



Pourquoi et comment les programmes de formation en informatique doivent-ils être repensés ?

Elie Milgrom^{1, 2}

Introduction

La plupart des programmes de formation dans l'enseignement supérieur sont le résultat d'un processus de transformations et d'accrétions graduelles au fil du temps ; les programmes de formation en informatique ne font pas exception à la règle, indépendamment (ou pas) de l'évolution rapide de la discipline. Quand on les examine de près, on est en droit de se poser de nombreuses questions : sont-ils cohérents, donnent-ils du sens aux études, répondent-ils aux besoins présents et futurs de la société (et des employeurs), répondent-ils aux besoins et aux attentes des étudiants d'aujourd'hui, sont-ils conçus pour faciliter l'évolution nécessaire en fonction de l'évolution de ces besoins, ne constituent-ils pas des illustrations de l'inévitable accroissement de l'entropie en l'absence de suffisamment de forces agissant en sens inverse ?

L'association européenne pour l'assurance qualité dans l'enseignement supérieur (ENQA³), dont les directives guident l'action d'organismes nationaux tels que le Hcéres et la CTI, stipule dans [6] :

1. Professeur émérite d'informatique à l'École polytechnique de Louvain, membre fondateur de FA2L, <https://www.FA2L.be>.

2. Vidéo de l'auteur lors de la journée enseignement « Apprentissage par projets » de la SIF : <https://go.socinfo.fr/videos/milgrom-2023>.

3. <https://www.enqa.eu>.

Référence 1.9 : Les institutions suivent et évaluent périodiquement leurs programmes afin de s'assurer qu'ils atteignent les objectifs qui leur sont assignés et qu'ils répondent aux besoins des étudiants et de la société. Ces évaluations conduisent à une amélioration continue des programmes. Toute action planifiée ou entreprise en conséquence est communiquée à l'ensemble des parties concernées.

L'intention exprimée ici très explicitement est d'instaurer une logique d'évaluation et d'amélioration continue des programmes dans les 49 pays de l'Espace européen de l'enseignement supérieur (EEES). L'intention est certes louable mais on peut regretter que, dans beaucoup de cas, seule l'annonce d'une évaluation par un organisme d'accréditation externe suscite un processus d'introspection interne et, le plus souvent, pour répondre aux injonctions de l'organisme externe plus que par réelle volonté d'amélioration continue.

Un certain nombre de facteurs internes militent cependant eux aussi pour une remise en question du contenu et des méthodes pédagogiques des programmes de formation. Parmi ces facteurs on peut citer : un sentiment répandu d'insatisfaction des enseignants quant aux résultats obtenus malgré les efforts qu'ils déploient, la perception du manque d'engagement d'un trop grand nombre d'étudiants dans leurs études, le fait qu'il faille rendre la présence obligatoire pour contraindre les étudiants à participer aux activités d'apprentissage qui leur sont offertes, le sentiment que beaucoup d'étudiants se comportent en consommateurs plutôt qu'en acteurs de leur formation, qu'ils mettent en œuvre des stratégies de réussite aux examens plutôt que des stratégies d'apprentissage en profondeur...

...un des sentiments les plus répandus parmi les enseignants est qu'ils sont déjà saturés.

Il est vrai que lutter contre l'entropie, augmenter la cohérence, mettre l'accent sur l'essentiel, augmenter la flexibilité, stimuler la motivation demandent des efforts de réflexion et d'action qui exigent des ressources et, plus

particulièrement, du temps alors qu'un des sentiments les plus répandus parmi les enseignants est qu'ils sont déjà saturés.

L'accent mis actuellement sur « l'approche par compétences » est une opportunité à saisir pour mettre en œuvre aussi bien l'analyse, la transformation, la reconstruction des programmes existants que la construction de nouveaux programmes, à condition de ne pas s'égayer dans des discussions stériles sur la portée exacte des termes « approche » et « compétence », mais bien d'en faire un véritable processus d'*ingénierie pédagogique* comme présenté dans le présent article.

Huit principes fondamentaux

L'expérience acquise dans la transformation du programme de formation des ingénieurs à l'École polytechnique de Louvain et dans l'accompagnement d'une centaine d'autres établissements dans la réflexion et l'action pédagogique a appris

aux membres de l'équipe de FA2L qu'il fallait s'approprier et appliquer un certain nombre de principes fondamentaux pour que ce type de réflexion et d'action aboutisse. En voici les huit principaux, avec quelques éléments pour les présenter et les justifier. Les six premiers principes de la liste sont des principes pédagogiques, les deux derniers sont des principes organisationnels.

(1) L'objectif principal de tout enseignement (et de tout enseignant) est l'apprentissage réalisé par les étudiants. Le principe de focalisation sur l'apprentissage et sur les apprenants impose de moins se préoccuper de l'enseignant et de son enseignement, mais plutôt de s'interroger en permanence sur les effets de chaque choix, de chaque décision sur la qualité des apprentissages. Cela implique que des acteurs tels que les services administratifs et techniques ainsi que l'agencement spatial des lieux soient au service de l'apprentissage, donc des étudiants et des enseignants.

Cela signifie aussi que le concept de transmission de savoirs par les enseignants (encore hélas très souvent présenté comme un des objectifs de tout programme de formation) doit être remplacé par celui d'acquisition pérenne de savoirs, de savoir-faire et de savoir-être par les apprenants.

(2) L'alignement pédagogique est une nécessité pour tout dispositif d'apprentissage. L'alignement pédagogique est un concept déjà ancien [8, 2], mais qui n'est toujours pas suffisamment pris en compte dans l'enseignement supérieur. Ce concept stipule que des relations obligatoires doivent exister entre les *objectifs d'apprentissage poursuivis* (ce que les étudiants doivent être capables de faire), les *dispositifs d'apprentissage* (les ressources, les méthodes, les activités déployées pour atteindre les objectifs d'apprentissage) et les *procédés d'évaluation* (les manières utilisées pour recueillir les preuves de l'atteinte complète ou partielle des objectifs d'apprentissage).

Les relations principales à respecter sont : les dispositifs d'apprentissage doivent effectivement permettre d'atteindre tous les objectifs visés, les procédés d'évaluation doivent mesurer le niveau d'atteinte des objectifs et rien d'autre et les dispositifs d'apprentissage doivent préparer les étudiants aux évaluations.

L'alignement pédagogique crée les conditions nécessaires pour que s'établisse un contrat entre l'équipe enseignante et chaque étudiant : *si* l'étudiant effectue correctement toutes les activités d'apprentissage qui lui sont proposées dans un dispositif, *alors* l'équipe enseignante garantit que l'étudiant atteindra les objectifs d'apprentissage visés par le dispositif *et* qu'il sera en mesure d'en apporter la preuve en réussissant les évaluations certificatives. Ce contrat est à la base de la relation de confiance entre enseignants et étudiants, elle-même une des sources d'engagement et de motivation.

Quel que soit le niveau auquel on se situe, d'un programme de licence en trois ans à une séance de TD d'une UE de ce programme, l'alignement pédagogique de tout dispositif d'apprentissage est une condition nécessaire pour que ce dispositif soit de qualité.

(3) C'est ce que fait l'étudiant qui détermine ce qu'il apprend. Apprendre nécessite toujours un travail de la part de l'apprenant : bien plus que de s'interroger sur les bonnes manières d'enseigner, il faut se poser la question de comment activer les apprenants pour qu'ils atteignent les objectifs d'apprentissage poursuivis. Ce n'est pas parce qu'il écoute un enseignant lors d'un cours magistral que l'étudiant apprend : c'est par ce qu'il *fait* pendant qu'il écoute : identifier au vol les idées importantes, prendre des notes, rédiger un résumé au vol, essayer de découvrir ce qui est nouveau, chercher des liens avec ce qui a été appris précédemment, essayer de formuler des questions à poser... [6] stipule à ce propos : *Référence 1.3 : Les institutions garantissent que les programmes sont dispensés d'une manière qui encourage les étudiants à jouer un rôle actif dans le processus d'apprentissage, y compris dans son élaboration, et que l'évaluation des acquis des étudiants reflète cette approche.* Les méthodes pédagogiques de l'apprentissage actif (parfois appelées abusivement « pédagogies actives ») telles que l'apprentissage par problèmes, l'apprentissage par projets ou les classes inversées dans le modèle préconisé par FA2L sont des exemples, parmi d'autres, de méthodes qui activent les étudiants dans le but de susciter les apprentissages nécessaires pour atteindre les objectifs poursuivis.

(4) Il faut s'appuyer sur les résultats de la recherche en sciences de l'éducation Evidence-Based Education. Même si les résultats de la recherche en sciences de l'éducation ne sont pas aussi universels et irréfutables que la plupart des résultats de la recherche en sciences « dures » (ils traitent de phénomènes humains et non pas d'objets du monde physique), ces résultats doivent néanmoins être exploités pour faire des choix et pour prendre des décisions en matière de pédagogie. Peut-on encore être enseignant dans l'enseignement supérieur et ignorer les résultats des recherches relatives à l'enseignement et à l'apprentissage ? Est-il encore acceptable que les opinions, les intuitions ou les croyances prennent le pas sur des faits établis expérimentalement et validés ? Dans toute conception ou transformation de dispositifs d'apprentissage, la collaboration avec des spécialistes en sciences de l'éducation qui apporteront l'état des connaissances en la matière est donc incontournable.

(5) Il faut appliquer les principes et les méthodes de l'ingénierie pédagogique. Un programme de formation est un *système* constitué d'un ensemble d'activités d'apprentissage et d'évaluations (rassemblées dans des UE réparties dans des semestres) dont le but est de transformer les connaissances, les compétences, les comportements, les attitudes des étudiants entrant dans le système pour atteindre un certain nombre d'objectifs. Cela est le cas pour tout dispositif d'apprentissage, du programme complet à un exercice d'une séance de TD. L'ingénierie pédagogique vise à appliquer les principes et méthodes de l'ingénierie à la conception, la réalisation, la mise en œuvre et l'amélioration continue de tels systèmes.

Comme l'écrit Le Boterf [4] en décrivant la situation au début des années

1970 : « ...on a pensé qu'il était important de concevoir un dispositif de formation⁴ avec les mêmes exigences de rigueur que pour concevoir un ouvrage industriel ».

On verra plus loin comment « l'approche par compétences » telle qu'elle est comprise par FA2L permet de mettre en œuvre ce principe de manière opérationnelle.

(6) Il est nécessaire de définir avec précision les différents objectifs poursuivis par tout dispositif d'apprentissage. Un principe de base de l'ingénierie est l'exigence que les objectifs à atteindre par un système que l'on conçoit ou transforme, de même que les contraintes à respecter soient définis avec la plus grande précision sous la forme d'un cahier des charges.

En ingénierie pédagogique, les principales *contraintes* sont des contraintes de ressources, de durée et de volume de travail : un semestre doit permettre d'obtenir 30 crédits ECTS et chaque crédit représente entre 24 et 30 heures de travail étudiant tout compris.

Les *objectifs* à atteindre par un dispositif d'apprentissage sont de deux natures distinctes :

- les *objectifs institutionnels*, qui définissent les attentes de l'établissement, par exemple : augmenter l'engagement des étudiants dans les études, améliorer le flux entrant, améliorer le taux de réussite, augmenter l'implication des entreprises locales dans la formation, faciliter l'insertion professionnelle à la sortie des études, etc ;
- les *objectifs d'apprentissage*, qui définissent ce que l'apprenant doit être capable de *faire* à l'issue du dispositif d'apprentissage (qu'il s'agisse d'un programme complet ou d'une séance de TD).

Parmi les objectifs d'apprentissage, on distingue :

- les objectifs d'apprentissage *disciplinaires*, tels que « être capable » de choisir un algorithme adéquat pour réaliser un traitement et justifier ce choix, d'évaluer la complexité d'un algorithme, de comparer différentes méthodes de résolutions de problèmes de traitement de données, de concevoir un logiciel à partir d'un cahier de charges, de produire une documentation utile... ;
- les objectifs d'apprentissage *transversaux* (ou *transférables*), tels que « être capable » de résoudre des problèmes, d'apprendre de façon autonome, de faire preuve d'initiative, de faire preuve de sens critique, de mener des raisonnements éthiques pour effectuer des choix justifiés, de communiquer de manière efficace dans un contexte international ou multiculturel, de travailler efficacement en équipe...

Nous verrons plus loin comment définir les objectifs d'apprentissage avec une précision suffisante pour qu'ils puissent servir de cahier des charges du dispositif d'apprentissage à construire ou à transformer.

4. Aujourd'hui, on dirait plutôt un dispositif d'apprentissage.

(7) Le développement professionnel des enseignants est une nécessité personnelle et institutionnelle. Le métier d'enseignant s'apprend et se perfectionne tout au long de la carrière. Tout comme un chercheur se tient au courant des évolutions et des résultats dans son domaine de recherche et vise à progresser comme chercheur, un enseignant doit tenir compte non seulement des évolutions de son domaine, de sa discipline, mais également des évolutions en matière de pédagogie (universitaire), des évolutions de ses publics étudiants, des évolutions des moyens et outils technologiques afin de progresser comme enseignant. C'est le sens du concept de *Scholarship of Teaching and Learning (SoTL)* développé aux USA par la *Carnegie Foundation* [7].

[6] stipule à ce propos : *Référence 1.5 : les institutions s'assurent des compétences de leurs enseignants. Elles mettent en œuvre des processus équitables et transparents pour le recrutement et le développement professionnel du personnel.*

(8) Toute évolution/transformation/-construction pédagogique doit être menée comme un véritable projet.

On ne peut que s'étonner du fait que de nombreux établissements, qui organisent par ailleurs des cours de gestion de projets à l'intention de leurs étudiants, n'appliquent même pas les notions les plus élémentaires de la gestion de projets lorsqu'ils se lancent dans un projet de conception et de transformation pédagogique. Il s'agit là d'un exemple étonnant du précepte « faites ce que je dis, ne faites pas ce que je fais »...

Les six premiers principes de la liste sont des principes pédagogiques, les deux derniers sont des principes organisationnels

Comme tout projet stratégique de grande envergure avec de multiples enjeux, un projet de conception et de transformation pédagogique nécessite au moins :

- une vision et des objectifs partagés par le plus grand nombre ;
- un travail en équipes réellement collégiales ;
- un leadership ferme et constant ;
- une équipe qui pilote le projet ;
- des ressources et des moyens affectés au projet ;
- des indicateurs de progrès et de succès ;
- un plan d'action ;
- des méthodes et outils pour faciliter la gestion du projet ;
- une communication efficace (avant, pendant et après).

L'approche par compétences comme une ingénierie pédagogique

L'approche par compétences (APC) a fait l'objet d'un grand nombre de livres et d'articles, que ce soit dans des journaux scientifiques ou dans les médias destinés au grand public. Force est cependant de constater que le concept reste flou, mal défini et largement incompris dans de nombreux établissements qui cherchent, chacun à sa

manière et souvent sans grand succès, à construire une représentation propre de ce qu'est cette « approche ».

Suite à nos interventions dans de nombreux établissements d'enseignement supérieur, mes collègues de FA2L et moi avons choisi, conformément aux principes numéros 2 et 5 mentionnés plus haut, de définir l'approche par compétences comme ceci : « *L'approche par compétences est un processus d'ingénierie pédagogique pour concevoir, construire et mettre en œuvre, à partir des objectifs poursuivis, des dispositifs d'apprentissage alignés pédagogiquement menant à l'atteinte de ces objectifs et en apportant la preuve* ».

Les dispositifs d'apprentissage dont il est question peuvent se situer à différents niveaux d'échelle :

- un programme complet (cursus) ;
- une matière d'un programme ;
- une matière d'un semestre ;
- une UE (un composant d'un programme) ;
- une suite d'activités (cours, TD, TP, PBL, projet...) d'une UE ;
- une activité d'une UE (un cours, une séance de TD...) ;
- une partie d'activité (le troisième exercice d'une séance de TD...).

Les trois premiers niveaux concernent avant tout les responsables (de programme, de matière, de semestre...) ; les niveaux suivants intéressent avant tout les enseignants(-chercheurs) qui sont titulaires d'enseignements, de cours, d'unités d'enseignement (UE). Les niveaux sont différents, mais les principes d'ingénierie sont les mêmes.

Remarquons aussi que nous évitons d'utiliser le terme « compétence » dans la définition du processus car, pour nous, il est important de prendre en compte *tous* les objectifs et pas uniquement ceux qui peuvent être exprimés sous la forme de « compétences » (quelle que soit la définition — et il en existe beaucoup — de ce terme que l'on choisit de retenir).

Le processus proposé par FA2L comporte trois phases :

- (1) *formuler* avec précision tous les *objectifs* à atteindre par le *dispositif d'apprentissage* : objectifs d'apprentissage et objectifs institutionnels ;
- (2) *construire* un *dispositif d'apprentissage* qui mène à atteindre tous les objectifs en *démontrant par construction* (avant mise en œuvre) que le programme permettra effectivement d'atteindre tous ses objectifs ;
- (3) *démontrer* (après mise en œuvre) que le *dispositif d'apprentissage* atteint effectivement tous ses objectifs en s'appuyant sur les résultats mesurés (*validation a posteriori*).

Lorsque le processus est appliqué au niveau d'un programme complet (« approche-programme »), on part des objectifs visés par le programme pour produire, pour

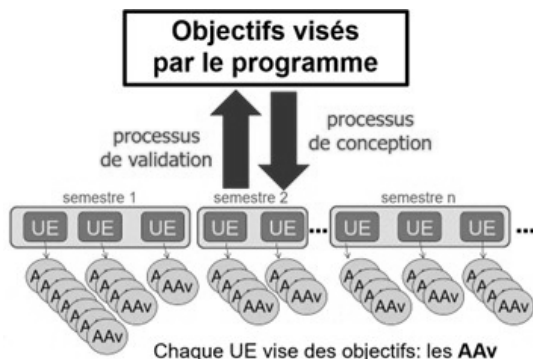


FIGURE 1. Les acquis d'apprentissage visés (AAv).

chaque semestre, une liste d'UE avec leurs objectifs, que nous appelons Acquis d'apprentissage visés (AAv), traduction de *Intended Learning Outcomes* (cf. figure 1). Il incombe ensuite aux enseignants titulaires des UE d'appliquer un processus similaire à l'échelle des UE pour construire et valider chaque UE.

La description du processus à l'échelle d'un programme complet, toujours une entreprise de grande ampleur, sort du cadre du présent article. Il semble plus utile de fournir ici des indications supplémentaires pour l'application du processus au niveau de l'UE, qui concerne directement l'ensemble des enseignants.

Le processus d'ingénierie pédagogique d'une UE

Nous faisons ici l'hypothèse que le processus de construction du programme a abouti à définir, pour chaque semestre, les UE qui le composent ainsi que les acquis d'apprentissage visés par chacune de ces UE.

Le but du processus de construction de chaque UE est alors de produire la séquence d'activités d'apprentissage (par exemple : cours, lectures, classes inversées, séances de TD, apprentissage par problèmes, projet...), d'évaluations formatives et d'évaluations certificatives, qui permet aux étudiants d'atteindre tous les AAv de l'UE et d'en apporter la preuve par la réussite des évaluations certificatives.

Notons que le but principal de ces dernières n'est pas de produire une note, mais bien de décider sur des bases objectives si chaque étudiant a démontré qu'il a atteint les AAv de l'UE en question de manière au moins satisfaisante, condition suffisante (il peut en exister d'autres) pour l'obtention des crédits associés à cette UE (cf. figure 2). On trouvera dans ce qui suit les éléments les plus importants à prendre en compte dans le processus de construction d'une UE.

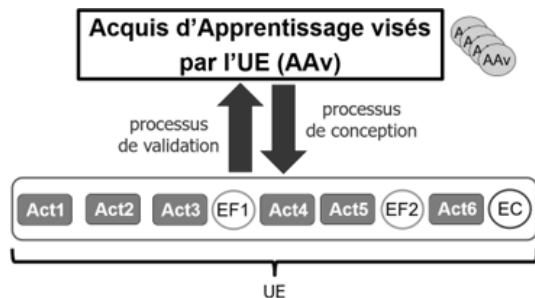


FIGURE 2. Liens entre AAv et UE.

La méthode *Understanding by Design*

[10] propose un processus de conception qui mène à des dispositifs d'apprentissage alignés pédagogiquement *par construction*. Ce processus comporte trois étapes :

- (1) déterminer les résultats attendus du dispositif : les AAv ;
- (2) déterminer les preuves acceptables de l'atteinte des résultats : les évaluations ;
- (3) construire le dispositif qui mène à atteindre les résultats : la séquence d'*activités* et d'*évaluations formatives*.

La raison qui milite pour la place inattendue de la construction des évaluations dès la deuxième étape est que la réflexion sur les évaluations mène très souvent à revoir ou à préciser les AAv. Il importe donc de mener cette réflexion le plus tôt possible. Aux trois étapes de [10], nous ajoutons une étape supplémentaire qui consiste à :

- (4) valider le dispositif et, si nécessaire, l'améliorer.

Cela signifie que le processus progresse nécessairement par itérations successives : on n'atteint rarement une UE de suffisamment bonne qualité dès le premier essai !

La formulation d'objectifs d'apprentissage (AAv)

Les AAv des UE produits par le processus de conception d'un programme ou par tout autre moyen sont souvent encore trop peu précis pour pouvoir servir de base (cahier des charges) au processus de conception des UE. Pour cette raison, FA2L a mis au point un *canevass* pour la formulation d'AAv, qui a le mérite de faire penser à tous les éléments que l'on doit trouver dans une formulation correcte et complète :

- spécifier le public (sauf s'il n'y a qu'un seul public) ;
- spécifier le moment dans l'apprentissage où les objectifs devront être atteints (à l'issue de...) ;

- décrire le comportement visé par un verbe d'action centré sur l'étudiant et spécifier et délimiter le contenu (l'étudiant est ou sera capable de...);
- décrire les conditions, les (familles de) situations, les circonstances, le contexte;
- indiquer le niveau de performance attendu.

Un exemple d'acquis d'apprentissage visé pourrait être : « à l'issue de l'UE *Progr101*, les étudiants seront capables de décrire de façon précise les effets attendus de l'exécution d'un programme (jamais rencontré) de 1 à 3 pages écrit en Java à partir du code de ce programme, sans l'exécuter et sans accès à des ressources documents, Internet). »

Il faut bien entendu préciser ce que signifie « décrire de manière précise ». La formulation est complétée ainsi :

- (1) chaque effet produit est décrit de façon complète, correcte et en utilisant le vocabulaire approprié;
- (2) aucun effet produit n'est omis;
- (3) si certaines données d'entrée produisent des effets particuliers, le fait est indiqué;
- (4) les conditions anormales ou d'erreur sont décrites.

Les enseignants titulaires de cette UE considèrent que, pour être capable d'écrire des programmes, il faut également être capable d'en analyser parce que quelqu'un qui écrit des programmes passera aussi beaucoup de temps à en lire — en particulier les siens pour y trouver des erreurs. Ensuite, être amené à déchiffrer des programmes permet de se rendre rapidement compte de l'importance du choix des noms de variables, de la présentation visuelle du texte et de la qualité des commentaires...

Lorsque l'on passe en revue les fiches descriptives des UE de programmes existants disponibles en ligne, on constate très souvent que les objectifs poursuivis ne sont pas formulés avec le niveau de rigueur que nous préconisons, ce qui met instantanément en doute la possibilité de l'indispensable alignement pédagogique (principe numéro 2).

Les quatre domaines des objectifs d'apprentissage

Le domaine le plus fréquemment traité dans les AAv est le domaine *cognitif*, celui de connaissances et des savoir-faire (ou « compétences »). Dans ce domaine, on considère habituellement [3, 11] que les verbes utilisés dans la formulation des AAv permettent de distinguer jusqu'à six niveaux d'exigences cognitives, du niveau le plus faible (être capable de définir, nommer, citer...) au niveau le plus élevé (être capable de justifier, défendre, juger, argumenter...). L'exemple cité plus haut est un exemple d'AAv dans le domaine cognitif.

Le domaine *psychomoteur* concerne l'exécution de gestes, de mouvements. depuis la capacité à percevoir jusqu'à la capacité à manipuler, mesurer, assembler, construire.

Le domaine *socio-affectif* concerne les relations interpersonnelles : depuis la capacité à écouter les autres jusqu'à la capacité à influencer un groupe en passant par la capacité à fonctionner au sein d'une équipe multiculturelle.

Enfin, le domaine *métacognitif* ou *réflexif* traite de la capacité à analyser ses propres comportements et à en tirer parti pour progresser dans ses apprentissages. C'est cette capacité qui est nécessaire pour apprendre à apprendre, un objectif souvent annoncé mais insuffisamment pris en compte dans beaucoup de programmes de l'enseignement supérieur.

La construction d'évaluations alignées

À partir d'un AAv correctement formulé, il est (relativement) aisé de construire des évaluations alignées sur cet AAv. Dans l'exemple précédent, on obtient :

- situation d'évaluation : on donne aux étudiants le code d'un programme (jamais rencontré) de 1 à 3 pages écrit en Java ; pas d'accès à des ressources (ordinateur, internet, docs) ;
- consigne : *décrivez de façon précise* les effets attendus de l'exécution de ce programme, sans l'exécuter ;
- critères d'évaluation :

- (1) chaque effet produit est décrit de façon complète, correcte et en utilisant le vocabulaire approprié ;
- (2) aucun effet produit n'est omis ;
- (3) si certaines données d'entrée produisent des effets particuliers, le fait est indiqué ;
- (4) les conditions anormales ou d'erreur sont décrites.

Comme indiqué plus haut, la construction d'évaluations alignées sur les AAv peut mener à revoir la formulation de certains de ces AAv, d'où l'intérêt d'effectuer cette étape tôt dans le processus.

La formulation des prérequis et des précquis

Il est normal que l'équipe d'enseignants titulaires d'une UE formule des hypothèses sur le niveau requis pour pouvoir participer aux activités de l'UE et pour atteindre ses AAv : ce sont les *prérequis* de l'UE. Il faut, bien entendu, s'assurer que les prérequis ne dépassent pas les précquis des étudiants, c'est-à-dire ce qu'ils sont capables de faire grâce à ce qu'ils ont appris par ce qui précède dans leurs parcours (ou par d'autres moyens). C'est à partir du niveau initial décrit par les prérequis que les étudiants devront atteindre les AAv, ce qui influence directement les activités d'apprentissage ainsi que la charge de travail nécessaire pour y arriver.

La formulation des prérequis doit respecter un canevas similaire à celui utilisé pour la formulation des AAv : *avant d’entamer l’UE XYZ, les étudiants doivent être capables de...* Toujours dans l’exemple, il n’y a pas de prérequis spécifiques : l’UE est une UE de début de parcours de formation.

La décomposition des AAv en sous-AAv (étapes pour atteindre les AAv)

Il est vraiment très rare qu’il soit possible d’atteindre un AAv d’une UE en une seule étape d’apprentissage. L’expérience des enseignants leur a appris par quelles étapes il est nécessaire de passer pour atteindre un ou plusieurs AAv. Encore une fois, dans la logique de [10], nous préconisons d’exprimer ces étapes sous la forme d’objectifs intermédiaires à atteindre et de les exprimer sous la forme d’AAv intermédiaires (sous-AAv), en respectant le même canevas que pour les AAv de l’UE. Même si l’intention n’est pas de mettre en place des évaluations formelles pour chacun des sous-AAv, il est utile de s’assurer que de telles évaluations sont possibles, car cela permet de valider la formulation des sous-AAv.

Dans l’exemple, les sous-AAv sont formulés ici de manière très synthétique :

- étape 1 : être capable d’identifier les différentes parties d’un programme Java simple et d’en expliquer le rôle et les effets dans le programme : variables, constantes, opérateurs, instructions, méthodes et fonctions, paramètres... ;
- étape 2 : être capable de décrire de façon précise les effets attendus de l’exécution d’un programme Java simple ;
- étape 3 : être capable de décrire de façon précise les effets attendus de l’exécution d’un programme Java de plusieurs pages exploitant toute la partie impérative du langage ;
- étape 4 : être capable de décrire de façon précise les effets attendus de l’exécution d’un programme Java de plusieurs pages incluant la partie orientée-objet du langage.

Le choix d’activités d’apprentissage appropriées pour les types d’AAv / de sous-AAv

Le principe de base, souvent battu en brèche, est que l’on apprend à faire ce qui est indiqué dans un AAv en *faisant* ce qui est indiqué dans cet AAv, pas en écoutant un enseignant qui explique comment faire, ni en observant comment l’enseignant le fait : c’est le principe numéro 3 de la liste des huit principes mentionnés plus haut.

Cela implique que la nature des activités d’apprentissage qui permettent d’atteindre les (sous-)AAv d’une UE dépend en grande partie des verbes qui figurent dans ces (sous-)AAv. On n’apprend pas de la même façon à être capable de *définir* avec précision ce qu’est une variable statique en Java ou à être capable de *écrire* et de *valider* un programme en Java en exploitant correctement l’approche orientée-objet. Dans le premier cas, écouter un exposé ou lire un chapitre d’un livre peuvent convenir ; dans le second cas, d’autres activités d’apprentissage sont indispensables. Pour

l'exprimer autrement : le format traditionnel (cours, TD, TP) ne convient pas et n'est certainement pas le plus efficace pour atteindre certaines catégories d'AAv, en particulier ceux que l'on trouve en grand nombre dans des programmes de formation à vocation professionnalisante, tels que les programmes de formation d'informaticiens ou d'ingénieurs.

FA2L préconise d'exploiter les possibilités offertes par les pédagogies de l'apprentissage actif telles que l'apprentissage par problèmes et l'apprentissage par projets [1], qui conviennent particulièrement bien pour atteindre des AAv des niveaux élevés dans le domaine cognitif, ainsi que, simultanément, des AAv dans les trois autres domaines et, en particulier, dans le domaine métacognitif (réflexif).

Le choix des activités d'apprentissage permet également de prendre en compte certains *objectifs institutionnels* : si un de ces objectifs est, par exemple : augmenter la motivation et l'engagement des étudiants, les recherches en sciences de l'éducation (principe numéro 4) indiquent ce que sont les caractéristiques des types d'activités qui favorisent l'atteinte de cet objectif [9]. On choisira alors les types d'activités qui comportent le plus grand nombre de ces caractéristiques et on constatera alors que c'est rarement le cours magistral.

L'agencement et la construction des activités et des évaluations au sein de l'UE

À ce stade-ci du processus, on a obtenu, pour chaque AAv de l'UE, un certain nombre de sous-AAv qui définissent, selon les enseignants, les étapes à parcourir pour atteindre les AAv en question. On a aussi déterminé le type des activités d'apprentissage qui conviennent (le mieux) pour atteindre les (sous-)AAv. Enfin, l'équipe enseignante a déterminé les jalons importants de la progression vers les AAv ; ces jalons sont souvent les étapes pour lesquelles une *évaluation formative* est utile pour conforter les étudiants dont la progression est satisfaisante et donner un signal, voire un coup de semonce à ceux qui sont en retard.

Le problème à résoudre par l'équipe enseignante est alors de *construire une séquence d'activités d'apprentissage* qui amèneront les étudiants à progresser vers chacune des étapes qui mènent à chacun des AAv de l'UE. On a bien évidemment intérêt à imaginer des activités d'apprentissage qui combinent les étapes de plusieurs AAv différents et il peut être nécessaire de définir plusieurs activités pour atteindre un ou plusieurs (sous-)AAv. Notons également qu'il faut tenir compte des relations de précedence entre les sous-AAv. Il faut ensuite placer les *évaluations formatives* aux endroits adéquats (jalons importants de l'apprentissage) dans la séquence d'activités ainsi construite.

Enfin, chaque activité d'apprentissage et chaque évaluation doit être construite en détail en veillant à l'alignement avec les (sous-)AAv concernés. Si l'activité choisie est, par exemple, un apprentissage par problèmes, l'équipe enseignante devra produire au moins

— pour les étudiants :

- l'énoncé de la situation-problème ;
- les consignes : organisation du groupe (rôles/fonctions à assumer), étapes et planning de la séance « aller » et de la séance « retour »... ;
- les ressources à exploiter ;
- des questions d'auto-évaluation pour permettre aux étudiants de s'assurer de l'atteinte des AAv ;
- pour les tuteurs :
 - les AAv à atteindre ;
 - les consignes : vigilances, pièges à éviter ;
 - ce que chaque groupe doit avoir produit à la fin de la séance « aller » ;
 - des questions d'évaluation formative pour s'assurer de l'atteinte des AAv ;
 - ce que chaque groupe doit avoir produit à la fin de la séance « retour » ;
 - des instructions pour la phase réflexive à l'issue de la séance « retour ».

Cette partie du processus repose, plus encore que les autres, sur les connaissances et sur l'expérience de l'équipe enseignante. De nombreux choix sont à faire et le fait de travailler en équipe d'enseignants aide à mieux en mesurer les implications et les conséquences.



Le calcul de la charge de travail pour les étudiants

La logique des crédits ECTS impose que le nombre de crédits associés à une UE soit déterminé par la charge (moyenne) de travail nécessaire pour atteindre les AAv à partir des prérequis et en apporter la preuve par les évaluations certificatives [5].

L'estimation de cette charge de travail est un des résultats attendus du processus de conception de l'UE et s'appuie sur l'expérience des enseignants et sur les retours obtenus des étudiants. Il est donc incorrect (comme c'est encore trop souvent le cas) d'attribuer a priori un nombre de crédits ECTS à chaque UE d'un programme pour atteindre le nombre imposé de 30 crédits par semestre.

Ajuster l'idéal au possible

Dans le processus décrit jusqu'à présent, nous avons feint d'ignorer les contraintes : volume de travail étudiant effectivement disponible, exigences des différents types d'activités (i.e. locaux spécialement équipés, laboratoires), encadrement disponible (i.e. nombre de tuteurs formés au tutorat), taille des groupes d'étudiants, emplois du temps...

Il faut à présent tenir compte de ces contraintes ou, tout au moins, de celles qui n'avaient pas encore été prises en compte *in petto* dans les différentes étapes du processus. Cette phase peut impliquer de revoir les prérequis, les AAv, les méthodes pédagogiques mises en œuvre... ou à revoir le nombre de crédits ECTS attribués à l'UE. Il faut alors refaire une itération du processus pour ajuster ou adapter tout ce qui doit l'être.

Le processus décrit ci-dessus s'est focalisé, en première instance, sur chaque UE traitée individuellement. Une fois ce processus effectué pour toutes les UE d'un semestre, un travail de *coordination* est indispensable pour veiller à construire un emploi du temps réaliste et, par exemple, pour éviter l'accumulation de livrables à produire dans un laps de temps trop court.

Ce travail de coordination nécessite la mise en place d'une équipe d'enseignants au niveau du semestre. Il n'est pas rare qu'il suscite une itération supplémentaire sur une ou plusieurs des UE du semestre. On retrouve ici une caractéristique de beaucoup de processus d'ingénierie...

Le processus de validation

Le processus de conception et de construction d'une UE à partir de ses AAv mène, s'il est appliqué correctement, à une UE alignée pédagogiquement. La mise en œuvre peut encore révéler des surprises, qui sont détectées soit par l'observation de ce qui se passe sur le terrain, soit par l'analyse des résultats des évaluations, soit par des enquêtes.

On peut ainsi détecter, par exemple, que certains prérequis ne sont pas pré-acquis par tous les étudiants (ce qui peut nécessiter des activités de remédiation) ou que les

activités d'apprentissage planifiées ne suffisent pas pour amener un nombre suffisant d'étudiants à atteindre les AAv d'une ou plusieurs UE.

Il est peu satisfaisant, pour les étudiants, d'entendre de la part des enseignants que les difficultés rencontrées seront résolues pour le plus grand bien de la génération suivante ! Il faut dès lors s'imposer un *pilotage rapproché* et des corrections au vol lorsque l'on met en œuvre des UE fortement transformées par rapport à ce qui se faisait dans le passé.

Les changements ainsi apportés dans l'urgence doivent ensuite être analysés pendant l'itération suivante du processus de conception/transformation de l'UE, qui vise l'amélioration continue de la qualité conformément à [6].

Conclusion

Après avoir décrit un certain nombre de raisons qui imposent de jeter un regard critique sur les programmes de formation dans l'enseignement supérieur et qui militent pour une véritable ingénierie pédagogique de ces programmes, l'article a présenté un découpage du sujet en deux niveaux : le niveau des programmes, qui concerne surtout les responsables (de programme, de départements, de matières...) et le niveau de l'unité d'enseignement (UE), qui concerne tous les enseignants(-chercheurs) titulaires d'enseignements. Les deux niveaux s'appuient sur les mêmes principes et les processus incluent les mêmes grandes étapes, mais leurs échelles sont très différentes. Le processus au niveau de l'UE a été présenté en détail, avec les différents sujets qu'il demande d'aborder et de traiter.

Comme tout processus d'ingénierie, le processus d'ingénierie pédagogique d'une UE ne devient familier qu'à l'usage : la première fois qu'on le pratique, les difficultés peuvent sembler difficilement surmontables, non seulement à cause du manque d'expérience, mais également à cause de la remise en question d'un grand nombre d'habitudes et de pratiques. Plus on entre dans la logique de ce processus en le pratiquant, plus on se l'approprie et plus il devient une seconde nature : on en arrive même à se demander comment on a pu s'en passer si longtemps !

Une objection que l'on entend parfois porte sur la liberté académique, qui serait mise en danger par une approche trop prescriptive. Faut-il rappeler que, comme toute liberté, la liberté académique connaît des limites ? Elle ne signifie certainement pas que l'enseignant est libre de faire ce qu'il veut simplement parce qu'il est enseignant et qu'il remplit ses obligations contractuelles. N'est-on pas en droit d'attendre de tout enseignant qu'il mette ses compétences et ses ressources au service de l'atteinte des objectifs d'apprentissage assignés à ses enseignements par le plus grand nombre de ses étudiants ?

Les principes et le processus décrits ici sont des moyens proposés pour contribuer à atteindre cet objectif. La liberté (considérable) de l'enseignant réside dans la manière dont il choisit d'appliquer ces principes et de mettre en œuvre le processus, de préférence au sein d'une équipe d'enseignants véritablement collégiale.

Références

- [1] Raucent Benoît, Milgrom Elie, Bourret Bernard, Hernandez Anne, Romano Christophe, and Benoît Raucent. *Guide pratique pour une pédagogie active : les APP, apprentissages par problèmes et par projets*. Institut national des sciences appliquées École polytechnique, Toulouse Louvain, 2016.
- [2] John Biggs. What the student does : teaching for enhanced learning. *Higher Education Research & Development*, 31(1) :39–55, 2012.
- [3] B.S. Bloom and D.R. Krathwohl. *Taxonomy of Educational Objectives : The Classification of Educational Goals*. Number 1 in *Taxonomy of Educational Objectives : The Classification of Educational Goals*. Longmans, Green, 1956.
- [4] Guy Le Boterf. *Repenser la compétence pour dépasser les idées reçues : quinze propositions*. Eyrolles, 2008.
- [5] Commission européenne and du sport et de la culture Direction générale de l'éducation, de la jeunesse. *Guide d'utilisation ECTS 2015*. Publications Office, 2017.
- [6] Réseau FrAQ-Sup. Références et lignes directrices pour l'assurance qualité dans l'espace européen de l'enseignement supérieur. https://www.cti-commission.fr/wp-content/uploads/2015/06/esq_in_french_by_re_seau_francophone_des_agencies_qualite_.pdf, Mai 2015.
- [7] Patricia Hutchings, Mary Taylor Huber, and Anthony A. Ciccone. The scholarship of teaching and learning reconsidered : Institutional integration and impact. 2011.
- [8] University of Chicago and R.W. Tyler. *Basic Principles of Curriculum and Instruction*. Main line mysteries. University of Chicago Press, 1950.
- [9] Viau Rolland and Rolland Viau. *La motivation en contexte scolaire*. Pratiques pédagogiques. De Boeck, Bruxelles, 2009.
- [10] G. Wiggins and J. McTighe. Understanding by design (2nd ed.). *Colombian Applied Linguistics Journal*, 19(1) :140–142, 2017.
- [11] O. Wilson, L. Anderson and krathwohl bloom's taxonomy revised understanding the new version of bloom's taxonomy. 2016.