



Motiver et développer le sens critique des étudiants par les méthodes d'apprentissage actives

Luca Sgambi et Lylian Kubiak

Introduction

L'apprentissage est un processus cognitif d'acquisition de concepts abstraits et d'élaboration d'information à travers l'expérience. Les gens apprennent de différentes manières, et la façon dont ils apprennent peut-être affectés par plusieurs facteurs (par exemple, le niveau intellectuel individuel, les stimulus sociaux et interculturels, l'environnement...).

Afin d'éviter l'apprentissage stérile et mnémotechnique, la méthode d'enseignement traditionnelle, passive et ex cathedra peut être intégrée à des techniques d'apprentissage actif, basées sur des expériences pratiques et des techniques d'enseignement réactif¹. Les étudiants sont encouragés à s'engager dans le processus d'élaboration et de mise à l'essai de leurs propres modèles de pensée à partir de l'information qu'ils acquièrent.

L'idée de modèles d'enseignement basés sur l'apprentissage actif pour développer les capacités cognitives des étudiants n'est pas récente. L'apprentissage par l'imitation (les connaissances et les comportements proviennent de l'imitation des modèles proposés), les méthodes heuristiques (les connaissances proviennent de suppositions éclairées, du jugement intuitif et de la résolution de problèmes) et d'apprentissage créatif (les connaissances provenant de la pensée créative et du traitement de l'information) sont quelques-unes des approches couramment utilisées. Le concept d' "apprentissage actif" remonte à des siècles, mais c'est au début des années 1970 qu'il a été décrit pour la première fois par le spécialiste anglais Revans².

Plus récemment, Bonwell³ a utilisé le concept d'apprentissage actif pour décrire "des activités pédagogiques faisant participer les élèves à la manipulation et à réfléchir à ce qu'ils font". Cela implique que les étudiants sont engagés dans leur propre apprentissage.

L'augmentation de la motivation des étu-

dants et leur participation à des activités de recherche, d'investigation, de résolution de problèmes et de discussion sont les principaux avantages de l'utilisation des techniques d'apprentissage actif. Plusieurs études de recherche démontrent que ce type d'apprentissage est plus apte à stimuler les processus cognitifs supérieurs ainsi que la pensée critique⁴.

Habituellement, un enseignement basé sur l'apprentissage actif se compose de trois étapes⁵ :

- étape 1 : la stimulation. L'enseignant stimule l'intérêt, la curiosité et la soif de connaissances des étudiants. C'est la première et la plus importante des étapes, un apprentissage efficace provient d'un engagement cognitif et émotionnel soutenu ;
- étape 2 : la pratique. Le rôle de l'enseignant change "d'un sage sur scène à un guide-accompagnateur"⁶. Il devient tuteur, conseillant les étudiants en fonction de leurs propres besoins. Au cours de cette phase, les étudiants sont mis au défi d'appliquer les stratégies cognitives et les techniques d'investigation typiques de la discipline qu'ils étudient ;
- étape 3 : la discussion. L'objectif de cette dernière phase est d'expliquer et de consolider les acquis. L'enseignant devient alors le modérateur des étudiants en les guidant dans la comparaison, la discussion des résultats finaux et les connaissances acquises pendant la phase active.

À la suite de ces trois étapes, le développement d'une expérience d'apprentissage actif fut tout d'abord développée à l'école d'architecture Polytechnique de Milan et par la suite à l'Université catholique de Louvain (campus de Tournai).

1 - DEMIRKAN H. and AFACAN Y., "Assessing creativity in design education: Analysis of creativity factors in the first-year design studio". *Design Studies*, 2012. 33, 262-278.

2 - REVANS, R., *Developing effective managers ; A new approach to business education* : Praeger Publishers, 1971.

3 - BONWELL, C., "Building a supportive climate for active learning". *The National Teaching and Learning Forum*, 1996. 6(1), 4-7.

4 - MADELEINE ST-JEAN, L'apprentissage actif, *Bulletin Cêfes*, Université de Montréal, 2001.

5 - PRINCE M., "Does Active Learning Work? A Review of the Research". *Journal of Engineering Education*, 2004. 93(3), 223-231.

6 - KING A., Sage on the Stage to Guide on the Side, *College Teaching*, 1993, 41(1), 30-35.



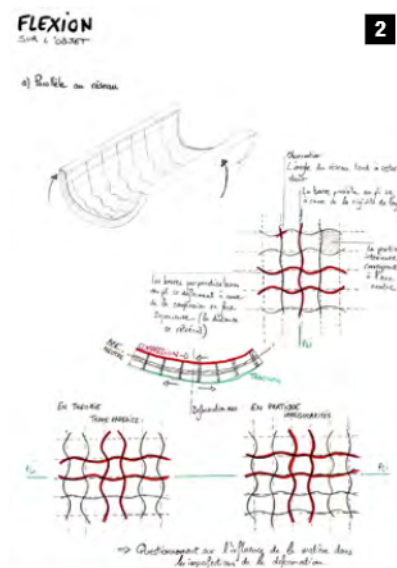
Étape 1 : La stimulation

Quand un enseignant commence à organiser une activité didactique active, cette étape est la plus difficile à élaborer, elle représente un réel défi pour l'enseignant, afin de réussir à organiser des séances efficaces. La stimulation, par exemple, peut être faite par la présentation d'une application particulièrement difficile ou par une étude un peu insolite, au dehors des sujets habituellement dispensés dans un cours traditionnel (voir, par exemple, le cours de physique de James Kakalios à l'Université du Minnesota⁷). L'application a pour but d'attirer les étudiants à l'étude autonome. Dans le domaine de la conception des structures, malheureusement, des exercices comme le projet d'une poutre particulièrement importante ou l'étude d'un mur sous une poussée considérable ne sont pas suffisants à faire naître l'envie d'explorer des étudiants.

Dans l'expérience décrite dans cet article, l'étudiant est invité à analyser un comportement structural particulièrement difficile : l'instabilité latérale des poutres (autrement dit déversement). Ce sujet est difficile aussi pour les étudiants en ingénierie, qui doivent aboutir au problème par l'approche classique basée sur la solution d'un système de trois équations différentielles du quatrième degré. Pour faciliter l'apprentissage, quelques livres montrent qualitativement le phénomène par des résultats de modélisation numérique aux éléments finis, afin de mieux comprendre les raisons de la théorie analytique. Malheureusement les étudiants en architecture n'ont pas les bases pour comprendre un système d'équations différentielles un encore une modélisation aux éléments finis. Pour étudier ce phénomène, il faut utiliser une autre approche.

Pour stimuler les étudiants en architecture sur ce sujet, une approche originale a été utilisée, à contrecourant des outils numériques disponibles aujourd'hui. Les

étudiants, subdivisés en groupes, sont assignés à l'analyse d'un tapis composé de lamelles en silicone. Le tapis, une fois fléchi, reproduit le phénomène de l'instabilité latérale (fig. 1). L'expérience montre que, après quelques minutes de trouble initial, les étudiants s'appliquent avec intérêt à l'analyse du phénomène.



La forme et le matériau caractéristiques du tapis permettent aux étudiants d'expérimenter directement le phénomène du déversement. Ensuite, les étudiants dessinent ce qu'ils ont observé en manipulant le tapis. Pour tout changement de tension et de compression, les étudiants doivent analyser comment le tapis se déforme et supposer une explication qualitative du phénomène observé. Réussir à formuler des questions sur les phénomènes que l'on est en train d'observer est fondamentalement important pour un bon développement du sens critique. Les plus importantes observations que les groupes arrivent à faire sont :

1. Le phénomène d'instabilité est limité

¹ Tapis composé de lamelles en silicone qui montre le phénomène d'instabilité latérale (déversement).

² Croquis d'explication fait par des étudiants de Tournai.

⁷ - KAKALIOS J., Le Physique de Super Héros, Penguin Random House, New York, 2009.

à la partie centrale concave de la grille en lame pliée (Figure 2). Habituellement tous les groupes produisent cette observation et ils réussissent à l'expliquer avec des connaissances théoriques qu'ils ont acquises pendant les cours d'analyse des structures.

2. Les lames de la grille sont sujets à l'instabilité et peuvent se boucler au hasard du côté gauche ou droit. En variant légèrement la flexion, le comportement peut changer radicalement : les lames, qui se tordaient vers la droite, tournent maintenant vers la gauche et vice versa. Habituellement tous les groupes produisent cette observation, mais aucun d'eux n'est capable de fournir une explication appropriée.

3. L'instabilité est plus évidente dans la zone centrale, alors qu'elle diminue significativement dans les plaques près du bord (mais toujours dans la partie centrale concave du tapis). Tous les groupes ont correctement émis l'hypothèse que la résistance au phénomène est liée à la section transversale de la plaque latérale (environ 3 fois plus épaisse que celle de la plaque intérieure).

4. Tous les groupes arrivent à observer qu'une déformation affecte aussi les traverses (Figure 3), mais habituellement aucun des groupes n'est pas capable de le justifier. Comme il s'agissait d'un problème de flexion cylindrique, les étudiants s'attendaient (sans penser à la continuité de la structure) à ce que les plaques perpendiculaires au plan de flexion restent indéformables. Certains groupes arrivent à remarquer que la déformation des traverses est moins évidente que celle des plaques longitudinales.



5. Certains groupes arrivent à remarquer que les éléments longitudinaux et transversaux sont reliés par une plaque mince bidimensionnelle. Mais seulement quelques groupes arrivent à observer que cette plaque se trouve dans le barycentre des lames (coïncidant avec l'axe neutre), et donc elle ne doit pas être affectée par l'ensemble du comportement en flexion.

Étape 2 : La pratique.

Dans la deuxième phase, en appliquant leurs connaissances en mécanique structurelle, les étudiants doivent démontrer que le phénomène observé dans l'étape 1 est une instabilité latérale. Une discussion en classe peut être l'occasion de montrer aux étudiants comment l'instabilité latérale de la poutre peut être décrite grossièrement comme l'instabilité d'Euler (le flambement) limitée à sa partie supérieure supposée détachée de la partie inférieure de la poutre (Figure 4).



Même si très approximative, cette approche met bien en évidence la cause de l'instabilité latérale, elle fournit une formule simple pour exécuter les premières vérifications. Malheureusement pour utiliser cette formule il est nécessaire de connaître la valeur du module d'élasticité du matériau, valeur qui est inconnue des étudiants. Il est donc demandé de concevoir et assembler un dispositif d'essai pour effectuer un simple test de tension sur les tapis en silicone et définir ainsi les propriétés mécaniques du matériau en fonction des résultats de l'expérience. Peu d'informations sur les machines de tests sont données aux étudiants, pour les laisser libres d'être créatifs. La figure 5 montre un exemple de machine d'essai conçue.

Dans les cas de la figure 5, des éléments simples et ordinaires ont été utilisés : une règle pour mesurer les déformations, un cintre avec des vis à papillon comme pince et un pèse bagages comme dynamomètre pour mesurer la charge axiale pendant l'essai. Finalement, les étudiants effectuent une série de mesures expérimentales du module d'élasticité, comme définies par les normes sur les constructions.

3 Déformation sur les traverses (plaques horizontales en figure).

4 Interprétation de l'instabilité latérale avec le flambement de la partie supérieure de la poutre.

Étape 3 : Le traitement des données et la discussion sur les résultats

Sur la base des données recueillies, les propriétés du matériau (module de Young) peuvent être analysées statistiquement pour caractériser le matériau. Les étudiants participent activement à l'analyse statistique et à l'estimation du module d'élasticité.

Finalement, en supposant une hauteur de section égale au tiers de la hauteur totale de la plaque, la contrainte critique caractérisant la structure peut être estimée à $0,002611 \text{ N/mm}^2$, environ 38 fois moins que la contrainte de flexion réelle : c'est la raison pour laquelle le flambement latéral est fort probable.

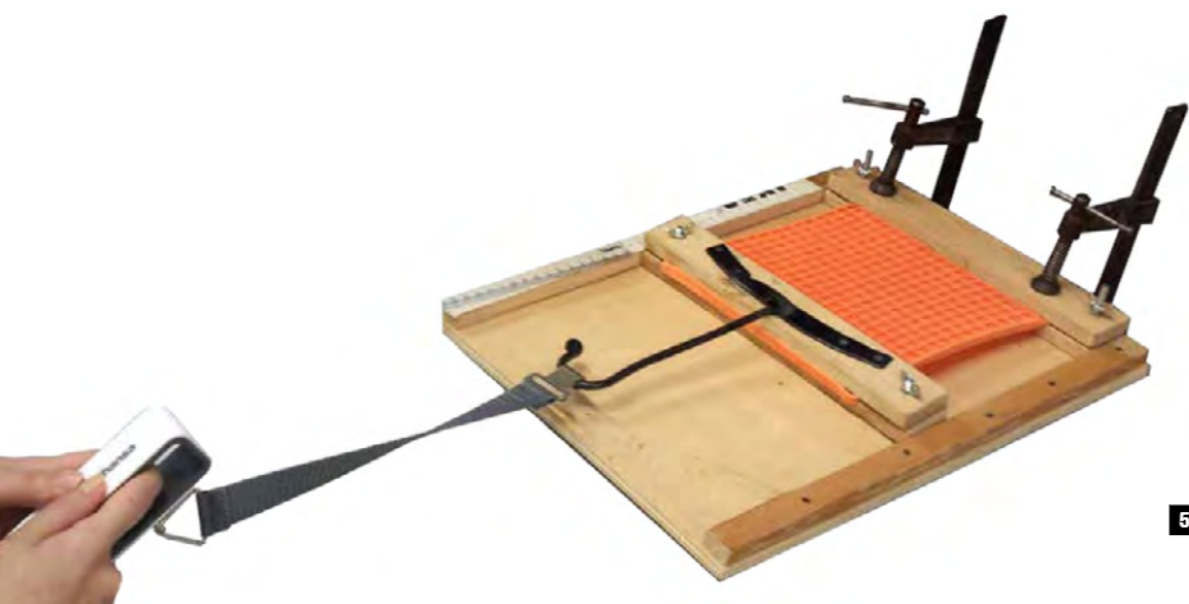
Pour terminer l'expérience, chaque équipe doit réfléchir sur un moyen pour résoudre le problème de l'instabilité latérale dans une construction réelle. Les solutions les plus fréquentes sont : l'augmentation de la section transversale des éléments, et l'adjonction d'une aile aux plaques de compression, tout en faisant passer la section de plaque de la forme rectangulaire à la forme en T, par l'adjonction des éléments de contreventements.

Conclusion

La nécessité de stimuler des mécanismes de pensée cognitive, de pensée critique, de créativité, et d'enseigner comment aborder des problèmes d'ingénierie complexes aux étudiants en architecture ont été les raisons qui ont motivé la décision d'intégrer la méthode d'enseignement traditionnelle à une expérience d'apprentissage actif. Pendant l'exercice décrit dans cet article, les étudiants ont été capables d'intégrer le curriculum habituel avec des problèmes liés à la mise en place d'une expérience de test réel. Mais aussi d'analyser des statistiques de données mesurées et l'évaluation de valeurs moyennes caractéristiques d'une distribution statistique. Finalement, du point de vue didactique, ce n'est pas plus complexe, qu'un exercice d'invention de méthode de vérification simplifiée (basée sur les observations élaborées) et de réflexions sur des solutions au problème d'instabilité latérale dans un projet réel.

Les auteurs sont persuadés de la grande valeur pédagogique de cette expérience pour améliorer la pensée critique, favoriser un bon travail d'équipe et fournir une approche méthodologique scientifique à des problèmes complexes sans aucun soutien de la documentation scientifique. De telles expériences, intégrées aux connaissances théoriques du programme d'études, auront une influence positive sur l'éducation des étudiants et leur capacité à relever les défis de la conception contemporaine.

5 Machine d'essai conçue par les étudiants de Tournai.



5