

*Vers une migration digitale ludique ? L'intégration de la gamification dans l'enseignement de la modélisation paramétrique en ligne, en distance et en jeu-sérieux à l'Ecole d'Architecture.*

Mémoire de Master dans le cadre du Séminaire “Activités et Instrumentation de la Conception” sous la direction de François Guéna, Joaquim Silvestre et Anne Tüscher

*Étudiante : Nikoletta Savvidou / N° étudiant : 20130282*



## Table des matières

<b>Résumé.....</b>	<b>5</b>
<b>Mots-clés : .....</b>	<b>5</b>
<b>Avant-propos.....</b>	<b>7</b>
<i>Pourquoi ce sujet ? .....</i>	<i>9</i>
<i>Hypothèse et méthodologie de recherche.....</i>	<i>9</i>
<b>Introduction.....</b>	<b>12</b>
<i>La modélisation paramétrique .....</i>	<i>13</i>
<i>L'enseignement de la modélisation paramétrique.....</i>	<i>15</i>
<i>La motivation estudiantine.....</i>	<i>16</i>
Les théories de motivation .....	17
Les outils d'apprentissage et d'enseignement.....	19
La figure de l'enseignant et son rôle.....	20
Comment on développe un cours ? .....	21
Les cours E-learning .....	22
<b>Cours 1.0 : Les cours « traditionnels » de la modélisation paramétrique .....</b>	<b>24</b>
<i>Le cas d'étude no. 1   TR714 Initiation à la modélisation paramétrique .....</i>	<i>24</i>
<b>Cours 2.0 : Les cours en ligne de la modélisation paramétrique.....</b>	<b>25</b>
<i>Le cas d'étude no.2   PO821 Systèmes numériques de la conception digitale.....</i>	<i>25</i>
<b>Les enquêtes.....</b>	<b>27</b>
<i>Enquête 1 .....</i>	<i>27</i>
Résultats .....	27
Limitations .....	28
<i>Enquête 2 .....</i>	<i>28</i>
Résultats .....	29
Limitations .....	30
<b>Cours 2.5 : Vers un cours en ligne ludique de la modélisation paramétrique .....</b>	<b>30</b>
<b>La gamification .....</b>	<b>30</b>
<i>Explication des termes.....</i>	<i>30</i>
<i>La création d'un jeu-sérieux sous forme de jeu-vidéo .....</i>	<i>32</i>
<i>Analyse d'exemples de site E-learning courants .....</i>	<i>37</i>
<b>Aller au de-là du cours en ligne.....</b>	<b>42</b>
<i>Vers la gamification et l'automatisation du cours de modélisation paramétrique.....</i>	<i>42</i>
<i>Un nouveau système de notation automatisé.....</i>	<i>44</i>
<i>La communication .....</i>	<i>45</i>
<i>La qualité de l'expérience.....</i>	<i>46</i>

<i>L'importance du design d'un site : l'UI et de l'UX.....</i>	<i>47</i>
<i>Le site du cours.....</i>	<i>48</i>
<b>Une maquette du nouveau site pour le cours 2.5 .....</b>	<b>49</b>
<i>Le dashboard du cours .....</i>	<i>50</i>
<i>Le cours dans le nouveau site.....</i>	<i>51</i>
<i>Les caractéristiques du site .....</i>	<i>54</i>
<b>Conclusion .....</b>	<b>55</b>
<i>Questionnements sur le nouveau statut et rôle de l'enseignant.....</i>	<i>55</i>
<i>Limites de la recherche.....</i>	<i>57</i>
<i>Propositions pour une continuation de la présente recherche .....</i>	<i>57</i>
<i>Expérience d'oculométrie .....</i>	<i>58</i>
<i>Développement d'un prototype et une version alpha d'un nouveau cours.....</i>	<i>59</i>
<i>Objectifs d'une continuation de la présente recherche .....</i>	<i>59</i>
<b>Bibliographie .....</b>	<b>60</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>64</b>



## Résumé

Le présent mémoire intitulé *Vers une migration digitale ludique ? L'intégration de la gamification dans l'enseignement de la modélisation paramétrique en ligne, en distance et en jeu-sérieux à l'Ecole d'Architecture*, considère qu'un des cours qui est impliqué de manière plus évident à première vue au processus de la conception et de la représentation d'un projet architectural est le cours d'informatique. L'émergence des nouveaux outils informatiques liées à l'architecture font qu'aujourd'hui, les étudiants ont de plus en plus de matière à apprendre et à tester. Parmi ces cours, ils existent des cours de la modélisation paramétrique.

Le mémoire interroge l'efficacité ainsi que l'amélioration de deux cours de modélisation paramétrique *TR714 Initiation à la modélisation paramétrique* (semestre 1, Master 1) et *PO821 Systèmes numériques de la conception digitale* (semestre 2, Master 1) conçues et enseignées par François Guéna à l'ENSAPLV aux étudiants de Master 1 pendant l'année universitaire 2017-2018.

La particularité des deux cas d'étude est le passage d'un cours à l'autre en termes de séquence temporelle d'enseignement et de contenu enseigné (de l'initiation de la modélisation paramétrique vers des notions plus complexes) mais aussi, le fait que le cours *TR714* se déroule dans une salle de classe et le cours *PO821* est enseigné en distance et en ligne.

L'hypothèse est que le cours E-learning peut apporter plusieurs avantages notamment aux étudiants concernant leur motivation et leur efficacité à atteindre des objectifs pédagogiques. De plus, pour ce mémoire, il est supposé que la gamification d'un cours peut d'avantage bénéficier les participants du cours et rendre le cours plus ludique.

Pour discuter l'hypothèse, le mémoire analyse ce que c'est la modélisation paramétrique et les différentes théories de motivation. En outre, il aborde des notions importantes concernant la gamification, les jeux-sérieux, les jeux-vidéos ainsi les caractéristiques des sites E-learning actuels.

Pour conclure, le mémoire propose une maquette du nouveau cours de la modélisation paramétrique. Il interroge aussi le rôle de l'enseignant dans un "monde" virtuel d'enseignement de la modélisation paramétrique. Il discute également les limitations et fait des propositions pour une continuation de la recherche.

## Mots-clés :

Enseignement, enseignement à distance, modélisation paramétrique, gamification, jeux-sérieux (serious games), jeux-vidéos, E-learning, motivation, pédagogie, style d'apprentissage, architecture, informatique, automatisation



## Avant-propos

Le présent mémoire est inspiré par une envie d'analyser et mieux comprendre l'enseignement du projet d'architecture et par conséquent, les autres enseignements qui servent comme des outils afin que l'étudiant puisse s'améliorer dans la création de ses projets architecturaux.

Un étudiant en architecture a plusieurs cours à suivre tout au long de son cursus universitaire. Ces cours portent sur plusieurs sujets différents allant des cours de construction, de sociologie ou bien, de la philosophie. Selon moi, un des cours qui est impliqué de manière plus évidente à première vue au processus de la conception et de la représentation d'un projet architectural est le cours d'informatique.

Le cours d'informatique est un moyen pour les étudiants de se familiariser avec des outils informatiques courants notamment liés à l'architecture. Aujourd'hui, c'est plutôt avec de l'aide de outils informatiques que les étudiants transmettent au propre leurs visions sous forme des schémas et des dessins, qu'ils soient en 2D, 3D, vidéos ou autre, pour leurs rendus.

L'émergence des nouveaux outils informatiques, des nouveaux logiciels ainsi que les mises à jour des logiciels liés à l'architecture font qu'aujourd'hui, les étudiants ont de plus en plus de matière à apprendre et à tester. Cette masse d'information qui doit être transmises aux étudiants se voit aussi dans le contenu du document intitulé *Référentiel des processus de conception collaboratifs et numériques en études d'architecture*<sup>1</sup> (*Référentiel des processus de conception collaboratifs et numériques en études d'architecture* 2017) qui a été produit lors des 4èmes Assises du BIM qui ont lieu à l'Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Paris – Malaquais en 2017. Ce document a été le fruit de l'ensemble des quatre Assises du BIM<sup>2</sup> des ENSA<sup>3</sup> dans le cadre de la *Stratégie Nationale pour l'architecture (Accroître le rôle des architectes. Stratégie nationale pour l'architecture* 2015), mise en œuvre par le Ministère de la Culture et de la Communication en 2015.

Ce document, dont on peut voir le schéma global ci-dessous, liste les objectifs d'apprentissage à attendre pendant les cycles Licence, Master et HMONP<sup>4</sup>.

---

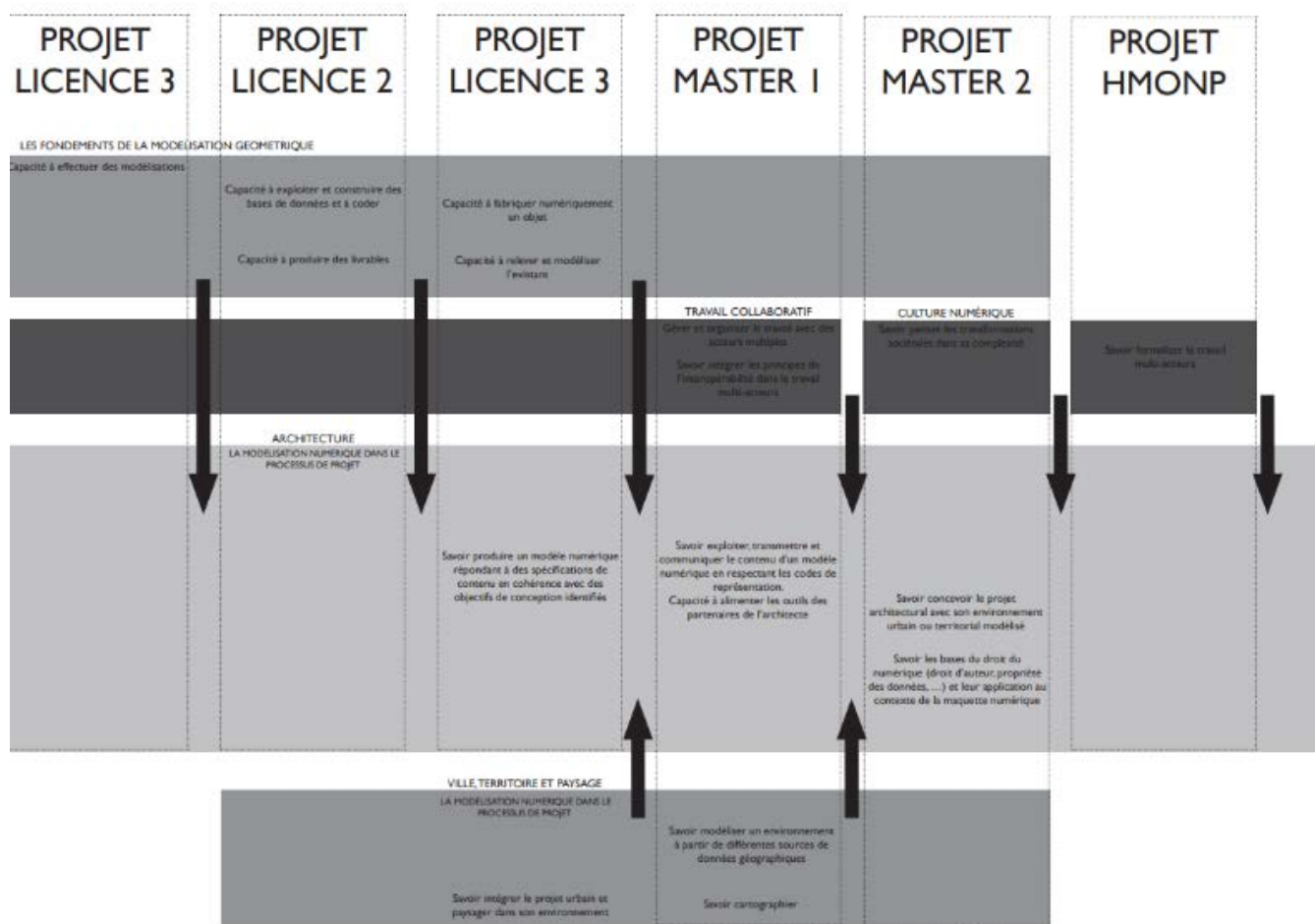
<sup>1</sup> Cf. page 58.

<sup>2</sup> Les quatre Assises du BIM ont eu lieu à :

1. Innovative City 2014 à Nice Antipolis, France le 25 juin 2014 au 26 juin 2014 sur le sujet *Pilotez et valorisez les patrimoines immobiliers et urbains (MINnD aux assises nationales de la maquette numérique 2014)*
2. ENSA Marseille le 15 avril 2015 au 16 avril 2016 sur le sujet *Le projet à l'ère du numérique : Théorie et Pratique (Stratégie Nationale pour l'Architecture //// Assises du BIM : Bâtiment et Informations Modélisés 2016)*
3. ENSA Toulouse le 6 septembre 2016 au 7 septembre 2016 sur le sujet *La maquette numérique au service du projet : enseignement et recherche (Stratégie Nationale pour l'Architecture - Assises du BIM 2016)*
4. ENSA Paris – Malaquais le 14 mai 2017 sur le sujet *Processus collaboratifs et numériques pour l'enseignement du projet architectural et urbain (4èmes Assises du BIM dans l'architecture - ENSA de Paris-Malaquais - 16 mai 2017 2017)*

<sup>3</sup> Acronyme de Ecole Nationale Supérieure d'Architecture

<sup>4</sup> Acronyme de Habilitation à l'exercice de la Maîtrise d'Œuvre en son Nom Propre.



des *Fondements de la modélisation géométrique*, pendant en le cycle Licence avec un approfondissement Master (*Référentiel des processus de conception collaboratifs et numériques en études d'architecture* 2017).

La particularité des deux cas d'étude analysés ici est que le cours *TR714 Initiation à la modélisation paramétrique* a été enseigné en présentiel dans les locaux de l'ENSAPLV. En revanche, le cours *PO821 Systèmes numériques de la conception digitale* a été enseigné en distance et en ligne. Je remarque, alors, une transition vers la digitalisation progressive du cours d'informatique de la modélisation paramétrique à l'école d'architecture.

Pour cette analyse, j'étudie la pertinence de l'*E-learning*<sup>7</sup> en allant un peu plus loin et en étudiant en parallèle les effets de la *gamification*<sup>8</sup> pour un cours en distance et en ligne. Dans le contexte de ces deux cas d'études, j'essaie de comprendre le lien de ces deux notions avec la *motivation estudiantine*. Plus précisément, j'évalue le rapport qu'un cours ludique, en distance et en ligne peut avoir sur l'envie et l'efficacité de l'étudiant à apprendre un outil informatique, en l'occurrence, la modélisation paramétrique.

Finalement, j'examine le rôle et le statut et rôle de l'enseignant d'informatique dans le cadre d'une transition digitale et vis-à-vis d'un changement, voir une évolution, où la présence physique ainsi que la communication directe et face-à-face entre étudiants et des professeurs n'est plus requise.

### Pourquoi ce sujet ?

Les étudiants en architecture, au fil des années de leur cursus, ont de plus en plus de choix à faire dans le choix de leurs cours parmi les propositions données par leur école de formation, qui suit, bien évidemment, le corpus commun d'enseignement comme indiqué dans le document *Référentiel des processus de conception collaboratifs et numériques en études d'architecture*. Généralement, les étudiants choisissent de cours qui leur plaisent, qui ont un lien avec leur projet et parcours professionnel ou, simplement, parce qu'il leur semble utile pour un autre cours qu'ils suivent en parallèle. Les raisons sont multiples comme ils le sont les cours au choix.

Le programme d'études global du cycle Master et de même, le programme d'études concernant l'informatique, étant assez « lourd », il paraît logique que les étudiant doivent faire des choix quant aux cours d'informatique. Comme résultat, ils acquerront à la fois des « bases », notamment en ce qui concerne les *Fondements de la modélisation géométrique* (*Référentiel des processus de conception collaboratifs et numériques en études d'architecture* 2017) mais aussi, des approfondissements sur ce qu'ils connaissent déjà.

Comme, il a été déjà indiqué, les étudiants de l'ENSAPLV ont eu la possibilité de choisir de suivre des cours de la modélisation paramétrique parmi d'autres choix proposés. C'est sur ces cours là que le présent mémoire va s'appuyer.

### Hypothèse et méthodologie de recherche

---

<sup>7</sup> Cf. page 23.

<sup>8</sup> Cf. page 31.

Cette recherche se base sur le fait qu'un cours d'informatique, bien qu'il soit utile, nécessaire et même, obligatoire, ne vaut pas beaucoup des crédits ECTS<sup>9</sup>. Les crédits ECTS, selon la règle européenne, « expriment le volume d'apprentissage sur la base des résultats d'apprentissage définis et la charge de travail qui y est associée. [...] Dans la plupart des cas, la charge de travail est comprise entre 1 500 et 1 800 heures pour une année universitaire, ce qui signifie qu'un crédit correspond à 25 à 30 heures de travail. » (*ECTS Principales fonctionnalités* 2015)

De ce fait, on peut considérer, qu'un étudiant va consacrer un certain nombre d'heures qui sera, en théorie, équivalent au nombre d'heures définis selon l'attribution des crédits ECTS donnés par son école pour les cours en question.

Le tableau ci-dessus qui résume le nombre des crédits ECTS attribués aux deux cas d'étude en comparant aussi les ECTS et le volume horaire attribué au cours du projet d'architecture selon le *Programme de Master 2017-2018*. (Comet et al. 2017).

Semestre du Master 1	UE	Nom de cours	ECTS de UE	Coefficient de pondération du cours dans l'UE	ECTS attribués au cours (= ECTS UE * Coef.) <sup>10</sup>	Heures (approx. ECTS=25-30) <sup>11</sup>
1	UEM71 - Projet architectural et urbain 1/ Projet architectural et urbain	Tous les cours	13	0.85	11.05	276.25-331.5
1	UEM72 Construction et représentation/ Techniques de représentation	MTR714 Initiation à la modélisation paramétrique	3	0.5	1.5	37.5-45
2	UEM85 - Projet architectural et urbain 2/ Projet architectural et urbain	Tous les cours	13	0.85	11.05	276.25-331.05
2	UEM85 - Projet architectural et urbain 2 / Optionnel de projet	MPO821 Informatique : systèmes numériques de la conception digitale	2	0.15	0.3	7.5-9

(Comet et al. 2017)

<sup>9</sup> Acronyme de *European Credit Transfer and Accumulation System*.

<sup>10</sup> Le calcul des crédits ECTS attribués ainsi que du nombre d'heures des cours mentionnés dans ce tableau a été fait par moi selon les ECTS attribués par l'ENSAPLV dans le *Programme de Master 207-2018* (Comet et al. 2017) et le volume horaire attribué par crédit ECTS conformément au document intitulé *ECTS Principales fonctionnalités* publié par la Commission Européenne (*ECTS Principales fonctionnalités* 2015). Plus précisément, pour la colonne *ECTS attribués au cours*, la formule de calcul est : *ECTS attribués au cours* = *ECTS de l'UE* x *Coefficient de pondération du cours dans l'UE*.

<sup>11</sup> Pour la colonne *Heures*, la formule de calcul est : *Heures* = *ECTS attribués au cours* x 25h et *ECTS attribués au cours* x 30h. Pour le calcul *Heures*, j'ai pris le nombre minimal d'heures attribués à 1 crédit ECTS selon le document de la Commission Européenne.

Vu le nombre restreint des heures à consacrer pour des cours d'informatique, comme pour les deux cas d'étude, un étudiant va se focaliser plus pour des cours tels que le projet d'architecture. C'est le programme pédagogique qui le demande. Malgré cela, le volume d'information et les objectifs à atteindre, même pour des cours qui ont un faible nombre des crédits ECTS, est assez imposant. C'est pour cette raison qu'il me semble important de repenser des nouveaux modes d'enseignement qui faciliteront et encourageront les étudiants à atteindre des objectifs demandés.

L'hypothèse du mémoire est que la réalité d'un étudiant en architecture ne correspond pas au cadre théorique issu du système ECTS. En effet, il semble même que les étudiants consacrent plus d'heures pour l'achèvement de la charge de travail « réelle » demandée par l'enseignant.

Dans ce contexte, l'E-learning et la gamification pourrait potentiellement soulager la situation. Le mémoire présentera des caractéristiques ainsi que des avantages et des inconvénients de ces deux notions dans le cadre d'un cours d'informatique consacré à la modélisation paramétrique.

De plus, deux enquêtes seront présentées où l'on peut avoir un regard critique de la part des étudiants qui ont participé activement aux cours-cas d'étude pendant l'année universitaire 2017-2018.

Finalement, pour ce mémoire, le cours *PO821 Systèmes numériques de la conception digitale* sera considéré comme la suite et l'évolution du cours *TR714 Initiation à la modélisation paramétrique*. Cette hypothèse n'est pas seulement basée sur le rapport de suite chronologique ou de contenu qui existe entre les deux cours mais aussi, en termes de réflexion d'évolution sur l'utilisation des outils d'enseignement utilisés pour la transmission des connaissances. De manière similaire, je suppose que la gamification par le biais de jeu-sérieux et jeu-vidéo pourrait être l'évolution en termes d'outil d'enseignement de la modélisation paramétrique.

De ce fait, dans ce mémoire, je considère les cours de manière suivante :

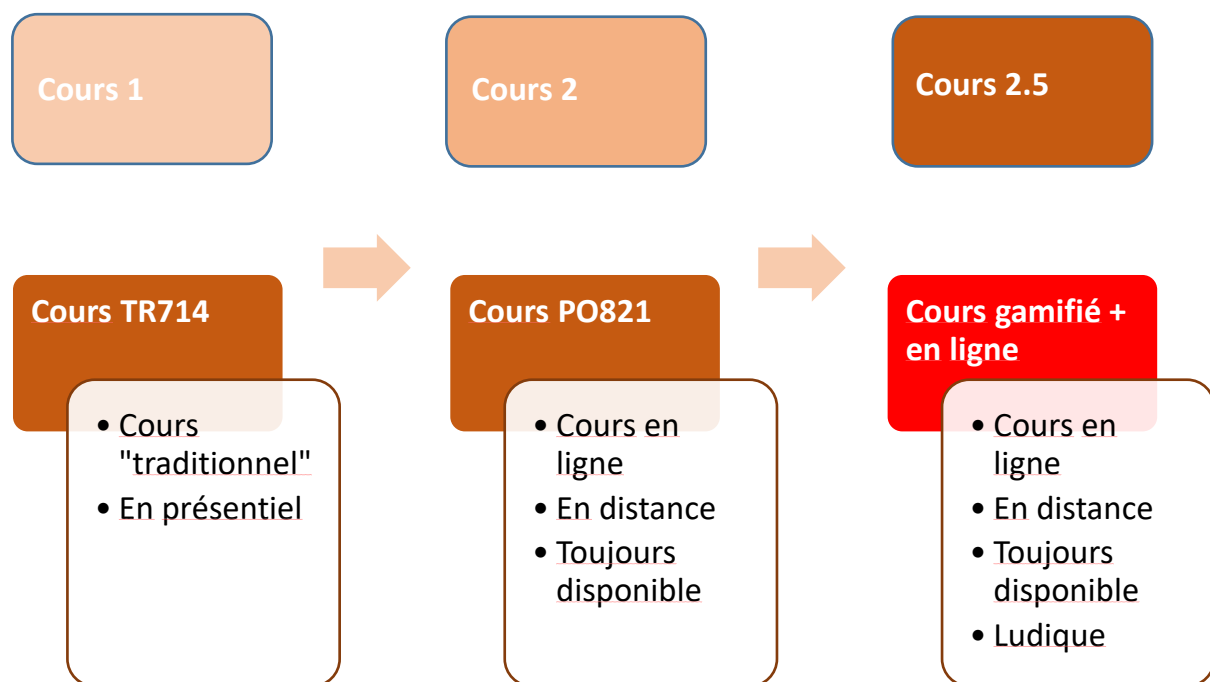


Figure 2 Schéma de l'évolution des cours en termes de chronologie, de contenu et d'outils utilisés pour l'enseignement de la modélisation paramétrique.

## Introduction

Aujourd'hui, le potentiel de l'ordinateur et de l'informatique au service de la pratique architecturale ne peut pas être contesté. Au fil des années et à partir de l'invention des premiers logiciels CAO<sup>12</sup>, notamment le *Sketchpad*<sup>13</sup> d'Ivan Sutherland en 1963 (Yares 2013), on donne de plus en plus de l'importance à l'informatique dans le discours et la pratique architecturale de nos jours.

En faisant un panorama historique de l'avancement de l'informatique au service de l'architecture jusqu'à nos jours, la modélisation paramétrique prend une place assez imposante, surtout, en ce qui concerne l'architecture contemporaine à partir des années 2000. Une notion qui vient d'être souvent utilisée lors de l'utilisation des applications paramétriques est le **paramétrisme**. Cette notion est évoquée, dans un premier temps, par Patrik Schumacher en 2008 (Schumacher 2010). Avec ce terme, on désigne un style architectural particulier et reconnaissable dans l'architecture contemporaine. Les caractéristiques de ce style, selon Schumacher, sont :

<sup>12</sup> CAO : Conception Assisté Ordinateur. En anglais, CAD : Computer-Aided Design.

<sup>13</sup> Le *Sketchpad* est un logiciel conçu par Ivan Sutherland dans le cadre de sa thèse de doctorat au MIT. Il est considéré comme le premier logiciel CAO.



<b>Heuristiques formelles</b>	Principes négatifs (taboos)	-éviter le collage d'éléments isolés et sans rapport (manque d'ordre) -éviter les répétitions simples (manque de variété) -éviter le collage d'éléments isolés et sans rapport (manque d'ordre)
	Principes positifs (dogmes)	-toutes les formes doivent être douces (intelligent : déformation = information) -tous les systèmes doivent être différenciés (gradients) - tous les systèmes doivent être interdépendants (corrélations)
<b>Heuristiques fonctionnelles</b>	Principes négatifs (taboos)	-éviter les stéréotypes fonctionnels rigides -éviter le zonage fonctionnel ségrégatif
	Principes positifs (dogmes)	-toutes les fonctions sont des scénarios d'activité / d'événement paramétriques -toutes les activités / événements communiquent entre eux

Tableau 1 « Définition opérationnelle du paramétricisme. » Résumé des caractéristiques du paramétricisme selon Patrik Schumacher. (Schumacher 2010)

Vu l'importance placée à l'utilisation des logiciels liée à la conception architecturale par une grande partie de la communauté architecturale contemporaine, ce n'est pas étonnant que les écoles d'architecture intègrent dans leurs cursus des cours d'apprentissage de ces logiciels au sein de leurs établissements. Malgré le fait que certaines écoles proposent ce type de cours pour enseigner la modélisation paramétrique, la façon d'enseigner diffère d'une école à l'autre. Avec ce mémoire, l'objectif est d'analyser deux cas d'étude actuels au sein de l'ENSAPLV dont la transmission de la connaissance varie d'un cours à l'autre au sein de la même école, et dirigé par le même enseignant.

Le but est de pouvoir discuter des améliorations potentielles aux cours existantes et passer au-delà d'un cours en présentiel, ou même, d'un cours en ligne en examinant le potentiel de la gamification. Les variables à prendre en considération pour cette analyse seront l'efficacité du medium de transmission de la connaissance en termes de motivation étudiante et gain de temps pour les étudiants ainsi que les enseignants.

## La modélisation paramétrique

Dès l'antiquité l'homme utilise des variables liées au climat, l'usage, le site, et etc. pour concevoir et construire des bâtiments. Aujourd'hui, l'architecture paramétrique est considérée d'être étroitement liée aux et un dérivé des logiciels CAO et aux applications numériques. Pourtant, la modélisation paramétrique n'a pas été inventée par l'informatique. (Phillips 2012) Les origines du terme *paramétrique* dans le contexte architectural élargi sont ambiguës en raison de la diversité de son utilisation. Cependant, le terme paramétrique lui-même trouve son origine dans le domaine des mathématiques pures. De ce fait, le paramétrique entrait dans la

catégorie de la technique en raison de ses origines dans les systèmes appliqués ou les approches scientifiques de la conception. Par exemple, une des premières applications du paramétrique a été la *Sagrada Familia* et la *Colonia Guell* de l'architecte Antoni Gaudi. (Connolly 2014)

Nous avons fait beaucoup de progrès depuis l'invention de la première génération des logiciels CAO et la création du *Sketchpad* d'Ivan Sutherland au début des années 1960. (Celani 2008) Depuis les années 1980, les technologies CAO sont utilisées par les fabricants. C'est depuis les années 1990 que les architectes commencent à s'intéresser plus profondément sur les applications d'informatique à l'architecture. (Bechthold 2007) Néanmoins, il y a plusieurs versions en ce qui concerne l'apparition du terme *paramétrique* dans la bibliographie architecturale. Celle qui semble la plus appropriée dit que l'architecte Luigi Moretti discute de ce terme dans les années 1940. Il définit par **architecture paramétrique** « l'étude des systèmes d'architecture dans le but de « *définir les relations entre les dimensions en fonction des différents paramètres* ». Moretti a utilisé la création d'un stade<sup>14</sup> comme exemple, expliquant comment la forme du stade peut dériver de dix-neuf paramètres concernant des angles de vision et le coût économique du béton. ». (Davis 2013) Moretti est probablement le premier architecte d'utiliser le calcul numérique<sup>15</sup>. (Frazer 2016)

C'est vrai que dans le discours architectural, l'utilisation du terme *paramétrique*, *paramétricisme*, *architecture paramétrique*, *modélisation paramétrique* ainsi que *conception paramétrique* sont de plus en plus souvent utilisés. Néanmoins, à cause de ses multiples applications dans des multiples disciplines, il y a une confusion qui s'est créée dans la compréhension et la distinction de ces termes. Plusieurs théoriciens et praticiens ont essayé de créer leurs propres définitions. Une autre définition concernant le terme *conception paramétrique*, qui est très similaire de celle de Moretti sur le terme *architecture paramétrique*, est celle de Hudson. Selon lui, « [...] **la conception paramétrique** est un processus dans lequel une description d'un problème est créée à l'aide des variables<sup>16</sup>. » (Hudson 2007)

La liste des types des variables à prendre en considération est quasi-illimité. Le concepteur peut créer son modèle en ayant en tête des paramètres tels que les angles de vision et le coût économique comme il l'a fait Moretti pour son stade. Il peut aussi penser à l'ensoleillement ou la thermique de son œuvre. Le concepteur a la possibilité de faire des manipulations et son choix parmi une pléthore des possibilités en fonction de ses besoins. Ceci est un des facteurs significatifs qui donnent à la modélisation paramétrique son importance dans l'architecture.

C'est à partir de fin des années 1980 jusqu'à la moitié des années 1990 que les avancements dans le domaine de la modélisation paramétrique ont devenu de plus en plus évidents et utiles pour les architectes. Le potentiel des applications de la modélisation paramétrique a été encore plus mis en évidence par la possibilité de créer des formes complexes et les construire avec des machines de fraisage CNC<sup>17</sup> et les nouvelles technologies de prototypage rapide. (Phillips 2012)

En 1988, l'entreprise *Parametric Technology Corporation* du mathématicien Samuel Geisberg a créé le logiciel *Pro/ENGINEER* ; le premier logiciel commercial de paramétrique avec

---

<sup>14</sup> Il s'agit du *Stade N*. Moretti a créé plusieurs versions du stade et il les a présentées lors de son exposition *Parametric Architecture* dans la 12e Triennale de Milan en 1960. (Davis 2013)

<sup>15</sup> En anglais, *digital computation*.

<sup>16</sup> Pour ce mémoire, le terme *variable* est considéré synonyme du terme *paramètre*.

<sup>17</sup> Acronyme de *Computer Numerical Control*. En français, *Machine-outil à commande numérique (MOCN ou CN)*.

succès. (Davis 2013) Aujourd'hui, il y a plusieurs logiciels pour faire de la modélisation paramétrique mais ceux qui sont les uns de plus connus sont *Dynamo Studio* de l'*Autodesk* et *Grasshopper pour Rhinoceros 3D* de *Robert McNeel & Associates*. ***Dynamo Studio*** est un logiciel autonome de programmation visuelle. L'utilisateur dispose d'un environnement de programmation graphique<sup>18</sup> avec un éditeur d'algorithme graphique. ***Grasshopper*** est un plugin<sup>19</sup> pour le logiciel *Rhinoceros 3D*. Les utilisateurs disposant d'une interface visuelle de langage de programmation pour créer et éditer une géométrie.

### L'enseignement de la modélisation paramétrique

Les technologies CAO font partie intégrale du processus de la conception. On ne peut plus dire qu'un architecte utilise l'informatique uniquement comme un outil de dessin et de traçage des lignes. Les architectes, depuis plus que trois décennies, utilisent les technologies FAO<sup>20</sup> et CNC pour la fabrication et la création des prototypes. De ce fait, la modélisation paramétrique fait partie intégrante de la conception architecturale aujourd'hui.

Selon Bechthold, le plus important dans l'enseignement des technologies CAO/ FAO est « l'acquisition d'une compréhension approfondie des principes sous-jacents, y compris des techniques avancées de modélisation paramétrique, ainsi que des connaissances pratiques des processus de fabrication, de la programmation G-code<sup>21</sup> et des applications de FAO. » Pour faire cela, une question se pose concernant la manière d'enseigner. Une façon est de commencer par des notions de base et au fur et à mesure, les enrichir par des notions plus complexes. Soit, commencer par des concepts plus difficiles que les étudiants ne comprennent pas tout de suite et ils s'habitueront petit à petit. (Bechthold 2007) Les étudiants sont d'abord introduits aux outils des technologies CAO soit, des modeleurs paramétriques et des outils d'évaluation de la performance environnementale ainsi que des machines CNC. Ils apprennent aussi comment les données sont transmis entre ces outils. L'enseignement est fait par les professeurs du projet ou parfois, par des experts. (Lecourtois, Guéna 2012)



Figure 3 Schéma qui se base sur la manière d'enseigner la modélisation paramétrique n° 1 selon Bechthold (2007).

<sup>18</sup> Pour ce mémoire, les terme *programmation visuelle* est considéré synonyme du terme *programmation graphique*.

<sup>19</sup> Un *plugin* donne des fonctionnalités supplémentaires à un logiciel. Il n'est peut pas être utilisé de manière autonome. En français, *module d'extension*.

<sup>20</sup> Acronyme de *Fabrication Assisté par Ordinateur*. En anglais, *Computer-Aided Manufacturing (CAM)*.

<sup>21</sup> Il s'agit d'un langage de programmation de commande numérique avec lequel il est possible de créer des commandes pour des machine CNC. Ces commandes sont traduites en motion pour le moteur. Il est possible, également, d'indiquer où et comment le moteur de la machine CNC va se déplacer ainsi qu'à quelle vitesse. (Apro 2008)

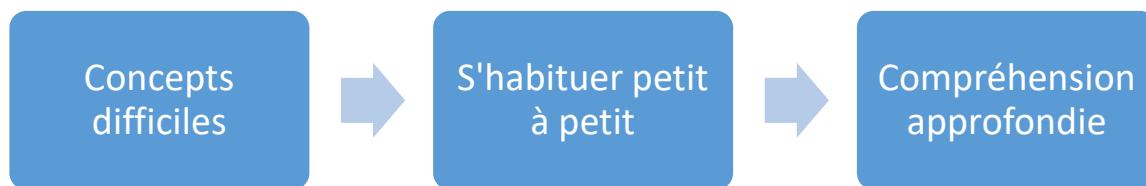


Figure 4 Schéma qui se base sur la manière d'enseigner la modélisation paramétrique n° 2 selon Bechthold (2007).

## La motivation estudiantine

La **motivation** est un concept théorique utilisé pour clarifier le comportement humain. Elle fournit le motif/ la cause / la raison des êtres humains à réagir et à répondre à leurs besoins. Dans le contexte de l'éducation, la motivation reflète l'engagement et la contribution des étudiants dans un environnement d'apprentissage. (Gopalan et al. 2017) L'engagement des étudiants est un terme très souvent utilisé dans l'enseignement supérieur, de plus en plus recherché, théorisé et débattu avec des preuves croissantes de son rôle essentiel dans la réussite et l'apprentissage. Il est aussi un sujet complexe à comprendre et à analyser. (Kahu 2013)

Dans un contexte où le système pédagogique actuel n'est plus suffisant pour la matière enseignée, et donc, n'est plus pertinent, l'**E-learning**<sup>22</sup> devient une méthode de plus en plus populaire. En outre, il est suggéré que le manque de temps ainsi que le manque de motivation sont des raisons significatives de l'attractivité de l'E-learning. (Kim, Frick 2011)

Les *Assises du BIM*, avec l'élaboration du *Référentiel des processus de conception collaboratifs et numériques en études d'architecture*, nous dirigent vers une formation très riche en contenu qui me semble compliqué à gérer dans le temps « standard » consacré à l'enseignement (semestre) d'un cours universitaire avec le **système pédagogique « traditionnel »**, c'est-à-dire, en présentiel dans un espace physique en présence de l'enseignant et des étudiants. Ce système manque de souplesse en termes de gestion de temps par rapport au volume du contenu pédagogique. Dans un système pédagogique « traditionnel », l'étudiant suit le cours au même rythme et aux mêmes horaires que ses camarades. Il n'est pas possible d'avancer plus vite ou plus lentement que les autres en fonction de ses propres besoins. De ce fait, l'introduction d'un environnement E-learning semble bénéfique à tester et à mettre en place. De plus, l'E-learning augmente la motivation des étudiants. (Kim, Frick 2011)

Malgré les raisons initiales d'attractivité d'un environnement d'apprentissage en ligne, il est constaté que les étudiants en E-learning sont plus susceptibles d'abandonner les cours ce qui fait que le cours est un échec vu qu'il n'atteint pas certains de ses objectifs, c'est-à-dire, maintenir l'intérêt des étudiants pour qu'ils continuent le cours et apprendre. (Kim, Frick 2011) Parmi des raisons d'abandon d'un cours E-learning sont : mauvaises incitations à apprendre, manque de responsabilité pour terminer les cours, problèmes avec la technologie et l'incapacité d'un didacticiel mal conçu à retenir l'attention d'un élève. (Jun 2005)

<sup>22</sup> Cf. page 23.

Par les deux premières raisons mentionnées ci-dessus, un problème de motivation des étudiants est constaté. L'introduction des éléments de la gamification peut être un outil pour faire face à ces problématiques. En outre, la gamification peut aider en ce qui concerne la rétention de l'attention des étudiants des cours E-learning.

### Les théories de motivation

La question de la motivation est un sujet qui a été beaucoup discuté et théorisé. On peut identifier la motivation intrinsèque, la motivation extrinsèque et l'amotivation. De plus, il existe plusieurs théories lesquelles peuvent être implémenté surtout dans domaine de l'éducation. Ceux sont la théorie de la motivation intrinsèque et extrinsèque<sup>23</sup>, la théorie de l'auto-détermination<sup>24</sup>, le modèle ARCS<sup>25</sup>, la théorie sociale cognitive<sup>26</sup> et la théorie des attentes<sup>27</sup>. (Gopalan et al. 2017)

---

<sup>23</sup> En anglais, *intrinsic and extrinsic motivation theory*.

<sup>24</sup> En anglais, *self-determination theory (SDT)*.

<sup>25</sup> Acronyme issu de l'anglais. ARCS : *Attention, Relevance, Confidence and Satisfaction*. En français, *Attention, Pertinence, Confiance et Satisfaction*.

<sup>26</sup> En anglais, comme *social cognitive theory*.

<sup>27</sup> En anglais, *expectancy theory*.

<b>Théorie de motivation</b>	<b>Proposée par</b>	<b>Année</b>	<b>Caractéristiques</b>
Théorie de la motivation intrinsèque et extrinsèque	Abraham H. Maslow	1943 <sup>28</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fait uniquement pour notre propre contentement sans aucune anticipation externe.</li> <li>- Le défi, la curiosité, le contrôle et la fantaisie sont des facteurs clés / déclencheurs.</li> </ul>
Théorie de l'auto-détermination	Edward L. Deci	1971 <sup>29</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'autonomie est liée à la volonté et à la liberté, la compétence est liée au sentiment d'efficacité et de confiance en soi dans la poursuite et l'accomplissement d'une tâche, tandis que la relation procure le sentiment d'être protégé et connecté dans un environnement d'apprentissage.</li> <li>- La théorie de l'autodétermination est composée de cinq sous-théories : 1) la théorie de l'évaluation cognitive<sup>30</sup>, 2) la théorie de l'intégration organismique<sup>31</sup> et 3) la théorie des orientations de causalité<sup>32</sup>, 4) la théorie de besoins psychologiques de base<sup>33</sup>, 5) Théorie du contenu de l'objectif<sup>34</sup>.</li> </ul>
Modèle ARCS	John M. Keller	1979 <sup>35</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Motivé directement par l'utilisation de matériel d'apprentissage attrayant, satisfaisant et stimulant.</li> <li>- Les étapes du modèle : 1) attirer l'attention des étudiants est très important pour gagner et maintenir l'engagement des étudiants dans l'apprentissage, 2) les expériences des étudiants et la pertinence des besoins, 3) confiance liée à l'émotion et à l'anticipation des élèves, 4) le sentiment positif concernant le processus d'apprentissage et les connaissances acquises conduisent à la satisfaction de terminer l'ensemble du processus d'apprentissage.</li> </ul>
Théorie sociale cognitive	Albert Bandura	1986 <sup>36</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fait référence à l'acquisition des connaissances par l'observation directe, l'interaction, des expériences et à l'influence des médias.</li> <li>- Décrit l'interrelation entre le comportement, le facteur d'environnement et le facteur personnel.</li> </ul>
Théorie des attentes	Victor H. Vroom	1964 <sup>37</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'effort, la performance et l'attractivité intrinsèque sont liés à la motivation humaine.</li> <li>- Cette théorie est plus concernée par des récompenses externes et des appréciations.</li> <li>- Les étapes avant la récompense : 1) l'étudiant doit être pleinement motivé et croire qu'il n'atteindra la performance acceptable que s'il met un maximum d'effort, 2) la performance sera récompensée et cette étape est considérée comme une instrumentalité, 3) la valeur des récompenses est entièrement positive et connue sous le nom d'attractivité intrinsèque au stade final de la théorie des attentes.</li> </ul>

Tableau 2 Tableau comparatif des théories de motivation selon A review of the motivation theories in learning. (Gopalan et al. 2017)

Une des plus anciennes théories de motivation est celle de Maslow. Selon cette théorie, c'est à l'étudiant de vouloir faire une activité, en l'occurrence participer au cours et apprendre, sans aucune anticipation externe comme, par exemple, les notes.

<sup>28</sup> Bibliographie : (Maslow 1943).

<sup>29</sup> Bibliographie : (Deci 1971)

<sup>30</sup> En anglais, *cognitive evaluation theory (CET)*.

<sup>31</sup> En anglais, *organismic intergration theory (OIT)*.

<sup>32</sup> En anglais, *causality orientations theory (COT)*.

<sup>33</sup> En anglais, *basic psychological needs theory (BPNT)*.

<sup>34</sup> En anglais, *goal contents theory (GCT)*.

<sup>35</sup> Bibliographie : (Francom, Reeves 2010)

<sup>36</sup> Cette théorie a été connue sous le nom de la *théorie de l'apprentissage social* (en anglais : *social learning theory - SLT*) et a été développée dans les années 1960. Puis, la théorie a évolué et aujourd'hui, elle est connue comme la *théorie des attentes*. (LaMorte 2019)

<sup>37</sup> Bibliographie : (Vroom 1964)

Selon le modèle ARCS, l'amélioration que peut être apporté aux supports utilisés dans le cadre de l'enseignement de la modélisation paramétrique feront l'apprentissage attrayant, satisfaisant et stimulant. Le modèle ARCS est la théorie la plus pertinente dans le cadre du présent mémoire et de l'hypothèse initiale.

Concernant, l'utilisation des outils numériques, la théorie des attentes peut être aussi considérée comme pertinente notamment pour des utilisateurs des outils numériques. Il a été trouvé que l'aisance d'utilisation d'un logiciel peut influencer l'efficacité des utilisateurs et leur confiance en soi. Cela a influencé également le choix des utilisateurs à utiliser ou pas l'outil en question. (Baker-Eveleth, Stone 2008)

### Les outils d'apprentissage et d'enseignement

Quand on veut apprendre quelque chose, il y a plusieurs façons de le faire. On peut lire un livre sur le sujet qui nous intéresse, on peut voir des vidéos explicatifs (tutoriels) et bien évidemment, on peut suivre un cours *classique* avec un professeur dans une classe. Si l'on souhaite, on peut également suivre des cours en distance, par correspondance avec le professeur il y quelques années, ou plus récemment, en s'inscrivant et en utilisant un site – plateforme d'E-learning en ligne. Dans un premier temps, il y avait des cours par correspondance. Ces cours ne sont pas si pratiqués aujourd'hui à cause de l'évolution de l'informatique qui fait qu'on peut avoir un cours qu'il soit plus rapide en termes de communication entre l'enseignant<sup>38</sup> et l'apprenti, et en termes de rapidité de réception des réponses, des connaissances, de contenu etc.

Avec le développement des logiciels de téléconférence tels que le logiciel *Skype* de *Microsoft* il est aussi possible de suivre des cours en se voyant avec l'enseignant dans un écran. Depuis plus récemment, on peut suivre un cours en ligne et en distance dans un site internet qui fonctionne comme une plateforme comme les sites *Codecademy*<sup>39</sup>, *Udemy*<sup>40</sup>, *Khan Academy*<sup>41</sup>, *Duolingo*<sup>42</sup> etc. Aujourd'hui, il est vrai que beaucoup d'élèves utilisent plusieurs outils pour apprendre. Le tableau ci-dessous, liste de manière non-exhaustive les outils d'apprentissage ainsi que les avantages et les inconvénients de chacun.

Outils d'apprentissage	Avantages	Inconvénients
Livres	Généralement, facilement accessibles. Peuvent être peu coûteux ou gratuit à la bibliothèque. Possible de le relire.	Pas des réponses personnalisées. Pas des réponses recherchées si une vieille édition. Peuvent être cher si un sujet très particulier.
Correspondance (courrier et/ ou mail)	Généralement, facilement accessible. La correspondance peut être peu coûteuse ou gratuite, le cours peut être payant.	Nécessite du temps de réponse par l'enseignant et l'apprenti.
Tutoriels, vidéos explicatifs	Généralement, facilement accessibles. Peuvent être peu coûteux ou gratuit (ex. YouTube, Dailymotion). Possible de revisiter le tutoriel	Pas des réponses personnalisées. Peuvent être payant en partie ou dans son ensemble

<sup>38</sup> Dans ce mémoire, les termes *enseignant* et *professeur* sont utilisé de manière égale.

<sup>39</sup> <https://www.codecademy.com/>

<sup>40</sup> <https://www.udemy.com/>

<sup>41</sup> <https://www.khanacademy.org/>

<sup>42</sup> <https://www.duolingo.com/>

Sites E-learning / Plateformes des cours en ligne	Généralement, facilement accessibles. Peuvent être peu coûteux ou gratuits. Existe souvent un forum de discussion pour poser des questions personnalisées. Peuvent proposer des certifications. Possible de revisiter le site.	Peuvent être payant en partie ou dans son ensemble. Pas des réponses personnalisées sauf s'il y a un forum et là, il nécessite du temps de réponse. Possible d'avoir des problèmes avec le matériel et logiciel.
Conférences	Possible de poser des questions. Peut être un sujet très spécifique.	Parfois, très formel. Peut être un sujet très spécifique. Sauf si c'est une conférence enregistrée en vidéo, il n'est plus possible de l'accéder une fois la conférence finie. S'il y a beaucoup des participant, toutes les questions ne peut pas être répondu faute du temps.
Téléconférences	Professeur présent pour poser des questions/ discuter. Le cours se passe souvent en plusieurs fois.	Il n'est plus possible de l'accéder une fois le cours fini. Peut être payant. S'il y a beaucoup des participant, toutes les questions ne peut pas être répondu faute du temps. Possible d'avoir des problèmes avec le matériel et logiciel.
Cours en présentiel	Professeur présent pour poser des questions/ discuter. Le cours se passe souvent en plusieurs fois.	Il n'est plus possible de l'accéder une fois le cours fini. S'il y a beaucoup des participant, toutes les questions ne peut pas être répondu faute du temps.

Tableau 3 Tableau des outils d'apprentissage ainsi que leurs avantages et les inconvénients.

## La figure de l'enseignant et son rôle

Le personnage de l'**enseignant** est une figure récurrente dans la transmission des savoirs et des connaissances. Jusqu'à très récemment, on n'envisageait pas un cours sans son professeur. Et pourtant, aujourd'hui, avec une abondance dans le choix des manières et d'outils pour apprendre, est-il possible qu'il n'est soit plus nécessaire ? Dans le cadre d'un **cours traditionnel**, c'est-à-dire, un cours, souvent en présentiel, où l'enseignant est devant les élèves et il leurs apporte une sorte de conférence (Vicuna 2017), la présence de l'enseignant est primordiale. Néanmoins, les cours traditionnels posent certains problèmes qui impliquent sur l'interaction entre les étudiants et les enseignant. Les élèves deviennent « passifs » parce que le professeur parle pendant le cours et les élèves doivent le suivre sans avoir besoin de questionner ce qu'il dit. De plus, ce type de cours n'est pas personnalisé et ne prend pas en considération les différentes capacités de chaque élève. (Vicuna 2017)

Dans ce cas, le rôle de l'enseignant est de transmettre ses connaissances à ses élèves mais, les élèves ne partagent pas avec lui leurs propres connaissances et/ ou leurs retours sur son cours. La **transmission des connaissances** diffère du **partage de connaissances**. Dans le principe de la transmission des connaissances, l'enseignant est celui qui a la connaissance et il est le seul capable de la transmettre aux autres. Contrairement au transfert des connaissances, le partage de connaissances se fait dans les deux sens entre l'enseignant et l'élève puisque les deux ont de la matière à enseigner à l'autre.



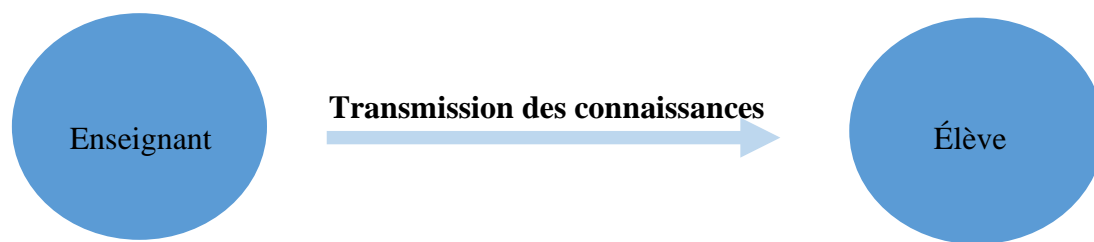


Figure 5 Schéma de principe de Transmission des connaissances.

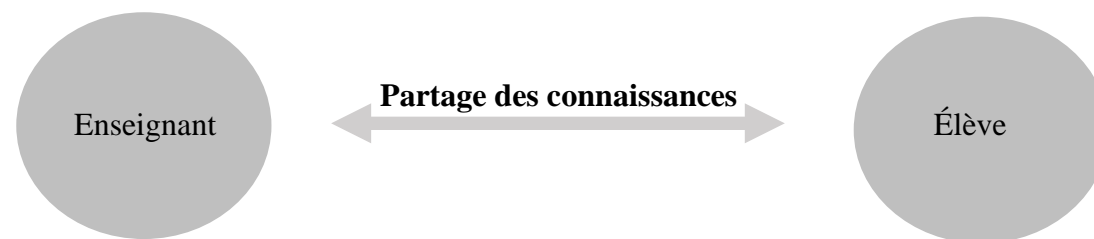


Figure 6 Schéma de principe de Partage des connaissances.

Dans son livre, Bain mentionne que pour la plupart des professeurs, au centre de l'activité d'enseigner est ce que l'enseignant fait plutôt que ce que les étudiants sont supposé d'apprendre. Avec ce principe, l'enseignement est *une chose que les enseignant font aux étudiants*, généralement en énonçant des vérités sur la discipline. Ceci est le **principe de la transmission (de connaissances)**. En revanche, selon Bain, les meilleurs professeurs sont ceux qu'ils pensent de l'enseignement comme quelque chose qu'ils *peuvent faire pour aider et encourager les élèves à apprendre*. Pour eux, enseigner veut dire engager les élèves tout en créer un environnement où ils apprennent. Pour ces enseignants, la création d'un environnement d'apprentissage performant est un acte intellectuel important et sérieux. (Bain 2004)

Pourtant, le rôle de l'enseignant n'est pas seulement de transmettre des connaissances, créer un environnement d'apprentissage performant pour les élèves, les aider, etc. Un autre rôle qu'on attribue à l'enseignant est celui de la personne qui corrige les exercices et les fautes des élèves et qui donne la note finale.

### Comment on développe un cours ?

Il y a plusieurs éléments à prendre en compte quant à l'élaboration d'un programme d'étude quel qu'il soit le format du cours ; en présentiel, en ligne, etc.

Il existe plusieurs modèles d'ingénierie pédagogique. Il est considéré que ces modèles sont issus d'un modèle générique ; le modèle ADDIE<sup>43</sup>. Ce modèle fait référence aux principales étapes du processus d'ingénierie pédagogique : l'analyse, la conception, le développement, la mise en œuvre et l'évaluation. Le modèle a évolué de manière informelle oralement dans les années 1980. (Morrison et al. 2010)

<sup>43</sup> Acronyme pour *Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*.

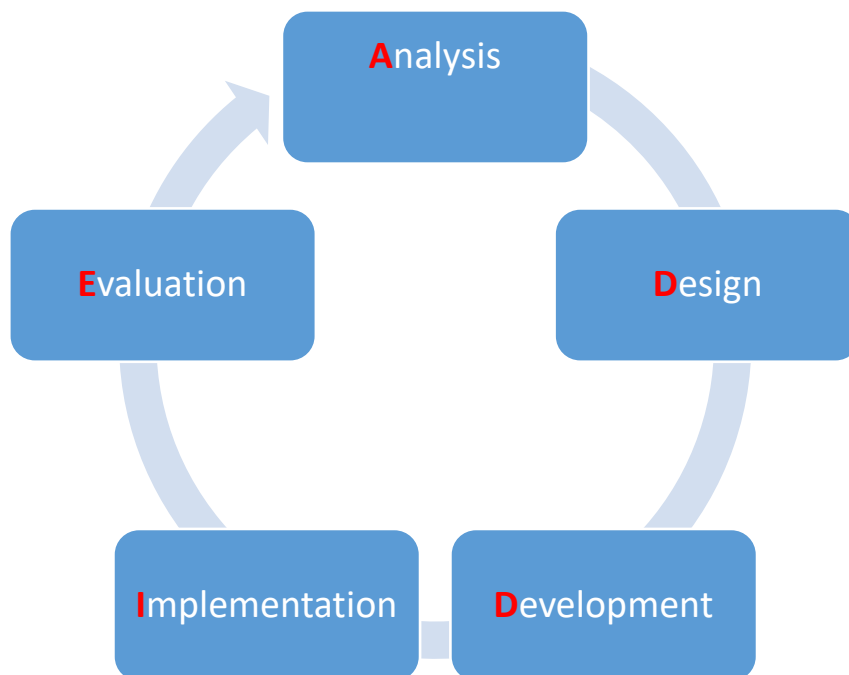


Figure 7 Schéma du modèle ADDIE.

Puisque le modèle ADDIE est un outil d'ingénierie pédagogique polyvalent pour l'élaboration d'un programme pédagogique, il peut être utile dans le cadre de la conception d'un programme pour un environnement d'apprentissage en ligne. (Vivekananthamoorthy 2017)

Analysis	Design	Development	Implementation	Evaluation
<ul style="list-style-type: none"> <li>- besoin d'analyse</li> <li>- analyse du public cible</li> <li>- analyse des tâches et des sujets</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- objectifs d'apprentissage</li> <li>- séquençage</li> <li>- stratégie pédagogique</li> <li>- stratégie de livraison</li> <li>- stratégie d'évaluation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-développement du contenu</li> <li>-développement du storyboard</li> <li>-développement de didacticiels</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- installation et distribution</li> <li>- gérer les activités des apprenants</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- réactions</li> <li>- les apprentissages</li> <li>- comportement résultats</li> </ul>

Figure 8 Le modèle ADDIE pour l'E-learning (Vivekananthamoorthy 2017)

## Les cours E-learning

Comme c'était déjà indiqué dans la partie *La motivation estudiantine*<sup>44</sup> l'E-learning peut servir en tant qu'outil contre le manque de motivation des étudiants. Il faut faire la distinction entre *enseignement à distance* et l'*E-learning* qui sont souvent confondue mais pourtant, qu'il ne s'agit pas de la même chose.

<sup>44</sup> Cf. page 16.

L'enseignement à distance au niveau universitaire existe depuis la première moitié du 19<sup>e</sup> siècle. L'idée d'une université à distance viens s'opposer à une université basée sur le campus. Au lieu de rassembler des étudiants provenant d'endroits dispersés en un seul endroit, il tend la main aux étudiants où qu'ils vivent ou souhaitent étudier. L'E-learning, quant à lui, est un phénomène relativement nouveau et concerne l'utilisation des médias électroniques à des fins d'apprentissage variées qui vont d'un outil complémentaire dans les salles de classe conventionnelles à la substitution complète des réunions en face à face par les utilisateurs en ligne. (Guri-Rosenblit 2005)

**L'enseignement à distance**, par sa définition, désigne la séparation physique de l'apprenant par rapport à l'instructeur, au moins à certaines étapes du processus d'apprentissage. Cela s'applique à l'enseignement à distance à tous les niveaux, de la maternelle à l'enseignement supérieur. Holmberg, l'un des principaux chercheurs dans le domaine de l'enseignement à distance, a défini **l'enseignement à distance** comme caractérisé par une communication non contiguë, ce qui signifie que l'apprenant et l'enseignant sont séparés non seulement dans l'espace mais aussi dans le temps. (Guri-Rosenblit 2005)

**L'E-learning** « peut être défini comme du contenu pédagogique ou des expériences d'apprentissage fournies ou activées par la technologie électronique. Plus précisément, l'apprentissage en ligne est défini comme « un large éventail d'applications et de processus tels que l'apprentissage sur le Web, l'apprentissage par ordinateur, les classes virtuelles et la collaboration numérique. Cela comprend la livraison de contenu via Internet, intranet, audio, vidéo, télévision interactive et CD-ROM. » (Jun 2005)

L'E-learning peut être utilisé par tous les types d'étudiants à tous les niveaux d'enseignement, de la maternelle aux études doctorales. L'E-learning offre des utilisations attrayantes pour les apprenants de tous âges et de divers intérêts et besoins. Les élèves plus jeunes apprécient ses jeux multimédias et ses activités amusantes pour acquérir des compétences littéraires ; les élèves plus âgés utilisent ses ressources d'information sans fin pour préparer les devoirs, les devoirs et les examens ; et des millions de personnes utilisent le courrier électronique, les groupes de discussion et d'autres formats de télécommunications en tant qu'apprenants et dans leur vie sociale et professionnelle. L'E-learning n'est en aucun cas exclusivement destiné aux apprenants qui sont en distance. Comme indiqué précédemment, il est largement utilisé par les étudiants sur le campus dans le cadre de leurs activités dans les classes, séminaires, laboratoires et autres missions et projets académiques. (Guri-Rosenblit 2005)

L'enseignement en distance et plus précisément, l'E-learning, a plusieurs avantages autres que l'augmentation de la motivation. Entre autres, l'accès au contenu pédagogique est facile et immédiat. L'étudiant peut revisiter le cours autant qu'il le souhaite au moment qu'il le souhaite. De l'autre côté, il existe également des inconvénients notamment en ce qui concerne le développement d'un tel cours en termes de création du contenu et de sa transmission par des outils d'informatique adaptés spécifiquement au cours en question.

On peut considérer qu'il existe deux types de cours E-learning. Ceux-ci sont les cours synchrones et les cours asynchrones. « Dans un **cours synchrone**, l'étudiant, peu importe où il se trouve, peut se connecter à la plateforme du cours en même temps que l'enseignant. Cette formule est celle qui rappelle le plus l'enseignement en classe. [...] Le **cours asynchrone**<sup>45</sup>, quant à lui, permet à l'étudiant de faire son cours au moment qui lui convient dans la semaine.

---

<sup>45</sup> Dans le cadre du présent mémoire, quand il y a mention de l'E-learning, il s'agit du type de cours asynchrones.

Les activités pédagogiques peuvent prendre différentes formes, comme des forums, des quiz, etc. Cette formule donne encore plus de souplesse à l'étudiant, mais lui demande également davantage d'organisation et de discipline que s'il suivait des cours en classe. » (Quintal, Sylvain [sans date])

En outre, dans un contexte d'E-learning, il est important de répondre à trois grandes entités-catégories :

1. Présence cognitive ;
2. Présence sociale ;
3. Présence éducative. (Shea et al. 2004)

Les interactions entre ces trois entités-catégories créent les liens qui font qu'un cours soit efficace ou pas. Pour qu'un cours soit considéré comme efficace, il faut qu'il ait atteint ses objectifs pédagogiques. Le schéma ci-dessous montre le cadre conceptuel pour que des environnements d'apprentissage en ligne (E-learning) d'enseignement supérieur soient considéré de haute qualité.

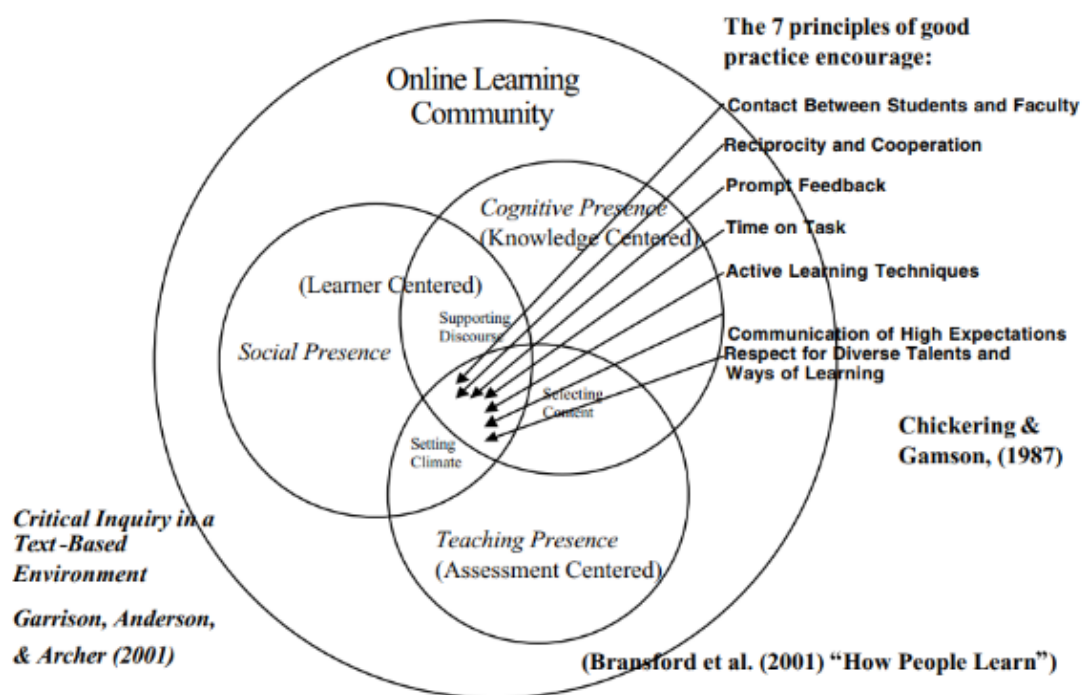


Figure 9 Un cadre conceptuel pour des environnements d'apprentissage en ligne de haute qualité et d'enseignement supérieur. (Shea et al., 2004)

## Cours 1.0 : Les cours « traditionnels » de la modélisation paramétrique

Le cas d'étude no. 1 | TR714 Initiation à la modélisation paramétrique

Le cours **TR714 : Initiation à la modélisation paramétrique** a été conçu et enseigné par François Guéna. Il s'agit du premier cours de modélisation paramétrique que les étudiants de l'ENSAPLV ont la possibilité d'assister s'ils ont suivi toute leur scolarité dans cette école. Il a été proposé aux étudiants du premier semestre du Master 1 pendant l'année universitaire 2017-2018. Ce cours a pu être choisi par des étudiants parmi d'autres cours qui ont été disponibles pour la validation de l'Unité d'Enseignement *M.7.2. – Techniques de Représentation*<sup>46</sup>. Selon le planning des cours, le **TR714** a eu lieu une fois par semaine pour une durée de 3h30 le lundi de 14h à 17h30 (Guéna 2017, p. 3) au sein de l'école. Pour ce cours qui est sous forme de TD<sup>47</sup>, les présences en cours sont obligatoires. Le cours dispose d'un support de cours sous forme d'un site internet<sup>48</sup>. Le professeur poste là les énoncés de chaque exercice. De plus, pour chaque séance, les étudiants sont censés de rendre leur travail au professeur en le postant sur ce même site internet. Pour l'année universitaire 2017-2018, les étudiants avaient à compléter 10 exercices.

Le site peut aussi fonctionner comme un forum de discussion entre les étudiants et le professeur. A part de poster son travail, l'étudiant doit expliquer sa démarche et illustrer son discours. Le professeur, dans son tour, peut faire des remarques sur la qualité et le contenu des exercices réalisées, répondre aux questions des étudiants, faire des précisions en ce qui concerne les exercices à réaliser, etc.

La particularité de ce cours c'est qu'il s'agit d'un **cours d'informatique traditionnel** dans le sens où la présence des élèves est exigée dans la salle du cours et le professeur est aussi présent pour expliquer et enseigner des nouveaux concepts. Or, en ce qui concerne la notation, l'absence des étudiants est pénalisée par le professeur. En outre, les retards pour le rendu des exercices sont aussi pénalisants pour des étudiants.

L'évaluation globale du semestre se fait par plusieurs éléments qui sont pris en considération pour la note finale. Ci-dessous est une liste non-exhaustive des éléments qui font partie de la notation :

1. La présence dans la classe
2. Le rendu des exercices à l'heure
3. La qualité des rendus
4. L'existence des toutes les exercices demandées à réaliser. Par exemple, dix exercices sur dix exercices demandés
5. La participation dans la discussion dans le site. (Guéna 2018)

## Cours 2.0 : Les cours en ligne de la modélisation paramétrique

### Le cas d'étude no.2 | PO821 Systèmes numériques de la conception digitale

Un autre cours conçu et enseigné par François Guéna est le **PO821 Systèmes numériques de la conception digitale**. Ce cours est de quelque sorte la suite du cours **TR714** en termes de difficulté du contenu du cours ainsi que de continuité dans l'année universitaire. Le cours a eu lieu durant le deuxième semestre du Master 1 à l'ENSAPLV pendant l'année universitaire

---

<sup>46</sup> Pour le 1<sup>er</sup> semestre de Master 1 de l'année universitaire 2017-2018, les étudiants avaient à choisir parmi 11 cours dont le **TR714**.

<sup>47</sup> Acronyme pour Travaux Dirigés.

<sup>48</sup> <http://194.199.196.229/TR714/index.php/presentation/>

2017-2018. Ce cours est en lien avec le cours de projet *P820 Conception Architecturale Numérique*<sup>49</sup> qui est enseigné par F. Guéna, E. Locicero, V. Monier et J. Silvestre. La vocation du cours *PO821* est d'assister les étudiants à la création de leurs projets au sein du cours *P820* en s'entraînant aux outils de la modélisation paramétrique. Même si le cours *PO821* pourrait être considéré comme la suite du cours *TR714* en termes de contenu pédagogique avec des concepts enseignés plus approfondis que le cours *TR714*, pour y participer, il n'était pas nécessaire d'avoir suivi le cours *TR714* au préalable.

Ce cours a eu lieu en distance et en ligne. Les étudiants ont eu à leurs disposition un site internet<sup>50</sup> pour support de cours. Là, ils y avaient les énoncés de chaque exercice ainsi qu'un espace personnel où ils devraient déposer leur travail chaque semaine. Le site fonctionne aussi comme un forum où les étudiants peuvent poser leurs questions au professeur et/ ou les autres étudiants, discuter autour des exercices et écrire des commentaires. L'utilisation de ce site internet est très similaire du site du cours *TR714*. En revanche, la grande différence du cours *PO821* est l'absence des cours à une heure spécifique dans une salle avec un professeur comme c'est le cas pour le cours *TR714*. Du coup, la communication entre l'étudiant et le professeur se fait par ce site internet<sup>51</sup>.

Une autre grande différence se trouve sur le système de notation des étudiants. Puisque le cours se fait en distance et en ligne, la présence des étudiants n'est pas prise en compte par le professeur. Pour la même raison, les étudiants ont la possibilité de travailler à leur rythme sur les exercices à faire à condition de les rendre à l'heure, c'est-à-dire, les rendre chaque semaine. Dans le cours *TR714*, les étudiants peuvent réaliser les exercices en entière ou en partie pendant les trois heures et demie de cours. De même, vu que le cours n'a pas besoin d'une salle de cours physique, les étudiants étaient plus nombreux pour le cours *PO821* que pour le cours *TR714*.

Pour le cours *PO821*, l'évaluation globale du semestre se fait par plusieurs éléments qui sont pris en considération pour la note finale. Ci-dessous est une liste des éléments qui font partie de la notation :

1. Le rendu des exercices à l'heure
2. La qualité des rendus
3. Le rendu des toutes les exercices demandées à réaliser. Par exemple, dix exercices rendus sur les dix exercices demandés
4. La participation dans la discussion dans le site (Guéna 2018)

Une des particularités de ce cours est qu'il est lié au cours de projet *MP821 Conception architecturale numérique*<sup>52</sup>. François Guéna est le professeur responsable de ce cours pour l'année universitaire 2017-2018. De ce fait, il est présent chaque semaine. Lors de ce cours de projet, les étudiants ont l'opportunité de poser leurs questions concernant l'optionnel de projet, c'est-à-dire, le cours *PO801 : Systèmes numériques de la conception digitale*.

---

<sup>49</sup> <http://194.199.196.229/P820/>

<sup>50</sup> <http://194.199.196.229/Po821/>

<sup>51</sup> S'ils le souhaitent, les étudiants de l'ENSAPLV ont aussi la possibilité d'envoyer des mails au professeur par la plateforme *Taïga* (<https://etudiant.archi.fr/taiga/etd/index.php>) ou par simple mail directement adressée au professeur.

<sup>52</sup> Pour l'année universitaire 2017-2018, l'équipe des professeurs du cours a été composée par : François Guéna (responsable), Eric Locicero, Vincent Monier, Joaquim Silvestre, Milovann Yanatchkov.

## Les enquêtes

Afin d'avoir une meilleure compréhension du déroulement des cours *TR714* et *PO821* du côté des étudiants, j'ai réalisé deux enquêtes sous format des questionnaires en ligne pour lesquelles l'ensemble des étudiants qu'ont participé à ces cours ont été invités à répondre de façon anonyme. L'invitation a été fait par courriel aux étudiants concernés (37 personnes en total) et par publication dans les groupes d'étudiants de l'ENSAPLV sur les réseaux sociaux.

### Enquête 1

La première enquête<sup>53</sup> a été réalisé afin d'avoir une première idée sur le comportement des étudiants à travers les deux cours suivis pendant l'année 2017-2018. Sur les 37 invités, 17 personnes ont répondu soit 45.9%. Parmi ceux qui ont participé à l'enquête, 7 (41.2%) personnes ont suivi le cours *TR714*, 8 (47.1%) personnes ont suivi le cours *PO821* et 2 (11.8%) ont suivi les deux cours.

Le questionnaire a été réalisé en considérant plusieurs sujets :

1. Le choix du cours
2. La motivation estudiantine en relation avec le temps
  - a. Le temps consacré à la réalisation des exercices
  - b. La ponctualité des rendus
  - c. La raison pour laquelle les étudiants font les exercices
  - d. La pertinence de l'apprentissage de la modélisation paramétrique
3. Le format du cours
  - a. Les outils utilisés pour s'aider à la réalisation des exercices
  - b. Mode de communication entre professeur-étudiant et étudiant-étudiant
  - c. Le temps du cours
  - d. L'opinion sur l'état du cours actuel
4. La gamification
5. Les outils utilisés pour ce cours

### Résultats

Un dysfonctionnement du système actuel des cours *TR714* et *PO821* est le temps consacré à la réalisation des exercices. En moyenne, l'étudiants ont besoins entre 2-3 heures avec certains allant d'une demi-heure et d'autres à 5 heures par exercice. Pourtant, il faut se rappeler que selon les ECTS<sup>54</sup>, pour l'ensemble des obligations du cours (présence en cours et réalisation des exercices), un étudiant, pour le cours *TR714*, devrait consacrer entre 35.5 et 45 heures en totale. Pour le cours, *PO821*, le temps à consacrer devrait être entre 7.5 et 9 heures. Les réponses des étudiants montrent que, dans la réalité, ils dépassent le temps prévu selon le système ECTS.

Il faut aussi prendre en compte, que pour le cours *TR714*, à part le temps consacré pour l'explication de l'exercice, les étudiants ont eu la possibilité de travailler pendant le cours sur leurs exercices. Ceci n'est pas le cas du cours *PO821* où les étudiants n'ont pas des cours à

---

<sup>53</sup> Lien pour accéder au premier questionnaire :

<https://docs.google.com/forms/d/1cdCy3Se46HLZ05dN3qLjYBR0Gezt1htMuQfEHEOT2xE/edit#responses>

<sup>54</sup> Cf page 10.

suivre dans une classe avec leur professeur. Il n'y a pas de temps de cours mais uniquement de temps de la réalisation des exercices.

En outre, la grande majorité des étudiants utilisent d'autres supports d'apprentissage en ligne concernant la réalisation de leurs exercices<sup>55</sup> à part des sites proposés par Guéna. Il est possible que cette recherche des supports d'aide prenne un temps considérable qui vient s'ajouter au temps consacré à la réalisation des exercices. A titre d'information, presque la moitié des participants de l'enquête (41.2%) ont répondu qu'ils rendent les exercices en retard contre 58.8% qui les rendent plutôt à l'heure.

Malgré cela, l'enquête montre une satisfaction en ce qui concerne les sites proposés par Guéna avec une grande majorité qui a répondu que le site est utile (66.7%), parfait (25%) et seulement 8.3% qui les considèrent insuffisant.

### Limitations

Malgré le fait que presque la moitié des invités ont participé à l'enquête, il est possible que les résultats ne soient pas représentatifs de l'ensemble des étudiants qui ont participé aux cours de deux cas d'étude. Notamment, si l'on considère que près de 30 personnes suivent les cours chaque semestre, il y a uniquement 7 participants pour le cours *TR714* et 8 pour le cours *PO821* soit  $\approx 23.33\%$  et  $\approx 26.66\%$  respectivement<sup>56</sup>.

### Enquête 2

Suite à l'obtention et l'analyse des résultats de la première étude concernant les deux cas d'études, un deuxième questionnaire<sup>57</sup> a été distribué aux étudiants des deux cas d'étude. Cette étude a été plus détaillée pour chacun des cours de la modélisation paramétrique de Master 1 de l'année 2017-2018.

Sur les 37 invités, 5 personnes ont répondu soit 13.5%. Parmi ceux qui ont participé à l'enquête, 4 (80%) personnes ont suivi le cours *TR714* et 1 (20%) personne a suivi le cour *PO821*. Aucune personne qui a suivi uniquement le cours *PO821* n'a participé. Ceci n'a pas permis l'étude du comportement d'un étudiant qui n'a pas suivi un autre cours de modélisation paramétrique auparavant<sup>58</sup> vis-à-vis du cours en question.

Le questionnaire a été réalisé en considérant plusieurs sujets en fonction du cours.

Pour le cours *TR714*, les questions pour se concentraient sur les sujets suivants :

1. La raison de choix de cours
2. Expérience initiale et continuation avec la modélisation paramétrique
3. Difficulté sur l'apprentissage de la modélisation paramétrique
4. Opinion sur le cours actuel

---

<sup>55</sup> 23.5% utilisent beaucoup des tutoriels en ligne et 52.9% les utilisent un peu.

<sup>56</sup> Pourcentage sur une moyenne approximative de 30 étudiants par cours et par semestre.

<sup>57</sup> Lien pour accéder au premier questionnaire :

[https://docs.google.com/forms/d/1gH9hhpCSBL4HP56FaNQUhAWIsk\\_vk3ieGBjq1PjRAMk/edit#responses](https://docs.google.com/forms/d/1gH9hhpCSBL4HP56FaNQUhAWIsk_vk3ieGBjq1PjRAMk/edit#responses)

<sup>58</sup> A titre d'information, à l'ENSAPLV, le cours *TR714* est le premier cours dans lequel l'étudiant peut se familiariser avec la modélisation paramétrique.



Pour le cours *PO821*, les questions pour se concentraient sur les sujets suivants :

1. La raison de choix du cours
2. Expérience avec des cours de même format : en ligne/ en distance
3. Expérience initiale et continuation avec la modélisation paramétrique
5. Difficultés sur l'apprentissage de la modélisation paramétrique
6. Opinion sur le cours actuel

Pour cette enquête, il n'y avait pas des participants qui ont répondu au questionnaire et qui suivaient uniquement ce cours concernant la modélisation paramétrique pendant l'année universitaire 2017-2018. Ceci fait qu'il faut s'appuyer sur des données issues des étudiants qui ont participé au questionnaire et qu'ils ont suivi les deux cas d'étude.

Dans ce deuxième questionnaire, il y avait des questions pour lesquels tous les cours ont été concernés. Ceux-ci sont :

1. La préférence de mode d'enseignement entre les deux cours
2. La gamification
3. L'expérience initiale avec des cours en ligne
4. L'expérience avec des cours gamifiés
5. Comportement de joueur (par exemple, compétitif)
6. Intérêt pour des caractéristiques qu'on trouve dans des jeux (par exemple, compétition, temps-rapidité, points)
7. Les outils utilisés pour s'aider à la réalisation des exercices
8. Connaissance sur les outils et les cours E-learning existants

## Résultats

Les étudiants n'ont pas montré beaucoup d'intérêt concernant les jeux-sérieux et l'intégration des éléments de la gamification même s'ils aiment jouer aux jeux<sup>59</sup>. Néanmoins, 3 personnes sur 5 (60%) ne seraient pas intéressées d'avoir des éléments des jeux tels que des points, des badges, des niveaux, etc. comme l'on peut trouver dans des jeux-vidéos ou encore, dans des sites E-learning existants tels que Codecademy et Duolingo.

Les réponses des étudiants nous montrent une opinion plutôt négative en ce qui concerne des cours en ligne et/ou en distance. Leurs questionnements se portent sur :

- La nécessité d'autonomie
- Le manque de contact direct et instantané avec le professeur pour poser des questions
- La nécessité de chercher des réponses sur d'autres supports qui montre que le support actuel n'est pas suffisant ou que l'étudiant veut aller au-delà du contenu du cours. D'ailleurs, 4 participants sur 5 (80%) ont utilisé d'autres supports comme le site Food for Rhino et des tutoriels en ligne pour d'

Il faut, néanmoins, considérer, que parmi les participants du questionnaire, 3 personnes sur 5 (60%) ont d'autres expériences avec des cours en ligne autres que le cas d'étude *PO821*. Parmi eux, aucune personne<sup>60</sup> n'a suivi un cours qui se fait en jouant, donc, qu'il intègre la gamification.

---

<sup>59</sup> 3 personnes sur 5 aiment les jeux soit 80% contre 20%.

<sup>60</sup> 4 personnes sur 5 ont eu une réponse négative et une personne n'a pas répondu à cette question.

De plus, parmi les 5 participants, aucune personne<sup>61</sup> n'a une expérience concernant les jeux-vidéos. Leurs intérêts se portent plutôt sur des jeux de société et des cartes que sur des jeux qui se jouent sur des supports électroniques.

### Limitations

Le faible taux de participation à cette enquête (13.5%) fait que les résultats peuvent ne pas être représentatifs de la moyenne des étudiants qui ont suivi les cours des deux cas d'étude. En plus, pour cette étude il y a aucun participant qui a suivi uniquement le cours *PO821* ce qui fait qu'il n'y a pas des données à analyser concernant ce cours uniquement.

## Cours 2.5 : Vers un cours en ligne ludique de la modélisation paramétrique

Selon la *Figure 2*<sup>62</sup>, le cours 2.5 est considéré comme la suite et l'évolution des cours 1.0 et 2.0, c'est-à-dire, des cours *TR714* et *PO821*. Ce qui caractérise le cours 2.5 est l'intégration de la gamification et l'évolution du support. Il s'agit d'un cours en ligne comme le cours 2.0 mais aussi, en distance, toujours disponible et ludique. Cette partie du mémoire fait un panorama des éléments qu'il est possible d'intégrer dans ce cours.

### La gamification

Une partie importante de la bibliographie scientifique qui cherche les effets de la gamification sur l'enseignement, la présente comme une solution « miracle » et passe-partout contre tous les problèmes liés à l'enseignement et l'apprentissage. Cependant, il existe encore des désaccords en ce qui concerne l'efficacité de la gamification sur l'apprentissage et l'éducation. Aux fins de cette recherche, on retient les liens positifs et non-négligeables entre la gamification et les résultats souhaités qui ont été prouvés par plusieurs chercheurs. (Kim et al. 2018) On essaiera d'expliquer ici plus en détail de quoi il s'agit.

### Explication des termes

La **gamification** est une notion très récente dans le champ des sciences de l'éducation. Ce terme apparaît pour la première fois dans les moteurs de recherche<sup>63</sup> en 2010 tandis que le terme learning games bien avant (Google Trends 2018).

---

<sup>61</sup> Les 3 participants sur 5 qui ont répondu à cette question, ont mentionné qu'ils jouent sur des jeux de cartes et de jeux de société. Même si la question posée a fait référence également aux jeux-vidéos, aucun participant n'a mentionné qu'il joue ce type de jeux.

<sup>62</sup> Cf. page 12.

<sup>63</sup> Le moteur de recherche *Google Trends* ne permet pas la recherche des termes pour avant 2004.

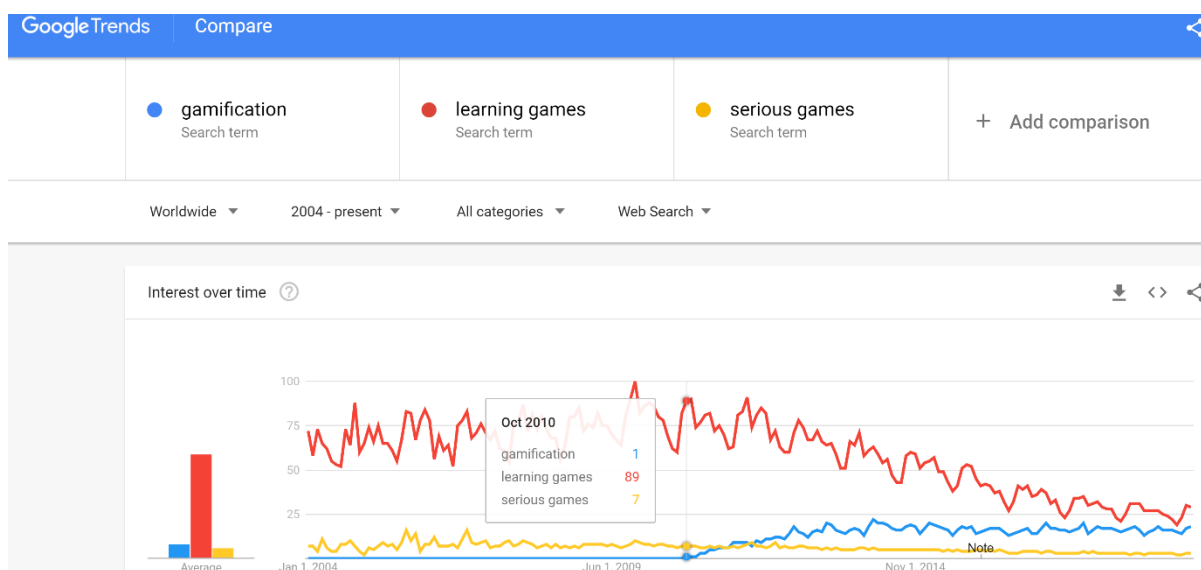


Figure 10 Graph depuis Google Trends montrant l'intérêt du public sur les termes *gamification*, *learning games* et *serious games* depuis 2004 jusqu'au 22/10/2019. (Google Trends 2019)

Entre 2010 jusqu'à aujourd'hui, il y a plusieurs recherches sur l'application de la gamification dans l'éducation et ses avantages. Les chercheurs qui se sont interrogés sur la gamification ont essayé de proposer des définitions. Néanmoins, il existe plusieurs notions similaires qui sont liées à la gamification. Pour cette recherche, avec le terme **gamification** on désigne « l'intégration d'éléments de jeu et de réflexions de jeu<sup>64</sup> dans des activités qui ne sont pas des jeux. [...] Les jeux ont certaines caractéristiques distinctives qui jouent un rôle clé dans la gamification :

- Tous les utilisateurs sont des participants ;
- Challenges/ tâches que les utilisateurs effectuent et progressent vers les objectifs définis ;
- Points accumulés à la suite de l'exécution de tâches ;
- Niveaux que les utilisateurs passent en fonction des points ;
- Badges qui servent de récompense pour avoir terminé des actions ;
- Classement des utilisateurs en fonction de leurs réalisations. » (Kiryakova, Angelova, Yordanova 2017)

« Les **jeux d'apprentissage**<sup>65</sup>, font spécifiquement référence aux jeux numériques utilisés à des fins éducatives, comme l'enseignement des mathématiques, de la lecture, de l'histoire, de la géographie, etc. Selon Sawyer et Smith (2008), les jeux d'apprentissage « *utilisent un gameplay pour renforcer la motivation d'apprendre et d'éduquer l'éducation* », ou pour améliorer l'efficacité du transfert de contenu ou d'autres résultats d'apprentissage spécifiques."

Les **jeux-sérieux**<sup>66</sup> se réfèrent à des jeux numériques avec un but au-delà de fournir un engagement (par exemple les prestations de santé, le changement social, la formation militaire, publicité, etc.). Ainsi, les jeux d'apprentissage constituent un genre spécifique dans le domaine plus vaste des jeux sérieux.

<sup>64</sup> En anglais, *game thinking*.

<sup>65</sup> En anglais, *learning games*.

<sup>66</sup> En anglais, *serious games*.

Un *jeu numérique*<sup>67</sup> fait référence au jeu dont la lecture se fait sur un ordinateur, une console de jeu-vidéo ou un appareil mobile. » (Marklund 2013)

### La création d'un jeu-sérieux sous forme de jeu-vidéo

Pour que l'étudiant soit motivé d'apprendre d'avantage, à part de sa motivation intrinsèque, un autre facteur qui pourrait augmenter le niveau de motivation est que l'activité de l'apprentissage soit une expérience agréable pour lui. En 1996, le psychologue Mihály Csíkszentmihályi a élaboré le concept de *flow*<sup>68</sup>. (Csíkszentmihályi 1996) Csíkszentmihályi cherchait pourquoi les individus continuent à faire des activités qui ne sont pas récompensés mais au contraire, sont souvent pénibles, risquées et difficiles et qui présentent l'élément de la nouveauté et de découverte comme les échecs ou l'athlétisme. Pour identifier ce type d'*expérience optimale*, il a identifié une liste de neuf caractéristiques qui décrivent ce que l'on ressent quand une expérience est agréable :

1. Il y a des objectifs clairs à chaque étape ;
2. Il y a un retour immédiat sur ses actions ;
3. Il y a un équilibre entre les défis et les compétences ;
4. L'action et la conscience sont fusionnées ;
5. Les distinctions sont exclues de la conscience ;
6. Il n'y a pas de souci d'échec ;
7. La conscience de soi disparaît ;
8. Le sens du temps se déforme ;
9. L'activité devient indépendante.

Ces caractéristiques sont un guide utile afin de créer un jeu-sérieux pour pourrait créer une expérience optimale pour faire immerger l'apprenti dans l'apprentissage de la modélisation paramétrique. Si l'état de flow n'est pas atteint, l'étudiant deviendra anxieux si le défi est trop difficile pour lui et il n'a pas les compétences nécessaires pour les surmonter. De même, si le défi est trop facile pour l'étudiant, il deviendra facilement ennuyé et le défi cessera de garder son intérêt.

---

<sup>67</sup> En anglais, *digital game*.

<sup>68</sup> En anglais, *flow theory*. En français, *théorie de flux*.

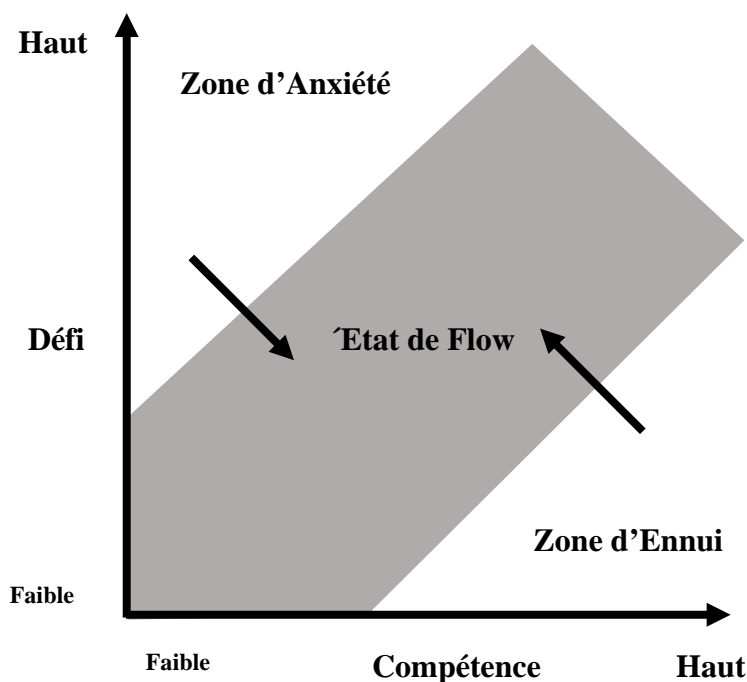


Figure 11 Le concept de Flow de Mihály Csíkszentmihályi (Kim et al. 2018)

Ce guide général peut être appliqué à n'importe quel style d'enseignement. Pourtant, le flow est lié à l'engagement qui est un facteur important qui influe sur la réussite scolaire, la motivation des élèves, les résultats d'apprentissage affectif et social et le rendement scolaire. Selon Shernoff, l'engagement est « l'expérience simultanée accrue de concentration, d'intérêt et de plaisir dans la tâche à accomplir » ainsi que, selon Connel et Wellborn, « le niveau d'engagement affectif, comportemental et cognitif au cours d'une tâche ». (Kim et al. 2018) Pour réussir avoir un engagement maximum des étudiants, la gamification est présentée comme une solution optimale. Si on veut que la gamification est fait sous forme d'un jeu-vidéo, il faut considérer les caractéristiques qui sont propres à lui et qui le créent.

Il sera nécessaire de réfléchir sur ce qui distingue un jeu-vidéo qui a pour but le divertissement du joueur d'un jeu-sérieux dont le but est la transmission de la connaissance. Selon le designer et producteur des jeux Sid Meier « un **jeu** est une série de choix intéressants et significatifs faits par le joueur dans la poursuite d'un but clair et guidé. » (Kim et al. 2018) D'ailleurs, selon Dell'Aquila, « le genre de **jeu éducatif** est un type de jeu qui a été conçu pour aider les apprenants à acquérir des connaissances, des compétences et des attitudes sur un sujet ou un domaine. Il se concentre davantage sur les objectifs éducatifs que sur le divertissement. Techniquement, un jeu éducatif peut être n'importe quel type de jeu, à condition qu'il réponde aux besoins éducatifs. » (Kim et al. 2018) En outre, selon Ulrich et Helms, « un **jeu sérieux** est un jeu développé pour un but autre que le divertissement. ». (Kim et al. 2018)

Les caractéristiques des jeux selon Leemkueil et Schell (Kim et al. 2018), se ressemblent en partie aux caractéristiques de flow surtout en ce qui concerne d'avoir des objectifs clairs et l'importance de l'engagement. Une différence importante entre le flow et les caractéristiques présentées par Schell concerne les gains et les pertes. Csíkszentmihályi souligne l'importance du fait qu'un individu continuera à faire une activité même sans être récompensé si elle lui produit une expérience optimale et agréable. (Csíkszentmihályi 1996)

Caractéristique des jeux selon Leemkuil et al. (2000)	Caractéristiques des jeux selon Schell (2008)
Avoir des objectifs qui doivent être atteints	Avoir des objectifs
Inclure des contraintes, des règles et des incitations	Avoir des règles
Avoir de la compétition	Avoir des gains et des pertes
Être situé dans un contexte spécifique	Être joué volontairement
	Avoir des conflits
	Être interactifs
	Être stimulant
	Créer leurs propre valeurs internes
	Engager les joueurs
	Être des systèmes formels clos

(Kim et al. 2018)

La création d'un jeu-vidéo est un processus très complexe, laborieux et long. Dans ce processus, il faut rajouter aussi le fait qu'il s'agit d'un jeu-sérieux. Pour cette raison, le travail est encore plus difficile à réaliser. Pour la création d'un jeu-sérieux sous forme de jeu-vidéo, il faut d'abord, penser à plusieurs facteurs. Dans un premier temps, il faudra penser à l'ensemble des personnes qui font un jeu-vidéo. Ci-dessous, on présente les membres nécessaires et leurs responsabilités selon les modèles développés par Kapp (Kapp 2012) et l'Université Purdue (Purdue University 2007) et résumé par Kim (Kim et al. 2018).

Équipe de création d'un jeu	
Profil	Responsabilités
Chef de projet	Responsable de la gestion de toutes les phases d'un projet de gamification. Attribue des responsabilités à chaque membre de l'équipe. Facilite la communication dans l'équipe. Responsable de la qualité du produit fini.
Game designer pédagogique <sup>69</sup>	Fournit une expertise dans le domaine de la conception de systèmes d'enseignement.
Expert dans la matière <sup>70</sup>	Fournit une expertise dans le domaine lié au contenu pédagogique. Fournit du contenu pour la gamification. Identifie les objectifs d'apprentissage. Fournit les métriques d'évaluation
Artiste	Produit des modèles, textures, interface utilisateur, animations. Conçoit les mécanismes qui permet aux personnages et aux autres éléments du jeu de se déplacer.
Musicien/ Technicien son	Crée la musique de fond et des effets sonores, qui fournissent aux joueurs des retours et des messages les informant de ce qu'ils peuvent/ doivent faire.
Animateur	Conçoit les mécanismes permettant aux personnages et aux autres éléments du jeu de se déplacer.
Level designer/ Designer des niveaux	Conçoit des missions et des objectifs pour chaque niveau du jeu.
Programmeur	Écrit des codes pour que les jeux fonctionnent comme prévu
Représentant des technologies de l'information	Fournit une expertise sur les exigences techniques pour exécuter un jeu. Garantit que le nouvel apprentissage basé sur le jeu sera exécuté sur le système existant de l'organisation et sur d'autres infrastructures.

<sup>69</sup> En anglais, *instructional game designer*.

<sup>70</sup> En anglais, *subject-matter expert (SME) ou domain expert*.

Représentant des apprenants	Fournit des retours concernant le groupe d'apprenant cible. Fournit des informations sur l'efficacité et le confort de l'utilisateur.
Designer pédagogique	Conçoit des stratégies pédagogiques pour atteindre les objectifs.
Game designer	Crée des éléments de jeu, tels que des règles et des récompenses, aux étapes de pré-production. Fournit à l'équipe de production une feuille de route détaillée. Joue le rôle d'un écrivain ou d'un réalisateur dans un film.
Directeur technique	Expertise dans la production artistique ainsi que dans la programmation. Écrit des outils personnalisés pour les artistes. Il sert de liaison technique entre les programmeurs et les artistes.

(Kim et al. 2018)

Les membres de l'équipe travaillent ont plusieurs responsabilités et leur expertise peut être demandé pendant plusieurs phases depuis la conception jusqu'à la phase finale du jeu. Cependant, la création d'un jeu-vidéo consiste de 3 grandes phases : la pré-production, la production et la post-production. (Purdue University 2007)

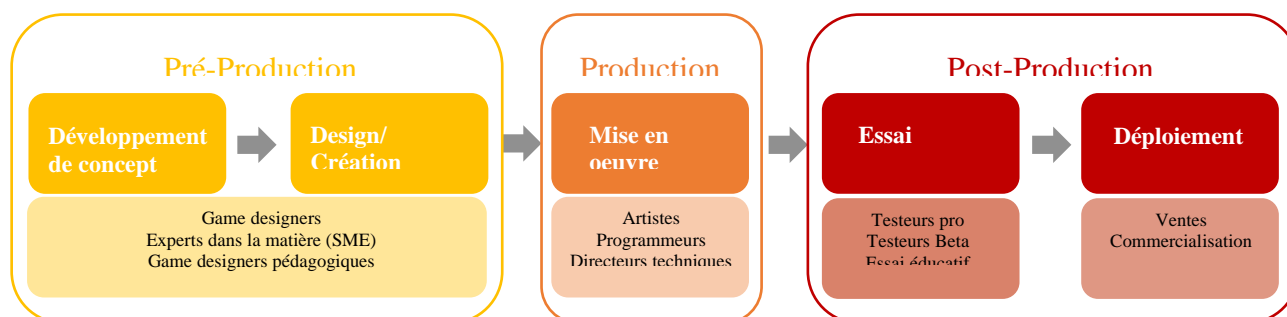


Figure 12 Les trois grandes phases de la création d'un jeu-vidéo. Schéma basé sur le schéma de l'Université Purdue (2007).

Pendant la phase de pré-production et de la production, l'équipe des designers doivent penser à la mécanique de jeu<sup>71</sup>, la dynamique de jeu<sup>72</sup> ainsi que son aspect esthétique. Ceci est appelé le **modèle MDA**<sup>73</sup> qui a été développé par Robin Hunicke, Marc LeBlanc et Robert Zubeck issue de plusieurs conférences Game Developers Conference à Californie pendant la période 2001 et 2004 (Egenfeldt-Nielsen, Smith, Tosca 2008).

Egenfeldt-Nielsen, Smith et Tosca présentent des définitions sur ces termes. **La mécanique** est la règle et le code de base d'un jeu. Ce n'est pas que nous voyons ou entendons pendant que nous jouons. La "mécanique" désigne plutôt la grande quantité d'informations qui entre dans la construction du monde du jeu - la série d'algorithmes, par exemple, qui détermine le schéma de réaction d'un personnage contrôlé par ordinateur. (Egenfeldt-Nielsen, Smith, Tosca 2008)

Éléments de la mécanique	
Catégories	Éléments
Récompenses	Points, niveaux, progression, badge, autorité, objets virtuels, biens physiques, indemnité, cadeau, objets gratuits, monnaie virtuelle

<sup>71</sup> En anglais, *game mechanics*.

<sup>72</sup> En anglais, *game dynamics*.

<sup>73</sup> Le MDA s'agit d'un acronyme des termes *Mechanics, Dynamics, Aesthetics*. En français, *Mécanique, Dynamique, Esthétique*.

Planning de récompense	Récompense à intervalle fixe sur planning, récompense à intervalle variable sur planning
A éviter	Découragement et fuite
Classement	Macro-classement, micro-classement, compétition indirecte et compétition directe
Statut/ Position	Avatar et réseau social
Quêtes	Déverrouillage de contenu, compte à rebours, loterie, découverte commune et échafaudage

(Kim et al. 2018)

**La dynamique** est la façon dont le jeu se joue réellement en fonction de la mécanique. Ce sont les événements qui se produisent réellement ou qui peuvent se produire au cours du jeu, tels que vécus par le joueur. Par exemple, les mécanismes de jeu peuvent contenir des algorithmes complexes selon lesquels les comportements d'un soldat ennemi sont déterminés de manière probabiliste, tandis que le joueur est simplement présenté à un dangereux ennemi se cachant derrière un arbre et ouvrant le feu. La dynamique est une fonction de la mécanique, mais elle peut aussi être surprenante, dans la mesure où les processus complexes interagissent de manière imprévisible.

L'esthétique englobe les réponses émotionnelles favorables invoquées chez le joueur lorsqu'il interagit avec le jeu. Hunicke, LeBlanc et Zubeck listent les éléments qui nous attirent aux jeux :

1. Sensation (jeu comme plaisir du sens) ;
2. Fantaisie (jeu imaginaire) ;
3. Récit (jeu en tant que drame) ;
4. Défi (jeu en course à obstacles) ;
5. Camaraderie (le jeu comme cadre social) ;
6. Découverte (le jeu en tant que territoire inconnu) ;
7. Expression (jeu à découvrir soi-même) ;
8. Soumission (jeu comme passe-temps).

Un jeu offre généralement certains de ces plaisirs, mais pas tous. (Egenfeldt-Nielsen, Smith, Tosca 2008)

Une fois le jeu-vidéo/ jeu-sérieux créé, il reste la phase d'essai et de déploiement qui, dans le contexte d'un cours et une école relativement petits comme l'ENSAPLV, peuvent se faire au même temps. Après, au fur et à mesure, l'évaluation du jeu et de l'implémentation de la gamification devraient aussi se faire afin d'améliorer le jeu et par conséquent, l'apprentissage des étudiants.

La figure ci-dessous montre les différents résultats possibles. L'objectif de la gamification est que le cours soit amusant mais et que ce qu'il est enseigné vaut la peine. Pour les autres cas, il faudra réviser les modèle MDA ainsi que le contenu pédagogique.



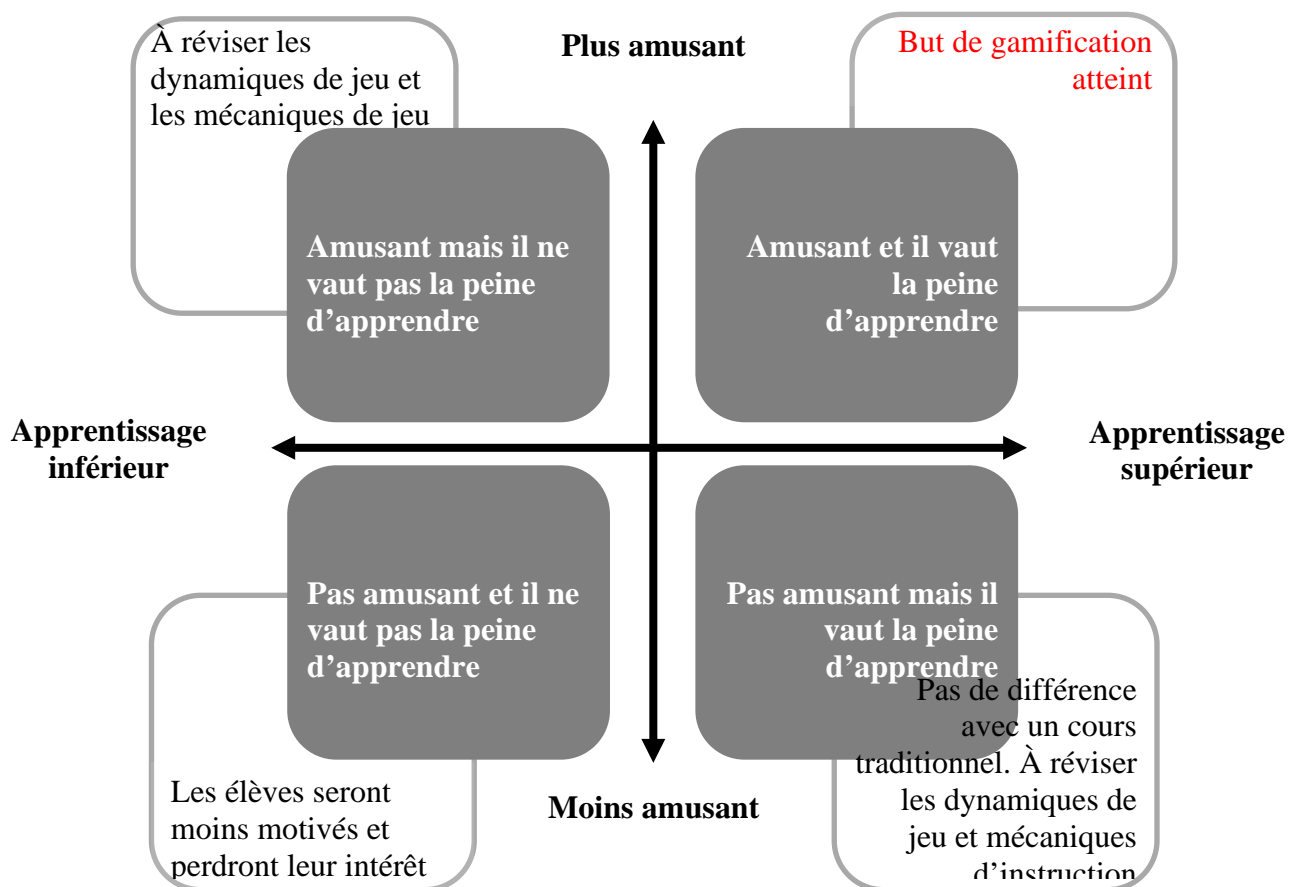


Figure 13 Les quatre résultats de l'instruction en utilisant la gamification. Schéma basé sur le modèle de Faghihi (2017). (Kim et al. 2018)

### Analyse d'exemples de site E-learning courants

Pour avoir une idée de l'actualité des sites importantes de E-learning, trois sites E-learning important sont considéré et analysé ici en tant qu'experts en la matière. Ces sites sont Duolingo, Coursera et Codecademy.

Les captures écrans suivants donnent une vision sur ces trois sites :

#### Duolingo

Il s'agit d'un site où les utilisateurs peuvent choisir à apprendre plusieurs langues étrangères au même temps. L'utilisateur avance au fur et à mesure en complétant les différents niveaux proposés pour chance langue. S'il utilise le site quotidiennement, il est récompensé des points. Le site se distingue des autres par l'utilisateur des divers couleurs comme le jaune, le bleu et l'orange. Il y a aussi un utilisateur des mascottes animales de manière presque enfantine.

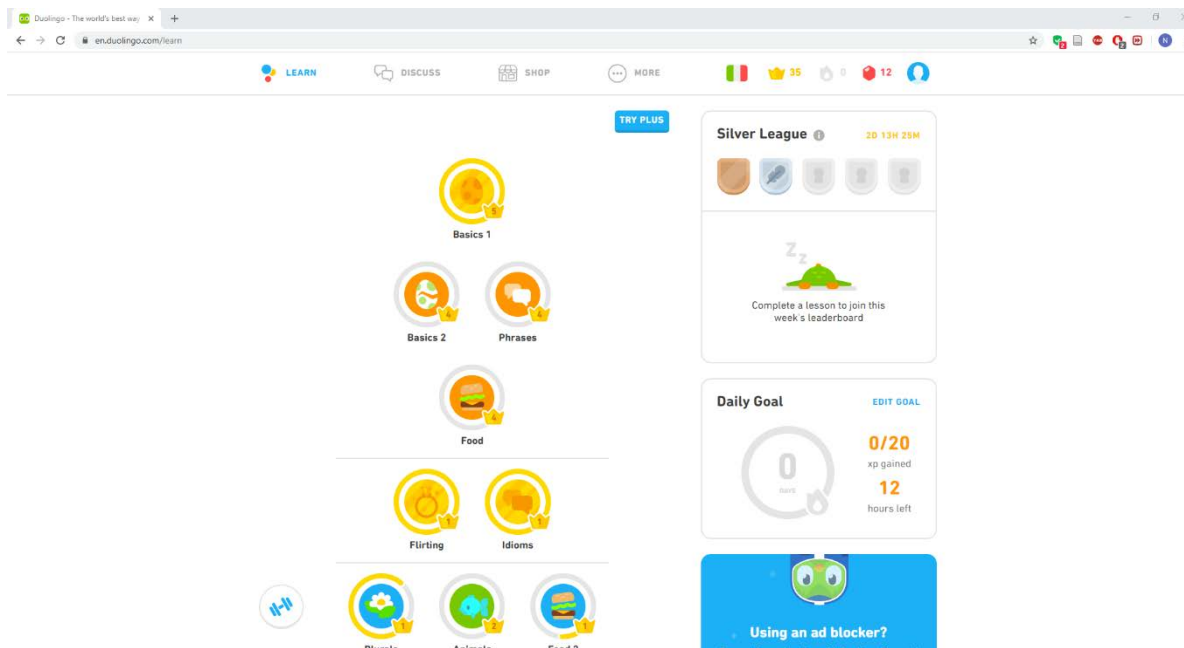


Figure 14 Impression écran du dashboard avec les cours suivis concernant une langue, dans ce cas, l'italien, ainsi que le taux d'achèvement sous forme graphique.

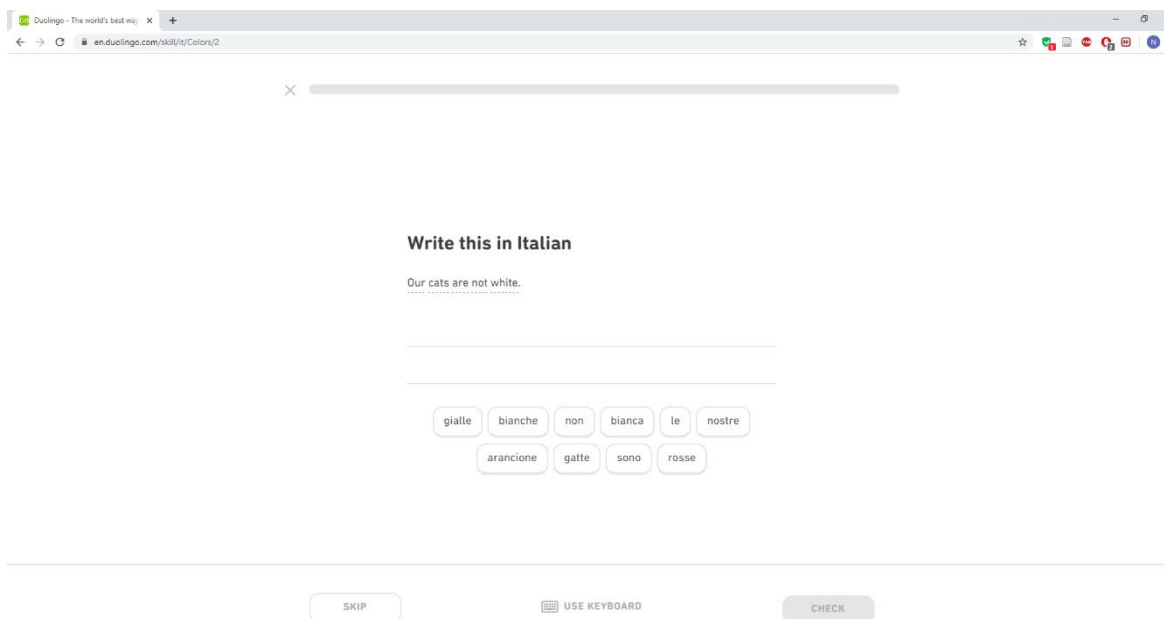


Figure 15 Impression écran d'un cours d'italien sur les couleurs dans le site Duolingo.

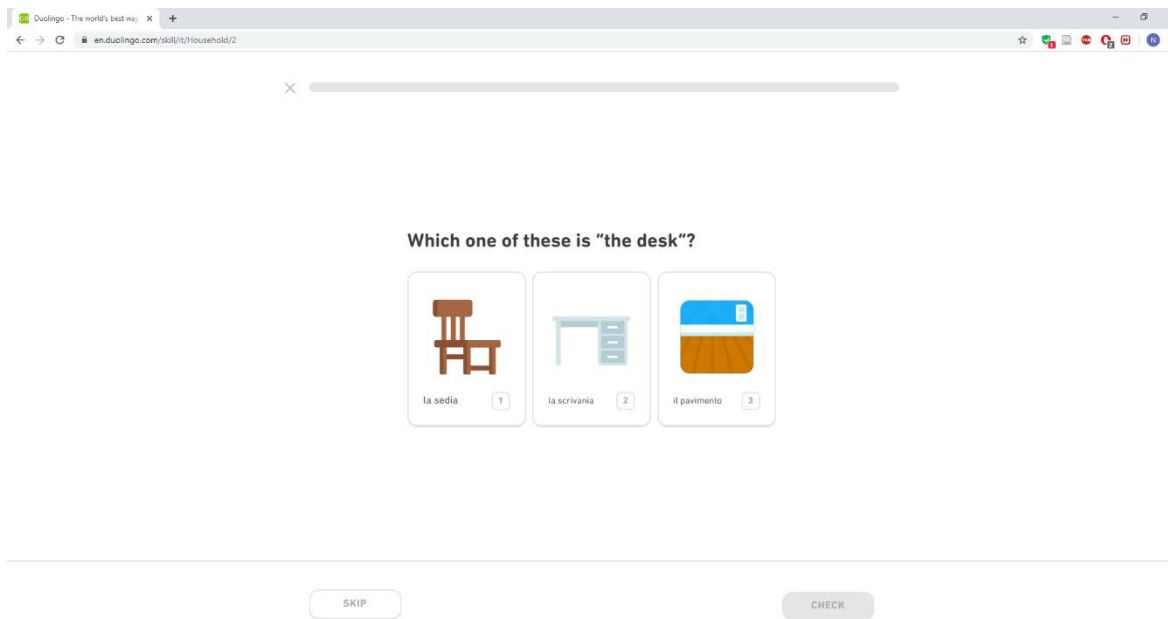


Figure 16 Impression écran d'un cours d'italien sur les objets domestiques dans le site Duolingo.

### Coursera

Coursera est une plateforme où ses partenaires peuvent transmettre leurs cours aux utilisateurs de la plateforme Coursera. Il est de même possible de recevoir une certification contre une somme. Ces mêmes cours sont disponibles gratuitement mais, dans ce cas, l'utilisateur a accès à un contenu plus limité. Coursera propose également, toujours en partenariat avec des universités, des diplômes du premier et seconde cycle universitaire.

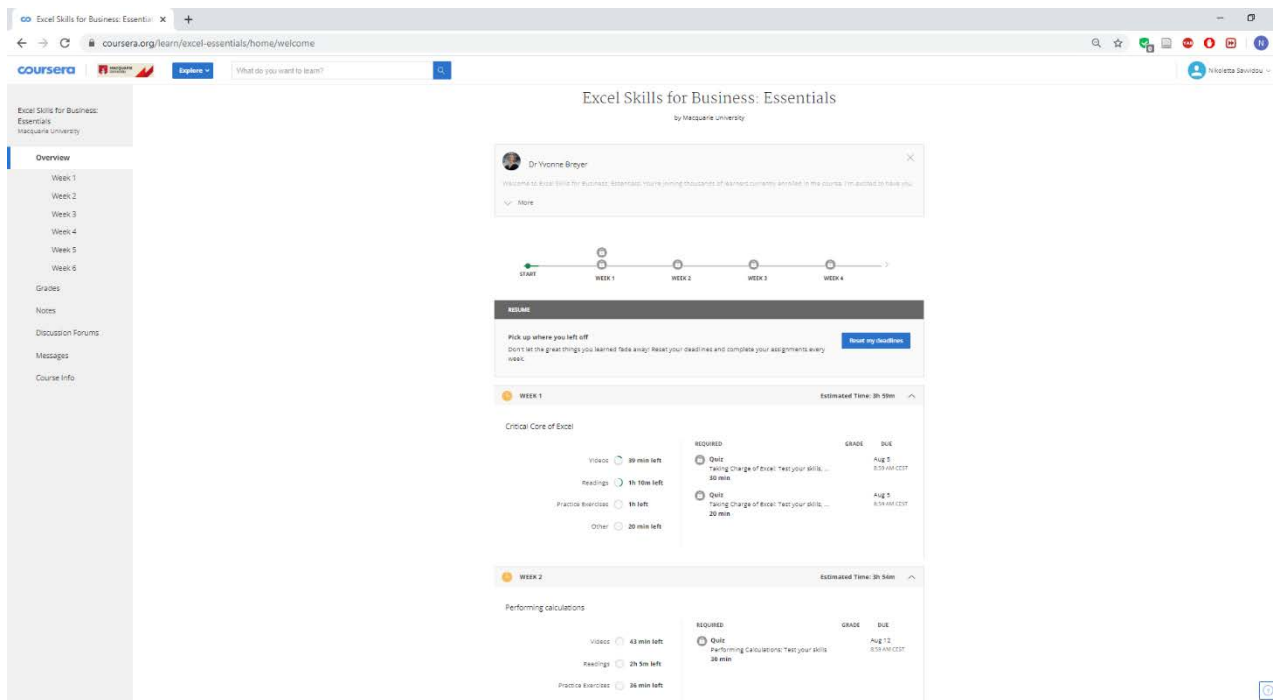


Figure 17 Impression écran du dashboard du cours « Excel Skills for Business: Essentials » proposé par Macquarie University et la professeur Dr Yvonne Breyer dans le site Duolingo. On distingue un dashboard assez détaillé avec des devoirs à faire par semaine ainsi que le temps nécessaire pour leur réalisation. Il y a aussi une date d'échéance pour les devoirs de chaque semaine.

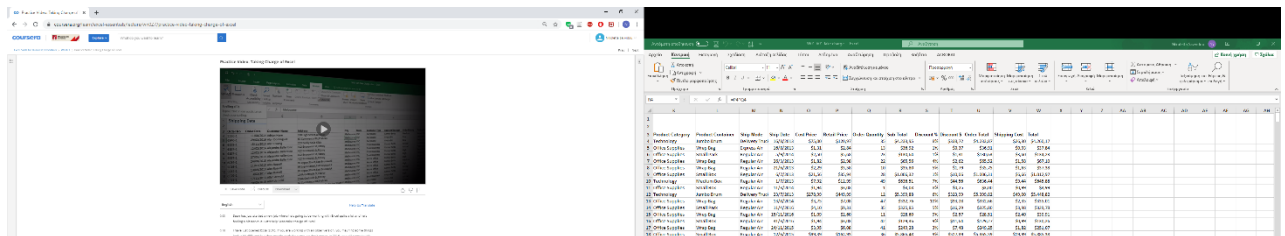


Figure 18 Impression écran du cours « Excel Skills for Business: Essentials » proposé par Macquarie University et la professeur Dr Yvonne Breyer dans le site Duolingo. Le cours nécessite le téléchargement d'un fichier Excel pour s'entraîner en effectuant ce qui est demandé dans la vidéo du cours.

## Codecademy

Codecademy est un site dédié à l'apprentissage de la programmation mais aussi des cours « groupés » et centrés sur des thématiques tels que la Science des données et le développement des sites web. Le contenu des cours est créé en interne par l'équipe Codecademy.

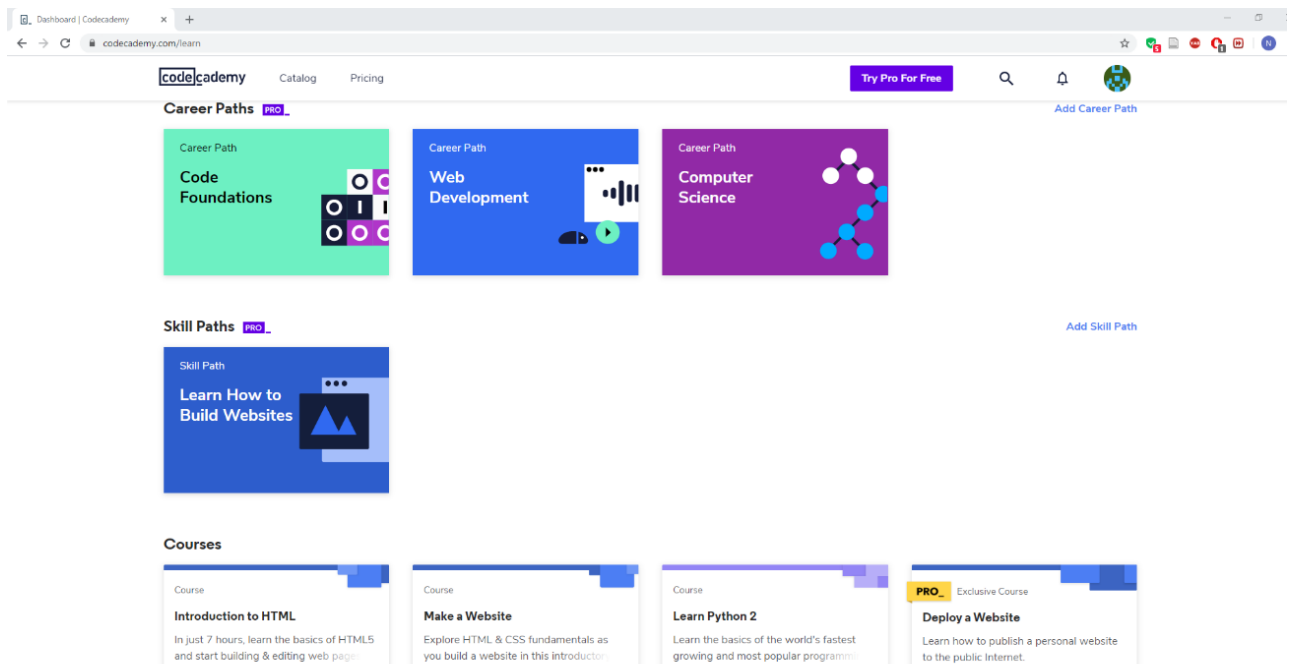


Figure 19 Impression écran du dashboard avec les cours suivis ainsi que le pourcentage d'achèvement.

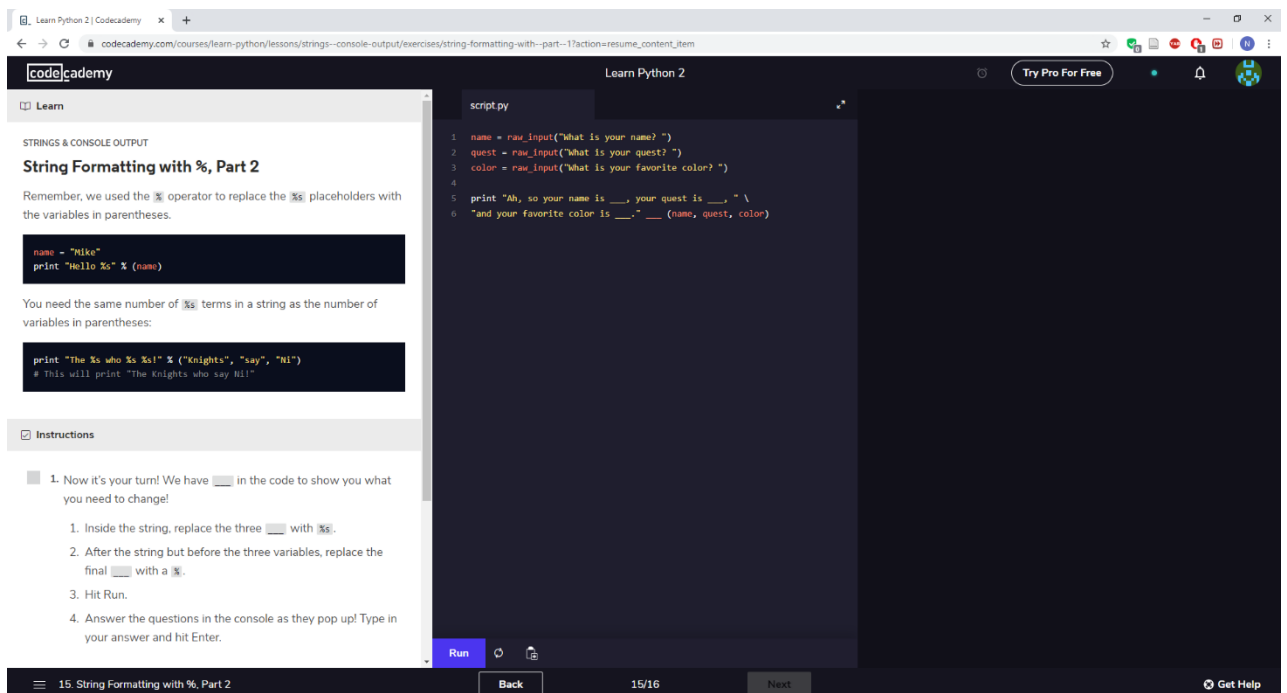


Figure 20 Impression écran cours « Learn Python 2 » dusite Codecademy.

Pour avoir une idée globale de ces sites E-learning, le tableau ci-dessous fait un résumé comparatif où l'on trouve certains des caractéristiques de chacun des sites E-learning cités ci-dessus:

**Tableau comparatif sur les sites – plateformes E-learning courantes**

Site - plateforme	<i>Duolingo</i>	<i>Coursera</i>	<i>Codecademy</i>
Pour quoi apprendre ?	Langues étrangères	Divers	Codage
Comment atteindre les objectifs pédagogiques	En traduisant des mots, en complétant des phrases, images- mots, répétition	Suive des multimédia (vidéos, images), compléter QCM, faire des projets	Exécuter les exercices en écrivant le code qui correspond selon les consignes
Créateur du contenu	Equipe Duolingo	Partenaires	Equipe Codecademy
Existence de forum	Oui	Oui	Oui
Caractéristiques du forum	Questions du forum catégorisé par sujet , button « Like » pour le message posté, questions dans des langues différentes, système de points (lingots), langues appris et à quel niveau dans Duolingo, chronodatage des réponses, combien des jours de suite l'utilisateur fait son cours en ligne (streak)	Questions du forum catégorisé par sujet, Nombre de réponses données, statut, button « Like » pour le message posté, chronodatage des réponses	Questions du forum catégorisé par sujet , button « Like » pour le message posté, chronodatage des réponses
IM <sup>74</sup> avec d'autres utilisateurs	Non	Non	Non
Design/ UX/ UI bon mot	Couleurs différentes		Dashboard <sup>75</sup>
Application mobile	Oui	Oui	Oui

## Aller au de-là du cours en ligne

### Vers la gamification et l'automatisation du cours de modélisation paramétrique

Il y a beaucoup des types de jeux et d'outils qu'un enseignant peut essayer d'utiliser pour son enseignement et ses cours. Pour appliquer de la gamification, il n'est pas nécessaire d'utiliser des outils numériques. Il s'agit de mettre en place des éléments de jeux pour qu'on parle d'un cours gamifié. Pour donner un exemple, un enseignant pourrait diviser une classe en plusieurs équipes, chaque équipe devrait résoudre le même problème, par exemple un problème mathématique. L'équipe gagnant sera celle qui pourrait résoudre au plus vite possible le problème. En supplément, l'équipe gagnant, à part le *titre* d'être la plus rapide, gagnera une meilleure note finale.

Dans cet exemple, le professeur aura eu à faire appel à l'esprit compétitif des élèves. De plus, il fera appel à leur *motivation intrinsèque*, si l'on imagine qu'ils ont motivé par l'apprentissage des nouvelles connaissances, d'être le meilleur, etc. Finalement, il fera appel à leur *motivation extrinsèque* parce que les élèves gagneront des meilleures notes. Pour cela, le professeur n'a pas besoin aucune outil spécial. Pourtant, si l'on se base sur le modèle MDA, cet exemple

<sup>74</sup> Acronyme pour *Instant Messaging*. En français, *message instantané*, *chat*.

<sup>75</sup> Aussi appelé *tableau de board*.

n'aura pas d'aspect esthétique, au moins, visuellement, que l'utilisation des outils numériques et les multimédias pourraient donner comme valeur ajoutée à l'enseignement.

Pour cela, le type de jeu approprié devrait se baser sur plusieurs facteurs. Cependant, le facteur le plus important semble être les objectifs pédagogiques du cours. Le tableau ci-dessous liste des différents types de jeu appropriés selon les objectifs pédagogiques.

**Le type de jeu approprié selon l'objectif pédagogique<sup>76</sup>**

<i>Objectif pédagogique</i>	<i>Type de jeu</i>
Enseigner des faits (jeux de connaissance déclaratifs, c'est-à-dire que la seule façon de l'apprendre consiste à mémoriser)	Jeu de combinaisons, QCM, glisser-déposer <sup>77</sup>
Connaissance conceptuelle	Exemples, non-exemples, résultats de la compréhension conceptuelle
Connaissance procédurale/ basée sur des règles	Jeux de société dans lesquels vous prédisiez et appliquez les règles, observez les conséquences des règles
Jeux de connaissances sur la résolution de problèmes	Simulation de ramification, utilisant un monde virtuel (où une personne est derrière un avatar, ce qui signifie une ramification infinie)

(Gogos 2013)

Selon les catégories des objectifs pédagogiques présentées par Gogos, l'enseignement de la modélisation paramétrique entre dans la catégorie de l'enseignement de la connaissance conceptuelle, de la connaissance procédurale, de la résolution de problèmes.

L'Université d'Arizona liste les caractéristiques qui distinguent la connaissance conceptuelle de la connaissance procédurale.

<b>Connaissance conceptuelle</b>	<b>Connaissance procédurale</b>
Un savoir riche en relations et en compréhension	Connaissance du langage formel ou des représentations symboliques
C'est un réseau de connaissances lié, un réseau dans lequel les relations de liaison sont aussi importantes que les bits d'information discrets.	Connaissance des règles, des algorithmes et des procédures
Exemples de concepts - carré, racine carrée, fonction, aire, division, équation linéaire, dérivée, polyèdre	Les procédures peuvent-elles être apprises par cœur ?
Par définition, les connaissances conceptuelles ne peuvent pas être apprises par cœur. Il doit être appris par un apprentissage réfléchi et réfléchi.	Est-il possible d'avoir une connaissance procédurale de la connaissance conceptuelle ?
Est-il possible d'avoir une connaissance conceptuelle/ compréhension de quelque chose sans connaissance procédurale ?	

(University of Arizona [sans date])

Les jeux-sérieux sous format des jeux-vidéos semblent être un outil intéressant pour aborder les objectifs pédagogiques liés à l'enseignement de la modélisation paramétrique. Il est

<sup>76</sup> Le soulignement en couleur du texte a été fait par moi pour désigner les objectifs pédagogiques liés à la modélisation paramétrique ainsi que le type de jeu qui lui correspond.

<sup>77</sup> En anglais, *drag-and-drop*.

possible d'y intégrer des simulations virtuelles, de paramétrer des règles, d'y ajouter des vidéos, d'y insérer des exemples déjà fait où des exercices à faire, etc. Les choix possibles sont quasi-illimités et c'est à l'enseignant de choisir ce qui lui paraît l'outil/ le médium le plus approprié à intégrer dans le jeu-sérieux sous format de jeu-vidéo.

Cependant, Kim propose quelques conseils afin que l'enseignant puisse commencer sa première instruction gamifié avec des nouvelles technologies même si celles-ci ne sont pas des jeux-vidéos vu qu'ils ont un niveau de difficulté de création assez élevé.

#### Conseils de sélection d'une première instruction ludique

Catégorie	Conseil
Contenu	Concepts fondamentaux et faciles
Cadre	Un cours de moins de 40 min
Taille de la classe	Près de 10 élèves
N° des mécanismes	Trois mécanismes
Niveau de technologie	Des technologies faciles à utiliser pour les instructeurs et les apprenants

(Kim et al. 2018)

#### Un nouveau système de notation automatisé

La correction et la notation des exercices, si elle se fait manuellement, prendra du temps considérable pour l'enseignant. C'est une activité qui est différente et individuelle pour chaque enseignant et chaque professeur. Il y a plusieurs facteurs à prendre en considération comme, par exemple, le nombre d'exercices réalisés par les étudiants, le nombre d'étudiants qui suivent le cours, la complexité du sujet de l'exercice à corriger, etc.

Depuis quelques années et avec l'émergence de la formation en ligne<sup>78</sup>, ce système de notation manuelle est mis en question. Selon le modèle de *Cinq Générations de l'enseignement en distance* de Taylor (Taylor 2001), la dernière génération intitulé *Le modèle d'apprentissage flexible et intelligent*, inclue des :

- Multimédia interactifs en ligne ;
- Accès aux ressources de WWW<sup>79</sup> ;
- Communication médiée par ordinateur, utilisant des systèmes de réponse **automatisés** ;
- Accès au portail des ressources de l'école.

Dans cette dernière génération, on distingue notamment l'incorporation des éléments d'automatisation tel que des réponses automatisées d'après des bases des données, même si Taylor parle sur la communication entre les parties prenantes du cours. Ce système d'automatisation peut être appliqué aussi dans la correction des exercices et dans notre cas, de la modélisation paramétrique. Ceci serait possible si les exercices étaient énoncés de tel manière qu'il n'y a pas beaucoup des façons de les répondre. Au même temps, il serait nécessaire de paramétrer notre outil d'enseignement pour qu'il guide l'élève vers une la réponse que notre système de base de données pourrait reconnaître ce qui peut s'avérer assez complexe à réaliser en vrai.

<sup>78</sup> En anglais, *e-learning*.

<sup>79</sup> Acronyme de World Wide Web.



La difficulté dans notre cas est que la modélisation paramétrique n'a pas un seul moyen pour arriver à une réponse. Il existe des multiples manières pour arriver au même résultat sans rendre nuls les autres processus de conception du modèle paramétrique. C'est ceci qui complexifie la tâche de création d'un système automatisé pour la notation des exercices.

Il est possible qu'une analyse plus approfondie, qui, néanmoins, ne sera pas faite dans le cadre du présent travail de recherche, sur l'*Intelligence Artificielle* mais aussi sur le *Machine Learning* et le *Deep Learning* pourrait aider sur la compréhension du fonctionnement des systèmes automatisés et leur application.

## La communication

L'interaction entre les professeurs et les étudiants est fondamentale dans le cadre de l'enseignement. Il y a plusieurs moyens afin qu'ils puissent communiquer entre eux. Aujourd'hui, on distingue de plus en plus un passage de la communication face à face dans le même espace physique vers l'utilisation des outils numériques tels que les courriels et les vidéoconférences sur Internet. La technologie qu'on a à notre disposition est arrivée à tel point qu'il n'est plus nécessaire d'être dans le même espace physique pour avoir une interaction immédiate entre plusieurs personnes au même temps. De même, selon le modèle de *Cinq Générations de l'enseignement en distance* de Taylor<sup>80</sup>, la communication est médiée par l'ordinateur, utilisant des systèmes de réponse automatisés. La communication, et la socialisation en général, dans des environnements virtuels est certainement différente aujourd'hui.

Dans nos cas d'étude, les étudiants peuvent poser leurs questions en postant leurs questions sur le site du cours. Dans la plupart de cas, c'est Guéna qui essayera d'aider l'étudiant en lui répondant à sa question. Les réponses aux questions dans les deux cas d'étude s'est fait manuellement par l'enseignant. Parfois, il est possible que certaines questions se répètent ou se ressemblent mais les étudiants n'ont pas une vision claire des toutes les questions posés. Ceci fait que le professeur est obligé de répéter son travail. Afin d'éviter cela, une page *FAQ*<sup>81</sup> pourrait être créé avec les questions posées le plus fréquemment.

Il existe d'autres « techniques » à utiliser afin de résoudre ce type de problème. Il est possible de mettre en place des outils tels que les forums et les IM. Il est également possible d'automatiser presque complètement la communication, au moins, pour des sujets moins complexes, par l'utilisation des *chatbots*<sup>82</sup> ce qui peut devenir plus compliqué à implémenter en réalité.

Dans un forum, les utilisateurs peuvent faire des discussions sur plusieurs sujets en parallèle. De plus, en mettant en place des éléments issus de la gamification (badges, points, etc.) ceci incitera/ motivera plus la participation à ces discussions et finalement, à la résolution des questions posés par les utilisateurs. De ce fait, une synergie est créée pour arriver à résoudre des problèmes. Les forums, en général sont des environnements de discussion publiques,

---

<sup>80</sup> Cf. page 44.

<sup>81</sup> Rétroacronymie à partir de l'acronyme anglais *FAQ (Frequently Asked Questions)*. En français, *Foire Aux Questions*.

<sup>82</sup> Il s'agit d'une interface de conversation sous format texte, spécifique à un domaine qui prend en charge les utilisateurs avec un ensemble limité de tâches. (Budi 2018)

visibles à tous les utilisateurs du site. Dans le cas des IM, les utilisateurs peuvent discuter en privé sur leurs questions et sur le cours en général. En outre, c'est une solution instantanée.

Ces outils pourraient aussi faire partie du retour des étudiants-utilisateurs du support du cours concernant ce dernier. Par la communication entre des différentes parties prenantes du cours, notamment les enseignants et les étudiants, le créateur du cours peut l'améliorer en fonction du retour qu'il reçoit par des critiques et des remarques des utilisateurs. Cela aura forcément un impact positif sur l'expérience des étudiants.

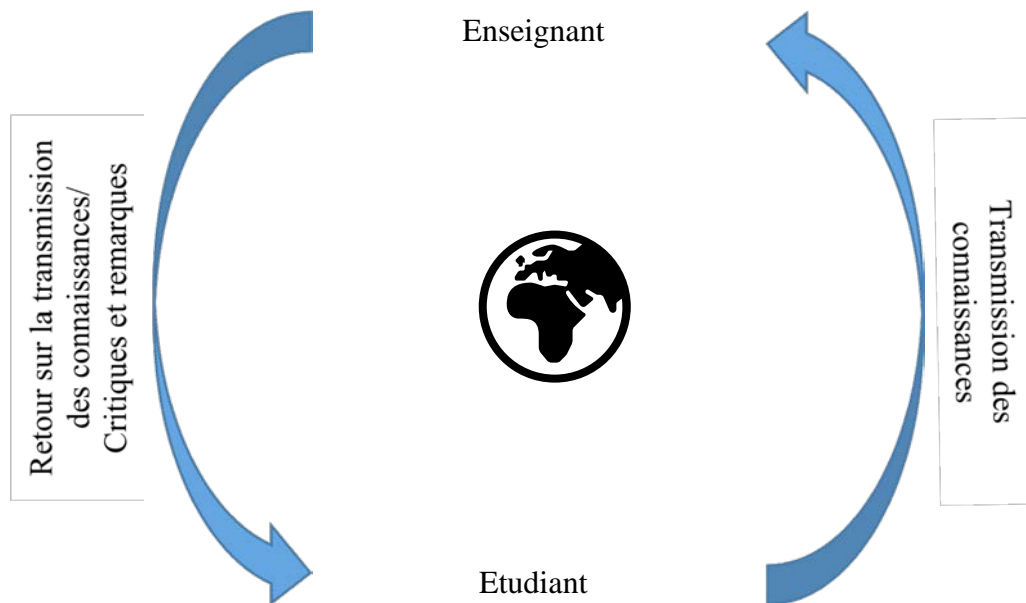


Figure 21 Les relations entre enseignants et étudiants autour d'un Monde virtuel/ le Cyberspace

En tout cas, l'amélioration de la communication comme l'implémentation de tout autre outil, notamment, la gamification, fait partie de l'augmentation de l'efficacité et de la motivation estudiantine sur le cours en question. Il s'agit de faire cela en facilitant l'utilisateur à l'utiliser l'outil de la transmission de la connaissance ; le site du cours E-learning en proposant une meilleure qualité de l'expérience à l'utilisateur.

### La qualité de l'expérience

L'**expérience utilisateur (EU)**<sup>83</sup> est définie comme la perception et les réponses d'une personne après utilisation et/ ou anticipation d'utilisation d'un produit, d'un système ou d'un service. Elle comprend toutes les émotions, croyances, préférences, perceptions, réactions physiques et psychologiques, comportements et réalisations de l'utilisateur, qui se produisent avant, pendant et après l'utilisation. De plus, elle est une conséquence de l'image de marque, de la présentation, des fonctionnalités, de la performance du système, du comportement interactif et des capacités d'assistance du système interactif, de l'état interne et physique de l'utilisateur résultant d'expériences antérieures, des attitudes, des compétences et de la personnalité et du contexte d'utilisation. Finalement, l'utilisabilité, lorsqu'elle est interprétée du point de vue des objectifs personnels des utilisateurs, peut inclure le type d'aspects perceptuels

<sup>83</sup> En anglais, *user experience (UX)*.

et émotionnels généralement associés à l'expérience utilisateur. Les critères d'utilisabilité peuvent être utilisés pour évaluer les aspects de l'expérience utilisateur. (ISO 9241-210:2010 - *Ergonomics of human-system interaction — Part 210: Human-centred design for interactive systems* 2010)

La **qualité de l'expérience**<sup>84</sup> est définie par un ensemble de critères selon lesquels on peut mesurer la capacité d'un site, par exemple, de satisfaire ou pas ses utilisateurs. (Alben 1996) Les critères avec lesquels on mesure la qualité de l'expérience d'un outil d'enseignement, comme par exemple, un site, sont les suivants :

- Il est manable
- Il propose une expérience esthétique
- Il est approprié
- Son processus de conception est efficace
- Il est mutable
- Il est nécessaire
- Il est apprenable/ utilisable
- Il acquiert la compréhension des utilisateurs



Figure 22 Les critères de mesure de la qualité de l'expérience. Schéma basé sur le schéma d'Alben (Alben 1996)

## L'importance du design d'un site : l'UI et de l'UX

Comme il a été mentionné ci-dessus, selon Alben, pour avoir une meilleure qualité de l'expérience, l'outil utilisé doit être entre autres utilisable. L'**utilisabilité** est définie comme la mesure dans laquelle un système, un produit ou un service peut être utilisé par des utilisateurs spécifiés pour atteindre des objectifs spécifiés avec efficacité, efficience et satisfaction dans un

<sup>84</sup> En anglais, *quality of experience*.

contexte d'utilisation spécifié. (ISO 9241-210:2010 - *Ergonomics of human-system interaction — Part 210: Human-centred design for interactive systems* 2010)

Pour avoir une utilisabilité améliorée, le concepteur de l'outil en question doit apporter un soin particulier concernant l'**interface utilisateur**<sup>85</sup>. Celle-ci est définie comme tous les composants d'un système interactif (logiciel ou matériel informatique) qui fournit des informations et des contrôles pour que l'utilisateur puisse accomplir des tâches spécifiques avec le système interactif. [ISO 9241-110:2006]" (ISO 9241-210:2010 - *Ergonomics of human-system interaction — Part 210: Human-centred design for interactive systems* 2010)

La qualité de l'expérience de l'utilisateur issu de l'utilisabilité de l'interface utilisateur a comme but la **satisfaction d'utilisateur**<sup>86</sup>. Elle peut être, selon Shee et Wang, conceptualisée comme le sentiment ou l'attitude cumulative vis-à-vis des nombreux facteurs qui affectent une situation donnée et est envisagée comme la manifestation d'affections résultant d'une interaction. De plus, selon Lindgaard et Dudek, elle est complètement subjective et est influencée par l'interaction de l'utilisateur avec les divers composants du système. (Vi, Hornbæk, Subramanian 2017)

## [Le site du cours](#)

Actuellement les deux sites des cas d'études ont été créés sur la plateforme Wordpress. Parmi des plus grands avantages de la création des sites sur des plateformes de type Wordpress sont la rapidité de la création de supports/ outils de la transmission des informations ainsi que le relativement faible coût ; il est possible de créer un site soi-même sans avoir des connaissances techniques de codage de site internet comme HTML, CSS<sup>87</sup>, etc.

Malgré cela, une importante limitation est le manque de souplesse en termes de développement et d'intégration des outils liés spécifiquement aux besoins du public cible de ces cours. Bien évidemment, si l'on souhaite de créer un site du zéro, ceci impose d'avoir à sa disposition du temps, du personnel dédié, notamment, des informaticiens, programmeurs, etc., et globalement, un budget plus important non seulement pour la création mais aussi pour son maintien comme par exemple, les mises à jour, l'hébergement du site, etc.

La **conception de l'expérience utilisateur**<sup>88</sup> est le processus de manipulation du comportement de l'utilisateur. (Eyal 2014) Il s'agit d'une approche de conception centrée sur l'homme pour la conception et le développement de systèmes qui vise à rendre les systèmes interactifs plus utilisables en se concentrant sur l'utilisation du système et en appliquant les connaissances et les techniques relatives aux facteurs humains / ergonomie et ergonomie. Les systèmes utilisables peuvent offrir un certain nombre d'avantages, notamment une productivité améliorée, un bien-être accru des utilisateurs, la prévention du stress, une accessibilité accrue. (ISO 9241-210:2010 - *Ergonomics of human-system interaction — Part 210: Human-centred design for interactive systems* 2010)

---

<sup>85</sup> En anglais, *user interface (UI)*.

<sup>86</sup> En anglais, *user satisfaction*.

<sup>87</sup> Il s'agit de langages de programmation couramment utilisées pour la création des sites Web.

<sup>88</sup> En anglais, *user experience design (UED)*.

## Une maquette du nouveau site pour le cours 2.5

Afin de mieux montrer de quoi ça pourrait ressembler une expérience d'enseignement ludique de la modélisation paramétrique, j'ai essayé de créer une maquette de ce site en utilisant le même programme pédagogique que celui du cours *PO821*. La première page du nouveau site montre plusieurs cours disponibles à prendre. Ceux-ci enseignent des concepts informatiques utilisées couramment, aujourd'hui, dans le quotidien par les étudiants en architecture et par des architectes. Cela est fait par l'enseignement de plusieurs logiciels courants qui peuvent être soit au choix (intitulées « optionnel » dans la page web ci-dessous), ou obligatoires.

L'étudiant-utilisateur, une fois qu'il accède à son *Espace personnel*, il peut voir les cours qu'il a complété (montrées en couleurs plus foncées et marqués « complété ») et pendant quel semestre. De plus, il peut voir, ceux qui n'a pas commencé et/ ou n'a pas accès (montrées en couleurs pâles). Finalement, il peut voir le cours sur lequel il est en train de travailler (montré « en cours »). Il s'agit d'un *dashboard* globale pour l'ensemble des cours d'informatique.

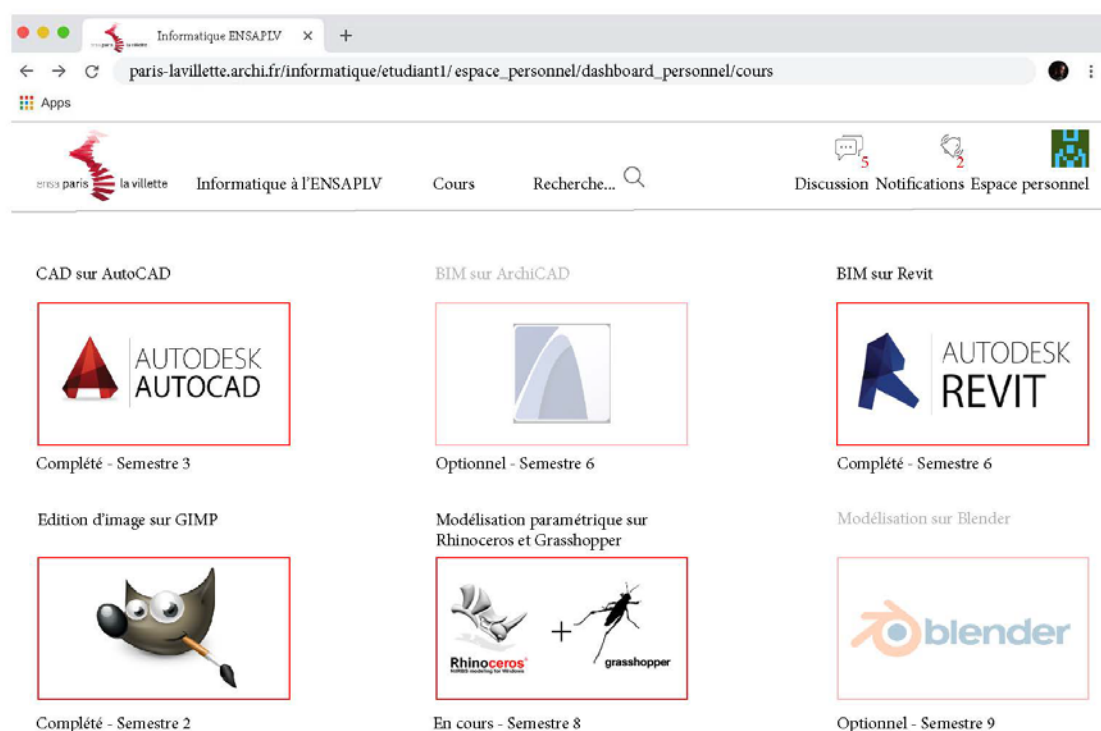


Figure 23 La première page du nouveau site où l'on trouve plusieurs cours. Une fois que l'utilisateur accède à son espace personnel, il peut voir ses cours.

Le fait de n'est pas avoir accès tout de suite à l'ensemble des cours peut être un défi pour l'étudiant-utilisateur, lui inspirer la curiosité et lui donner envie de déverrouiller de nouveaux cours et passer aux prochains. De ce fait, l'étudiant-utilisateur sera motivé de façon intrinsèque et selon la *Théorie de motivation intrinsèque et extrinsèque* de Maslow.

## Le dashboard du cours

The screenshot shows a web browser window with the URL `paris-lavillette.archi.fr/informatique/etudiant1/modelisation_parametrique/dashboard_modelisation_parametrique/`. The page header includes the ENSAPLV logo and navigation links: 'Cours', 'Recherche...', 'Discussion', 'Notifications', and 'Espace personnel'. The main content area is titled 'Modélisation paramétrique sur Rhinoceros et Grasshopper' and features a list of course topics with their completion percentages. A red arrow points downwards with the text 'Vers la fin du cours !'. On the right, there are two boxes: 'Badges obtenus pour ce cours' showing several achievement icons, and 'Objectifs pour aujourd'hui' showing a 100% progress circle and a 30/20 minutes goal.

Thème	Progression
Surfaces de subdivision	100%
Systèmes de particules	100%
Modélisation paramétrique et champ de forces	100%
Systèmes multi-agents	100%
Simulations physiques	100%
Géométrie fractale - partie 1	5%
Géométrie fractale - partie 2	0%
Automates cellulaires - partie 1	0%
Automates cellulaires - partie 2	0%

Figure 24 Le dashboard du nouveau cours de la modélisation paramétrique proposant, pour la maquette du site, le même programme pédagogique que le cours PO821.

Un des outils le plus importants d'un site E-learning est le *dashboard*. Comme il a été constaté dans des sites courants d'E-learning Duolingo, Coursera et Codecademy, le dashboard du cours donne à l'étudiant-utilisateur une idée claire de son avancement dans chaque cours.

Pour cette maquette, le dashboard du cours de la modélisation paramétrique présente brièvement le cours, ses objectifs et son contenu. Ensuite, il montre l'ensemble des cours-concepts qui composent le cours avec le pourcentage d'avancement. Pour passer au prochain cours, il faut valider le précédent. L'avancement de chaque étape est montré en pourcentage d'achèvement ainsi que par une distinction des couleurs ; les étapes complétées et en cours sont en noir, les étapes non commencées sont en gris.

Pour chaque cours-étape complété, l'étudiant-utilisateur est récompensé par des badges. Les badges non-récoltés sont visibles à l'étudiant-utilisateur comme l'un des objectifs (plutôt personnels) à attendre. Il est également possible de créer son propre objectif pour la journée. L'étudiant-utilisateur, d'après son *Espace personnel*, peut personnaliser ses objectifs. Dans ce cas, il peut fixer un minimum de, par exemple, 20 minutes par jour à consacrer pour son cours d'informatique. Il peut être rappelé de son objectif dans la partie *Notifications*, voire par courriel, s'il le souhaite d'après ses propres réglages dans l'*Espace personnel*.



## Le cours dans le nouveau site

A la suite de la page du dashboard du cours, en l'occurrence de la modélisation paramétrique, l'étudiant peut accéder à son étape d'avancement. La page web ci-dessous montre la première page du *Cours 6 : Géométrie fractale – Partie 1* issu du cours PO821.

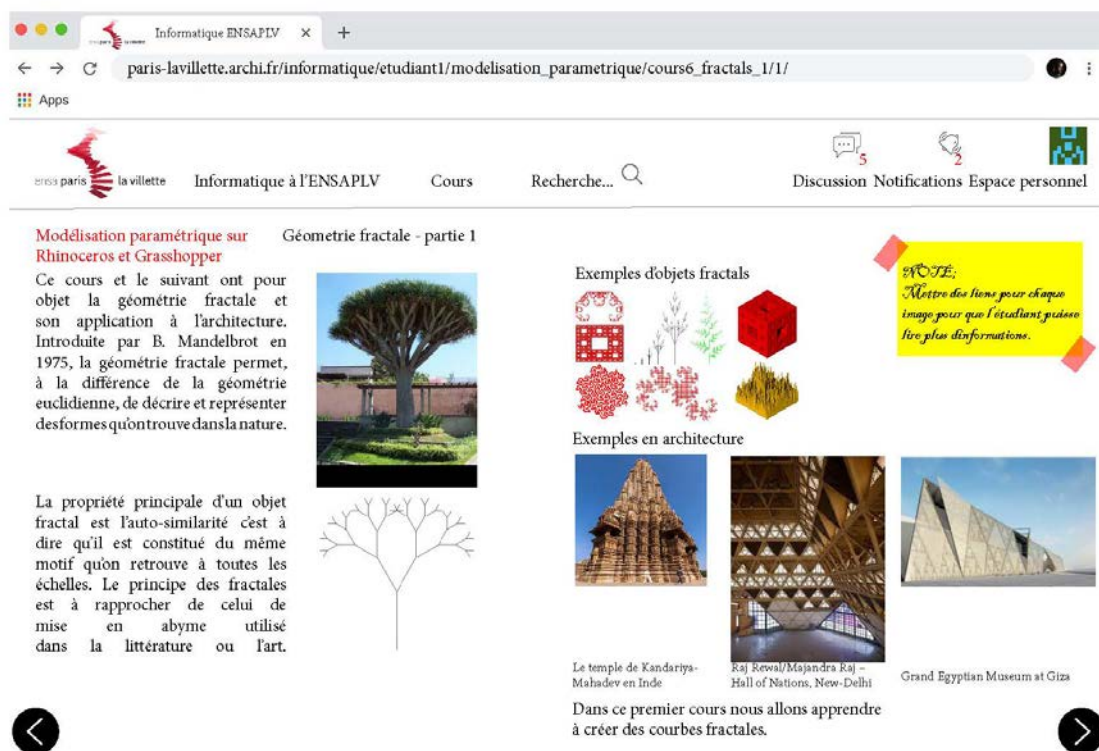


Figure 25 La première page du Cours 6 : Géométrie fractale - Partie 1. Les images peuvent renvoyer sur des liens externes afin de trouver encore plus d'informations pour le sujet du cours.

L'utilisation de pages web permet l'intégration des liens externes qui renvoient sur d'autres pages web pour lire encore plus d'informations, si l'étudiant le souhaite, concernant le sujet en question.

De même, afin d'avoir une meilleure compréhension, notamment, en ce qui concerne la création de formes géométrique ; ici, les fractals, les GIF (image animée) peuvent être une meilleure option et substituer les images JPEG (images statiques). Par exemple, dans la page ci-dessous, la première image qui montre *la courbe du crabe*, pourrait être mieux comprise par un GIF qui montre les applications successives de la règle de substitution (images 2 et 3 de la page web montrée ci-dessous) jusqu'à la création de la forme finale de *la courbe du crabe*.

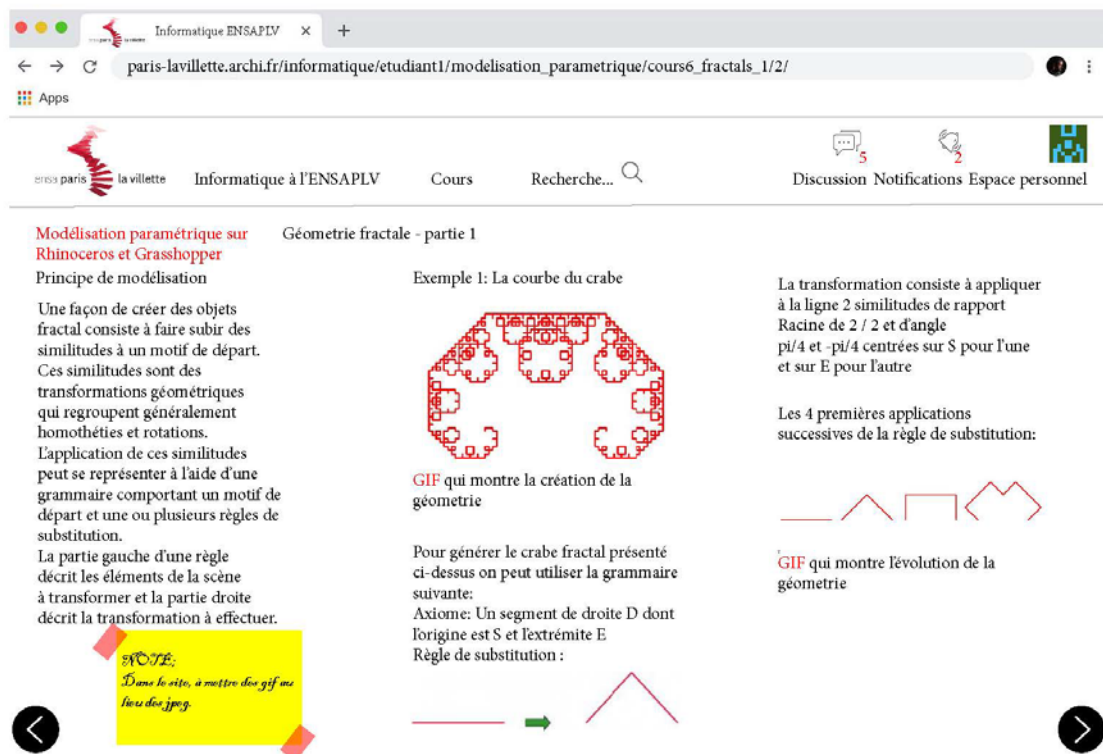


Figure 26 Pour une meilleure compréhension, les images GIF peuvent être utilisées au lieu des images JPEG.

Les explications des concepts théoriques ainsi que les étapes précises à suivre pour la création de la forme géométrique peuvent être expliqués et montrés à l'aide d'une vidéo. La vidéo montre un tutoriel de la création de la forme sur Rhino et Grasshopper avec un voice-over expliquant le processus et les outils, composants, plugins, etc. utilisés pour arriver à la création de la forme géométrique, dans le cas du cours 6, *la courbe du crabe*. En cas de problèmes, ou d'incompréhension, avec la voix du voice-over, le texte du voice-over peut être montré en bas de la vidéo.



paris-lavillette.archi.fr/informatique/etudiant1/modelisation\_parametrique/cours6\_fractals\_1/3/

Apps

erisa paris la villette Informatique à l'ENSAPLV Cours Recherche... Discussion 5 Notifications 2 Espace personnel

Modélisation paramétrique sur Rhinoceros et Grasshopper

Géométrie fractale - partie 1

Programmation avec Grasshopper - Exercice 1

**NOTE:**  
Les sept étapes de la programmation avec Grasshopper de la 1ère exercice sont montrées en vidéo avec un voice-over. Ce qui est dit dans le voice-over est montré avec du texte juste en dessous de la vidéo.

Etape 1:  
Créer un segment de droite dans l'espace géométrique de Rhino. Activer grasshopper et placer un paramètre Curve (Param/ Curve) et lui associer la ligne tracée dans Rhino (Bouton droit de la souris et cliquez sur Set One Line)...

Figure 27 Dans le nouveau site, les instructions sont données en utilisant des multimédias, notamment, des vidéos où les étapes de la création des formes géométriques sont montrées et expliquées avec du voice-over.

Par la suite, une fois le tutoriel est vu par l'étudiant-utilisateur, l'étudiant peut passer à l'étape suivante. Pendant cette étape, l'étudiant est mené à réaliser le même exercice que celle montré dans la vidéo-tutoriel de l'étape précédente. Dans un premier temps, vu la complexité de la mise en œuvre de l'interface qui pourrait lier le site E-learning et les logiciels Rhinoceros et Grasshopper, l'étudiant doit suivre « à la lettre » les étapes montrées dans la vidéo-tutoriel sans beaucoup des variantes/ variables. Une façon proposée de lier le site et les deux logiciels est par un plugin dédié qui laissera à la fois l'étudiant-utilisateur d'utiliser Rhinoceros et Grasshopper sans sortir de l'environnement du site du cours mais aussi, faire valider, ou pas, les étapes suivies par l'utilisateur pour la création de la forme géométrique selon les consignes fourni dans la vidéo de l'étape précédente.

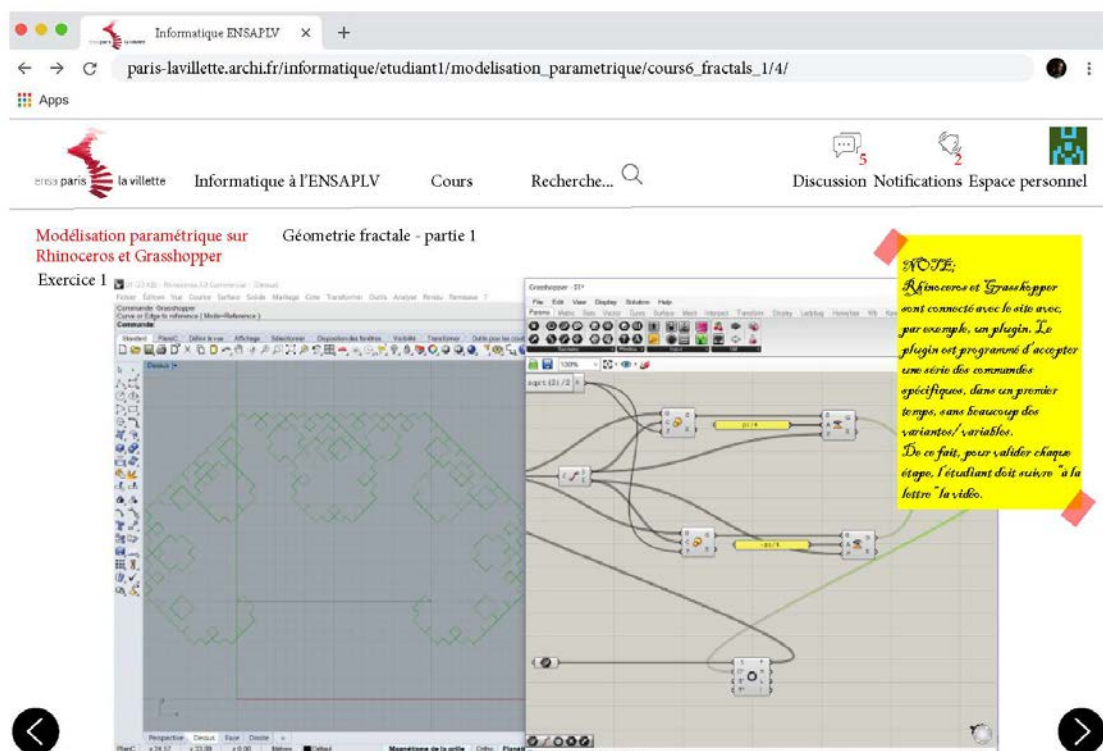


Figure 28 Dans le nouveau site, les étudiants doivent suivre exactement les mêmes étapes que ceux montrés dans la vidéo pour valider l'étape et passer à la suivante. La connexion du site avec Rhino + Grasshopper pourrait se faire par un plugin dédié.

## Les caractéristiques du site

Selon le modèle ARCS de Keller, la motivation est liée directement par l'utilisation de matériel d'apprentissage attrayant, satisfaisant et stimulant. La maquette présentée ci-dessus, intègre des différents types d'outils multimédia comme des GIF, des JPEG, des vidéo-tutoriels avec du voice-over, des récompenses, etc. Il donne à l'étudiant-utilisateur des outils pour lui rappeler à compléter ses exercices, notamment par des notifications. Il peut aussi communiquer sur les cours avec l'outil *Discussion* qui montre également des notifications liées aux discussions.

Finalement, l'étudiant-utilisateur, a une marge de liberté dans la partie *Espace personnel* pour faire des personnalisations, comme par exemple, sur la fixation de ses objectifs personnels. Un avantage d'un tel site E-learning est aussi la cohérence et la liaison de l'ensemble des outils d'apprentissage d'un cours d'informatique sans avoir besoin de sortir de l'environnement du site puisqu'il y a tout qu'il est intégré dedans. Il peut également communiquer avec d'autres utilisateurs du site, comme par exemple, ses professeurs-référents et les autres étudiants. Globalement, le site intègre des éléments des jeux afin qu'il soit gamifié et plus ludique.

En outre, pour que l'étudiant puisse utiliser le site plus facilement et avoir un UX optimal, un travail sur l'UI doit être mené. Pour cette maquette<sup>89</sup>, le code couleur du site de l'ENSAPLV a

<sup>89</sup> Pour voir les images des pages web de la maquette du site E-learning en plus élargie, cf. page 100 dans la partie *Annexes*.

été utilisé avec l'intégration des couleurs rouge, noir et gris sur un fond blanc. La raison pour cela est d'avoir une cohérence/ une même « identité » avec le site « principal » de l'ENSAPLV avec lequel les étudiants sont déjà familiarisés.

Enfin, avec un tel site, l'*expérience optimale* (l'*Etat de Flow*), théorisé par Csíkszentmihályi, peut être réussi jusqu'à un certain degré vu que le site permet d'attendre la majorité des caractéristiques décrites par Csíkszentmihályi.

Caractéristiques de l'Etat de Flow	Explications
✓ Il y a des objectifs clairs à chaque étape	Les objectifs sont expliqués dans le dashboard du site du cours et dans la vidéo-tutoriel.
✓ Il y a un retour immédiat sur ces actions	L'étudiant peut voir immédiatement son avancement dans le cours en validant des étapes successives et en obtenant des récompenses.
? Il y a un équilibre entre les défis et les compétences	Si le contenu pédagogique suit une logique d'avancement des compétences pour chaque étape complétée, l'étudiant-utilisateur sera mis au défi.
? L'action et la conscience sont fusionnées	Pas de réponse à ce stade.
✓ Les distinctions sont exclues de la conscience	Tous sont égaux derrière l'écran et l'automatisme du site.
✓ Il n'y a pas de souci d'échec	Bien que l'étudiant-utilisateur ne peut pas avancer à l'étape suivante sans compléter un exercice, il est possible de la refaire jusqu'il réussit à la faire comme il faut.
✓ La conscience de soi disparaît	L'étudiant n'a pas peur de faire un exercice puisqu'il est validé par le site et non pas par une personne (le professeur).
✓ Le sens du temps se déforme	Sans objet.
✓ L'activité devient indépendante	Bien que l'étudiant suive les consignes de la vidéo-tutoriel, il est indépendant dans son avancement et son travail dans le site.

## Conclusion

### Questionnements sur le nouveau statut et rôle de l'enseignant

Dans le nouvel environnement d'apprentissage en ligne, les rôles des enseignants et des élèves évoluent. L'enseignant devient un enseignant en ligne, devant maîtriser une série de nouvelles compétences. L'étudiant en ligne devient un navigateur à travers des masses d'information - cela requiert également de nouvelles aptitudes et compétences. (Romiszowski 2004)

Si l'on imagine qu'un jour on arriverait d'avoir un enseignement de la modélisation paramétrique en ligne sous forme de jeux-vidéo, quel serait le nouveau rôle de l'enseignant ? Est-ce qu'on aura besoin d'avoir des enseignants tels qu'on les a connus jusqu'à aujourd'hui ?

Pour qu'un cours existe, il faut quelqu'un qui le crée. Le contenu doit être choisi suivant plusieurs facteurs comme, par exemple, la difficulté de chaque sujet, les besoins des élèves, etc. Dans le cas des cours *TR714* et *PO821* c'est l'enseignant qui s'est occupé par le choix du contenu à enseigner ainsi que par le choix et la mise en œuvre du support du cours, notamment le développement du site du cours.

Certainement, il y a plusieurs cas où la personne qui enseigne est la même que la personne qui crée le cours. D'ailleurs, aujourd'hui, il existe le métier **développeur de programme**<sup>90</sup>. Cette personne est, comme le nom l'indique, en charge du développement du programme pédagogique donc, du contenu qui sera enseigné. Le développeur de programme n'est pas forcément la même personne que l'enseignant.

Avec l'émergence de l'E-learning, plusieurs termes ont été créés pour distinguer la personnalité qui a la charge de l'enseignement d'un cours E-learning. Parmi ces termes sont : tuteur en ligne, modérateur en ligne, e-modérateur, tuteur à distance, e-tuteur<sup>91</sup>. (Denis et al. 2004)

Ces termes : tuteur<sup>92</sup> et modérateur, ont des significations étymologiques différentes et de ce fait, les personnes *tuteurs* et *modérateurs* n'ont pas les mêmes rôles/ fonctions. Plus précisément, les définitions de ces deux termes sont les suivantes :

- **Tuteur**, n. m. : Personne chargée d'une tutelle, en particulier de la tutelle d'un mineur. Littéraire : Personne ou chose qui servent **d'appui, de soutien**, de protection. (*tuteur* [sans date])
- **Modérateur**, n. m. : Chose ou personne qui, par son action, tend **à tempérer** ce qu'il peut y avoir d'excessif. Personne responsable du contrôle et du tri des messages dans un forum de discussion sur Internet. (*modérateur* [sans date])

Le terme qui me semble le plus pertinent est celui du tuteur qui, pourtant, peut être aussi, de temps en temps, un modérateur. L'enseignant a une vocation mixte. Dans un contexte d'E-learning le terme **e-tuteur** semble encore plus approprié. Il s'agit, alors, de quelqu'un qui interagit directement avec les apprenants pour soutenir leur processus d'apprentissage lorsqu'ils sont séparés du tuteur dans le temps et le lieu pour certaines ou toutes ces interactions directes. (Denis et al. 2004)

Dans un scénario où l'on aura besoin de plusieurs spécialistes pour le développement et l'enseignement d'un cours, un enseignant ne suffit plus. On interroge le terme *enseignant/ e-tuteur* et on le distingue des *designers de curriculum*<sup>93</sup> et des *programmeurs*. Cela est parce que ces derniers n'auront pas forcément de contact direct avec les élèves à la suite de la virtualisation de l'ensemble du système d'enseignement de la modélisation paramétrique.

Bien que le rôle de l'enseignant tel que l'on connaît aujourd'hui se transforme et, j'imagine, va se transformer encore plus dans le futur, il y a certains aspects qui sont propres au personnage de l'enseignant qui semblent difficiles à atteindre dans le cas d'un cours E-learning asynchrone. Ceci est l'aspect humain. Ce type de cours manque de la spontanéité qu'on trouve quand on est dans une salle avec des autres. On risque de mal comprendre certaines notions qu'un enseignant

---

<sup>90</sup> En anglais *curriculum développer*.

<sup>91</sup> En anglais : *online tutor, online moderator, e-moderator, distance education tutor, e-tutor*.

<sup>92</sup> Dans le contexte du mémoire, ce terme est considéré synonyme du *professeur* et *enseignant*.

<sup>93</sup> En anglais, *content creators*.

pourrait nous expliquer tout de suite sans avoir besoin d'attendre. C'est donc, cet aspect humain qui peut difficilement être atteint par la virtualisation complète d'un cours, au moins, avec la technologie qu'on a à notre disposition à ce jour.

### Limites de la recherche

La présente recherche essaie d'envisager une nouvelle manière d'enseigner la modélisation paramétrique. Ici, j'ai essayé d'explorer plus en profondeur l'enseignement de la modélisation paramétrique en prenant comme cas d'études deux cours menée au sein de l'ENSAPLV proposées par François Guéna. Il y a plusieurs limitations qui se sont présentées lors de la présente recherche.

Dans un premier temps, une des limites se concentre sur les données analysées issus des questionnaires. Malheureusement, sur les 37 étudiants invités par mail, uniquement 17 personnes ont répondu au premier questionnaire soit 45.9%. Pour le deuxième questionnaire, le taux de participation à l'enquête a été encore plus faible avec uniquement 5 participants sur 37 invités soit 13.5%.

De ce fait, il est possible, lorsqu'on a plus d'étudiants qui répondent, d'avoir des résultats différents. Ceci fait que la qualité des données n'a pas été suffisante pour en retirer des résultats concrets concernant le public cible des deux cas d'étude afin de discuter sur leur besoin.

Une autre limitation est dû au fait que le mémoire est concentré sur la distinction entre l'enseignement de la modélisation paramétrique dans 1) une salle de manière traditionnelle avec le professeur et les étudiants présent dans le même espace physique et 2) un cours dont le cours se fait en ligne. Pour ce mémoire, le lien avec l'apprentissage hybride<sup>94</sup> n'a pas été étudié et mis en question et en lien par rapport aux deux types de cours étudiés, c'est-à-dire, en faisant le lien entre des cours en présentiel avec des cours E-learning gamifiés sur la modélisation paramétrique. La raison pour cela est qu'il n'existe pas, à ma connaissance, un tel cours ni à l'ENSAPLV ni ailleurs. De plus, selon la deuxième enquête réalisée dans le cadre du présent mémoire, les étudiants des deux cas d'études ne sont pas de joueurs de jeux électroniques. Leurs intérêts se porte plutôt sur des jeux de société et des cartes que sur des jeux qui se jouent sur des supports électroniques. Ceci fait qu'une étude sur l'apprentissage hybride qui intègre, pourtant, des éléments de la gamification, pourrait être intéressante à analyser plus en profondeur.

### Propositions pour une continuation de la présente recherche

Si la présente recherche se base plutôt sur l'aspect qualitatif des sites existantes pour les cours *TR714* et *PO821*, elle peut devenir plus approfondi avec une recherche complémentaire avec une expérience quantitative basé sur des résultats faits par des expériences d'oculométrie<sup>95</sup>.

L'**oculométrie** est un outil d'évaluation de l'attribution de l'attention visuelle. L'avantage d'une expérience d'oculométrie est qu'elle dépasse le contrôle conscient des participants à la recherche qui peut être exprimé par des méthodes telles que l'analyse des clics, les

---

<sup>94</sup> En anglais, *blended learning*.

<sup>95</sup> En anglais, *eye-tracking test*.

questionnaires. L'objectif principal de la méthode de suivi des yeux est d'évaluer la répartition de l'attention visuelle sur l'écran. (Schiessl et al. 2003)

Une deuxième phase de la recherche pourrait se concentrer sur le développement d'un cours en *version prototype* voire *version alpha*<sup>96</sup> en prenant en compte l'intégration des éléments de la gamification, ainsi que les résultats obtenus par l'expérience de l'oculométrie. Comme la version prototype, on pourrait considérer la maquette du nouveau site proposé par moi à la page 49 du présent mémoire. Dans ce cas, il faudrait vraiment créer le site en écrivant le code mais aussi, la création du plugin (ou autre d'outil) de liaison du site avec les logiciels Rhinoceros et Grasshopper.

Après la création de cette version, une série des expériences d'oculométrie et autres (questionnaires, entretiens avec les utilisateurs, etc.) pourraient être nécessaires afin d'obtenir des éléments nécessaires à l'amélioration. Un deuxième tour de développement du cours et du support de cours pourrait être envisagé et ainsi suite.

### Expérience d'oculométrie

L'expérience d'oculométrie proposé concerne dans un premier temps l'analyse de l'évaluation de l'attribution de l'attention visuelle pour les deux cas d'étude du présent mémoire, les cours *TR714 Initiation à la modélisation paramétrique* et *PO821 Systèmes numériques de la conception digitale* pour une période minimale d'un semestre complet par cours donc une année universitaire complète, voir idéalement, deux sessions soit deux ans pour une meilleure crédibilité des résultats obtenus. Puisque le cours *PO821* est enseigné intégralement en E-learning, il serait plus pertinent de focaliser l'expérience d'oculométrie sur ce cours.

Dans un second temps, il sera intéressant de comparer les résultats obtenus par les expériences faites sur les cas d'études initiaux en les comparant avec un cours, par exemple, d'apprentissage du langage *Python*. Ce langage de programmation est utilisé dans la pratique de la modélisation paramétrique avec l'élaboration des *scripts*<sup>97</sup> afin d'obtenir des fonctionnalités spécifiques qui vont au-delà des composants standard qui existent déjà dans les logiciels de la modélisation paramétrique. (Davidson 2019) Ce cours doit être aussi en E-learning, pour cette raison, et parce que c'est un site d'enseignement d'informatique qui utilise la gamification, le cours proposé par *Codecademy*<sup>98</sup> semble, à ce stade, le plus pertinent à choisir même s'il n'est pas directement lié avec l'enseignement de la modélisation paramétrique de façon explicite et qu'il y a plusieurs différences importantes entre eux. Pour cette expérience, *Codecademy* serait considéré comme l'expert en la matière vu que selon leur site, Codecademy « a aidé 45 millions de personnes sur 179 pays avec plus de 200 cours proposés » ce qui montre un savoir-faire dans le domaine de l'enseignement de l'informatique. (*Codecademy Careers* [sans date])

---

<sup>96</sup> Il s'agit des deux premières phases de développement en informatique. Les phases sont les suivantes : 1) prototype, 2) version alpha, 3) version beta, 4) version admissible, 5) version stable.

<sup>97</sup> Script/ Langage de Script : Il s'agit d'un langage de programmation utilisé pour manipuler, personnaliser et automatiser les installations d'un système existant. Dans de tels systèmes, des fonctionnalités utilisées dont déjà disponibles via une interface utilisateur et le langage de script est un mécanisme permettant d'exposer ces fonctionnalités au contrôle du programme. De cette façon, le système existant est censé de fournir un environnement hôte d'objets et d'installations ; qui complète les capacités du langage de script. (Harband, Smith 2020)

<sup>98</sup> Le site de Codecademy concernant l'apprentissage du langage de programmation *Python* : <https://www.codecademy.com/catalog/language/python>

L'analyse de ces expériences pourrait nous indiquer ce qui attire l'attention des étudiants dans les deux cas et surtout, ce qui fait Codecademy un succès afin d'obtenir les caractéristiques qui peuvent être manquant dans le cas des cours *TR714* et *PO821* et qui sont présent au cours de *Codecademy* et vice versa.

#### Développement d'un prototype et une version alpha d'un nouveau cours

La création d'une version *alpha* d'un cours nécessitera la contribution de plusieurs experts notamment, pour la création de site Web (y compris partie codage et partie design), le contenu enseigné sur la modélisation paramétrique et la création et intégration des outils dans le nouveau site, comme par exemple, le plugin, ou autre, de liaison du site avec le logiciel Rhinoceros et Grasshopper. Finalement, le retour sur l'expérience des étudiants serait primordial sur l'évolution du cours vers la version stable.

#### Objectifs d'une continuation de la présente recherche

Les objectifs des propositions qui ont été fait ici pour une continuation de la présente recherche sont assez similaires des objectifs du mémoire. Au cœur du sujet sont les nouveaux modes d'enseignement ainsi que les outils adaptés à transmettre un grand volume d'information au public cible, c'est-à-dire, les étudiants en architecture. À la suite de la présente recherche, la pertinence de l'E-learning et de la gamification est valable dans le présent contexte d'un cours d'informatique qui enseigne la modélisation paramétrique en tant qu'outil de la conception architecturale pour les étudiants en architecture et ensuite, pour les architectes praticiens.

Par conséquent, la quête de la recherche et de la mise en œuvre de l'évolution d'un nouveau cours de l'enseignement de la modélisation paramétrique par le biais du développement d'une nouvelle plateforme - site Web d'un cours de la modélisation paramétrique qui prends en compte les analyses faites dans ce mémoire, ainsi que les résultats proposés par les propositions d'une nouvelle recherche (expériences d'oculométrie, développement d'un prototype, etc.) semble être un sujet pertinent à étudier plus en profondeur par une recherche future.



## Bibliographie

- 4èmes Assises du BIM dans l'architecture - ENSA de Paris-Malaquais - 16 mai 2017, 2017. *Ministère de la Culture* [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://www.culture.gouv.fr/Sites-thematiques/Architecture/Formations-Recherche-Metiers/Les-reseaux-pedagogiques-et-scientifiques/Processus-de-conception-collaboratifs-et-numeriques/4emes-Assises-du-BIM-dans-l-architecture-ENSA-de-Paris-Malaquais-16-mai-2017>
- Accroître le rôle des architectes. Stratégie nationale pour l'architecture, 2015. *Ministère de la Culture* [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://www.culture.gouv.fr/Sites-thematiques/Architecture/Accroitre-le-role-des-architectes>
- ALBEN, Lauralee, 1996. Quality of Experience: Defining the Criteria for Effective Interaction Design. *Interactions*. mai 1996. Vol. 3, n° 3, pp. 11–15. DOI 10.1145/235008.235010.
- APRO, Karlo, 2008. *Secrets of 5-axis Machining*. Industrial Press Inc. ISBN 978-0-8311-3375-7.
- BAIN, Ken, 2004. *What the best college teachers do*. Cambridge, Mass : Harvard University Press. ISBN 978-0-674-01325-4. LB2331 .B34 2004
- BAKER-EVELETH, Lori et STONE, Robert W., 2008. Expectancy Theory and Behavioral Intentions to Use Computer Applications. *Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge, and Management*. 2008. Vol. 3. DOI 10.28945/95.
- BECHTHOLD, Martin, 2007. Teaching Technology: CAD/CAM, Parametric Design and Interactivity. In : *25th eCAADe*. Wiesbaden. 2007. pp. 10.
- BUDI, Raluca, 2018. The User Experience of Chatbots. *Nielsen Norman Group* [en ligne]. 25 novembre 2018. Disponible à l'adresse : <https://www.nngroup.com/articles/chatbots/>
- CELANI, Maria Gabriela Caffarena, 2008. Teaching CAD programming to architecture students. *Gestão & Tecnologia de Projetos*. 30 novembre 2008. Vol. 3, n° 2, pp. 1-23. DOI 10.4237/gtp.v3i2.73.
- Codecademy Careers, [sans date]. *Codecademy* [en ligne]. [Consulté le 2 janvier 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.codecademy.com/about/careers>
- COMET, Catherine, COIFFET, Bernard, SERGENT, Soraya, MIRANDEL, Agnès, BERNAIX, Patricia, PROBST, Laurence et SOTTO, Marie-Françoise, 2017. *Programme Master 2017-2018*. 2017. ENSA Paris La Villette.
- CONNOLLY, Ben, 2014. Parametric Architecture: From Technique to Aesthetic. *RENDER Graduate Journal of Art & Culture*. 2014. Vol. 2, pp. 12.
- CSÍKSZENTMIHÁLYI, Mihály, 1996. *Creativity: Flow and the psychology of discovery and invention*. New York : Harper Collins. ISBN 0-06-017133-2.
- DAVIDSON, Scott, 2019. Your First Python Script in Grasshopper. *Rhino Developer Docs* [en ligne]. 2019. Disponible à l'adresse : </guides/rhinopython/your-first-python-script-in-grasshopper/>
- DAVIS, Daniel, 2013. A History of Parametric. *Daniel Davis* [en ligne]. 6 août 2013. Disponible à l'adresse : <http://www.danieldavis.com/a-history-of-parametric/>
- DECI, Edward L., 1971. Effects of externally mediated rewards of intrinsic motivation. *Personality and Social Psychology*. 1971. Vol. 18, n° 1, pp. 105-115.
- DENIS, Brigitte, WATLAND, Philip, PIROTTE, Sébastien et VERDAY, Nathalie, 2004. Roles and competencies of the e-tutor. In : *A research-based conference on networked learning in Higher Education and Lifelong Learning* [en ligne]. Lancaster University. 2004. Disponible à l'adresse : [https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/12722/1/DENIS\\_WATLAND\\_PIROTTE\\_VERDAY\\_Roles\\_and\\_competencies\\_of\\_the\\_tutor\\_30\\_03\\_2009.pdf](https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/12722/1/DENIS_WATLAND_PIROTTE_VERDAY_Roles_and_competencies_of_the_tutor_30_03_2009.pdf)



- ECTS Principales fonctionnalités, 2015. *Commission Européenne* [en ligne]. Disponible à l'adresse : [https://ec.europa.eu/education/ects/users-guide/key-features\\_fr.htm#ectsTop](https://ec.europa.eu/education/ects/users-guide/key-features_fr.htm#ectsTop)
- EGENFELDT-NIELSEN, Simon, SMITH, Jonas Heide et TOSCA, Susana Pajares, 2008. *Understanding video games: the essential introduction*. New York : Routledge. ISBN 978-0-415-97720-3. GV1469.3 .E44 2008
- EYAL, Nir, 2014. *Hooked: How to Build Habit-Forming Products*.
- FRANCOM, Greg et REEVES, Thomas C., 2010. John M. Keller: A Significant Contributor to the Field of Educational Psychology. *Educational Technology*. 2010. pp. 55-58.
- FRAZER, John, 2016. Parametric Computation: History and Future. *Architectural Design*. 1 mars 2016. Vol. 86, n° 2, pp. 18-23. DOI 10.1002/ad.2019.
- GOGOS, Roberta, 2013. Gamification and eLearning. *eFront Blog* [en ligne]. 2013. Disponible à l'adresse : <https://www.efrontlearning.com/blog/2013/09/gamification-and-elearning.html>
- GOOGLE TRENDS, 2018. Gamification. *Google Trends* [en ligne]. 2018. Disponible à l'adresse : <https://trends.google.com/trends/explore?date=2008-12-29%202018-12-29&q=gamification> Explore search interest for gamification by time, location and popularity on Google Trends
- GOPALAN, Valarmathie, BAKAR, Juliana Aida Abu, ZULKIFLI, Abdul Nasir, ALWI, Asmidah et MAT, Ruzinoor Che, 2017. A review of the motivation theories in learning. In : *2nd International Conference on Applied Science and Technology 2017 (ICAST'17)* [en ligne]. Kedah, Malaysia : AIP Publishing. 2017. pp. 020043. [Consulté le 24 décembre 2018]. Disponible à l'adresse : <http://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.5005376>
- GUÉNA, François, 2017. *Master 1. Semestre 7. Unités d'Enseignement* [en ligne]. 2017. ENSA Paris La Villette. Disponible à l'adresse : [http://www.paris-lavillette.archi.fr/uploads/file/Programme%20p%C3%A9dagogique/Master1\\_Semestre7\\_2017-2018\(2\).pdf](http://www.paris-lavillette.archi.fr/uploads/file/Programme%20p%C3%A9dagogique/Master1_Semestre7_2017-2018(2).pdf)
- GUÉNA, François, 2018. *Discussion sur le déroulement des cours TR714 et PO821*. 2018.
- GURI-ROSENBLIT, Sarah, 2005. 'Distance education' and 'e-learning': Not the same thing. *Higher Education*. juin 2005. Vol. 49, n° 4, pp. 467-493. DOI 10.1007/s10734-004-0040-0.
- HARBAND, Jordan et SMITH, Kevin (éd.), 2020. *ECMAScript 2020 Language Specification* [en ligne]. 2020. ECMA International. Disponible à l'adresse : <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=263698.263733>
- HUDSON, Roly, 2007. Parametric design: an historical perspective. In : *Scratching The Surface: New London Facades By London Architects* [en ligne]. Vienna : Springer Vienna. pp. 62-71. ISBN 978-3-211-71539-0. Disponible à l'adresse : [https://doi.org/10.1007/978-3-211-71539-0\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-211-71539-0_8)
- ISO 9241-210:2010 - *Ergonomics of human-system interaction — Part 210: Human-centred design for interactive systems*, 2010. [en ligne]. International Organization for Standardization. Disponible à l'adresse : <https://www.iso.org/standard/52075.html>
- JUN, Jusung, 2005. *Understanding dropout of adult learners in E-learning* [en ligne]. University of Georgia. Disponible à l'adresse : [https://getd.libs.uga.edu/pdfs/jun\\_jusung\\_200505\\_phd.pdf](https://getd.libs.uga.edu/pdfs/jun_jusung_200505_phd.pdf)
- KAHU, Ella R., 2013. Framing student engagement in higher education. *Studies in Higher Education*. 1 juin 2013. Vol. 38, n° 5, pp. 758-773. DOI 10.1080/03075079.2011.598505.
- KAPP, Karl, 2012. *The gamification of learning and instruction: Game-based methods and strategies for training and education*. San Francisco, Californie : Pfeiffer. ISBN 978-1-118-09634-5.
- KIM, Kyong-Jee et FRICK, Theodore W., 2011. Changes in Student Motivation During Online Learning. *Journal of Educational Computing Research*. janvier 2011. Vol. 44, n° 1, pp. 1-23.

- DOI 10.2190/EC.44.1.a. real link:  
<http://anitacrawley.net/Resources/Articles/Kim2011%20changes%20in%20motivation.pdf>
- KIM, Sangkyun, SONG, Kibong, LOCKEE, Barbara et BURTON, John, 2018. *Gamification in Learning and Education. Enjoy Learning like Gaming*. Springer. Advances in Game-Based Learning. ISBN 978-3-319-47283-6.
- KIRYAKOVA, Gabriela, ANGELOVA, Nadezhda et YORDANOVA, Lina, 2017. *Gamification in education*. . 2017.
- LAMORTE, Wayne W., 2019. The Social Cognitive Theory. *Boston University School of Public Health* [en ligne]. 2019. Disponible à l'adresse : <http://sphweb.bumc.bu.edu/otlt/MPH-Modules/SB/BehavioralChangeTheories/BehavioralChangeTheories5.html>
- LECOURTOIS, Caroline et GUÉNA, François, 2012. Architectural Design Education and Parametric Modeling: An Architecturological Approach. In : *Computational Design Methods and Technologies: Applications in CAD, CAM and CAE Education: Applications in CAD, CAM and CAE Education*. IGI Global. ISBN 978-1-61350-181-8.
- MARKLUND, Björn Berg, 2013. *Games in formal educational settings. Obstacles for the development and use of learning games*. Skövde : University of Skövde.
- MASLOW, Abraham Harold, 1943. A Theory of Human Motivation. *Psychological Review*. 1943. Vol. 50, n° 4, pp. 370-396. i found it: <https://psychclassics.yorku.ca/Maslow/motivation.htm>
- MINnD aux assises nationales de la maquette numérique, 2014. *MINnD* [en ligne]. Disponible à l'adresse : <http://www.minnd.fr/minnd-aux-assises-nationales-maquette-numerique/modérateur>, [sans date]. *Dictionnaire de français Larousse* [en ligne]. Editions Larousse. Disponible à l'adresse : <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/mod%C3%A9rateur/51935>
- MORRISON, Gary R., ROSS, Steven M., KEMP, Jerrold E. et KALMAN, Howard, 2010. *Designing Effective Instruction*. John Wiley & Sons. ISBN 978-0-470-52282-0.
- PHILLIPS, Stephen, 2012. Parametric Design: a Brief History. *AIACC* [en ligne]. 2012. Disponible à l'adresse : <http://www.aiacc.org/2012/06/25/parametric-design-a-brief-history/>
- PURDUE UNIVERSITY, 2007. Game Development Process. *E-Games. Educational games at Purdue* [en ligne]. 2007. Disponible à l'adresse : <https://e-games.tech.purdue.edu/GameDevProcess.asp>
- QUINTAL, Isabelle et SYLVAIN, Caroline, [sans date]. S'adapter aux cours à distance. *Université Laval. Direction des services aux étudiants. Centre d'aide aux étudiants*. [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://www.aide.ulaval.ca/apprentissage-et-reussite/textes-et-outils/strategies-d-apprentissage/sadapter-aux-cours-a-distance/>
- Référentiel des processus de conception collaboratifs et numériques en études d'architecture*, 2017. [en ligne]. Ministère de la culture. Disponible à l'adresse : <https://www.culture.gouv.fr/Sites-thematiques/Architecture/Formations-Recherche-Metiers/Les-reseaux-pedagogiques-et-scientifiques/Processus-de-conception-collaboratifs-et-numeriques>
- ROMISZOWSKI, Alexander J, 2004. How's the E-learning Baby? Factors Leading to Success or Failure of an Educational Technology Innovation. *Educational Technology*. 2004. Vol. 44, n° 1, pp. 30.
- SCHIESSL, Michael, DUDA, Sabrina, THÖLKE, Andreas et FISCHER, Rico, 2003. Eye tracking and its application in usability and media research. *MMI Interaktiv*. 2003. pp. 10.
- SCHUMACHER, Patrik, 2010. Patrik Schumacher on parametricism - « Let the style wars begin ». *Architects Journal* [en ligne]. 2010. Disponible à l'adresse : <https://www.architectsjournal.co.uk/news/culture/patrik-schumacher-on-parametricism-let-the-style-wars-begin/5217211.article>

- SHEA, Peter J., FREDERICKSEN, Eric E., PICKETT, Alexandra M. et PELTZ, William E., 2004. Faculty Development, Student Satisfaction, and Reported Learning in the SUNY Learning Network. In : *Learner-centered Theory and Practice in Distance Education. Cases from Higher Education*. [en ligne]. Lawrence Erlbaum Associates. pp. 343-377. ISBN 0-8058-4577-1. Disponible à l'adresse : <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.471.3355&rep=rep1&type=pdf>
- Stratégie Nationale pour l'Architecture //// Assises du BIM : Bâtiment et Informations Modélisés, 2016. [en ligne]. Disponible à l'adresse : <http://www.marseille.archi.fr/en/actus/strategie-nationale-pour-larchitecture-assises-du-bim-batiment-et-informations-modelises/>
- Stratégie Nationale pour l'Architecture - Assises du BIM, 2016. *Stratégie Nationale pour l'Architecture - Assises du BIM* [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://bim2016toulouse.wordpress.com/>
- TAYLOR, James C., 2001. *Automating e-Learning: The Higher Education Revolution*. tuteur, [sans date]. *Dictionnaire de français Larousse* [en ligne]. Editions Larousse. Disponible à l'adresse : <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/tuteur/80319>
- UNIVERSITY OF ARIZONA, [sans date]. Conceptual / Procedural Knowledge. [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://math.arizona.edu/~horak/Concept.Proced%20know.htm>
- VI, Chi Thanh, HORNBÆK, Kasper et SUBRAMANIAN, Sriram Subramanian, 2017. Neuroanatomical Correlates of Perceived Usability. In : *30th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology* [en ligne]. Québec : ACM. 2017. pp. 519-532. [Consulté le 21 octobre 2019]. ISBN 978-1-4503-4981-9. Disponible à l'adresse : [https://www.researchgate.net/publication/320570232\\_Neuroanatomical\\_Correlates\\_of\\_Perceived\\_Usability](https://www.researchgate.net/publication/320570232_Neuroanatomical_Correlates_of_Perceived_Usability)
- VICUNA, Laura, 2017. Educational Games Design: Creating an Effective and Engaging Learning Experience. . 2017. pp. 58.
- VIVEKANANTHAMOORTHY, Natarajan, 2017. *Enhancing effectiveness of e learning frameworks determinant factors and driving forces* [en ligne]. Hindustan University. Disponible à l'adresse : [https://www.researchgate.net/figure/The-ADDIE-model-for-e-Learning\\_fig1\\_335108977](https://www.researchgate.net/figure/The-ADDIE-model-for-e-Learning_fig1_335108977)
- VROOM, Victor Harold, 1964. *Work and motivation*. New York : Wiley. ISBN 978-0-471-91205-7.
- YARES, Evan, 2013. 50 Years of CAD. *Design World* [en ligne]. 2013. Disponible à l'adresse : <https://www.designworldonline.com/50-years-of-cad/>

## Annexes

Ministère de la culture  
Référentiel des processus de conception collaboratifs et numériques en études d'architecture  
mai 2017

Compétences attendues à l'issue de la formation	Connaissances et pratiques associées aux compétences acquises dans les ENSA	Objectifs à atteindre pendant le cursus
<b>A - LES FONDEMENTS DE LA MODÉLISATION GÉOMÉTRIQUE</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacité à effectuer des modélisations</li> <li><i>Maîtriser les principaux procédés de modélisation géométrique et savoir les reconnaître sous différentes appellations.</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Connaissances en géométrie (systèmes de projections planes ; géométrie descriptive, axonométrie, perspective centrale), en morphologie (génération et propriétés des surfaces et volumes) et représentation graphique.</li> <li>- Connaissance en modélisation volumique et surfacique (NURBS, maillage).</li> <li>- Connaissances sur la transformation des modèles numériques.</li> </ul>	Licence avec un approfondissement en master
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacité à exploiter et construire des bases de données et à coder</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Connaître le vocabulaire et les bases de la programmation informatique et du codage<sup>1</sup>.</li> <li>- Être initié à l'exploitation des bases de données.</li> <li>- Pratiquer les outils les plus courants de la modélisation paramétrique.</li> </ul>	Licence avec un approfondissement en master
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacité à fabriquer numériquement un objet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Connaissances sur les matériaux (maquettes et prototypes).</li> <li>- Pratiquer la fabrication numérique (impression 2D, découpe laser, pratique en fab lab,...).</li> <li>- Pratiquer la fabrication numérique (robotique, impression 3D)</li> </ul>	Licence avec un approfondissement en master
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacité à relever et modéliser l'existant</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pratiquer les méthodes manuelles (dessin analytique,...) et numériques (photogrammétrie,...).</li> <li>- Connaissances élémentaires en construction pour l'interprétation et la restitution des données.</li> <li>- Connaissances en traitement de données : traitement de nuages de points, maillages, extraction de données pertinentes (scan 3D, photogrammétrie,...).</li> </ul>	Licence avec un approfondissement en master
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacité à produire des livrables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Connaissance en représentation graphique, manipulation des échelles</li> <li>- Connaissances des différents formats de fichiers</li> <li>- Savoir se référer à une charte graphique</li> </ul>	Licence avec un approfondissement en master
<b>B - LA MODÉLISATION NUMÉRIQUE DANS LE PROCESSUS DE PROJET</b>		
<b>1- Architecture</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Produire une maquette numérique répondant à des spécifications de contenu en cohérence avec des objectifs de conception identifiés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Savoir distinguer, utiliser et créer de nouveaux types d'entités ou d'éléments de la base de données (composants, matériaux, nomenclatures, impact environnemental, ...).</li> <li>- Savoir faire des simulations</li> <li>- Savoir analyser le cycle de vie</li> </ul>	Licence  Licence

1 -Remarque : Le codage devient incontournable, même en programmation visuelle. Il sera, de plus, bientôt introduit dans les programmes de l'éducation nationale dès le primaire)

**Référentiel des processus de conception collaboratifs et numériques en études d'architecture**  
Ministère de la culture  
mai 2017

		<ul style="list-style-type: none"><li>- Gérer des informations quantitatives, générer des documents (plans de niveau, coupes, élévations, nomenclatures, modèle 3D ...)</li><li>- Connaissances en construction, ambiances (acoustique, lumière, ensoleillement, hygrométrie, thermique),</li><li>- Effectuer des simulations techniques (statique, thermique...), savoir expérimenter des exploitations de la maquette (simulation technique, pré-dimensionné...),</li><li>- Images de synthèse,</li><li>- Réalité augmentée, réalité virtuelle</li></ul>	Master  Licence  Licence  Licence  Master
		<ul style="list-style-type: none"><li>- Etre initié aux Systèmes d'informations géographiques (SIG),</li><li>- Savoir interpréter, interroger une base donnée, analyser et exploiter</li></ul>	Licence
		<ul style="list-style-type: none"><li>- Connaître les bases du droit du numérique (droit d'auteur, propriété des données,...),</li><li>- Connaître les principes des liens contractuels et de responsabilité dans une mission de maîtrise d'oeuvre,</li><li>- Savoir établir une convention (Informations du bâtiment modélisées (BIM))</li></ul>	HMONP  HMONP  HMONP
2 – Ville, territoire et paysage			
	<ul style="list-style-type: none"><li>- Modéliser un environnement à partir de différentes sources de données géographiques</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Pratiquer les SIG</li><li>- Savoir interpréter, interroger une base donnée et analyser</li></ul>	Licence Licence
	<ul style="list-style-type: none"><li>- Cartographier</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Connaître la géographie, la cartographie en respectant les principes de la sémiologie graphique,</li><li>- Savoir exploiter les bases de données</li></ul>	Master  Master
	<ul style="list-style-type: none"><li>- Concevoir le projet urbain et paysager dans son environnement</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Savoir gérer la complexité en croisant les différents champs disciplinaires à l'échelle urbaine</li></ul>	Master
C - TRAVAIL COLLABORATIF			
	<ul style="list-style-type: none"><li>- Gérer et organiser le travail collaboratif</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Être sensibilisé au travail collaboratif,</li><li>- Connaître des environnements/plateformes numériques favorisant le travail collaboratif,</li></ul> <p>***</p>	Licence Licence
		<ul style="list-style-type: none"><li>- Connaissance de la sociologie des organisations appliquée au projet architectural et urbain et aux enjeux de la co-production à la communication,</li><li>- Pratiquer la collaboration en mode synchrone et asynchrone, en co-présence et</li></ul>	Master Licence et Master



Ministère de la culture  
**Référentiel des processus de conception collaboratifs et numériques en études d'architecture**  
mai 2017

	à distance, - Connaissance des différentes situations entre acteurs : les maîtres d'ouvrage (élus et usagers) et les acteurs de la construction pour comprendre le développement réel d'un projet dans ses interactions, - Adapter son vocabulaire et son attitude aux différents acteurs	Master
- Formaliser le travail collaboratif	- Être initié aux méthodologies et à la rédaction de protocoles, conventions et/ou chartes BIM, - Savoir analyser des chartes BIM, - Savoir expliciter des processus, - Être capable de rédiger des conventions BIM.	Master
- Pratiquer l'interopérabilité dans le travail collaboratif	- Connaître les standards favorisant l'interopérabilité (IFC, BCF), - Pratiquer les standards dans une démarche interopérable, - Savoir contrôler la qualité des informations échangées.	Licence Master Master HMONP
<b>D – CULTURE NUMÉRIQUE<sup>2</sup></b>		Licence et Master Licence et Master Licence et Master
- Penser les transformations sociétales dans sa complexité	- Savoir analyser, exploiter et dégager de l'information décisionnelle, - Pratiquer les différents niveaux de complexité (listing, modélisation, culture de la forme), - Connaître les enjeux de la culture architecturale et urbaine et notamment les questions liées à la transition écologique et à la réhabilitation	Licence, Master et HMONP

<sup>2</sup> Il faut noter la perméabilité des trois axes de compétences avec la culture numérique.



## MASTER 1 • SEMESTRE 7

### COURS ENSAPLV 2017/2018

Code : **TR714**

Enseignants : F. GUENA

Coefficient de pondération : 0,5

Nbre d'heures / CM : 28

Nbre d'heures / TD : 21

Caractère : obligatoire au choix

## TECHNIQUES ET REPRÉSENTATION

### INITIATION À LA MODÉLISATION PARAMÉTRIQUE

<b>OBJECTIFS</b>	L'objectif pédagogique est de fournir aux étudiants les connaissances pour créer des modèles paramétriques en vue d'une assistance informatique à la conception.
<b>CONTENU</b>	Depuis quelques années on observe que la conception de nombreuses réalisations architecturales nécessite une part de modélisation paramétrique. C'est le cas chez Foster & Partners par exemple où le Specialist Modeling Group est chargé de développer, pour de nombreux projets de l'agence, des modèles paramétriques. Grimshaw & Partners, SOM, Gehry partners, Morphosis et bien d'autres agences utilisent aussi la modélisation paramétrique. Un modèle paramétrique définit un espace morphologique qu'on peut explorer à partir de paramètres. Une combinaison de valeurs de paramètre produit une instance de forme qu'il est possible d'évaluer d'un point de vue technique. Les combinaisons de valeurs des paramètres peuvent aussi être déterminées par optimisation sur la base d'une fonction d'évaluation cible. Cet enseignement est destiné à former les étudiants à la modélisation paramétrique sur la base de l'outil de programmation visuelle de Grasshopper (Plugin de modélisation paramétrique pour le logiciel de modélisation surfacique Rhinocéros).
<b>MODE D'ÉVALUATION</b>	Examen final et Contrôle continu.
<b>TRAVAUX REQUIS</b>	Chaque séance fournit un apport théorique et des exercices pratiques à réaliser en séance et en travail personnel inter cours. Un site internet, actualisé au fur et à mesure des séances, présente les concepts abordés et les exercices à réaliser





**MASTER 1 • SEMESTRE 8**  
**COURS ENSAPLV 2017/2018**

Code : **MPO821**

Enseignants : F. GUÉNA

Coefficient de pondération : 0,15  
 Nbre d'heures / CM : 21  
 Caractère : obligatoire au choix

**OPTIONNEL DE PROJET**

**INFORMATIQUE : SYSTÈMES NUMÉRIQUES DE LA CONCEPTION DIGITALE**

<b>OBJECTIFS</b>	<p>Cet optionnel de projet a pour objectif de présenter divers systèmes numériques d'assistance possible à la conception architecturale.</p> <p>Il est effectué à distance à travers un site web dédié <a href="http://maacc.paris-lavillette.archi.fr/PO821">http://maacc.paris-lavillette.archi.fr/PO821</a></p>
<b>CONTENU</b>	<p>Présentation de différentes techniques de modélisation et d'évaluation du projet en vue d'assister sa conception: modélisation paramétrique (RhinoCeros + Grasshopper), systèmes de particules, metaballs, surfaces de subdivision, systèmes multi-agents, form-finding (Kangaroo) etc.</p> <p>Chaque semaine un nouveau cours est déposé sur le site web par les enseignants.</p>
<b>MODE D'ÉVALUATION</b>	<p>Contrôle continu: Travail hebdomadaire obligatoire déposé chaque semaine sur le site web du cours.</p>
<b>TRAVAUX REQUIS</b>	<p>Exercice hebdomadaire en relation avec le contenu du cours</p> <p>Le cours en ligne est accessible à l'adresse <a href="http://maacc.paris-lavillette.archi.fr/PO821">http://maacc.paris-lavillette.archi.fr/PO821</a></p>

## Etude sur les cours de modélisation paramétrique TR714 et/ou PO821

Questionnaire s'adressant aux étudiants des cours TR714 et/ou PO821\* de Master 1 à l'ENSAPLV de l'année 2017/2018. Ce questionnaire fait partie d'une étude sur le fonctionnement des cours TR714 et PO821 dirigés par le professeur François Guéna à l'ENSAPLV. Cette étude s'inscrit dans le cadre du Séminaire AIC et sera utilisée pour la réalisation de mon mémoire de Master intitulé "Vers une migration digitale. L'enseignement de la modélisation paramétrique à l'Ecole d'Architecture en ligne, en distance et en jeu-sérieux." sous la direction de François Guéna, Joaquin Silvestre et Anne Tuscheur.

\*TR714: Initiation à la Modélisation Paramétrique  
PO821: Systèmes numériques de la conception digitale

\* Required

### 1) Vous avez suivi quel cours? \*

Mark only one oval.

- ☐ Semestre 1: TR714: Initiation à la Modélisation Paramétrique (cours d'informatique)
- ☐ Semestre 2: PO821: Systèmes numériques de la conception digitale (optionnel de projet)
- ☐ Les deux: TR714 et PO821

### 2) Combien de temps par exercice vous consacrez approximativement pour réaliser une exercice? \*

\_\_\_\_\_

### 3) Est ce que vous rendez les exercices plutôt à l'heure? \*

Mark only one oval.

- ☐ Oui
- ☐ Non

### 4) Vous faites les exercices parce que: \*

Mark only one oval.

- ☐ Vous voulez apprendre
- ☐ Elles sont obligatoires
- ☐ Autre

### 5) Est ce que vous préférez que le cours soit en ligne ou, vous préférez que le cours soit dans une classe avec le professeur présent? \*

Mark only one oval.

- ☐ En ligne
- ☐ Dans une classe
- ☐ Aucune préférence
- ☐ Partie en ligne + en classe

### 6) Est ce que vous utilisez des tutoriels en ligne pour faire vos exercices sur YouTube, Dailymotion, etc.? \*

Mark only one oval.

- ☐ Oui, beaucoup
- ☐ Oui un peu
- ☐ Non, pas du tout

### 7) Vous utilisez le site du cours pour poser des questions, demander de l'aide à vos camarades et le professeur? \*

Mark only one oval.

- ☐ Oui, beaucoup
- ☐ Oui, un peu
- ☐ Non, pas du tout

### 8) Vous utilisez les réseaux sociaux (ex. groupes sur Facebook, Messenger, Twitter, etc.) pour demander de l'aide à vos camarades? \*

Mark only one oval.

- ☐ Oui, beaucoup
- ☐ Oui, un peu
- ☐ Non, pas du tout

### 9) Vous utilisez le plus laquelle des propositions suivantes pour demander de l'aide afin de réaliser les exercices? \*

Mark only one oval.

- ☐ Plutôt des réseaux sociaux (ex. Facebook, Messenger, forum Grasshopper, etc.)
- ☐ Plutôt le site du cours
- ☐ Réseaux sociaux + le site du cours de manière égale
- ☐ Ni les réseaux sociaux, ni le site du cours

10. 10) Pour le cours du Semestre 1, TR714: Vous pensez que le temps du cours (3h30 de TD chaque lundi) est:

Mark only one oval.

- ☐ Utile  
☐ Insuffisant (pas assez de temps)  
☐ Inutile  
☐ Chronophage (prends trop du temps)  
☐ Parfait, comme il faut

11. 11) Pour le cours du Semestre 2, PO821: Vous pensez que le support de cours est:

Mark only one oval.

- ☐ Utile  
☐ Insuffisant (pas assez)  
☐ Inutile  
☐ Parfait

12. 12) Est ce que le cours TR714, tel quel il est actuellement, est:

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Pas intéressant	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Très intéressant

13. 13) Est ce le cours PO821, tel quel il est actuellement, est:

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Pas intéressant	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Très intéressant

14. 14) Est ce que le système de notation du professeur vous semble clair? \*

Mark only one oval.

- ☐ Oui  
☐ Non  
☐ Je ne sais pas/ Cela ne m'intéresse pas

15. 15) Est ce que vous jouez/ avez joué aux jeux (ex. jeux-vidéo, jeux-mobile, jeux de société, etc.)?

Mark only one oval.

- ☐ Oui  
☐ Oui, très peu  
☐ Non

16. 16) Est ce que vous pensez que ce serait intéressant d'avoir un cours qui mélange l'apprentissage et le jeu (ex. jeu-vidéo pour apprendre)? \*

Mark only one oval.

- ☐ Oui  
☐ Non  
☐ Je ne sais pas  
☐ Cela ne m'intéresse pas

17. 17) Est ce que vous avez un ordinateur et/ou un smartphone avec accès Internet? \*

Mark only one oval.

- ☐ Oui  
☐ Non  
☐ J'utilise uniquement l'Atelier Numérique de l'école (Cambrai)

18. 18) Vous trouvez pertinent d'apprendre la modélisation paramétrique? (ex. Rhino + Grasshopper, Dynamo) \*

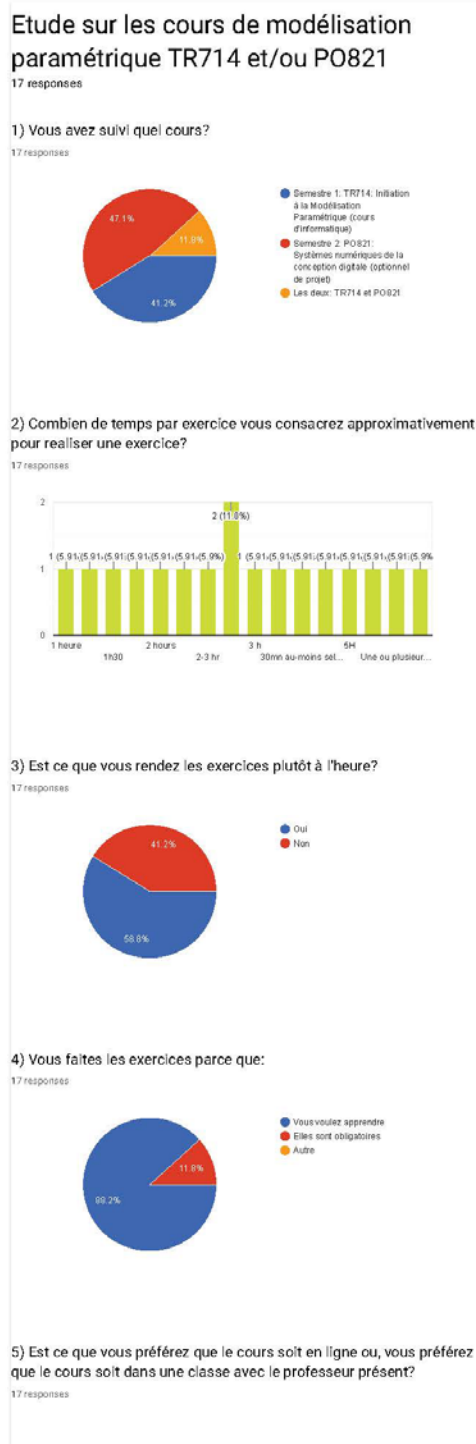
Mark only one oval.

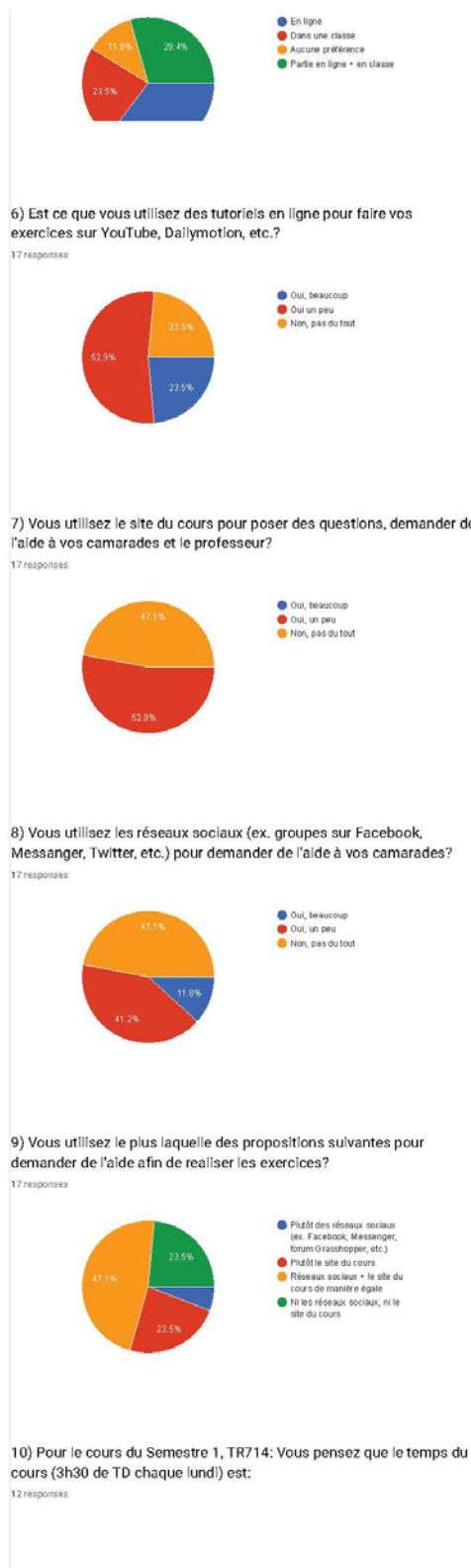
- ☐ Oui  
☐ Non  
☐ Je ne sais pas

19. 19) Vous utiliser quel type d'ordinateur pour faire la modélisation paramétrique? \*

Mark only one oval.

- ☐ Mac  
☐ PC

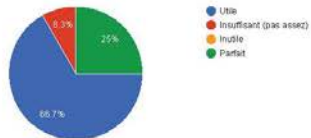






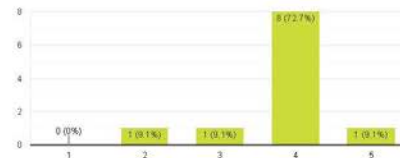
11) Pour le cours du Semestre 2, PO821: Vous pensez que le support de cours est:

12 réponses



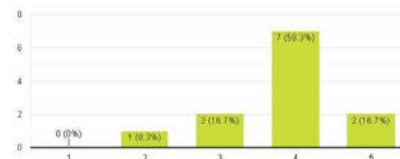
12) Est ce que le cours TR714, tel quel il est actuellement, est:

11 réponses



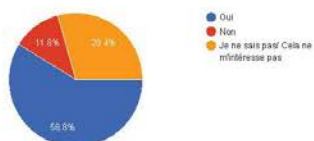
13) Est ce le cours PO821, tel quel il est actuellement, est:

12 réponses



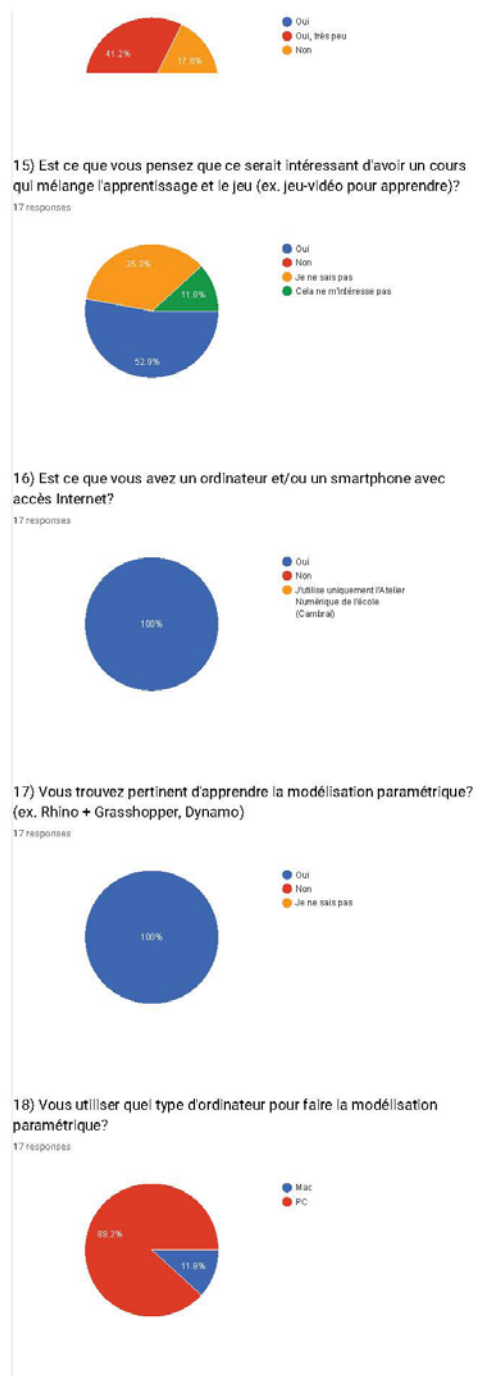
14) Est ce que le système de notation du professeur vous semble clair?

17 réponses



15) Est ce que vous jouez/ avez joué aux jeux (ex. jeux-vidéo, jeux-mobile, jeux de société, etc.)?

17 réponses



This content is neither created nor endorsed by Google. Report Abuse - Terms of Service

Google Forms

## Etude sur les cours de modélisation paramétrique TR714 et PO821

Deuxième questionnaire s'adressant aux étudiants des cours TR714 et/ou PO821\* de Master 1 à l'ENSAPLV de l'année 2017/2018 avec François Guéna. Il s'agit d'une deuxième enquête qui sera utilisée pour la réalisation de mon mémoire de Master intitulé "Vers une migration digitale. L'enseignement de la modélisation paramétrique à l'Ecole d'Architecture en ligne, en distance et en jeu-sérieux." sous la direction de François Guéna, Joaquim Silvestre et Anne Tüscheur.

\*TR714: Initiation à la Modélisation Paramétrique  
PO821: Systèmes numériques de la conception digitale

\* Required

### 1. Quel cours vous avez suivi?\*

Mark only one oval.

- ☐ Semestre 1: TR714: Initiation à la Modélisation Paramétrique (cours d'informatique) [Skip to question 2](#)
- ☐ Semestre 2: PO821: Systèmes numériques de la conception digitale (optionnel de projet) [Skip to question 12](#)
- ☐ Les deux: TR714 et PO821 [Skip to question 23](#)
- ☐ Aucun [Skip to "Fin de questionnaire."](#)

### Le cours TR714

Questions concernant le cours TR714.

### 2. Pourquoi vous avez choisi ce cours?

---

---

---

---

---

### 3. Avant ce cours, est-ce que vous avez déjà utilisé un peu la modélisation paramétrique?

Mark only one oval.

- ☐ Oui
- ☐ Non

### 4. Avez-vous utilisé ce que vous avez appris dans ce cours dans vos travaux de projet/ d'agence, etc., c'est à dire, au delà du cadre du cours?

Mark only one oval.

- ☐ Oui
- ☐ Non

### 5. Depuis la fin du cours l'année dernière, est-ce que vous continuez à utiliser le support du cours (le site du professeur)?

Mark only one oval.

- ☐ Oui
- ☐ Non

### 6. Est-ce que vous avez rencontré des difficultés pour apprendre la modélisation paramétrique? Si oui, quelles difficultés?

---

---

---

---

---

### 7. Vous trouvez pratique la manière dont il fonctionne le site du cours TR714?

Mark only one oval.

- ☐ Oui
- ☐ Non

### 8. Qu'est ce que vous auriez voulu apprendre de plus dans ce cours?

---

---

---

---

---

### 9. Vous pensez que le cours tel qu'il est actuellement suffit pour acquérir les bases/ quelques notions sur la modélisation paramétrique?

Mark only one oval.

- |     |                       |                       |                       |                       |                           |
|-----|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|
|     | 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                         |
| Non | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> Oui |



10. Est-ce que le cours TR714 correspondait à vos attentes de début du semestre. Si oui ou non, justifier votre réponse.

---



---



---



---

11. Avez-vous des améliorations à proposer pour ce cours?

---



---



---



---

*Skip to question 37.*

### Le cours PO821

Questions concernant le cours PO821

12. Pourquoi vous avez choisi ce cours?

---



---



---



---

13. Est-ce que le cours PO821 a été votre premier cours en ligne et/ou en distance?

*Mark only one oval.*

- ☐ Oui  
☐ Non

14. Avant ce cours, est-ce que vous avez déjà utilisé un peu la modélisation paramétrique?

*Mark only one oval.*

- ☐ Oui  
☐ Non

15. Avez-vous utilisé ce que vous avez appris dans ce cours dans vos travaux de projet d'agence, etc., c'est à dire, au delà du cadre du cours?

*Mark only one oval.*

- ☐ Oui  
☐ Non

16. Depuis la fin du cours l'année dernière, est-ce que vous continuez à utiliser le support du cours (le site du professeur)?

*Mark only one oval.*

- ☐ Oui  
☐ Non

17. Est-ce que vous avez rencontré des difficultés pour apprendre la modélisation paramétrique? Si oui, quelles difficultés?

---



---



---



---

18. Vous trouvez pratique la manière dont il fonctionne le site du cours PO821?

*Mark only one oval.*

- ☐ Oui  
☐ Non

19. Qu'est-ce que vous auriez voulu apprendre de plus dans ce cours?

---



---



---



---

20. Vous pensez que le cours tel qu'il est actuellement suffit pour acquérir des notions plus approfondies sur la modélisation paramétrique?

*Mark only one oval.*

- |     |                       |                       |                       |                       |                           |
|-----|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|
|     | 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                         |
| Non | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> Oui |

21. Est-ce que le cours PO821 correspondait à vos attentes du début du semestre. Si oui ou non, justifier votre réponse.

---

---

---

---

---

22. Avez-vous des améliorations à proposer pour ce cours?

---

---

---

---

---

*Skip to question 37.*

### Les cours TR714 et PO821

Questions concernant les cours TR 714 et PO821

23. Pourquoi vous avez choisi le cours TR714 et le PO821? Donnez une réponse pour chaque cours.

---

---

---

---

---

24. Est-ce que vous avez rencontré des difficultés concernant le changement de style de cours entre le TR714 et le PO821 (en présentiel puis, en ligne)? Si oui, quelles difficultés?

---

---

---

---

---

25. Est-ce que le cours PO821 a été votre premier cours en ligne et/ou en distance?

*Mark only one oval.*

- ☐ Oui  
☐ Non

26. Après avoir eu une expérience avec les cours TR714 et PO821, vous préférez quoi comme type de cours?

*Check all that apply.*

- ☐ En ligne/ en distance  
☐ En présentiel  
☐ Pas de préférence

27. Est-ce que vous avez rencontré des difficultés pour apprendre la modélisation paramétrique en TR714 ? Si oui, quelles difficultés?

---

---

---

---

---

28. Est-ce que vous avez rencontré des difficultés pour apprendre la modélisation paramétrique en PO821? Si oui, quelles difficultés?

---

---

---

---

---

29. Vous trouvez pratique la manière dont il fonctionne le site du cours TR714?

*Mark only one oval.*

- ☐ Oui  
☐ Non

30. Vous trouvez pratique la manière dont il fonctionne le site du cours PO821?

*Mark only one oval.*

- ☐ Oui  
☐ Non

31. Qu'est-ce que vous auriez voulu apprendre de plus dans ce cours?

---



---



---



---

32. Vous pensez que le cours tel qu'il est actuellement suffit pour acquérir les bases/ quelques notions sur la modélisation paramétrique?

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Non	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Oui

33. Vous pensez que le cours PO821 tel qu'il est actuellement suffit pour acquérir des notions plus approfondies sur la modélisation paramétrique?

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Non	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Oui

34. Est-ce que le cours TR714 correspondait à vos attentes de début du semestre. Si oui ou non, justifier votre réponse.

---



---



---



---

35. Est-ce que le cours PO821 correspondait à vos attentes de début du semestre. Si oui ou non, justifier votre réponse.

---



---



---



---

36. Avez-vous des améliorations à proposer pour chaque cours?

---



---



---



---

Skip to question 37.

### Apprendre avec des jeux

37. Est ce que vous avez déjà joué un jeu quelconque? Par exemple, Monopoly, jeux des cartes, World of Warcraft, Minecraft, etc. Si oui, donnez quelques exemples de jeux que vous avez joué/ vous avez aimé jouer

---



---



---



---

38. Vous aimez jouer aux jeux?

Mark only one oval.

☐ Oui  
☐ Non

39. Avez vous suivi des cours dont l'enseignement s'est fait en jouant. Pas forcément en ligne. Rencontrez nous le cours, votre expérience, etc.

---



---



---



---

40. Vous connaissez des sites d'enseignement en distance tels que Duolingo, Khan Academy, Codecademy etc.?

Mark only one oval.

☐ Oui  
☐ Non

41. Vous avez déjà utilisé des sites tels que Duolingo, Khan Academy, etc. pour apprendre?  
*Mark only one oval.*

☐ Oui  
☐ Non

42. Êtes-vous intéressé d'être en concurrence avec les autres? Par exemple, qui terminera l'exercice plus rapidement ou qui gagnera plus de points?  
*Check all that apply.*

☐ Oui  
☐ Non

43. Pensez-vous que des éléments tels que les points, les badges, les niveaux, etc. que nous trouvons dans les jeux pourraient être utiles pour mieux apprendre?  
*Mark only one oval.*

☐ Oui  
☐ Non  
☐ Je ne sais pas

44. Seriez-vous intéressés d'avoir des éléments tels que les points, les badges, les niveaux, etc. que nous trouvons dans les jeux dans un cours d'informatique comme un cours de modélisation paramétrique?  
*Mark only one oval.*

☐ Oui  
☐ Non

*Skip to question 45.*

### Enseignement en ligne

45. Est-ce que vous utilisez des sites autre que le site du cours pour apprendre la modélisation paramétrique?  
*Mark only one oval.*

☐ Oui  
☐ Non

46. Connaissez vous des sites/ d'exemples d'enseignement en ligne/ en distance pour l'apprentissage de la modélisation paramétrique autre que le site du cours de monsieur Guéna? Si oui, nommez-les.

---

---

---

---

47. Selon vous, est-ce qu'il y a des avantages et/ ou des inconvénients à l'enseignement en ligne et/ ou en distance? Expliquez.

---

---

---

---

*Skip to "Fin de questionnaire."*

### Fin de questionnaire!

Merci beaucoup pour votre temps et pour votre participation!

75% 25%

Oui Non

Est-ce que vous avez rencontré des difficultés pour apprendre la modélisation paramétrique? Si oui, quelles difficultés?

2 réponses:

Oui, problème pour comprendre les schémas paramétriques et les mettre en application

Lacunes dans la géométrie et les maths en général

75% 25%

Oui Non

Vous trouvez pratique la manière dont il fonctionne le site du cours TR714?

4 réponses:

Qu'est ce que vous auriez voulu apprendre de plus dans ce cours?

2 réponses:

Les automatismes pour créer un schéma paramétrique cohérent

La modélisation du terrain sur la base du plan géomètre y compris le réseau viarie

3 2 1 0

0 (0%) 1 (25%) 0 (0%) 3 (75%) 0 (0%)

1 2 3 4 5

Vous pensez que le cours tel qu'il est actuellement suffit pour acquérir les bases/ quelques notions sur la modélisation paramétrique?

4 réponses:

Est-ce que le cours TR714 correspondait à vos attentes de début du semestre. Si oui ou non, justifier votre réponse.

3 réponses:

Je n'avais aucune attente

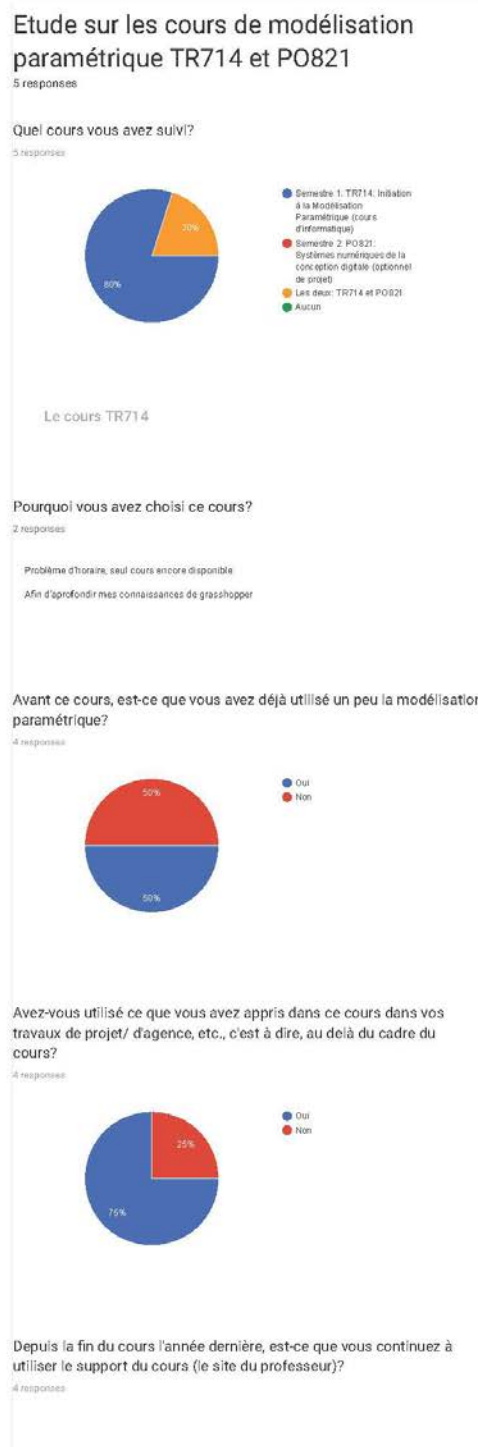
Oui

oui

Avez-vous des améliorations à proposer pour ce cours?

2 réponses:

Non



Seulement le mettre en relation avec un autre cours du cursus master par exemple avec la Structure tectonique ou un autre cours de construction où on pourrait appliquer la modélisation paramétrique en pratique, sur un petit projet que l'on pourrait réaliser, construire

Le cours P0821

Pourquoi vous avez choisi ce cours?

0 responses

No responses yet for this question.

Est-ce que le cours P0821 a été votre premier cours en ligne et/ou en distance?

0 responses

No responses yet for this question.

Avant ce cours, est-ce que vous avez déjà utilisé un peu la modélisation paramétrique?

0 responses

No responses yet for this question.

Avez-vous utilisé ce que vous avez appris dans ce cours dans vos travaux de projet/ d'agence, etc., c'est à dire, au delà du cadre du cours?

0 responses

No responses yet for this question.

Depuis la fin du cours l'année dernière, est-ce que vous continuez à utiliser le support du cours (le site du professeur)?

0 responses

No responses yet for this question.

Est-ce que vous avez rencontré des difficultés pour apprendre la modélisation paramétrique? Si oui, quelles difficultés?

0 responses

No responses yet for this question.

Vous trouvez pratique la manière dont il fonctionne le site du cours P0821?

0 responses

No responses yet for this question.

Qu'est-ce que vous auriez voulu apprendre de plus dans ce cours?

0 responses

No responses yet for this question.

Vous pensez que le cours tel qu'il est actuellement suffit pour acquérir des notions plus approfondies sur la modélisation paramétrique?

0 responses

No responses yet for this question.

Est-ce que le cours PO821 correspondait à vos attentes du début du semestre. Si oui ou non, justifier votre réponse.

0 responses

No responses yet for this question.

Avez-vous des améliorations à proposer pour ce cours?

0 responses

No responses yet for this question.

Les cours TR714 et PO821

Pourquoi vous avez choisi le cours TR714 et le PO821? Donnez une réponse pour chaque cours.

1 response

TR714: j'étais curieux d'apprendre la modélisation paramétrique  
PO821: une continuation du cours TR714 que j'avais suivi

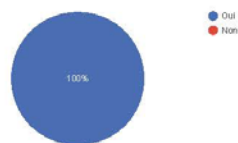
Est-ce que vous avez rencontré des difficultés concernant le changement de style de cours entre le TR714 et le PO821 (en présentiel puis, en ligne)? Si oui, quelles difficultés?

1 response

j'ai pas rencontré de difficultés, j'avais l'habitude de suivre des formations en autodidacte en ligne

Est-ce que le cours PO821 a été votre premier cours en ligne et/ou en distance?

1 response



Après avoir eu une expérience avec les cours TR714 et PO821, vous préférez quoi comme type de cours?

1 response



En savoir un peu plus

1 (100%)

Est-ce que vous avez rencontré des difficultés pour apprendre la modélisation paramétrique en TR714 ? Si oui, quelles difficultés?

1 réponse

c'était ma première rencontre avec la modélisation paramétrique, j'ai rencontré les mêmes difficultés qu'on rencontre souvent quand on est face à un nouveau logiciel: se familiariser à l'interface, comprendre sa logique de travail... en plus de ça grasshopper il n'avait rien en commun avec d'autre logiciels, c'est encore une autre difficulté

Est-ce que vous avez rencontré des difficultés pour apprendre la modélisation paramétrique en PO821? Si oui, quelles difficultés?

1 réponse

les cours ont été bien clair, j'ai pas rencontré de difficultés

Vous trouvez pratique la manière dont il fonctionne le site du cours TR714?

1 réponse



Réponse	Nombre	Pourcentage
Oui	1	100%
Non	0	0%

Vous trouvez pratique la manière dont il fonctionne le site du cours PO821?

1 réponse



Réponse	Nombre	Pourcentage
Oui	1	100%
Non	0	0%

Qu'est-ce que vous auriez voulu apprendre de plus dans ce cours?

1 réponse

l'application sur de mini projet d'architecture

Vous pensez que le cours tel qu'il est actuellement suffit pour acquérir les bases/ quelques notions sur la modélisation paramétrique?

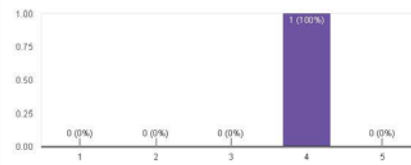
1 réponse



Note	Nombre	Pourcentage
1	0	0%
2	0	0%
3	0	0%
4	1	100%
5	0	0%

Vous pensez que le cours PO821 tel qu'il est actuellement suffit pour acquérir des notions plus approfondies sur la modélisation paramétrique?

1 response



Est-ce que le cours TR714 correspondait à vos attentes de début du semestre. Si oui ou non, justifier votre réponse.

1 response

oui, j'ai pu me familiariser avec ce programme, et j'ai découvert son potentiel

Est-ce que le cours PO821 correspondait à vos attentes de début du semestre. Si oui ou non, justifier votre réponse.

1 response

oui, c'était la suite de TR714

Avez-vous des améliorations à proposer pour chaque cours?

1 response

application sur des projet d'architecture

Apprendre avec des jeux

Est ce que vous avez déjà jouer un jeu quelconque? Par exemple, Monopoly, jeux des cartes, World of Warcraft, Minecraft, etc. Si oui, donnez quelques exemples de jeux que vous avez joué/ vous avez aimé jouer

3 responses

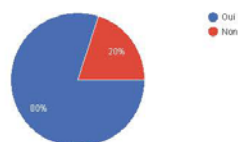
Oui jeux de cartes

Oui, cartes, uno

Oui, jeux de société.

Vous aimez jouer aux jeux?

5 responses



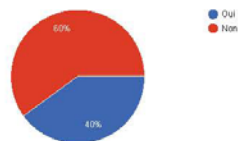
Avez-vous suivi des cours dont l'enseignement s'est fait en jouant. Pas forcément en ligne. Rencontrez nous le cours, votre expérience, etc.

4 responses

Non  
non  
No  
Non

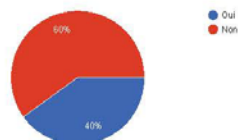
Vous connaissez des sites d'enseignement en distance tels que Duolingo, Khan Academy, Codecademy etc.?

5 responses



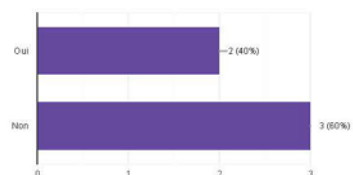
Vous avez déjà utilisé des sites tels que Duolingo, Khan Academy, etc. pour apprendre?

5 responses



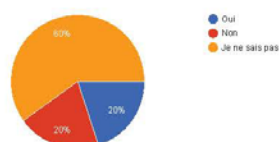
Etes-vous intéressé d'être en concurrence avec les autres? Par exemple, qui terminera l'exercice plus rapidement ou qui gagnera plus de points?

5 responses



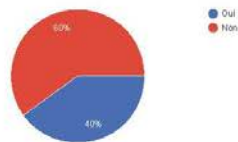
Pensez-vous que des éléments tels que les points, les badges, les niveaux, etc. que nous trouvons dans les jeux pourraient être utiles pour mieux apprendre?

5 responses



Seriez-vous intéressés d'avoir des éléments tels que les points, les badges, les niveaux, etc. que nous trouvons dans les jeux dans un cours d'informatique comme un cours de modélisation paramétrique?

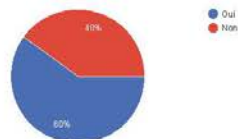
5 réponses



Enseignement en ligne

Est-ce que vous utilisez des sites autre que le site du cours pour apprendre la modélisation paramétrique?

5 réponses



Connaissez vous des sites/ d'exemples d'enseignement en ligne/ en distance pour l'apprentissage de la modélisation paramétrique autre que le site du cours de monsieur Guéna? Si oui, nommez-le.

4 réponses

Non

des sites de formations en ligne, exemple Edphorme (payant) Parametric House (gratuit)

Food for rhino, et quelques cours en ligne sur le site de l'EPFL

Principalement des tutoriels

Selon vous, est-ce qu'il y a des avantages et/ ou des inconvénients à l'enseignement en ligne et/ ou en distance? Expliquez.

4 réponses

Nécessité d'être autonome

Le seul inconvénient c'est qu'on pourra pas poser une question instantanée, mais ça nous pousse à chercher des réponses ailleurs

Inconvénient: absence du contact direct avec le prof

Pas de contact direct, ce qui peut rendre difficile d'apporter de l'assistance en cas de blocage

Fin de questionnaire!

This content is neither created nor endorsed by Google. Report Abuse - Terms of Service

Google Forms

24/7/2018

Cours 6: Géométrie fractale – partie 1 | Systèmes numériques de la conception digitale



**ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE PARIS-LA-VILLETTE**  
Systèmes numériques de la conception digitale

- ACCUEIL
- EQUIPE ENSEIGNANTE

[ACCUEIL](#) | [COURS](#) | [RENDUS](#) | [INFO +](#) | [CLOUD](#) | [FORUM](#) | [ARCHIVES](#)

## COURS



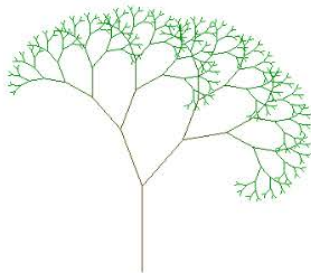
### Cours 6: Géométrie fractale – partie 1

by FRANÇOIS GUÉNA on: May 23, 2018 - 10 h 40 min

No Comments

Ce cours et le suivant ont pour objet la géométrie fractale et son application à l'architecture.

Introduite par B. Mandelbrot en 1975, la géométrie fractale permet, à la différence de la géométrie euclidienne, de décrire et représenter des formes qu'on trouve dans la nature.



La propriété principale d'un objet fractal est l'auto-similarité c'est à dire qu'il est constitué du même motif qu'on retrouve à toutes les échelles. Le principe des fractales est à rapprocher de celui de mise en abyme utilisé dans la littérature ou l'art.

#### PRESENTATION DE L'OPTIONNEL

Cet optionnel de projet a pour objectif de présenter diverses méthodes possibles d'assistance numérique à la conception architecturale. Il s'agit de présenter des exemples d'utilisation d'outils numériques pour assister la génération de formes en architecture.



François Guéna 17 juin 2018 at 17 h 49 min dans Rendu 7 : Géométrie fractale – partie 2  
Bon travail. Il faut penser à associer à vos images insérées dans vos articles les fichiers correspondants afin que le lecteur puisse les visualiser en plus grand.



François Guéna 17 juin 2018 at 17 h 46 min dans Rendu 6 : Géométrie fractale – partie 1  
Bon travail. Des problèmes apparaissent sur la figure dans le dernier objet fractal généré.



François Guéna 17 juin 2018 at 17 h 44 min dans Rendu 5 : Simulations physiques 1  
Bon appropriation de l'usage de Kangaroo pour générer des couvertures voûtées.



François Guéna 17 juin 2018 at 17 h 41 min dans Rendu 4 : Systèmes multi-agents  
Bon travail.



François Guéna 17 juin 2018 at 17 h 41 min dans Rendu 3 : Modélisation paramétrique et champs de forces  
Travail remis en retard.



François Guéna 17 juin 2018 at 17 h 40 min dans Cours 5  
Bonne expérimentation.



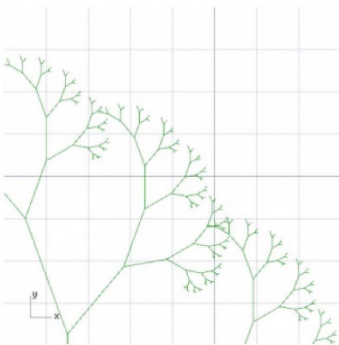
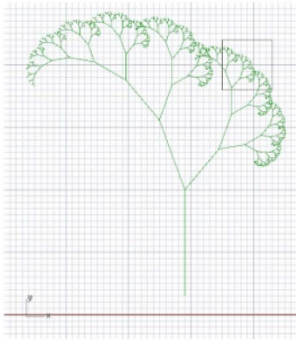
François Guéna 17 juin 2018 at 17 h 39 min dans Cours 7: Géométrie fractale – partie 2  
Pour les dentelles de Sierpinsky l'entrée S du composant Expression doit recevoir un entier correspondant au nombre de côtés du

<http://194.199.196.229/Po821/?p=17233>

1/11

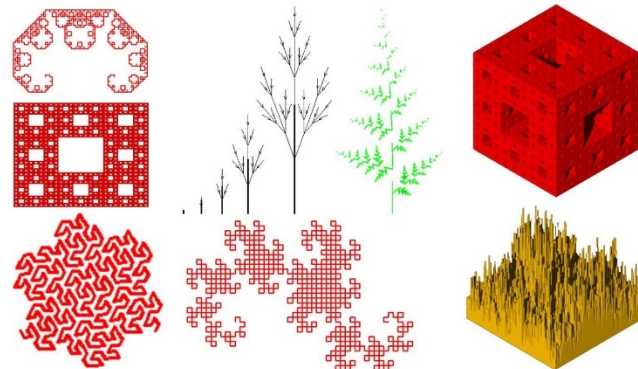
24/7/2018

Cours 6: Géométrie fractale – partie 1 | Systèmes numériques de la conception digitale



### Exemples d'objets fractals

Objets dont les parties sont semblables au tout.



### Exemples en architecture

Des références aux fractals sont souvent repérables en architecture.



<http://194.199.196.229/Po821/?p=17233>

polygone régulier 6 pour un hexagone, 5 pour un pentagone etc.). Dans votre programme S reçoit une surface. La formule ne peut donc pas produire un rapport d'homothétie. Sinon bon travail pour la suite.



François Guéna 17 juin 2018 at 17 h 32 min dans **Géométrie fractale exercice 6**  
Il manque les derniers exercices, dommage!



François Guéna 17 juin 2018 at 17 h 31 min dans **cours 4 systèmes multi-agents**  
Bon travail qui aurait peut être mérité un peu plus d'approfondissement.



François Guéna 17 juin 2018 at 17 h 30 min dans **Cours 7: Géométrie fractale – partie 2**  
Trop peu de commentaires sur votre travail.



François Guéna 17 juin 2018 at 17 h 28 min dans **Rendu 6 : Géométrie fractale – partie 1**  
Il existe dans la barre d'outil Maths/Script des composants pour créer des formules mathématiques. C'est indiqué dans le cours. Il faut persévérer et essayer de produire l'objet fractal que vous souhaitez.



François Guéna 17 juin 2018 at 17 h 24 min dans **Rendu 6 – Géométrie fractale**  
C'était bien parti pour les premiers exercices. Vous avez compris que pour le triangle de sierpinsky la règle consiste à substituer la ligne de départ par 3 lignes auxquelles on fait subir des transformations. Pour l'exercice suivant la règle consiste à substituer la ligne de départ par 4 lignes auxquelles on fait subir des transformations. Pour le dernier la règle consiste à substituer la ligne de départ par 7 lignes auxquelles on fait subir des transformations.



François Guéna 17 juin 2018 at 16 h 59 min dans **Exercice 6: Géométrie fractale – partie 1**  
Commentaires des exercices trop succincts.



François Guéna 17 juin 2018 at 16 h 57 min dans **Partie-1 ; Rendu 6, Géométrie fractale**.  
Bon travail. En effet un même objet fractal peut être produit par des programmes différents. La solution d'Arturo Tedeshi me paraît plus compliquée que celle proposée dans le cours qui n'utilise que des transformations affines mais c'est une très bonne chose d'aller rechercher par soi-même d'autres solutions.



François Guéna 17 juin 2018 at 16 h 45 min dans **Cours 6: Géométrie fractale – partie 1**  
Bon travail mais les dernières formes fractales générées semblent avoir quelques défauts.



François Guéna 17 juin 2018 at 16 h 42 min dans **Rendu 6, Géométrie fractale partie 1**  
Bon travail, des petites erreurs se sont sans doute glissées dans le dernier exercice mais comme vos images ne sont pas associées aux fichiers je ne peux pas les visualiser correctement.

2/11

24/7/2018

Cours 6: Géométrie fractale – partie 1 | Systèmes numériques de la conception digitale



Le temple de Kandariya-Mahadev en Inde  
Raj Rewal/Majandra Raj – Hall of Nations, New-Delhi



Grand Egyptian Museum at Giza



Fédération square at Melbourne



Aménagement fractal des cases dans un village en Zambie.

Une application à l'architecture sera étudiée en détail dans le cours suivant.

Dans ce premier cours nous allons apprendre à créer des courbes fractales.

## Principe de modélisation

Une façon de créer des objets fractal consiste à faire subir des similitudes à un motif de départ. Ces similitudes sont des transformations géométriques qui regroupent généralement homothéties et rotations. L'application de ces similitudes peut se représenter à l'aide d'une grammaire comportant un motif de départ et une ou plusieurs règles de substitution.

La partie gauche d'une règle décrit les éléments de la scène à transformer et la partie droite décrit la transformation à effectuer.

### Exemple 1: La courbe du crabe

<http://194.199.196.229/Po821/?p=17233>



François Guéna 17 juin 2018 at 16 h 38 min  
dans Rendu: Cours 7 Géométrie fractale – partie 2  
Dommage pour les premiers exercices non réussis. Il faut persévérer.



François Guéna 17 juin 2018 at 16 h 37 min  
dans Rendu 6 : Géométrie Fractale  
Des commentaires supplémentaires ne seraient pas de trop.



François Guéna 17 juin 2018 at 16 h 36 min  
dans Cours 5 Simulation physiques 1  
Le travail mériterait quelques commentaires supplémentaires.

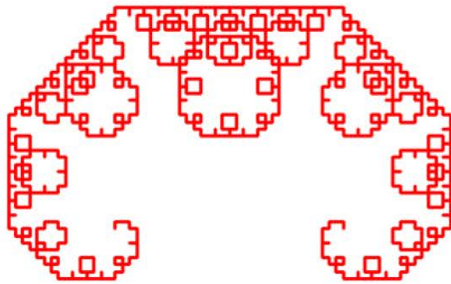


François Guéna 17 juin 2018 at 16 h 35 min  
dans Rendu 7 / Géométrie fractale 2  
Bon travail, expérimentations bien commentées.



24/7/2018

Cours 6: Géométrie fractale – partie 1 | Systèmes numériques de la conception digitale



Pour générer le crabe fractal présenté ci-dessus on peut utiliser la grammaire suivante:

**axiome:** Un segment de droite D dont l'origine est S et l'extrémité E

**règle de substitution :**



La transformation consiste à appliquer à la ligne 2 similitudes de rapport Racine de 2 / 2 et d'angle  $\pi/4$  et  $-\pi/4$  centrées sur S pour l'une et sur E pour l'autre.

**premières étapes du processus:**

Les 4 premières applications successives de la règle de substitution.



Y

## Programmation avec Grasshopper

**Etape 1:** Créer un segment de droite dans l'espace géométrique de Rhino. Activer grasshopper et placer un paramètre Curve (Param/Curve) et lui associer la ligne tracée dans Rhino (Bouton droit de la souris et cliquez sur Set One Line).

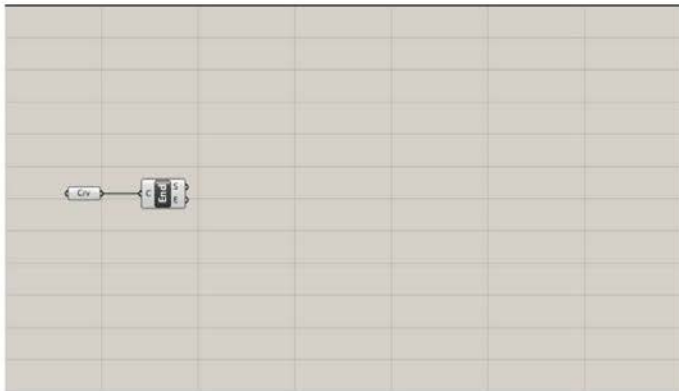


Ajouter un composant EndPoints (Curve/Analysis/Endpoints) afin de récupérer les coordonnées de l'origine (sortie S) et de l'extrémité (Sortie E) de la ligne. Ces points seront les centre d'homothétie et de rotation pour appliquer les similitudes.

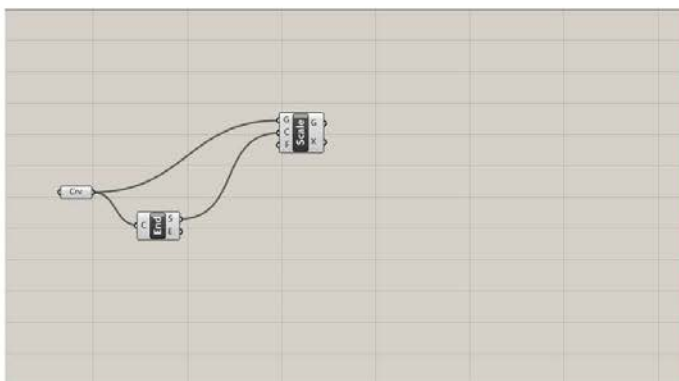


24/7/2018

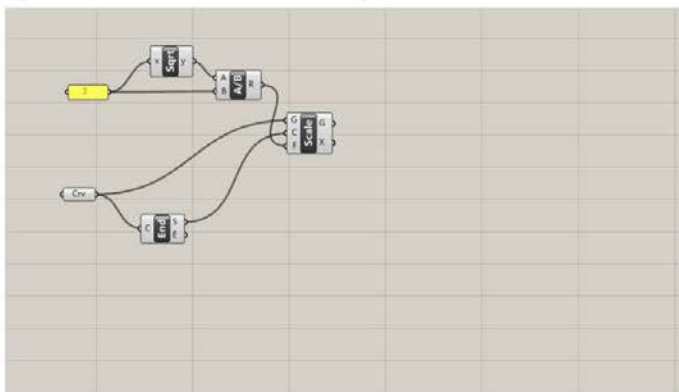
Cours 6: Géométrie fractale – partie 1 | Systèmes numériques de la conception digitale



**Etape 2:** Placer un composant Scale (Transform/Aligne/Scale) pour appliquer à la ligne une transformation homothétique de centre S (origine de la ligne) et de rapport racine de 2 sur 2.



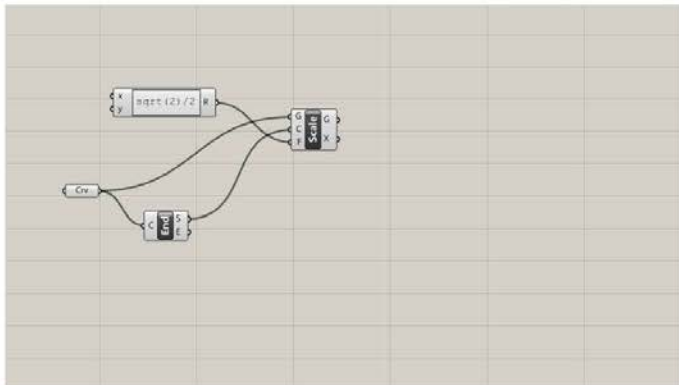
**Etape 3:** Pour calculer Racine de 2 sur 2 placer un composant Panel (Params/Input/Panel). Inscrite le chiffre 2 sans appliquer le retour à la ligne. Placer un composant SquareRoot (Maths/Polynomial/Square Root) et un composant Division (Maths/Operators/Division) et relier le Panel contenant 2 à l'entrée x de SquareRoot et à l'entrée B de Division. Relier la sortie y des SquareRoot à l'entrée A de Division. La sortie R de division produit le calcul de racine de 2 sur 2.



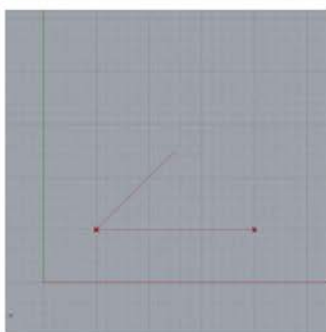
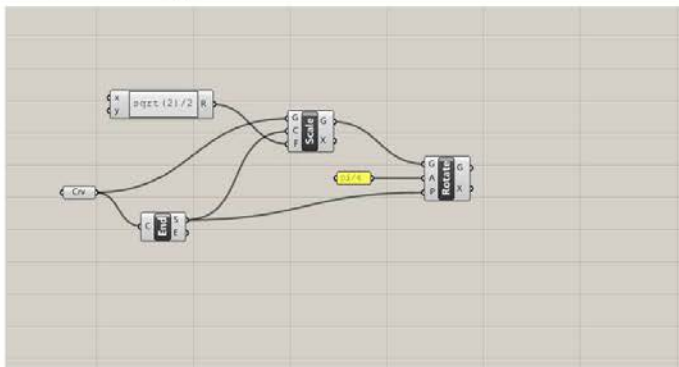
Une autre solution équivalente consiste à utiliser l'éditeur de fonction Expression (Maths/Script/Expression) et d'inscrire l'expression suivante:  $\sqrt{2}/2$ . La sortie R produira le résultat de l'expression.

24/7/2018

Cours 6: Géométrie fractale – partie 1 | Systèmes numériques de la conception digitale



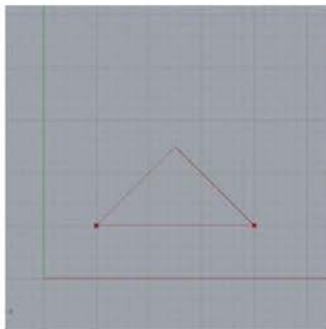
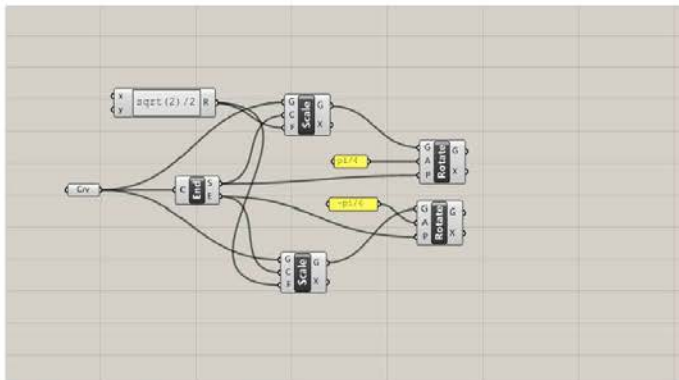
**Etape 4:** Placer un composant Rotation (Transform/Euclidian/Rotate) pour appliquer à la ligne une rotation de centre S et d'angle  $\pi/4$



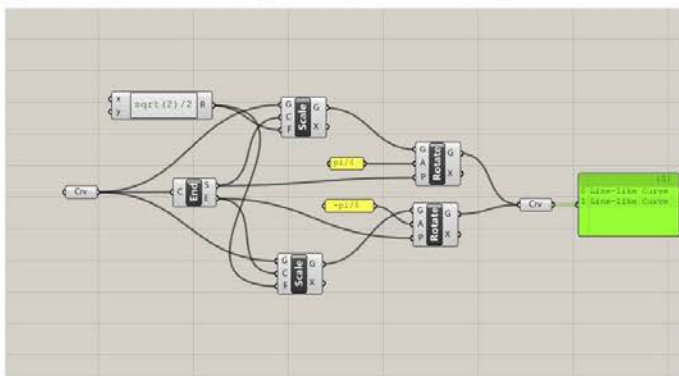
**Etape 5:** Placer un composant Scale (Transform/Affine/Scale) pour appliquer à la ligne une transformation homothétique de centre E (extrémité de la ligne) et de rapport racine de 2 sur 2. Placer un composant Rotation (Transform/Euclidian/Rotate) pour appliquer à la ligne une rotation de centre E et d'angle  $-\pi/4$

24/7/2018

Cours 6: Géométrie fractale – partie 1 | Systèmes numériques de la conception digitale



Placer un composant Curve (Params/Curve) et y joindre les deux sorties G des deux composant Rotate. L'ajout d'un composant Panel (Params/Input/Panel) indique le contenu du composant Curve de sortie, c'est-à-dire les deux lignes générées par l'application des deux similitudes. Ce graphe décrit la règle de substitution de la grammaire de génération du crabe fractal.



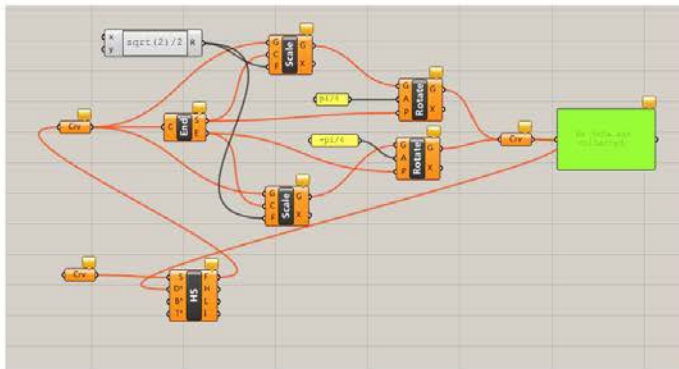
**Etape 6:** Le principe consiste donc maintenant à trouver le moyen d'appliquer cette règle aux deux lignes générées. Une solution serait de dupliquer tous le programme et de l'ajouter derrière la sortie Curve. Il faudrait donc ajouter bout à bout autant de fois le programme de la règle qu'on veut de son application. Le mieux serait de renvoyer un fil vers l'entrée Curve de manière à réappliquer récursivement le programme. Le problème est que les graphes de modélisation paramétrique sont normalement acyclique. C'est à dire qu'une sortie d'un graphe ne peut pas être renvoyée vers l'entrée du même graphe. C'est le cas par défaut pour Grasshopper.

Toutefois il existe des plugins de Grasshopper qui permettent de contrôler une application récursive et ainsi de créer des graphes comportant des cycles.

**Etape 7:** Télécharger le plugin [HoopSnake](#) et déplacer le fichier [HoopSnake.gha](#) dans la fenêtre de Grasshopper. Cela aura pour effet de créer un nouveau menu à droite nommé Extra qui contient le composant HoopSnake. Placer un nouveau paramètre Curve (Params/Curve) et placer le composant HoopSnake comme indiqué ci-dessous.

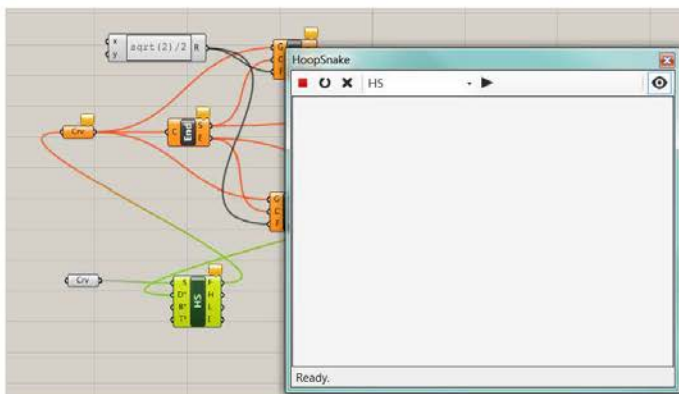
24/7/2018

Cours 6: Géométrie fractale – partie 1 | Systèmes numériques de la conception digitale

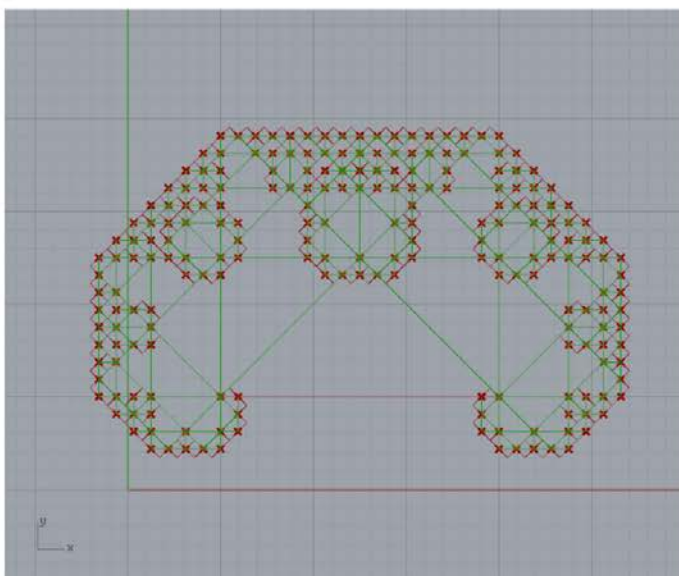


Associer la ligne de départ à ce paramètre Curve (Bouton droit de la souris + Set One Curve).

Double-cliquez sur le composant HoopSnake. Une fenêtre doit alors apparaître à l'écran.



Cliquer en haut de cette fenêtre sur le triangle noir. A chaque fois qu'on clique un nouveau traitement récuratif de la règle est effectué. Cliquez plusieurs fois pour voir apparaître les étapes du processus.



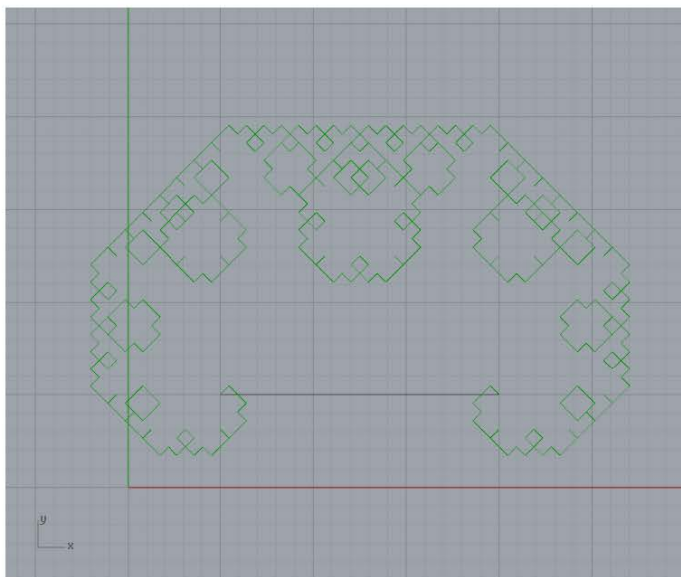
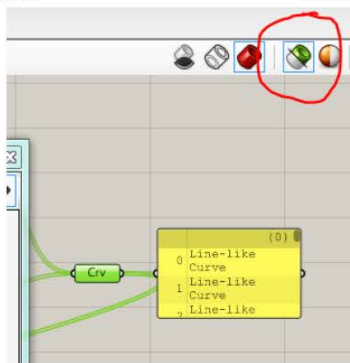
Pour voir apparaître uniquement la courbe du crabe cliquez sur le composant Curve de sortie de la règle de substitution qui doit prendre la couleur verte et sélectionner le type de visualisation ne permettant d'afficher que la sortie du composant sélectionné (icone représentant un cylindre vert).

<http://194.199.196.229/Po821/?p=17233>

8/11

24/7/2018

Cours 6: Géométrie fractale – partie 1 | Systèmes numériques de la conception digitale



### Exemple 2: La courbe du dragon

La grammaire de la courbe du dragon est pratiquement identique à celle du crabe. Il faut simplement inverser le sens de la deuxième ligne générée par la transformation.

**axiome:** Un segment de droite D dont l'origine est S et l'extrémité E

**règle de substitution :**



La transformation consiste à appliquer à la ligne 2 similitudes de rapport Racine de 2 / 2 et d'angle  $\pi/4$  et  $-\pi/4$  centrées sur S pour l'une et sur E pour l'autre puis d'inverser le deuxième ligne générée.

**premières étapes du processus:**

Les 4 premières applications successives de la règle de substitution.

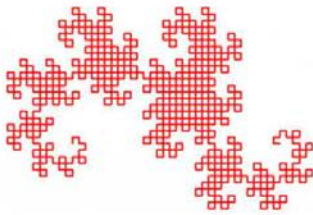
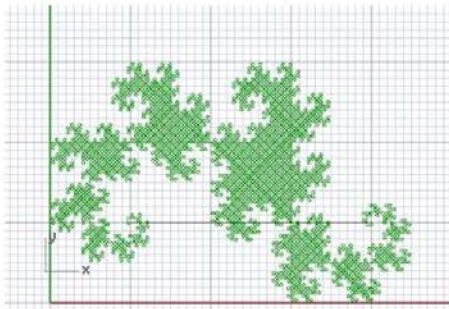


La courbe générée après 10 applications de la règle.

<http://194.199.196.229/Po821/?p=17233>

9/11

Cours 6: Géométrie fractale – partie 1 | Systèmes numériques de la conception digitale

[illegible]

Il s'agit de développer avec Grasshopper les programmes produisant les courbes suivantes.

Pour la règle de substitutions il y a 3 transformations à appliquer.

- 1) Une homothétie centrée sur l'origine de rapport 1/2 et une rotation d'angle  $\pi/3$  suivi d'une inversion de sens
- 2) Une homothétie centrée sur l'origine de rapport 1/2 avec une translation de vecteur construit à partir de l'origine de la ligne jusqu'à l'origine de la ligne générée en 1)
- 3) Une homothétie centrée sur l'extrémité de rapport 1/2 et une rotation d'angle  $-\pi/3$  suivi d'une inversion de sens.



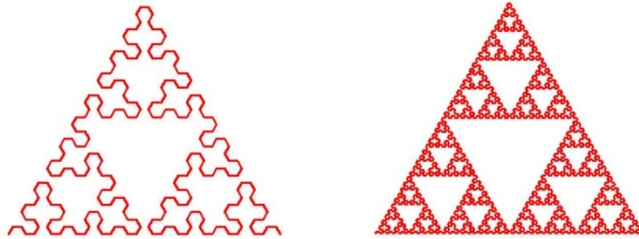
Les 4 premières applications de la règle.



24/7/2018

Cours 6: Géométrie fractale – partie 1 | Systèmes numériques de la conception digitale

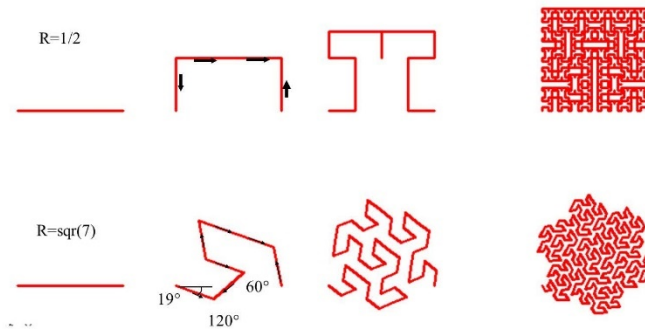
La courbe après 5 et 7 applications de la règle



Fichier Grasshopper de cette courbe triangle de sierpinsky: [courbe-triangle-sierpinsky.gh](#)

#### Deux autres courbes

R est le rapport d'homothétie.



#### Créer d'autres courbes fractales

Vous pouvez consulter le site web suivant.

<https://www.mathcurve.com/fractals/fractals.shtml>

[Previous post](#)  
course5 : Simulations physiques 1

[Next post](#)  
Cours 7: Géométrie fractale - partie 2

#### Déposez un commentaire

Logged in as Nikoleta Savvidou. Log out »

Submit

Systèmes numériques de la conception digitale - 2018/2019  
Powered by WordPress

Designed by WPSHOWER







ERISA paris la villette

la villette

ERISA paris la villette

Informatique ENSAPLV

Informatique à l'ENSAPLV

paris-lavillette.archi.fr/informatique/etudiant/dashboard\_modelisation\_parametrique/

paris-lavillette.archi.fr/informatique/etudiant/dashboard\_modelisation\_parametrique/

5


Discussion

2


Notifications

Espace personnel

Modélisation paramétrique sur  
Rhinceros et Grasshopper



Rhinceros  
NURBS modeling for Windows



grasshopper

+

Objectifs du cours :

Ce cours de projet a pour objectif de présenter divers systèmes numériques d'assistance possible à la conception architecturale.

Contenu du cours :

Présentation de différentes techniques de modélisation et d'évaluation du projet en vue d'assister sa conception: modélisation paramétrique (Rhinceros + Grasshopper), systèmes de particules, surfaces de subdivision, systèmes multi-agents, form-finding (Kangaroo), etc.

Surfaces de subdivision

100%

Systèmes de particules

100%

Modélisation paramétrique et champ de forces

100%

Systèmes multi-agents

100%

Simulations physiques

100%

Géométrie fractale - partie 1

5%

Géométrie fractale - partie 2

0%

Automates cellulaires - partie 1










0%

Automates cellulaires - partie 2

0%

Recherche...

Badges obtenus pour ce cours



Objectifs pour aujourd'hui

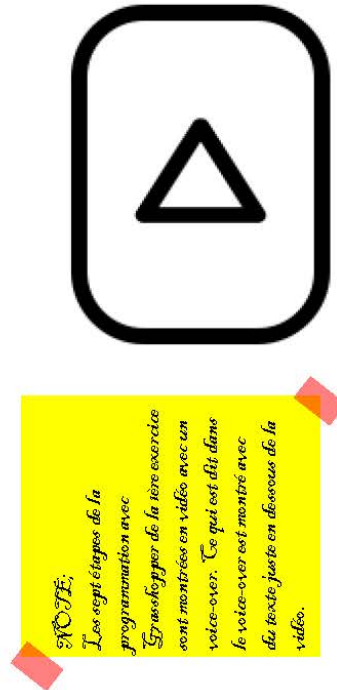
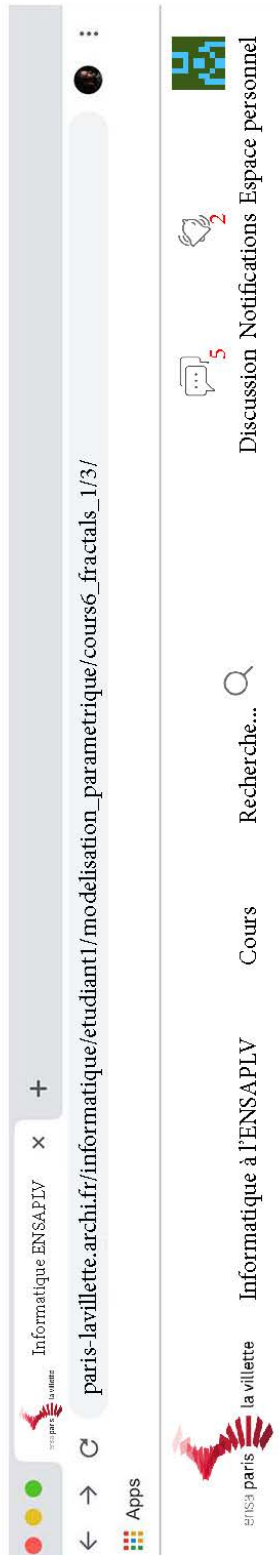
100%

30/20 minutes pour aujourd'hui

Vers la fin du cours !



103



Etape 1:

Créer un segment de droite dans l'espace géométrique de Rhino. Activer grasshopper et placer un paramètre Curve (Param/ Curve) et lui associer la ligne tracée dans Rhino (Bouton droit de la souris et cliquez sur Set One Line)...





