

Apprentissage actif par projet :

Le modèle C-D-R

BENOÎT RAUCENT

UCLouvain, benoit.raucen@uclouvain.be

Résumé

Le projet d'apprentissage basé sur la séquence Contextualisation – Décontextualisation – Recontextualisation est une méthode d'apprentissage actif qui vise plusieurs types d'objectifs : apprendre le travail en projet, acquérir les compétences qui y sont associées et acquérir simultanément des compétences dans plusieurs disciplines ainsi que des compétences transversales. Ce type de projet s'articule autour d'une suite d'allers-retours entre des situations et des questions qui émergent dans le projet, leur traitement dans les enseignements des disciplines concernées et le retour vers l'application de ces traitements dans le cadre du projet. Cela améliore la cohérence du programme et induit une intégration porteuse de sens des disciplines et du projet. Ce type de projet nécessite une coordination forte entre enseignants ainsi qu'une initiation et un accompagnement de tous les acteurs.

Abstract

The paper describes a type of active learning project based on a sequence of back-and-forth changes of focus between situations and questions arising within a project, their treatment on an abstract level in the courses handling the various related subject matters, and the application of these treatments back to the project. This kind of project enables students to achieve learning outcomes related to project management, to the various disciplines implicated in the project, and to general skills. This integration between the project and the other courses increases the coherence of the study programme and provides meaning to support students' engagement. Such projects require strong coordination between all involved teachers as well as preparation of all stakeholders.

Mots-clés

Apprentissage par projet, projet d'apprentissage, séquence C-D-R, modèles d'intégration, projet et disciplines.

Key-words

Project-Based Learning, Context-Abstraction-Application, Integration Models between Project and Disciplines.

1. Introduction

Aujourd'hui, on trouve le terme « projet » dans de nombreuses institutions et dans de nombreux programmes de formation de l'enseignement supérieur. Cependant, la notion même de projet reste souvent imprécise : elle peut recouvrir des réalités très diverses. On parle ainsi de projet d'établissement, de projet de formation, de projet de développement personnel, de projet professionnel, de projet pédagogique, de « projet pour apprendre » (Raucent, Jacqmot, de Theux & Milgrom, 2006 ; Raucent, Trullemans, Fisette, Dochain, Giot & de Theux, 2003). C'est sur le concept de projet pour apprendre que nous nous focalisons ici. Nous écartons donc les projets de construction identitaire (capacité de l'individu à se mettre en projet en tant que savoir-être ou savoir devenir) et les projets d'intention comme, par exemple, les projets d'établissement.

Le « projet pour apprendre », appelé aussi « projet d'apprentissage », couvre un très large éventail de dispositifs de terrain. On peut ainsi entendre parler d'apprentissage par projets, de projet d'application et de projet d'intégration. On constate également souvent un amalgame, voire une confusion entre apprentissage par projets et apprentissage par problèmes. Toutes ces dénominations désignent des dispositifs souvent similaires, mais avec des spécificités fortes.

Le but de cet article est d'apporter les éléments nécessaires au concepteur de dispositifs pour qu'il puisse concevoir le dispositif de type « projet » le plus adéquat au regard de ses objectifs. La section 2 a pour objectif de clarifier la notion d'apprentissage par projets. La section 3 s'attache à décrire des concepts clés sur lesquels s'appuie l'apprentissage par projets. La section 4 présente brièvement un exemple de mise en œuvre. La cinquième et dernière section aborde les différents éléments clés de la pédagogie du projet d'apprentissage.

2. Origine et définition

On peut faire remonter la notion de projet comme outil pédagogique à J. Dewey, qui esquisse en 1897 le principe « apprendre en faisant » (*Learning by Doing*). Son objectif est de créer du sens en proposant un apprentissage dans un contexte d'activité libre plutôt que dans un contexte disciplinaire. L'apprenant n'est plus seulement invité à se représenter le phénomène à comprendre,

il est invité à en faire l'expérience dans son environnement physique et social. (Boutet, 2016). Une dizaine d'années plus tard son élève W. H. Kilpatrick introduit le *Project-Based Learning* pour implémenter concrètement les idées générales énoncées par Dewey. Il vise la stimulation de l'engagement et la prise en compte de toutes les dimensions de l'apprenant, autant émotive que cognitive, sensorielle que relationnelle (Kilpatrick, 1918). Les bénéfices apportés par le projet d'apprentissage sont présentés par Perrenoud (2002).

En ce qui concerne l'enseignement supérieur, il faut attendre la fin des années 1960, pour voir la faculté de médecine de l'Université McMaster, lancer un premier programme d'apprentissage par problèmes, l'Université de Maastricht suit quelques années plus tard. Tout au début des années 1970, les Universités d'Aalborg et de Roskilde sont créées au Danemark en adoptant comme principes fondateurs une approche pédagogique basée sur les projets et les problèmes (Kolmos, Holgaard & Du, 2009). Depuis, de nombreuses universités se sont lancées dans le mouvement des pédagogies actives¹ en visant à rendre les élèves pleinement acteurs de leurs apprentissages et en les invitant à chercher, à inventer et à apprendre par eux-mêmes.

Le « projet d'apprentissage » est un dispositif qui vise l'acquisition de savoirs et de savoir-faire selon trois axes complémentaires (Raucent *et al.*, 2006) :

- donner du sens et atteindre des acquis d'apprentissage disciplinaires, intégrer des acquis de plusieurs disciplines ;
- exploiter de nouvelles compétences intellectuelles et/ou scientifiques transdisciplinaires telles que la collecte et l'analyse d'informations, l'appui sur l'imagination, la créativité, l'esprit critique, l'autonomie, etc. ;
- exploiter des compétences interpersonnelles comme, par exemple, la capacité à travailler en groupe, la gestion d'un groupe, la gestion d'opinions divergentes ou simplement le partage d'opinions, etc. Sont visées ici des attitudes sociales et relationnelles.

Le projet d'apprentissage possède les caractéristiques principales suivantes : il est initié par une situation, une demande, un besoin, un défi auquel il n'est pas possible d'apporter une réponse immédiate, mais qui exige, de la part des apprenants, un travail de recherche d'informations, de construction de connaissances, d'analyse, de critique, de conception, de synthèse, de réalisation pour construire la réponse à la situation de départ et la produire dans les délais impartis. La

¹ Il vaudrait sans doute mieux parler des « pédagogies de l'apprentissage actif », car ce ne sont évidemment pas les pédagogies qui sont actives, mais bien les apprenants.

démarche du projet pour apprendre inclut une dimension de gestion coopérative associée à un engagement individuel de tous les participants.

Le projet d'apprentissage se déroule avec des alternances de phases d'apprentissage coopératif et d'apprentissage individuel. Les apprenants engagés dans un tel projet sont habituellement accompagnés par un ou plusieurs enseignants jouant le rôle de « tuteurs » (Raucent *et al.*, 2006).

Cette description du projet d'apprentissage est proche de celle de l'apprentissage par problèmes telle que présentée par Barrows (1996). Deux spécificités du projet méritent cependant d'être mentionnées. (1) Le projet a comme spécificité de s'appuyer sur la réalisation d'un produit livrable (une production physique, un logiciel, une activité...). Ainsi, la situation initiale décrit un besoin ou une demande que le projet est amené à résoudre sous la forme d'une production. Ce produit est documenté sous la forme d'un rapport (Raucent & Milgrom, 2013). Dans le cas du problème, la situation de départ vise plus à comprendre et expliquer un phénomène : analyser une situation pour en tirer une synthèse (Mauffette, Kandlbinder & Soucisse, 2004) et (Raucent, Milgrom, Jacmot & Nagy, 2023). (2) Le traitement d'un projet est en général assez libre, alors que la résolution du problème suit une méthode rigoureuse organisée en étapes clés imposées (Servant-Miklos, 2019). L'annexe 1 présente deux exemples de situations d'apprentissage par problèmes et par projet.

3. Le projet pour apprendre ou projet d'apprentissage

3.1. Les modèles d'intégration

Le projet d'apprentissage est couramment vu comme un dispositif impliquant plusieurs disciplines dans le but de produire une réponse à une situation donnée. Les disciplines peuvent alors être vues principalement comme « mises au service » du projet ; elles risquent alors de perdre leur visibilité et leur importance aux yeux des étudiants. Dans le projet, il importe de clarifier la place de l'apprentissage et, en particulier, de l'apprentissage disciplinaire, ainsi que la relation de celui-ci avec les apprentissages réalisés au sein des autres composantes du programme, en particulier les modules disciplinaires.

Le projet d'apprentissage permet la mobilisation des savoirs et savoir-faire acquis précédemment. On se trouve ainsi dans le premier modèle de Roegiers (2001) : le modèle d'intégration. Les matières sont acquises dans le cadre d'activités disciplinaires antérieures et

validées dans ces activités pour être ensuite mobilisées par un projet dans un semestre ultérieur : on parle alors de **projet d'application** (cas A dans la figure 1).

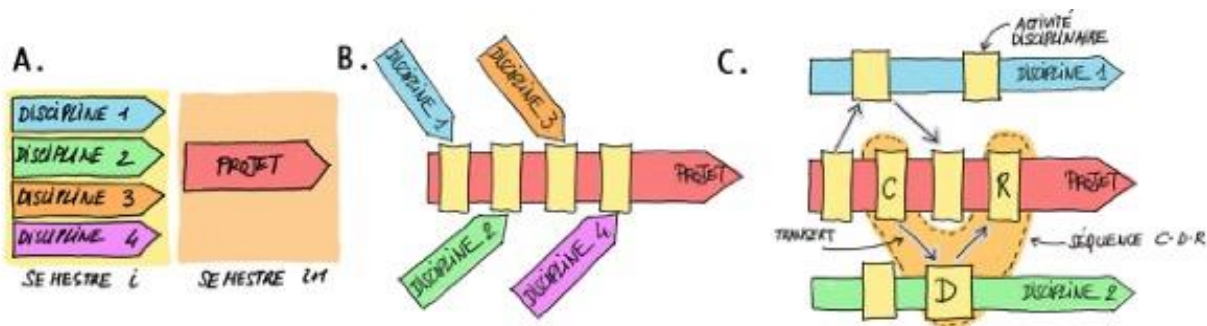


Figure 1. Trois modèles d'intégration

Roegiers introduit la notion de thème intégrateur ou de situation intégrative dans un deuxième modèle : une approche intégrative exploite dans un même semestre la complémentarité des disciplines. On parle alors parfois de **projet en cascade** ou **en arête de poisson** pour exprimer que les acquis disciplinaires sont atteints dans les activités disciplinaires et exploités progressivement dans le cadre du projet, qui constitue ainsi l'arête principale du semestre (cas B dans la figure 1).

Un autre objectif du projet est de donner du sens aux apprentissages. Mais, dans ce cas, un projet qui vient après les activités disciplinaires ne convient pas pour donner du sens à ces activités. On en arrive alors à un troisième modèle de projet, dans lequel il y a des allers-retours entre le projet et les différentes disciplines impliquées (cas C de la figure 1). Ce type de projet exploite la séquence Contextualisation – Décontextualisation – Recontextualisation (C-D-R) qui se base sur la notion de transfert.

3.2. Le transfert des apprentissages et la séquence C – D – R

Presseau s'inspire des travaux de Tardif et Meirieu (1996) pour définir le transfert comme « *le processus par lequel des connaissances construites dans un contexte particulier sont reprises dans un nouveau contexte, que ce soit pour construire de nouvelles connaissances, pour*

développer de nouvelles compétences ou pour accomplir de nouvelles tâches » (Presseau, 2000, p. 517). Elle ajoute cependant : « l'expression transfert laisse penser à un "transport" et la métaphore désigne ici un objet qui passerait d'un point à un autre en restant identique ; or, nous savons bien qu'en matière de connaissances, il n'en est rien, puisque précisément, s'il en était ainsi, il n'y aurait jamais d'acquisition ni de progression. Enfin, l'expression suggère indéniablement que l'on acquiert d'abord et que l'on transfère après... ce que tous les travaux actuels contredisent, montrant que le transfert est la condition de l'apprentissage et non l'inverse » (Meirieu, 1994).

Tardif et Meirieu (1996), (Tardif, 1999) sont les premiers à introduire l'intérêt, pour l'apprentissage, d'une séquence en trois temps : Contextualisation - Décontextualisation – Recontextualisation :

- **Contextualiser** : Démarrer l'apprentissage en mettant l'étudiant dans une situation (« situation-source ») signifiante, c'est-à-dire authentique, concrète, proche de ses préoccupations, similaires à celles qu'il pourra rencontrer dans sa réalité quotidienne de futur professionnel (Vanpee *et al.*, 2010) et qui contient un niveau de complexité comparable au réel, c'est-à-dire une situation qui se situe en dehors du contexte d'apprentissage « scolaire » (Renaud, Guillemette & Leblanc, 2015).
- **Décontextualiser** : Amener l'étudiant à faire **abstraction** de la situation initiale, ce qui favorise la prise de conscience de l'apprentissage nécessaire par rapport à la situation-source et mène à une situation d'apprentissage abstraite. Cette étape doit viser à dégager des règles, des modèles et des principes qui sont habituellement rattachés à une ou plusieurs disciplines particulières. Ces disciplines ne doivent évidemment pas se limiter à fournir les moyens de traiter les situations apparues dans les projets. Elles doivent être organisées de façon à couvrir l'ensemble des acquis d'apprentissage visés par le dispositif. Les situations ne sont, du point de vue des enseignants disciplinaires, que des occasions utiles pour susciter une partie des apprentissages visés (« créer le besoin d'apprendre »).
- **Recontextualiser** : L'étudiant est amené à établir les liens entre une ou des situation(s) cible(s) abstraites et la situation-source telle que perçue initialement en vue d'identifier les conditions de transférabilité des acquis disciplinaires « théoriques » vers une situation concrète particulière. Il s'agit de favoriser la réflexivité concernant le lien entre l'acquis disciplinaire et l'applicabilité, éventuellement conditionnelle, à une situation

concrète. Cela permet à l'apprenant de se former à la réutilisation de connaissances dans une famille de situation proches les unes des autres (Renaud *et al.*, 2015).

En d'autres mots, l'élément central de la séquence C-D-R est d'amener l'étudiant à transférer d'une situation à une autre à plusieurs reprises. Ce mécanisme de transfert renforce l'apprentissage, car il facilite chez l'étudiant la prise de conscience effective de ce qu'il a appris. Lorsque l'apprenant perçoit bien les similarités entre deux situations, il est mieux en mesure de réutiliser les connaissances construites dans la situation-cible en les ajustant à la situation-source (Renaud *et al.*, 2015).

3.3. Le projet d'apprentissage en séquence C-D-R

Dans le cas C d'intégration présenté à la figure 1, le projet met l'apprenant face à un contexte : une situation, des questions, des problèmes non directement traitables par lui sur la base de ses acquis antérieurs. Par exemple : la modélisation d'un dispositif fait apparaître une équation que l'étudiant ne sait pas (encore) résoudre. Cela l'incite à apprendre ce qui est nécessaire dans la ou les disciplines impliquées (dans l'exemple : les mathématiques) pour traiter cette situation, ces questions, ces problèmes (dans l'exemple : l'équation). Cependant, plutôt que de traiter uniquement la situation, la question, le problème source, l'étudiant est amené à généraliser (décontextualiser – **D**), c'est-à-dire à faire abstraction du contexte source pour étudier la version abstraite de la situation, de la question, du problème dans la ou les disciplines concernées et exploiter les ressources fournies (ou à découvrir). L'étape finale consiste, pour l'étudiant, à appliquer ce qu'il vient d'apprendre pour traiter la situation, la question, le problème source (recontextualiser – **R**). Dans l'exemple, cela reviendra à appliquer la ou les méthodes de résolution apprises par l'étude du sujet en mathématiques au cas particulier de l'équation apparue dans la modélisation (la situation-source).

Dans cette séquence, la situation-source et la situation-cible sont fortement liées entre elles. Afin de favoriser un transfert à une plus large famille de situations, la décontextualisation doit faire abstraction de la situation-source et, en même temps, mettre en évidence ses caractéristiques dans la perspective d'une éventuelle situation-cible plus éloignée de la situation-source. De même, lors de la recontextualisation, il ne suffit pas d'appliquer ce qui a été appris au seul cas de la situation-source : il convient d'adopter une vision plus large pour identifier les conditions d'application généralisables à une plus large famille de situations. En pratique, des temps formels de réflexion doivent être introduits dans le dispositif d'apprentissage et le tuteur doit favoriser cette perspective (cf. section 5.2).

4. Un exemple de projet d'apprentissage en séquence C-D-R

Le principe du projet C-D-R est appliqué depuis plus de 20 ans dans la première année des études d'ingénieur à l'École Polytechnique de Louvain (EPL)¹, (Soares-Frazão, 2022). La situation du projet de l'année 2022 proposée aux 350 étudiants de première année est inspirée d'un projet « contre la montre » proposé en 1995 (Raucent & Johnson, 1997). Le principe est simple : concevoir un engin propulsé par une source d'énergie stockée sous forme mécanique et estimer à l'avance la distance (> 0) qu'il sera capable de parcourir. Le gagnant sera le groupe dont l'estimation sera la plus proche de la distance réellement parcourue.

Le sujet de l'édition 2022 se résume en quelques phrases : « *Il est moins une pour le climat ! Les ressources d'énergie ne sont pas inépuisables, les défis ne manquent pas ! Le contexte actuel nous montre que l'approvisionnement en énergie ne peut plus être garanti tout le temps, partout... On peut bien sûr essayer de trouver des sources d'énergie alternatives, mais surtout, il devient de plus en plus important de ne pas gaspiller l'énergie dont nous disposons ! L'EPL lance les étudiants de Bac11 sur un concours inspiré de l'Éco-marathon Shell : le Marathon 5 Joule. En un mot : faire parcourir à un engin la plus grande distance possible avec seulement 5 joules d'énergie stockée exclusivement sous forme mécanique. Votre objectif est double : proposer pour le concours de la semaine 12 un prototype de qualité fabriqué en utilisant une machine d'impression 3D et modéliser et simuler votre engin en vue d'estimer à l'avance la distance qu'il parcourra ...* ». Proposée en ces termes, cette situation est bien du type « plan d'action en vue de produire un livrable ». Cependant, la dernière phrase induit non seulement des acquis d'apprentissage de type projet, mais également des acquis transversaux et disciplinaires dans les matières liées au projet : physique, mathématique, dessin et informatique.

Le projet se déroule sur 12 semaines ; les étudiants, répartis en groupes de 6, se rencontrent chaque semaine avec un tuteur. Le tuteur a un rôle de coach et n'est pas spécialiste dans toutes les disciplines impliquées. Le projet est le véritable fil conducteur du semestre car il établit des liens avec et entre les enseignements disciplinaires du semestre dans les quatre matières en question.

La figure 2 présente les étapes principales de la ligne du temps ainsi que les séquences C-D-R proposées par les concepteurs du projet en coordination avec les enseignants des matières du semestre. Le tableau 1 présente le détail des situations-sources qui vont susciter chez eux des

¹ Il s'agit d'un programme d'études en cinq ans après le secondaire.

questions (Contextualisation) qui seront traitées dans un contexte abstrait (théorique) par les disciplines (Décontextualisation).

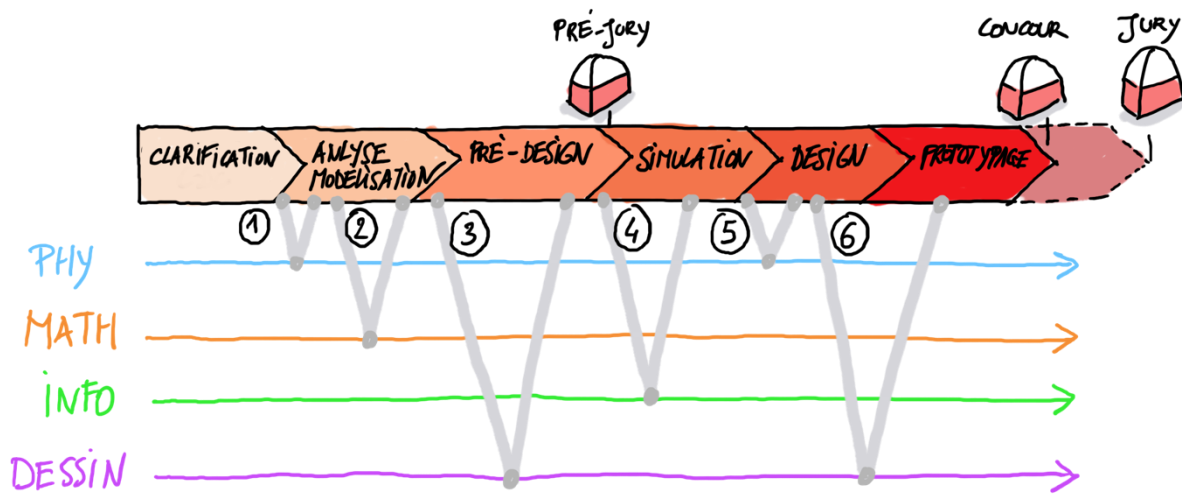


Figure 2. Les étapes du projet Marathon 5 Joule

Le projet est séquencé en 6 étapes classiques pour le traitement d'un projet dont le but (au premier degré) est de concevoir un dispositif :

- **Clarification** de l'objet à concevoir. Sur la base de l'énoncé, les étudiants doivent clarifier et spécifier l'objet qu'ils souhaitent concevoir. Cette étape se termine par la rédaction d'un cahier des charges qui est spécifique à chaque groupe vu l'aspect ouvert de l'énoncé.
- **Analyse du problème et modélisation** de l'engin et de la source d'énergie. À ce stade, les étudiants se posent un certain nombre de questions telles que : Que signifie « 5 Joule » ? Est-ce peu ou beaucoup d'énergie ? Comment définir la notion d'énergie ? Quelles sont les sources d'énergie mécanique disponibles ? Comment calculer l'énergie mécanique contenue dans un dispositif de stockage ? Pourquoi l'engin va-t-il progressivement perdre de la vitesse ? Comment tenir compte du frottement ? Ces questions constituent le départ de la première séquence C-D-R, avec une décontextualisation faite dans le cours de physique (cf. tableau 1). Il existe une modélisation simple du frottement qui conduit à une équation différentielle qui peut être résolue analytiquement grâce aux apports du cours de math (Séquence C-D-R 2).

- **Pré-design** : Sur base de la modélisation physico-mathématique, les étudiants sont en mesure de produire un « pré-design » qui sera présenté devant un jury avec une finalité purement formative. La 3^e séquence C-D-R est initiée par le besoin de dessiner les solutions et de choisir le concept le plus prometteur, qui sera présenté au jury.
- À l’occasion de ce « pré-jury », les étudiants sont invités à questionner leur solution et éventuellement à revoir leur choix et à en proposer une autre.
- Les étudiants sont ensuite invités à considérer un modèle plus complexe du frottement, qui conduit à une modélisation ne pouvant pas être résolue analytiquement. La 4^e séquence C-D-R porte sur la **simulation** de la trajectoire qui sera décontextualisée dans le cours d’informatique.
- Suite aux simulations, les étudiants peuvent ajuster les paramètres de leur modèle et entamer le dimensionnement de leur engin qui conduit ainsi au **design** final (séquence C-D-R 5). La 6^e séquence est entamée par le besoin de produire des fichiers numériques qui représentent le dessin des pièces en vue de les fabriquer en prototypage rapide.

Tableau 1 : Situations-sources et questionnements à l’origine d’une séquence C-D-R

	Situation source	Questions	Décontextualisation
1.	Un engin disposant de 5J d’énergie stockée mécaniquement. L’engin ralentit progressivement	Que signifie 5 Joule ? Est-ce beaucoup d’énergie ? Comment définir la notion d’énergie ? Quelles sont les sources d’énergie mécanique disponibles ? Comment calculer l’énergie mécanique d’un dispositif de stockage ? Qu’est-ce que le frottement ? Comment le modéliser ? Quelle est l’énergie consommée par le frottement ?	Notions introduites dans le cours de physique : <ul style="list-style-type: none"> • Concept d’énergie • Calcul de l’énergie stockée • Description des modèles de frottement • Modélisation du mouvement
2.	Résolution analytique	Comment résoudre l’équation différentielle pour un cas simple ?	Résolution d’équations différentielles dans le cours de mathématique
3.	Représentation	Comment dessiner un concept mécanique en vue de choisir la meilleure solution sur papier ? Comment décrire l’engin que l’on souhaite concevoir devant un jury ?	Le cours de dessin introduit le schéma cinématique pour aider à concevoir et le dessin technique d’ensemble pour décrire la solution
4.	Simulation	Comment simuler les cas qui n’ont pas de solution analytique ?	Introduction de la simulation numérique dans le cours d’informatique ; programmation en langage Python

5.	Dimensionnement	Comment dimensionner finement les composants de l'engin et du système de stockage pour stocker l'énergie et réduire les frottements ?	Notions du cours de physique : <ul style="list-style-type: none"> • Calcul de l'énergie stockée • Condition du roulement sans glissement
6.	Réalisation de pièce en prototypage rapide	Comment dessiner les pièces grâce au logiciel de dessin assisté par ordinateur ?	Le cours de dessin apporte les clés du dessin sur un logiciel de dessin assisté par ordinateur

L'évaluation certificative en fin de projet comporte une composante de groupe (un rapport et une présentation devant un jury) ainsi qu'une évaluation écrite individuelle sur les acquis disciplinaires en physique, mathématique, informatique et dessin.

5. Quelques clés pour la mise en œuvre de projets d'apprentissage

5.1. La coordination

Le modèle de projet en séquence C-D-R permet d'atteindre les objectifs d'apprentissage du projet (y compris ses objectifs disciplinaires) et, en même temps, de laisser une autonomie à chaque discipline quant à ses propres objectifs et ses méthodes : il s'agit d'une intégration étroite, mais sans subordination. Une collaboration est bien évidemment nécessaire entre tous les enseignants concernés lors de la conception du projet ainsi que durant sa mise en œuvre afin de coordonner l'avancement du projet avec les activités et apprentissages disciplinaires. Un travail important à réaliser par les concepteurs du projet consiste à identifier clairement les questions introduites par la situation-source (cf. tableau 1).

Une coordination est également nécessaire au sujet de l'évaluation des acquis d'apprentissage. Il est nécessaire de décider, pour chaque acquis d'apprentissage, si son niveau d'atteinte sera évalué dans le cadre de l'évaluation du projet ou dans l'évaluation de la/des discipline(s) concernée(s).

Pour des raisons évidentes, le sujet du projet change chaque année, mais l'équipe d'enseignants veille à conserver au maximum les situations-sources d'une année à l'autre afin de minimiser le travail de préparation et de favoriser la réutilisation de matériel pédagogique. Dans le cas de l'exemple présenté à la section 4, le sujet change chaque année, mais se concentre toujours sur un engin : une année l'engin est roulant, la suivante il est flottant ou volant. L'engin roulant peut être sur roue libre (comme dans le cas du marathon 5 J) ou simplement être composé d'une bille

guidée par un double rail. Il existe un très grand nombre de variantes qui permettent de conserver la majorité des séquences C-D-R présentées plus haut.

5.2. Apprentissage en profondeur

Dans leurs travaux, Chi et ses collègues (Chi, Adams, Bogusch, Bruchok, Kang, Lancaster & Stump, 2018 ; Chi & Wylie, 2014) décrivent le modèle ICAP (pour Interactif, Constructif, Actif et Passif) qui présente 4 niveaux d'engagement cognitif croissant : réception passive, manipulation active, production constructive et dialogue interactif, ce dernier contribuant à l'apprentissage en profondeur. « *Lorsque l'étudiant apprend une matière profondément, il essaye d'en comprendre le sens sous-jacent, d'établir des liens entre la matière étudiée, les connaissances antérieures et les expériences personnelles et de traiter cette information de façon critique* » (De Clercq et al., 2022).

Le projet d'apprentissage en séquence C-D-R visant à produire une réponse à une situation donnée se situe au moins au niveau Actif du modèle ICAP, mais il ambitionne le niveau Interactif : les transferts entre les étapes (C vers D et D vers R) doivent être vus comme des temps favorisant la réflexivité en vue d'un apprentissage en profondeur. Cela n'est cependant pas simple, car les étudiants ont une tendance naturelle à se concentrer sur la recherche d'une solution sans accorder suffisamment d'attention – et de temps – à la réflexion. Pour favoriser l'apprentissage en profondeur, il est donc nécessaire d'apporter des réponses aux deux questions suivantes.

Produire une solution ou apprendre ?

Dans un dispositif de type projet, les étudiants font face à deux objectifs qui peuvent paraître contradictoires : produire la meilleure solution possible et apprendre pour atteindre le mieux possible les objectifs d'apprentissage en vue des évaluations. Perrenoud (1998) décrit la tension entre un projet d'apprentissage et un projet d'action. Les étudiants sont naturellement bien souvent entraînés vers une logique de « groupe à tâche », c'est-à-dire un groupe qui vise avant tout la production attendue et, de préférence, au moindre coût. Le travail se répartit alors entre les étudiants dans une logique de compétence et d'efficacité : chacun se confine dans sa zone de confort et fait ce qu'il sait (déjà) bien faire. La logique du groupe d'apprentissage est évidemment orthogonale à cette approche. Comme l'enseignant s'attend à ce que tous les membres du groupe atteignent les mêmes acquis d'apprentissage, chacun d'entre eux doit réaliser des actions qui ne sont pas nécessairement identiques, mais au contenu pédagogique équivalent et menant à

atteindre la totalité des acquis d'apprentissage visés, éventuellement avec des niveaux de performance différents. Il s'agit donc de favoriser la réflexion chez l'apprenant. Presseau (2003, p. 117), citée dans (Renaud *et al.*, 2015) suggère que pour favoriser le transfert, durant la phase de recontextualisation « *l'étudiant devrait justifier quelles conditions l'autorisent à pouvoir réutiliser les mêmes apprentissages dans ces nouveaux contextes* ». Pour l'enseignant, l'enjeu majeur est de rendre la tension production/apprentissage explicite et d'amener les étudiants à prendre conscience, par la réflexion, des objectifs d'apprentissage du projet et de les assumer. Il est donc nécessaire d'effectuer un travail adéquat de sensibilisation des étudiants à ce propos et de former les enseignants pour qu'ils puissent acquérir une posture correcte de tuteur et assurer un accompagnement adéquat. Le tuteur doit ainsi non seulement aider le groupe à trouver une solution correcte mais aussi – et surtout – favoriser l'atteinte des acquis d'apprentissage par tous.

Accompagner la production de l'équipe ou l'apprentissage ?

Une enquête menée en 2011 auprès des tuteurs des projets dans le dispositif décrit à la section 4 a permis de mettre en évidence que les rôles perçus comme les plus importants étaient : expert dans les matières, superviseur, gardien du temps et policier. « *La pratique qu'ils décrivent est prioritairement axée sur la mise en route et le suivi de l'avancement de la production. Les tuteurs apparaissent alors comme les principaux gardiens des consignes, des règles et du planning [...]* » (Verzat, Raucant & O'Shea, 2015). Les rôles d'accompagnateur, d'entraîneur ou de facilitateur n'apparaissent que secondairement.

Or, l'approche pédagogique du projet d'apprentissage ambitionne de susciter un dialogue interactif entre les étudiants en les amenant à confronter des divergences d'opinion. Cette confrontation d'opinions est destinée à induire, chez l'étudiant, un conflit, une incompatibilité entre ses propres croyances et représentations et celles des autres. C'est ce que Doise et Mugny (1981) – s'appuyant sur les travaux de Piaget sur le conflit cognitif et sur ceux de Vygotsky concernant l'importance des interactions sociales pour l'apprentissage – appellent un « conflit sociocognitif ».

La prise de conscience de l'existence de différents points de vue devient fondamentale et devrait conduire à remettre en question les certitudes, qu'elles soient fondées ou non (Jonnaert & Vander Borght, 1999). « *Ces interactions permettront donc à une personne d'adopter un point de vue qui n'est pas le sien, d'identifier les éléments justifiant les divergences et donc d'atteindre une compréhension plus nuancée et complexe du sujet au cœur du conflit sociocognitif* » (De Clercq *et al.*, 2022). Il a par ailleurs été montré par Butera et ses coauteurs (2011) que cette régulation

pouvait être de nature épistémique (orientée sur les idées et les sources des conflits) ou relationnelle (un membre veut avoir raison sur les autres).

Dans cette optique, le rôle du tuteur est donc d'aider à l'explicitation et au traitement des conflits sociocognitifs (Johnson & Johnson, 2009). Un tuteur qui se focalise principalement sur la production finale aura tendance à considérer que les discussions en lien avec des conflits sociocognitifs sont une perte de temps alors qu'il ferait mieux de les exploiter à des fins d'apprentissage. Il est donc essentiel que les tuteurs perçoivent correctement leur rôle à ce sujet et qu'ils soient formés dans ce sens (Raucent *et al.*, 2021-a ; Raucent *et al.*, 2021-b).

6. Conclusion

La mise en œuvre d'une pédagogie basée sur le projet d'apprentissage passe par la maîtrise de quatre défis : positionner et assurer la qualité de l'apprentissage disciplinaire, gérer la tension entre produire et apprendre, favoriser la réflexivité et, enfin, assurer l'accompagnement de l'apprentissage en groupe et individuel.

Le projet d'apprentissage basé sur la séquence C-D-R place l'apprentissage disciplinaire au centre de ses objectifs. Il permet d'intégrer le projet avec les disciplines tout en permettant à celles-ci de conserver leur autonomie. Il donne du sens à l'apprentissage disciplinaire et, par le double transfert (C vers D et D vers R), contribue à l'apprentissage en profondeur. Les deux autres défis doivent être gérés par l'action et le comportement des tuteurs, formés à ce nouveau rôle.

Pour mettre le projet d'apprentissage basé sur la séquence C-D-R en œuvre, l'expérience nous amène à considérer que quatre conditions principales doivent être réunies :

1. Durant la phase de conception, les enseignants impliqués doivent avoir une vue cohérente de l'ensemble des acquis d'apprentissage visés durant le semestre et baliser les points d'ancrage du projet avec les disciplines (situations-sources et questionnement).
2. Les enseignants qui seront les tuteurs sur le terrain doivent avoir une vision claire de leur posture et être entraînés à la pratique du tutorat, notamment en vue de favoriser la réflexivité.
3. Durant la mise en œuvre, une coordination doit être organisée pour assurer le bon déroulement des séquences C-D-R et le travail de terrain des tuteurs.

4. Il faut organiser des activités de familiarisation des étudiants à la séquence C-D-R et les former à la réflexivité.

Remerciements

Merci à Élie Milgrom et à Cécile Vander Borghet pour leurs relectures.

Références bibliographiques

Barrows, H. S. (1996). Problem-based learning in medicine and beyond: a brief overview. *New Directions for Teaching and Learning*, 1996, 3-12. URL: <http://dx.doi.org/10.1002/tl.37219966804>.

Ben Naoum, Q., Keunings, R., Legat, J.-D., Pecheur, Ch. & Raucent, B. (2012). *Un robot de basket pour les futurs jeux de Rio*, École Polytechnique de Louvain.

Boutet, M. (2016). Expérience et projet : la pensée de Dewey traduite en action pédagogique. *Phronesis*, Université de Sherbrooke, 5(2), 23-34. URL : <https://id.erudit.org/iderudit/1038137ar>, Doi : <https://doi.org/10.7202/1038137ar>

Butera, F., Darlon, C. & Mugny, G. (2011). *Learning from Conflict, in Rebels in Groups: Dissent, Deviance, Difference and Defiance* (pp. 36-53). Hoboken NJ: Wiley-Blackwell.

Chi, M.T., Adams, J., Bogusch, E.B., Bruchok, C., Kang, S., Lancaster, M. & Stump, G.S. (2018). Translating the ICAP Theory of Cognitive Engagement into Practice. *Cognitive Science*, 42(6), 1777-1832.

Chi, M.T. & Wylie, R. (2014). The ICAP Framework: Linking Cognitive Engagement to Active Learning Outcomes. *Educational Psychologist*, 49(4), 219-243.

De Clercq, M., Frenay, M., Wouters, P. & Raucent, B. (2022). *Pédagogie active dans l'enseignement supérieur. Description de pratiques et repères théoriques*. Bruxelles/Berlin : Peter Lang.

Doise, W. & Mugny, G., (1981). *Le développement social de l'intelligence*. Paris : Interéditions.

Johnson, D.W. & Johnson, R.T. (2009). An Educational Psychology Success Story: Social Interdependence Theory and Cooperative Learning. *Educational Researcher*, 38(5), 365-379. Doi : 10.3102/0013189X09330957

Jonnaert, P. & Vander Borghet, C. (2009). *Créer des conditions d'apprentissage. Un cadre de référence socioconstructiviste pour une formation didactique des enseignants*. Paris/Bruxelles : De Boeck-Université, 3^e éd.

Kilpatrick, W.H. (1918). The Project Method. *Teachers College Record*, 19(4), 319-335.

Kolmos, A., Hogaard, J. & Du, X. (2009). Transformation du curriculum : vers un apprentissage par problème et par projet. Dans D. Bédard & J.-P. Bécharde (Dir.), *Innover dans l'enseignement supérieur* (pp. 151-166). Paris : Presses universitaires de France.

Mauffette, Y., Kandlbinder, P. & Soucisse, A. (2004). The Problem in Problem-based Learning is the Problems: But Do they Motivate Students? Dans M. Savin-Baden & K. Wilkie (Eds.), *Challenging Research into Problem-based Learning* (pp. 12-25). Buckingham: SRHE and Open University Press.

Meirieu, Ph. (1994), Le transfert de connaissances : éléments pour un travail en formation, <https://www.meirieu.com/OUTILSDEFORMATION/transferttexte.pdf>, consulté le 13/4/2021.

Perrenoud, P. (1998), Réussir ou comprendre ? Les dilemmes classiques d'une démarche de projet. URL : http://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/perrenoud/php_main/Textes_1998.htmlRéussir.

Perrenoud, P. (2002). Apprendre à l'école à travers des projets : Pourquoi ? Comment ? *Éducateurs*, 14, 6-11.

Presseau, A. (2000), Analyse de l'efficacité d'interventions sur le transfert des apprentissages en mathématiques. *Revue des sciences de l'éducation*, 26(3), 515-544.

Presseau, A. (2003). La gestion du transfert des apprentissages. Dans C. Gauthier, J.-F. Desbiens, & S.Martineau, S. *Mots de passe pour mieux enseigner*, Québec : Les presses de l'université de Laval, 107-141.

Raucent, B. (2012). *Adonis, Énoncé de problème*, École Polytechnique de Louvain.

Raucent, B., Jacqmot, C., de Theux, M.-N. & Milgrom, E. (2006). Le projet dans la formation des Ingénieurs. Dans B. Fraysse (Dir.), *Professionnalisation des élèves ingénieurs* (pp. 61-86). Paris : L'Harmattan.

Raucent, B. & Johnson, D. (1997). A Linking Design and Simulation: A Student Project. *Journal of Engineering Design*, 8(1), 19-31.

Raucent, B. & Milgrom, E., (2013). Un bon sujet pour un projet de conception. *Actes du 7^e colloque QPES Sherbrooke*, 641-649.

Raucent, B., Milgrom, E., Jacqmot, Ch. & Nagy, V. (2023), What is Problem-based Learning and How to Put it into Practice? Dans B. Raucent & P. Wouters (Dir.), *Les Cahiers du Louvain Learning Lab.*, Louvain-la-Neuve : Presses universitaires de Louvain.

Raucent, B., Milgrom, E., Wouters, P., De Clercq, M. & Jacqmot, C. (2021a). Le tuteur comme accompagnateur de l'apprentissage actif. Dans B. Raucent, C. Verzat, C. Van Nieuwenhoven & C. Jacqmot (Dir.), *Accompagner les étudiants. Rôles de l'enseignant, dispositifs et mises en œuvre*, 2^e éd. (pp. 265-290). Louvain-la-Neuve : De Boeck.

Raucent, B., Trullemans, A.-M., Fisette, P., Dochain, D., Giot, M. & de Theux, M.-N. (2003). La solution est-elle le seul résultat d'un projet, le projet peut-il aussi contribuer à l'apprentissage d'une matière ? Colloque QPES.

Raucent, B., Wertz, V., Ducarme, D., Banaï, M., Jacqmot, C. & Oestges, C. (2021b). Former des tuteurs par immersion. Dans B. Raucent, C. Verzat, C. Van Nieuwenhoven & C. Jacqmot (Dir.), *Accompagner les étudiants. Rôles de l'enseignant, dispositifs et mises en œuvre*, 2^e éd. (pp. 307-328). Louvain-la-Neuve : De Boeck.

Renaud, K., Guillemette, F. & Leblanc, L. (2015) Formation à la pédagogie en enseignement supérieur UQTR, https://oraprdnt.uqtr.quebec.ca/Gsc/Portail-ressources-enseignement-sup/documents/PDF/soutien_transfert_apprentissages.pdf, consulté le 15/4/2021.

Roegiers, X. (2001), *Une pédagogie de l'intégration*. Bruxelles : De Boeck Université, 2^e éd.

Servant-Miklos, V.F.C. (2019) Fifty Years on: A Retrospective on the World's First Problem-based Learning Programme at McMaster University Medical School, *Health Professions Education*, 5, 3-12.

Soares-Frazão, S. (2022). Le projet P1 : Démarrer ses études d'ingénieur par un projet concret. Dans M. De Clercq, M. Frenay, P. Wouters & B. Raucent (Dir.), *Pédagogie active dans l'enseignement supérieur : Description de pratiques et repères théoriques*. Bruxelles/Berlin : Peter Lang.

Tardif, J. (1999). *Le transfert des apprentissages*. Montréal : Éd. Logiques.

Tardif, J. & Meirieu, P. (1996). Stratégie pour favoriser le transfert des connaissances. *Vie pédagogique*, 98(7), 4-7.

Vanpee, D., Frenay, M., Godin, V. & Bédard, D. (2010). Ce que la perspective de l'apprentissage et de l'enseignement contextualisés authentiques peut apporter pour optimiser la qualité pédagogique des stages d'externat. *Pédagogie médicale*, 10(4), 253-266.

Verzat, C., Raucent, B. & O'Shea, N. (2015). Réguler le leadership dans les groupes d'étudiants en APP. *Ripes. Revue internationale de pédagogie et de l'enseignement supérieur*, 31(1). URL : <http://ripes.revues.org/905>

Annexe 1 : Exemples de situations pour des problèmes et des projets

Exemple d'une situation problème pour des étudiants en premier cycle d'étude technique

ADONIS

Vous vous trouvez au 13 avenue de Moulinsart dans une réunion de « Tintinologues » qui discute sur l'album de Tintin « On a marché sur la lune » et plus particulièrement sur l'épisode durant lequel le capitaine Haddock, après avoir bu une bonne rasade de whisky, sort de la fusée et est attiré par l'astéroïde Adonis... Heureusement, Tintin, ce héros, fait manœuvrer habilement la fusée et récupère le capitaine grâce à un lasso... (p. 7 à 11).

Certains mettent en doute la véracité scientifique de l'épisode : Pourquoi le capitaine est-il attiré par Adonis et pas la fusée ? La trajectoire du capitaine est-elle plausible ? La corde est-elle suffisamment résistante que pour tirer Tintin et le capitaine ? etc. Bref, avec votre groupe vous devez, pour la semaine prochaine, apporter des explications scientifiques sur cet épisode. Concrètement, vous devez exploiter votre livre de physique et plus spécifiquement les notions de mouvement circulaire sur la gravitation, énergie potentiel de gravitation, énergie cinétique et conservation de l'énergie pour répondre aux questions suivantes. Attention, les réponses ne sont pas suffisantes, vous devez également fournir des justifications les plus précises possible.

1. Est-il normal que le capitaine soit seul à être « attiré » par Adonis ? Quelles sont les forces en présence ? 2. Quelle doit être la vitesse du capitaine pour qu'il devienne un satellite d'Adonis ? Quelle est la période de cette orbite ? 3. Quelle doit être la vitesse du capitaine pour qu'il s'écrase sur Adonis ? 4. Quelle doit être la vitesse du capitaine pour qu'il se libère de l'attraction d'Adonis ? 5. Même question pour la fusée. 6. Quelle est l'influence du soleil sur vos réponses aux questions 1 à 5 ? 7. Quelle est la force dans la corde quand Tournesol remet la fusée en route à la page 10 ? À l'issue de la séance prochaine, votre tuteur vous posera des questions pour vérifier votre apprentissage.

Pour info : Adonis est présenté comme une masse rocheuse de 700 m de diamètre, avec une masse de l'ordre de 15.000 kg. Le capitaine a une masse de 100 kg, Tintin de 75 kg et la fusée de 20 T et on suppose qu'ils sont à une distance de 10 km d'Adonis.

(Raucent, 2012)

Exemple d'une situation projet pour des étudiants en premier cycle d'étude technique

ROBOT-BASKET

Suite au succès rencontré par les jeux paralympiques de Londres, le Comité international paralympique envisage d'introduire une nouvelle discipline pour des paraplégiques profonds : le robot-basket. La compétition se déroule en deux temps : chaque athlète paraplégique programme son robot qui va ensuite concourir de manière autonome (sans intervention humaine). Au stade actuel, l'idée est d'introduire cette discipline en exhibition en 2016 pour son entrée officielle en 2020.

Dans ce cadre, le comité lance un concours de robot capable de jouer au basket. Le robot devra se déplacer de manière autonome sur un sol horizontal, plat en détectant automatiquement des obstacles ou en longeant un mur, une ligne etc. Le robot devra également être capable de tirer au panier

Votre objectif, pour P1, est donc de participer le mieux possible à ce concours. Nous vous invitons donc à prendre connaissance du règlement du concours en vue de proposer une solution illustrée par un prototype. Le concours n'est pas tout. En fin de quadrimestre, vous devrez convaincre les responsables que votre projet est viable...

(Ben Naoum, Keunings, Legat, Pecheur & Raucent, 2012)