Par ailleurs, la construction de cartes conceptuelles engage les étudiants dans des activités d'analyse et de synthèse, correspondant aux niveaux supérieurs de Bloom, et peut ainsi développer la pensée critique [5, 11]. Ainsi, les cartes mentales et conceptuelles constituent des outils cognitifs alignés sur les objectifs de haut niveau de la taxonomie de Bloom, en stimulant l'organisation active et approfondie des connaissances [12].

Ontologies de domaine : Une ontologie est une description formelle d'un domaine de connaissances, comprenant une liste de concepts (entités, notions) et de relations structurées qui les unissent. En éducation, les ontologies de domaine servent à modéliser le contenu disciplinaire de façon explicite et normalisée [6]. Par exemple, une ontologie en biologie peut définir les relations entre des concepts tels que « cellule », « noyau », « ADN », etc. L'apport des ontologies réside dans la cohérence et la complétude qu'elles confèrent à l'analyse de domaine : elles aident à s'assurer que toutes les notions clés et leurs interrelations sont prises en compte lors de la conception d'un cours. De plus, les ontologies permettent d'associer des ressources pédagogiques ou des activités à des concepts précis, ouvrant la voie à des systèmes d'apprentissage adaptatifs et à la réutilisation de contenus. La littérature fait état de nombreux usages des ontologies pour améliorer les technologies éducatives, allant de la personnalisation des parcours à l'automatisation de tuteurs intelligents [7]. En offrant un « plan conceptuel » formel du domaine, une ontologie peut servir de base à la création de cartes conceptuelles ou d'exercices alignés avec la structure du savoir visé.

3. Méthodologie proposée

L'approche proposée articule les trois outils précédents dans le processus de conception pédagogique et de mise en œuvre des apprentissages. La méthodologie se déroule en plusieurs étapes interdépendantes :

1) Analyse du domaine via une ontologie : Les concepteurs commencent par modéliser le domaine à enseigner sous la forme d'une ontologie de domaine. Concrètement, il s'agit d'identifier les concepts clés du programme, leurs sous-concepts, ainsi que les relations (hiérarchies, associations, dépendances) entre ces éléments. Par exemple, pour un cours de biologie cellulaire, l'ontologie inclura des entités telles que « cellule », « membrane plasmique », « organite » et précisera les liens (« fait partie de », « type de », « interagit avec ») entre ces entités. Ce modèle ontologique sert de cartographie experte des connaissances à transmettre.

2) Définition des objectifs d'apprentissage (Bloom) : À partir de l'ontologie, les formateurs déclinent des objectifs pédagogiques en utilisant la taxonomie de Bloom. Chaque concept ou groupe de concepts de l'ontologie est associé à des verbes d'action correspondant à différents niveaux cognitifs. On veillera à couvrir non seulement les niveaux de base (ex. : « Définir les composants de la cellule » – niveau *se souvenir/comprendre*) mais aussi les niveaux supérieurs (« Comparer la structure d'une cellule végétale et d'une cellule animale » – niveau *analyser*; « Évaluer l'effet d'une mutation génétique sur le fonctionnement cellulaire » – niveau *évaluer*; « Concevoir une expérience pour tester l'efficacité d'un antibiotique sur des cellules bactériennes » – niveau *créer*). L'ontologie guide cette étape en fournissant une vision globale des notions à couvrir et de leurs interdépendances, ce qui aide à formuler des objectifs cohérents et progressifs. On obtient ainsi une matrice liant les concepts (dimension de connaissance) aux opérations cognitives visées, conformément à la taxonomie révisée de Bloom [2].

3) Conception des activités et ressources (cartes mentales) : Munis de l'ontologie de domaine et de la liste d'objectifs hiérarchisés, les enseignants élaborent les situations d'apprentissage. Les cartes mentales sont introduites à cette étape comme moyen pédagogique central. D'une part, l'enseignant peut présenter une *carte conceptuelle* globale du domaine (issue directement de l'ontologie, éventuellement simplifiée) afin de fournir aux apprenants une vue d'ensemble organisée du sujet. Cette carte sert d'organisateur graphique avancé, ce qui facilite l'intégration des nouvelles notions en montrant leurs liens d'emblée. D'autre part, les étudiants sont encouragés à construire leurs propres cartes mentales au fil de leur apprentissage. Par exemple, après un module sur les organites cellulaires, il leur sera demandé de réaliser une carte mentale connectant les différents organites à leurs fonctions et interactions. Cette activité engage les apprenants dans une reformulation et une structuration personnelles des savoirs, les amenant à analyser les relations entre concepts (niveau *analyser* de Bloom) et à synthétiser l'information de manière visuelle. Les cartes mentales des étudiants peuvent être réalisées sur papier ou à l'aide d'outils numériques dédiés, éventuellement reliés à l'ontologie sous-jacente pour suggérer des concepts manquants ou corriger des erreurs de liaison.

4) Évaluation et régulation : L'approche se prolonge jusqu'à l'évaluation des apprentissages. Les objectifs formulés selon Bloom servent de base à l'élaboration d'évaluations à niveaux cognitifs multiples (QCM de compréhension, exercices d'application, études de cas à analyser, projets à créer, etc.). Dans ce cadre, les cartes conceptuelles peuvent elles-mêmes faire office d'outil d'évaluation formative ou sommative. Par exemple, on peut demander aux apprenants de compléter une carte conceptuelle incomplète fournie par l'enseignant, ou de produire une carte conceptuelle inédite sur

un sous-domaine, afin de vérifier leur capacité à organiser et relier les connaissances (ce qui témoigne d'une maîtrise au niveau analyse/synthèse). Les performances des étudiants sont alors comparées à l'ontologie de référence : une correspondance élevée entre la carte mentale d'un étudiant et l'ontologie experte suggère une bonne appropriation du domaine. En cas de divergences ou de lacunes, l'enseignant peut repérer précisément quelles notions posent problème et y remédier par une activité de révision ciblée.

4. Étude de cas

Afin d'illustrer cette méthodologie, envisageons son application à un module d'apprentissage en biologie cellulaire au niveau universitaire. L'objectif global du module est d'améliorer la compréhension du fonctionnement cellulaire chez les étudiants et de développer leur esprit d'analyse scientifique.

Ontologie du domaine : Les concepteurs du module élaborent une ontologie de la cellule. Celle-ci comporte des classes comme « Cellule » (avec ses types « cellule animale », « cellule végétale »), « Organite » (par ex. noyau, mitochondrie, ribosome, etc.), « Molécule biologique » (ADN, ARN, protéines), et définit des relations telles que « contient » (une cellule contient des organites), « produit » (une mitochondrie produit de l'énergie utilisable par la cellule), « est le lieu de » (le noyau est le lieu de la réplication de l'ADN), etc. Cette ontologie est validée par des experts afin de s'assurer qu'elle reflète fidèlement les connaissances scientifiques actuelles.

Objectifs selon Bloom : À partir de cette ontologie, une série d'objectifs est définie. Par exemple : (*Compréhension*) Expliquer le rôle de chaque organite principal dans la cellule; (*Application*) Prédire les conséquences de la défaillance d'un organite sur la viabilité cellulaire; (*Analyse*) Différencier les mécanismes de division cellulaire chez une plante et un animal; (*Évaluation*) Critiquer un protocole expérimental visant à modifier l'expression d'un gène dans une culture de cellules; (*Création*) Concevoir une expérience pour tester l'effet d'une substance X sur l'activité mitochondriale d'une cellule. Ces objectifs couvrent les niveaux intermédiaires et supérieurs de la taxonomie de Bloom, orientant ainsi les activités vers le développement de compétences avancées (analyse, évaluation, création) et pas seulement vers l'acquisition de faits.

Intégration des cartes mentales : Lors de la première séance, l'enseignant présente une carte conceptuelle globale de la cellule, construite à partir de l'ontologie. Cette carte, projetée en classe, montre les principaux concepts (cellule, organites, molécules) et leurs interrelations (par ex. une flèche indique que les mitochondries fournissent de l'énergie utilisable par les autres organites, ou que l'ADN contenu

dans le noyau code pour des protéines synthétisées par les ribosomes). Cette vue d'ensemble contextualise immédiatement chaque notion dans un tout signifiant. Ensuite, tout au long du module, les étudiants créent progressivement leur propre carte mentale. Après chaque leçon (sur la membrane plasmique, sur le métabolisme énergétique, etc.), ils ajoutent de nouvelles branches et nœuds à leur carte, reflétant les concepts introduits et leurs liens. L'enseignant encourage la comparaison et la discussion autour des cartes produites, afin que les étudiants justifient les liens qu'ils ont établis (ou omis) entre concepts, ce qui correspond à une activité métacognitive précieuse.

Les premiers résultats observés dans ce cas d'application sont positifs. Les étudiants rapportent que la carte mentale les aide à « voir » comment les notions se connectent, plutôt que de les étudier de manière fragmentée. Par exemple, en reliant « mitochondrie » et « énergie » sur leur carte, ils saisissent mieux pourquoi une cellule musculaire riche en mitochondries est plus performante lors d'un effort prolongé. De plus, lors des évaluations, la majorité des étudiants parviennent à réaliser des tâches d'analyse et d'évaluation (telles que critiquer un scénario expérimental ou interpréter des résultats de recherche), ce qui indique une montée en compétences cognitives probablement favorisée par l'approche intégrée. Bien qu'il s'agisse d'une illustration qualitative, elle suggère que la synergie entre ontologie de domaine, objectifs de haut niveau et cartes mentales se traduit par un apprentissage plus profond et une meilleure capacité à mobiliser les connaissances de manière flexible.

5. Discussion

Cette approche intégrée met en lumière une synergie effective entre les trois outils cognitifs mobilisés. Premièrement, la taxonomie de Bloom fournit un cadrage pédagogique clair pour viser des apprentissages de haut niveau. L'exigence de formuler des objectifs d'analyse, d'évaluation ou de création oblige les concepteurs à aller au-delà des simples connaissances factuelles. Deuxièmement, les cartes mentales offrent aux apprenants un moyen concret d'atteindre ces objectifs ambitieux en les engageant activement. En construisant et en explorant une carte mentale, l'étudiant exerce des capacités d'organisation, d'abstraction et de réflexion critique qui correspondent précisément aux niveaux supérieurs de Bloom [12]. Ceci concorde avec l'idée que les cartes conceptuelles ou mentales peuvent être utilisées comme véhicules pour entraîner la pensée de haut niveau [11]. Troisièmement, les ontologies de domaine assurent que le contenu abordé est exhaustif et scientifiquement cohérent, servant de « filet de sécurité » conceptuel. Elles garantissent notamment que les relations mises en avant dans les cartes mentales des étudiants ne soient pas arbitraires, mais bien

ancrées dans la réalité du domaine d'étude. Autrement dit, l'ontologie joue le rôle de référentiel pour évaluer et orienter le travail cognitif effectué via les cartes mentales.

L'interaction entre ces outils crée ainsi un cercle vertueux pour l'apprentissage. Par exemple, un objectif de niveau *Analyser* incite à utiliser la carte mentale pour distinguer les parties d'un tout et leurs interactions; l'ontologie apporte le support nécessaire en listant ces composantes et les liens attendus. Inversement, si un étudiant, en construisant sa carte, établit un lien imprévu entre deux concepts, cela peut amener l'enseignant à discuter ce point et éventuellement à enrichir l'ontologie ou à approfondir la notion correspondante en classe. De même, l'atteinte d'un objectif de niveau *Créer* (par ex. concevoir une expérience) pourra s'appuyer sur la carte mentale comme support de brainstorming structuré, tandis que l'ontologie garantira que toutes les variables pertinentes du domaine ont bien été prises en compte dans la conception.

Malgré ses atouts, la méthodologie proposée comporte des défis. La construction d'une ontologie exploitable pédagogiquement requiert une expertise et du temps ; tous les enseignants ne disposent pas forcément des ressources pour le faire. Des outils auteurs et des ontologies existantes peuvent toutefois faciliter cette étape en fournissant des bases de connaissances prêtes à l'emploi [6]. L'intégration des cartes mentales dans la classe demande aussi un accompagnement initial des étudiants pour qu'ils maîtrisent cet outil et ne se contentent pas de le remplir de manière superficielle. Il est nécessaire de leur apprendre à traduire un texte linéaire en schéma hiérarchique, à nommer les liens entre idées, et à réviser leur carte au fur et à mesure de leurs apprentissages. Enfin, l'évaluation des apprentissages par les cartes conceptuelles peut paraître subjective ; il importe donc de définir des critères explicites (pertinence des concepts inclus, justesse des liens, profondeur de la hiérarchie, etc.) afin d'apprécier de façon fiable la qualité d'une carte et, par ricochet, le niveau de compréhension de l'étudiant.

Malgré ces contraintes, l'approche intégrée possède un fort potentiel pour renforcer l'efficacité des apprentissages. Elle s'inscrit dans le courant de l'ingénierie pédagogique systématique en combinant un cadrage théorique (Bloom), un outil cognitif pour les apprenants (carte mentale) et un support technico-conceptuel (ontologie). À l'ère du numérique, on peut envisager que des plateformes éducatives exploitent les ontologies pour proposer aux étudiants des cartes conceptuelles adaptatives ou pour aligner automatiquement des ressources sur les objectifs cognitifs visés. De telles perspectives ouvrent la voie à des expériences d'apprentissage plus personnalisées et plus approfondies.

6. Conclusion

En réunissant la taxonomie de Bloom, les cartes mentales et l'analyse de domaine par les ontologies, nous avons esquissé une approche intégrative visant à améliorer la capacité d'apprentissage des étudiants. Chaque composante joue un rôle spécifique et complémentaire : la taxonomie de Bloom fixe des cibles pédagogiques à atteindre en termes de cognition, les ontologies assurent la structuration et la complétude du savoir à acquérir, et les cartes mentales offrent un moyen aux apprenants de s'appropriier activement ce savoir en le réorganisant. La synergie entre ces outils se traduit par des apprentissages plus significatifs, où l'étudiant ne se contente plus d'accumuler des informations, mais les relie, les questionne et les mobilise de manière critique.

Ce travail s'inscrit dans une perspective d'ingénierie pédagogique cherchant à tirer parti à la fois des avancées en psychologie de l'apprentissage et des technologies de l'information. Bien que le cadre théorique et l'exemple présentés suggèrent des bénéfices tangibles, des recherches empiriques supplémentaires seraient utiles pour évaluer l'impact précis de cette approche intégrée sur la performance des apprenants dans différents contextes disciplinaires. Néanmoins, il apparaît d'ores et déjà que l'articulation de la taxonomie de Bloom, des cartes mentales et des ontologies offre aux éducateurs une voie prometteuse pour concevoir des environnements d'apprentissage plus riches, propices au développement maximal des compétences cognitives des étudiants.

References

- [1] Bloom, Benjamin S. and Engelhart, Max D. and Furst, Edward J. and Hill, Walker H. and Krathwohl, David R., [Taxonomy of Educational Objectives: Handbook I, Cognitive Domain](#), David McKay, New York, 1956.
URL <https://archive.org/details/dli.scoerat.2835taxonomyofeducationalobjectivestheclassificationofeducational>
- [2] Anderson, Lorin W. and Krathwohl, David R., [A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom’s Taxonomy of Educational Objectives](#), Longman, New York, 2001.
- [3] D. R. Krathwohl, [A Revision of Bloom’s Taxonomy: An Overview](#), *Theory Into Practice* 41 (4) (2002) 212–218. doi:10.1207/s15430421tip4104_2.
URL <https://www.jstor.org/stable/1477405>
- [4] I. Abi-El-Mona, F. Abd-El-Khalick, The influence of mind mapping on eighth graders’ science achievement, *School Science and Mathematics* 108 (7) (2008) 298–312. doi:10.1111/j.1949-8594.2008.tb17843.x.
- [5] N. L. Schroeder, J. C. Nesbit, C. J. Anguiano, O. O. Adesope, Studying and constructing concept maps: A meta-analysis, *Educational Psychology Review* 30 (2) (2018) 431–455. doi:10.1007/s10648-017-9403-9.
- [6] Stancin, Kristian and Poscic, Patrizia and Jaksic, Danijela, [Ontologies in Education—State of the Art](#), *Education and Information Technologies* 25 (6) (2020) 5301–5320. doi:10.1007/s10639-020-10277-4.
URL <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1007/s10639-020-10226-z>
- [7] R. Mizoguchi, J. Bourdeau, [Using ontological engineering to overcome ai-ed problems: contribution, impact and perspectives](#), *International Journal of Artificial Intelligence in Education* 26 (1) (2016) 91–106. doi:10.1007/s40593-015-0077-9.
URL https://www.researchgate.net/publication/283468941_Using_Ontological_Engineering_to_Overcome_AI-ED_Problems_Contribution_Impact_and_Perspectives
- [8] J. D. Novak, D. B. Gowin, [Learning How to Learn](#), Cambridge University Press, Cambridge, 1984.

- [9] Ausubel, David P. and Novak, Joseph D. and Hanesian, Helen, Educational Psychology: A Cognitive View, 2nd Edition, Holt, Rinehart and Winston, New York, 1978.
- [10] Y. Shi, H. Yang, Y. Dou, Y. Zeng, Effects of mind mapping-based instruction on student cognitive learning outcomes: a meta-analysis, Asia Pacific Education Review 24 (2023) 303–317. doi:10.1007/s12564-022-09746-9.
- [11] G. M. Bixler, A. Brown, D. Way, C. Ledford, J. D. Mahan, Collaborative concept mapping and critical thinking in fourth-year medical students, Clinical Pediatrics 54 (9) (2015) 833–839. doi:10.1177/0009922815588821.
URL <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0009922815590223>
- [12] J. Gorman, Learning objectives for concept mapping based on the complete bloom’s taxonomy to promote meaningful learning, in: Proc. of the 8th Int. Conference on Concept Mapping, Medellín, Colombia, 2018.
URL <https://maaz.ihmc.us/rid=1VNGMXZN1-29QVDPQ-NP/Learning%20objectives%20for%20Cmapping%20based%20on%20Bloom's%20Tax.pdf>