

Les cahiers de fa²L

LA CONCEPTION SYSTÉMATIQUE ET RATIONNELLE DE DISPOSITIFS DE FORMATION



Les cahiers de fa²L

Les cahiers de FA²L constituent une collection de documents destinés à venir en appui aux formations dispensées par FA²L srl, une société spin-off de l'Université catholique de Louvain qui propose des formations et des accompagnements visant l'amélioration de la qualité dans l'enseignement supérieur
→ voir le site <http://www.FA2L.be> pour plus de détails.

Les cahiers de FA²L sont rédigés avant tout à l'intention des participants à ces formations : ils présentent – de façon synthétique – les idées, les concepts, les relations qui ont été travaillées par les participants et peuvent ainsi servir d'ouvrages de référence à l'issue des formations. Leur forme compacte en fait un outil de travail plus efficace que les documents visuels utilisés pendant les formations elles-mêmes. En outre, ils peuvent contenir des compléments utiles par rapport aux sujets traités pendant les formations, permettant ainsi aux participants de progresser par eux-mêmes dans les sujets abordés.

Notons également que leur ambition n'est **pas** de couvrir de manière exhaustive tous les aspects de chaque sujet abordé : il s'agit bien d'aide-mémoires, pas de traités, ni d'articles scientifiques.

Les illustrations qui égaiant ce texte sont l'œuvre de Benoit Raucent que nous remercions ici.

LES TITRES DISPONIBLES OU EN CHANTIER SONT :

- Apprentissage et apprentissage actif
- La conception systématique et rationnelle de dispositifs de formation
- Les acquis d'apprentissage
- L'évaluation des apprentissages
- Les dispositifs et activités d'apprentissage
- La qualité des dispositifs de formation
- L'apprentissage par problèmes
- L'apprentissage par projets
- L'accompagnement des apprentissages
- La conception de programmes de formation
- Les (pré-)conceptions
- Le sens et la motivation

Table des matières

1. Qu'entendre par dispositif de formation ?	4
2. Pourquoi un processus de conception de dispositifs de formation systématique et rationnel ?	6
3. L'approche préconisée par FA ² L et le processus de conception UbD	11
4. Cent fois sur le métier...	23
5. Les publics d'apprenants	25
6. Conclusion	27

Dans le présent cahier – comme dans tous les autres cahiers de la série – nous nous intéressons exclusivement à **l'enseignement supérieur** (post-secondaire), quel que soit le public d'apprenants visés : formation initiale ou formation continue. Cela ne signifie évidemment pas que les idées présentées ne s'appliquent pas à d'autres niveaux d'enseignement, mais uniquement que nous ne n'exprimons pas ici d'opinion à ce sujet.



Les questions centrales de ce cahier

Les questions auxquelles ce cahier souhaite apporter une réponse sont : qu'est-ce qu'un dispositif de formation (exemples : un programme d'études complet, une séance de TD, un stage en entreprise, ...) ? quels en sont les ingrédients ? pourquoi et comment faire pour concevoir un dispositif de formation en apportant la preuve qu'il correspond effectivement aux besoins des parties prenantes ?

1. QU'ENTENDRE PAR DISPOSITIF DE FORMATION ?

1.1. La structure hiérarchique générale des programmes d'études dans l'enseignement supérieur peut être illustrée de la façon suivante (figure 1) :

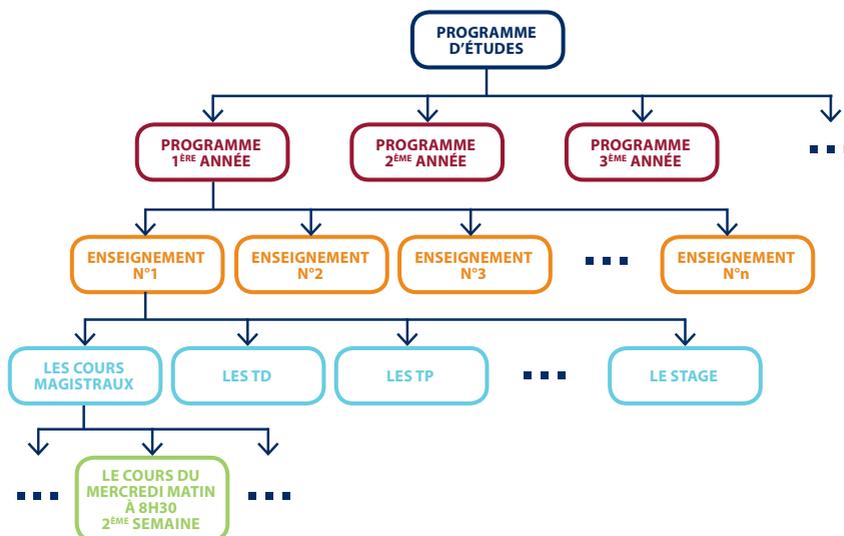


FIGURE 1 : Structure des programmes de formation

Un programme d'études se compose des programmes de la première année, de la deuxième année, et ainsi de suite.

Le programme d'une des années est divisé en un certain nombre d'enseignements (parfois nommés unités de valeur, modules, ...).

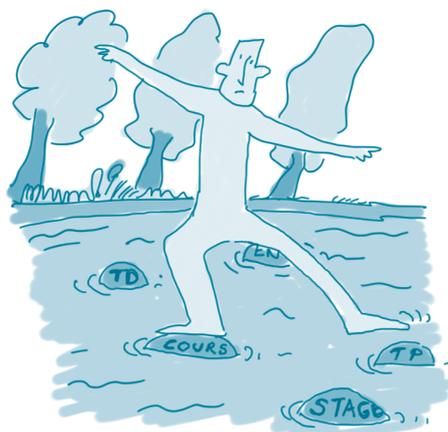
Un enseignement (appelé, en Belgique, unité d'enseignement) comprend différents éléments : séquences de cours magistraux, de travaux dirigés, de travaux pratiques, de stages, de rapports, de projets, mémoire de fin d'études, etc. « regroupés parce qu'ils poursuivent des objectifs communs et constituent un ensemble pédagogique au niveau des acquis d'apprentissage attendus »¹

Un exemple de **programme** en Belgique francophone est le « bachelier² en sciences psychologiques » ; la formation de « bachelier en sciences psychologiques » porte sur trois années ; un exemple **d'enseignement** est celui consacré en première année à la « biologie générale ». Cet enseignement est composé d'une série de cours magistraux et de travaux pratiques.

Chacun de ces ensembles d'éléments (cours magistraux, travaux dirigés, travaux pratiques, stages, projets, etc.) comporte des instances telles que, par exemple : le cours de biologie générale du mercredi à 8h30 de la deuxième semaine de la première année du programme d'études.

¹ Décret de la Communauté française de Belgique (7 novembre 2013), définissant le paysage de l'enseignement supérieur et l'organisation académique des études.

² En France, ce premier niveau d'enseignement supérieur est appelé « licence » dans le système LMD.



1.2. Bien entendu, le schéma proposé n'est qu'un exemple :

- il peut y avoir plus ou moins de niveaux ;
- les éléments de chaque niveau et leurs dénominations peuvent être différents ;
- on peut décider de poursuivre la décomposition si on le juge utile : le cours du mercredi matin pourrait se composer de trois phases qui constituent chacune un dispositif de formation : une interrogation au sujet de la maîtrise de certains prérequis (10 minutes), un exposé de 20 minutes pour présenter quelques concepts et une séance de questions-réponses de 30 minutes.

1.3. Les termes utilisés habituellement tels que « cours » ou « enseignement » sont connotés : ils évoquent pour chacun d'entre nous des réalités différentes, ce qui ne facilite pas la compréhension mutuelle. Dans le présent cahier, nous utiliserons un seul terme pour désigner les éléments de la hiérarchie, quel que soit leur niveau ou leur nature, à savoir : **dispositif de formation**. Dans cette optique, un dispositif de formation peut prendre la forme d'un cursus complet, d'un projet, d'un module, d'un enseignement, d'une séance de TD, ...

1.4. Il sera parfois nécessaire de distinguer les éléments du niveau terminal, ceux que l'on considère comme atomiques, c'est-à-dire ceux pour lesquels il n'est pas nécessaire de considérer qu'ils sont eux-mêmes composés d'autres dispositifs. Nous les appellerons **activités d'apprentissage**. A titre d'exemple, citons une séance particulière de travaux pratiques ou la présentation orale d'un mémoire de fin d'études. Evidemment, si la séance de TD comporte, par exemple, trois parties distinctes ayant chacune des objectifs différents, ce sont chacune de ces parties qui seront appelées activités d'apprentissage.

1.5. Nous considérons que tout dispositif de formation poursuit une finalité essentielle: permettre aux apprenants de **progresser dans leurs apprentissages**. Cette finalité, **centrée sur l'apprenant**, est à la base des idées, des concepts, des méthodes et des techniques présentés dans cette série de cahiers. Elle implique la nécessité de se poser constamment des questions telles que: dans quelle mesure ce que nous proposons aux apprenants leur permet-il véritablement de progresser dans leurs apprentissages ? Comment pouvons-nous en apporter la preuve ? Y a-t-il le moyen de faire mieux que ce que nous faisons actuellement ? Avons-nous pris en compte tous les facteurs importants qui conditionnent l'apprentissage ? ...

2. POURQUOI UN PROCESSUS DE CONCEPTION DE DISPOSITIFS DE FORMATION SYSTÉMATIQUE ET RATIONNEL ?

2.1. Différents acteurs interviennent, à des titres divers, lors de la conception de dispositifs de formation :

- les **apprenants**,
- les **enseignants**, qui peuvent jouer un ou plusieurs des rôles suivants :
 - concepteur et dispensateur de dispositifs de formation (le sujet du présent cahier et des trois cahiers suivants)
 - facilitateur
 - voir le Cahier « *L'accompagnement des apprentissages* »
 - évaluateur
 - voir le Cahier « *L'évaluation des apprentissages* »
- les **gestionnaires**, qui sont chargés de veiller à la qualité des dispositifs de formation (→ voir le Cahier « *La qualité des dispositifs de formation* ») et à l'adéquation des dispositifs de formation aux besoins et aux attentes des apprenants et de la Société,
- les **autres parties prenantes**, comme les représentants de la Société, en particulier les employeurs.

2.2. Toute formation supérieure vise à rencontrer des besoins et des attentes, exprimés explicitement ou non par ces divers acteurs. **Rencontrer ces besoins et ces attentes** exige des efforts de la part de toutes les parties prenantes et un financement dont le coût est loin d'être négligeable.

Ceux qui fournissent les efforts et ceux qui financent le coût d'une formation sont en droit d'exiger que cette formation rencontre effectivement les besoins et les attentes des parties prenantes et que cela se fasse à un coût raisonnable – pour ne pas dire : minimal.

En outre, il est raisonnable que ces parties prenantes ne se contentent pas d'une simple affirmation des responsables et des enseignants au sujet de l'adéquation d'une formation avec les besoins et les attentes qu'elle est supposée rencontrer. Des **éléments de preuve** sont nécessaires. Les responsables et les enseignants impliqués dans une formation doivent donc, selon nous, être en mesure de **rendre des comptes** au sujet de la qualité et de l'efficacité de cette formation.

2.3. Apporter des éléments de preuve au sujet de la qualité et de l'efficacité d'une formation pourrait se faire en analysant cette formation a posteriori et en exprimant un diagnostic motivé à son propos. Mais que faire alors si ce diagnostic comporte de nombreuses réserves et critiques ? Faut-il se résoudre à essayer d'y répondre par ajustements successifs, par essais et erreurs ?

Dans l'approche proposée par FA²L, chaque dispositif de formation est **conçu de façon à rencontrer les besoins et les attentes des parties prenantes et à en fournir la preuve par construction**. Nous visons donc une véritable ingénierie des dispositifs de formation, tout comme il existe une ingénierie des circuits électroniques, une ingénierie des ponts ou une ingénierie génétique, etc.

2.4. Si une **ingénierie des dispositifs de formation existe – et le présent cahier vise à en présenter les grandes lignes** – on peut se demander comment il se fait que la plupart des dispositifs de formation existants ne sont pas le fruit des processus de conception préconisés par cette ingénierie...

Un premier élément de réponse est que peu de dispositifs de formation peuvent prétendre avoir réellement été **conçus** de bout en bout.



L'approche classique

Dans la pratique courante, très souvent, le processus de « conception » de dispositifs de formation est un processus d'évolution graduelle par ajustements successifs basés en grande partie sur l'intuition, l'imitation et l'adaptation de l'existant, l'expertise de la matière enseignée et les équilibres acquis (souvent avec difficulté) entre les différents groupes d'enseignants impliqués. On a rarement l'occasion (ou l'envie) de partir d'une feuille blanche.

Fréquemment, l'accent est mis en premier lieu sur les contenus « à voir » et sur une négociation relative à la séquence temporelle (rythme et cadre horaire accordé).

Ensuite, l'enseignant prépare et donne des cours ; les travaux dirigés sont généralement confiés à des assistants.

Un peu avant la session d'examen, l'enseignant imagine les questions en portant une attention particulière à leur degré de difficulté : un taux trop élevé de réussite tout comme un taux trop faible sont suspects aux yeux des collègues (et des étudiants).

On commente les résultats – trop souvent décevants – des examens en attribuant leur médiocrité aux seuls étudiants.

Au fil du temps, on ajuste le contenu du cours, généralement en ajoutant de la matière puisque de nouveaux sujets intéressants apparaissent grâce aux progrès de la recherche.

Comme appui à son enseignement, l'enseignant rédige des notes de cours, souvent considérées comme un signe de son implication effective dans son enseignement.

Certes, la description ci-dessus est (à dessein) caricaturale, mais une caricature fait-elle autre chose que forcer le trait par rapport à la réalité ?

- 2.5. Un deuxième élément de réponse est que peu d'enseignants se sont approprié les concepts (comme par exemple les concepts d'acquis d'apprentissage, de préconceptions des élèves, de formes des évaluations des apprentissages,...), les méthodes (comme par exemple, les études de cas, l'apprentissage par projet,...) et les processus de l'ingénierie des dispositifs de formation (c'est-à-dire les manières d'agencer les différents éléments des dispositifs les uns par rapport aux autres → *cf. figure 2 page suivante*).



Notes

Le processus de construction des dispositifs de formation

Tout dispositif de formation est un **exemple de processus de transformation** (classique en physique, en industrie, en informatique, en économie, en biologie, etc.). Dans ce type de processus, les apprenants+, avec leurs caractéristiques (« entrées ») évoluent et se transforment en apprenants++, avec leurs acquis dus à l'apprentissage (« sorties »).

Généralement, le fonctionnement d'un processus de transformation est influencé par des **paramètres** sur lesquels on peut agir.

Dans notre cas, les paramètres principaux sont, par exemple :

- le contenu (la matière)
- les méthodes pédagogiques mises en œuvre, y compris l'accompagnement
- les méthodes d'évaluation mises en œuvre
- le calendrier, l'emploi du temps
- la logistique (locaux, TICE, etc.)
- l'interaction avec les autres dispositifs de formation, avec l'environnement

Dans un système dit **en boucle fermée** ou **à boucle de rétroaction**, les paramètres sont ajustés, souvent de manière automatique, par comparaison entre les caractéristiques mesurées des sorties et les caractéristiques souhaitées des sorties. Il faut ajuster les paramètres tant qu'il y a un trop grand écart entre les caractéristiques mesurées et les caractéristiques souhaitées.

Pour les dispositifs de formation, cet ajustement n'est pas automatisable ; il doit être fait « **à la main** » par les enseignants.

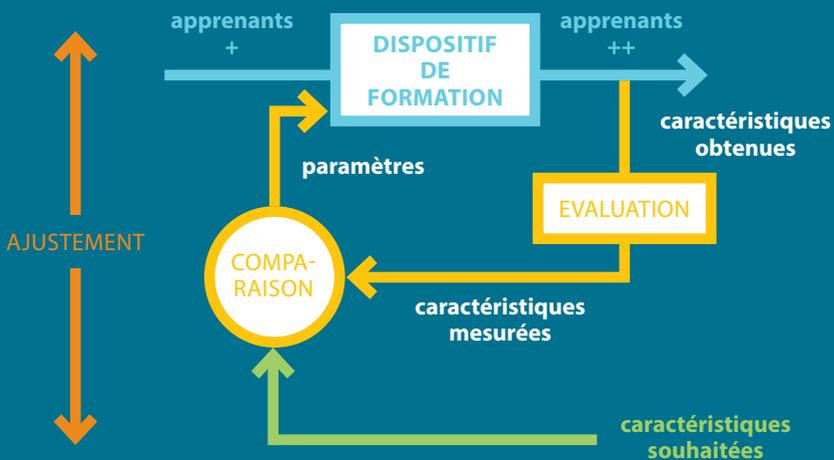


FIGURE 2 : Processus de construction de dispositifs de formation



Les caractéristiques des entrées et des sorties qui nous intéressent ici sont les connaissances, les compétences, les attitudes, les talents, ... des **apprenants**.

Pour l'efficacité de l'ajustement, il est essentiel :

- de définir clairement les caractéristiques attendues des apprenants à l'issue du dispositif de formation (**les acquis visés par l'apprentissage**) ;
- d'optimiser les **techniques de rétroaction** (mesures, comparaison et ajustement des paramètres).

Beaucoup d'enseignants du supérieur n'imaginent même pas que ces concepts, méthodes et processus puissent exister. En effet, ils ont surtout acquis des connaissances et compétences dans leurs disciplines. Ils n'ont le plus souvent pas eu l'occasion d'être formés à imaginer et à mettre en œuvre des situations conçues pour que les étudiants apprennent.

- 2.6. Enfin, l'exigence de rendre compte, mentionnée plus haut, est relativement récente. Les accords européens en la matière (Déclaration de Bologne et ses suites) et la mondialisation de l'enseignement ont contribué à changer la donne à ce propos.
- 2.7. Notre ambition est de présenter ici un processus de conception **systématique et rationnel**.

SYSTÉMATIQUE : parce que ce processus doit guider la démarche du concepteur tout au long de ses étapes, lui fournir des balises et lui permettre d'évaluer son travail ; à chaque étape, le concepteur sait ce qu'il doit produire et quelle est l'étape suivante.

RATIONNEL : parce que les différentes étapes du processus et leur enchaînement doivent être justifiés par le raisonnement plutôt que principalement par l'intuition ou par la tradition ; le processus et les résultats qu'il produit doivent pouvoir être expliqués et justifiés à toutes les parties prenantes.



3. L'APPROCHE PRÉCONISÉE PAR FA2L ET LE PROCESSUS DE CONCEPTION UBD

Dans le but de mettre en place une ingénierie des dispositifs de formation, FA²L a choisi le processus de conception UbD (Understanding by Design)³ proposé par G. Wiggins & J. McTighe [Wiggins e.a. 2005].

Il s'agit d'une méthode systématique qui envisage les acquis d'apprentissage, le contenu d'un enseignement et l'évaluation dans un ordre plutôt inhabituel.

Généralement, l'enseignant/l'équipe enseignante part du contenu à enseigner, c'est-à-dire de la table des matières, pour construire son dispositif (un examen de la plupart des présentations des cours permet de s'en rendre compte). Tout se passe comme si l'accent était mis avant tout sur l'expertise de l'enseignant dans la discipline qu'il enseigne.

Si l'on veut mettre l'accent en premier lieu sur l'apprentissage des élèves, il est important de concevoir les dispositifs à partir des acquis d'apprentissage visés pour les apprenants.

Dans leur ouvrage Understanding by Design (UbD), Wiggins & McTighe prônent une approche de la conception de dispositifs de formation qu'ils appellent « conception à l'envers » (« backward design »). L'ordre dans lequel on se préoccupe des différents éléments est en effet l'inverse de celui qui est suivi habituellement.

L'approche de Wiggins et McTighe, que nous adoptons, est basée sur les trois phases suivantes (→ voir Fig. 3) :

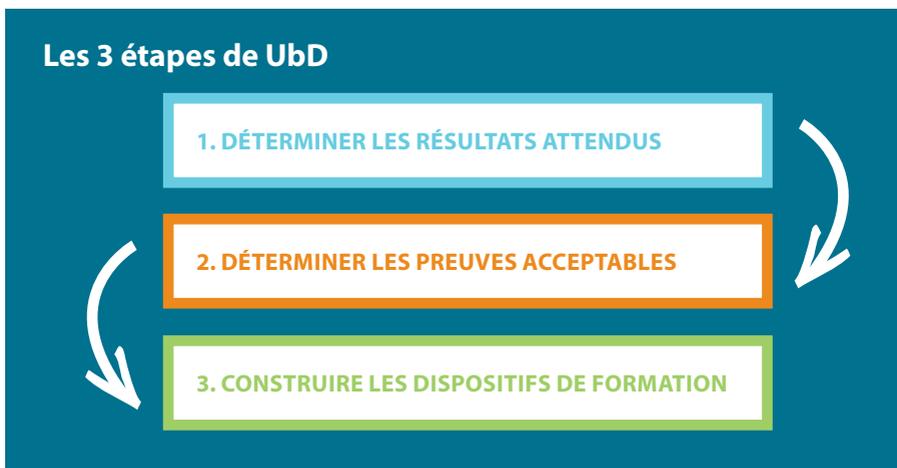


FIGURE 3 : Conception « à l'envers »

³ Ce titre pourrait être traduit par : « Comprendre, mais à dessein, pas par hasard »



- 3.1. **Première étape du processus de conception** : En premier lieu, il importe de déterminer les acquis d'apprentissage⁴ visés par le dispositif de formation à concevoir : ils décrivent de manière précise ce qui est attendu des apprenants au terme du dispositif d'apprentissage : leurs connaissances, compétences, attitudes, comportements, etc. Ils expriment les intentions des enseignants en ce qui concerne les résultats à atteindre par les apprenants ; on distinguera évidemment les acquis visés des acquis effectivement atteints par chaque apprenant.

Les besoins des parties prenantes mentionnées au § 2.1 sont exprimés par le choix des acquis d'apprentissage visés par le dispositif de formation : ce n'est pas son contenu qui doit être négocié entre les différentes parties prenantes, mais bien les acquis visés. Au niveau d'un cursus complet, il est certain que la société et ses représentants doivent avoir leur mot à dire : ce qu'un médecin, un juriste ou un ingénieur doit être capable de faire à l'issue de ses études les concerne directement. Par contre, au niveau de la constitution du cursus en modules, unités et autres composants, le rôle de la société et de ses représentants diminue tandis que celui des enseignants et des étudiants devient prépondérant pour déterminer les acquis d'apprentissage visés par chaque composant.



⁴ En anglais : *intended learning outcomes*,





Les acquis d'apprentissage visés par le programme de 1^{er} cycle en sciences de l'ingénieur (appelé « bachelier » en Belgique et « licence » en France), à l'Université catholique de Louvain se déclinent en 6 axes :

A la fin du programme, l'étudiant devra être capable de :

AXE 1

Utiliser un corpus de connaissances en sciences fondamentales et polytechniques, lui permettant de résoudre des problématiques disciplinaires cadrées, c'est-à-dire :

- 1.1. Appliquer les concepts, lois, raisonnements à une problématique disciplinaire de complexité cadrée ;
- 1.2. Décrire des outils de modélisation et de calcul adéquats pour résoudre une problématique disciplinaire cadrée

AXES 2 ET 3

Analyser, organiser et mener à son terme une **démarche d'ingénierie** appliquée au développement d'un produit (et/ou d'un service) répondant à un besoin ou à une problématique cadrée, à l'analyse d'un phénomène physique donné, d'un système, c'est-à-dire :

- 2.1. ...
-
- 2.8. ...

AXE 4

Contribuer, en équipe, à la réalisation d'un **projet disciplinaire** ou **pluridisciplinaire** en respectant une approche cadrée, c'est-à-dire :

- 4.1. ...
-
- 4.3. ...

AXE 5

Communiquer efficacement oralement et par écrit, en français et en anglais, les résultats des missions qui lui sont confiées, c'est-à-dire :

- 5.1. ...
-
- 5.5. ...

AXE 6

Faire preuve de rigueur et d'esprit critique dans ses démarches scientifiques et techniques en **se souciant de l'éthique**, c'est-à-dire :

Utiliser des ressources bibliographiques pour réaliser et agrémenter un travail, en tenant compte des règles éthiques (sans commettre de plagiat).



Notes

Les acquis d'apprentissage visés par le programme tout comme ceux pour la physique (partie électricité) (voir ci-dessous) sont présentés ici de manière synthétique, en omettant certains éléments importants, qui seront détaillés dans le cahier **Les acquis d'apprentissage**.



(suite)

Le programme en question comprend notamment un enseignement de la physique, partie électricité. Les acquis d'apprentissage disciplinaires de cet enseignement concernent exclusivement l'axe 1 des acquis d'apprentissage visés pour l'ensemble du programme.

Il s'agit, pour l'étudiant, à la fin de l'enseignement de Physique, d'être capable de :

AXE 1.1

1. Utiliser les notions vectorielles pour exprimer, dans le vide, les forces d'interaction magnétique entre un champ magnétique et des charges en mouvement ou un courant, ou entre courants (force de Lorentz)
2. Utiliser les lois de Biot-Savart et d'Ampère dans le vide pour calculer le champ magnétique créé par des courants circulant dans des structures à géométrie simple (symétriques)

AXE 1.2

3. Calculer la trajectoire d'une particule chargée dans un champ magnétique uniforme et constant

AXE 1.1

4. Distinguer les propriétés magnétiques de différents types de matériaux (dia-, para- et ferromagnétiques) en utilisant la notion de perméabilité magnétique
5. Expliquer et interpréter l'effet produit sur l'inductance d'un solénoïde lorsqu'on y introduit un noyau ferromagnétique
6. Expliquer le phénomène d'hystérésis des matériaux magnétiques et utiliser des valeurs de perméabilité magnétique pour le calcul d'inductances ou de circuits magnétiques simples comportant des matériaux magnétiques linéaires et non-linéaires
7. Expliquer l'origine des pertes d'énergie qui se produisent en régime variable dans un matériau conducteur ou ferromagnétique.
8. Expliquer et justifier les conditions auxquelles les champs B et H doivent satisfaire à l'interface entre deux milieux différents

9. Définir les notions d'inductance et d'inductance mutuelle de structures simples avec et sans noyau ferromagnétique.
10. Définir les lois de Lenz-Faraday exprimant la force électromotrice induite par un flux magnétique variable et les utiliser pour le calcul de générateur de courant alternatif dans des structures géométriques simples (symétriques)
11. Calculer l'énergie emmagasinée sous forme magnétique dans des circuits et structures simples.

AXE 1.2

12. Expliquer le fonctionnement de systèmes électromécaniques simples comme le moteur à courant continu, la dynamo, un transformateur idéal, un électro-aimant simple en manipulant la notion de flux magnétique

AXE 1.1

13. Ecrire les équations de Maxwell pour le champ électromagnétique sous forme intégrale limitée au cas statique

Les questions centrales liées aux acquis visés par l'apprentissage sont les suivantes :

- quels sont les différents types d'acquis d'apprentissage que l'on peut viser par un dispositif de formation ? → *voir p. ex. [Gérard 2000]*.
- comment formuler les acquis d'apprentissage de façon à en faire un instrument efficace pour les enseignants et pour les apprenants ?
- quels sont les liens qui existent entre les acquis d'apprentissage d'un dispositif de formation et les acquis visés par l'apprentissage de chacun de ses sous-dispositifs ?
- quels sont les liens qui existent entre les acquis d'apprentissage d'un dispositif de formation et les évaluations ?

Le cahier consacré aux **acquis d'apprentissage** a pour but de répondre à ces questions et à un certain nombre d'autres questions importantes pour le processus de conception de dispositifs de formation.

3.2. **Deuxième étape du processus de conception** : on se préoccupe ensuite de déterminer comment on évaluera dans quelle mesure les acquis d'apprentissage visés sont atteints par chacun des apprenants : ce sont les **évaluations**.

Il s'agit ici de répondre à la question « Qu'est-ce qui constitue une preuve de l'atteinte d'un acquis visé par l'apprentissage ? ». Les évaluations jouent un rôle essentiel dans la rétroaction envers les étudiants en leur indiquant où doivent porter leurs efforts pour progresser. Elles jouent également un rôle majeur pour les enseignants et les gestionnaires en leur permettant d'agir en vue d'améliorer la qualité ou l'efficacité du dispositif de formation.

Le cahier concernant « **l'évaluation des apprentissages** » montre comment imaginer des dispositifs d'évaluation remplissant correctement leurs différents rôles.

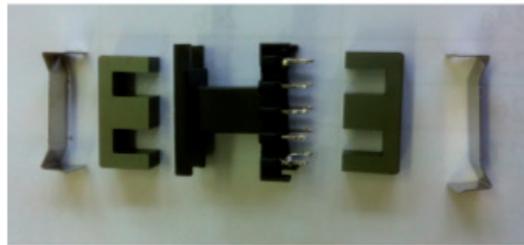
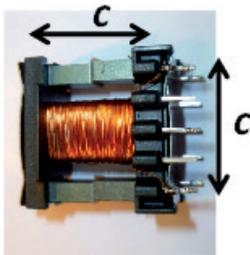


A la fin du quadrimestre, les étudiants de première année en sciences de l'ingénieur présentent oralement le projet qu'ils ont réalisé ainsi que deux évaluations écrites : l'une spécifique aux acquis liés au projet, l'autre spécifique aux acquis disciplinaires en physique

La question suivante a été posée en 2012-2013 pour la physique. Chaque sous-question est reliée à un ou plusieurs des 13 acquis d'apprentissage (AA) définis pour l'enseignement de la physique (→ *cf* l'exemple du point 3.1.)

Enoncé :

Une bobine est constituée de $N = 200$ spires de fil de cuivre bobinées régulièrement sur un noyau semblable à celui traité lors du second APP (voir figure ci-dessous). L'axe central du matériau magnétique supportant la bobine est de section carrée S de 7.2mm de côté. Les autres côtés du circuit magnétique ont des sections droites rectangulaires de 7.2mm x 3.6mm. La longueur moyenne de chaque côté extérieur du circuit magnétique c vaut 21.6mm.



Le matériau utilisé est du Permalloy 45 cité dans le tableau ci-dessous et on pourra faire l'hypothèse que les champs B et H sont uniformes sur toute la section S du matériau.

Matériau	Composition (%)	Perméabilité initiale μ	Induction à saturation B_s (tesla)	Perte d'énergie par cycle d'hystérésis (J/m^3)	Resistivité ρ ($\Omega \cdot m$)
Lingot de fer	99,95 Fe	150	2,14	270	$1,0 \times 10^{-7}$
Fer-silicium (orienté)	97 Fe, 3 Si	1 400	2,01	40	$4,7 \times 10^{-7}$
Permalloy 45	55 Fe, 45 Ni	2 500	1,60	120	$4,5 \times 10^{-7}$
Supermalloy	79 Ni, 15 Fe, 5 Mo, 0,5 Mn	75 000	0,80	—	$6,0 \times 10^{-7}$
Ferroxcube A	48 $MnFe_2O_4$, 52 $ZnFe_2O_4$	1 400	0,33	-40	2 000
Ferroxcube B	36 $NiFe_2O_4$, 64 $ZnFe_2O_4$	650	0,36	-35	10^7

Questions

- a. Etablissez l'expression du champ magnétisant H en fonction du courant I circulant dans la bobine en utilisant les valeurs numériques fournies.
- b. Afin de rester dans la zone linéaire de la courbe d'hystérésis, on souhaite que le champ magnétique B produit ne dépasse pas 10% de la valeur du champ à saturation B_s correspondant au matériau choisi. Dans ce cas, quel est le courant maximum I_{\max} que vous pouvez faire circuler dans la bobine ?
- c. Que vaut dans ce cas le flux magnétique présent dans le matériau ?
- d. Calculez l'inductance L de ce dispositif.

- 3.3. **Troisième étape du processus de conception** : en dernier lieu, il s'agit de définir et de concevoir la collection des **sous-dispositifs de formation** (exemple : unité d'enseignement n° 1 ou n° 2 ou cours magistral correspondant à l'unité d'enseignement n° 1, etc. → *cf. figure 1*) et l'agencement de ces sous-dispositifs qui permettront aux apprenants d'atteindre les acquis d'apprentissage annoncés et d'en apporter la preuve en réussissant la ou les évaluations.

Cette troisième étape du processus est la phase de « réalisation » du dispositif de formation. C'est lors de cette phase que l'on agence des activités telles que séquences de cours (CM), de TD, de TP, d'apprentissages par problèmes (APP), d'apprentissages par exercices (APE), de projets, de stages en entreprise, etc. afin d'amener les apprenants à atteindre les acquis d'apprentissage visés.

Les dispositifs de formation se ramènent donc en fin de compte à des collections de dispositifs de formation de base atomiques. Les dispositifs de formation de base sont les activités d'apprentissage atomiques qui sont proposées aux apprenants : un cours magistral, une séance de travaux dirigés, une visite d'entreprise, un APP, etc. Comme les autres dispositifs de formation, ces activités visent à atteindre des acquis d'apprentissage et il doit être possible d'imaginer comment évaluer dans quelle mesure ces acquis visés sont effectivement atteints. Le terme « atomique » utilisé ci-dessus est relatif : en effet, on peut toujours décider de poursuivre la décomposition si cela s'avère utile.

Le cahier « **Les activités d'apprentissage** » passe en revue les principaux types d'activités d'apprentissage qui peuvent intervenir dans un dispositif de formation en fonction des types d'acquis visés par l'apprentissage et montre comment les agencer.



Dans l'exemple de l'enseignement de la physique, pour atteindre les acquis d'apprentissage définis, les enseignants ont mis en place, entre autres, le projet suivant (durée 4 mois) comme sous-dispositif.

« Votre objectif est de réaliser, mesurer et qualifier un dispositif comportant un système d'amplification permettant d'écouter sur deux haut-parleurs de votre fabrication les signaux stéréo provenant de la fiche jack 3,5mm d'un smartphone ou d'un baladeur MP3 et d'en faire varier le volume, l'intensité des sons graves et aigus. »

Pour amener les étudiants à s'approprier des acquis d'apprentissage visés par le projet, l'APP de physique suivant leur est proposé :

Un haut-parleur pour notre projet

Pour le projet du quadrimestre, vous devrez mettre au point vous-mêmes un petit système audio. Il s'agit de réaliser, entre autres, des enceintes à faible coût. Ce problème constitue une pré-étude d'un tel dispositif.

Vous disposez pour cela de petit matériel mécanique et électrique tel que :

- des sources de tension comme au laboratoire (max 30V continu),
- des bobines de fils de cuivre,
- un amplificateur audio capable de fournir une puissance électrique de 2,5W maximum,
- des petites pièces mécaniques,
- des aimants de différentes formes et d'intensité comme celle de ceux cités en référence,
- des feuilles de carton (masse de l'ordre de 200g/m^2) qu'il est possible d'assembler (coller) p.ex. sous la forme de cônes ou de plier en accordéon de manière à obtenir des formes élastiques suspendues dont l'élasticité ou la raideur est connue ou mesurable.

IL VOUS EST DEMANDÉ DE :

1. définir une géométrie particulière de votre haut-parleur ;
2. identifier des valeurs caractéristiques des impédances (résistance) de haut-parleur et leur raison d'être ;
3. mettre en évidence en les expliquant les « lois » physiques exploitées ou mises en œuvre ;
4. déterminer, en les justifiant, les valeurs électriques et mécaniques nécessaires pour réaliser l'application visée.

Comme il n'y a évidemment pas de solution unique pour ce problème, n'oubliez pas de :

- identifier les options éventuellement divergentes de votre groupe
- préciser les contraintes techniques que vous vous fixez, (p.ex. en choisissant des constantes de raideur (ou à l'inverse : de compliance - flexibilité) de l'ordre du mm ou de la fraction de mm par N),
- d'indiquer clairement les valeurs des paramètres que vous avez choisis, en regard de ceux que vous auriez calculés, et de ceux qui dépendent d'éventuellement d'autres paramètres.

Avec les consignes suivantes :

Rédiger 3 transparents (max) reprenant séparément :

1. votre démarche pour résoudre le problème proposé
2. les concepts importants (connus et nouveaux) et leur explicitation claire, y compris les lois (formules)
3. votre solution
4. vos résultats numériques, que vous présenterez par tirage au sort.

- 3.4. Globalement, le processus de conception d'un dispositif est **récuratif** puisqu'il implique, dans sa phase de réalisation, la conception et la réalisation de (sous-) dispositifs eux-mêmes à concevoir suivant le même processus : acquis d'apprentissage visés, évaluations, sous-dispositifs ou activités d'apprentissage.

Le point crucial est d'effectuer cette décomposition de façon telle que l'ensemble des acquis d'apprentissage visés par les sous-dispositifs mènent aux acquis d'apprentissage du dispositif.

- 3.5. Dans ses ouvrages [Biggs 1999] [Biggs 2003], J. Biggs présente et motive la notion **d'alignement constructif**, qui est à la base de l'approche de Wiggins & McTighe.

Le processus part des acquis visés par l'apprentissage, qui déterminent ce que les apprenants doivent être en mesure de démontrer à l'issue du dispositif de formation. Les acquis d'apprentissage visés par le dispositif de formation permettent aux enseignants de définir des critères d'évaluation qui correspondent à chacun des acquis visés et, ensuite, de construire des évaluations sur base de ces critères. Les évaluations sont donc « **alignées** » sur les acquis visés par l'apprentissage.

Les apprenants participent à des activités d'apprentissage qui ont été conçues en vue de leur permettre d'atteindre un ou plusieurs des acquis d'apprentissage visés par le dispositif de formation. Ces activités préparent en outre les apprenants aux évaluations. Les activités sont donc « **alignées** » sur les acquis visés et sur les évaluations.



L'exemple développé à propos de l'enseignement de la physique en première année du programme en sciences de l'ingénieur illustre le principe d'alignement. Celui-ci stipule que, si l'enseignant attend que les apprenants se soient appropriés les acquis d'apprentissage visés, il est indispensable que ces mêmes apprenants aient pu s'y exercer aux cours des diverses activités d'apprentissage organisées. Selon cette conception, il ne s'agit donc pas de « montrer comment faire », mais bien de « faire faire par les apprenants ».

- 3.6. **Tableaux d'alignement** : Concrètement, pour vérifier le principe de l'alignement, il est intéressant, lors de la conception d'un enseignement et des évaluations qui s'y rapportent, de construire **deux tableaux à double entrée** : l'un mettant en rapport les acquis d'apprentissage visés (AA) avec les activités organisées pour les étudiants et l'autre mettant en rapport les acquis d'apprentissage visés avec les questions d'évaluation. La comparaison des deux tableaux permet de vérifier si on évalue bien des acquis d'apprentissage qui ont effectivement été visés par des activités pendant l'apprentissage.

Le tableau 1 a été construit à partir des acquis d'apprentissage définis pour l'enseignement de la physique dans le cadre du programme en sciences de l'ingénieur. Dans l'exemple proposé, deux Apprentissages par problème (APP1 et APP2), deux Apprentissages par exercices (APE1 et APE2), un cours magistral (CM) et encore d'autres activités ont été organisés pour les étudiants. Le tableau 1 (partiel) montre quels acquis d'apprentissage sont visés par quelles activités. Le tableau 2 montre quels acquis d'apprentissage sont visés par quelles questions de l'évaluation présentée p. 16.

En examinant ces tableaux, on se rend compte, dans cet exemple-ci, que l'acquis d'apprentissage de physique n° 8 n'a été ni exercé pendant une des activités prises en compte dans le tableau 1, ni évalué lors de l'évaluation en question (→ voir tableau 2). On en déduit qu'il faudrait sans doute ajuster les activités pour prendre en compte cet acquis d'apprentissage et soit ajouter une question à l'évaluation, soit prévoir une autre évaluation.

TABLEAU 1 : Mise en relation Acquis d'apprentissage visés – sous-dispositifs (partiel)

Sous-dispositifs Acquis d'apprentissage	APP1	APP2	APE1	APE2	CM
1. Utiliser les notions vectorielles pour exprimer, dans le vide, les forces d'interaction magnétique entre un champ magnétique et des charges en mouvement ou un courant, ou entre courants (force de Lorentz)							
2. Utiliser les lois de Biot-Savart et d'Ampère dans le vide pour calculer le champ magnétique créé par des courants circulant dans des structures à géométrie simple (symétriques)							
3. Calculer la trajectoire d'une particule chargée dans un champ magnétique uniforme et constant							
4. Distinguer les propriétés magnétiques de différents types de matériaux (dia-, para- et ferromagnétiques) en utilisant la notion de perméabilité magnétique							
5. Expliquer et interpréter l'effet produit sur l'inductance d'un solénoïde lorsqu'on y introduit un noyau ferromagnétique							
6. Expliquer le phénomène d'hystérésis des matériaux magnétiques et utiliser des valeurs de perméabilité magnétique pour le calcul d'inductances ou de circuits magnétiques simples comportant des matériaux magnétiques linéaires et non-linéaires							
7. Expliquer l'origine des pertes d'énergie qui se produisent en régime variable dans un matériau conducteur ou ferromagnétique							
8. Expliquer et justifier les conditions auxquelles les champs B et H doivent satisfaire à l'interface entre deux milieux différents							
9. Définir les notions d'inductance et d'inductance mutuelle de structures simples avec et sans noyau ferromagnétique							
10. Définir les lois de Lenz-Faraday exprimant la force électromotrice induite par un flux magnétique variable et les utiliser pour le calcul de générateur de courant alternatif dans des structures géométriques simples (symétriques)							
11. Calculer l'énergie emmagasinée sous forme magnétique dans des circuits et structures simples							
12. Expliquer le fonctionnement de systèmes électromécaniques simples comme le moteur à courant continu, la dynamo, un transformateur idéal, un électro-aimant simple en manipulant la notion de flux magnétique							
13. Ecrire les équations de Maxwell pour le champ électromagnétique sous forme intégrale limitée au cas statique							

TABLEAU 2 : Mise en relation Acquis d'apprentissage visés – évaluation

Evaluation Acquis d'apprentissage	A	B	C	D
1. Utiliser les notions vectorielles pour exprimer, dans le vide, les forces d'interaction magnétique entre un champ magnétique et des charges en mouvement ou un courant, ou entre courants (force de Lorentz)				
2. Utiliser les lois de Biot-Savart et d'Ampère dans le vide pour calculer le champ magnétique créé par des courants circulant dans des structures à géométrie simple (symétriques)				
3. Calculer la trajectoire d'une particule chargée dans un champ magnétique uniforme et constant				
4. Distinguer les propriétés magnétiques de différents types de matériaux (dia-, para- et ferromagnétiques) en utilisant la notion de perméabilité magnétique				
5. Expliquer et interpréter l'effet produit sur l'inductance d'un solénoïde lorsqu'on y introduit un noyau ferromagnétique				
6. Expliquer le phénomène d'hystérésis des matériaux magnétiques et utiliser des valeurs de perméabilité magnétique pour le calcul d'inductances ou de circuits magnétiques simples comportant des matériaux magnétiques linéaires et non-linéaires				
7. Expliquer l'origine des pertes d'énergie qui se produisent en régime variable dans un matériau conducteur ou ferromagnétique				
8. Expliquer et justifier les conditions auxquelles les champs B et H doivent satisfaire à l'interface entre deux milieux différents				
9. Définir les notions d'inductance et d'inductance mutuelle de structures simples avec et sans noyau ferromagnétique				
10. Définir les lois de Lenz-Faraday exprimant la force électromotrice induite par un flux magnétique variable et les utiliser pour le calcul de générateur de courant alternatif dans des structures géométriques simples (symétriques)				
11. Calculer l'énergie emmagasinée sous forme magnétique dans des circuits et structures simples				
12. Expliquer le fonctionnement de systèmes électromécaniques simples comme le moteur à courant continu, la dynamo, un transformateur idéal, un électro-aimant simple en manipulant la notion de flux magnétique				
13. Ecrire les équations de Maxwell pour le champ électromagnétique sous forme intégrale limitée au cas statique				

4. CENT FOIS SUR LE MÉTIER...

- 4.1. La logique du processus de conception de dispositifs de formation préconisé dans *UbD* (→ voir Fig. 4) présentée ci-dessus est principalement séquentielle : on commence par définir les acquis d'apprentissage visés par le dispositif, ensuite on détermine les mécanismes d'évaluation et, enfin, on conçoit les sous-dispositifs de formation nécessaires pour atteindre les acquis visés. Ces sous-dispositifs de formation sont eux-mêmes conçus suivant le même procédé en veillant à ce que les acquis d'apprentissage visés par l'ensemble des sous-dispositifs correspondent aux acquis d'apprentissage visés par le dispositif lui-même.



FIGURE 4 : Logique séquentielle de conception d'un dispositif de formation selon *UbD*

- 4.2. Comme souvent, la réalité est moins simple. D'une part, en préparant les évaluations, on peut être amené à revoir certains des acquis visés ou, en tout cas, leur formulation; en imaginant des activités d'apprentissage, on peut remettre en question des évaluations et des acquis visés. Le processus est donc non séquentiel ; il comporte souvent de nombreuses **itérations**, qui affinent chacun des éléments et convergent graduellement vers le résultat final, qui doit néanmoins toujours démontrer un **alignement** parfait entre les trois éléments.
- 4.3. D'autre part, une deuxième cause d'itérations est le fait que le processus décrit ci-dessus est un processus qui ne tient compte d'aucune **contrainte**. En pratique, il existe de nombreuses contraintes, parmi lesquelles :
- la durée disponible pour le déploiement (la mise en œuvre) du dispositif,
 - le temps de travail que les apprenants pourront consacrer au dispositif,
 - les moyens et ressources effectivement disponibles,
 - les différents profils d'apprenants,
 - les prérequis imposés pour le dispositif,
 - les compétences des enseignants disponibles,
 - les exigences des autres dispositifs d'un même programme,
 - les exigences externes (par exemple : pour l'accréditation).

Il est donc logique de proposer d'ajouter une quatrième étape au processus *UbD* : **l'ajustement** de l'idéal au possible (→ voir Fig. 5) [Diamond 2008], tout en assurant évidemment **l'alignement** du dispositif de formation. Cela revient souvent à réviser les acquis d'apprentissage visés et, par conséquent, également les deux autres composants.

4.4. Le lecteur l'aura compris, le processus *UbD* et l'alignement constituent un « modèle idéal », une grille de lecture qui accompagne l'enseignant/ l'équipe enseignante pour la construction de dispositifs.

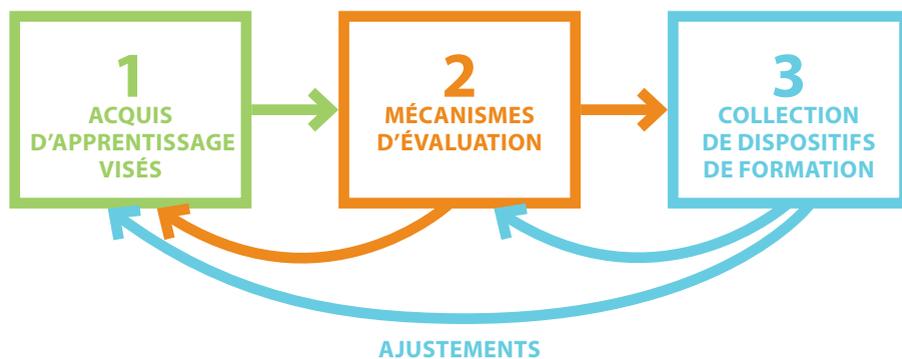


FIGURE 5 : Le processus UbD complété par des ajustements

5. LES PUBLICS D'APPRENANTS

5.1. Tel que présenté ci-dessus, le processus de conception **Ubd** vise à amener tous les apprenants, quels qu'ils soient, à atteindre les acquis visés par l'apprentissage assignés à un dispositif de formation.

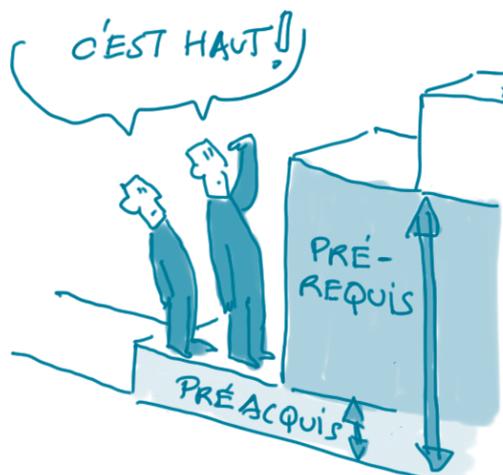
Il est clair que chaque apprenant est différent de son voisin, même s'ils sortent tous deux d'une même filière, entre autres parce qu'ils n'auront pas nécessairement atteint tous les acquis d'apprentissage visés par les unités précédentes au même niveau de performance.

5.2. Soulignons l'importance des **prérequis imposés**. Prérequis, parce qu'il s'agit des exigences minimales à l'entrée du dispositif de formation en question ; imposés, parce que basés sur un consensus des enseignants du programme pour exiger ce niveau à l'entrée de ce dispositif particulier. Nombre d'enseignants attendent, par exemple, que les élèves entrant en première année du bachelier en biologie soient capables d'utiliser la règle de trois. Il s'agit d'un prérequis.

Les **préacquis**, eux, décrivent les connaissances, les compétences, les aptitudes, les attitudes réellement et effectivement acquises par chacun des apprenants avant d'aborder le dispositif de formation en question. Dans l'exemple de la règle de trois, l'expérience montre que tous les élèves entrant en première année de bachelier en biologie ne sont pas capables d'utiliser la règle de trois : ils n'ont pas acquis cette compétence de façon durable dans leurs études précédentes.

Pour chaque apprenant, il faut donc nécessairement

PRÉACQUIS de l'apprenant >> **PRÉREQUIS IMPOSÉS du dispositif**





Cette condition est nécessaire pour assurer la cohérence des parcours individuels des apprenants ; elle est d'autant plus difficile à garantir que le public à l'entrée est hétérogène.

Si la condition n'est pas remplie pour certaines catégories d'apprenants, il faudra soit se résoudre à alléger les prérequis imposables (ce qui pourrait avoir des conséquences sur les acquis d'apprentissage susceptibles d'être atteints), soit prévoir des activités d'apprentissage supplémentaires pour les apprenants en question.

- 5.3. Même lorsque tous les apprenants entrants possèdent les prérequis imposables, cela ne signifie pas pour autant que le public soit homogène. Dans le cahier consacré aux « **activités d'apprentissage** » et dans le cahier consacré aux « **(pré-) conceptions** », nous verrons qu'un public d'apprenants est toujours hétérogène (à cause des idées préconçues s'écartant du savoir scientifique) et que la conception d'un dispositif de formation doit en tenir compte, en particulier dans le choix des activités d'apprentissage.
- 5.4. Le cahier « **Apprentissage et apprentissage actif** » présente notre vision de comment on « apprend », ainsi que la théorie de l'apprentissage socioconstructiviste contextualisé qui décrit, selon nous, les conditions dans lesquelles l'apprentissage s'effectue d'une manière efficace. Le cahier « **Le sens et la motivation** » traite des facteurs et des conditions nécessaires pour favoriser l'apprentissage.



6. CONCLUSION

- 6.1. Le processus que nous venons de décrire guide la construction de dispositifs de formation dont les activités permettent aux apprenants d'atteindre les acquis d'apprentissage visés et d'en apporter la preuve en réussissant les évaluations. **L'alignement** entre les acquis visés, les évaluations et les activités, résultat du processus de conception bien exécuté, en fournit la garantie.

Bien entendu, il faut pour atteindre les acquis d'apprentissage visés que les apprenants effectuent correctement les activités qui leur sont proposées et qu'ils s'engagent activement dans leurs apprentissages. Quelle que soient la nature et la qualité du dispositif, c'est le travail de chaque apprenant qui conditionne la réussite.

- 6.2. Nous laissons au lecteur le soin de décider si, comme nous l'annoncions au § 2.7, le processus présenté est bien systématique et rationnel. Ce n'est pas pour autant que sa mise en œuvre est triviale : tout le talent et la créativité des enseignants doivent être mobilisés à chacune des trois étapes du processus de conception et lors des multiples itérations. Les cahiers « *Les acquis d'apprentissage* », « *L'évaluation des apprentissages* » et « *Les dispositifs et activités d'apprentissage* » fournissent des informations et des pistes précieuses pour les enseignants qui mettront en œuvre le processus présenté ici.

- 6.3. Nous considérons aussi qu'il incombe à chaque établissement d'apporter la preuve que les programmes qu'il propose permettent effectivement d'atteindre les acquis d'apprentissage qui leur sont associés, surtout s'ils ont fait l'objet d'une concertation avec les employeurs et autres parties prenantes. Si ces programmes sont conçus selon l'approche présentée dans ce cahier, **cette preuve est fournie par construction.**

- 6.4. Enfin, quel que soit le processus suivi, nous souhaitons insister encore une fois sur la nécessité de l'alignement. Sans alignement entre les acquis visés, les évaluations et les activités ou avec un alignement imparfait, nous pensons qu'aucun dispositif de formation ne peut être considéré de bonne qualité.



Bibliographie

- [Biggs 1999] Biggs, J.B. *Teaching for quality learning at university*, Open University Press, 1999
- [Biggs 2003] Biggs, J.B. *Aligning Teaching and Assessment to Curriculum Objectives*, Open University Press, 2003
- [Diamond 2008] Diamond, R. M. *Designing and Assessing Courses and Curricula* (3rd Edition), Jossey-Bass, 2008
- [Gérard 2000] Gérard, F.-M. *Savoir, oui... mais encore !*, Forum - pédagogies, mai 2000, pp. 29-35.
URL : http://www.bief.be/docs/publications/savoir_oui_mais_encore_070207.pdf (lien vérifié le 29 octobre 2013)
- [Wiggins e.a. 2005] Wiggins, G. & McTighe, J. *Understanding by Design*, Expanded 2nd Edition, Prentice Hall, 2005.







Les cahiers de FA²L

Les *cahiers de FA²L* constituent une collection de documents destinés à venir en appui aux formations dispensées par FA²L scrl, une société coopérative spin-off de l'Université catholique de Louvain qui propose des formations et des accompagnements visant l'amélioration de la qualité dans l'enseignement supérieur.

→ voir le site <http://www.FA2L.be> pour plus de détails.

La Conception systématique et rationnelle de dispositifs de formation

Nous utilisons dans ce cahier un seul terme pour désigner les éléments de la structure générale de tout programme de formation ; c'est le terme de « dispositif de formation » qui désignera donc aussi bien un programme d'études dans sa globalité que le programme d'une année, un enseignement (ou module), un cours magistral, un stage en entreprise ou même une instance particulière d'un cours.

Les questions auxquelles ce cahier apporte une réponse sont : qu'est-ce qu'un dispositif de formation (exemples : un programme d'études complet, une séance de TD, un stage en entreprise, ...) ? quels en sont les ingrédients ? pourquoi et comment faire pour concevoir un dispositif de formation en apportant la preuve qu'il correspond effectivement aux besoins des parties prenantes ?

Nous proposons un processus de conception systématique et rationnel. Notre approche est conçue de façon à rencontrer les besoins et les attentes des parties prenantes et à en fournir la preuve par construction.

Cette approche se base sur le processus UbD (Understanding by Design) proposé en 2005 par Wiggins et McTighe.

Contrairement à la pratique courante généralement caractérisée par un processus d'évolution graduelle par ajustements successifs, l'approche UbD, à laquelle nous souscrivons pleinement, part de la détermination des acquis d'apprentissage visés ; elle se préoccupe ensuite de la façon d'évaluer dans quelle mesure les acquis visés sont atteints par chacun des apprenants.

En dernier lieu, on définit et on conçoit la collection d'activités de formation qui permettront aux apprenants d'atteindre les acquis visés et d'en apporter la preuve.

Un élément clé de cette méthode est l'alignement constructif entre les acquis visés, le dispositif d'évaluation et les activités d'apprentissage.



www.FA2L.be

SEPTEMBRE 2014

Document sous licence Creative Commons "by-nc"

→ voir <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/fr/>

