

# Actes de colloque



Recherche, Développement et Innovation  
pour le monde de demain.



## 5<sup>ème</sup> Journée des Chercheurs en Haute École

28 novembre 2019 - Ath

**Éditrice responsable :** Sabine DOSSA

**Comité éditorial :** Michele BUSCEMI, Marie-Catherine MICHAUX,  
Catherine BOLLY, Louise GONDA



## Mentions légales

Les textes repris dans ces Actes ont été présentés le 28 novembre 2019 lors de la Journée des Chercheurs en Haute École. L'édition de ces textes est destinée à être accessible en ligne, et à être archivée en Open Access, dans la mesure du possible.

Il est garanti à quiconque le droit de lire, citer, télécharger et imprimer, tout ou partie de ce document, et cela au moyen de tout support, actuellement connu. Cette autorisation ne vaut que dans le strict cadre d'une utilisation non commerciale du présent document, ou des œuvres qu'il contient. Cette autorisation n'implique le transfert d'aucun autre droit de la part de l'éditeur, ou des auteur.es au profit des lecteur.rices de ces Actes. Les auteur.es sont ainsi les seul.es à pouvoir accorder plus de droits sur leur écrit respectif, que les droits repris au présent paragraphe.

Il est également rappelé que tout.e auteur.e a droit à l'intégrité de son œuvre, à la reconnaissance de sa paternité sur celle-ci, et au respect de tout autre droit moral en lien avec son œuvre. Les lecteur.rices de ces Actes sont tenu.es de respecter les dispositions relatives à la propriété intellectuelle, telles qu'elles sont définies par la législation belge en la matière.

L'éditeur n'a procédé à aucune modification de fond du contenu des Actes. Par conséquent, il n'est pas responsable des erreurs de fond, éventuellement commises par les auteur.es dans leur texte.

Pour toute demande de renseignements à propos de l'édition de ces Actes, les lecteur.rices sont invité.es à prendre contact avec l'ASBL SynHERA, responsable de l'édition, à l'adresse suivante :

ASBL SYNHERA  
Rue des pieds d'Alouette, 39  
5100 Naninne  
Mail : [jdche@synhera.be](mailto:jdche@synhera.be)

ISSN : 2736-3929

URL : <https://luc.k.synhera.be/handle/123456789/422>

Dépôt légal : [www.depotlegal.be](http://www.depotlegal.be) (KBR)

Doi : 10.5281/zenodo.4275644

Pour citer un article issu de ce recueil :

Nom, Initiale du prénom. (2020). Titre de l'article. Dans Sabine Dossa, Michele Buscemi, Marie-Catherine Michaux, Catherine Bolly, Louise Gonda (éds.). *Actes de Colloque de la 5<sup>ème</sup> Journée des Chercheurs en Haute École*, Ath, 28 novembre 2019, numéros des pages, doi : 10.5281/zenodo.4275644.

## Préface

Pour la quatrième année consécutive, SynHERA a organisé le 19 novembre 2019 la Journée des Chercheurs en Haute École, véritable vitrine pour les travaux de recherche appliquée des 19 Hautes Écoles et 10 Centres de Recherche associés de la Fédération Wallonie-Bruxelles (FWB). Avec ses 30 présentations orales, 31 posters et démonstrations et 165 participants, la Journée des Chercheurs en Haute École rencontre un succès grandissant.

Le thème de cette Journée était « Recherche, développement et innovation pour le monde de demain », thème éminemment actuel en cette heure de grands défis sociétaux, sanitaires, climatiques et technologiques. Au travers de leur mission de recherche – assignée par Décret de la FWB – les Hautes Écoles et Centres de Recherche associés contribuent à relever ces défis dans des domaines tels que la pédagogie, l'économie, les sciences technologiques, les arts appliqués, les sciences sociales, l'agronomie ou encore les sciences paramédicales.

La session plénière assurée par la Fondation pour les Générations Futures (FGF) lors de cette Journée a ainsi pris tout son sens. En effet, la recherche, le développement et l'innovation contribuent à transmettre un monde plus soutenable, durable, humain aux générations de demain. En outre, la FGF promeut une vision et une réflexion à 360 degrés, clés nécessaires afin de relever les défis de notre société. Via leur ancrage dans le monde de l'enseignement d'une part, et dans les réalités de terrain et le monde socio-économique d'autre part, les travaux des Hautes Écoles et Centres de Recherche associés sont dans la lignée de cette vision multifacette.

Pour la première fois, la Journée des Chercheurs en Haute École se clôture par la publication d'Actes de Colloque (neuf contributions). Les sujets de recherche répertoriés couvrent l'utilisation de l'intelligence artificielle au service de la construction, le développement de nouveaux composites, les technologies de géolocalisation, l'optimisation des mouvements, le choix d'équipements adaptés en sport ou encore des réflexions sur des méthodes d'apprentissage, des pratiques alternatives, ou le développement de l'esprit critique des futurs professionnels.

Cette publication est un pas de plus dans le processus de rayonnement de la recherche appliquée des 29 institutions constituant le réseau SynHERA.

Le Comité Éditorial tient à remercier les chercheur.euses ayant rendu possible la publication de ces Actes malgré les circonstances particulières de la crise sanitaire de la COVID-19 qui a fortement impacté le quotidien des enseignant.es et chercheur.euses du réseau.

Agréable lecture,

Sabine DOSSA

Directrice de SynHERA

## Remerciements

Nous remercions la Haute École Provinciale du Hainaut-Condorcet (HEPH) d'avoir accueilli la 5<sup>ème</sup> Journée des Chercheurs en Haute École sur son site d'Ath. Sans le soutien et l'aide de Pascal Lambert, (Directeur-Président de la HEPH-Condorcet), Thierry Marique (Directeur du Service Recherche Appliquée à la HEPH-Condorcet), Déborah Lanterbecq (Coordinatrice Scientifique du Service Recherche Appliquée de la HEPH-Condorcet) et leurs collègues, cette journée n'aurait pu avoir lieu.

Merci également aux enseignant.es-chercheur.euses qui, de plus en plus nombreux.ses, participent à cette journée scientifique et contribuent à en faire un réel succès.

Nous remercions les auteur.es des articles de ces premiers Actes de Colloque qui, malgré les circonstances particulières ont franchi toutes les étapes de soumission et de révision de leurs contributions. Chaque article a été relu et commenté en double aveugle. Nous remercions donc vivement les expert.es issu.es de Belgique et de l'étranger qui, par leur critique constructive, ont permis aux auteur.es de faire évoluer leurs contributions et leur réflexion.

Enfin, nos remerciements vont aux organismes de subvention (le Fonds Social Européen (FSE), la Région de Bruxelles-Capitale et la Wallonie) pour avoir contribué à financer cette journée, donnant ainsi à SynHERA les moyens de constituer une journée de référence pour tou.te.s les chercheur.euses des Hautes Écoles et Centres de recherche associés de la FWB.

## Comité organisateur

BUSCEMI, Michele  
LANTERBECQ, Déborah  
LAZZARO, Nathalie  
MICHAUX, Marie-Catherine

## Comité éditorial

DOSSA, Sabine (éditrice responsable)  
BUSCEMI, Michele  
MICHAUX, Marie-Catherine  
BOLLY, Catherine  
GONDA, Louise

## Table des matières

<u>FIRST HE GEODEEP : Développement d'un système de géolocalisation de transport ferroviaire basé sur le Deep Learning</u>	
<i>Fiévez Dylan, Baclin Laurence, Jójczyk Laurent, Dumortier Maxime, Eggermont Stéphanie</i>	1
<u>Development of a Genetic Algorithm for Optimal Distribution of Materials in Hybrid Components</u>	
<i>Gossuin Thomas, Garray Didier, Kelner Vincent</i>	11
<u>Construire ou rénover de manière efficiente grâce à la maquette numérique des projets de construction</u>	
<i>Miaffo W. Jean Terence, Wissam Anass</i>	22
<u>Éducation libérale et pratiques du soin</u>	
<i>Coppens François</i>	32
<u>Recensement des habitudes et pathologies rencontrées chez les coureurs à pied en fonction du type de chaussures utilisées</u>	
<i>Scohier Mikael, Voogd Isabelle</i>	41
<u>Effet d'un entraînement spécifique de la « position trophée » et de la présentation de balle sur la gestuelle, la vitesse et la précision du service au tennis chez des enfants en période d'apprentissage</u>	
<i>Tubez François, Forthomme Bénédicte, Piérard Maud, Gelhausen Marc, Van Belle Astrid, Croisier Jean-Louis, Schwartz Cédric</i>	52
<u>WAKE UP – Réveiller le potentiel dormant de nos apprenants</u>	
<i>Frenkel Stéphanie</i>	61
<u>Esprit criTICs</u>	
<i>Pinon Nicolas</i>	74
<u>Driller le vocabulaire : utilisation de tests sur la plateforme MOODLE et impact sur la production écrite des étudiants</u>	
<i>Plomteux Brigitte</i>	86

# FIRST HE GEODEEP : Développement d'un système de géolocalisation de transport ferroviaire basé sur le Deep Learning

*FIÉVEZ Dylan, BACLIN Laurence, JOJCZYK Laurent, DUMORTIER Maxime, EGGERMONT Stéphanie*

*CeREF Technique*

[dylan.fievez@cerisic.be](mailto:dylan.fievez@cerisic.be), [baclinl@helha.be](mailto:baclinl@helha.be), [jojczyk@helha.be](mailto:jojczyk@helha.be), [dumortierm@helha.be](mailto:dumortierm@helha.be),  
[eggermonts@helha.be](mailto:eggermonts@helha.be)

## Résumé

Le contexte de la recherche est la géolocalisation fiable d'objets dans des applications critiques, que ce soit dans le cadre de personnes dans des zones de haute sécurité, des véhicules autonomes sur nos routes ou plus simplement d'équipes de maintenance sur des pistes d'aéroports. De plus en plus d'applications demandent une connaissance exacte et sûre de la localisation de l'objet auquel elles sont associées, plus précisément, le projet FIRST Haute École (HE) GEODEEP vise l'environnement ferroviaire. Le positionnement en cours de développement voudrait utiliser les signaux provenant des satellites disponibles autour du train : plus le nombre de satellites est élevé, plus précis sera le système. La précision est également améliorée par l'hybridation d'autres informations telles que des capteurs inertiels placés dans le train et des signaux de balises placés sur le parcours du train à des endroits connus. La technique d'hybridation utilise une solution classique : un filtre de Kalman sur base des mesures de position GNSS, de la vitesse et de l'accélération du train. Malheureusement dans des environnements confinés, en l'absence de l'information de position GNSS, la précision de positionnement diminue drastiquement, à cause de la dérive de la centrale inertielle.

**Mots-clés :** *Deep Learning, Global Navigation Satellite System*, intelligence artificielle, localisation, train

## 1 Introduction

Connaître la position de chaque train est impératif pour coordonner le réseau ferroviaire et assurer la sécurité de chaque transporteur, que ce soit pour le transport de marchandises ou de personnes. Actuellement, il existe différentes méthodes permettant de déterminer les déplacements d'un train :

1. Les systèmes de géolocalisation par satellites ou *Global Navigation Satellite System* (GNSS) ;
2. Les capteurs inertiels tels que l'accéléromètre, l'odomètre... ;
3. Les balises de positionnement placés sur les rails de chemins de fer.

Le projet FIRST HE GEODEEP vise à intégrer de l'intelligence artificielle (IA), et plus spécifiquement du *deep learning* ('apprentissage profond', DL) aux techniques existantes afin d'améliorer la localisation des transports ferroviaires.

### 1.1 Global Navigation Satellite System (GNSS)

Les systèmes de géolocalisation par satellites, ou GNSS, tels que le GPS ou Galileo, permettent à un récepteur de déterminer sa propre position. En connaissant la position de chaque satellite dans le ciel et la distance le séparant de chacun de ces satellites, un récepteur peut déterminer sa propre position par trilatération. L'avantage d'utiliser les GNSS pour localiser un train est qu'avec seulement un récepteur GNSS, il est possible de déterminer sa position à peu près partout sur le réseau ferroviaire. Et ce, avec une grande précision (de l'ordre du mètre) lorsque les conditions d'utilisation lui sont favorables.

La limite des GNSS est que leur bon fonctionnement dépend de plusieurs facteurs :

- **Le nombre de satellites visibles par le récepteur** : un récepteur a besoin d'au moins 4 satellites visibles (2011) pour pouvoir déterminer sa position. Plus le nombre de satellites visibles est élevé, plus la position déterminée est proche de la position réelle de l'objet, et inversement ;
- **L'environnement dans lequel évolue le train** : l'environnement peut influencer sur la qualité du positionnement de plusieurs manières. Soit, en obstruant la « vue » d'un récepteur, et donc limiter le nombre de satellites visibles (Figure 1, (a)). Il peut également, en plus d'obstruer la visibilité d'un satellite, dévier le signal de ce dernier le rendant « visible » (Figure 1, (b)). Dans ce cas-ci, le satellite influence négativement la précision du positionnement ;

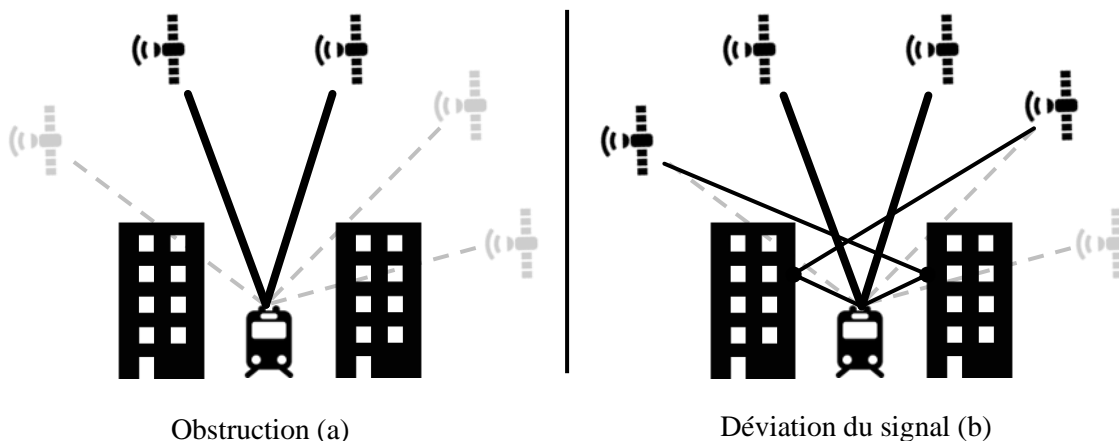


Figure 1. Schéma des perturbations provoquées par l'environnement

- **Les conditions météorologiques** : les signaux provenant des satellites subissent différentes perturbations qui sont dépendantes des conditions météorologiques, du moment de la journée...

## 1.2 Balises de positionnement

Il existe deux types de balises (*FFFIS for Eurobalise*, 2007) : les balises dites « fixes », dont les informations transmises ne peuvent être modifiées que par une reconfiguration de la balise, et les balises dites « transparentes », reliées à une unité de commande *Lineside Electronic Unit* ('unité électronique en bord de ligne', LEU), qui donne à la balise l'information à transmettre au train, une information dynamique comme l'état d'un feu.

Parmi les informations que peut transmettre une balise, il y a la position de cette dernière. Cette position a été préalablement déterminée avec une précision de  $\pm 1$  m (*FFFIS for Eurobalise*, 2007). Lorsqu'un train passe au-dessus d'une balise (Figure 2, (a) (b)), il l'active et elle peut alors lui communiquer sa position. La position du train devient la position de la balise (Figure 2, (c)).

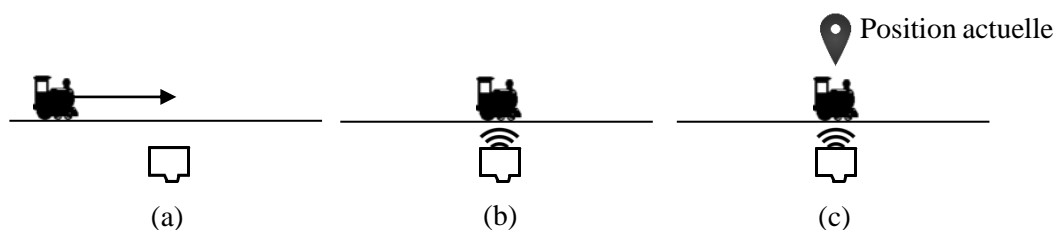


Figure 2. Schéma de localisation d'un train à l'aide d'une balise

L'avantage de l'utilisation des balises pour le positionnement des trains est que l'information transmise est fiable : la position de la balise n'évolue pas au cours du temps et la balise est prévue pour être capable de transmettre ses informations quelles que soient les conditions environnementales.

La limite de la localisation d'un train par cette méthode est que la position que l'on reçoit est une information ponctuelle que l'on ne peut avoir qu'au niveau d'une balise. Lorsqu'un train ne se trouve



pas au-dessus de l'une d'elles, il devient impossible de déterminer la position d'un train. Pour assurer le positionnement d'un train sur l'ensemble d'un trajet, il faudrait que le réseau ferroviaire ait un grand nombre de balises installées. Cela représente un investissement énorme en termes d'argent et de temps pour l'installation et l'entretien des balises.

### 1.3 Capteurs Inertiels

Il existe différents capteurs inertiels comme les accéléromètres qui mesurent l'accélération, les gyromètres qui mesurent la vitesse angulaire ou encore les odomètres qui mesurent la distance parcourue. Chacun de ces capteurs caractérise la cinématique de l'objet auquel il est associé. Ils permettent de connaître les mouvements et déplacements effectués par l'objet (Figure 3, (a)).

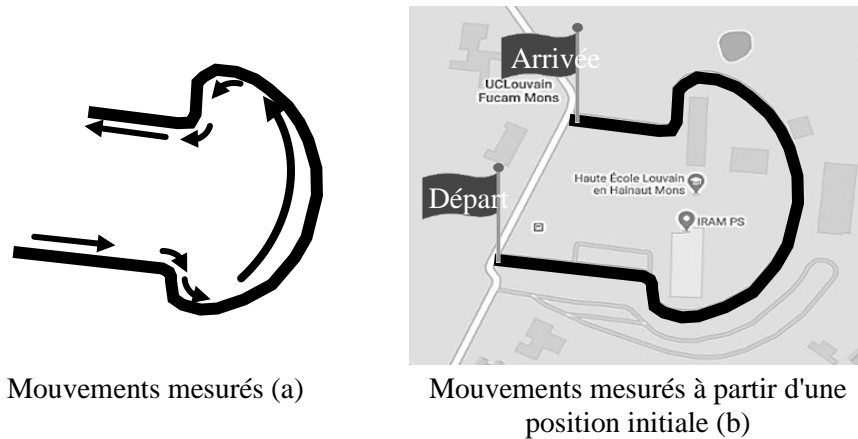


Figure 3. Exemple de déplacements déterminés par les capteurs inertiels

Cependant, connaître les mouvements que le train effectue n'est pas suffisant pour déterminer sa position actuelle. Il faut calculer une première position qui servira de point de départ à partir duquel les mouvements ont été effectués (Figure 3, (b)). De plus, les capteurs inertiels présentent une dérive sur la mesure qui va s'accumuler au cours du temps (Figure 4, (a)). Il faut donc régulièrement mettre à jour la position de référence afin de limiter l'impact de cette dérive sur la mesure (Figure 4, (b)).

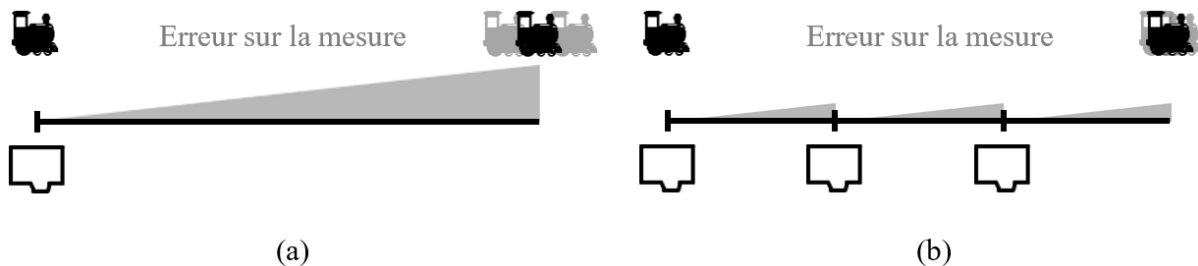


Figure 4. Influence de la dérive des capteurs inertiels sur un réseau à faible densité de balises (a), et un réseau à forte densité de balises (b)

### 1.4 Hybridation

Il est possible de combiner chacune des méthodes de positionnement (GNSS, capteurs inertiels et Eurobalise) à l'aide d'un filtre de Kalman afin de tirer le meilleur parti de chacun d'eux. Le problème du filtre de Kalman est qu'il se limite aux systèmes linéaires. Il ne peut pas gérer les non-linéarités qu'amène l'environnement comme l'apparition et la disparition d'obstacles.

Le projet FIRST HE GEODEEP voudrait remplacer le filtre de Kalman par un système plus dynamique qui tiendrait compte de plus d'éléments tels que les parcours antérieurs des trains, le suivi d'un flux vidéo du parcours... Afin de gérer ce plus grand volume de données, cette solution se baserait sur des techniques de DL intégrées sur une plateforme embarquée. En plus d'augmenter la précision, le second

avantage de cette solution serait sa capacité à détecter la présence d'interférence des signaux GNSS afin d'améliorer la garantie des signaux et donc la sécurité du système ferroviaire.

## 2 État de l'art

Le *Machine Learning* ('apprentissage machine', ML) représente « le domaine d'étude qui offre la capacité aux ordinateurs d'apprendre sans être explicitement programmé pour un tâche » (Samuel, 1959).

Le ML regroupe plusieurs méthodes d'apprentissage :

- **Apprentissage supervisé ou analyse discriminatoire**, dont l'objectif est de faire apprendre à la machine à réagir à différentes situations en la guidant lors de la phase d'entraînement. C'est-à-dire qu'en fonction des données que l'on va donner à la machine, nous allons également lui donner la réponse qu'elle est censée renvoyer. Une fois cette étape terminée, la machine doit être capable de prédire la réponse au problème soumis sans commettre d'erreur ;
- **Apprentissage non supervisé ou clustering**, les valeurs attendues ne sont plus fournies dans ce cas-ci. L'IA doit pouvoir trouver par elle-même les différents patrons qui caractérisent les données et les regrouper lorsque celles-ci présentent des caractéristiques semblables ;
- **Apprentissage par renforcement**, dans ce cas-ci il s'agira de faire apprendre à un agent à résoudre un problème par expérience. L'agent va tenter de résoudre un problème plusieurs fois et, par un système de récompenses positives et/ou négatives, il va adapter les actions qu'il choisit de faire en fonction de la situation afin d'optimiser au mieux la manière dont il va résoudre le problème.

Le *Deep Learning* ('apprentissage profond', DL) est un cas particulier de l'utilisation des réseaux de neurones (une technique de ML). Il s'inspire du fonctionnement du cerveau humain et son réseau de neurones, c'est-à-dire un réseau d'unités qui réalisent localement des tâches simples pour globalement réaliser des tâches plus complexes. Les réseaux de neurones appliqués dans un cas général de ML demandent l'extraction manuelle de caractéristiques propres à l'élément que l'on souhaite identifier. Dans le cas du DL, ces caractéristiques sont déterminées directement par le réseau de neurones. L'information que l'on souhaite extraire influera sur la structure du réseau de neurones.

Le DL permet deux grands types d'application :

- **La classification des données** (Figure 5) : regrouper les données en différentes catégories ;
- **La régression des données** (Figure 6) : calculer la courbe de régression des données.

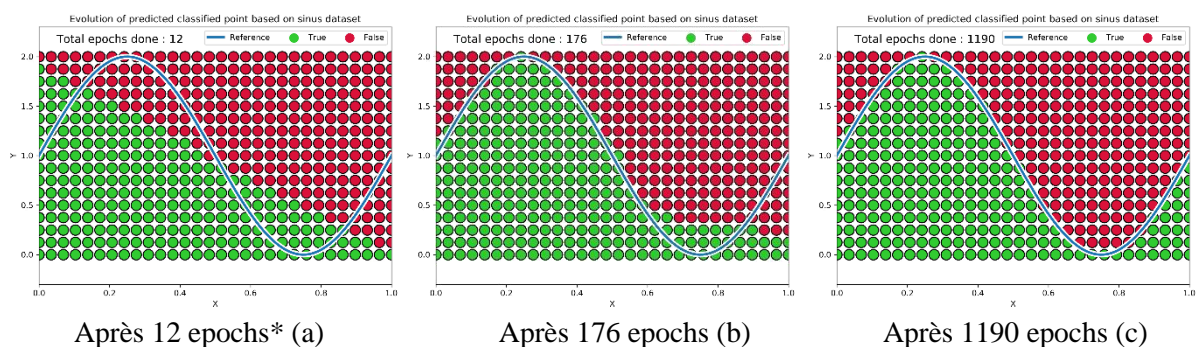


Figure 5. Classification de données selon leur position par rapport au sinus

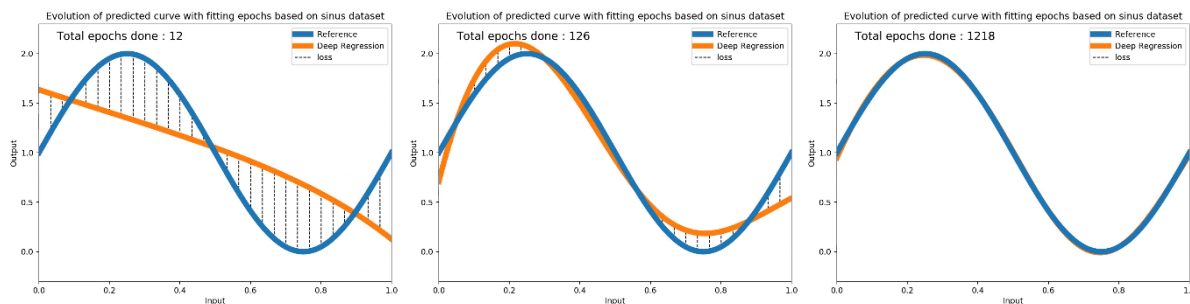


Figure 6. Régression de données dont la fonction est un sinus

(\*) Lors de la phase d'entraînement, le jeu de données peut être utilisé une, voire plusieurs fois pour adapter le réseau de neurones. Chacune de ces itérations correspond à un epoch.

Actuellement, il existe des recherches dans l'application de techniques basées sur le DL pour le positionnement. Différentes stratégies peuvent être envisagées pour ce type de recherche :

- **Une approche globale** qui consiste à remplacer une méthode existante de calcul de la position dans son entièreté par une méthode basée sur le DL ;
- **Une approche locale** qui vise à renforcer une méthode existante de calcul de la position en intégrant des méthodes de calcul basées sur le DL.

## 2.1 Approche globale

La première solution envisagée pour intégrer du DL à l'hybridation des flux de données est de remplacer le filtre de Kalman par un réseau de neurones réalisant la prédiction de la position directement en fonction des données qu'il reçoit. Pour pouvoir mettre en place un réseau de neurones capable de remplacer le filtre de Kalman dans sa fonction d'hybridation des données GNSS, inertielles et de balises il faudrait constituer une base de données conséquente. Il est plus envisageable de s'orienter vers une approche locale.

Le partenaire industriel du projet FIRST HE GEODEEP, M3 Systems Belgium, a précédemment travaillé sur la combinaison des différents flux de données via un filtre de Kalman dans le cadre du projet INOGRAMS (INOGRAMS - CETIC - Your connection to ICT research, s.d.) en partenariat avec le centre de recherche CETIC.

## 2.2 Approches locales

L'approche locale vise à renforcer une méthode existante permettant de positionner un objet. Parmi les techniques de positionnement employées dans la localisation de transport ferroviaire, chacune présente ses propres limites qui pourraient être compensées à l'aide du DL. Plusieurs études tendent à intégrer ce type de technologie.

Plusieurs travaux se sont penchés sur la problématique à l'aide de techniques de ML. Notamment, la classification des signaux GNSS selon que le signal reçu est un signal direct (*Line Of Sight*, LOS) ou un signal qui a vu sa trajectoire déviée par l'environnement (*Non Line Of Sight*, NLOS) (Groves, Jiang, Rudi, & Strode, 2013 ; Hsu, 2017 ; Suzuki, Nakano, & Amano, 2017). Une fois que cette information est déterminée, le filtre de Kalman peut alors la prendre en compte lors du calcul de la position.

D'autres recherches proposent d'intégrer une caméra afin de renforcer le positionnement en ajoutant une nouvelle source d'informations par l'image. Une caméra placée à l'avant du train peut détecter les voies de circulation (Berg, Öfjäll, Ahlberg, & Felsberg, 2015) et à partir de cette information déterminer sur quelle voie le train se trouve. Une autre application qui peut être envisagée est l'identification de certains éléments dans le paysage comme les panneaux de signalisation, les passages à niveau... Et en déterminant une position approximative du train, à l'aide du GPS notamment, et en connaissant la

position exacte de chaque élément de signalisation sur le réseau, une corrélation entre ces deux informations permettrait de mettre en place un système similaire aux balises de positionnement (Li, Nashashibi, & Toulminet, 2010).

Le GPS perdant en efficacité dans un milieu où il y a une forte densité d'obstacle comme les *urban canyons* ('canyon urbain' ; « voie urbaine dont l'encaissement entre des bâtiments provoque des difficultés en matière d'environnement ou de radiocommunication », 2015), une alternative à la solution précédente serait de placer une caméra *Fish Eye* ('œil de poisson') sur le toit du train. En étant pointée vers le ciel, l'image qu'elle renvoie peut servir à déterminer quelles zones du ciel sont obstruées par des obstacles ou non (Gakne & O'Keefe, 2020).

### 3 Méthodologie de l'étude de l'approche globale du positionnement

La première piste suivie par le projet FIRST HE GEODEEP est une approche globale visant à remplacer la technique de trilatération dans son ensemble par une méthode de calcul basée sur la régression par DL dans l'optique de mettre en place une méthode plus dynamique de trilatération. Comme pour l'exemple de la fonction sinus, l'objectif est de construire un réseau de neurones qui serait capable d'appliquer la fonction de trilatération sur les données collectées directement depuis un récepteur GNSS. La recherche a été effectuée en deux étapes :

- **Étude sur un cas simplifié** : positionnement d'un objet pouvant se trouver à différentes positions sur une même ligne ;
- **Étude sur cas théorique plus proche du cas réel** : positionnement d'un objet pouvant se trouver à la surface d'une ellipsoïde.

L'idée est d'augmenter progressivement la complexité des cas étudiés. Dans un premier temps, l'étude porte sur des cas théoriques parfaits (cas simplifié et cas théorique plus proche du cas réel). Par la suite, l'étude devrait inclure des facteurs pouvant perturber le signal reçu comme les conditions météorologiques...

#### 3.1 Étude sur un cas simplifié

Le cas simplifié est le positionnement d'un objet placé sur une ligne et pouvant se trouver à différentes positions sur cette ligne. Ce cas a été choisi afin de travailler sur un cas présentant une complexité moins élevée que le cas théorique du positionnement d'un objet à la surface de la Terre (une ellipsoïde). Il s'agit de déterminer la coordonnée inconnue ( $x_i$ ) d'un objet à partir des coordonnées ( $x_o, y_o$ ) de deux objets dont la position est connue et de la distance  $|obj_{inc}, obj_{connu}|$  séparant chaque objet dont la position est connue de l'objet dont la position est inconnue.

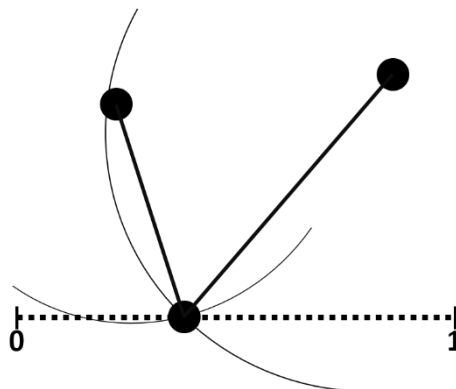


Figure 7. Schéma du cas simplifié

### 3.1.1 Données utilisées pour l'entraînement

Les données utilisées sont générées sans ajout de bruit blanc ou autres sources d'erreurs éventuelles. Les données sont donc parfaites. Les positions des objets connus sont des valeurs aléatoires générées dans une zone limitée par un angle entre  $[15^\circ ; 165^\circ]$  par rapport au centre du segment. Les positions à déterminer via DL sont également à générer à l'avance pour la phase d'entraînement et validation du modèle, ce sont des positions aléatoires se trouvant sur la ligne. Enfin, les distances entre les objets connus et l'objet inconnu sont calculées à partir des positions de chacun via Pythagore.

### 3.1.2 Description des modèles générés

Par facilité de mise en œuvre, la procédure suivie est de créer un maximum de réseaux de neurones afin d'identifier l'architecture de base du réseau de neurones permettant de résoudre au mieux le problème. La construction du réseau de neurones se fait par génération procédurale en fonction :

- Du nombre de couche(s) souhaité(s) :
  - De 1 à 5 couche(s) pour les deux cas théoriques étudiés ;
- Du nombre d'unités par couche :
  - De 2 à 20 unités par couche pour le cas simplifié ;
  - De 16 à 512 unités par couche pour le cas théorique proche du cas réel ;
- De la fonction d'activation à la fin de chaque couche :
  - *ELU*, *RELU*, *SELU*, *Linear*, *Exponential*, *Softplus* pour les deux cas théoriques étudiés.

## 3.2 Étude sur un cas théorique plus proche du cas réel

Le cas théorique proche du cas réel (Figure 8) est le positionnement d'un objet situé à la surface d'une ellipsoïde présentant les mêmes caractéristiques de forme que la Terre (*World Geodetic System 1984* (WGS84), 2018).

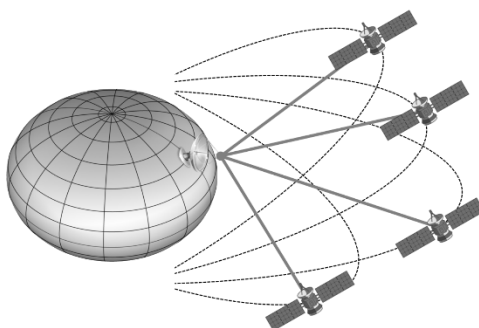


Figure 8. Schéma de principe du cas théorique plus proche du cas réel

### 3.2.1 Données utilisées pour l'entraînement

Dans ce cas d'étude, les données fournies au réseau de neurones sont les coordonnées  $(x_{o_i}; y_{o_i}; z_{o_i})$  de 4 objets dont la position est connue, ainsi que la distance séparant chaque objet connu de l'objet dont la position est inconnue. L'objectif est de déterminer les coordonnées  $(x_i; y_i; z_i)$  de l'objet dont la position est inconnue. Les données sont générées selon la même méthode que pour l'Étude sur un cas simplifié.

### 3.2.2 Description des modèles générés

Le modèle utilisé pour ce cas d'étude se base sur le modèle présentant les meilleurs résultats lors de l'étude précédente (3.1). Le modèle est construit sous la forme de trois réseaux de neurones distincts (*Artificial Neural Network* ou réseau de neurones artificiels, ANN), chacun permettant le calcul d'une coordonnée (X, Y ou Z) par régression. Ceci permettant à chacune de ces coordonnées de pouvoir être déterminée sans être influencée par le calcul d'une autre coordonnée.

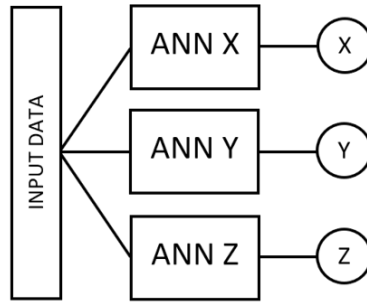


Figure 9. Structure schématique du réseau de neurones utilisés pour le cas Étude sur un cas théorique plus proche du réel

## 4 Résultats

Lors de cette étude, un grand nombre de réseaux de neurones ont été générés, seuls les résultats du réseau de neurones le plus performant sont montrés. Étant donné la méthodologie employée (génération procédurale de réseaux de neurones), il n'est pas nécessaire de dévoiler l'ensemble des résultats car un grand nombre d'entre eux ne sont pas exploitables. La performance des réseaux de neurones est évaluée par rapport à la valeur de *loss* ('perte'), c'est-à-dire l'écart quadratique moyen entre la valeur prédite et la valeur réelle attendue.

### 4.1 Étude sur un cas simplifié

Seuls les résultats du meilleur modèle identifié sont présentés dans cette partie, le meilleur modèle étant sélectionné selon la valeur de plus faible de *loss* ('perte'). Ce modèle a une valeur de *loss* ('perte') de  $7,961 e^{-3}$ .

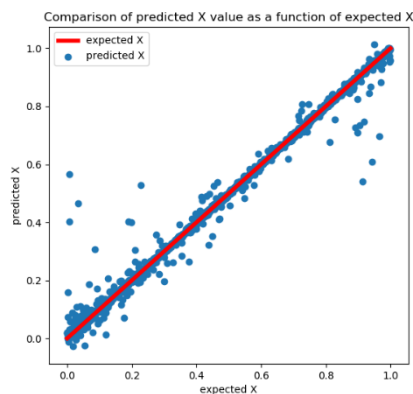


Figure 10. Comparaison de la valeur de prédiction obtenue (*predicted X*) en fonction de la prédiction attendue (*expected X*). Cette figure représente la sortie obtenue sous la forme d'une fonction  $expected_x = f(predicted_x)$

La Figure 10 montre les valeurs prédites par le réseau de neurones en fonction des valeurs de prédiction attendues. Un réseau de neurones ayant 100% de précision dans la prédiction verrait l'ensemble de ses points se trouver sur la ligne de référence (ligne rouge sur la Figure 10). Cette ligne de référence est la droite d'équation  $expected_x = f(predicted_x)$ , ce qui représente le cas idéal que nous souhaitons obtenir.

Pour cette étude, les résultats montrent que la prédiction réalisée par le modèle se rapproche de la prédiction attendue, même s'il persiste encore des valeurs qui s'écartent fortement de leur valeur de référence, notamment pour les valeurs les plus extrêmes. Cela montre que, mis à part quelques cas particuliers, la régression par DL est capable de résoudre la trilatération dans un plan. Pour les quelques cas où il subsiste un écart important entre la valeur prédite et la valeur attendue, l'apport de nouvelles données permet d'affiner les performances du modèle. En consacrant, également, plus de temps à l'entraînement de celui-ci, nous pouvons le faire converger davantage vers la solution attendue.

## 4.2 Étude sur un cas théorique plus proche du cas réel

Seuls les résultats du meilleur modèle identifié sont dévoilés dans cette partie, le meilleur modèle étant toujours sélectionné selon la valeur de plus faible de *loss* ('perte'). Ce modèle a une valeur de *loss* ('perte') de 0,0258.

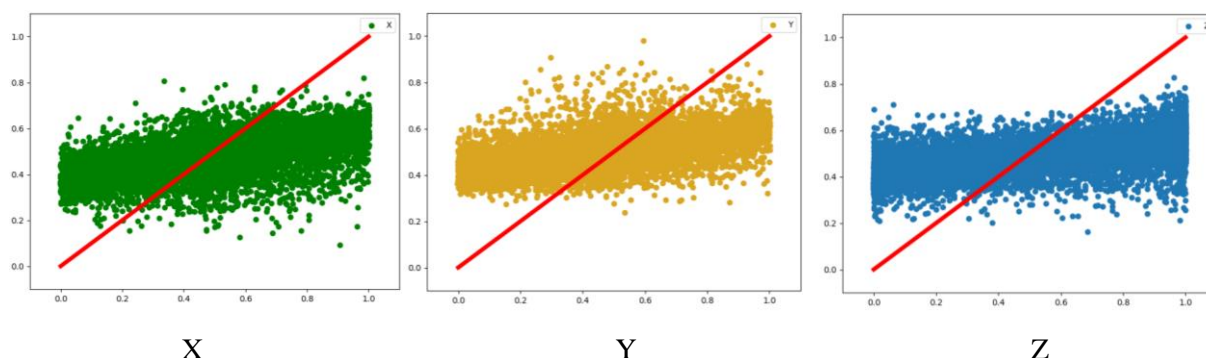


Figure 11. Comparaison des valeurs de prédiction obtenues en fonction des valeurs de prédiction attendues pour les 3 coordonnées (X, Y et Z)

Ces résultats ont été obtenus via les mêmes conditions d'entraînement que pour le cas précédent. Comme pour le cas précédent, la ligne rouge est la ligne de référence qui permet de visualiser l'écart qui subsiste entre le résultat obtenu (X en vert, Y en jaune et Z en bleu) et le résultat attendu (ligne rouge).

Les résultats montrent que la prédiction réalisée par le modèle construit s'éloigne fortement de la solution attendue en comparaison avec le cas précédent. En effet, les résultats montrent graphiquement que les prédictions réalisées ont tendance à se trouver autour d'une valeur moyenne et non autour de la ligne de référence (ligne rouge). De plus, il y a également une forte dispersion des prédictions autour de cette valeur moyenne. Ces résultats montrent que le modèle construit, ayant convergé, ne l'a pas fait vers la solution attendue.

Pour atteindre un résultat acceptable, il faudrait peut-être adapter l'architecture de base du réseau de neurones. Il faudrait aussi mettre davantage de ressources, notamment en termes de temps consacré à l'entraînement et en termes de quantités de données dans le jeu de données utilisé, afin de permettre au modèle de converger davantage vers la solution attendue.

## 5 Discussion

Dans les mêmes conditions d'entraînement, les deux cas se différencient fortement dans les résultats obtenus. Le premier a montré au moins un modèle ayant convergé vers la solution attendue, toutefois, pour atteindre de bons objectifs en termes de précision, il serait nécessaire de consacrer une étude plus approfondie aux facteurs qui améliorent cette précision, mais l'aspect ultra-simplifié du cas ne nous permet certainement pas de dire que cette information serait transférable. En effet, l'Étude sur un cas théorique plus proche du cas réel montre une plus grande complexité et requière donc encore davantage de recherche dans la construction d'un modèle capable de résoudre ce type de problème, mais également de temps afin de laisser converger ces modèles vers une solution acceptable.

Ici, seuls des cas théoriques parfaits ont été étudiés, et la précision obtenue n'est déjà pas probante. Or, a fortiori, pour construire une intelligence artificielle capable de travailler dans un cas pratique, il faut pouvoir prendre en compte un maximum d'erreurs qui surviennent dans la réalité. L'avantage du DL est que les modèles construits sont capables de prendre en compte par eux-mêmes les perturbations induites dans le signal parfait. Cependant, le DL requière de construire une base de données suffisamment conséquente et généraliste afin de prendre en compte un maximum de cas autrement dit de représenter la diversité des situations qui peuvent constituer des perturbations pas rapports à des signaux d'entrée idéalisés. Cela requière de mettre en place une campagne de mesure que le centre de recherche et le partenaire industriel n'ont pas forcément la capacité d'assumer pour un projet de l'ordre d'un FIRST HE.

## 6 Conclusion

L'approche globale telle qu'envisagée lors de cette étude est une approche qui requiert beaucoup de ressources pour être mise en place, probablement d'un ordre de grandeur supérieur à ce qui avait été préalablement estimé. La précision pourrait être améliorée en adaptant la méthodologie d'entraînement des modèles, cependant cela requiert beaucoup de temps et de ressources pour atteindre un résultat acceptable de l'ordre de quelques mètres, autrement dit sans présenter d'avantages par rapport aux performances d'une approche analytique. Et une fois le modèle validé sur des données théoriques, il faut pouvoir mettre en place une campagne de récolte et de labélisation de données afin de pouvoir entraîner l'IA sur des signaux réels.

Par conséquent, et afin de réduire l'ampleur de la tâche, une approche locale visant à améliorer la technique actuelle de calcul de la position via les données GNSS est plus adaptée à un projet de recherche modeste tel que FIRST HE GEODEEP. Plusieurs possibilités d'améliorations de cette technique sont envisagées :

- Filtrage de satellites via classification des signaux selon que le signal réceptionné est un signal direct (LOS) ou non (NLOS ou *Multipath* 'multi trajet', plusieurs signaux provenant de la même source captés au même moment) ;
- Correction de la position par régression réalisée par DL.

### Remerciements

L'auteur est ingénieur de recherche au CeREF Technique. Pour mener à bien cette étude, il a bénéficié d'un subside du SPW EER (anciennement DGO6). Il tient à remercier les relecteurs anonymes dont les commentaires précieux ont permis d'améliorer considérablement la qualité du texte original.

## Références bibliographiques

- An intuitive approach to the GNSS positioning*. (2011). Récupéré sur [gssc.esa.int/navipedia](https://gssc.esa.int/navipedia/): [https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/An\\_intuitive\\_approach\\_to\\_the\\_GNSS\\_positioning](https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/An_intuitive_approach_to_the_GNSS_positioning).
- Berg, A., Öfjäll, K., Ahlberg, J., & Felsberg, M. (2015). Detecting Rails and Obstacles Using a Train-Mounted Thermal Camera. *Image Analysis : 19th Scandinavian Conference, SCIA 2015*, Copenhagen, 15-17 juin 2015, Springer, 492–503, doi: 10.1007/978-3-319-19665-7\_42
- Canyon Urbain. (2015). *Journal Officiel du 16 janvier 2015*. Issu de APFA : <http://www.apfa.asso.fr/historique/defi/c/canyonur.htm> (consulté le 20/09/2020).
- FFIS for Eurobalise*. (2007). Issu de era.europa.eu : [https://www.era.europa.eu/sites/default/files/filesystem/ertms/ccs\\_tsi\\_annex\\_a\\_-\\_mandatory\\_specifications/set\\_of\\_specifications\\_1\\_etcs\\_b2\\_gsm-r\\_b1/index009\\_-\\_subset-036\\_v241.pdf](https://www.era.europa.eu/sites/default/files/filesystem/ertms/ccs_tsi_annex_a_-_mandatory_specifications/set_of_specifications_1_etcs_b2_gsm-r_b1/index009_-_subset-036_v241.pdf) (consulté le 20/09/2020).
- Gakne, P. V., & O'Keefe, K. (2020). Tightly-Coupled GNSS/Vision Using a Sky-Pointing Camera for Vehicle Navigation in Urban Areas. (MDPI, Éd.) *Sensors (Basel, Switzerland)*, 18, 1244, doi:10.3390/s18041244.
- Groves, P., Jiang, Z., Rudi, M., & Strode, P. (2013). A Portfolio Approach to NLOS and Multipath Mitigation in Dense Urban Areas. *26th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation, ION GNSS 2013*, 4.
- Hsu, L.-T. (2017). GNSS multipath detection using a machine learning approach. *2017 IEEE 20th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, 1-6.
- Li, H., Nashashibi, F., & Toulminet, G. (2010). Localization for intelligent vehicle by fusing mono-camera, low-cost GPS and map data. *13th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems*, 1657-1662.
- Suzuki, T., Nakano, Y., & Amano, Y. (2017). NLOS Multipath Detection by Using Machine Learning in Urban Environments. *30th International Technical Meeting of The Satellite Division of the Institute of Navigation (ION GNSS+ 2017)*, 3958-3967, doi:10.33012/2017.15291.
- World Geodetic System 1984 (WGS84)*. (2018). Issu de : <https://confluence.gps.nl/qinsky/latest/en/world-geodetic-system-1984-wgs84-182618391.html> (consulté le 20/09/2020).



# Development of a Genetic Algorithm for Optimal Distribution of Materials in Hybrid Components

GOSSUIN Thomas<sup>(1)</sup>, GARRAY Didier<sup>(2)</sup>, KELNER Vincent<sup>(3)</sup>

Centre de Recherches des Instituts Groupés <sup>(1)</sup>, Sirris <sup>(2)</sup>, Haute École Libre Mosane <sup>(3)</sup>

[t.gossuin@crig.be](mailto:t.gossuin@crig.be), [didier.garray@sirris.be](mailto:didier.garray@sirris.be), [v.kelner@helmo.be](mailto:v.kelner@helmo.be)

## Abstract

Genetic algorithms belong to a set of stochastic optimization techniques called metaheuristics and replicate Charles Darwin's natural selection theory. They are 0<sup>th</sup>-order methods and therefore praised in many non-differentiable optimization problems, which encompass the majority of real-world applications. In this work, a multi-objective optimization of hybrid, i.e. multi-material, components under technological constraints is performed to guide engineers towards the optimal design of manufactured parts in competition-driven industries, like in the automotive or the aerospace sector. Specifically, two of the main challenges Original Equipment Manufacturers face nowadays are met: simultaneously minimizing compliance and weight. This is achieved by replacing pure metallic components with lightweight materials such as thermoplastics and composites. However, a mere substitution would not be appropriate because it would usually result in insufficient performances or expensive designs. The task of the genetic algorithm is hence to find the optimal material distribution using Voronoï tessellations on a fixed Finite Element mesh while complying with the manufacturing methods of thermoplastics and composites. The Voronoï encoding has a great advantage over traditional Bit-Array genotypes: its size is independent of the FE mesh granularity, therefore refining the mesh has no impact on the computational cost of the genetic algorithm's operators. Experimental results on the cantilever beam test case show Pareto optimal material distributions.

**Keywords:** optimization, genetic algorithm, composite material, Voronoï tessellation, numerical simulation

## 1 Introduction

“Stronger, lighter and cheaper” could be the motto of any industrial company which intends to reduce the weight of its manufactured metallic components. Most of the existing processes are focusing on the partial or overall replacement of such metallic components by lighter materials (primarily composites and / or thermoplastics). This cannot be achieved by a mere substitution though: doing so usually results in inadequate shapes, insufficient performances, expensive designs, etc. In spite of those barriers, a few alternative solutions have popped up here and there. However, these so-called optimal structures were obtained through severe trade-offs between cost, reduced weight and technological feasibility.

This work intends to integrate structural objectives as well as technological constraints in a unique optimization process.

### 1.1 Composite Material

Hybrid plastics (composite + plastics) have gained in importance over the past years among car manufacturers to produce complex, light and economical parts.

Composite material itself is a compound of at least two ingredients. The first one is the structural part, which is mostly made of synthetic or natural fibres. They give the composite its stiffness. The thermoset or thermoplastic resin die acts as a binder between the fibres and protect them against the surrounding environment. Some composite materials are also enhanced with additives that make them either UV or fire safe, for example.

A very interesting feature of composites is their *Young modulus-to-density* ratio which can be three times greater than those of classic metals.

On the other hand, composites are expensive. Extra precautions must be taken when designing hybrid plastics. The manufacturing process imposes several technological constraints:

- Insertion of plastic stiffeners
- Restricted number of plastic injection sites
- Restricted number of distinct areas with different materials

Moreover, composites usually are anisotropic or near-isotropic materials: their orientation in the hybrid component *does* matter. However, they are assumed to be fully isotropic in this article in order to simplify the optimization process.

## 1.2 Problem Definition

Beckers (1999), Denies (2013) and Duysinx (1996) achieved extensive work in the domain of topology optimization. For this set of problems, classical methods like trial and error would be ineffective as the size of the design space is usually tremendous. Clever exploration strategies must be implemented. Genetic algorithms appear to be well suited to solve optimal material distribution problems.

Two features must be pointed out as they are specific to the developed approach. First, the component's geometry is already defined prior to the optimization process. Only the material distribution is considered. This in turn leads to the second feature: the encoding of said distribution.

## 1.3 Numerical Tool Chain

The proposed approach involves three distinct modules organized in a numerical tool chain. Its structure is presented on Figure 1.

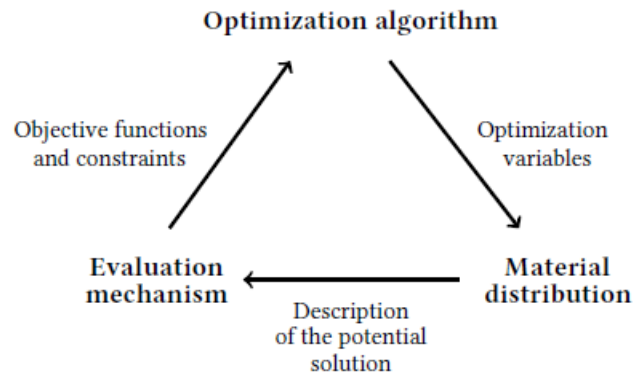


Figure 1. The numerical tool chain structure

The first module, namely the genetic algorithm, takes care of the optimization process. It attempts to simultaneously balance two contradictory objectives: weight and compliance. In future developments, cost minimization will be taken into account as a third objective.

The second module acts as a decoding interface between the algorithm and the third module. After reading optimization variables as inputs, it outputs a material distribution which can then be applied onto a Finite Element mesh.

Finally, the third module corresponds to the evaluation mechanism. It computes the values of the mass and the compliance objectives via a Finite Element Analysis. No software is explicitly recommended here as the proposed method is thought to be generic enough and can be extended to any open source, like OneLab created by Geuzaine & Remacle (2009), or commercial software.

## 2 Genetic Algorithm

Deterministic optimization methods like gradient descent can be very tricky when coupled with the Finite Element Method (FEM). Several mathematical properties are required to ensure reaching the

global optimum with these methods: the objective functions must be continuous, differentiable and convex. They are strong limitations since most real-world applications are neither one nor the other.

On the other hand, stochastic methods like genetic algorithms are especially adapted to optimization problems which involve both discrete and continuous variables, local optima or irregular objective functions and constraints. They do not need to compute gradients. Therefore, they are called 0<sup>th</sup>-order or weak methods. However, they are computationally more expensive than classic approaches.

Genetic algorithms replicate Darwin's *survival-of-the-fittest* principle and genetic inheritance, as shown on Figure 2. A population of  $p$  individuals is modified through dedicated operators at each step, called *generation*, of the algorithm. A clever exploration of the entire search space is then possible. Each generation attempts to bring the whole population closer and closer to the global optimum.

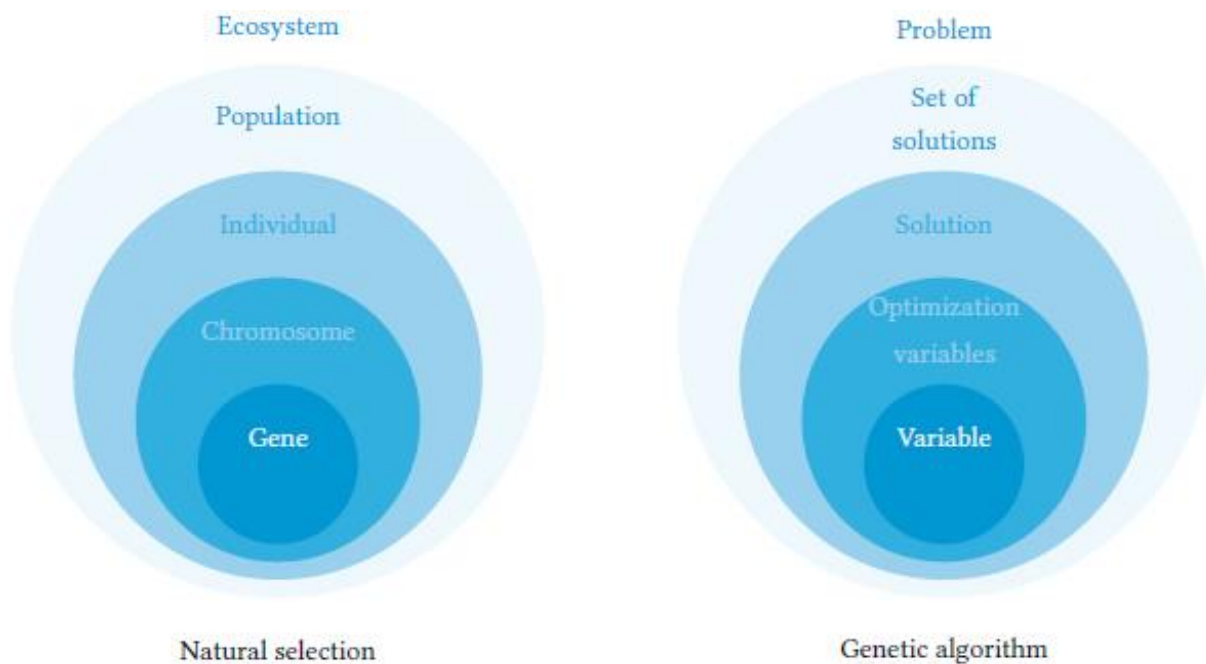


Figure 2. Natural selection and genetic algorithms

With multi-objective optimization problems, the optimum is not a unique point: it is a set of optimal trade-offs called the Pareto front. Unlike classic methods, genetic algorithms can find the Pareto front in a single run.

An individual's fitness to its ecosystem (its *phenotype*) is the result of a careful and patient selection of appropriate genes (its *genotype* or *chromosomes*). The algorithm's operators act in the same way: they introduce slight modifications at each generation in the potential solutions' optimization variables.

Most common operators include evaluation, selection, cross-over and one or more mutations. Evaluation computes the fitness of each solution (whether it is a "good" or "bad" solution to the problem). Selection then picks up individuals in the population based on their fitness (several copies of the same individual can be present). Those individuals will be allowed to breed through a cross-over operator and pass their genetic pool to the next generation. Finally, mutation is applied on a few individuals in the offspring and randomly changes the value of one or more genes.

### 3 Voronoï Tessellation

Choosing the right encoding for the genotype in a genetic algorithm often affects the selection of efficient genetic operators. Since the goal is to describe a material distribution inside a fixed-geometry design domain, the most straightforward encoding is the classic Bit-Array representation. However, Voronoï tessellations are far more convenient in this case.

### 3.1 Voronoï Diagram Definition and Properties

In computational geometry, a *Voronoi diagram* drawn from a discrete set  $S$  of points is the dual graph of the Delaunay triangulation associated with  $S$ , as seen on Figure 3. Consequently, a Voronoï diagram is a partition of a given *design domain*  $\Omega$  in  $\mathbb{R}^n$  and defined by one or more *Voronoi cells*.

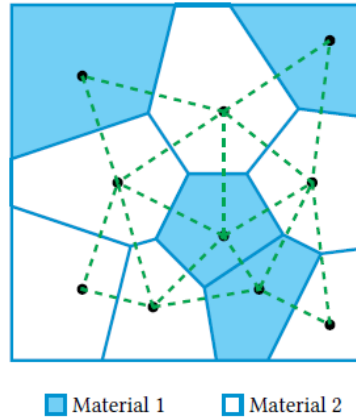


Figure 3. A random Voronoï tessellation (solid blue lines) superimposed on its corresponding Delaunay triangulation (dashed green lines)

Let us consider the following set  $S = \{G_0, \dots, G_N\}$  with a finite number of points called the *Voronoi sites* or *germs* which are spread across  $\Omega$ . The Voronoï cell  $V_i$  is the set of all points in  $\Omega$  which are closer to the germ  $G_i$  than to any other germ in  $S$ . It is hence very easy to reconstruct the whole diagram knowing only the position of each site.

An example of such a partition is shown in Figure 3 with 10 Voronoï germs in  $\mathbb{R}^2$  (note that an extension to greater dimensions is straightforward). An interesting feature is the option to assign any desired additional property to each cell. In this work, this property is defined as the mechanical characteristics of the corresponding material: the Young's modulus  $E$ , the Poisson coefficient  $\nu$  and the density  $\rho$ .

### 3.2 Comparison with Bit-Array Representation

Schoenauer (1996) as well as Aulig & Olhofer (2016) investigated possible structural representations used in evolutionary computation for topology optimization. In both works, Bit-Array encoding is presented as the most natural and the most flexible one. However, it is totally bound to the underlying Finite Element (FE) mesh: the finer the mesh, the bigger the Bit-Array.

For large FE models, the size of the genome can thus grow very fast. It results in memory- and time-consuming computations when applying the genetic algorithm's operators. The equivalent Bit-Array representation of the Voronoï diagram in Figure 3 is shown in Figure 4. Voronoï will store only 3 information per cell: 2 real values for the germ's position and 1 Boolean value for the material's ID. On the other hand, the Bit-Array encoding will need 400 Boolean values. Moreover, this number increases exponentially when switching to higher-dimensional representations.

As stated by Denies (2013), it must be noticed that the Voronoï encoding can lead to unwanted behaviours, namely genotype degeneration and high level of epistasis. The former refers to the chance of two different genotypes resulting in an identical phenotype while the latter points out the strong degree of interaction between genes. Nonetheless, the impact of these two phenomena can be greatly reduced by selecting proper cross-over and mutation operators.

Uncoupling the chromosome representation from the fixed regular mesh used in the FEM is a valuable advantage in this application. This is performed by the open-source library *Voro++* created by Rycroft (2009) with a few adaptations to meet the specific needs of this work. Unlike other Voronoï computing libraries, *Voro++* does not implement a sweep line algorithm but it instead computes each Voronoï cell individually.

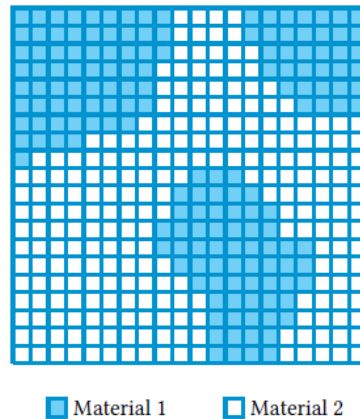


Figure 4. A twenty-by-twenty Bit-Array representation equivalent to the Voronoï diagram in Figure 3

## 4 Multi-Objective and Multi-Material Genetic Algorithm

The general structure of the genetic algorithm follows most of the guidelines detailed by Denies (2013). His study of several cross-over and mutation operators adapted to the Voronoï encoding was particularly appropriate for this application. The simultaneous handling of multiple objectives and of constraints is directly inspired by the work of Kelner & Léonard (2004). Figure 5 shows the complete flow chart of the hybrid algorithm.

### 4.1 Cross-Over and Mutation

The cross-over operator uses a graphical linear method described by Denies (2013). Graphical methods are well-suited for Voronoï representations since they maintain the concept of neighbourhood between cells: packs of material are exchanged rather than optimization variables.

A random line (or plane in 3D representations) is generated for each couple of parents and divides the design domain into two subpartitions. As shown on Figure 6, both parents will then swap parts of their genome to create two children. The swapping process follows this simple rule: each Voronoï *site* of the *first* parent (respectively the *second* parent) that is located *below* (respectively *above*) the dividing line or plane is transferred to the first child's genome. The second child will then receive the remaining sites of both parents.

Similarly, an example of graphical mutation operators is provided in Figure 7. Material mutation simply assign a random material to an existing Voronoï cell with a mutation rate of  $r_m = 3/N$  where  $N$  is the number of cells. Position mutation selects one or more Voronoï sites with a rate of  $r_p = 1/N$  for each genome. It then computes polar displacement parameters (angle and amplitude) and tries to move the selected sites accordingly. If a cell goes out of the design domain's bounds, it bounces off the domain's walls as in an elastic collision.

The mentioned values for mutation rates derive directly from recommendations discussed by Denies (2013). They could be finely tuned in a future work.

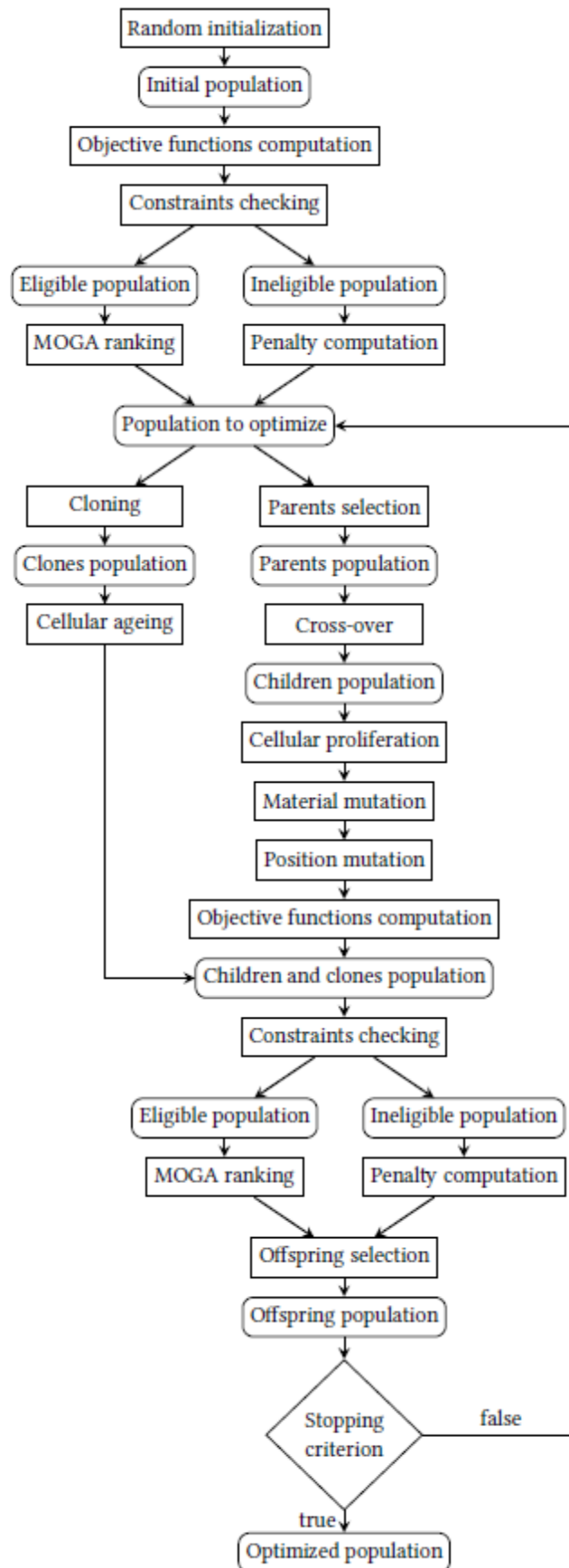


Figure 5. Genetic algorithm flow chart

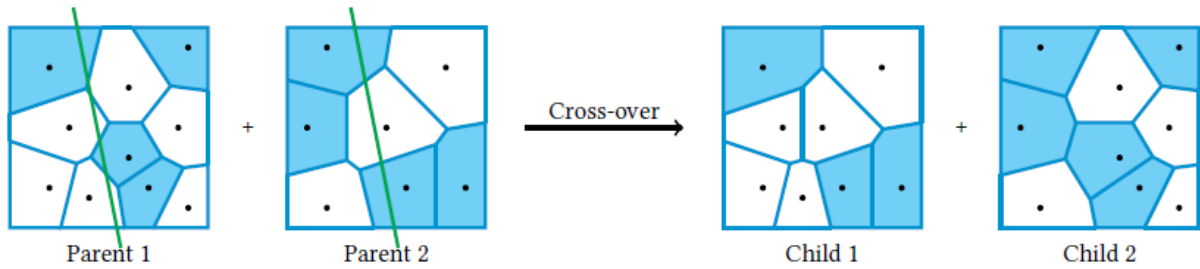


Figure 6. An illustration of the graphical cross-over operator : two parents give birth to two children by swapping parts of their respective genome on each side of some random dividing line

All these operators naturally evolve the size of the genome towards an optimal number of Voronoi cells. Special mutation operators are also implemented to control this parameter: cellular ageing removes "old" cells which no longer affect the material distribution while cellular proliferation adds new cells on the boundaries between adjacent areas of distinct materials. Denies (2013) provides a comprehensive explanation of these special operators.

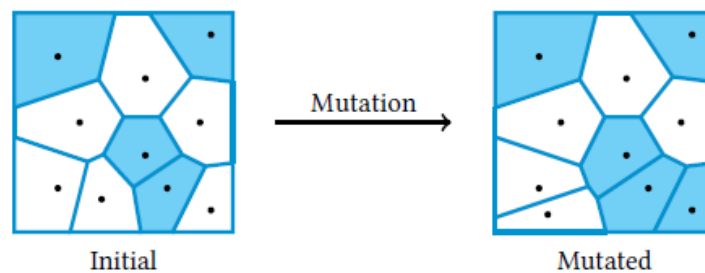


Figure 7. An illustration of the mutation operator : the second-to-left bottom cell has been moved to the left while the outermost right bottom cell's material has been changed

## 4.2 Penalization

A penalty is applied to genotypes which do not comply with technological constraints. This operation involves the identification of clusters in the design domain which share a common material. Their connectivity is then checked.

The implemented technique is an adaptation of an image analysis tool called the Hoshen-Kopelman algorithm developed first by Hoshen (1998). A pseudo-algorithm is provided in Algorithm 1.

Once all clusters are identified and if one or more constraints is not met, a penalty is computed based on the gap between the actual genome and a compliant one. For example, it can be evaluated as the total number of disconnected clusters.

## 4.3 MOGA, Ranking and Selection

After checking whether all constraints are satisfied, compliant genomes are ranked according to the MOGA classification, initially developed by Fonseca & Fleming (1993).

Selection operators can then be applied. The parents are chosen for the cross-over operator via a penalized tournament of  $N_{ind}$  rounds, where  $N_{ind}$  is the number of individuals in the population. The rules are the following:

- If two compliant genomes compete against each other, the best ranked one wins.
- If they are both penalized genomes, the one with the lowest penalty wins.
- If one genome is compliant and the other one is penalized, the former one wins.

The offspring's selection method is much more elitist: only the  $N_{ind}$  best ranked solutions survive onto the next generation.

---

```

Data: the genome to be analysed
Result: a list of the different clusters in the genome
1 sort Voronoï sites in a lexicographical order;
2 assign label 0 to all cells;
  /* First raster scan */
3 for i ← 1 to numberCells do
4   find neighbour cells of cell i;
5   for j ← 1 to numberNeighbourCells do
6     if j < i and material[j] = material[i] then
7       neighboursLabels ← label[j];
8     end
9   end
  /* Handle equivalences */
10  if neighboursLabels is empty then
11    label[i] ← label[i] + 1;
12    create new cluster;
13  else
  /* Assign the smallest label to cell i so
    that it now belongs to a cluster */
14    label[i] ← min(neighboursLabels);
  /* Merge connected clusters */
15    for j ← 1 to numberNeighbourCells do
16      if label[i] ≠ neighboursLabels[j] then
17        merge corresponding clusters;
18      end
19    end
20    clear neighboursLabels;
21  end
22 end
  /* Second raster scan */
23 for i ← 1 to numberCells do
24   if cell i is not the cluster's root then
25     j ← find the cluster's root;
26     label[i] ← label[j];
27   end
28 end

```

---

Algorithm 1. Hoshen-Kopelman algorithm for clusters identification in Voronoï genotypes

#### 4.4 Stopping Criterion

The stopping criterion is the maximum number of iterations performed by the genetic algorithm. It is defined *a priori* by the user.

### 5 Experimental Results

An assessment of the hybrid method described in Section 4 is conducted on the cantilever beam case study. The Finite Element Analysis software used is Samcef.

#### 5.1 Cantilever Beam Case Study

Figure 8 and Table 1 specify the inputs needed for the Finite Element Model. Values in Table 1 are indicative but they reflect two contradictory trends : one heavy, stiff yet cheap material against one light and relatively stiff material but far more expensive.

A trade-off between computation time and results quality must be found. A 10 x 59 mesh is therefore used for all FE analyses. Simultaneous minimization of the beam's mass and compliance is desired.



Name	Density $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Young's modulus E (MPa)	Poisson coefficient $\nu$ (-)	Price per kilo (€/kg)
Metal (Al)	2 800,0	80 000,0	0,3	3,0
Composite	1 800,0	25 000,0	0,1	15,0

Table 1. Materials database

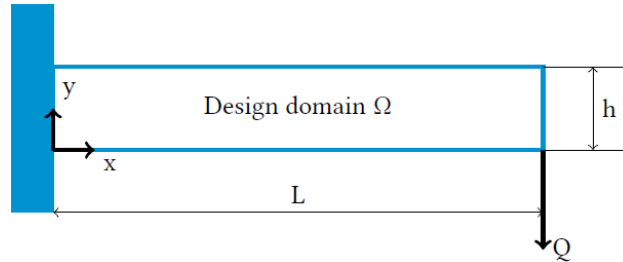


Figure 8. The cantilever beam case study

## 5.2 Pareto Optimal Solutions

Figure 9 gives the resulting Pareto front. The chart plots the beam's deflection versus its mass. A decreasing exponential-like curve is observed. Lighter beams experience greater deflections on average.

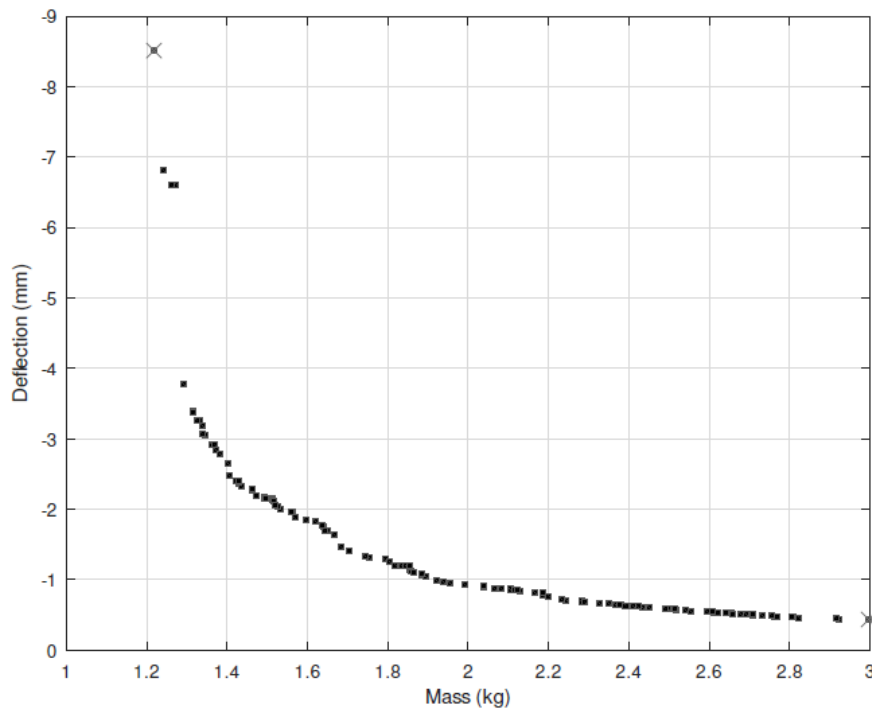


Figure 9. Pareto front

## 5.3 Material Distributions

Three optimal distributions are presented on Figure 10. The top one is a two-material beam obtained by Tavakoli & Mohseni (2014). Although only compliance minimization was considered in their work, it is used here as a reference. The two other beams in Figure 10 are generated by the genetic algorithm. They respectively relate to minimal mass and minimal compliance. They are identified by a cross on Figure 10. The corresponding numerical results are listed in Table 2.

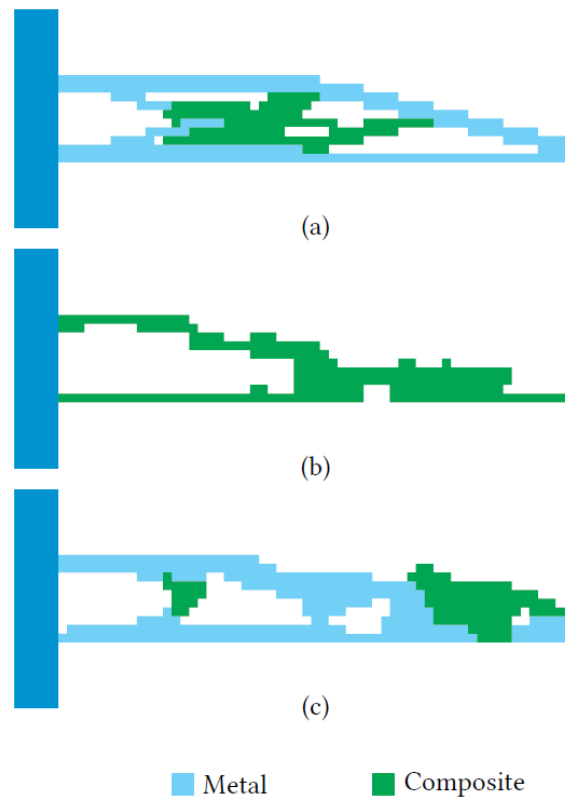


Figure 10. Three optimal cantilever beams: (a) reference material distribution (b) minimal mass (c) minimal compliance

Beam	Mass $m$ (kg)	Deflection $f$ (mm)
a	2,80	-0,42
b	1,22	-8,51
c	3,00	-0,43

Table 2. Numerical results

## 6 Conclusion

This article describes the development of a numerical tool chain which generates optimal material distributions when designing hybrid components. The core of this tool is the genetic algorithm, whose architecture allows to carry out multi-objective and multi-material optimization. A specific encoding for the genome, i.e. the Voronoï tessellation, is selected since it outperforms Bit-Array representations. The method is then applied to the cantilever beam case study. Simultaneous minimization of beam's mass and compliance generates Pareto optimal solutions. They have similar performances compared to optimal result found in literature.

Further work to improve this method includes adding technological constraints to take into account manufacturing process and cost. The Finite Element Analysis can also be sped up a lot by coupling the evaluation module with statistical methods, like response surfaces. Industrial applications could then be studied, such as the optimization of a car's transaxle rear cover.

## Acknowledgments

The authors acknowledge the support of the SPW Économie Emploi Recherche FIRST HE under grant 1710157.

The first author would also like to warmly thank his fellow colleagues for their relevant advice while writing this article.

## References

- Aulig, N., & Olhofer, M. (2016). Evolutionary Computation for Topology Optimization of Mechanical Structures: An Overview of Representations. *2016 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)*, IEEE, 1948-1955, doi: 10.1109/CEC.2016.7744026.
- Beckers, M. (1999). Topology Optimization using a Dual Method with Discrete Variables. *Structural and Multidisciplinary Optimization*, 17 (1), 14-24, doi: 10.1007/BF01197709.
- Cazacu, R., & Grama, L. (2014). Overview of Structural Topology Optimization Methods for Plane and Solid Structures. *Annals of the Oradea University. Fasiscle of Management and Technological Engineering*, XXIII (XIII) (3), 17-22, doi: 10.15660/AUOFMTE.2014-3.3043.
- Denies, J. (2013). *Métaheuristiques pour l'Optimisation Topologique : Applications à la Conception de Dispositifs Électromagnétiques*. Ph.D. Dissertation. École Normale de Cachan, Bruz, France and Université Catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgium.
- Duysinx, P. (1996). *Optimisation Topologique : du Milieu Continu à la Structure Élastique*. Ph.D. Dissertation. Université de Liège, Liège, Belgium.
- Fonseca, C., & Fleming, P. (1993). Genetic Algorithms for Multiobjective Optimization: Formulation Discussion and Generalization. *Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Conference on Genetic Algorithms*, 93, 416-423, doi: 10.5555/645513.657757.
- Garray, D. (2012). *De la Technologie aux Marchés des Composites : quelles Opportunités ?* Sirris, Liège.
- Geuzaine, C., & Remacle, J.-F. (2009). Gmsh: a Three-Dimensional Finite Element Mesh Generator with Built-in Pre- and Post-Processing Facilities. *International Journal of Numerical Methods in Engineering*, 79 (11), 1309-1331, doi: 10.1002/nme.2579.
- Hamda, H., Jouve, F., Lutton, E., Schoenauer, M., & Sebag, M. (2002). Représentations Non Structurées en Optimisation Topologique de Formes par Algorithmes Évolutionnaires. *Actes du 32<sup>ème</sup> Congrès d'Analyse Numérique : CANum 2000*, 11, 153-179, doi: 10.1051/proc:2002036.
- Hoshen, J. (1998). On the Application of the enhanced Hoshen-Kopelman Algorithm for Image Analysis. *Pattern Recognition Letters*, 19 (7), 575-584, doi: 10.1016/S0167-8655(98)00018-X.
- Kane, C., & Schoenauer, M. (1996). Topology Optimum Design using Genetic Algorithms. *Control and Cybernetics*, 25 (5).
- Kelner, V., & Léonard, O. (2004). Application of Genetic Algorithms to Lubrication Pump Stacking Design. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 168 (1-2), 255-265, doi: 10.1016/j.cam.2003.05.022.
- Rycroft, C. H. (2009). VORO++: A Three-Dimensional Voronoï Cell Library in C++. *Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science*, 19 (4), doi: 10.1063/1.3215722.
- Schoenauer, M. (1996). Shape Representations and Evolution Schemes. *Evolutionary Programming*.
- Tavakoli, R., & Mohseni, M. (2014). Alternating Active-Phase Algorithm for Multimaterial Topology Optimization Problems: a 115-Line MatLAB Implementation. *Structural and Multidisciplinary Optimization*, 49 (4), 621-642, doi: 10.1007/s00158-013-0999-1.

# Construire ou rénover de manière efficiente grâce à la maquette numérique des projets de construction

*MIAFFO W. Jean Terence, WISSAM Anass*

*Centre de Recherche FoRS – Haute École de Namur-Liège-Luxembourg*

[jean-terence.miaffowonanke@henallux.be](mailto:jean-terence.miaffowonanke@henallux.be), [anass.wissam@henallux.be](mailto:anass.wissam@henallux.be)

## **Résumé**

La digitalisation impose aux entreprises de la construction une adaptation de leurs activités. Cela se fait par l'intensification du travail collaboratif et la gestion centralisée et harmonieuse des données de construction grâce au BIM<sup>1</sup>.

Dans ce projet, un cas pratique de cette digitalisation en construction est analysé. Cette analyse est faite pour le bureau d'étude (BE) BGS. Le BE est spécialisé en stabilité et techniques spéciales (MEP<sup>2</sup>) des bâtiments. Ce BE collabore avec les cabinets d'architecture et les entreprises générales de construction pour la réalisation des projets. Le but de cette analyse est d'optimiser cette collaboration en interne puis en externe grâce à l'interface de travail 'CLBIM<sup>3</sup>'.

Pour y arriver, les pratiques courantes du BE doivent être prises en compte, établir des protocoles de communication interne et externe ensuite, mettre en place des gabarits<sup>4</sup> d'objets et de projets pour accroître la productivité du BE et faciliter ses collaborations ; enfin, assister les collaborateurs pour la prise en mains des gabarits et des méthodes de travail mises à leur disposition.

**Mots-clés** : digitalisation, collaboration, stabilité, techniques spéciales, gabarits

## **1 Cadre du projet et objectifs de la recherche**

Le projet est réalisé à la demande d'un bureau d'étude de construction spécialisé en stabilité et techniques spéciales des bâtiments. L'accompagnement technique du projet est assuré par un centre de recherche en Haute École. Ce projet est co-financé sur fonds propres et par des subsides de la Région Wallonne (SPW EER, anciennement DGO6).

L'objectif de cette recherche est de faciliter l'implémentation d'une interface de travail collaboratif : *Collaborative Lifelong Building Information Modeling-CLBIM* de type *Process Lifecycle Management-PLM*, sous la forme d'activités à projet BIM : *Building Informations Management* permettant au bureau d'étude :

- (1) d'optimiser son intervention dans des projets de construction ;
- (2) d'explorer et de proposer des moyens de travail collaboratif du BE avec l'extérieur ;
- (3) de segmenter les différentes phases d'études d'un projet de construction ;
- (4) de regrouper l'intervention des différents acteurs du projet dans une même plateforme afin de garantir une meilleure coordination des processus du projet ;
- (5) de vulgariser cette transition digitale de travail à travers un accompagnement technique des collaborateurs du bureau d'étude.

---

<sup>1</sup> BIM : Building Information Modeling.

<sup>2</sup> MEP : du sigle Mécanique – Electricité – Plomberie, c'est l'ensemble des techniques ou métiers destinés à l'étude des flux d'énergie dans le bâtiment encore appelé les techniques spéciales du bâtiment.

<sup>3</sup> CLBIM: Collaborative Lifelong Building Information Modeling.

<sup>4</sup> Un gabarit est un modèle de référence utilisé pour la production en masse d'un objet, c'est également un exemple de projet personnalisé aux besoins de l'entreprise permettant d'accroître sa productivité.

De manière transversale, ce projet centré sur la maquette numérique doit aussi permettre :

- (1) de proposer des formations ciblées et par thématique pour la bonne compréhension des concepts autour de la maquette numérique aux membres du BE ;
- (2) d'initier et/ou animer des groupes de réflexion sur la cohérence des matières et/ou des compétences nécessaires pour l'élaboration des maquettes numériques ;
- (3) de proposer des plans de formations pour l'acquisition des compétences dans des projets BIM.

## 2 État de l'art du BIM

Dans cette partie, nous commençons par donner l'objectif du BIM pour la construction, le rapprochement que le BIM permet d'établir entre les acteurs des projets de construction, les différentes évolutions du BIM dans les entreprises de construction avec le choix des niveaux de détails et pour finir, les atouts du BIM pour la construction dans ce contexte de digitalisation.

### 2.1 Définition et importance du BIM pour la construction

La modélisation BIM d'un bâtiment permet d'obtenir une base de données des objets et des éléments de construction. Cette modélisation est la représentation numérique du futur bâtiment, encore appelée la maquette numérique du bâtiment. La maquette numérique renferme aussi d'autres données nécessaires à la construction, l'utilisation, la maintenance et la déconstruction du bâtiment. Le BIM est alors un processus élargi centré sur la maquette numérique. Cette maquette est construite avec tous les acteurs du projet.

Le BIM est également un pont entre l'architecte et l'ingénieur ; ce pont réduit l'écart historique créé entre ces deux acteurs et redonne de la légitimité à l'ingénieur. Le BIM permet à l'ingénieur d'appréhender les conceptions architecturales, de les tester, de les vérifier, de mesurer et évaluer toutes les caractéristiques en phase de conception 'As Design' afin de valider les concepts élaborés par l'architecte.

La figure montre l'évolution des techniques d'étude dans le bâtiment. La chronologie est représentée de gauche à droite, du dessin sur papier (2D) à la modélisation de la maquette numérique (BIM).

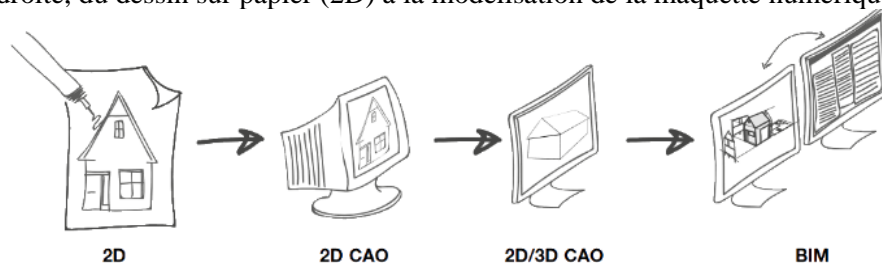


Figure 1. L'évolution des processus de travail en construction (Lemoine, 2014)

### 2.2 Les différents niveaux du BIM

Le BIM est implémenté par niveaux dans les entreprises de construction (cf. figure 2). Il leur revient donc d'évaluer leur niveau afin de prendre des mesures correctives. On peut ainsi citer :

- (1) Le niveau 0 : point de départ pour tous. Il est marqué par le dessin 2D sur papier ou par la DAO.
- (2) Le niveau 1 : la modélisation des maquettes numériques isolées par secteurs d'activités.
- (3) Le niveau 2 : les maquettes numériques par secteur d'activités sont mutualisées. Elles sont toutes stockées sur un serveur BIM. Ce serveur est accessible à tous les partenaires du projet. Mais ces maquettes mises sur serveur ne sont forcément pas à jour.
- (4) Le niveau 3 : il est actuellement le niveau ultime du BIM. Une maquette centrale est stockée dans un serveur accessible à tous les partenaires du projet. Cette maquette est mise à jour de manière instantanée. À ce niveau, la maquette numérique suit l'évolution du projet à travers son cycle de vie et on peut associer une maquette par phase du cycle de vie.

Les différentes phases que peut prendre la maquette numérique au cours du cycle de vie d'un projet montrent l'importance actuelle de s'investir dans le BIM. Cette pertinence a été mise en évidence par Levan (2016) en ces termes : « le BIM est pour un bâtiment ce que le dossier médical est pour une personne ». Le BIM crée ainsi pour un bâtiment un dossier évolutif qui sert à tous les spécialistes du bâtiment durant la vie du bâtiment.









Niveau 0 dessin 2 D		Niveau 1 : 2D, 2,5D voir 3D		Niveau 2 : Maquette numérique (MN)		Niveau 3 : Maquette numérique (MN)	
0a	0b	1a	1b	2a	2b	3a	3b
							
Plans papier	Plans DAO	Plans DAO 2D Plans 2,5D	3D isolé (souvent archi uniquement)	Echange de MN dans une seule direction	Echange bidirectionnel non intégré	Partage de MN sur serveur local ou distant Ingénierie intégrée	Plateforme CLOUD = Product Lifecycle Management
<b>Travail isolé</b>				<b>Travail collaboratif</b>			

Figure 2. Phases de développement des projets en construction (Novam, 2019)

### 2.3 Les niveaux de détails en modélisation

Le niveau de détail permet de définir la qualité de la présentation finale de l'objet après l'avoir dessiné. Cette notion est importante en modélisation BIM. Elle permet de décrire le projet dans ses différentes phases d'études. On distingue quatre niveaux de détails relatifs aux différentes phases d'étude tels que :

- (1) Le niveau 1 ou LOD100 : le concept est mis en évidence par l'esquisse ;
- (2) Le niveau 2 ou LOD200 : le dessin fait ici montre les spécificités du secteur d'activité comme l'architecture, la stabilité, etc. ;
- (3) Le niveau 3 ou LOD300 : le dessin prend en compte les détails de fabrication des objets ;
- (4) Le niveau 4 ou LOD 350 et LOD400 : en plus des détails de fabrication de l'objet, le dessin montre aussi l'implémentation des objets dans les logiciels de dessins ou sur chantier.

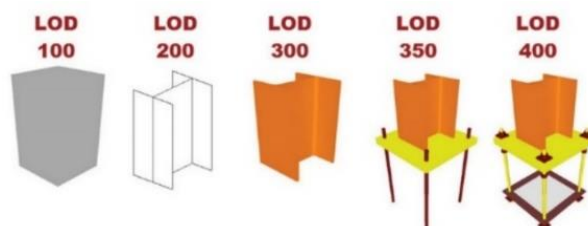


Figure 3. Les niveaux de détail présents dans une maquette BIM (Valente, 2019)

### 2.4 Les atouts du BIM pour les projets de construction

Le BIM permet d'optimiser les flux technico-économiques dans des projets de constructions. Cela se fait par : l'analyse pour la compréhension, la simulation paramétrique pour l'optimisation et la prévision pour l'anticipation. Grâce au BIM, la place pour l'improvisation ou le temps d'attente pour la validation des objets ou dessins est relativement inexistant. Ceci est dû à la production des documents de fabrication 'Files-to-Factory (F2F)' édités en phase de conception et simulation. Ces documents permettent de préfabriquer des objets en usine avant leur implantation sur chantier.

En plus, le BIM permet de mieux préparer la transition digitale du secteur de la construction. Le passage au digital implique des préalables et comporte des conséquences sur la rentabilité des entreprises. Pour mettre en lumière ces stimulants, prenons les chiffres donnés dans le livre *Le management et*

*collaboration BIM* (Levan, 2016). Les prévisions qui sont reprises visent la période 2018-2020 et stipulent que :

- (1) 20% de tous les contenus produits par les organisations seront rédigés par des automates (rapports d'activités, dessins techniques, documents administratifs et contenus informatiques) ;
- (2) 6 milliards d'objets connectés exigeront un support important en termes d'infrastructures et de sécurité (maisons connectés, véhicules autonomes, etc.) ;
- (3) 95% des problèmes de sécurité dans le cloud ou serveur seront liés aux malversations humaines ;
- (4) plus de 3 millions de travailleurs dans le monde seront supervisés par des robots ou algorithmes ;
- (5) 50% des entreprises les plus dynamiques exploiteront plus de logiciels intelligents que d'employés humains pour rester compétitives.

Ces prédictions peuvent sembler incroyables pour certains, mais à l'heure de la rédaction de cet article, on peut déjà valider sans risque de se tromper que ces chiffres sont en train de se vérifier.

### **3 État des lieux des pratiques de travail dans le BE**

Nous avons constaté que le BE pratique du BIM de niveau 1 où chaque domaine d'activité du BE réalise sa propre maquette numérique. Le bureau d'étude a constitué au fil des années des modèles de dessins 2D qu'elle exploite dans les études pour augmenter sa productivité. Le BE s'est ainsi doté d'un modèle unique de standardisation interne de ces processus d'étude. Cette standardisation est accentuée chez les anciens collaborateurs au point qu'elle pourrait être un obstacle à ce projet BIM.

Après discussion avec les collaborateurs du BE, nous avons pu nous rendre compte que : les dessins avec les modèles 2D du BE étaient d'une très grande qualité (LOD350) ; la vitesse d'exécution est liée à la taille du projet et pour finir, toutes les vues en plans, les coupes et détails devaient se faire minutieusement. Cette approche nécessite un temps important dans les vérifications des dessins et une coordination chronophage pour s'assurer de la bonne conformité des plans du projet étudié.

Les dessins 3D ou maquettes isolées dans le BE sont réalisés pour les études en techniques spéciales du bâtiment. Dans cet axe, le bureau a investi dans les formations afin de donner à ses collaborateurs les moyens nécessaires pour assurer les études des projets de construction. En plus, un accent particulier est donné dans le choix des projets de fin d'études des candidats bachelier ou master pour l'utilisation des outils de dessin 3D. Mais cette diversité d'études liée aux profils amène une large palette d'outils qui nécessite une standardisation, d'où la nécessité de ce projet autour du BIM.

### **4 Méthode de travail du BE par rapport au processus BIM**

Actuellement, avec les modèles de dessins 2D et les outils de travail en 3D déjà développés, le BE se trouve dans la situation de la Figure 4a. c'est-à-dire qu'il existe entre les collaborateurs du BE un échange constant d'informations lors de l'étude d'un projet. Et par conséquent, la même information peut être recopiée plus de six fois pendant l'étude avec des risques d'erreurs lors de la reproduction. Cette situation est identique à ce que l'on observe dans les BEs au niveau 1 et 2 du BIM.

En revanche, la Figure 4b met en évidence le BIM de niveau 3 qui est développé à l'issue de ce projet. L'objectif est de réduire la reproduction des documents pendant l'étude d'un projet ceci grâce à la centralisation du projet sur un serveur unique qui est adressable par tous les intervenants du projet. Ce BIM de niveau 3 contribue aussi à créer les liens de cohérence entre les différents outils et objets 3D mis en œuvre dans le projet afin de générer automatiquement à partir des modélisations 3D des vues en plan, des vues de détails, etc., pendant l'étude des projets. Ces attributions vont permettre de mettre en place l'interface 'CLBIM' qui est l'objectif final de ce projet.

Pour arriver à l'interface, des préalables sont nécessaires pour franchir le cap du niveau 1 du BIM vers les niveaux 2 et 3 dans le BE. Il s'agit de :

- (1) l'utilisation d'un serveur pour les échanges entre intervenants ;
- (2) la signature d'une convention entre les intervenants pour encadrer les échanges ;
- (3) la désignation d'un responsable chargé de structurer les échanges entre les intervenants ;

(4) les formations pour garantir la bonne transition du niveau 1 du BIM vers les niveaux 2 et 3.

Ces préalables ont un coût sur le projet final, mais ce coût est amorti par l'efficacité gagnée dans les études :

- (1) les gains de temps lors de l'approvisionnement obtenus grâce aux documents de type *Files to Factory* 'F2F' et les plans d'approvisionnement du type *Supply Chain Management* 'SCM' ;
- (2) l'ordonnancement des tâches est facilité par la gestion intégrée des corps de métiers du BE avec l'approche : *Enterprise Resource Planning* ERP ;
- (3) la suppression des erreurs pendant la conception avant la réalisation des projets.

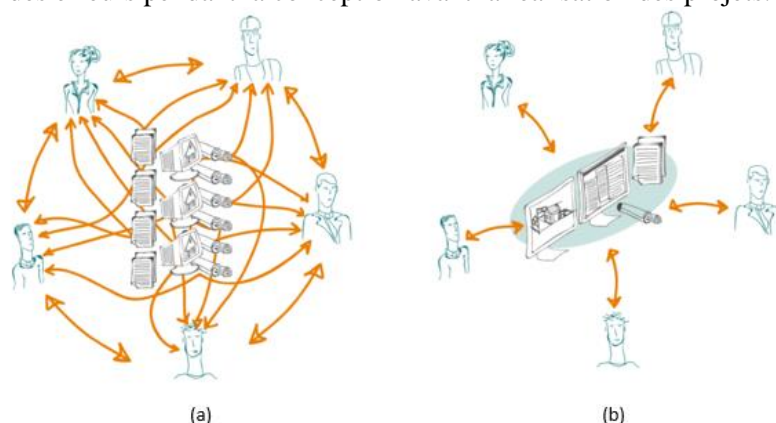


Figure 4. Comparaison entre le processus traditionnel et BIM (Lemoine, 2014)

## 5 La finalité de l'interface CLBIM

Le BIM de niveau 1 pratiqué par le BE engendre un processus fragmenté à cause des utilisations des maquettes isolées. Il se crée dès lors un besoin de coordination et de collaboration entre les différentes maquettes. C'est ici qu'intervient l'interface CLBIM. Cette interface permet de structurer la communication entre les différentes disciplines du BE et renforce les compétences techniques des collaborateurs. Comme exemples de collaboration et de coordination dans le BE, on peut citer :

- (1) la recherche des conflits ou collisions entre objets pendant la phase de conception 'As-Design'. Cela se fait grâce à la superposition des maquettes numériques. On peut ainsi détecter un éventuel chevauchement entre deux objets, par exemple : une poutre et une gaine de ventilation, une canalisation ou équipement de HVAC dans le dégagement d'une porte, etc. ;
- (2) la superposition des maquettes permet également de localiser avec précision les points de percements des techniques spéciales dans les éléments de la structure ;
- (3) la création automatique des métrés de tous les éléments et objets mis en œuvre pendant l'étude du projet par l'interface CLBIM.

## 6 Développement de l'interface et formations de prise en mains

Le développement de l'interface pour le BE est découpé en trois axes tels que :

- (1) l'identification : elle permet d'établir l'inventaire détaillé des méthodes de travail du BE. Cette partie est faite dans l'état des lieux des pratiques du BE ;
- (2) la qualification : elle permet de scinder les différents modes de traitement des problèmes. Cette qualification contribue ensuite à élaborer des solutions sous forme de gabarits : un gabarit de stabilité et un gabarit de techniques spéciales ;
- (3) l'écriture des solutions : elle permet de fournir les deux gabarits de travail comportant les cas de figures identifiés et les choix effectués par la qualification pour la résolution des problèmes. Ces gabarits doivent inclure la possibilité d'y faire l'architecture et d'y inviter des entreprises extérieures à travailler simultanément dans le même projet.



Des formations sont données aux collaborateurs du BE afin d'assurer la bonne prise en main de ces gabarits pour ainsi faciliter la transition vers les niveaux 2 et 3 du BIM dans le BE. Ces formations données aux collaborateurs du BE ont pour but de/d' :

- (1) assurer la qualité de travail rendu à la fin de l'étude d'un projet BIM de niveau 2 et 3 ;
- (2) favoriser le changement de mentalités et les habitudes de travail des collaborateurs du BE ;
- (3) stimuler chez les collaborateurs du BE l'intégration d'une vision globale du projet de construction pendant son étude ;
- (4) créer des conditions propices pour l'entraide parmi les collaborateurs du BE.

Malgré tous ces moyens, nous avons relevé des obstacles au déploiement du BIM dans le BE tels que :

- (1) l'hostilité au changement, qui peut s'expliquer par :
  - a. la peur d'une nouvelle formation, surtout lorsqu'elle apporte trop de contraintes ;
  - b. la baisse de la productivité pendant la formation reprise par des "turn-over" ;
  - c. l'absence de statistique sur la performance actuelle de la transition BIM ;
- (2) la définition claire des rôles de chaque intervenant dans la réalisation des projets BIM ;
- (3) les coûts matériels et humains de cette nouvelle forme de travail.

## **7 Stratégie d'implémentation de l'interface CLBIM**

Nous examinons ici la taille du BE et la population de référence choisie pour l'étude, la stratégie de développement au travers du management du BE et de la méthode d'implémentation et enfin le ressenti de cette population de référence et leur comportement face aux changements.

### **7.1 La taille du BE et la population ciblée par le projet**

La partie ingénierie du BE qui est concernée par ce projet compte environ une quinzaine de collaborateurs. Le management du BE est fait par une équipe de six gérants, quatre gérants en stabilité et deux gérants en techniques spéciales. Le pilotage du projet est fait avec deux gérants, un gérant pour le pilotage en stabilité et le deuxième gérant pour les techniques spéciales. La population ciblée par cette étude est constituée en plus des deux gérants de deux collaborateurs en stabilité et trois collaborateurs en techniques spéciales.

### **7.2 Stratégie pour le développement de l'interface**

Le développement de l'interface est fait en deux parties principales en rapport avec les deux gérants associés au pilotage. Les deux équipes formées autour des gérants chargés du pilotage du projet auront pour mission d'alimenter en question et problèmes la base de données de travail, de tester et de valider les objets et les outils produits pendant le développement de l'interface et enfin, de donner leurs observations sur la qualité des livrables. Des réunions d'évaluation et d'état d'avancement sont placées dans ces phases afin de structurer et de coordonner l'avancement du projet.

Au niveau du management, les gérants ont manifesté leur volonté de faire évoluer leur technique de travail, ce qui a contribué à donner un écho positif dans le staff des collaborateurs du BE.

### **7.3 Le ressenti et comportement des collaborateurs par rapport au projet**

Le ressenti au niveau des collaborateurs a évolué durant le développement du projet. Au démarrage, les réponses aux questions et aux problèmes posées par les collaborateurs n'ont pas trouvé une forte adhésion de la part des collaborateurs. Mais avec la simplification des outils et des objets, l'aide à la prise en main de ces livrables, les collaborateurs se sont laissé entraîner dans le projet et sont actuellement des partisans de cette manière de travailler. Comme témoignage de cette évolution, nous assistons de plus en plus dans le BE à l'abandon des schémas de principe 2D au profit des modèles 3D. L'avantage de cette évolution rapportée par les collaborateurs eux-mêmes est la présentation directe en

2D sous tous les points de vue du modèle 3D et la présentation au client des dessins conceptuels qui lui permet de mieux se représenter la construction finie sur chantier en phase d'étude.

Le comportement des collaborateurs face au changement est similaire à leur ressenti. Au démarrage du projet ils ont présenté une hostilité très exacerbée face au changement des méthodes de travail. Mais avec la vision managériale des gérants et la nécessité manifeste de ceux-ci à faire évoluer leurs procédés de travail, les collaborateurs sont eux-mêmes devenus des acteurs du changement.

## **8 Les collaborations mises en place dans le projet**

Nous avons pu développer et tester deux types de collaboration durant le développement de l'interface. Il s'agit de la collaboration en interne (close BIM) et la collaboration en externe (Open BIM). Pour les deux types de collaboration, nous avons établi un protocole d'interopérabilité pour les modèles 3D et un protocole d'importation pour les dessins 2D. Deux exemples concrets de collaboration ont été illustrés dans ce projet au cours de l'implémentation de l'interface CLBIM.

### **8.1 Collaboration en interne**

Dans le cas où l'architecte fait lui-même ses maquettes numériques, les maquettes stabilité et techniques spéciales sont établies en superposant en arrière-plan la maquette architecturale. Le protocole d'interopérabilité est exploité dans le BE pour extraire et contrôler les données contenues dans la maquette architecturale. À la fin du protocole d'interopérabilité, une nouvelle maquette architecturale mise en lien avec les deux maquettes établies par le BE est renvoyée à l'architecte pour le contrôle et le suivi des mises à jour. Cette manière de travailler correspond au BIM de niveau 1 ou sur maquettes numériques isolées entre le BE et le cabinet d'architecture. Les inconvénients résident alors dans : le suivi des correspondances ; la recherche des collusions ; les défauts d'interopérabilité et la reproduction partielle ou totale de la maquette architecturale. En revanche, dans le BE, avec le serveur local accessible pour tous les collaborateurs du BE, nous atteignons le BIM de niveau 2. Mais, à ce stade, chaque collaborateur ne publie sur le serveur que ce dont il a envie depuis son poste individuel.

Si nous obtenons de l'architecte uniquement des plans 2D du projet, alors, une maquette architecturale est établie dans le BE. En appliquant le protocole d'interopérabilité, les maquettes de stabilité et des techniques spéciales sont établies. Le suivi des mises à jour est fait sur base des plans 2D venant de chez l'architecte.

### **8.2 Collaboration en externe**

Quelle que soit la provenance de la maquette architecturale, une copie est enregistrée sur le serveur BIM comme un fichier central. Cette maquette est abritée dans l'interface développée dans ce projet. Chaque collaborateur en fonction de son secteur d'activité, ainsi que les entreprises externes (cabinet d'architecture et entreprise de construction générale), sont invités à enregistrer un fichier local pour leur étude. Les études sous fichiers locaux sont simultanément mises à jour dans la maquette centrale et toutes les collaborateurs affectés à l'étude sont au courant en temps réel de l'avancement. Le BE est ainsi propulsé au niveau 3 du BIM ou niveau ultime du BIM.

Dans l'arborescence du projet, des rubriques ont été prévu pour inviter ces entreprises externes afin de circonscrire leurs actions et d'éviter des conflits lors de l'étude du projet.

### **8.3 Les résultats obtenus grâce à l'interface CLBIM**

Les figure 5 à 8 sont représentatives du type de résultats actuellement développés dans le BE par des collaborateurs. Cette précision est faite afin de montrer le chemin parcouru. Les collaborateurs sont actuellement capables de/d' :

- (1) modeler eux-mêmes leurs maquettes numériques architecturales à partir des plans 2D venant de chez l'architecte (cf. Figures 5 et 7) ;

- (2) exploiter un protocole d'extraction et/ou d'interopérabilité entre leur maquette et celles venant de chez l'architecte ;
- (3) établir eux-mêmes leur maquette numérique en stabilité et en techniques spéciales ;
- (4) modéliser pour la stabilité, les assemblages métalliques, les éléments de structure en BA ;
- (5) modéliser pour les techniques spéciales, les gaines techniques, les locaux techniques, les tracés de gaines de ventilation et les canalisations de chauffage et de plomberie sanitaire ;
- (6) générer automatiquement les plans 2D pour exécution à partir des modèles 3D ;
- (7) générer automatiquement les métrés de tous les objets modélisés dans leur maquette ;
- (8) suivre l'évolution des mises à jour venant de chez l'architecte ;
- (9) coordonner les études entre les disciplines afin d'établir les plans de percement des canalisations et gaines dans les éléments de structures ;
- (10) définir les différentes phases de l'étude du projet et d'éditer la documentation relative au projet.

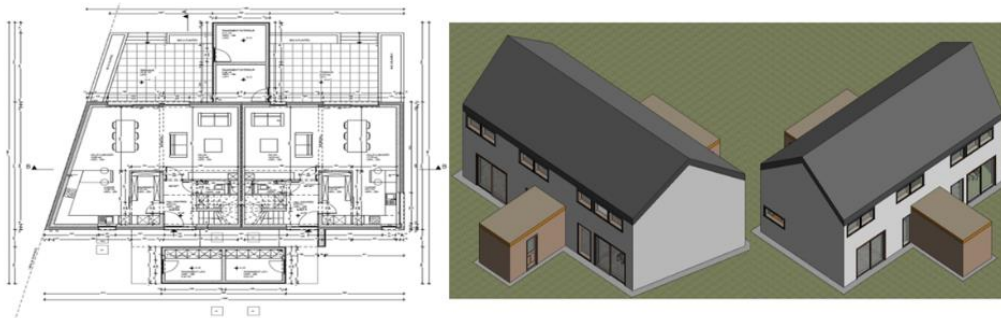


Figure 5. Modélisation architecturale à partir des plans 2D

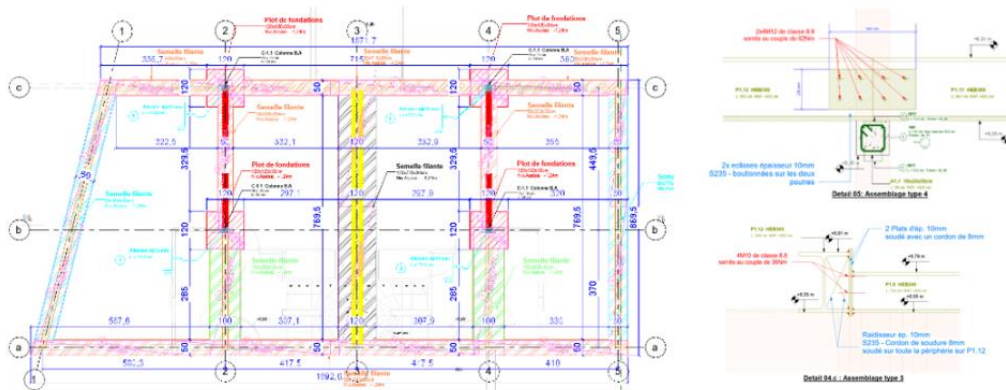


Figure 6. Plans et détails de stabilité générés de la maquette numérique

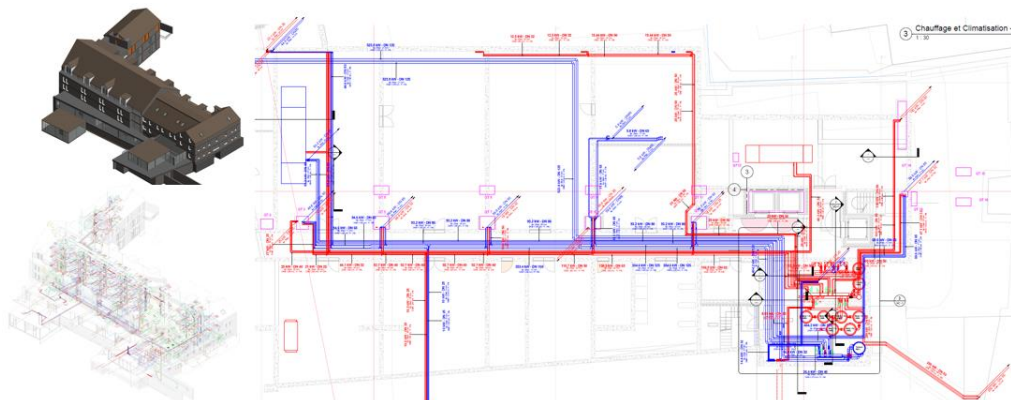


Figure 7. Maquette architecturale et de techniques spéciales

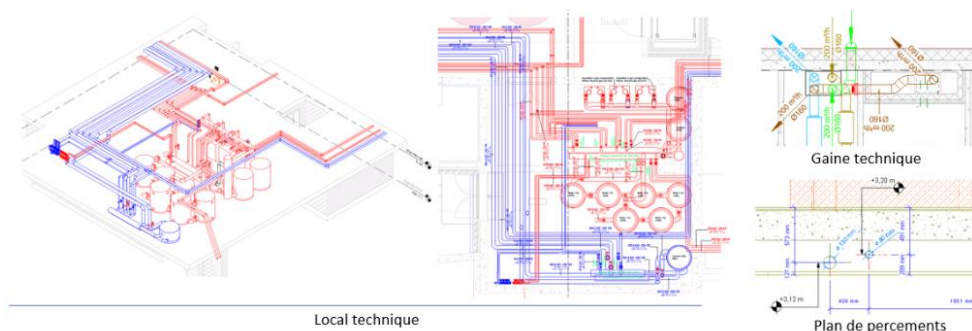


Figure 8. Local et gaine technique et plan de percements inter-disciplines

## 9 Conclusion

Cette étude porte sur la transition digitale dans les métiers de la construction des bâtiments. Le but principal de l'étude est la fusion des interventions du BE dans une interface CLBIM. Durant l'étude, l'analyse de l'évolution des méthodes de travail au travers du BIM a été réalisée et a mis en évidence l'importance de celle-ci pour la construction. À la suite de cette analyse, une interface de travail en rapport avec le BIM a été développée. Cette interface doit regrouper en un seul lieu et de manière simultanée l'intervention du BE et celui de ces partenaires. Des aides pour la prise en main des outils, des protocoles et de l'interface ont été faites auprès des collaborateurs. Ces aides ont permis de développer durant ce projet deux modes de collaboration dans un projet de construction.

Des résultats qualitatifs ont été enregistrés durant ce projet : un changement de mentalité de la part des collaborateurs associés à l'étude ; une prise en main progressive des concepts mis à leur disposition ; et enfin, la modélisation et la gestion des projets de A à Z.

En revanche, pendant l'étude, des résistances au développement du projet ont été observées. Ces résistances se justifient par la peur du changement de la part des collaborateurs, de la complexité des logiciels de travail qui augmente des contraintes lors de la modélisation 3D des projets de construction. Ces résistances ont été surmontées grâce à l'implication des gérants du BE qui ont incité les collaborateurs au changement. Enfin, l'adaptation de l'étude aux pratiques courantes du BE a fédéré les collaborateurs autour du projet de développement de l'interface CLBIM.

Pour terminer cette étude sur une note positive, nous devons retenir que le développement du BIM a pour vocation de créer des leaders. Dans un projet impliquant plusieurs acteurs, c'est le leader ou le plus habile qui dicte les règles. En termes d'efficacité, les projets traités par la méthode BIM permettent de réduire la quantité de papier d'impression ; d'optimiser les échanges par courriels entre intervenants ; de supprimer le temps dédié à la reproduction lorsqu'on travaille sur des maquettes isolées ; de gagner du temps lors de la coordination des projets et la recherche des erreurs ; et enfin d'anticiper sur l'approvisionnement sur chantier par la production de la documentation en phase d'étude.

### Remerciements

Cette étude est soutenue à 25% par des fonds propres du bureau d'étude BGS et à 75% par les subsides de la Région Wallonne sous la convention ST 1820075 – BGS. Les auteurs de l'étude sont des enseignants-chercheurs de la Haute École de Namur-Liège-Luxembourg (Henallux) du département Ingénieur Industriel de Pierrard à Virton. Nous remercions les relecteurs pour leurs commentaires constructifs qui ont permis d'améliorer le manuscrit original de cet article.

### Références bibliographiques

Levan, S. K. (2016). *Management et collaboration BIM*. Paris : Eyrolles.

Novam (25/03/2019). *Le BIM expliqué en 4 points*. Issu de: <https://blog.novam-ingenierie.com/le-bim-explique-en-4-points/> (consulté le 22/09/2020).

Lemoine, T. (2014). BIM : collaborer est le mot d'ordre. *CSTC-Contact n° 42 (2014/02)*. <https://www.cstc.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=bbri-contact&pag=Contact42&art=643> (consulté le 22/09/2020).

Valente, C. (2019). *Les niveaux de détail d'une maquette*. Issu de: <https://bimftp.com/decouvrir-le-bim/les-niveaux-de-detail-dune-maquette/> (consulté le 22/09/2020).

# Éducation libérale et pratiques du soin

*COPPENS François*

*Haute École Léonard de Vinci*

[francois.coppens@vinci.be](mailto:francois.coppens@vinci.be)

## Résumé

Nous proposons une réflexion sur la tension entre les finalités d'une éducation qui vise à l'émancipation des individus (l'émergence et le respect de l'autonomie des sujets et leur intégration dans une société elle-même autonome) et une pratique des soins qui à la fois se rapproche de cette visée émancipatrice par sa perspective holistique et s'en éloigne par la réduction de la pratique à l'efficacité. Cette tension se manifeste notamment comme une équivocité dans la manière dont notre société moderne met en œuvre les formations aux métiers du soin et du travail social.

Une perception plus claire de cette équivocité est intéressante au regard de trois questions qui se déclinent dans la réflexion proposée ici. Quelle importance donner dans ces formations à l'esprit critique, à la décentration et à ces compétences intellectuelles qui ne se réduisent pas à l'application de savoirs, normes et procédures ? Quels choix de société se traduisent dans la mise en œuvre effective des formations aux métiers de la relation ? Quelles sont les ressources de la philosophie de l'éducation pour discerner ce que l'humain fait de lui-même dans ces actions éducatives et formatives par lesquelles notre société se met en chantier ?

**Mots-clés** : autonomie, éducation libérale, raisonnement clinique, soin, sujet.

## 1 Une ambiguïté problématique

Autant la pratique des professionnels engagés dans l'enseignement, le travail social et le soin que les travaux d'analyses plus théoriques de la société contemporaine font apparaître des questions qui, sauf à renoncer définitivement à tout exercice d'une responsabilité collective sur ce que devient notre société, demandent à être examinées. La réflexion proposée ici s'inscrit dans le prolongement d'un travail mené depuis plusieurs années sur les évolutions de la société contemporaine et, en particulier, sur les enjeux éthiques et anthropologiques des formations professionnalisantes aux relations d'aide et de soin<sup>1</sup>.

Il y a selon nous un triple intérêt à interroger ces formations professionnalisantes dans une perspective de philosophie de l'éducation. C'est que ces formations sont à la fois (1) une fenêtre révélatrice d'un certain nombre de choix et d'évolutions qui traversent concrètement notre société, (2) une réalité complexe, dont la bonne intelligence demande un recul critique qui ne se réduise pas à une logique de fonctionnement efficace et enfin (3) l'un des terrains d'action où se joue ce que notre société fait d'elle-même et de son avenir.

---

<sup>1</sup> Le travail sur lequel s'appuie cette proposition est développé dans diverses publications, pratiques pédagogiques et collaborations interdisciplinaires avec différents partenaires, en Belgique et à l'étranger, qui ne seront que mentionnées en notes de bas de page. Voir notamment nos articles « Relation d'aide : trois perplexités du temps présent » dans *Recherches philosophiques*, n°2, mai 2016, 25-44 ; « Pour un réveil de la praxis ? Quelques pistes en philosophie » dans *Reliance Psychomotrice*, n°19, juillet 2016, 4-9. On y trouvera davantage de précisions quant à l'usage des termes de *modernité*, que nous entendons ici avec Gauchet (2017) comme à la fois l'époque et l'organisation sociale qui repose sur le projet d'une rupture avec toute hétéronomie ; d'*hypermodernité*, que nous utilisons avec Aubert (2006) pour désigner cette forme radicalisée de modernité, aussi appelée modernité « tardive » ou « avancée », qui se définit par l'exigence de pousser à l'extrême le rejet de toute hétéronomie et par la transformation qui en résulte quant à une autonomie comprise dès lors comme dépassement de toute limite plutôt que comme maîtrise critique ; d'*individualisme*, entendu avec Taylor (2008) comme la perspective selon laquelle il revient à l'individu de se gouverner soi-même ; et enfin de *néo-libéralisme*, entendu avec Stiegler (2019) comme cette forme extrême (et inversée, pour ce qui concerne une philosophie politique) que le libéralisme prendrait dans la soumission du politique aux exigences d'une économie affranchie de toute considération pour le bien commun.

On le voit bien, pour prendre l'exemple peut-être le plus évident, en ce qui concerne l'autonomie. Tant l'organisation concrète de ces parcours de formation que leurs contenus et les compétences qu'ils visent sont une expression révélatrice (à la fois reflet et mise en œuvre effective) de cette injonction à l'autonomie qui définit notre modernité tardive (Ehrenberg, Mingasson & Vulbeau, 2005 ; Gauchet, 2017). L'accompagnement des étudiants qui interviennent effectivement auprès de personnes en dépendance suppose, sous peine d'en faire l'instrument d'une injonction paradoxale, de dépasser la compréhension simpliste de cette valeur ou de cette norme et de prêter attention à ses ambiguïtés et aux tensions qui la traversent (Rey, 2006 ; Bourgeault, 2019). Enfin, c'est aussi au travers de ce qu'elle fait de l'autonomie du sujet, dans les domaines de la santé, du travail social et de l'éducation, que notre société détermine ce que deviendra notre liberté, entre le projet moderne et sa reformulation hypermoderne comme dépassement des limites et de soi (Aubert, 2006). L'implication de l'autonomie dans les formations professionnalisantes est bien à la fois révélatrice, complexe et décisive et comme nous l'annonçons c'est à ce triple regard que la mise en œuvre de ces formations mérite un examen qui mobilise les ressources d'une philosophie de l'éducation.

C'est dans cette perspective que nous avons entrepris d'examiner de plus près, dans le champ des formations professionnalisantes, une équivocité qui traverse la mise en œuvre des pratiques du soin dans le contexte de la modernité contemporaine. Cette équivocité apparaît dans l'ambiguïté ou la contradiction entre d'une part une approche du soin et de la relation d'aide qui se veut holistique et orientée vers l'épanouissement de la personne et, d'autre part, l'exigence croissante d'une efficacité visible et objectivement évaluable<sup>2</sup>. Une exploration attentive de cette problématique, et de ce qui se produit ou se met en œuvre dans cette tension, nourrit une compréhension plus fine de notre démocratie libérale, contribue à des pratiques plus justes d'éducation et de formation et enfin autorise une participation plus lucide (et en cela conforme aux exigences à la fois de la modernité et de la démocratie libérale) aux choix qui déterminent l'avenir de notre société.

Tel est le fil conducteur, dans le champ d'une philosophie de l'éducation, que nous allons présenter dans ces pages en reportant aux notes de bas de pages à la fois les pistes de développement les plus théoriques et les productions concrètes de cette démarche de recherche. Ces diverses productions prennent une double part dans l'exploration entreprise. Communications et publications, organisations de séminaires, symposium et formation continue ou collaborations de recherche relèvent à la fois des méthodes ou moyens utilisés au service de cette interrogation, offrant des moments et des lieux mais surtout des interactions qui permettent d'avancer dans la réflexion. Mais elles constituent aussi des actions qui permettent à celle-ci de réaliser ses objectifs concernant la mise en œuvre d'une formation et la participation responsable à l'avenir de nos sociétés.

## 2 Un savoir qui, s'il agit, ne peut

Au fil de notre engagement professionnel, à la fois dans les cours que nous donnons<sup>3</sup>, l'accompagnement des étudiants dans leur parcours de stage et l'attention aux démarches d'analyses réflexives par l'écriture et les interactions entre pairs, s'est imposée à nous la nécessité d'une interrogation rigoureuse sur les savoirs pratiques des professionnels de la santé et du travail social. Assez rapidement, cette interrogation a mis en lumière l'importance de nourrir l'attention prêtée à la différence essentielle entre une action qui vise à produire un objet, d'une part, et d'autre part une action ou une *praxis* dans laquelle il en va de

---

<sup>2</sup> Notre tentative d'élucider cette équivocité, plutôt que d'en valoriser l'un des termes au détriment de l'autre, s'appuie sur les ressources d'une tradition dite d'éducation libérale (cf. Standish, 2007 ; Oakeshott, 1991) : celle-ci se différencie aussi bien de la réduction néo-libérale, abusivement appelée libérale, aux exigences de la rentabilité ou de l'efficacité que, d'autre part, des théories dites du care qui identifieraient la rationalité de l'individu libéral à la poursuite de son intérêt individuel, à l'exercice de sa souveraineté (voire de sa domination) ou à une maximisation de l'efficacité, dont il s'agirait alors de démarquer le soin et le souci pour l'autre, le « care » par opposition au « cure ». L'une et l'autre de ces approches transforment en alternative cette contradiction qu'il importe au contraire, selon nous, d'élucider et d'habiter comme une équivocité essentielle à l'humain.

<sup>3</sup> Notamment les cours de philosophie aux futurs éducateurs spécialisés et la formation au raisonnement clinique des futurs kinésithérapeutes : cf. Dunne (1993, 2007) et Kinsella & Pitman (2012).

l'humain et non pas de la production d'un objet. Selon cette différence, qui veut par exemple qu'une aide-soignante ne lave pas un patient comme un marmiton lave une salade, ce serait là deux actes essentiellement différents et éclairés par deux formes très différentes de rationalité<sup>4</sup>.

C'est là une vieille distinction, qui vient croiser sans qu'il faille la confondre avec elle une autre distinction plus souvent évoquée et étudiée, celle qui distingue les savoirs théoriques et les savoirs pratiques<sup>5</sup>. Cette vieille distinction avait été élaborée par Aristote au livre 6 de l'*Éthique à Nicomaque*, dans des pages qui en ont fait l'une des prémisses de la pensée occidentale. Elle fait en effet partie de cette pensée par laquelle nous tentons d'éclairer rationnellement ce que nous sommes et ce que nous faisons : l'humain ne se traite pas comme une salade, mais il importe que nous mobilisions la raison dans notre traitement de l'un comme de l'autre. Double héritage, on le voit, qui affirme à la fois l'importance que l'agir mobilise la raison et, ce qui nous intéresse ici, l'importance de ne pas réduire l'un à l'autre ces deux types d'action raisonnable. Mais tout autant que ce double héritage, la tentation d'oublier cette distinction définit peut-être également notre rationalité, justifiant d'ailleurs parfois l'abandon de l'exigence de mobiliser une raison qui serait réduite à l'une seulement de ses dimensions. Cette tentation et ce risque sont inhérents à la forme que s'est donnée la rationalité dans le projet moderne : elle y fonde l'action sur la maîtrise que permet la science, identifiée à la connaissance des lois qui nous donnent les moyens d'expliquer et d'anticiper les phénomènes<sup>6</sup>. Dans ce projet moderne sans doute l'écart entre savoir et pouvoir est-il particulièrement fragilisé, tant est forte l'ambition de la maîtrise que permettent la science et la technique qui traduit l'efficacité de cette dernière. Savoir et pouvoir s'y *entendraient* non comme on s'écoute, mais comme on est en collusion.

C'est précisément de cette question de la juste articulation entre savoir et pouvoir qu'il s'agit aussi dans cette distinction entre une activité de production et une action envers l'humain. Un tel enjeu est directement et très pratiquement au cœur de ces activités professionnelles dont la formation nous préoccupe ici et, au travers de celles-ci, dans ce que notre société entreprend de faire d'elle-même : *nous autoriserons-nous à donner aussi part au savoir qui, s'il agit, ne peut ?*

Qu'on nous pardonne cette tournure alambiquée. Elle tente de dire au plus près le fil que tissent, dans notre attention, le déchiffrement de la présence attentive d'un éducateur auprès d'un enfant atteint de pathologie profonde<sup>7</sup>, les réflexions sur « l'être là » de l'éducateur spécialisé (Libois, 2013), l'engagement pour une relation éducative comme « un temps et un espace, à la fois instables et sécurisés » (Gaberan, 2003), le refus d'assimiler la relation socio-éducative « à un simple échange marchand » (Brichaux, 2006), ou encore la révolte contre un modèle managérial affichant si bien son souci d'épanouissement dans le flux du changement qu'il peut discréditer la professionnalité et la sécurité qu'elle permet (Linhart, 2015 ; Stiegler, 2019). Une attention à tout cela, donc, mais par la mobilisation critique d'une exigeante rationalité, et non en-dehors d'elle comme s'il s'agissait de contrebalancer les froideurs de la raison par un peu d'humanité, ou d'ajouter à la rigueur des méthodes rationnelles la douceur des sentiments ou la chaleur des valeurs qui viendraient les compléter<sup>8</sup>.

Il ne s'agit pas en effet de compenser la froideur de la raison par la chaleur de l'humanité, et dès lors d'osciller de l'une à l'autre dans un va-et-vient incessant et instable, mais bien de prendre la juste mesure

---

<sup>4</sup> Voir Pols, J. (2006). « Washing the citizen: washing, cleanliness and citizenship in mental health care ». *Culture, Medicine and Psychiatry*, 30, 77-104 ; notre article « Des éducateurs spécialisés dans le bain du management ». *L'Observatoire*, n°93, 2017, 71-75.

<sup>5</sup> Telle qu'elle est travaillée notamment dans les travaux de Polanyi (1969), Schön (1983) & Barbier (1996).

<sup>6</sup> Cf. Dunne (2007, p. 94), Taminiaux (2014) & Kennington (1998).

<sup>7</sup> Travaillé avec les étudiants, notamment, à partir d'un extrait de l'excellent film-documentaire « À Ciel ouvert », produit en 2014 par Mariana Otero sur l'institution du Courtil (Belgique).

<sup>8</sup> Voir notre article (2017) « Enseigner après *Totalité et Infini* ? Le savoir comme puissance et comme critique », dans Éric Hoppenot, Michel Olivier & Joëlle Hansel (eds), '*Totalité et Infini*' : une œuvre de rupture. Paris : Manucius, 86-103.



d'une raison qui dans le champ de l'action ne se limite pas à la rationalité technique. C'est d'autant plus important dans un contexte où cette dernière a puissamment montré son pouvoir et son succès, comme l'écrit Dunne (2007 : 95, notre trad.) :

[D]es tentatives sont progressivement menées pour organiser l'action et l'interaction humaines, en particulier dans des domaines spécialisés de la pratique, selon les exigences (de la rationalité technique). Comme son prestige s'est accru – au point qu'elle n'est plus guère vue comme une forme de rationalité, avec sa propre sphère limitée de pratique, mais comme coïncidant avec la rationalité comme telle – des modes de connaissance qui ne s'accordent pas avec elle sont jugés non-rationnels et donc sans crédibilité pour apporter quelque progrès dans un domaine.

À cet égard, l'investigation des critères permettant de distinguer et d'articuler les deux formes de rationalité qui éclairent l'action-production et l'action-praxis (la rationalité technique pour l'une et la prudence pour l'autre) est importante. Elle est soutenue par les mobilisations récentes qui en ont été offertes dans les champs de l'anthropologie politique (Taminiaux, 2014), du raisonnement clinique (Braude, 2012) et des formations professionnalisantes (Standish, 2007)<sup>9</sup>.

Sans entrer ici dans des précisions exposées ailleurs, signalons la fécondité de cette distinction pour la prise en compte des spécificités d'une situation clinique, essentiellement particulière et changeante. Cette prise en compte est en relation avec des fins qui ne se résorbent pas dans des objectifs objectivables. Il y va à la fois de l'instant spécifique et d'un avenir imprévisible. L'action s'y caractérise par la nécessité d'assumer une essentielle incertitude et, donc, l'impossibilité de la maîtrise<sup>10</sup>. Signalons également la convergence de cette problématique avec une autre approche que nous mobilisons également, à la fois dans nos pratiques et dans nos travaux, à partir notamment du texte de M. Cifali sur ce que Freud appelait les « métiers impossibles », tous ceux qui relèvent du gouvernement, de la santé et de l'éducation : on peut y être « sûr d'emblée d'un succès insuffisant ». Dans ces situations, commente Cifali, « ou bien ce succès insuffisant se donne comme un échec à réduire, ou bien il relève d'une qualité à préserver » (Cifali, 1999 : 3). Rendre explicite la tension entre ces deux perceptions de « l'insuffisance du succès », c'est susciter et soutenir une attention très formatrice à la distinction entre fabrication et action envers autrui<sup>11</sup>.

---

<sup>9</sup> Voir la deuxième partie de notre article (2019) « La formation à la relation d'aide et de soin comme praxis ». *Penser l'éducation*, n°44, 27-41.

<sup>10</sup> Pour la littérature soutenant ces affirmations, signalons seulement Dunne (1993), Montgomery (2006), Braude (2012) et Taminiaux (2014). Ces critères de la particularité, des fins, du temps, de la maîtrise et de l'incertitude sont particulièrement féconds sur le plan pédagogique, par exemple pour les pratiques de relectures de situations professionnelles en accompagnement des pratiques de stage ou pour l'appui et l'apprentissage et le soutien des dynamiques d'écriture, que ce soit dans l'accompagnement des pratiques de stages ou dans des séminaires « Parole et écriture ». Outre cette mobilisation pédagogique des critères signalés, plusieurs productions ont permis à la fois leur investigation et leur mobilisation. Citons en particulier l'organisation d'une journée de formation continue pour les éducateurs spécialisés, le 3 octobre, sur « Engagement, Violence et écriture », avec l'intervention de Jacques Berton et Yolande Verbist ; l'organisation et l'animation d'un « P'tit groupe », séminaire de lecture de textes sur l'incertitude dans le raisonnement clinique, dans le cadre de la Haute École Léonard de Vinci ; l'organisation d'une conférence de H. Braude, « Comment savent les soignants ? Intuition et raisonnement clinique », en novembre 2019 ; la proposition d'un symposium « Teaching clinical reasoning: practical wisdom, uncertainty and intuition » au congrès de l'ER-CWPT à Leuven en septembre 2020, en coopération avec des collègues de la Haute École Léonard de Vinci, de la HELHa, des Universités de Rouen-Normandie et d'Orléans, et de l'Université Laval ; enfin une concertation en vue d'un projet interdisciplinaire de recherche sur une « pédagogie de l'incertitude » dans la formation du raisonnement clinique.

<sup>11</sup> Voir notre article (2019) « Écrire, un pas de côté ? D'une pratique pédagogique dans la formation des éducateurs spécialisés ». *L'Observatoire*, n°100, octobre, 39-43.

### 3 L'éducation libérale

Un autre éclairage, en référence celui-là à la tradition dite d'éducation libérale, vient croiser celui que nous venons de présenter dans son exigence de ne pas rabattre la raison sur la seule forme de la rationalité technique ni l'ensemble de l'action humaine sur la seule activité de production.

Une éducation « libérale » peut d'abord être entendue dans un sens qui converge avec un certain nombre de valeurs communément acceptées aujourd'hui. Ce sera le cas notamment dans le fameux ouvrage de Nussbaum (1997), pour qui il s'agit essentiellement de créer une classe de « citoyens du monde » qui, par leur esprit critique et leur imagination narrative, dépassent les frontières de classe, de genre ou d'origine. Ainsi en va-t-il des écoles et collèges « libéraux », en pays anglo-saxons, qui forment des humains généraux avant leur spécialisation professionnelle, pouvant arguer du fait que ce premier cycle, général ou humaniste, sera gage d'une meilleure formation spécialisée (en second cycle). En ce sens, est dite libérale l'éducation qui vise au développement d'un humain accompli et à son épanouissement (*human flourishing*) plutôt qu'à l'apprentissage d'une capacité professionnelle ou pratique particulière.

La même aspiration peut s'entendre plus près de nous, mais sans référence à l'éducation libérale, dans la protestation contre une école qui « a presque abandonné la partie en investissant plus que jamais la formation utilitaire au service du marché de l'emploi et sacrifie depuis longtemps les sciences humaines » (Remacle, 2009 : 28). On peut croire la reconnaître également dans la valorisation actuelle de l'esprit critique et de l'empathie, qui se retrouvent dans cet ensemble flou appelé « compétences transversales » avec par exemple la capacité à gérer son temps ou le respect des consignes. Toutes capacités non-techniques particulièrement valorisées, du reste, dans le contexte d'une société qui se donne pour « nouveau paradigme » la flexibilité, le dépassement de soi et l'adaptation d'un individu entrepreneur de soi à un environnement en mutation permanente (Stiegler, 2019). Ainsi cette aspiration et la référence à une éducation libérale qui peut la porter semblent-elles converger, par un étrange retournement, avec une approche « néo-libérale » de l'éducation.

À ce premier risque de malentendu s'ajoute un deuxième, sitôt que l'on est tenté d'identifier l'éducation libérale à l'apprentissage des arts libéraux que la tradition (grecque et médiévale) définissait par le fait qu'ils ne sont pas des arts utiles : ceux-ci seraient destinés aux esclaves, tandis que ceux-là seraient réservés aux hommes libres. Cette référence serait donc porteuse d'une perspective selon laquelle il serait impossible d'exercer un art utile en homme libre : l'activité pratique s'opposerait à la liberté.

La référence à l'éducation libérale mérite cependant une investigation qui la soustrait à ce double risque ou à cette double tentation<sup>12</sup>. Elle apporte un éclairage intéressant sur la mise en œuvre contemporaine des formations professionnalisantes, tant pour ce que cette mise en œuvre révèle de notre société que pour la manière juste d'y agir et pour la manière dont notre avenir s'y joue aussi (Standish, 2007)<sup>13</sup>. Ce qu'apporte d'essentiel une référence à l'éducation libérale, en réalité, ce n'est pas tant le critère de l'absence d'utilité, ou la valorisation de la théorie par la prise de distance envers toute activité pratique, c'est bien davantage la présence du loisir (*skholè* en grec). « Éducation libérale » veut dire alors accéder à cette détente de la nécessité et de la contrainte sans laquelle est impossible toute vie de l'esprit comme

---

<sup>12</sup> Voir la première partie de l'article publié dans *Penser l'éducation* en 2019, cité *supra* note 9. Cette approche a d'abord été élaborée dans l'organisation d'un symposium (« Liberal Education : a Contribution to Peace ? ») en collaboration avec des collègues des Universités de Tilburg (Pays-Bas), Flensburg (Allemagne) et Texas A&M (États-Unis) et une communication (« 'How to be at leisure' : Liberal Education and Virtues ») dans le cadre du colloque *Education, Dialogue and Hope* de l'International Network of Philosophers of Education, en août 2018, ensuite dans une contribution (« Education and the Values of Late Modernity ») au congrès de la Fédération Internationale des Communautés Éducatives, *Better Future Opportunities for Children and Young People in Multicultural Societies*, en novembre 2019.

<sup>13</sup> Le projet d'explorer les ressources de cette tradition a donné lieu à l'organisation d'un Séminaire extérieur pour le Collège International de Philosophie (Paris), « Quelques enjeux contemporains d'une éducation libérale » à Bruxelles, d'octobre 2019 à janvier 2020. Ce séminaire a donné lieu à des interventions de J. Berton (« Le récit comme écrivain des pratiques »), O. Rey (« L'éducation et la (juste) mesure »), F. Coppens (« L'idée d'une éducation libérale »), J.-P. Lebrun (« Émergence du sujet humain et solidarité »), P. Standish et D. Janssens (« A Conversation : Liberal Education and Vocational Training ») et H. Braude (« A Liberal Medical Education »).

toute participation à ce que Oakeshott appelle la « conversation sans conclusion » propre à l'humain (1991 : 11, notre trad.) :

En tant qu'humains civilisés, nous sommes les héritiers non pas d'une enquête sur nous-mêmes et sur le monde ni d'un corpus accumulé de connaissances, mais d'une conversation, entamée dans la forêt primitive et étendue et clarifiée au fil des siècles. C'est une conversation qui se poursuit aussi bien en public qu'à l'intérieur de chacun de nous. (...) C'est la capacité à prendre part à cette conversation, et non pas la capacité de raisonner de manière convaincante, de faire des découvertes à propos du monde ou d'inventer un monde meilleur, qui distingue l'humain de l'animal et l'homme civilisé du barbare. L'éducation proprement dite est une initiation à la compétence et au partenariat de cette conversation par laquelle nous apprenons à reconnaître les voix, à distinguer les justes occasions de parole, et dans laquelle nous acquérons les habitudes intellectuelles et morales appropriées à la conversation. Et c'est cette conversation qui, en dernier recours, donne sa place et son caractère à toute activité et à toute parole humaine.

La question, pour juger de la qualité libérale d'une éducation, n'est donc pas de savoir si ses apprentissages seraient dénués d'utilité pratique ou si son cursus serait parallèle à une formation professionnalisante. Tout cela au fond n'est rien, au regard du seul critère qui compte vraiment. Nous pouvons identifier ce critère dans la critique adressée par Aristote à l'éducation spartiate « orientée tout entière vers la vertu guerrière, utile en vue de la domination » (*Politique* 1271b4-7) :

Tandis qu'ils se sont préservés eux-mêmes aussi longtemps qu'ils étaient en guerre, ils sont tombés en ruine lorsqu'ils ont gouverné un empire, du fait qu'ils ne savaient pas comment être-en-loisir, et parce qu'il n'y avait pas parmi eux d'entraînement qui ait plus d'autorité que l'entraînement pour la guerre. Cette erreur n'est pas une petite erreur. Ils considèrent que les bonnes choses pour lesquelles les hommes livrent généralement bataille sont gagnées par la vertu plutôt que par le vice, et ils ont raison ; mais ils considèrent ces choses comme étant supérieures à la vertu, et en cela ils ont tort.

Cette éducation orientée tout entière vers la domination a certes permis aux Spartiates de se préserver aussi longtemps qu'ils guerroyaient. Mais aussitôt qu'ils sont « devenus un empire » (c'est-à-dire qu'ils n'eurent plus à guerroyer), nous dit Aristote, ils sont tombés en ruine. Pourquoi ? Parce que leur éducation étant tout entière orientée vers la vertu guerrière, « ils ne savaient pas comment être-en-loisir (*skholazein*) ». <sup>14</sup>

Même s'il faut aller rapidement ici, on aperçoit les implications de ce critère non seulement pour la compréhension de notre modernité, mais aussi pour la mise en œuvre des formations professionnalisantes. Celles-ci ne sont-elles pas, en réalité, tout entière orientée par l'effort de remporter la victoire, de surmonter l'adversité, de dépasser les limites ? Que les apprentissages soient théoriques ou pratiques, intellectuels ou manuels, travaillant le savoir universel ou abstrait ou les réalités particulières et concrètes, la question est de savoir si ces apprentissages sont tout entier au service de la victoire ou si, par-delà celle-ci, peut s'y exercer un être-en-loisir ou cette activité et manière d'être humain qui s'ouvre si, quand, là où, dans la mesure où il ne s'agit pas seulement de guerroyer.

#### 4 Pour un sujet modéré

Il y a parfois, dans les interactions sociales comme dans les activités pédagogiques, de ces moments de béance ou de suspension des contraintes qui sont appréciés comme un repos. Un repos d'autant mieux venu qu'il permet, dans une pause bien nécessaire, de détendre ses muscles ou ses neurones avant de les ramasser pour reprendre l'effort ou, en quelque sorte, remonter au front. Dans la perspective d'une éducation libérale, la hiérarchie serait inverse : dans ces moments serait l'essentiel, non pas seulement

---

<sup>14</sup> Impossible de développer ici ce dont il en va dans cet être-en-loisir comme loisir non pas d'inactivité mais de détente qui permet l'étude (*skholè*) c'est-à-dire l'activité d'intelligence active du réel, qu'elle se joue dans les activités hautement intellectuelles de la contemplation ou dans la connaissance directe qui se produit dans la pratique d'une profession ou d'un art (voir Standish, 2007 et notre article cité *supra*, note 9).

récréation ou bien agréable repos du guerrier, mais activité en laquelle s'accomplit *par excellence* l'humain et dont tout le reste ne serait au fond que moyen ou préparation, et qui ne se produit que si s'ouvre cette détente, si les contraintes (matérielles, sociales, psychiques, économiques) se détendent, au moins un instant, pour qu'autre chose apparaisse. Autre chose, et pas seulement le ne-pas-travailler.

Il en va de la manière d'ordonner nos activités pédagogiques : quelle place et quelle importance y donnons-nous à ce qui se produit lorsqu'il ne s'agit pas d'accomplir une tâche ? Il en va aussi de la signification du loisir, de plus en plus importante et problématique dans nos sociétés, mais également de nos interactions (dans quelle mesure ouvrons-nous, au sein de nos préoccupations, craintes, combats, préjugés, la possibilité au visage de l'autre d'apparaître ?) et, pour revenir au souci pédagogique dans nos formations professionnalisantes, de la place que nous ouvrons à cette rencontre et à tout ce qu'elle suppose et permet dans nos formations à la relation d'aide et de soin.

Un mot encore à propos du mode de vie spartiate, qui n'a cessé en réalité d'exercer une fascination assez ambiguë sur notre esprit occidental<sup>15</sup>. Si Sparte apparaît comme un exemple de vertu, ce n'est pas tant pour le courage de ses citoyens combattants que pour l'effacement total de leurs intérêts privés au service de la communauté. Les enfants étaient pris à leur famille, élevés dans des camps, formés à la vertu guerrière et à l'engagement vertueux au service de la communauté. Et chacun avançait au combat abrité non par son propre bouclier, mais par le bouclier de son voisin, son propre bouclier protégeant le voisin de l'autre côté. Modération des envies individuelles, donc, et continence exemplaire de celui qui prend pour perspective l'intérêt commun. Tout le contraire, certes, de « l'individualisme » du consommateur avide, auquel on est vite tenté d'identifier l'individu « néo-libéral » contemporain et dont on dénoncera volontiers l'égoïsme en valorisant cette attention vertueuse au collectif. Mais tout le contraire également de l'excellence que vise l'éducation libérale : celle-ci est faite non pas de l'effacement de l'individu au profit de sa communauté, du renoncement de ses désirs individuels au profit de l'intérêt commun, de sa soumission totale aux lois, mais bien de sa capacité à se diriger lui-même selon la « juste mesure ».

L'éducation libérale ne consiste pas essentiellement à ne pas se limiter à l'apprentissage d'une pratique professionnelle, ni non plus à ajouter des valeurs à une raison réduite à sa forme de rationalité technique. Elle se joue dans la possibilité qu'émerge ce sujet capable de modération : une modération qui n'est pas la continence, ou l'effacement ou l'absorption de l'individu dans le tout social, mais qui est l'exercice du jugement capable d'identifier la juste mesure à suivre dans chaque situation particulière qu'il rencontre.

L'éducation libérale vise à l'émergence d'un sujet qui, par sa raison, s'ordonne à la juste mesure – la juste mesure ou le juste milieu n'étant pas la tiédeur de ce qui n'est ni chaud ni froid, n'étant pas le milieu arithmétique à équidistance de deux excès, selon l'image que l'on en donne la plupart du temps, mais au contraire l'engagement (radical s'il le faut) pour ce qui sera le moyen identifié comme juste. Non pas juste parce qu'au milieu, mais au milieu (ou moyen) parce que juste<sup>16</sup> ! On voit, encore une fois, les implications d'un tel recentrage lorsqu'il s'agit, avec des étudiants, de relire une situation concrète, la pertinence d'une intervention dans une interaction problématique ou un conflit, la hiérarchisation des biens et des intérêts entre lesquels il faut trancher par une décision. L'éducation libérale serait donc, à proprement parler, une formation à la *praxis* en tant qu'elle implique un sujet capable de poser un jugement, dans chaque situation particulière, prenant en compte les biens concernés – ce qui suppose aussi une perception des enjeux les plus élevés et souvent contradictoires qui sont impliqués dans cette situation, en particulier des finalités visées dans cette situation particulière, ainsi que les circonstances particulières (Braude, 2012).

---

<sup>15</sup> Chez Rousseau par exemple au début de son traité sur l'éducation quand, par contraste avec le citoyen spartiate totalement identifié à sa cité et dévoué à elle, il fustige l'homme de notre temps qui « toujours en contradiction avec lui-même, toujours flottant entre ses penchants & ses devoirs, (il) ne sera jamais ni homme ni citoyen ; il ne sera bon ni pour lui ni pour les autres » (Rousseau, 1969 : 249).

<sup>16</sup> Voir les analyses proposées par Olivier Rey dans le séminaire du CIPh, le 17 octobre 2019, et dans ses ouvrages *Une question de taille* (Stock, 2014) et *Quand le monde s'est fait nombre* (Stock, 2016).

## 5 Le sujet en perspective

La réflexion proposée ici est donc menée par la mise en tension des pratiques des formations professionnalisantes dans lesquelles nous sommes engagés, d'une part, et d'autre part des éclairages reçus d'auteurs qui permettent d'en comprendre les enjeux. Ce qui nous semble maintenant devoir être interrogé, c'est précisément l'émergence de ce sujet, ou l'émergence de cette sphère du *propre* qui se distingue aussi bien de la simple sphère privée (telle qu'elle est heureusement protégée par le droit mais qui ne suffit pas à comprendre ce qu'est le sujet dans sa subjectivité, son intimité, sa capacité propre à juger ni son intérêt propre) que de l'absorption dans le collectif (qui heureusement, même si c'est à cause des malheurs qui menacent, se rappelle à nous mais demande une pensée d'autant plus fine de l'individualité que la menace risque de nous faire oublier la différence entre la modération et la continence spartiate).

Il nous revient aujourd'hui, dans les réflexions théoriques comme dans les pratiques pédagogiques<sup>17</sup>, de mobiliser avec exigence<sup>18</sup> une raison qui ne se réduise pas à une rationalité technique. Il nous revient de mettre en œuvre une éducation qui ne se réduise pas à l'apprentissage des moyens de remporter la victoire ou de surmonter l'adversité, mais par laquelle l'humain devient capable aussi d'un être-en-loisir, c'est-à-dire une activité de pensée, qui n'est pas seulement le repos avant de remonter au front.

Mais une autre tâche nous incombe également. Nous ne pouvons plus, comme ce fut le cas peut-être pendant quelques temps, considérer comme une évidence ou un acquis ce qui concerne l'articulation entre la liberté et l'éducation. Le contexte de notre hypermodernité exige de réexaminer et d'ajuster la manière dont nous pensons et mettons en œuvre les conditions d'un sujet humain (Lebrun, 2020), ainsi que la possibilité d'un monde commun (Arendt, 1983) dans lequel les humains parlent et agissent et en l'absence duquel il n'y aurait plus d'œuvres, mais seulement des objets, ni plus aucune équivocité.

### Références bibliographiques

- Arendt, H. (1983). *Condition de l'homme moderne*. Paris : Calmann-Levy.
- Aubert, N. (dir.) (2006). *L'individu hypermoderne*. Toulouse : Érès.
- Barbier, J.-M. (éd.) (1996). *Savoirs théoriques et savoirs d'action*. Paris : PUF.
- Bourgeault, G. (2019). Le travail social sous l'emprise de l'hétéronomie ? Ou L'injonction paradoxale d'une autonomie déniée, empêchée . *Nouvelles Pratiques Sociales*, 30(2), 153-169. doi : 10.7202/1066106ar.
- Braude, H. D. (2012). *Intuition in Medicine. A philosophical defense of Clinical Reasoning*. Chicago : University of Chicago Press.
- Cifali, M. (1999). Métier 'impossible'? une boutade inépuisable . *Le portique* 4.
- Dunne, J. (1993). *Back to the Rough Ground. Practical Judgment and the Lure of Technique*. Notre Dame (Indiana) : Notre Dame University Press.
- Dunne, J. (2007). Practice and Its Informing Knowledge: An Aristotelian understanding . In John S. Drummond & Paul Standish (eds), *The Philosophy of Nurse Education*. Houndmills (Hamps.) & New York : Palgrave MacMillan, 91-108.
- Ehrenberg, A., Mingasson L., & Vulbeau A. (2005). L'autonomie, nouvelle règle sociale. *Informations sociales* 6(126), 112-115.

---

<sup>17</sup> Sur la possibilité de travailler cet enjeu de la formation dans les pratiques d'écriture, voir l'article cité en note 10 et notre article « Écrire de l'autre. Quelques enjeux de l'écriture dans le travail des éducateurs spécialisés ». *European Journal of Social Education*, 2019, p. 61-68.

<sup>18</sup> Qui donne tout son sens à l'esprit critique, dont on oublie trop souvent qu'il ne désigne pas seulement le détachement de celui qui « ne se laisse pas avoir » mais la capacité de poser un jugement (*krinein*), et qui est rendue possible d'une manière qui nous semble privilégiée par une pédagogie de problématisation (Fabre, 2011), avec le « loisir » auquel cette démarche permet de se produire.

- Fabre, M. (2011). *Éduquer pour un monde problématique. La cart et la boussole*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Gaberan, P. (2003). *La relation éducative. Un outil professionnel pour un projet humaniste*. Toulouse : Érès.
- Gauchet, M. (2017). *L'avènement de la démocratie, t. 4 : Le nouveau monde*. Paris : Gallimard.
- Kennington, R. (1998). Bacon's Reform of Nature. *Studies in Philosophy and the History of Philosophy*, 32: *Modern Enlightenment and the Rule of Reason*, 40-54.
- Kinsella, E. A., & Pitman, A. (2012). *Phronesis as Professional Knowledge. Practical Wisdom in the Professions*. Rotterdam : Sense Publishers.
- Lebrun, J.-P. (2020). *Un immonde sans limite*. Toulouse : Érès.
- Libois, J. (2013). *La part sensible de l'acte*. Genève : éditions iess.
- Linhart, D. (2015). *La comédie humaine du travail. De la déshumanisation taylorienne à la sur-humanisation managériale*. Toulouse : Érès.
- Montgomery, K. (2006). *How Doctors Think: Clinical Judgment and the Practice of Medicine*. Oxford : Clarendon Press.
- Nussbaum, M. (1997). *Cultivating Humanity. A Classical Defense of Reform in Liberal Education*. Cambridge (Mass.) : Harvard University Press.
- Oakeshott, M. (1991). *Rationalism in Politics and Other Essays*. London & NY : Methuen and C°, 488-541.
- Polanyi, M. (1969). *Knowing and Being*. Chicago : The University of Chicago Press.
- Remacle, X. (2009). Pédagogie interculturelle. *Échos* 67, 2009, 27-29.
- Rey, O. (2006). *Une folle solitude. Le fantasme de l'homme auto-construit*. Paris : Seuil.
- Rousseau, J.-J. (1969). *Œuvres complètes, t. iv : Émile ou de l'éducation*. Paris : Gallimard.
- Schön, D. A. (1983). *The Reflexive Practitioner. How Professionals Think in Action*. Basic Books.
- Standish, P. (2007). Moral Education, Liberal Education and the Voice of the Individual. In Klas Roth & Ilan Gur-Ze'ev (eds), *Education in the Era of Globalization*. Dordrecht (The Netherlands) : Springer, 33-50.
- Stiegler, B. (2019). *'Il faut s'adapter' . Sur un nouvel impératif politique*, Paris : Gallimard.
- Taminiaux, J. (2014). *Chroniques d'anthropologie politique : poièsis et praxis des Anciens aux Modernes*. Paris : Hermann.
- Taylor, C. (2008). *Le Malaise de la Modernité*. Paris : Cerf.

# Recensement des habitudes et pathologies rencontrées chez les coureurs à pied en fonction du type de chaussures utilisées

*SCOHIER Mikaël, VOOGD Isabelle*

*Haute École Louvain en Hainaut*

[scohierm@helha.be](mailto:scohierm@helha.be), [isa\\_isa1996@hotmail.com](mailto:isa_isa1996@hotmail.com)

## Résumé

Pratiquée pour ses bienfaits sanitaires, la course à pied est paradoxalement responsable d'un grand nombre de blessures musculosquelettiques. L'objectif de cette étude est 1° de recenser, à l'aide d'un questionnaire en ligne, les pathologies du coureur et d'en évaluer les éventuelles corrélations avec les facteurs de risque potentiels et 2° de distinguer l'incidence et la localisation des blessures en fonction du type de chaussures portées classées selon l'indice minimaliste. Près de 50% des 317 répondants ont souffert d'une blessure au cours des 12 derniers mois et celle-ci concerne plus fréquemment le genou. Les coureurs pratiquant depuis 5 à 10 ans en ont rapporté moins. Aucun autre facteur de protection n'a pu être mis en évidence. Les coureurs chaussés de manière plus conventionnelle (indice minimaliste  $\leq$  à 50%) ont mentionné légèrement plus de blessures que leurs homologues équipés de chaussures plutôt minimalistes (indice  $>$  50%) : 51.4 vs 39.6%. L'analyse statistique n'a toutefois montré aucune différence entre les 2 groupes, ce qui ne nous permet pas d'établir des recommandations sur base de l'indice minimaliste des chaussures.

**Mots-clés :** questionnaire, course à pied, blessures, entraînement, chaussures

## 1 Introduction

Alors que beaucoup avancent courir en priorité pour les bienfaits que cela engendre sur la santé<sup>1</sup>, la course à pied n'est paradoxalement pas sans risque. Les blessures musculosquelettiques y sont fréquentes avec une incidence annuelle de 18 à 92% selon les études (Saragiotto, Yamato, Hespanhol Junior, Rainbow, Davis & Lopes 2014 ; van Gent, Siem, van Middelkoop, van Os, Bierma-Zeinstra & Koes 2007 ; Messier, Martin, Mihalko, Ip, DeVita, Cannon, Love, Beringer, Saldana, Fellin & Seay 2018). La littérature suggère que ces blessures pourraient être d'origines très variées : l'âge, la façon de courir, une augmentation de la charge d'entraînement ou encore l'équipement sont ainsi régulièrement cités comme facteurs de risque (van Gent *et al.* 2007).

Les influences des différentes caractéristiques des chaussures de course à pied (drop, épaisseur de la semelle, masse, ...) sur la biomécanique de course et sur le risque de blessures ont souvent été étudiées séparément. Il est, par conséquent, difficile d'en tirer des conclusions par rapport à des modèles de chaussures spécifiques. Certains auteurs ont tout de même comparé 2 grands types de chaussures : conventionnelles vs minimalistes. Les premières, constituées d'une semelle épaisse composée d'une superposition de plusieurs matériaux amortissants, d'un support de l'arche du pied, d'un talon surélevé ainsi que de technologies de maintien du pied, sont largement les plus utilisées. Par opposition, les chaussures minimalistes, nettement moins portées, sont plus légères, flexibles, sans talon surélevé, avec une semelle fine et un minimum de technologies de stabilisation du pied. Plus proche d'une biomécanique de course pieds nus, les chaussures minimalistes permettraient de renforcer les muscles intrinsèques et extrinsèques du pied (Chen, Sze, Davis & Cheung 2016 ; Johnson, Myrer, Mitchell, Hunter & Ridge 2016) et de redistribuer le travail du genou vers la cheville (Fuller, Buckley, Tsiros, Brown & Thewlis 2016). Dans ce cas, les blessures seraient davantage localisées au niveau de la jambe postérieure et du pied (Lieberman 2012 ; Salzler, Bluman, Noonan, Chiodo & de Asla 2012).

---

<sup>1</sup> Ces informations sont tirées d'une enquête réalisée conjointement par la Fédération française d'athlétisme et l'agence SportLab entre avril et septembre 2013.

Néanmoins, il n'est pas certain que l'incidence globale des blessures soit différente entre coureurs conventionnels et minimalistes tant les résultats publiés sont contradictoires (par exemple, Goss & Gross 2012 *vs* Ridge, Johnson, Mitchell, Hunter, Robinson, Rich & Brown 2013). Cela pourrait s'expliquer en partie par une terminologie identique, c'est-à-dire chaussure minimaliste, utilisée pour définir des chaussures parfois très différentes. D'où l'intérêt d'utiliser l'indice minimaliste établi récemment et qui permet le calcul d'une valeur propre à chaque chaussure (Esculier, Dubois, Dionne, Leblond & Roy 2015). Cet indice devrait permettre une meilleure comparaison des résultats entre les études. Si un recensement des pathologies est réalisé en fonction de cet indice, il devrait aussi permettre de meilleures recommandations quant au choix de chaussures.

Ainsi, l'objectif de cette étude est de distinguer, à l'aide d'un questionnaire en ligne, les pathologies observées en fonction du type de chaussures portées classées selon l'indice minimaliste : indice  $\leq 50$  (le plus fréquemment observé) *vs* indice  $> 50$  (chaussures plutôt minimalistes). Au préalable, nous souhaitons recenser et mettre en relation les caractéristiques du coureur à pied et les pathologies observées globalement, sans distinction faite en fonction de l'équipement. Ceci dans le but de définir les éventuels facteurs de risque de blessures chez le coureur à pied, indépendamment du type de chaussures portées.

## 2 Méthodes

Les données de l'étude ont été récoltées auprès de coureurs à pied par le biais d'un questionnaire en ligne. Toutes les réponses ont alors été stockées dans un fichier Microsoft® Excel avant d'être statistiquement analysées : globalement dans un premier temps et selon l'indice minimaliste des chaussures portées dans un second temps.

### 2.1 Questionnaire

Un questionnaire en ligne a été réalisé à l'aide du logiciel Microsoft® Forms et a été rendu accessible du 5 novembre 2018 au 19 novembre 2018. Un lien vers celui-ci a été partagé via les réseaux sociaux (Facebook®) et diffusé au sein de différentes associations de coureurs à pied de l'arrondissement de Charleroi (Newsletter). Le questionnaire était composé de 41 questions classées en 4 catégories principales : anthropométrie et données de base, habitudes de course, type de chaussure et pathologies. La catégorie « anthropométrie et données de base » a permis une classification générale de notre population selon le genre, l'âge, la taille et la masse corporelle. Dans « habitudes de course » étaient répertoriées des questions relatives à l'expérience (années de pratique), à l'entraînement (fréquence, volume...), aux compétitions (participation, terrain privilégié...), ainsi qu'au niveau de pratique (performance au 10 km). Les questions relatives au « type de chaussures » étaient destinées à répertorier les marques et modèles de chaussures utilisées lors de la pratique de la course à pied dans le but de définir un indice minimaliste. Enfin, la catégorie « pathologies » a permis de recenser les blessures, leur localisation (dos, bassin, cuisse, genou, jambe, cheville ou pied) et leur type (exemples : tendinopathie achilléenne, fracture de stress tibial...), observées lors des 12 derniers mois. Dans le cadre de cette étude, une blessure a été définie comme « toute douleur liée à la course à pied qui a causé une restriction (de la distance, de la vitesse ou de la durée) ou un arrêt dans les entraînements durant au moins 7 jours ou 3 entraînements consécutifs ou qui a suscité une consultation chez un professionnel de la santé » (Yamato, Saragiotto & Lopes, 2015).

Le questionnaire était anonyme et il a été demandé aux répondants de marquer leur accord pour une utilisation des données récoltées à des fins de recherche et de publication. Cette étude a été acceptée par le comité académique de bioéthique (référence B200-2018-2346).

### 2.2 Population

Pour pouvoir compléter le questionnaire, il était demandé de pratiquer la course à pied au minimum une fois par semaine, d'être âgé de plus de 18 ans et de ne pas présenter de pathologies majeures rendant difficile la pratique de la course à pied (en dehors des pathologies musculosquelettiques). S'il était toléré qu'une autre activité sportive soit pratiquée, il était demandé que la course à pied soit l'activité la plus



pratiquée. Tout coureur qui correspondait à ces critères d'inclusion a pu répondre au questionnaire, quel que soit le niveau de pratique, la distance de prédilection ou encore le type de course à pied pratiqué (trail, course sur piste, course sur route,...).

## 2.3 Analyse des données

Toutes les réponses au questionnaire ont été traitées et catégorisées à l'aide du logiciel Microsoft® Excel 16.38. Une première analyse a consisté, pour l'ensemble des coureurs, à recenser les habitudes d'entraînement et les pathologies rencontrées avant de les mettre en relation. La seconde analyse nous a amenés à observer les différences rapportées entre les coureurs portant des chaussures considérées comme conventionnelles, c'est-à-dire avec un indice minimaliste faible compris entre 0 et 50% (coureurs à  $IM \leq 50$ ), et ceux portant des chaussures avec un indice minimaliste plus élevé, compris entre 51 et 100% (coureurs à  $IM > 50$ ).

Pour réaliser ces 2 catégories, nous avons procédé de la manière suivante. Il était tout d'abord demandé dans le questionnaire d'indiquer la marque et le modèle de chaussures avec lesquelles les participants pratiquaient leurs entraînements. Nous avons alors personnellement calculé l'indice minimaliste de chacun de ces modèles en scorant sur une échelle de 0 à 5 les 5 items définis dans la littérature (Esculier *et al.* 2015) : (1) la masse de la chaussure à l'aide d'une balance digitale de haute précision, (2) l'épaisseur de la semelle au niveau du talon grâce à un compas d'épaisseur, (3) le dénivelé ou *drop* c'est-à-dire la différence d'épaisseur de la semelle entre le talon et l'avant-pied, (4) le nombre de technologies de stabilité et de contrôle du mouvement présentes et enfin (5) les flexibilités longitudinale et en torsion de la chaussure déterminées manuellement (Figure 1). Les scores à chaque item ont ensuite été additionnés pour définir l'indice minimaliste (exprimé en pourcentage). Au plus le score est élevé, au plus la chaussure est considérée comme minimaliste. Ainsi, une chaussure obtient un indice minimaliste de 0% ou 100% si, respectivement : (1) sa masse est  $\geq$  à 325 g ou  $<$  125 g, (2) l'épaisseur de la semelle est  $\geq$  32 mm ou  $<$  8 mm, (3) le drop est  $\geq$  13 mm ou  $<$  1 mm, (4) la présence d'au moins 5 technologies est observée ou aucune et (5) la résistance aux déformations est extrême ou minimale. L'indice minimaliste a systématiquement été calculé pour des chaussures de taille 42. Nous n'avons pas pu nous procurer quelques modèles plus spécifiques pour lesquels nous nous sommes alors référés au site de la Clinique du Coureur<sup>2</sup> pour obtenir l'indice minimaliste (données non validées).

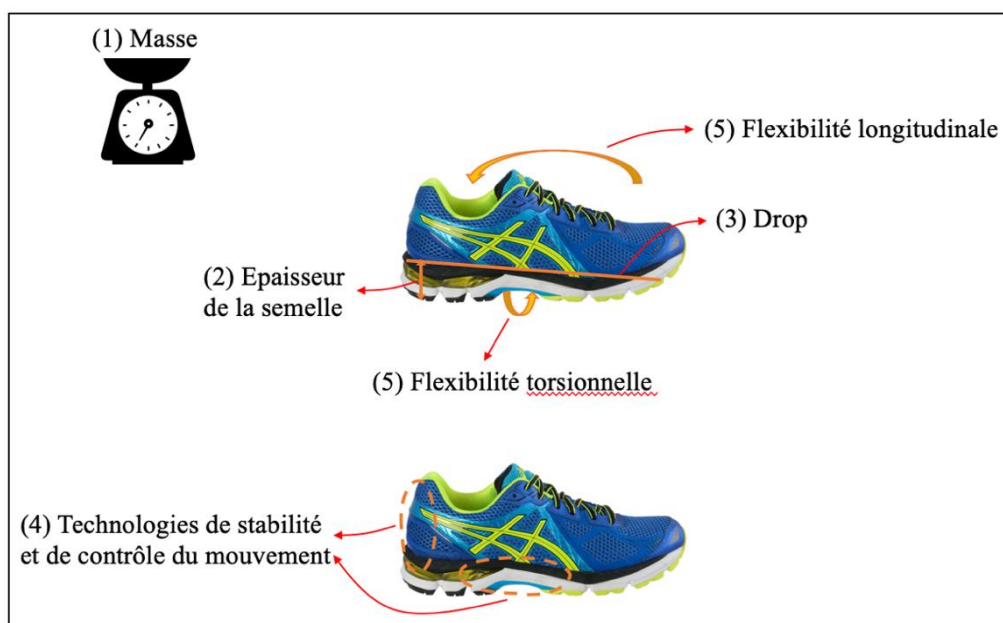


Figure 1. Illustration des 5 critères évalués pour définir l'indice minimaliste des chaussures

<sup>2</sup> <https://lacliniqueducoureur.com/chaussures/>

## 2.4 Analyse statistique

Les logiciels SigmaPlot® 11.0 et Microsoft® Excel 16.38 ont été utilisés pour l'analyse statistique. Dans un premier temps, des statistiques descriptives ont été réalisées pour l'ensemble des items présentés dans le questionnaire. Ensuite, des tests de  $\chi^2$  d'indépendance ainsi qu'un coefficient de contingence (C) ont été effectués afin de mettre en évidence d'éventuelles corrélations entre les pathologies mentionnées et les items des 3 autres catégories du questionnaire : anthropométrie et données de base, habitudes de course et type de chaussure. Enfin, les caractéristiques anthropométriques, les habitudes de course et les blessures observées ont été comparées entre les 2 groupes de coureurs classés selon l'indice minimaliste de leurs chaussures ( $IM \leq 50$  vs  $IM > 50$ ). Des tests-t de *Student* pour les données paramétriques et des tests de *Mann-Whitney* pour les données non paramétriques ont été utilisés pour déterminer l'existence éventuelle de différences significatives entre ces deux groupes. Pour tous les tests statistiques, le seuil de signification  $\alpha$  a été fixé à 0.05.

## 3 Résultats

Trois cent cinquante-neuf questionnaires ont été complétés, en moyenne en 7 minutes et 22 secondes. Parmi ceux-ci, 42 ne correspondaient pas aux critères d'inclusion préétablis car les répondants ne pratiquaient pas la course à pied au moins une fois par semaine ( $n = 37$ ) ou étaient âgés de moins de 18 ans ( $n = 5$ ). Trois cent dix-sept questionnaires complétés ont ainsi été retenus pour une première analyse. La population finale était composée de 152 femmes et 165 hommes, majoritairement des coureurs sur route. En moyenne, ils étaient âgés de  $38.7 \pm 11.4$  ans, mesuraient  $1.72 \pm 0.09$  m et pesaient  $69.6 \pm 12.9$  kg pour un BMI de  $23.3 \pm 3.3$  kg·m<sup>-2</sup>.

Notons que 53 sujets n'ont pas mentionné la marque et le modèle de leurs chaussures de course à pied et il n'a dès lors pas été possible d'intégrer ces questionnaires pour l'analyse spécifique selon l'indice minimaliste ( $n = 264$ ).

Les résultats sont décrits ci-après, d'abord pour l'ensemble de la population, ensuite selon le type de chaussures utilisées. Ils sont exprimés en moyenne  $\pm$  écart-type ou médiane [Quartile1-Quartile3].

### 3.1 Anthropométrie, habitudes d'entraînement et incidence de blessures

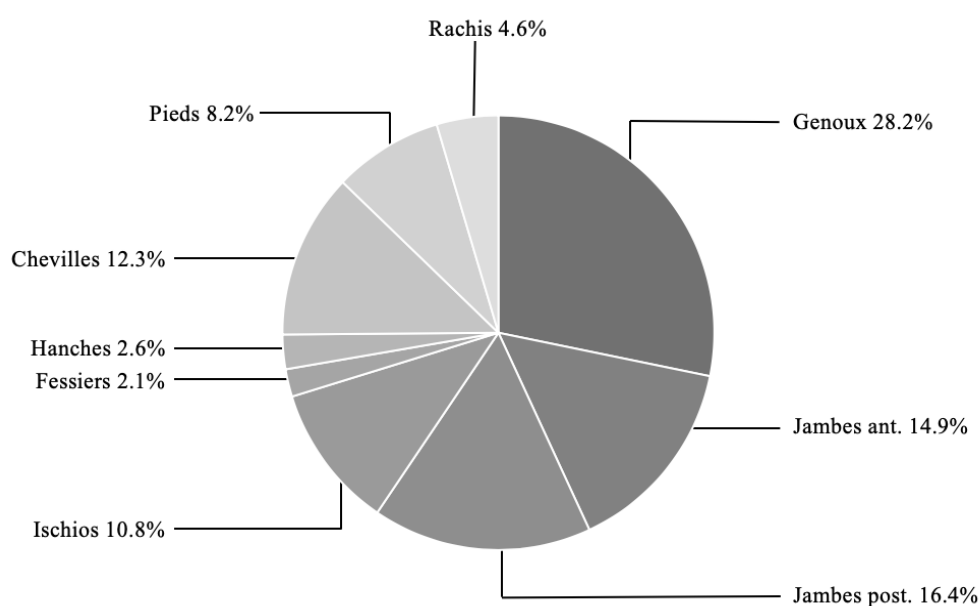


Figure 2. Distribution des blessures par site anatomique pour l'ensemble des participants à l'étude. Ischios = muscles ischio-jambiers, ant. = antérieures, post. = postérieures

De manière globale, 47.6% des coureurs interrogés ont rapporté avoir souffert d'une blessure au cours des 12 derniers mois. Le genou est le site anatomique significativement le plus touché par ces blessures

(28.2%,  $p < 0.001$ ), loin devant les parties postérieure (16.4%) et antérieure (14.9%) de la jambe ou encore la cheville (12.3%) et les muscles ischio-jambiers (10.8%, Figure 2). Plus spécifiquement, les 5 pathologies les plus fréquemment répertoriées étaient, par ordre d'importance, le syndrome de la bandelette ilio-tibiale encore appelé syndrome de l'essuie-glace ( $n=25$ ), la périostite tibiale ( $n=21$ ), la tendinopathie achilléenne ( $n=21$ ), l'entorse de cheville ( $n=18$ ) et la tendinopathie des muscles ischio-jambiers ( $n=14$ ).

Le Tableau 1 présente le nombre de sujets ayant rapporté une blessure au cours des 12 derniers mois pour différentes catégories liées aux caractéristiques anthropométriques ou aux habitudes de course à pied. Ce sont pour les hommes (51.9%), âgés de 46 à 55 ans (52.4%), d'une taille supérieure à 1.90 m (63.6%) et d'une masse comprise entre 81 et 90 kg (52.9%) que les taux de blessures les plus élevés ont été rapportés. Notons toutefois que l'analyse statistique ne montre aucun effet significatif du genre ( $p=0.135$ ), de l'âge ( $p=0.358$ ), de la taille ( $p=0.846$ ) et de la masse corporelle ( $p=0.865$ ) sur l'incidence des blessures. De manière similaire, aucune habitude de course à pied n'a pu être reliée significativement au risque de se blesser, à l'exception de l'expérience ( $p=0.015$ ) où seuls 31.1% des sujets pratiquant la course à pied depuis 5 à 10 ans ont rapporté une blessure. Notons tout de même quelques tendances : il y a proportionnellement eu plus de blessures rapportées chez les sujets qui couraient 3 ou 4 fois par semaine (54.1 et 55.9%, respectivement) et les plus rapides sur 10 km ( $< 45$  min) alors qu'inversement, il y en a eu moins pour les coureurs qui ne dépassaient pas 20 km par semaine. De toute évidence, participer à des compétitions ne semble pas avoir modifié l'incidence des blessures (49.1% pour les compétiteurs vs 44.7% pour les non-compétiteurs,  $p=0.462$ ), ni d'ailleurs l'affiliation à un club de course à pied (50.9 % pour les affiliés vs 44% pour les non affiliés,  $p=0.220$ ).

	Sain	Blessé	Total		Sain	Blessé	Total	
<b>Masse (kg)</b>					<b>Taille (m)</b>			
41-50	8	7	15		1.51-1.60	17	16	33
51-60	39	29	68		1.61-1.70	62	54	116
61-70	49	49	98	$p = 0.865$	1.71-1.80	58	54	112
71-80	43	41	84	$C = 0.08$	1.81-1.90	25	20	45
81-90	16	18	34		1.91-2.00	4	7	11
> 91	11	7	18					
					<b>Age (années)</b>			
<b>Genre</b>					18-25	31	21	52
Femmes	92	71	163	$p = 0.135$	26-35	37	37	74
Hommes	74	80	154	$C = 0.08$	36-45	50	51	101
					46-55	30	33	63
					56-65	18	9	27
<b>Expérience en course à pied</b>					<b>Affiliation à un club</b>			
< 1 an	22	10	32		Oui	82	85	167
1 à 2 ans	16	23	39		Non	84	66	150
2 à 3 ans	26	20	46	$p = 0.015$				$p = 0.220$
3 à 5 ans	34	46	80	$C = 0.21$				$C = 0.07$
5 à 10 ans*	31	14	45					
> 10 ans	37	38	75		<b>Participation à des compétitions</b>			
					Oui	109	105	214
					Non	57	46	103
<b>Volume d'entraînement hebdomadaire (km.sem<sup>-1</sup>)</b>								$p = 0.462$
0-10	35	23	58					$C = 0.04$
11-20	48	31	79		<b>Fréquence d'entraînement hebdomadaire</b>			
21-30	43	47	90	$p = 0.177$	1	17	14	31
31-40	21	22	43	$C = 0.15$	2	70	44	114
41-50	11	14	25		3	56	66	122
> 50	8	14	22		4	15	19	34
								$p = 0.146$
								$C = 0.15$

				5 ou +	8	8	16		
Plus grande distance parcourue (km)									
0-10	31	14	45	Meilleure performance au 10 km <sup>#</sup>					
11-20	45	35	80	< 40	19	28	47		
21-30	39	40	79	41-45	12	22	34		
31-40	5	6	11	46-50	25	26	51	p = 0.239	
41-50	38	42	80	51-55	20	14	34	C = 0.17	
> 50	8	14	22	56-60	20	16	36		
				> 60	21	16	37		

Sain = non blessé, p = p-valeur obtenue à l'aide d'un test de  $\chi^2$  d'indépendance et C = coefficient de contingence. Trois cent dix-sept sujets composent l'échantillon total dont 166 sains et 151 blessés. <sup>#</sup>Septante-huit sujets n'ont pas mentionné leur meilleure performance sur 10 km. \*la catégorie 5 à 10 ans d'expérience en course à pied est la seule où la fréquence observée de coureurs sains et blessés est significativement différente de celle espérée (p<0.05).

Tableau 1. Nombre de sujets n'ayant rapporté aucune (sain) ou au moins une blessure (blessé) dans les 12 mois qui ont précédé le remplissage du questionnaire pour différentes catégories liées aux caractéristiques anthropométriques et aux habitudes des coureurs à pied

### 3.2 Incidence et type de pathologies observées en fonction du type de chaussures utilisées

L'indice minimaliste moyen des 264 sujets qui ont mentionné la marque et le modèle de chaussures utilisées pour la course à pied était de 33±17%. Parmi ceux-ci, 216 présentaient un indice inférieur ou égal à 50% (en moyenne, 27±10%) et 48 un indice supérieur à 50% (en moyenne, 63±12%). Aucune différence n'a été observée entre les caractéristiques anthropométriques des 2 groupes, excepté pour la taille (IM≤50 = 1.71 ± 0.09 m vs IM>50 = 1.74 ± 0.08 m, p=0.029). Les 2 groupes présentaient également des habitudes relatives à la pratique de la course à pied assez similaires pour la fréquence hebdomadaire d'entraînement (p=0.162), le pourcentage de coureurs affiliés à un club (p=0.394) et participant à des compétitions (p=0.857), la meilleure performance sur 10 km (p=0.549) et l'expérience en course à pied (p=0.335). Seules la distance hebdomadaire (25[15-35] vs 30[20-40] km, p= 0.026) et la plus longue distance parcourue en une seule fois (21[15-42] vs 42[21-42] km, p=0.002) étaient plus élevées pour le groupe IM>50.

En ce qui concerne l'incidence des blessures, malgré un pourcentage de blessures plus élevé pour le groupe IM≤50 (51.4 vs 39.6%), l'analyse statistique n'a pas montré de différence entre les 2 groupes (p=0.139, C=0.09). Peu de différences ont également été observées au niveau des localisations les plus fréquentes des blessures entre les 2 groupes. Ainsi, pour les coureurs à IM≤50, les blessures sont le plus souvent localisées au niveau du genou (25.3%), de la jambe postérieure (16.7%) et ensuite de la jambe antérieure (14.7%). Même si les pourcentages varient, les 3 sites les plus touchés sont identiques et dans le même ordre pour les coureurs à IM>50, avec respectivement, 33.3, 22.2 et 11.1% (Tableau 2).

Localisation	Nombre de blessures	
	IM≤50%	IM>50%
Genoux	38 (25.3%)	6 (33.3%)
Jambes ant.	22 (14.7%)	2 (11.1%)
Jambes post.	25 (16.7%)	4 (22.2%)
Muscles ischio-jambiers	20 (13.3%)	1 (5.6%)
Muscles fessiers	3 (2.0%)	1 (5.6%)
Hanches	3 (2.0%)	1 (5.6%)
Chevilles	18 (12.0%)	2 (11.1%)

Pieds	12 (8.0%)	1 (5.6%)
Rachis	9 (6.0%)	0 (0.0%)
Total	150	18

Le Tableau rapporte le nombre d'observations par site anatomique pour le groupe étudié (avec entre parenthèses le pourcentage par rapport à l'ensemble des blessures du groupe). Rem. : le nombre total de blessures est supérieur au nombre de sujets blessés (cf. Tableau 1) car certains coureurs ont rapporté plusieurs blessures.

Tableau 2. Distribution des blessures par site anatomique en fonction de l'indice minimaliste des chaussures

Notons enfin que, parmi les sujets ayant répondu au questionnaire, la moitié d'entre eux (50.4%) avait connaissance de ce qu'est l'indice minimaliste. Comme nous pouvions nous y attendre, la notion d'indice minimaliste était moins connue des coureurs à  $IM \leq 50$  que des coureurs à  $IM > 50$  (46.3 vs 68.8%,  $p=0.005$ ).

## 4 Discussion

Le premier objectif de cette étude était de recenser et de mettre en relation les caractéristiques des coureurs à pied et leurs habitudes de pratique avec les pathologies observées globalement. Près d'un coureur sur deux a rapporté avoir subi une blessure au cours de la dernière année et le site anatomique le plus fréquemment touché était le genou. A l'exception de l'expérience où un effet protecteur contre les blessures a été observé pour les coureurs pratiquant la course à pied depuis 5 à 10 ans, aucune caractéristique anthropométrique ou relative à l'entraînement n'a pu être reliée avec le risque de blessures. Le second objectif avait pour intention principale de distinguer les pathologies observées en fonction de l'indice minimaliste des chaussures portées. Nous avons répertorié 48 coureurs (22,2%) chaussés avec un indice minimaliste supérieur à 50. Bien qu'il y ait eu une proportion moindre de coureurs ayant rapporté une blessure dans ce sous-groupe (40 vs 51%), la différence n'est pas statistiquement significative et les sites de lésion sont relativement similaires.

L'incidence annuelle observée dans notre étude est similaire, voire même légèrement inférieure à celle observée assez récemment pour des coureurs occasionnels (66%, Messier *et al.*, 2018), des athlètes universitaires (74%, Daoud, Geissler, Wang, Saretsky, Daoud & Lieberman, 2012) ou des marathoniens amateurs (55%, van Middelkoop, Kolkman, Van Ochten, Bierma-Zeinstra & Koes, 2008). Comme cela a été rapporté dans notre étude, de nombreuses études confirment que les blessures sont le plus souvent localisées au niveau de l'articulation du genou alors que la jambe est généralement le deuxième site anatomique le plus touché (Jacobs & Berson, 1986 ; Taunton, Ryan, Clement, McKenzie, Lloyd-Smith & Zumbo, 2002, 2003 ; van Gent *et al.*, 2007 ; Lopes, Hespanhol Junior, Yeung & Costa, 2012). Plus précisément, le syndrome de la bandelette ilio-tibiale, la périostite tibiale et la tendinopathie achilléenne ont été les pathologies les plus fréquemment mentionnées par nos sujets. Ces blessures sont aussi les plus observées dans d'autres études, mais il est surprenant que nous n'ayons rencontré que 7 sujets atteints du syndrome fémoropatellaire, souvent décrit comme la blessure principale chez le coureur à pied (Taunton *et al.*, 2002 ; van Gent *et al.*, 2007 ; Lopes *et al.*, 2012). Cela pourrait être dû au fait que les blessures rapportées n'ont pas nécessairement été médicalement confirmées et que la terminologie précise de cette pathologie est peu connue du coureur *lambda* qui pourrait alors avoir uniquement rapporté une blessure au genou sans précision supplémentaire.

D'après notre analyse, il n'est pas possible d'affirmer qu'il y ait un lien entre les caractéristiques individuelles évaluées (genre, âge, taille et masse corporelle) et les douleurs rapportées. Ces observations pouvaient être prévisibles étant donné les divergences présentées dans la littérature. Ainsi, de nombreux auteurs ont rapporté un taux de blessures plus élevé pour les femmes (Taunton *et al.*, 2002 ; van Gent *et al.*, 2007 ; Daoud *et al.*, 2012 ; Messier *et al.*, 2018) alors que d'autres n'ont montré aucune influence du genre (Macera, Pate, Powell, Jackson, Kendrick & Craven, 1989 ; Nielsen, Buist, Parner, Nohr, Sørensen, Lind & Rasmussen, 2013), voire même un risque plus élevé pour les coureurs masculins

(Vitez, Zupet, Zadnik & Drobnič, 2017 ; Buist, Bredeweg, Lemmink, van Mechelen & Diercks, 2010). Concernant l'âge, aucune corrélation n'a été observée entre l'âge et l'apparition de blessures lors d'un suivi de 2 ans (Messier *et al.*, 2018) alors qu'une probabilité accrue de blessures pour les coureurs âgés de plus de 45 à 50 ans avait été précédemment proposée (Taunton *et al.*, 2003 ; Nielsen *et al.*, 2013). Des relations contradictoires ont aussi été décrites entre le risque de blessures et la taille (Taunton *et al.*, 2002 ; van Gent *et al.*, 2007 ; Messier *et al.*, 2018) ou la masse corporelle (Taunton *et al.*, 2003 ; Messier *et al.*, 2018).

Pour les habitudes de pratique de la course à pied, seul un niveau relativement élevé d'expérience (5 à 10 ans) a été associé significativement à une diminution du risque de blessures. Cette observation pourrait conforter les conclusions de certaines études ayant montré que les coureurs « débutants » étaient plus susceptibles de souffrir d'une blessure (Macera *et al.*, 1989 ; Vitez *et al.*, 2017), mais ceci est à nuancer car nous n'avons pas observé d'effet protecteur pour les coureurs les plus expérimentés (> 10 ans). Nos résultats n'ont pas clairement confirmé ceux d'autres études ayant mis en évidence qu'un volume d'entraînement élevé (au minimum supérieur à 45 km·sem<sup>-1</sup>) était associé à un risque plus important de blessures du membre inférieur (Jacobs & Berson, 1986 ; Macera *et al.*, 1989 ; van Middelkoop *et al.*, 2008). Nous avons seulement observé une tendance à la diminution du nombre de blessures chez les coureurs ayant un volume inférieur à 20 km par semaine. Nos résultats confortent donc davantage ceux issus d'une étude observationnelle réalisée sur 2 ans auprès de coureurs amateurs et où aucun lien n'a été démontré entre l'incidence de blessure et le kilométrage hebdomadaire (Messier *et al.*, 2018). C'est peut-être davantage la régularité à laquelle les entraînements sont réalisés qui pourrait influencer cette incidence, tout comme l'expérience en course à pied pourrait jouer un rôle prépondérant (Videbaek, Bueno, Nielsen & Rasmussen, 2015). Il reste toutefois très difficile de déterminer la cause exacte d'une blessure, probablement car celle-ci est souvent multifactorielle.

Concernant l'incidence des blessures selon le type de chaussures, nous n'avons observé qu'une tendance à la baisse pour les coureurs chaussés avec un indice minimaliste plus élevé. La littérature nous indique qu'il est prématuré de conseiller une chaussure minimaliste pour diminuer le risque de blessures car les résultats des études observationnelles ou interventionnelles sont assez divergents, voire même parfois totalement opposés (Goss & Gross, 2012 *vs* Ridge *et al.*, 2013). Si la chaussure minimaliste influence peu l'incidence globale, la littérature montre qu'elle pourrait jouer un rôle plus important sur la localisation et le type de blessures observées. Courir avec des chaussures plus légères et flexibles augmenterait le risque de blessures au niveau de la jambe, mais aussi du pied et de la cheville alors qu'il le serait au niveau du genou avec des chaussures plus conventionnelles (Goss & Gross, 2012). Cette augmentation des blessures au niveau de la jambe postérieure et du pied pourrait s'expliquer par une sollicitation plus importante en excentrique du triceps sural lors de la phase de poussée avec le port de chaussures minimalistes (Johnson *et al.*, 2016). De plus, le pied n'étant plus protégé par une semelle épaisse, les chocs se répercutent directement sur les métatarsiens et le fascia plantaire pouvant conduire à des blessures à ce niveau (Altman & Davis, 2012 ; Cauthon, Langer & Coniglione, 2013). Plus précisément, les pathologies les plus rapportées sont les syndromes fémoropatellaire et de la bandelette ilio-tibiale pour les coureurs « conventionnels » (Goss & Gross, 2012) et la tendinopathie achilléenne, les fractures de stress métatarsiens et calcanéens ainsi que la fasciite plantaire pour les coureurs plutôt minimalistes (Lieberman, Venkadesan, Werbel, Daoud, D'Andrea, Davis, Mang'eni & Pitsiladis, 2010 ; Altman & Davis, 2012 ; Lieberman, 2012 ; Bonacci, Saunders, Hicks, Rantalainen, Vicenzino & Spratford, 2013 ; Cooper, Leissring & Kernozek, 2015 ; Firminger & Edwards, 2016 ; Roth, Neumann & Tao, 2016). Contrairement à ces études, nous n'avons pas observé de différence au niveau du site anatomique le plus touché (le genou pour les groupes IM≤50 et IM>50) et le faible nombre de sujets minimalistes blessés (n=19) dans notre étude ne nous a pas permis de comparer précisément le type de pathologies.

Ce faible nombre dans le groupe IM>50 (n=48) constitue d'ailleurs une limite majeure de notre étude, qui n'est toutefois que le reflet de ce avec quoi sont le moins fréquemment chaussés les coureurs. Il aurait aussi été préférable de réaliser une catégorie intermédiaire avec un indice minimaliste compris entre 40 et 70% pour mieux distinguer les coureurs dits conventionnels (0-40%) des coureurs minimalistes (70-100%). L'indice minimaliste des standards de l'industrie se situant entre 10 et 20% (données non publiées), nous avons toutefois la certitude que tous les coureurs chaussés

« traditionnellement » ont été inclus dans le groupe IM $\leq$ 50. D'autres biais inhérents au *modus operandi* de cette étude sont à mentionner. La diffusion du questionnaire via les réseaux sociaux, et principalement Facebook®, constitue inévitablement un biais de représentativité (Alshaikh, Ramzan, Rawaf & Majeed 2014). Par ailleurs, le fait que le questionnaire ait été rempli de manière rétrospective et par le coureur lui-même (possible autodiagnostic) pourrait avoir réduit la précision de certaines réponses.

## 5 Conclusion

Bien que nous ayons observé une tendance à la baisse de l'incidence annuelle des blessures pour les sujets courant avec des chaussures à indice minimaliste élevé (>50), il est difficile d'en tirer des conclusions générales au vu du faible nombre de coureurs rapporté dans cette catégorie, la plupart des coureurs utilisant des chaussures plutôt conventionnelles. Ce biais de l'étude reflète la tendance actuelle du marché : l'offre pour les chaussures à indice minimaliste < 50% est nettement plus importante, ce qui semble répondre aux attentes des coureurs en recherche de « confort ». Notre étude ne permet donc pas de mettre en évidence qu'il pourrait être intéressant de recommander certaines chaussures sur base de leur indice minimaliste. Pour étayer nos connaissances, il serait intéressant de réaliser une étude longitudinale avec relevé systématique des données de course à pied, diagnostic médical des pathologies rencontrées et recrutement d'un plus grand nombre de coureurs avec chaussures à indice minimaliste élevé. Nous n'avons également pas observé de relation entre les caractéristiques du coureur à pied ou de son entraînement et le risque de blessures, excepté pour l'ancienneté de pratique. Puisque les coureurs novices semblent être plus à risques, il paraît primordial de les encadrer au mieux lors de leurs premiers pas en course à pied.

### Remerciements

Cette recherche a été soutenue par les fonds propres de la Haute École Louvain en Hainaut (HELHa). Mikaël Scohier est actuellement enseignant-chercheur à la HELHa et Isabelle Voogd, kinésithérapeute indépendante. Les auteurs tiennent à remercier les relecteurs anonymes pour leurs commentaires constructifs qui ont permis d'améliorer le manuscrit original. Nous remercions également Annick Genette et Fabien Buisseret pour leurs conseils avisés pour l'analyse des données ainsi que Jean-Marc Scohier pour la relecture finale. Enfin, nous souhaitons exprimer notre reconnaissance auprès de tous les coureurs qui ont accepté de prendre un peu de leur temps pour répondre au questionnaire.

## Références bibliographiques

- Alshaikh, F., Ramzan, F., Rawaf, S., & Majeed, A. (2014). Social network sites as a mode to collect health data: a systematic review. *J Med Internet Res* 16(7), e171, doi: 10.2196/jmir.3050.
- Altman, A.R., & Davis, I.S. (2012). Barefoot running: biomechanics and implications for running injuries. *Curr Sports Med Rep* 11(5), 244-250, doi: 10.1249/JSR.0b013e31826c9bb9.
- Bonacci, J., Saunders, P.U., Hicks, A., Rantalainen, T., Vicenzino, B.G., & Spratford, W. (2013). Running in a minimalist and lightweight shoe is not the same as running barefoot: a biomechanical study. *Br J Sports Med* 47(6), 387-392, doi : 10.1136/bjsports-2012-091837.
- Buist, I., Bredeweg, S.W., Lemmink, K.A., van Mechelen, W., & Diercks, R.L. (2010). Predictors of running-related injuries in novice runners enrolled in a systematic training program: a prospective cohort study. *Am J Sports Med* 38(2), 273-280, doi : 10.1177/0363546509347985.
- Cauthon, D.J., Langer, P., & Coniglione, T.C. (2013). Minimalist shoe injuries: three case reports. *Foot* 23(2-3), 100-103, doi : 10.1016/j.foot.2013.03.001.
- Chen, T.L., Sze, L.K.Y., Davis, I.S., & Cheung, R.T.H. (2016). Effects of training in minimalist shoes on the intrinsic and extrinsic foot muscle volume. *Clin Biomech* 36, 8-13, doi : 10.1016/j.clinbiomech.2016.05.010.
- Cooper, D.M., Leissring, S.K., & Kernozek, T.W. (2015). Plantar loading and foot-strike pattern changes with speed during barefoot running in those with a natural rearfoot strike pattern while shod. *Foot* 25(2), 89-96, doi : 10.1016/j.foot.2015.02.001.

- Daoud, A.I., Geissler, G.J., Wang, F., Saretsky, J., Daoud, Y.A., & Lieberman, D.E. (2012). Foot strike and injury rates in endurance runners: a retrospective study. *Med Sci Sports Exerc* 44(7), 1325-1334, doi : 10.1249/MSS.0b013e3182465115.
- Esculier, J.-F., Dubois, B., Dionne, C.E., Leblond, J., & Roy, J.-S. (2015). A consensus definition and rating scale for minimalist shoes. *J Foot Ankle Res* 8(42), doi : 10.1186/s13047-015-0094-5.
- Firminger, C.R., & Edwards, W.B. (2016). The influence of minimalist footwear and stride length reduction on lower-extremity running mechanics and cumulative loading. *J Sci Med Sport* 19(12), 975-979, doi : 10.1016/j.jsams.2016.03.003.
- Fuller, J.T., Buckley, J.D., Tsiros, M.D., Brown, N.A., & Thewlis, D. (2016). Redistribution of mechanical work at the knee and ankle joints during fast running in minimalist shoes. *J Athl Train* 51(10), 806-812, doi : 10.4085/1062-6050-51.12.05.
- Goss, D.L., & Gross, M.T. (2012). Relationships among self-reported shoe type, footstrike pattern, and injury incidence. *US Army Med Dep J*, 25-30.
- Jacobs, S.J., & Berson, B.L. (1986). Injuries to runners: a study of entrants to a 10,000 meter race. *Am J Sports Med* 14(2), 151-155, doi : 10.1177/036354658601400211.
- Johnson, A.W., Myrer, J.W., Mitchell, U.H., Hunter, I., & Ridge, S.T. (2016). The effects of a transition to minimalist shoe running on intrinsic foot muscle size. *Int J Sports Med* 37(2), 154-158, doi : 10.1055/s-0035-1559685.
- Lieberman, D.E. (2012). What we can learn about running from barefoot running: an evolutionary medical perspective. *Exerc Sport Sci Rev* 40(2), 63-72, doi : 10.1097/JES.0b013e31824ab210.
- Lieberman, D.E., Venkadesan, M., Werbel, W.A., Daoud, A.I., D'Andrea, S., Davis, I.S., Mang'eni, R.O., & Pitsiladis, Y. (2010). Foot strike patterns and collision forces in habitually barefoot versus shod runners. *Nature* 463(7280), 531-535, doi : 10.1038/nature08723.
- Lopes, A.D., Hespanhol Junior, L.C., Yeung, S.S., & Costa, L.O. (2012). What are the main running-related musculoskeletal injuries? A systematic review. *Sports Med* 42(10), 891-905, doi : 10.1007/BF03262301.
- Macera, C.A., Pate, R.R., Powell, K.E., Jackson, K.L., Kendrick, J.S., & Craven, T.E. (1989). Predicting lower-extremity injuries among habitual runners. *Arch Intern Med* 149(11), 2565-2568.
- Messier, S.P., Martin, D.F., Mihalko, S.L., Ip, E., DeVita, P., Cannon, D.W., Love, M., Beringer, D., Saldana, S., Fellin, R.E., & Seay, J.F. (2018). A 2-year prospective cohort study of overuse running injuries: the runners and injury longitudinal study (TRAILS). *Am J Sports Med* 46(9), 2211-2221, doi : 10.1177/0363546518773755.
- Nielsen, R.O., Buist, I., Parner, E.T., Nohr, E.A., Sørensen, H., Lind, M., & Rasmussen, S. (2013). Predictors of running-related injuries among 930 novice runners: a 1-Year prospective follow-up study. *Orthop J Sports Med* 1(1), doi : 10.1177/2325967113487316.
- Ridge, S.T., Johnson, A.W., Mitchell, U.H., Hunter, I., Robinson, E., Rich, B.S., & Brown, S.D. (2013). Foot bone marrow edema after a 10-wk transition to minimalist running shoes. *Med Sci Sports Exerc* 45(7), 1363-1368, doi : 10.1249/MSS.0b013e3182874769.
- Roth, J., Neumann, J., & Tao, M. (2016). Orthopaedic perspective on barefoot and minimalist running. *J Am Acad Orthop Surg* 24(3), 180-187, doi : 10.5435/JAAOS-D-14-00343.
- Salzler, M.J., Bluman, E.M., Noonan, S., Chiodo, C.P., & de Asla, R.J. (2012). Injuries observed in minimalist runners. *Foot Ankle Int* 33(4), 262-266, doi : 10.3113/FAI.2012.0262.
- Saragiotto, B.T., Yamato, T.P., Hespanhol Junior, L.C., Rainbow, M.J., Davis, I.S., & Lopes, A.D. (2014). What are the main risk factors for running-related injuries? *Sports Med* 44(8), 1153-1163, doi : 10.1007/s40279-014-0194-6.
- Taunton, J.E., Ryan, M.B., Clement, D.B., McKenzie, D.C., Lloyd-Smith, D.R., & Zumbo, B.D. (2002). A retrospective case-control analysis of 2002 running injuries. *Br J Sports Med* 36(2), 95-101, doi : 10.1136/bjism.36.2.95.



- Taunton, J.E., Ryan, M.B., Clement, D.B., McKenzie, D.C., Lloyd-Smith, D.R., & Zumbo, B.D. (2003). A prospective study of running injuries: the Vancouver Sun Run « in training » clinics. *Br J Sports Med* 37(3), 239-244, doi : 10.1136/bjism.37.3.239.
- van Gent, R.N., Siem, D., van Middelkoop, M., van Os, A.G., Bierma-Zeinstra, S.M., & Koes, B.W. (2007). Incidence and determinants of lower extremity running injuries in long distance runners: a systematic review. *Br J Sports Med* 41(8), 469-480, doi : 10.1136/bjism.2006.033548.
- van Middelkoop, M., Kolkman, J., Van Ochten, J., Bierma-Zeinstra, S.M., & Koes, B.W. (2008). Risk factors for lower extremity injuries among male marathon runners. *Scan J Med Sci Sports* 18(6), 691-697, doi : 10.1111/j.1600-0838.2007.00768.x
- Videbaek, S., Bueno, A.M., Nielsen, R.O., & Rasmussen, S. (2015). Incidence of running-related injuries per 1000 h of running in different types of runners: A systematic review and meta-analysis. *Sports Med* 45(7), 1017-1026, doi : 10.1007/s40279-015-0333-8.
- Vitez, L., Zupet, P., Zadnik, V., & Drobnič, M. (2017). Running injuries in the participants of Ljubljana marathon. *Zdr Varst* 56(4), 196-202, doi : 10.1515/sjph-2017-0027.
- Yamato, T.P., Saragiotto, B.T., & Lopes, A.D. (2015). A consensus definition of running-related injury in recreational runners: a modified Delphi approach. *J Orthop Sports Phys Ther* 45(5), 375-380, doi : 10.2519/jospt.2015.5741.

# Effet d'un entraînement spécifique de la « position trophée » et de la présentation de balle sur la gestuelle, la vitesse et la précision du service au tennis chez des enfants en période d'apprentissage

TUBEZ François<sup>(1)</sup>, FORTHOMME Bénédicte<sup>(2)</sup>, PIÉRARD Maud<sup>(3)</sup>, GELHAUSEN Marc<sup>(4)</sup>, VAN BELLE Astrid<sup>(5)</sup>, CROISIER Jean-Louis<sup>(6)</sup>, SCHWARTZ Cédric<sup>(7)</sup>

Département de Kinésithérapie – Haute École Robert Schuman <sup>(1)(5)</sup>, Département des Sciences de la Motricité – ULiège <sup>(1)(2)(3)(4)(6)(7)</sup>

[francois.tubez@hers.be](mailto:francois.tubez@hers.be), [bforthomme@chu.liege.be](mailto:bforthomme@chu.liege.be), [astrid.vanbelle@hers.be](mailto:astrid.vanbelle@hers.be), [jlcroisier@uliege.be](mailto:jlcroisier@uliege.be), [cedric.schwartz@uliege.be](mailto:cedric.schwartz@uliege.be)

## Résumé

Le service est un coup très important au tennis. De nombreux outils existent pour analyser ce geste en situation de laboratoire ou de terrain. Un des buts de l'évaluation est d'amener les joueurs à développer un geste le plus performant possible. Dans cette étude, l'objectif est d'étudier l'effet d'un entraînement spécifique axé sur la position trophée et sur la présentation de balle afin d'améliorer la gestuelle et la performance du service chez de jeunes enfants.

Une analyse observationnelle de terrain basée principalement sur l'utilisation de grilles critériées jugeant la position trophée ainsi que la présentation de balle a été réalisée sur 47 enfants avant et après 8 semaines d'interventions axées sur ces deux parties spécifiques du geste.

Les grilles utilisées s'avèrent reproductibles (inter- et intra-évaluateurs). Les joueurs obtenant de meilleurs résultats aux grilles d'évaluation de la position trophée et de la présentation de balle obtiennent également des meilleures performances en termes de vitesses et de précisions. À la suite de l'intervention de 8 semaines, la vitesse est améliorée dans les deux groupes tests, ce qui n'est pas le cas de la précision.

Malgré le fait que la position trophée soit un élément clé, d'autres paramètres influencent la performance finale comme la coordination des membres ou l'enchaînement des actions. La présentation de la balle est un élément important du service qui doit être travaillé de manière régulière chez les débutants. L'utilisation d'exercices globaux et en isolement pourrait permettre d'améliorer ces habiletés au sein de la gestuelle du service au tennis.

**Mots-clés** : biomécanique, sport, 3D

## 1 Introduction

La biomécanique du service au tennis est très étudiée dans la littérature scientifique du domaine sportif pour diverses raisons. Tout d'abord, c'est un coup très important car il débute chaque point et le résultat du match peut être fortement influencé par son efficacité (Johnson & McHugh, 2006). Ensuite, le service est une habileté fermée, c'est-à-dire que le joueur a un contrôle important sur le geste qu'il réalise (Elliott, Marsh, & Blanksby, 1986). Enfin, le service est un coup extrêmement complexe à cause de la combinaison des différents mouvements des membres et des articulations dans le but de transférer les forces le long de la chaîne cinématique jusqu'à la balle. Cela nécessite une bonne coordination et une synchronisation optimale de l'ensemble des segments corporels (Kovacs & Ellenbecker, 2011).

La « trophy position » ou position dite « trophée » est une position clé de la gestuelle. Selon Kovacs & Ellenbecker (2011), elle correspond au moment où le coude se trouve en sa position la plus basse ou/et lorsque les jambes sont fléchies au maximum (Kovacs & Ellenbecker, 2011). Ce moment représente également, pour certains auteurs, la position haute de la raquette et concorde avec le moment où la balle se trouve au zénith (Reid, Whiteside, & Elliott, 2010).

En fonction de l'âge des joueurs, une différence dans la séquence cinématique est constatée (Whiteside, Elliott Lay & Reid, 2013). Il existe fréquemment un décalage temporel entre la position haute de la raquette, la flexion maximale des jambes et l'instant de balle au zénith lors de la présentation (Whiteside *et al.*, 2013). Il a été démontré que les enfants rencontrent des difficultés de coordination entre le bas et le haut du corps lors de cette action (Tubez *et al.*, 2019). En effet, la position trophée reste difficile à maîtriser du fait d'un manque de feedback visuel sur cette position arrière de bras et de raquette, le regard étant à cet instant dirigé vers la balle présentée en l'air.

La position trophée et le lancer de balle sont des actions essentielles pour la synchronisation entre le haut du corps et le bas du corps. Elles permettent au joueur de structurer le rythme de son service (Elliott, Reid, & Crespo, 2009).

L'objectif principal de notre travail est d'étudier l'effet d'un entraînement spécifique axé sur la position trophée et l'effet d'un entraînement spécifique axé sur la présentation de la balle. Nous pensons que ces habiletés ont une influence sur la performance finale du service au tennis. Nous souhaitons observer l'amélioration potentielle qui pourrait résulter de cet entraînement au niveau de la gestuelle et de la performance du service au tennis (vitesse et précision) chez de jeunes enfants en période d'apprentissage.

## 2 Méthodologie

Dans le cadre de cette étude, notre population était composée de 47 jeunes joueurs de club. Ces enfants âgés entre 7 et 11 ans au moment de l'étude ont été répartis dans 3 groupes différents : un groupe « contrôle » de 16 joueurs, un groupe test « position trophée » (PT) de 16 joueurs et un autre groupe test « présentation de la balle » (PB) de 15 joueurs. L'existence des 2 groupes tests s'explique par le fait que deux interventions se déroulaient durant la même période et sont reportées ensemble dans ce travail, le groupe contrôle étant commun aux deux études. Une étude évaluait l'influence d'un entraînement spécifique axé sur la position trophée et l'autre évaluait l'influence d'un entraînement spécifique axé sur la présentation de balle.

Tous les joueurs étaient aptes à la pratique sportive. Ces joueurs étaient mineurs au moment de l'étude et les tuteurs légaux ont signé un consentement éclairé et un accord pour l'utilisation de l'image de leur enfant. Le comité d'éthique de l'Université de Liège a donné son accord pour la mise en place de cette étude. Les informations détaillées concernant la population étudiée sont mentionnées dans le Tableau 1.

GROUPES	NOMBRE	ÂGE (ANNÉES)	TAILLE (CM)	POIDS (KG)	PRATIQUE (ANNÉES)	ENTRAINEMENTS (H/SEM)
<b>GROUPE CONTRÔLE</b>	N=16 (♂5 ♀11)	9,2 ± 1,3	137,0 ± 7,2	30,0 ± 2,1	3,0 ± 1,4	1,9 ± 1,1
<b>GROUPE TEST "POSITION TROPHÉE" (PT)</b>	N=16 (♂3 ♀13)	9,0 ± 1,0	134,3 ± 9,3	27,9 ± 6,4	3,2 ± 0,7	2,1 ± 1,2
<b>GROUPE TEST "PRÉSENTATION DE LA BALLE" (PB)</b>	N=15 (♂1 ♀14)	10,1 ± 1,1	140,5 ± 9,5	33,2 ± 6,6	3,9 ± 1,2	2,6 ± 1,7

Tableau 1. Caractéristiques des groupes étudiés. Moyenne ± écart-type. N=47

Lors de cette étude expérimentale, une partie des tests a été réalisée au tennis club de Marche-en-Famenne (Belgique) et l'autre partie a été réalisée dans les installations du syndicat intercommunal de tennis à Erpeldange (Luxembourg). Notons que sur les deux sites, les terrains sont en tapis avec du granulats. Nous avons adapté les dimensions du terrain et les balles en fonction de la catégorie d'âge des enfants<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Formats de jeu disponibles à l'adresse [www.aftnet.be/CLUBS/Montennis](http://www.aftnet.be/CLUBS/Montennis)

Chaque enfant a été évalué à deux reprises. Les 47 joueurs ont tout d'abord participé à un premier test (test 1). Ensuite, et pendant une durée de 8 semaines, les entraîneurs ont appliqué des consignes standardisées de sorte que chaque enfant a pu suivre le protocole qui lui a été attribué : groupe (PT ou PB) ou contrôle. Après cette période de travail en club, les 47 joueurs ont été réévalués lors d'un second test identique au premier (test 2).

Pendant la phase d'intervention, il était demandé aux entraîneurs de consacrer aux exercices spécifiques entre 10 et 15 minutes de l'entraînement, permettant ainsi aux différents groupes de réaliser la même quantité de travail.

Les groupes se distinguaient au niveau des exercices à réaliser pendant la partie du cours consacrée au service. Le groupe PT a reçu un entraînement qui comprenait des exercices spécifiques basés sur la position trophée et le groupe PB a reçu des exercices spécifiques à la présentation de la balle. Le groupe contrôle a reçu un entraînement classique, sans exercice spécifique imposés. Dans ce dernier groupe, l'entraîneur a alors pu choisir lui-même les exercices qu'il voulait mettre en place durant l'entraînement.

Dans tous les groupes, y compris le groupe contrôle, l'entraîneur a pu montrer des photos ou vidéos d'un service de bonne qualité avant les exercices. Lors des séances, l'entraîneur a pu également filmer le joueur (exemple : smartphone) et lui montrer ensuite directement la vidéo pour indiquer les points à améliorer/à corriger.

## 2.1 Caméra vidéo 2D

Nous avons utilisé deux caméras 4K Ultra HD – Panasonic HC VX870. La fréquence d'acquisition était de 50 images par seconde. La vitesse d'obturation était de 1/1000 et nous avons utilisé la lumière additionnelle du terrain. Une caméra était placée à l'arrière du joueur à une distance de 7,50 mètres pour le terrain de 21 mètres (9 mètres pour le terrain de 18 mètres) et l'autre latéralement à droite du joueur dans le prolongement de la ligne de fond de court à une distance de 8,40 mètres. La hauteur des caméras correspondait à la hauteur du tronc/des épaules du joueur.

Ces caméras permettaient de visualiser la gestuelle globale du service (feedback visuel) avec la possibilité de faire des « arrêts » tout au long de la séquence du mouvement (exemples : la position trophée, la hauteur de la présentation de balle, etc.)

## 2.2 Radar

Nous avons utilisé le radar Stalker Professional Sports Radar ATS II (Applied Concepts, Richardson, Texas, USA) pour évaluer la vitesse de la balle au service. La précision de ce radar est de 1.60934 km/h avec une fréquence de transmission de 34.7 GHz. Il était placé à une hauteur de 2,30 mètres et à une distance de 7 mètres derrière le joueur avec une direction parallèle et dans le sens de la trajectoire de la balle (zone « T » = intersection entre la ligne de fond des carrés de service et la ligne centrale).

## 2.3 Cible de précision

Dans le carré de service des « égalités », une zone cible de 1m sur 1m était placée au niveau du « T ». Cette zone est divisée virtuellement en 4 plus petites zones (carrés de 50 cm de côté). Un système de score a été mis en place pour évaluer la précision du service. Si le service atteint la zone de 50 cm de côté la plus proche du « T », une note maximum de 10 points est attribuée. De plus, la zone de 1 m<sup>2</sup> est entourée de zones virtuelles de 50 cm de côté qui permettent d'attribuer des points à un service qui serait en dehors de la zone cible. Des points dégressifs sont accordés pour ces zones, ces points sont d'autant plus dégressifs que la balle est loin du « T ». Des points sont donnés pour les balles hors du carré de service mais proches de la zone « T » dans le but de valoriser un service tout proche d'être réussi dans la zone cible (Figure 1).

Ce système d'analyse de la précision des services s'inspire de ce que Tubez (2018) a mis en place. Il a été démontré que ce système était reproductible (Tubez, 2018).

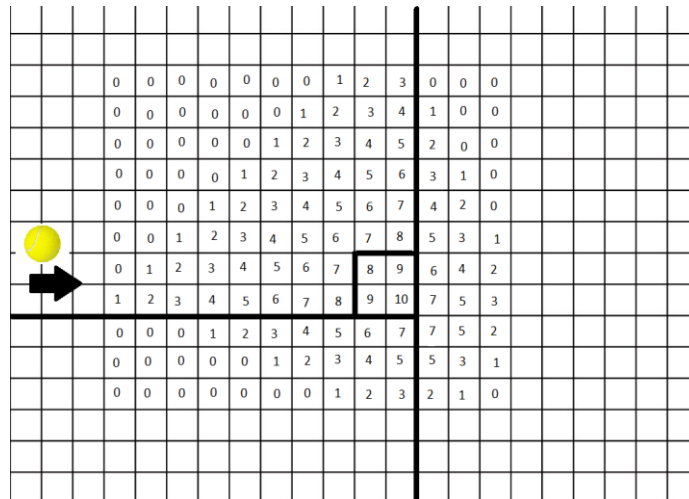


Figure 1. Représentation de la zone cible. La zone de 1m<sup>2</sup> située au « T » du carré de service des égalités est encadrée en traits larges. Les numéros correspondent aux points attribués lorsque la balle tombe dans une des zones. La flèche indique le sens de la balle

## 2.4 Échauffement lors des tests

La première étape consistait en un échauffement général de 10 minutes. Il était demandé de réaliser cet échauffement comme à l'habitude avant un entraînement ou un match (jogging, éducatifs de course, corde à sauter, élastique...). Cet échauffement permet une mise en action du corps, préparant les muscles et le système cardio-vasculaire à l'effort.

La deuxième étape consistait en un échauffement spécifique. Les joueurs réalisaient une quinzaine de services en augmentant progressivement l'intensité de ceux-ci. Cette étape permettait également de se familiariser aux conditions du test (caméras, zone de précision...).

## 2.5 Consignes lors de la réalisation du test

Pour le test, les joueurs ont réalisé 20 services dans la diagonale des égalités. Il était demandé de réaliser « un premier service à plat avec la plus grande vitesse de balle possible et la meilleure précision possible dans la direction de la cible (zone de 1m<sup>2</sup> au T) ».

Entre chaque service, une pause de 20 secondes était proposée afin d'éviter que la fatigue n'influence le résultat. Ce temps entre les services correspond également à la situation rencontrée lors de matchs.

## 2.6 Évaluateurs

Trois évaluateurs se sont partagés les tâches lors des tests. Le premier était placé de l'autre côté du filet et avait le rôle spécifique d'évaluer la zone d'atterrissage au sol de la balle. Une fois le service réalisé, il plaçait un repère (cône) à l'endroit de l'impact de la balle. À l'aide d'un mètre rigide de menuisier, les coordonnées 2D étaient mesurées avec une origine du repère placée au niveau du « T ». Le second évaluateur enregistrait la vitesse de chaque service via un ordinateur portable relié au radar. Le troisième gérait l'enregistrement des vidéos sur les deux caméras.

## 2.7 Sélection et analyse des données

Pour l'analyse, les 5 meilleurs services de chaque joueur ont été sélectionnés sur base de la vitesse, de la précision et de l'avis quantifié moyen (échelle de 10 points) de deux des trois évaluateurs présents. Le choix était subjectif sur base de ces 3 appréciations. Un des évaluateurs est qualifié d'expert par son niveau tennistique (Série A national en Belgique) et l'autre par son niveau de formation pédagogique spécifique au tennis (formation ADEPS Niveau II).

Dans cette étude, nous nous sommes concentrés sur l'analyse de la position trophée et de la gestuelle globale du service ainsi que sur la présentation de la balle. Deux grilles d'analyse ont été utilisées pour déterminer la maîtrise de ces actions :

La grille « position trophée » (PT) est basée sur ce que la littérature décrit comme points essentiels présents à la position trophée, ainsi que sur la gestuelle globale du service (Myers, Kibler, Lamborn, Smith, English, Jacobs & Uhl, 2017). Elle est divisée en 20 critères dont 15 d'entre eux évaluent la cinématique du geste à la position de flexion maximale du genou dominant (PT) et 5 qui évaluent le mouvement global. Chaque critère est noté comme acquis (1 point) ou non acquis (0 point). Le total est sur 20 points. Cette grille a été créée pour être spécifique à l'analyse de la position trophée et à l'objectif de notre étude.

La grille « présentation de balle » (PB) est basée sur ce que la littérature décrit comme points essentiels lors de la présentation de la balle (Myers *et al.* 2017). Elle comporte 9 critères qui doivent tous être notés comme acquis (1 point) et non acquis (0 point). Le total est donc sur 9 points.

La reproductibilité a également été vérifiée entre évaluateurs. Deux évaluateurs experts ont analysé les vidéos à l'aveugle. Ceux-ci ne savaient pas si les enfants faisaient partie du groupe test ou du groupe contrôle, ni si la vidéo correspondait au premier ou deuxième test.

La fiabilité de la grille PT a également été testée en la comparant à la grille OTSA, développée par la WTA (Women's Tennis Association). Dans leur étude, Myers *et al.* (2017) ont démontré que cette grille était reproductible entre évaluateurs. Aucune correspondance n'a été retrouvée dans la littérature concernant la grille PB.

## 2.8 Statistiques

Pour comparer l'évolution des variables entre les deux groupes, le test t de Student (paramétrique) et le test de Wilcoxon-Mann-Whitney (non paramétrique) ont été réalisés. Ils permettent de voir les différences entre deux groupes de données. Le seuil de significativité a été déterminé lorsque la p-valeur calculée est inférieure à 0,05.

Ce même procédé a été réalisé pour comparer les joueurs ayant les meilleurs scores à la grille PT (25% des joueurs) et ceux ayant les moins bon scores à celle-ci (25% des joueurs).

Pour évaluer la reproductibilité entre évaluateurs des grilles utilisées, le coefficient de corrélation de Pearson et le coefficient de corrélation intraclasse ont été calculés. L'ICC représente la proportion de la variance dans un ensemble de scores qui est attribuable à la variance du score vrai. L'ICC est présentée comme une valeur et un intervalle de confiance (95% CI faible valeur / 95% CI valeur élevée). L'ICC a été interprété comme mauvais ( $ICC < 0,40$ ), correct ( $0,40 < ICC < 0,70$ ), bon ( $0,70 < ICC < 0,90$ ) ou excellent ( $ICC > 0,90$ ).

La corrélation entre les scores des grilles et les paramètres de performances (vitesse et précision) a été déterminée par le coefficient de corrélation de Pearson (test paramétrique) à partir des 15 meilleurs services.

Tous les calculs ont été effectués en utilisant Excel 2016 et R.

## 3 Résultats

### 3.1 Reproductibilité des grilles d'évaluation

Concernant la reproductibilité inter-évaluateurs de la grille PT, nous avons observé un coefficient de corrélation de Pearson égal à 0,89 avec une p-valeur  $< 0,001$ . L'ICC (95% CI) vaut 0,84 (0,7911/0,9470). Concernant la grille PB, le coefficient de corrélation de Pearson de la reproductibilité inter-évaluateur a été déterminé à 0,86 avec une p-valeur  $< 0,001$ .

### 3.2 Corrélation entre les scores aux grilles d'évaluation et la performance finale

La corrélation entre les scores obtenus aux deux grilles et la performance finale du joueur est plutôt bonne pour la vitesse mais faible pour la précision (Tableau 2).

	Grille PT	Grille PB
Vitesse (15 meilleurs services)	0,73 (p < 0,001*)	0,47 (p < 0,001*)
Précision (15 meilleurs services)	0,19 (p < 0,001*)	0,29 (p < 0,001*)

Tableau 2. Coefficients de corrélation entre les grilles d'évaluations et les critères jugeant de la performance du service. Test 1. N = 32. Résultat significatif à p<0.05\*

### 3.3 Lien entre la maîtrise de la position trophée et la performance

Parmi l'ensemble des joueurs ayant participé à l'étude, nous avons constaté des différences significatives entre les joueurs ayant les « meilleurs » scores à la grille PT (=25%) et les joueurs ayant les « moins bons » scores à la grille PT (=25%). Les « meilleurs » joueurs du groupe ont des scores aux grilles d'évaluation, des vitesses moyennes sur les 5 meilleurs services, ainsi que des scores de précision sur ces 5 meilleurs services qui sont significativement meilleurs que les ceux des « moins bons » joueurs du groupe (Tableau 3).

Test	Unité	Médiane « meilleurs » joueurs	Médiane « moins bons » joueurs	p-valeur
Grille position trophée	Points	14	5	p<0,001*
Vitesse (5 meilleurs services)	m.s <sup>-1</sup>	25,48	16,56	p<0,001*
Précision (5 meilleurs services)	Points	36,5	28,5	p=0,007*

Tableau 3. Comparaison des scores et résultats lors du test 1 entre les « meilleurs » joueurs du groupe à la grille Position Trophée (PT) (=25%) et les « moins bons » joueurs du groupe à cette grille (=25%). Résultat significatif à p<0.05\*

### 3.4 Évolution du groupe PT

La grille d'évaluation de la position trophée ne montre pas d'évolution statistiquement différente entre les groupes (test vs contrôle). Cependant, l'analyse statistique a révélé une différence significative entre les deux groupes pour l'évolution de la vitesse des 5 meilleurs services. Les joueurs du groupe « test – position trophée » ont ainsi eu une évolution majorée de leur vitesse de service. En ce qui concerne la précision, aucune différence significative n'a été observée (Tableau 4).

Test	Unité	Médiane évolution groupe « test »	Médiane évolution groupe « contrôle »	p-valeur
Grille position trophée	Points	0	0,5	p=0,926
Vitesse (5 meilleurs services)	m.s <sup>-1</sup>	0,515	-0,59	p=0,038*
Précision (5 meilleurs services)	Points	-3,5	1,5	p=0,946

Tableau 4. Paramètres analysés de la performance au service. Comparaison de l'évolution des résultats entre le premier et le deuxième test dans le groupe « test – position trophée » et le groupe « contrôle ». Résultat significatif à p<0.05\*

### 3.5 Évolution du groupe PB

L'analyse statistique a révélé des différences significatives entre les deux groupes en ce qui concerne l'évolution de la vitesse moyenne. En effet, les enfants du groupe « test – présentation de la balle » ont connu une évolution majorée de leur vitesse moyenne de service. En revanche, l'évolution du score de précision n'a pas révélé de différence significative entre les groupes (Tableau 5).

Test	Unité	Moyenne évolution groupe « test »	Moyenne évolution groupe « contrôle »	p-valeur
Grille présentation balle	Points	0,7	0,25	p=0,012*
Vitesse (5 meilleurs services)	m.s <sup>-1</sup>	0,945	-0,705	p<0,001*
Précision (5 meilleurs services)	Points	1,93	3,38	p=0,034

Tableau 5. Comparaison de l'évolution des résultats entre le premier et le deuxième test dans le groupe « test – présentation de la balle » et le groupe « contrôle ». Résultat significatif à p<0.05\*

### 3.6 Analyse de l'évolution de la performance entre le groupe « présentation de la balle » et le groupe « position trophée »

La comparaison du groupe PB avec le groupe PT n'a pas relevé de différences significatives concernant la vitesse contrairement au score de précision sur les 5 meilleurs services (Tableau 6).

Test	Unité	Moyenne évolution groupe PT	Moyenne évolution groupe PB	p-valeur
Vitesse (5 meilleurs services)	m.s <sup>-1</sup>	0,804	0,945	p=0,689
Précision (5 meilleurs services)	Points	-1,56	-1,93	p=0,020*

Tableau 6. Analyse de l'évolution de la performance entre le groupe test « présentation de la balle » et le groupe test « position trophée ». Résultat significatif à p<0.05\*

## 4 Discussion

### 4.1 Validité des grilles d'évaluation

Les résultats observés lors de ces tests ont confirmé la présence d'une bonne reproductibilité inter-évaluateurs pour les deux grilles utilisées.

### 4.2 Analyse de l'évolution de la position trophée/cinématique du service ainsi que de la performance entre le groupe test et le groupe contrôle

Entre les deux groupes (PT vs contrôle), les résultats obtenus ont montré une différence statistiquement significative au niveau de l'évolution de la vitesse moyenne des 5 meilleurs services. L'évolution était majorée dans le groupe test. En revanche, pour les autres paramètres de la performance (score à la grille PT et score de précision sur les 5 meilleurs services), aucune différence significative n'a été observée.

Il est concevable que le travail spécifique de la position trophée n'ait pas eu l'effet escompté, c'est-à-dire une amélioration significative de la maîtrise de la position trophée/gestuelle et des autres facteurs de la performance (à l'exception de la vitesse). Cela peut s'expliquer par le fait d'avoir choisi comme moment « stop vidéo » la flexion maximale du genou dominant pour l'analyse de la position trophée. Ce moment a été choisi car il était déjà imposé dans l'OTSA (Myers *et al.*, 2017). Tubez *et al.* (2019) avaient aussi constaté que ce moment apparaissait approximativement au même instant dans le groupe des enfants, des adolescents et des adultes par rapport à l'impact (Tubez *et al.*, 2019). Cependant, dans la littérature, l'instant de « position haute de la raquette » (PHR) est souvent repris pour représenter la position trophée (Chow, Park & Tillman, 2009; Reid *et al.*, 2010).

Chez les enfants, la position trophée (si elle est définie par le moment de la position haute de la raquette apparaît avant la flexion maximale du genou dominant, alors que chez les adultes, elle se produit de manière synchrone. Chez les enfants, la flexion maximale du genou dominant se produit lors de la phase de propulsion lorsqu'ils sont déjà en train de déclencher le mouvement, illustrant un manque de coordination entre le haut et le bas du corps dans la séquence d'action. De plus, la position trophée étant atteinte plus tôt, la phase de propulsion est plus longue et donc moins explosive chez les enfants (Tubez *et al.*, 2019). Cette différence dans la séquence de cinématique à différents âges a déjà été observée



(Whiteside *et al.*, 2013). Par conséquent, il se peut que, même si les enfants ont amélioré leur position trophée, cela ne se fait pas ressentir au niveau du score des grilles car le timing n'est potentiellement pas le bon.

Aucune différence significative au niveau de l'évolution du score de précision entre les groupes PT et contrôle n'a été observée contrairement à l'évolution de la vitesse moyenne. Notre supposition est que les exercices spécifiques ont porté leur fruit pour la vitesse. Certains joueurs du groupe test ont peut-être aussi priorisé la vitesse à la précision. Cela correspond au compromis de précision et de vitesse (SAT = *speed accuracy trade-off*) rencontré au tennis. La vitesse diminue lorsque la précision augmente et inversement. Cela pourrait expliquer cette différence (Fitts, 1992).

### **4.3 Lien entre la maîtrise de la gestuelle du service et la performance**

Dans les deux groupes tests, les joueurs ayant les meilleurs scores aux la grilles (= 25%) et les joueurs ayant les moins bons scores aux grilles (= 25%) ont été repris. Des différences significatives ont été constatées entre ces deux groupes pour les critères de la performance. Cela confirme notre supposition initiale : les joueurs ayant une meilleure position trophée/cinématique du geste ont une meilleure performance. Comme dit précédemment, l'analyse de la position trophée s'est faite en prenant comme moment « stop vidéo » la flexion maximale du genou dominant. Les enfants ayant un bon timing, une bonne coordination entre la position trophée et la flexion maximale du genou dominant ont probablement une meilleure performance. Cela met en évidence l'importance du rythme et de la coordination des actions dans la cinématique du geste.

Il est imaginable que les enfants qui maîtrisent la position trophée possèdent également d'autres compétences qui influencent la performance, comme un meilleur enchaînement des actions, une meilleure coordination ou encore un meilleur lancer de balle. Pour interpréter ce résultat, il semble primordial de prendre en considération d'autres critères en relation directe ou indirecte avec la performance finale du joueur.

### **4.4 Comparaison de l'évolution des différents paramètres entre le groupe PB et le groupe contrôle**

En analysant les résultats obtenus à la grille d'évaluation PB, nous constatons que l'amélioration du score est plus conséquente qu'au niveau du groupe PT. Le travail spécifique de la présentation de la balle, qui était composé à la fois d'exercices analytiques et d'exercices globaux, semble donc avoir favorisé cette amélioration de la technique. Il est concevable que la mise à disposition des critères de la grille ait permis aux entraîneurs du groupe PB de se focaliser davantage sur ces éléments.

### **4.5 Analyse de l'évolution de la performance entre le groupe « PB » et le groupe « PT »**

En comparant l'évolution du groupe PB à celle du groupe PT, nous n'observons pas de grandes différences. Seule la précision sur les 5 meilleurs services du groupe PT a évolué davantage. La différence significative observée concernant la précision sur les 5 meilleurs services pourrait indiquer que les joueurs du groupe PT se soient focalisés davantage sur la vitesse du service, au détriment de la précision.

## **5 Conclusions**

Cette étude consistait à analyser si la position trophée et la présentation de balle ont un réel intérêt à être travaillées à l'entraînement afin d'améliorer la gestuelle et la performance du service chez de jeunes enfants en période d'apprentissage.

Aucune évolution majorée de la position trophée/cinématique du geste et du facteur de précision des services n'a été constatée chez les enfants du groupe test position trophée par rapport au groupe contrôle.

Nous avons cependant observé que les enfants maîtrisant la position trophée et la présentation de balle avaient une meilleure performance de vitesse du service, ce qui met en évidence l'importance de ces actions dans la gestuelle du joueur.

Les résultats obtenus montrent également que l'entraînement spécifique de la présentation de balle permet une évolution majorée de la vitesse.

## Références bibliographiques

- Chow, J.W., Park, S.-A., & Tillman, M.D. (2009). Lower trunk kinematics and muscle activity during different types of tennis serves. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation* 1(1):24, doi: 10.1186/1758-2555-1-24.
- Elliott, B., Reid, M., & Crespo M. (2009). *Technique development in tennis stroke production*. International Tennis Federation.
- Elliott B., Marsh T., & Blanksby B. (1986). « A Three-Dimensional Cinematographic Analysis of the Tennis Serve ». *International Journal of Sport Biomechanics* 2(4):260-71, doi: 10.1123/ijspb.2.4.260
- Fitts, P. M. (1992). « The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. » *Journal of Experimental Psychology: General* 121(3) :262, doi : 10.1037/h0055392.
- Johnson, C.D., & McHugh M.P. (2006). Performance demands of professional male tennis players. *British Journal of Sports Medicine* 40(8):696-99, doi: 10.1136/bjism.2005.021253.
- Kibler, W.B., Wilkes, T., & Sciascia, A. (2013). Mechanics and Pathomechanics in the Overhead Athlete. *Clinics in Sports Medicine* 32(4):637-51, doi: 10.1016/j.csm.2013.07.003.
- Knudson, D., Luedtke D., & Faribault J. (1994). Performance : Excellence: How to Analyze the Tennis Serve. *Strategies* 7(8):19-22, doi: 10.1080/08924562.1994.10592005.
- Kovacs, M., & Ellenbecker, T. (2011). An 8-Stage Model for Evaluating the Tennis Serve: Implications for Performance Enhancement and Injury Prevention. *Sports Health* 3(6):504-13, doi: 10.1177/1941738111414175.
- Myers, N.L., Kibler, W.B., Lamborn, L., Smith, B.J., English, T., Jacobs, C., & Uhl, TL. (2017). Reliability and validity of a biomechanically based analysis method for the tennis serve. *International journal of sports physical therapy* 12(3):437.
- Reid, M., Whiteside, D., & Elliott, B. (2010). Effect of skill decomposition on racket and ball kinematics of the elite junior tennis serve. *Sports Biomechanics* 9(4):296-303, doi: 10.1080/14763141.2010.535843.
- Tubez, F. (2018). *Contribution à l'évaluation biomécanique du service au tennis. Une analyse de la "trophy position"*. Thèse de doctorat, Université de Liège, Belgique.
- Tubez, F., Schwartz, C., Croisier, J. L., Brûls, O., Denoël, V., Paulus, J., & Forthomme, B. (2019). Evolution of the trophy position along the tennis serve player's development. *Sports Biomechanics*, 1-13, doi: 10.1080/14763141.2018.1560493.
- Whiteside, D., Elliott, B., Lay, B., & Reid, M. (2013). The Effect of Age on Discrete Kinematics of the Elite Female Tennis Serve. *Journal of Applied Biomechanics* 29(5):573-82, doi: 10.1123/jab.29.5.573.

## WAKE UP

### Réveiller le potentiel dormant de nos apprenants

*FRENKEL Stéphanie*

*Haute École de la Ville de Liège*

[stephanie.frenkel@hel.be](mailto:stephanie.frenkel@hel.be), [s.frenkel@metacogna.eu](mailto:s.frenkel@metacogna.eu)

#### **Résumé**

Au cœur des préoccupations actuelles se trouvent la prévention et la lutte contre l'échec scolaire, la capacité d'apprendre à apprendre, les compétences transversales, l'autonomie, la pensée critique, ou bien encore la capacité à apprendre tout au long de la vie.

Sur le terrain, les professionnels constatent que de plus en plus d'élèves/étudiants présentent des difficultés d'apprentissage liées à la façon d'étudier. Il s'agit, par exemple, d'apprenants qui ne se connaissent pas, ne savent pas comment le cerveau fonctionne (et donc, ne mettent pas en place une procédure efficace), s'y prennent au dernier moment ou bien encore utilisent des stratégies passives. En outre, depuis une quinzaine d'années maintenant nous relevons de plus en plus fréquemment la présence de facteurs psychoaffectifs qui entravent l'apprentissage tels que, par exemple, une faible estime de soi, un manque de décentration, une difficulté de gestion de la frustration ou bien encore une démobilisation scolaire. Et cela, quel que soit l'âge de l'apprenant (enfant, adolescent, jeune adulte).

Les théories de l'apprentissage autorégulé et l'approche métacognitive intégrative de l'apprentissage proposent un cadre pertinent dans l'analyse des processus impliqués et la proposition d'actions innovantes et efficaces. Dans ce cadre, l'apprenant est considéré dans son entièreté et le développement de compétences transversales essentielles – les *soft skills* – est favorisé. Ces dernières sont de plus en plus recherchées dans le monde du travail (par exemple, flexibilité, adaptabilité, organisation, sens de la communication, sens de l'efficacité). C'est dans ce contexte que le projet *WAKE UP Réveillons les potentiels !* a été créé.

**Mots-clés :** apprentissage, métacognition, autorégulation, enseignement supérieur, enseignement primaire

#### **1 Introduction**

Qu'ils soient enfants, adolescents ou adultes, nous identifions de plus en plus d'apprenants qui présentent un potentiel dormant (pour plus de détails, voir Frenkel, 2014a). Ils n'ont pas pleinement développé leurs capacités d'autorégulation. D'autres, plus âgés, gagneraient en efficacité à les améliorer. Il s'agit ici d'avoir des outils adéquats (stratégies efficaces), de savoir s'organiser (anticiper, planifier, contrôler), de passer à l'action (réaliser ce qui a été planifié) et de gérer les aspects émotionnels et motivationnels qui peuvent entraver l'apprentissage (par exemple, stress apprivoisé, objectifs réalistes, sentiment de compétence ressenti). Dans ce contexte, c'est pour apporter notre contribution au réveil des potentiels que le projet *WAKE UP* a été créé.

Après avoir étayé le cadre théorique de ce projet, un exemple d'application dans l'enseignement primaire sera présenté. Enfin, des perspectives seront abordées.

#### **2 Assise théorique**

Les théories de l'apprentissage autorégulé apportent non seulement un éclairage sur les mécanismes en jeu à l'origine de ces constats mais proposent également un cadre théorique pertinent pour analyser et intervenir. En considérant la personne dans son ensemble, elles permettent une approche intégrative (entre autres, Boekaerts, 1997, 1999 ; Boekaerts & Corno, 2005 ; Borkowski, Chan & Muthukrishna, 2000 ; Pintrich, 2000 ; Winne, 2004 ; Winne & Perry, 2000 ; Zimmerman, 2000). C'est-à-dire que, non

seulement les processus cognitifs et les stratégies sont considérés, mais également les aspects émotionnels et motivationnels qui peuvent entraver l'apprentissage.

Le concept d'apprentissage autorégulé se trouve à l'intersection de plusieurs domaines de recherche qui mettent différemment l'accent sur ses composantes. Toutefois, dans le domaine qui nous intéresse, nous pouvons identifier des aspects récurrents dans la définition de ce processus. Ainsi, un élève qui autorégule son apprentissage surveille sa cognition (Borkowski *et al.*, 2000 ; Pintrich, 2004 ; Schunk, 2005 ; Zimmerman, 2000). Il va même plus loin que cela en la contrôlant (Pintrich, 1999, 2004 ; Schunk, 2005). C'est-à-dire qu'il ajuste non seulement ses stratégies et son comportement lorsqu'il n'a pas atteint son objectif (Cleary & Zimmerman, 2004) mais également ses états cognitif et affectif (Zimmerman, 2000). Il modifie donc son apprentissage (Pintrich, 2004 ; Pintrich & De Groot, 1990 ; Schunk, 2005). Dans ce processus, l'élève est actif et réactif (Berger & Büchel, 2013 ; Borkowski *et al.*, 2000 ; Efklides, 2011 ; Pintrich, 2004 ; Winne, 1996, 2004 ; Zimmerman, 1989, 2000), voire même proactif (Zimmerman, 2000, 2008). De plus, il a lui-même défini un ou plusieurs objectifs à atteindre (Boekaerts, 1999 ; Ramdass & Zimmerman, 2011 ; Schunk, 2005 ; Zimmerman, 1989, 2000). Suite à un premier comportement d'apprentissage, l'apprenant autorégulé considère les informations qui en sont la conséquence (atteinte ou non de l'objectif, ressentis...). Il en fera ensuite les ajustements qu'il estime nécessaires (*i.e.*, autorégulation). De tels ajustements sont indispensables à un apprentissage efficient car ils permettent de s'adapter à des facteurs personnels et environnementaux changeants. Toute situation dans laquelle un paramètre change est une nouvelle situation et donc une situation d'apprentissage car elle demande de s'adapter.

Le cadre théorique de l'apprentissage autorégulé permet d'opérationnaliser les différentes facettes du fonctionnement intellectuel en situation de résolution de problème. Ainsi, le comportement d'apprentissage de l'élève est la résultante de l'interaction de trois catégories de variables, métacognitives, cognitives et psychoaffectives (pour plus de détails, *cf.* Frenkel & Deforge, 2014).

Les composantes métacognitives font partie de ces variables majeures de l'apprentissage autorégulé (Berger & Büchel, 2013 ; Boekaerts, 1996). Considérées comme supérieures, elles permettent de coordonner, guider, contrôler et modifier les processus cognitifs dits subordonnés (*cf.* Figure 1). Ainsi, Les connaissances métacognitives (connaissances, correctes ou erronées, qu'une personne a de son propre fonctionnement cognitif et de celui d'autrui) sont à la base des stratégies métacognitives. Ces dernières peuvent être définies en tant que mécanismes d'autorégulation mis en place pendant la réalisation d'une tâche par ce que nous pouvons appeler des apprenants actifs. Les différentes théories se recoupent généralement sur l'identification de ce que l'on peut appeler les stratégies de préparation de l'apprentissage (anticipation et planification) et les stratégies de supervision de l'apprentissage (contrôles continu et final) (*cf.* Frenkel, 2014a pour plus de détails). En effet, c'est parce qu'il sait que telle stratégie va lui permettre d'atteindre son objectif, que l'apprenant va planifier de l'utiliser et qu'il va l'utiliser concrètement. Enfin, les expériences métacognitives sont « toute expérience consciente cognitive ou affective accompagnant ou appartenant à toute entreprise intellectuelle » (Flavell, 1979, p. 906). Or, ces compétences ne sont pas innées (entre autres, Klein, 1991 ; Vianin, 2009). L'apprenant doit avoir eu l'occasion de les découvrir, de les exercer et de les automatiser (Borkowski, Milstead & Hale, 1988). Il doit avoir eu l'occasion de faire des expériences métacognitives et avoir pu en tirer des bénéfices. Pour cela, l'environnement joue un rôle fondamental.

Au niveau cognitif, il est souvent fait référence aux processus cognitifs (mécanismes d'acquisition, de traitement, de conservation, de récupération et d'utilisation des connaissances) et aux stratégies (séries structurées de différentes tactiques pour réaliser une tâche (Winne, 1996)). Nombre d'entre eux sont donc simultanément en action et nécessaires pour permettre à l'apprenant de réussir (Spiess, Meier & Roebers, 2016).

Au niveau psychoaffectif, nous distinguons les variables motivationnelles (style attributif, sentiment d'efficacité personnelle, moteurs motivationnels, objectifs d'apprentissage) des autres variables d'ordre affectif et émotionnel (par exemple, décentration, auto-évaluation, persévérance). Cette distinction motivation/affect est précisée dans le modèle à deux niveaux d'Efklides (2011, 2013). Ces variables jouent également un rôle central dans l'apprentissage (Büchel, 2018).

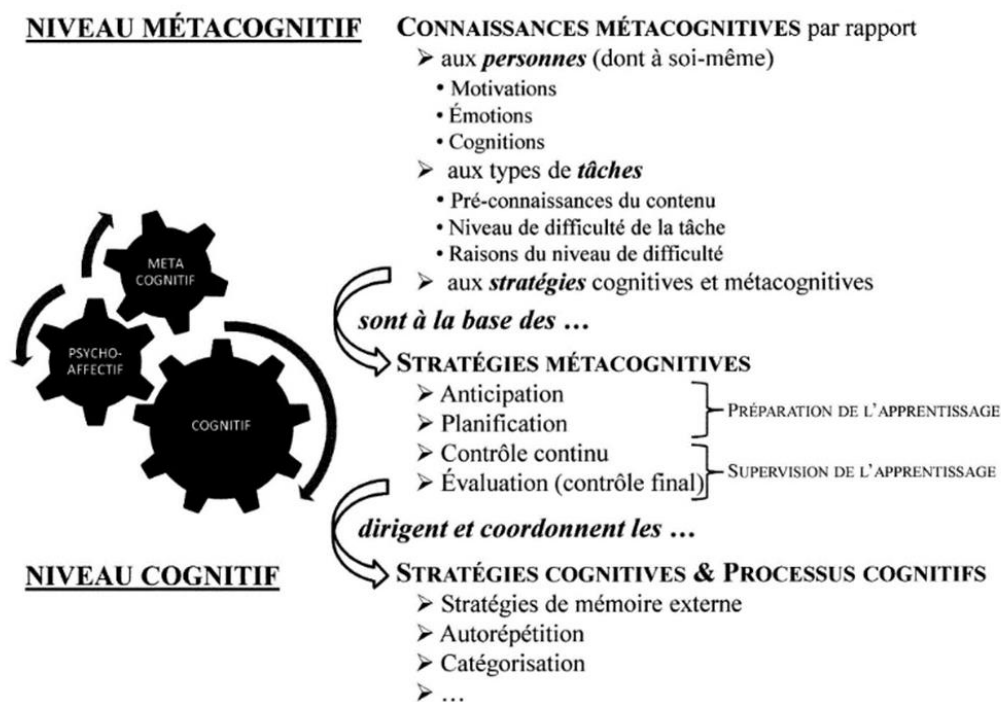


Figure 1. Articulation des niveaux cognitif et métacognitif dans l'apprentissage (d'après Frenkel & Deforge, 2014)

Ces trois niveaux (cognitif, métacognitif, psychoaffectif) sont interconnectés et agissent continuellement lors des situations de résolution de problème et, donc, dans les situations d'apprentissage. Ils jouent un rôle essentiel dans la réussite scolaire de l'élève (Mega, Ronconi & De Beni, 2014 ; Throndsen, 2011).

En définissant les variables impactées (*i.e.*, les composantes du processus d'apprentissage), les théories de l'apprentissage autorégulé nous permettent de les opérationnaliser et, ainsi, d'implémenter des approches pédagogiques qui contribuent à la réussite des élèves et des étudiants (réveil du potentiel en sommeil et/ou gain d'efficacité). Une approche qui adhère aux principes de l'Éducation cognitive maximise ses chances de réussite. Dans ce cadre, la qualité de la médiation mise en place est centrale. Elle doit au minimum remplir les 5 critères universels de Feuerstein. Ces critères servent de « base de conduite » au médiateur (enseignant, psychologue...) et ils permettent de développer une remédiation d'optique métacognitive de qualité. Il s'agit de (1) l'intentionnalité et la réciprocité, (2) la transcendance, (3) la signification, (4) le sentiment de compétence et (5) la régulation du comportement (*cf.* Büchel, 2007 ; Feuerstein & Hoffman, 1995 pour plus de détails). En adéquation avec ses objectifs, le médiateur sera plus ou moins directif avec l'apprenant. Cela va s'exprimer à travers différents niveaux de contrôlabilité tels que décrits dans le programme LPAD (Feuerstein, Haywood, Rand, Hoffman & Jensen, 1986). Dans tous les cas, le médiateur va fournir à l'apprenant autant d'occasions d'expériences métacognitives médiatisées que possible (*cf.* Falik & Feuerstein, 2005 ; Feuerstein, Rand, Hoffman & Miller, 1980 ; Sternberg & Grigorenko, 2002). De plus, lorsque nécessaire, il va objectiver la situation. Cela va permettre à l'apprenant de réfléchir sur son propre fonctionnement et donc d'adopter une position méta. Ainsi, une médiation précise va favoriser son adaptation. En jouant un rôle actif, il va se restructurer lui-même petit à petit et pouvoir gagner en efficacité puis en efficacité.

L'utilisation d'un matériel décontextualisé permet de travailler ces processus à un niveau général. En proposant des exercices non reliés à une matière académique, cela permet de minimiser le risque d'éventuelles réactions émotionnelles négatives ou un faible sentiment d'efficacité personnelle pouvant entraver l'engagement dans la tâche. Le médiateur doit toutefois veiller au transfert des nouvelles compétences sur des contenus plus spécifiques, tels qu'une matière académique.

### 3 Projet WAKE UP

Dans ce contexte, l'objectif général du projet *WAKE UP* est de créer des outils à destination des acteurs de terrain afin de favoriser le développement des compétences d'autorégulation des apprenants, qu'ils soient enfants, adolescents ou adultes. Concrètement, il s'agit, d'une part, de créer du matériel et des programmes qui soient utilisables en groupe classe, pour tous (indépendamment de leur culture, parcours scolaire...) et adaptés à leur niveau de développement. D'autre part, il s'agit de créer des modules de formation à destination des professionnels pour renforcer leur expertise, élargir leurs outils d'intervention et améliorer leur compétence à analyser l'apprentissage en termes de processus et, de ce fait, à réveiller les potentiels dormants. Ce projet se base sur nos travaux de recherche antérieurs (recherche fondamentale sur les processus d'apprentissage, recherche-action) et la consultation clinique développée de 2009 à 2016 à l'*Atelier d'Apprentissage*<sup>1</sup> de Liège.

Dans cette optique, les outils du projet *WAKE UP* regroupent du matériel (exercices, cahiers, posters...), des programmes d'intervention en grand groupe, de l'accompagnement individuel ainsi que des modules de formation pour les acteurs de terrain. Ils sont déclinés pour 3 publics cibles :

- enfants de l'enseignement primaire ordinaire ou spécialisé (*WAKE UP First*),
- adolescents de l'enseignement secondaire inférieur ou supérieur, qu'il soit général, technique, artistique ou professionnel (*WAKE UP Teen*),
- adultes, qu'ils soient en formation initiale ou continuée dans une Université, Haute École, École supérieure des arts ou dans un Établissement d'enseignement supérieur de promotion sociale (*WAKE UP Sup.*) ou qu'ils soient dans un processus d'insertion socioprofessionnelle (*WAKE UP Pro.*).

### 4 Application dans l'enseignement primaire

Concernant l'enseignement primaire (*WAKE UP First*), une étude exploratoire a été menée pendant l'année scolaire 2016-2017 (projet *PAMI Classe*) avec la création et le test d'une première version du programme de base à utiliser en groupe classe (pour plus de détails, cf. Moreau, 2018).

En accord avec les principes de base de l'Éducation cognitive, trois principaux objectifs sont poursuivis : (a) confronter l'élève, d'une part, à sa propre manière d'apprendre et de résoudre des problèmes et, d'autre part, à celle des autres élèves (ses connaissances métacognitives sont ainsi mobilisées et développées), (b) optimiser (et si nécessaire corriger) les stratégies déjà acquises et acquérir de nouvelles stratégies et (c) ré-automatiser les stratégies corrigées et les stratégies nouvellement acquises.

Il est également précisé à l'élève, d'une part, qu'il n'y a pas une seule très bonne façon de faire (il y en a plusieurs) et, d'autre part, que le processus est ici plus important que le résultat (même si le résultat est important, ici, nous nous centrons sur le processus). L'élève peut donc prendre le temps de faire les choses. Du moment qu'il a réfléchi sur l'exercice et expérimenté des stratégies afin de le résoudre, ce n'est pas « grave » s'il ne le termine pas.

#### 4.1 Participants

Cent trente-sept élèves ont participé à ce programme de base. Ils proviennent de 7 classes de l'enseignement communal liégeois. D'une part, 6 classes de l'enseignement ordinaire incluent, au total, 7 enfants primo-arrivants et 1 élève en intégration (écoles A et B). D'autre part, 1 classe de l'enseignement spécialisé est de type 8 (maturités 3 et 4) (cf. Tableau 1).

---

<sup>1</sup> Le premier *Atelier d'Apprentissage* a été créé en 1996 à l'Université de Genève (Suisse) par le Prof. Büchel (Service de Pédagogie spéciale). Sur un modèle similaire, un deuxième *Atelier d'Apprentissage* a été créé en 2009 à l'Université de Liège (Belgique) par le Prof. Frenkel (Unité de Psychologie Scolaire). À destination des enfants, des adolescents et des jeunes adultes qui rencontrent des difficultés d'apprentissage provisoires, il propose, entre autres, une évaluation du potentiel d'apprentissage et de la remédiation cognitive d'optique métacognitive. S'inscrivant dans les théories de l'apprentissage autorégulé, les actions portent sur différents niveaux du processus d'apprentissage (cognitif, métacognitif et psychoaffectif) (cf. Frenkel, 2014c pour plus de détails).

Niveau de la classe	École ordinaire A			École ordinaire B			École spécialisée
	P4	P4	P5	P3	P4	P4	M3 et M4
Nombre total d'élèves par classe	21	21	22	22	17	20	15
<i>Elèves primo-arrivants</i>	2	1	0	1	3	0	0
<i>Elève en intégration</i>	1	0	0	0	0	0	0

Tableau 1. Effectifs des élèves tout-venant, primo-arrivants et en intégration dans les classes

## 4.2 Matériel

Trois types de matériel sont utilisés dans le cadre de ce programme de base : du matériel existant adapté (le DELF et le DELV<sup>2</sup> de Büchel & Büchel, 1995, 2011 et 2014), du matériel créé et des tâches scolaires.

Le DELF-DELV est un programme métacognitif du type « apprendre à apprendre, apprendre à penser ». Dans sa version complète, il est constitué de 8 séries d'exercices décontextualisés qui permettent d'axer la remédiation sur plusieurs aspects du fonctionnement intellectuel de l'apprenant (pour plus de détails, voir Büchel, 2007). Les exercices figuratifs qui le composent permettent de confronter l'élève/l'étudiant à sa propre manière d'apprendre et de résoudre des problèmes. On y trouve, par exemple, des exercices destinés à développer les stratégies métacognitives (anticiper, planifier et contrôler), la pensée logique, la capacité de tirer des conclusions, d'utiliser des mémoires externes (par exemple, prendre des notes). Il y a aussi nombre d'exercices qui apprennent à l'élève à mieux utiliser sa mémoire de travail et à éviter de la surcharger. Chaque type d'exercices permet de développer des processus centraux pour un apprentissage efficient.

Pour ce premier programme, nous avons choisi des exercices issus de la série Figures décomposées (un exercice de cette série est disponible en annexe). Ici, un modèle est à chaque fois divisé en deux images partielles. L'exercice comporte 12 images partielles que l'élève doit appareiller afin de refaire le modèle. Il doit donc identifier 6 paires correctes. Les images partielles sont identifiables par une lettre qui est écrite en haut à gauche de chacune. Il est également demandé à l'élève de décrire sa stratégie. Les 7 premiers exercices sont retenus : Lampion, Orbites encadrées, Carré écartelé, Petites figures, Bulles de savon, Figures chevauchées et Rectangles. Afin de favoriser la lecture des consignes et l'identification des lettres, la police *OpenDyslexic* est utilisée. Chaque exercice est imprimé en noir et blanc sur une feuille A4 de 80 grammes (21cm x 29,7 cm). Un poster A0 en noir et blanc plastifié est réalisé pour chaque exercice (84.1cm x 118,9 cm). Il permet de travailler la consigne et de partager les stratégies utilisées en groupe classe.

Du matériel est créé tant pour les élèves (cahier d'apprentissage, posters, exercices, feuilles de justification, fiche mémo...) que pour les enseignants (cahier enseignant, grilles d'observation, supports à la formation continuée...). Là aussi, la police *OpenDyslexic* est utilisée pour le matériel utilisé en classe. La fiche mémo « Comment faire pour réussir au mieux cet exercice ? », systématiquement utilisée en cours, est traduite en espagnol, en anglais et en arabe. Cela, pour maximiser son utilisation et l'adhésion des élèves primo-arrivants au programme. L'élève dispose ainsi du texte en français et dans sa langue maternelle sur le même mémo.

Afin de favoriser le transfert dans les matières académiques, deux tâches scolaires sont insérées au programme. Il s'agit tout d'abord d'une tâche de français (séance 11) puis d'une tâche de mathématiques (séance 12). Elles sont choisies par les enseignants en accord avec le programme scolaire et le niveau des élèves de la classe. Elles sont différentes selon les écoles (français : le passé composé, les temps de l'indicatif, comprendre un texte en se servant des signes de ponctuation ou en sélectionnant les bons mots dans des choix multiples ; mathématiques : géométrie - les triangles, lecture d'un graphique, passer de l'écriture fractionnaire aux nombres décimaux, numération de position).

<sup>2</sup> Voir [www.fr.delv.ch](http://www.fr.delv.ch).

### 4.3 Procédure

Les élèves ont pu bénéficier d'un programme d'entraînement de 13 séances en groupe classe à raison d'une séance de 50 minutes par semaine. Ce programme de base s'est étalé sur 4 mois ½. Afin de maximiser la compréhension, les consignes orales ont été sous-tendues par des gestes. Une partie a également été traduite en anglais et en espagnol, langue parlée par plusieurs élèves primo-arrivants et par l'animatrice du programme en classe.

Chaque séance a pour objectif de contribuer au développement des capacités d'autorégulation des élèves et, pour ce faire, au développement de leurs compétences métacognitives (*cf.* assise théorique). Lors de chaque séance, les exercices issus du DELF-DELV servent de base de travail aux élèves, que ce soit en devant les résoudre individuellement ou en binôme (séances 1, 2, 5, 6, 7 et 8) ou bien alors en réfléchissant sur la base de ces exercices précédemment réalisés (séances 3, 4, 9, 10, 11, 12 et 13). Le transfert des compétences développées est explicitement travaillé lors des séances 10 (sur un autre type d'exercice décontextualisé), 11 (sur un exercice de français) et 12 (sur un exercice de mathématiques). La dernière et treizième séance permet de clôturer l'intervention et de récolter une partie des informations qualitatives (exercice en sous-groupes).

En parallèle, 13 « modules débriefing-formation » sont organisés lors du temps de midi avec les enseignants directement impliqués (durée moyenne de 65 minutes pour les groupes de 3 enseignants). Ils sont progressivement formés aux notions de base de l'approche métacognitive et entraînés à animer ces séances. Ils bénéficient d'un accompagnement individualisé. Ces temps permettent également de renforcer leur expertise à analyser l'apprentissage en termes de processus et, de ce fait, à mieux identifier les points forts et les points de développement de leurs élèves. C'est également l'occasion de recueillir l'avis des enseignants sur le contenu et le déroulement de chaque séance afin d'en identifier les points d'amélioration et les modifications à apporter pour la version définitive de ce programme de base.

### 4.4 Résultats

S'agissant d'une recherche exploratoire centrée sur la création et le test de la première version du programme, seules des données qualitatives ont été collectées et analysées comme indicateurs de son impact. Cela, afin de dégager des tendances sur l'échantillon test. La version finale de ce programme de base devra être validée dans le cadre d'un protocole expérimental avec pré et post tests (notamment avec la procédure utilisée dans Frenkel & Nobile, en révision).

Trois types de données d'élèves sont collectées : (1) recueil de leurs avis sur le programme via une activité collaborative en sous-groupes (séance 13), (2) interviews individuels filmés (semaines suivant le programme) et (3) analyse du cahier d'apprentissage de chaque élève (une fois le programme fini). Concernant les enseignants, un questionnaire individuel leur a été soumis après la dernière séance du programme.

#### *Cahier d'apprentissage élève*

Concernant les élèves, nous présentons ici uniquement les données issues de leur cahier d'apprentissage. Il présente, d'une part, l'avantage de compiler tous les exercices et feuilles de justifications réalisés par l'élève et, d'autre part, de fournir des mesures hétéro-rapportées. L'analyse des traces produites par l'apprenant a été utilisée. Cette méthode permet de s'appuyer sur des éléments concrets et observables résultant de son mode de résolution du problème. Ces preuves – traces – peuvent être non intrusives (spontanées) ou intrusives (suite à une interpellation du médiateur). Les traces représentent une mesure qui reflète directement l'autorégulation effectuée (Frenkel, 2014b).

Le cahier d'apprentissage de chaque élève a été analysé. La définition des indicateurs et leurs types de mesure sont détaillés et justifiés dans Frenkel et Nobile (en révision). Cela nous permet notamment d'identifier les élèves qui présentent ou ne présentent pas, dès le début du programme, le niveau maximum visé. C'est sur ces derniers que notre analyse se focalise ici. Trois types de données sont ainsi collectées sur la base des éléments concrets identifiés. Il s'agit de :



- la qualité de la stratégie de mémoire externe (SME) spontanément utilisée par l'élève (*i.e.*, item du Tableau 2 : « Stratégie de mémoire externe verbale non chronophage »),
  - o les élèves qui sont comptabilisés sont ceux qui ont amélioré la qualité de leur SME jusqu'à utiliser une stratégie de mémoire externe verbale non chronophage ;
- la capacité à identifier soi-même les stratégies utilisées et à les rapporter par écrit (*i.e.*, item du Tableau 2 : « Identification et écriture des stratégies utilisées »),
  - o les élèves qui sont comptabilisés sont ceux qui ont amélioré cet aspect jusqu'à démontrer un niveau élevé de connaissances métacognitives ;
- la capacité à reconnaître ses propres qualités et à les écrire (*i.e.*, item du Tableau 2 : « Identification et écriture de ses propres qualités »),
  - o les élèves qui sont comptabilisés sont ceux qui ont augmenté de plus de deux items le nombre de leurs qualités lors de la deuxième séance de travail dessus (séance 12).

Parmi les élèves qui ne présentent pas le niveau maximum visé au début du programme, le Tableau 2 indique le pourcentage de ceux qui ont progressé jusqu'à atteindre ce niveau. Cela ne signifie toutefois pas que les autres élèves n'ont pas également progressé et gagné en efficience.

	École ordinaire A			École ordinaire B			École spécialisée
	P4	P4	P5	P3	P4	P4	M3 et M4
Stratégie de mémoire externe verbale non chronophage	0 <i>n</i> = 1	100 <i>n</i> = 4	90 <i>n</i> = 10	100 <i>n</i> = 9	91.7 <i>n</i> = 12	80 <i>n</i> = 10	100 <i>n</i> = 4
Identification et écriture des stratégies utilisées	93.8 <i>n</i> = 16	93.3 <i>n</i> = 14	100 <i>n</i> = 17	64.3 <i>n</i> = 14	60 <i>n</i> = 12	73.3 <i>n</i> = 14	57.1 <i>n</i> = 7
Identification et écriture de ses propres qualités	100 <i>n</i> = 17	91.7 <i>n</i> = 13	93.8 <i>n</i> = 18		88.9 <i>n</i> = 9		81.8 <i>n</i> = 12

Tableau 2. Pourcentages d'élèves tout-venant de chaque classe qui ont progressé pendant le programme jusqu'à atteindre le niveau maximum visé (Note : lorsque la case est noircie, seule une séance sur les deux prévues a été réalisée, empêchant de recueillir les données nécessaires au calcul)

Concernant les **élèves tout-venant des classes d'enseignement ordinaire** (*i.e.*, sans prendre en compte les élèves primo-arrivants ou en intégration). Un chiffre est à expliquer afin qu'il soit correctement interprété : le 0% d'une des classes de P4 pour la qualité de la SME spontanément utilisée. Sur les 18 élèves tout-venant de l'échantillon (*cf.* Tableau 1), un seul ne présentait pas le niveau maximum visé dès le début du programme. Le pourcentage rapporté dans le Tableau 2 est donc uniquement calculé sur la base de cet élève. Vu qu'il n'a pas évolué à ce niveau, le pourcentage est donc égal à 0. Pour les élèves des autres classes, le taux d'amélioration va de 80 à 100 %. En outre, 60% à 100% des élèves accroissent leur capacité à identifier ainsi qu'à écrire les stratégies et les méthodes qu'ils ont utilisées. Concernant l'aptitude à identifier et à écrire ses propres qualités, il est de 88.9% à 100%.

Concernant les **élèves primo-arrivants** dont le cahier a été analysé, ils sont au nombre de six, répartis dans trois classes. Deux d'entre eux utilisent dès le premier exercice la SME verbale non chronophage visée, à savoir, écrire sous chaque image partielle la lettre des deux images appareillées (sans texte parasite). Parmi les quatre autres élèves, trois ont progressé à ce niveau (75%). Pour la capacité à identifier et à écrire les stratégies et méthodes utilisées, un élève a le niveau requis dès le début du programme. Il est à noter que cet élève s'exprime dans sa langue maternelle (l'espagnol). La moitié des cinq autres élèves améliore fortement cet aspect (50%). Il est à noter que la maîtrise du français est un facteur qui joue un rôle important. Enfin, quatre élèves ont pu bénéficier des deux séances sur les qualités humaines et leur identification (séances 11 et 12). Trois d'entre eux ont évolué jusqu'à atteindre le niveau maximum visé (75%). Il est à préciser que le matériel fourni lors de la seconde séance à ce sujet a été traduit en espagnol pour les élèves hispanophones. Cela a fortement aidé. De plus, les élèves primo-arrivants ont amélioré leur compréhension du français au cours de l'année. Cela peut expliquer ce dernier résultat.

Concernant l'**élève en intégration** (en P4), il n'obtenait aucun des niveaux maximums visés au début du programme. Il a toutefois bénéficié du programme jusqu'à utiliser spontanément une SME verbale

non chronophage de niveau expert (évolution de 100%) et à être capable, d'une part, de mettre des mots sur ses stratégies et méthodes et, d'autre part, de les écrire de façon précise pour atteindre le niveau maximum visé (évolution de 100%). Il n'est pas considéré comme ayant développé une meilleure identification de ses qualités car il a écrit deux de ses qualités à chaque séance (0%).

Considérons maintenant la **classe d'enseignement spécialisé**, nous constatons que tous les élèves qui n'utilisaient pas une stratégie de mémoire externe verbale non chronophage, l'ont développée et l'utilisent ensuite de façon systématique (100% des élèves). Parmi la moitié des élèves qui avaient des difficultés à identifier et à écrire les stratégies et méthodes qu'ils avaient utilisées, 57.1% développent cette aptitude pendant le programme. Enfin, en ce qui concerne l'aptitude à identifier et à écrire ses propres qualités, 81.8% des élèves l'ont développée.

Suite au programme et à l'analyse qualitative effectuée sur les cahiers d'apprentissage, les taux d'évolution de nos échantillons vont de :

- 60% à 100% pour les élèves tout-venant de l'enseignement ordinaire,
- 50% à 75% pour les élèves primo-arrivants de l'enseignement ordinaire,
- 0% à 100% pour l'élève en intégration dans l'enseignement ordinaire,
- 57.1% à 100% pour les élèves de l'enseignement spécialisé.

### *Questionnaire enseignants*

En parallèle, l'avis individuel des enseignants a été recueilli via un questionnaire anonyme complété après la fin du programme.

Concernant les **points forts du programme**, il est tout d'abord rapporté qu'il s'adresse à tous les élèves de la classe (y compris les élèves primo-arrivants) et qu'il les considère au point où ils sont. Ce programme permet à l'élève d'être acteur de ses apprentissages, d'expérimenter, dans le cadre concret de la classe, l'intérêt des stratégies et d'intégrer des méthodes progressivement sans s'en rendre compte. Enfin, son contenu est différent de ce qui est habituellement fait en classe. Son format est également rapporté comme étant un point fort : il est ritualisé (même moment chaque semaine) et les élèves se réjouissent de ce temps d'activité. De plus, beaucoup d'espace est donné aux élèves. Leur temps de parole est qualifié d'approprié. Selon les enseignants, le matériel constitue également un point fort. L'agrandissement en poster de l'exercice est très visuel et constitue un moment collectif riche. Les exercices sont qualifiés de clairs avec des consignes claires et des exemples concrets. Le fait qu'ils soient décontextualisés (non scolaires) évite que l'élève soit parasité par des préoccupations contextuelles et apportent des thèmes qui sortent de la routine scolaire. La séance sur le fonctionnement du cerveau a été très appréciée, tant des élèves que des enseignants. Enfin, le cahier d'apprentissage permet de suivre l'évolution du travail, donne la possibilité d'écrire pendant la correction sur un support différent et est apprécié par les élèves.

Concernant les **points d'amélioration** du programme, la grande majorité des enseignants rapporte que rien n'est à améliorer. Il est toutefois proposé que le programme commence plus tôt dans l'année scolaire afin « d'anticiper les possibles imprévus de planning » et « réaliser solidement le transfert ». Il est également suggéré que des différenciations soient possibles dès les premières séances. Un enseignant souhaite que la réflexion soit appliquée à toutes les matières scolaires. Enfin, un autre désire passer plus rapidement au transfert sur les apprentissages scolaires.

Tous les enseignants impliqués ont constaté **des effets positifs** tant sur leurs élèves que sur eux-mêmes. Concernant leurs élèves, ils ont notamment relevé qu'« ils réfléchissent davantage en amont des actions, ils appliquent les stratégies vues », qu'« ils sont conscients que des procédés s'activent lorsqu'ils sont au travail et qu'ils peuvent opérer dessus », « l'augmentation de la confiance en soi de certains élèves ». Ils se rejoignent sur le fait que PAMI Classe leur a autant apporté de l'aide dans leur pratique professionnelle qu'il l'a modifiée positivement. Ils souhaitent utiliser ce programme dès l'année suivante. Les six enseignants qui ont suivi le programme dans sa totalité se disent capables de l'utiliser seuls. Quatre enseignants sur sept rapportent également que le programme et son accompagnement ont eu des effets positifs sur leur vie personnelle. Tous sont unanimes sur le fait qu'il faille vivre le programme pour le comprendre. Malgré les conférences, les formations et d'éventuelles lectures, c'est

de l'expérimenter avec l'accompagnement proposé qui leur a permis, d'une part, de se rendre compte de son efficacité et, d'autre part, de se l'approprier jusqu'à pouvoir l'utiliser seul.

Les indicateurs relevés mettent en avant une amélioration des stratégies cognitives et des compétences métacognitives sur une courte période (4 mois ½) ainsi qu'un transfert sur les activités scolaires. Cette tendance doit toutefois être confirmée lors de l'étude de validation de ce programme de base dans sa version définitive.

## 5 Perspectives

En parallèle à la validation de la version finale du programme de base pour l'enseignement primaire, la création de programmes complémentaires est en projet. Ils permettront de cibler des aspects plus spécifiques mais toutefois centraux dans l'apprentissage : « Renforcer ses stratégies de mémorisation », « Acquérir des stratégies de compréhension de consigne » ou bien encore « Anticiper, planifier et contrôler sa démarche ». En appliquant le programme de base dès la P3, les autres programmes pourront être utilisés au cours du primaire (P4, P5 et P6). Concernant l'enseignement secondaire, l'adaptation des programmes créés portera sur le niveau de difficulté des tâches et la modification des exercices de transfert. Procurer aux apprenants des occasions de développer leurs compétences d'autorégulation est un des facteurs favorisant tant la transition primaire/secondaire que celle enseignement secondaire/enseignement supérieur.

Si dans les enseignements primaire et secondaire il est possible de renforcer le développement des aspects précités aux âges où cela se met en place puis s'automatise (pour plus de détails, voir Frenkel, 2017, 2018), dans l'enseignement supérieur, ces compétences sont supposées être installées et servir de bases à l'acquisition d'autres compétences plus élaborées. Or, quel que soit le cursus, les acteurs de terrain font un constat commun (professeurs, maîtres de formation pratique...) : une diminution du nombre d'étudiants qui, d'une part, mettent en place un apprentissage régulier et progressif de la matière et, d'autre part, ont des stratégies d'apprentissage efficaces. À cela, s'ajoutent de plus en plus souvent des caractéristiques psychoaffectives entravantes telles que, par exemple, une faible motivation par rapport à la discipline enseignée qu'ils considèrent trop « théorique » et un faible sentiment d'efficacité personnelle. Cette tendance évolutive est heureusement loin de concerner tous les étudiants et elle demande à être objectivée. S'il est légitime de s'interroger sur son origine (Caractéristiques personnelles ? Facteurs environnementaux ? ...), pour les étudiants concernés, cela devient un problème en entravant le développement de leurs compétences professionnelles. Trop de potentiels restent en sommeil et les résultats académiques ne reflètent alors pas leurs réelles capacités.

Ainsi, dans l'enseignement supérieur, il est également possible d'élaborer des dispositifs d'apprentissage professionnalisants qui permettent d'agir à ces niveaux dans le cadre des séances de cours. Il nous semble important de les concevoir sans que cela n'ajoute un surcroît de travail personnel dans un emploi du temps souvent bien chargé pour les étudiants, tel que cela est, par exemple, le cas pour les futurs enseignants et les professionnels reprenant des études dans l'Enseignement supérieur de promotion sociale<sup>3</sup>. Axés sur le processus d'apprentissage (axe Élèves – Savoirs & compétences du triangle pédagogique de Houssaye, 1993), l'objectif est de fournir un contexte d'apprentissage actif pour les étudiants. Le modèle ICAP (Chi & Wylie, 2014) et ses quatre modes d'engagement cognitif aident à le modéliser. Le Comp.A.S. (Parmentier & Paquay, 2002) permet de s'assurer que les apprenants sont mis dans des conditions potentiellement favorables à la construction de compétences. L'objectif est ici de procurer des occasions d'expérience métacognitive médiatisée qui sont autant d'occasions d'analyse réflexive pour les étudiants et de les amener à :

- développer leurs compétences d'autorégulation<sup>4</sup> et principalement celles métacognitives (grilles d'auto-évaluation formatrice, interactions avec le médiateur et avec les autres étudiants),

---

<sup>3</sup> Depuis deux années, nous créons et testons de tels dispositifs dans nos propres enseignements.

<sup>4</sup> Également appelées « savoirs interdisciplinaires » ou bien encore « compétences transversales » dans les documents officiels de la FWB.

- comprendre et mémoriser les savoirs disciplinaires en étudiant régulièrement la matière via des activités de classe lors desquelles ils travaillent le contenu des cours précédents (étudiants actifs → apprentissage régulier de la matière → développement de bonnes pratiques),
- développer leurs compétences transversales en, notamment, améliorant leur manière d'apprendre, développant leurs attitudes relationnelles et entraînant les démarches mentales (échanges de pratiques, travaux collaboratifs, présentations en groupe classe...),
- les intégrer dans leurs futures compétences professionnelles (expérimenter des situations-problèmes, créer des fiches outils et des posters récapitulatifs...).

Usuellement, nous avons tendance à intervenir en préventions secondaire et tertiaire, c'est-à-dire, principalement une fois qu'un problème est survenu. Or, nombre de situations problématiques pourraient être évitées si nous en avons identifié les sources et si nous avons mis des actions en place. Il est ainsi question de prévention primaire, pour tous les apprenants d'un groupe classe et pas uniquement pour quelques individus reconnus comme étant « à risque ». Il est grand temps d'agir de la sorte, de former massivement les acteurs de terrain à leur utilisation et de les intégrer dans les programmes de cours de nos élèves et étudiants.

Il s'agit donc de développer des compétences transversales essentielles pour la réussite scolaire et d'autres, telles que les *soft skills*, qui sont de plus en plus recherchées dans le monde du travail (par exemple, flexibilité et adaptabilité, organisation, sens de la communication, sens de l'efficacité...) et qui représentent un des critères d'employabilité.

Dans le monde de demain, l'homme devra continuellement s'adapter à un contexte en pleine évolution et ponctué d'imprévus. Il lui faudra renforcer tant ses compétences transversales que sa capacité à apprendre tout au long de la vie. Il lui faudra également cultiver son esprit critique, notamment pour sélectionner des sources d'information fiables parmi toutes celles à sa disposition (entre autres, via le web). Autant de compétences qui sont notamment développées de façon durable avec des outils innovants solidement fondés sur les théories de l'apprentissage autorégulé et l'approche métacognitive intégrative de l'apprentissage.

### **Remerciements**

Nos remerciements vont à la Ville de Liège pour les moyens mis à disposition dans le projet *PAMI Classe* et plus particulièrement aux Inspecteurs de l'Enseignement fondamental et supérieur qui ont soutenu ce projet, par ordre alphabétique, Geneviève Bauduin, Patrick Beaufort et Pierre Stegen.

### **Références bibliographiques**

- Berger, J.-L., & Büchel, F.P. (2013). *L'autorégulation de l'apprentissage. Perspectives théoriques et applications*. Nice : Les Editions Ovadia.
- Boekaerts, M. (1996). Self-regulated learning at the junction of cognition and motivation. *European Psychologist*, 1, 100-112.
- Boekaerts, M. (1997). Self-regulated learning: A new concept embraced by researchers, policy makers, educators, teachers, and students. *Learning and Instruction*, 7(2), 161-186, doi: 10.1016/S0959-4752(96)00015-1.
- Boekaerts, M. (1999). Self-regulated learning: Where we are today. *International Journal of Educational Research*, 31(6), 445-457, doi: 10.1016/S0883-0355(99)00014-2.
- Boekaerts, M., & Corno, L. (2005). Self-regulation in the classroom: A perspective on assessment and intervention. *Applied Psychology: An international review*, 54(2), 199-231, doi: 10.1111/j.1464-0597.2005.00205.x.
- Borkowski, J.G., Chan, L.K.S., & Muthukrishna, N. (2000). A process-oriented model of metacognition: Links between motivation and executive functioning. In G. Schraw & J.C. Impara, (Eds.), *Issues in the measurement of metacognition*. Lincoln, NE: Buros Institute of Mental Measurements, 1-41.
- Borkowski, J.G., Milstead, M., & Hale, C. (1988). Components of children's metamemory: Implications for strategy generalization. In F.E. Weinert & M. Perlmutter (Eds.), *Memory Development: Universal Changes and Individual Differences*, Hillsdale, NY: Erlbaum, 72-100.

- Büchel, F.P. (2007). *L'intervention cognitive en éducation spéciale : Deux programmes métacognitifs*. Université de Genève, FPSE, Suisse : Collection des carnets des sciences de l'éducation.
- Büchel, F.P. (2013a). L'intervention psychopédagogique auprès des enfants ayant des difficultés d'apprentissage. Un modèle métacognitif et d'autorégulation. In J.-L. Berger & F.P. Büchel (Eds.), *L'autorégulation de l'apprentissage : Perspectives théoriques et applications*. Nice : Les Éditions Ovadia, 71- 105.
- Büchel, F.P. (2018). Émotions, motivation et stratégies d'apprentissage. In Glardon, A. (Ed.), *Monter sur les épaules des géants pour voir plus loin*, Wallenried, Suisse : Ed. d'Amont, 37-59.
- Büchel, F.P., & Büchel, P. (1995). *Découvrez vos capacités, réalisez vos possibilités, planifiez votre démarche, soyez créatifs. DELF : Un programme d'apprentissage pour adolescents et adultes*. Russin/GE : Centre d'Education Cognitive.
- Büchel, F.P., & Büchel, P. (2011, 2014). *DELV. Comprendre son propre apprentissage. Un programme pour améliorer l'apprentissage et le raisonnement des adolescents et des adultes*. Tegna : Centre d'Education Cognitive.
- Chi, M.T.H. & Wylie, R. (2014). The ICAP framework: Linking cognitive engagement to active learning outcomes. *Educational Psychologist*, 49(4), 219-243, doi.org/10.1080/00461520.2014.965823.
- Cleary, T.J., & Zimmerman, B.J. (2004). Self-regulation empowerment program: A school-based program to enhance self-regulated and self-motivated cycles of student learning. *Psychology in the Schools*, 41(5), 537- 550, doi: 10.1002/pits.10177.
- Efklides, A. (2011). Interactions of metacognition with motivation and affect in self-regulated learning: The MASRL model. *Educational Psychologist*, 46(1), 6-25, doi: 10.1080/00461520.2011.538645.
- Efklides, A. (2013). Metacognition, motivation, and affect in the school context: Metacognitive experiences in the regulation of learning. In Kreidler, S. (ed.), *Cognition and motivation. Forging an interdisciplinary perspective*, New York, NY: Cambridge University Press, 383-406.
- Falik, L.H., & Feuerstein, R. (2005). The current state and development of the learning propensity assessment device (LPAD). *Transylvanian Journal of Psychology, Special Issue*, 17-56.
- Feuerstein, R., & Hoffman, M.B. (1995). Conflit inter-génération des droits : Imposition culturelle et réalisation de soi. In F.P. Büchel (Ed.), *L'éducation cognitive : Le développement de la capacité d'apprentissage et de son évaluation*, Lausanne, Suisse : Delachaux et Niestlé, 103-134.
- Feuerstein, R., Rand, Y., Hoffman, M.B., & Miller, R. (1980). *Instrumental enrichment: An intervention program for cognitive modifiability*. Baltimore, MD: University Park Press.
- Feuerstein, R., Haywood, H.C., Rand, Y., Hoffman, M.B., & Jensen, M. (1986). *Examiner manuals for the Learning Research Potential Assessment Device*. Jerusalem : Hadassah-WIZO-Canada Research Institute.
- Flavell, J.H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, 34(10), 906-911, doi: 10.1037/0003-066X.34.10.906.
- Frenkel, S. (2014a). Metacognitive components in learning to learn approaches. *International Journal of Psychology: A Biopsychosocial Approach*, 14, 95-112. doi : 10.7220/2345-024X.14.5.
- Frenkel, S. (2014b). Composantes métacognitives ; Définitions et outils d'évaluation. *Enfance*, 4, 427-457, doi : 10.4074/S0013754514004029.
- Frenkel, S. (2014c). Métacognition et réussite scolaire : Applications. In C. Giraudeau & G. Chasseigne (Eds.), *Psychologie, Education et Vie scolaire*. Tours : Editions Publibook Université, 115-130.
- Frenkel, S. (2017). *PAMI Classe « Programme d'Approche Métacognitive Intégrative en classe »* [Rapport annuel]. Recherche subventionnée par le Département de l'Instruction publique de la Ville de Liège (Belgique).
- Frenkel, S. (2018). *Training self-regulation skills in primary school classes*, ICER 2018 "11th International Congress of Educational Research - Research, Innovation and Reform in Education", Cracovie (Pologne), 17-19 octobre 2018.
- Frenkel, S., & Deforge, H. (2014). Métacognition et réussite scolaire : Perspectives théoriques. In C. Giraudeau & G. Chasseigne (Eds.), *Psychologie, Education et Vie scolaire*. Tours : Editions Publibook Université, 87-113.
- Frenkel, S., & Nobile, D. (en révision). Métacognition, apprentissage et réussite scolaire : développement des compétences d'autorégulation pendant le primaire. *Psychologie Française*.

- Giasson, J. (2001). La métacognition et la compréhension en lecture. In D. Martin, P.A. Doudin, & O. Albanese (Eds.), *Métacognition et Education*. Bruxelles : Peter Lang, 249-262.
- Hessels, M.G.P., & Hessels-Schlatter, C. (2010). Vers une évaluation adéquate et une intervention cognitive ciblée auprès des élèves à besoins éducatifs particuliers. In M.G.P. Hessels & C. Hessels-Schlatter (Eds.), *Evaluation et intervention auprès d'élèves en difficultés*. Berne : Peter Lang, 1-4.
- Klein, P.S. (1991). Molar assessment and parental intervention in infancy and early childhood: New evidence. In R. Feuerstein, P.S. Klein, & A.J. Tannenbaum (Eds.), *Mediated Learning Experience (MLE). Theoretical, psychological, and learning implications*, London, UK: Freund Publication, 213-239.
- Mega, C., Ronconi, L., & De Beni, R. (2014). What makes a good student? How emotions, self-regulated learning, and motivation contribute to academic achievement. *Journal of Educational Psychology*, 106(1), 121-131, doi: 10.1037/a0033546.
- Moreau, C. (2018). Comprendre son propre apprentissage. *PROF (Le magazine des professionnels de l'enseignement de la Fédération Wallonie Bruxelles)*, 39, 39-40.
- Parmentier, P., & Paquay, P. (2002). *En quoi les situations d'enseignement/apprentissage favorisent-elles la construction de compétences ? Développement d'un outil d'analyse : le Comp.A.S.*. Issu de <https://alfresco.uclouvain.be/alfresco/service/guest/streamDownload/workspace/SpacesStore/e134bfcd-7da1-11dd-bdb8-b377fd3def91/ParmentierPaquay-interne-2002.pdf?guest=true>.
- Pintrich, P. R. (1999). The Role of Motivation in Promoting and Sustaining Self-Regulated Learning. *International Journal of Educational Research*, 31, 459-470, doi: 10.1016/S0883-0355(99)00015-4.
- Pintrich, P.R. (2000). The role of goal orientation in self-regulated learning. In M. Boekaerts, P.R. Pintrich, & M. Zeidner (Eds.), *Handbook of self-regulation*. San Diego, CA: Academic Press, 451-502.
- Pintrich, P.R. (2004). A conceptual framework for assessing motivation and self-regulated learning in college students. *Educational Psychology Review* 16(4), 385-407, doi: 10.1007/s10648-004-0006-x.
- Pintrich, P.R., & De Groot, E.V. (1990). Motivational and self-regulated learning components of classroom academic performance. *Journal of Educational Psychology*, 82(1), 33-40, doi: 10.1037/0022-0663.82.1.33.
- Poissant, H., Poëllhuber, B., & Falardeau, M. (1994). Résolution de problèmes, autorégulation et apprentissage. *Canadian Journal of Education*, 19, 30-44.
- Ramdass, D., & Zimmerman, B.J. (2011). Developing self-regulation skills: The important role of homework. *Journal of Advanced Academics*, 22(2), 194-218, doi: 10.1177/1932202X1102200202
- Romainville, M. (2007). Conscience, métacognition, apprentissage : Le cas des compétences méthodologiques. In F. Pons, and P.-A. Doudin (Eds.), *La conscience chez l'enfant et chez l'élève*. Québec : Presses de l'Université du Québec, 108-130.
- Schunk, D.H. (2005). Self-regulated learning: The educational legacy of Paul R. Pintrich. *Educational Psychologist*, 40(2), 85-94, doi: 10.1207/s15326985ep4002\_3.
- Spiess, A.S., Meier, B., & Roebbers, C.M. (2016). Development and longitudinal relationships between children's executive functions, prospective memory, and metacognition. *Cognitive development* 38, 99-113.
- Sternberg, R.J., & Grigorenko, E.L. (2002). *Dynamic testing: The nature and measurement of learning potential*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Thronsen, I. (2011). Self-regulated learning of basic arithmetic skills: A longitudinal study. *British Journal of Educational Psychology*, 81(4), 558-578. doi: 10.1348/2044-8279.002008.
- Veenman, M.V.J., Kok, R., & Blöte, A.W. (2005). The relation between intellectual and metacognitive skills in early adolescence. *Instructional Science*, 33(3), 193-211, doi : 10.1007/s11251-004-2274-8.
- Vianin, P. (2009). *L'aide stratégique aux élèves en difficulté scolaire. Comment donner à l'élève les clés de sa réussite ?* Bruxelles, Belgique : De Boeck Université-Pratiques pédagogiques.
- Winne, P.H. (1996). A metacognitive view of individual differences in self-regulated learning. *Learning and Individual Differences*, 8(4), 327-353.
- Winne, P.H. (2004). Student's calibration of knowledge and learning processes: Implications for designing powerful software learning environments. *International Journal of Educational Research*, 41(6), 466-488, doi: 10.1016/j.ijer.2005.08.012.

- Winne, P.H., & Perry, N.E. (2000). Measuring self-regulated learning. In M. Boekaerts, P.R. Pintrich, & M. Zeidner (Eds.), *Handbook of self-regulation*. San Diego, CA: Academic Press, 531-566.
- Zimmerman, B.J. (1989). A social cognitive view of self-regulated academic learning. *Journal of Educational Psychology*, 81(3), 329-339, doi: 10.1037/0022-0663.81.3.329.
- Zimmerman, B.J. (2000). Attaining self-regulation: A social cognitive perspective. In M. Boekaerts, P.R. Pintrich, & M. Zeidner (Eds.), *Handbook of self-regulation*. San Diego, CA: Academic Press, 13-39.
- Zimmerman, B. J. (2008). Investigating self-regulation and motivation: Historical background, methodological developments and future prospects. *American Educational Research Journal*, 45(1), 166-183, doi: 10.3102/0002831207312909.

## Annexe

Exercice issu du DELF-DELV (Büchel & Büchel, 1995, 2011, 2014) – série Figures décomposées - adapté pour *PAMI Classe*

**Carré écartelé**

modèle

Le modèle a été décomposé en deux images partielles. Si vous superposez deux images qui se complètent, vous reproduirez le modèle. Cherchez parmi les images partielles (a - m) les six paires correctes. Décrivez votre stratégie.

a

b

c

d

e

f

g

h

i

k

l

m

© Copyright 1995  
chez l'auteur

## Esprit criTICs

*PINON Nicolas*

*Haute École Léonard de Vinci*

[nicolas.pinon@vinci.be](mailto:nicolas.pinon@vinci.be)

### Résumé

Nous présentons ici un dispositif d'enseignement du doute méthodique à l'attention de futurs éducateurs spécialisés, dans le cadre d'une initiation aux TICs (technologies de l'information et de la communication). En amont, nous opérons un double examen. Tout d'abord, à l'endroit de l'état de la société actuelle dans laquelle évoluent et nos étudiants et leurs bénéficiaires ; les pratiques de délibération intellectuelles y sont grevées de difficultés inhérentes au fonctionnement spécifique de nos démocraties. Ensuite, et complémentaiement, nous essayons de comprendre les mécanismes de la pensée critique. Puis, nous présentons le dispositif d'enseignement. Le contenu des séances est abordé et, plus encore, nous portons notre réflexion vers les outils que nous avons déployés et les résultats auxquels nous sommes conduits. Nous poursuivons et clôturons ce parcours par quelques réflexions et recommandations, issues de nos lectures et de nos expériences, en vue de participer au mouvement collectif d'éducation à la pensée critique ; posture qui sera un moyen pour circuler (un peu) plus sereinement dans la jungle informationnelle avec laquelle les professionnels auront à se débattre pour espérer permettre de mieux distinguer les formes les plus nobles de connaissances – utiles à la collectivité autant qu'à tout bénéficiaire – des croyances et du sens commun parfois plus sujets à caution.

**Mots-clés** : post-vérité, esprit critique, hypermodernité, réflexivité, socio-constructivisme.

### 1 Introduction générale au propos

Cette contribution a pour objectif de présenter un dispositif d'enseignement des TICs en Bachelier Éducateurs Spécialisés en activités socio-sportives visant à doter les étudiants d'un ensemble de moyens (intellectuels et pratiques) favorisant une amélioration de leur pensée critique. L'objectif poursuivi par ce dispositif d'enseignement s'aligne sur les propos d'Étienne Klein (2020) lorsqu'il relève la nécessité de disposer d'une « meilleure connaissance de nos connaissances ».

Nous positionnons ce dispositif dans le creuset d'une approche pluri-paradigmatique où nous convoquons, complémentaiement, la sociologie (principalement analytique), les neurosciences de l'éducation et la psychologie sociale. Chacun de ces domaines correspond à des enseignements dispensés durant la formation générale et aucun, en particulier, ne prévaut ici comme modèle de lecture. Nous inscrivons en cela notre enracinement théorique dans la suite des travaux menés par G. Ryle en philosophie de l'esprit où il s'agit, d'abord et avant tout, de combattre la « légende intellectualiste » (Ryle, 2014 : 104) qui oppose le *Knowing that* (la théorie) au *Knowing how* (la pratique), en rappelant que l'un et l'autre sont consubstantiels, tout comme le métier d'éducateur spécialisé ne peut se penser authentiquement qu'en mettant en évidence que ces travailleurs sociaux font sans cesse jouer ces deux catégories, selon des modalités mouvantes, dans leurs pratiques. Ce texte reflètera donc ce cadre théorique large que nous proposons à nos étudiants.

La méthode employée à l'occasion de ce dispositif d'enseignement consiste en une alternance entre des moments de conversations théoriques (sous forme de débats) et d'exercices fécondés par le produit de ces échanges à travers l'utilisation d'outils (principalement de recherche documentaire via Internet et de manipulation d'applications didactiques). Les TICs sont donc ici des outils activés en vue de participer à la construction de l'identité professionnelle future de l'étudiant, nommément quant à sa posture en matière de pensée critique. Nous inscrivons notre compréhension de la pensée critique dans la lignée de démarcation qu'en fait Boisvert (2000 : 31) qui nous semble avoir opéré une clarification utile lorsqu'il écrit que :

« L'esprit critique, ou l'attitude critique, représente le deuxième élément de la pensée critique. Pour que l'élève soit un penseur critique, il n'est pas suffisant (même si c'est



nécessaire) que celui-ci maîtrise l'évaluation des raisons. La personne doit en effet manifester un certain nombre d'attitudes, de dispositions, d'habitudes de pensée et de traits de caractère que l'on peut regrouper sous l'étiquette « attitude critique » ou « esprit critique ». De façon générale, cela signifie que le penseur critique doit non seulement être capable d'évaluer des raisons adéquatement mais qu'il doit aussi avoir tendance à le faire, à y être disposé. »

## 2 Malaise 2.0. dans la culture et l'enseignement

« *Timeo hominem unius libri*<sup>1</sup> ». Cette assertion prôtée à Thomas d'Aquin s'offre à une double compréhension : est à craindre celui qui n'a lu qu'un livre dans sa vie car sa seule connaissance chemine comme unique lumière dans un monde qui lui reste essentiellement obscur (s'il n'est même dans la parfaite ignorance qu'il existe d'autres sources de connaissances possibles) mais aussi est à craindre celui qui n'a lu qu'un livre et le maîtrise excellemment, à rebours de tous ceux qui en survolent, sans les comprendre, quantité d'autres. Percevoir ce double niveau de lecture suppose un effort, celui qui s'oppose à flatter les pentes les plus évidentes de l'instantanéité cognitive où l'on pressent avoir perçu le sens d'une proposition alors même qu'on en a juste perçu l'un des sens. C'est un effort coûteux et, nous le verrons, notre cerveau rechigne le plus souvent à ce type de dépense, préférant collationner les évidences qui permettent l'exercice d'une vie aussi paisible et prévisible que possible.

Qu'en est-il du contexte dans lequel prend place notre réflexion ? Depuis 2011, des chercheurs (Mielly, 2018) font état d'une situation de plus en plus patente : la subrogation des pratiques culturelles (visites muséales, lectures de livres papiers,...) au profit d'activités dites de divertissement (jeux vidéo, réseaux sociaux,...). Ce délaissement progressif des espaces où repose le savoir s'accompagne d'une défiance croissante envers les dépositaires desdits savoirs, les figures d'autorité (Mielly, 2018). Une frange de plus en plus large d'étudiants adossent leurs connaissances à celles de leurs enseignants dans une horizontalité relationnelle inédite. Et si nous nous comptons au nombre de ceux qui se réjouissent de cette évolution des rapports dans les situations d'apprentissage, nous sommes toutefois plus circonspects à l'endroit des moments où le débat cède la place à la volonté d'emporter la joute verbale sans autre forme que d'imposer son savoir, fût-il approximatif, faux, voire absent du discours. Nous assistons alors à l'échange stérile de volontés qui, loin de s'écouter, s'entendent à assoir leur ordre démonstratif respectif, se renvoyant dos à dos dans une concorde impossible, jouant des drames semblables vécus ailleurs<sup>2</sup>. Taguieff (cité dans Guillon, 2018 : 67) nous semble avoir parfaitement raison lorsqu'il écrit que :

si l'époque moderne peut être considérée comme l'âge d'or des croyances conspirationnistes, c'est aussi, apparent paradoxe, parce qu'elle représente tout autant l'âge d'or de la pensée critique qui prétend s'appliquer à tous les dogmes, au nom de la recherche de la vérité.

C'est dans ce creuset que s'est construite la méthode qui fait l'objet de cette contribution, dans ce souci d'élaborer un espace où le maillage des savoirs et connaissances réciproques, de l'enseignant *et* des étudiants, pourrait se nourrir mutuellement. À vrai dire, cette opportunité s'est manifestée au sein du Département de formation où nous œuvrons à la faveur d'un rapport relatif à la qualité de l'enseignement. La rédaction de celui-ci nous a offert une fenêtre de réflexion plus large, permettant de penser collégialement les contours d'un métier ouvert à de puissantes mutations en devenir, au regard de l'évolution actuelle de la société et de son inévitable accélération (Rosa, 2013). Nous enseignons à de futurs éducateurs spécialisés en activités socio-sportives dont les terrains de pratiques sont amenés à fortement évoluer à l'horizon des prochaines années et il nous est apparu plus que nécessaire de travailler, avec eux, un aspect crucial de leur métier, celui de la capacité à pouvoir mobiliser son esprit critique *in situ*.

C'est une lapalissade que de le rappeler, mais l'éducateur spécialisé est un acteur social confronté à la première ligne d'intervention, en prise directe avec la collectivité des bénéficiaires et soumis à la

---

<sup>1</sup> « Je crains l'homme d'un seul livre » (trad.).

<sup>2</sup> Voir à ce titre l'ouvrage d'Yves Gingras (*L'impossible dialogue. Science et religion*, 2016).

nécessité d'accueillir et de savoir réagir adéquatement à ce qui lui est adressé. Jeté dans l'actualité, dans l'ici et maintenant qui invite à pouvoir/devoir prendre position sur quantité de sujets, des plus triviaux aux plus sensibles, l'éducateur circule le long d'une fragile ligne de crête qui le fait osciller entre le devoir de déconstruire certaines propositions délicates (et qui pourraient amener à des conduites déviantes voire dangereuses) et la nécessité de produire un discours qui permette de maintenir le lien, toujours fragile, qui le tient à l'autre en cherchant une issue qui promeuve le vivre ensemble. Or, et c'est un constat maintes fois répété, les éducateurs spécialisés inscrivent leur pratique dans un espace où leur identité professionnelle est insuffisamment circonscrite, où le temps même pour pouvoir penser et déposer le fruit de cette pensée ne cesse de leur échapper, à leur grand regret (Rémion, 2019) et où, présents partout à la fois dans le champ toujours trop vaste des attentes et des rôles qui leur sont prêtés, il apparaît qu'ils ne sont nulle part clairement situés. Ainsi ce témoignage d'une jeune diplômée, tancée entre doute et conviction :

me voici donc sur le terrain, pour de vrai comme on dit, comme une grande. Après trois ans de formation, trois stages, trois expériences, quels outils ai-je aujourd'hui ? Quelles compétences concrètes ? Je suis éducatrice, technicienne de projet, référente, partenaire, travailleuse sociale... tant de dénominations pour tenter de décrire mes fonctions, mes statuts, ma pratique. Mais qu'en est-il de ce qui m'anime, de qui je suis ? Ces dernières années, j'ai développé mon esprit critique, ma conscience du monde qui m'entoure, ma pensée politique. (Augais, 2018 : 21)

Que dit-elle au fond, qui sonne si juste au regard de la réalité à laquelle nous rappelle nos étudiants ? Simplement que nous disposons tous de modèles internes opérants<sup>3</sup> pour pouvoir évoluer dans le monde, qui agissent comme schèmes de compréhension et d'actions et qui nous aident à prendre prise sur le réel. Inévitables autant qu'utiles, ils sont également ancrés, sinon sédimentés pour certains, dans la force de l'habitude et donc difficiles à interroger et, parfois plus encore, à modifier. Ainsi, certains étudiants, croyant par exemple faire preuve de célérité dans leurs recherches Internet découvrent, *a contrario* de leur intuition, qu'ils sont difficilement capables de s'expliquer sur leurs heuristiques de traitement de l'information (Gervais & Arsenaault, 2005) car ils usent (et abusent) des méthodes de « click-and-look » (Hobbs, 2010) où leur pensée les mène là où les liens hypertextes leur dessinent un trajet sans autre boussole que ce défilement mécanique de pages en pages. Ainsi, sur des thèmes aussi controversés que le soupçonnisme, le plâtisme, les chemtrails, le survivantisme ou le récentisme, nombre d'entre eux demeurent ignorants des mécanismes gouvernant leur progressivité dans la jungle des pages qu'ils font défiler. À cet égard, Bronner (2013) avait fait remarquer que les moteurs de recherche les plus utilisés fonctionnent à partir d'algorithmes moins soucieux de présenter l'information la plus objective que populaire. Soumis à de véritables « bulles cognitives », les étudiants, autant que bien d'autres individus lambda, se rangent derrière une forme de « charité herméneutique » où chacun suppose que puisque l'information leur arrive, elle ne leur vient pas au hasard et que, pour peu qu'elle soit accompagnée du blanc-seing d'une « autorité » en la matière, toute habillée de diplômes, cela présente la garantie nécessaire et suffisante pour accepter l'information sans autre forme de procès d'examen.

### 3 De l'hédonisme cognitif hypermoderne à la post-vérité

Est-ce à dire que de nombreux étudiants sont incapables d'exercer leur sagacité et de repérer le bon grain informationnel de l'ivraie ? Ce serait là tenter un procès un peu court et malhabile. Examinons les limites de cette idée. L'hypermodernité est souvent convoquée comme prisme explicatif ayant contribué à l'infléchissement de certaines valeurs, notamment de ce que Barberousse (2019, dans Andler) nomme « l'imprudence épistémique » qui serait une sorte de manque de discernement, explicable par l'hypertrophie d'un Moi (Dufour, 2007) devenu plus préoccupé par son récit individuel et l'ordre de ses

---

<sup>3</sup> Ce terme renvoie aux propos de S. Dehaene (2018 : 40) lorsqu'il écrit que « notre cerveau projette en permanence, sur le monde extérieur, des hypothèses, des cadres d'interprétation qui donnent du sens au flux de données qui nous parvient des sens ».

croyances personnelles, campé dans ses certitudes plutôt qu'attentif au tissu collectif du progrès<sup>4</sup> où les choses se pensent dans une temporalité certes plus lente mais aussi plus assurée. Cette évolution sociétale post-moderne, puis hyper-moderne a permis l'essor d'individualités pas toujours fiables, d'individus auto-proclamés « spécialistes » et trouvant une audience bien plus grande que certains chercheurs très peu à l'aise avec les lumières médiatiques ou complètement hermétiques au besoin de s'y répandre. Ces acteurs médiatiques peu à peu colonisent les espaces de visibilité où s'abreuvent la plupart de nos contemporains. Michel Desmurget, dans un ouvrage récent (*La fabrique du crétin digital*, 2019) pointe ce phénomène en nommant ces individus, des « iconoclastes », spécialistes du « cherry-picking ».

Gérald Bronner (2015) a finement analysé cet état de fait. Selon lui, Internet a permis la sédimentation des récits par l'hypermnésie du réseau. Alors même qu'il faudrait faire dé-coïncider les preuves des pseudo-preuves, Internet met côte à côte des propositions soutenant une version et son contraire, sans donner de mode d'emploi pour s'y repérer. Nous assistons, poursuit-il, à une véritable « dérégulation du marché cognitif de l'information » où chacun peut désormais choisir librement le carburant nécessaire à l'édification de ses propres cathédrales argumentatives. Aussi, assiste-t-on à des débats d'une affligeante stérilité où coexistent sur un même plateau télévisé et un spécialiste renommé sur une question et un « expert autoproclamé », invité comme contradicteur. Le débat tourne souvent fort court, et à l'avantage du second, par le truchement de deux phénomènes consubstantiels : tout d'abord, le débateur « expert » produit ce que Bronner appelle fort justement « un mille-feuille argumentatif », c'est-à-dire une superposition rapide et absolument invraisemblable d'arguments en faveur de sa thèse, qu'il a scrupuleusement entassés les uns sur les autres pour produire un effet d'écrasement massif. Le spécialiste ne peut, lui, que mentionner les quelques vérités dont il dispose et éviter de se répandre en produisant des arguments dont il ne peut être certain qu'ils soient suffisamment étayés. Le plus souvent, donc, il choisit de se taire, ou conteste les propositions adverses en revenant sans cesse à ce dont il est assuré mais qui apparaît, aux yeux du grand public comme un déficit d'arguments alors même que « l'expert » semble, lui, capable d'illustrer son propos en amenant toujours plus d'éléments. Que se passe-t-il alors dans la tête de la plupart des personnes qui assistent à ce type d'échange et, nommément, dans la tête de certains de nos étudiants ? C'est ici qu'entre en jeu le second phénomène : la plupart des individus aiment les arguments qui vont dans le sens de leurs croyances et de leurs représentations. Bronner (Ibid.) parle de ces arguments comme de véritables « sucreries mentales » qui alimentent les biais de confirmation auxquels nous sommes souvent assujettis sans même en prendre conscience. Ces biais se manifestent par le fait que nous sommes sensibles aux informations qui vont dans le sens de ce que nous croyons/voulons croire non pas tant parce que nous sommes parfaitement crédules que parce que notre cerveau cherche, la plupart du temps, à agir selon un processus d'économie fonctionnelle. Si nous devons mettre sans cesse en doute, en tension tout ce que nous savons ; si nous doutions en permanence de nos heuristiques naturelles de traitement de l'information (Kahneman, 2016), alors nous serions sans cesse épuisés par la mobilisation d'énergie cognitive que ces opérations demanderaient.

La viralité de la diffusion des informations sur la toile conjuguée à la charge mentale à laquelle nous sommes confrontés à devoir gérer, dans une économie libérale de plus en plus prégnante (voir à ce propos le beau texte de F. Coppens dans cet ouvrage), tous les pans de notre vie en étant efficaces et efficaces, conduit notre cerveau à ne pas disposer du temps et de moyens nécessaires pour digérer et penser l'ensemble des stimuli qui se présentent à nous. Ceci contribue à l'efflorescence des théories du complot et autres rumeurs. 2016 accordait à la « post-vérité » d'être le mot de l'année de l'*Oxford Dictionary*. Par cette « reconnaissance », on entendait objectiver que, désormais, la vérité aurait à se mesurer à un ensemble de propositions concurrentes, allant des *Fake News* aux *Bullshits Theories* qui sont des assertions à visée performative (Dieguez, 2018). Le dédain affiché par certains devant les faits scientifiques relégués au rang d'une explication causale parmi bien d'autres possibles (du « baratin » comme l'identifie Frankfurt, 2017) conduit à une bascule possible où nous pourrions progressivement tolérer que tout puisse se dire et s'entendre. Les complotistes seront peut-être demain adoués avec

---

<sup>4</sup> Voir à ce propos les ouvrages remarquables de Peter Wagner (*Sauver le progrès*, 2016), Nicolas Bouzou (*L'innovation sauvera le monde*, 2016) ou encore celui d'Etienne Klein (*Sauvons le progrès*, 2017) qui, chacun, abordent l'impérieuse urgence de rebâtir un futur désirable où peuvent se conjuguer et les intérêts de chacun et les nécessités collectives.

autant de crédit que ne le furent jusqu'à peu les scientifiques et nous entrerons de plein pied dans l'ère permanente du soupçon généralisé. Par-delà vrai et faux, nous marcherons au-dessus de l'abîme, entourés d'individus « auto-producteurs de vérités » (Fabre, 2018 : 50).

Il semblerait que cette situation finalement encore récente fut amorcée par les philosophes du doute, les déconstructivistes, les hypercritiques que furent Foucault, Derrida en encore Lyotard (Ferraris, 2019), ceux-là qui ont dissout les faits dans les interprétations. C'est possible, mais la tendance excède largement le contingentement de la responsabilité à quelques personnes pour s'étendre à des horizons bien plus vastes. Pour autant, tout n'est pas perdu, car « le réel résiste » (Fabre, 2018 : 54) et, si nous accordons foi à la célérité de Raymond Boudon, la vérité finira par emporter le morceau car le temps long de l'histoire tend à « sélectionner les idées favorables au bien commun » (Bronner, 2019 : 172) et l'opinion, volatile matérialité se dirigera vers les flux qui s'imposeront durablement. Nous partageons la lecture que fait Boudon de l'individualisme méthodologique, lui qui reconnaît que les personnes agissent le plus souvent en étant dans l'exercice d'une forme de rationalité, nonobstant le caractère imprudent ou fragile de leurs pensées et comportements. Il existe pour ces personnes une compatibilité intérieure entre le monde ressenti et le monde perçu qui permet, si l'on accepte cette idée, de supposer des « raisons cohérentes chez les acteurs sociaux qui les endossent » (Bronner, 2019 : 171), notamment dans la diffusion maladroite et irréfléchie de théories accréditant des engeances mondiales ou des complots locaux. Ces comportements se retrouvent dans l'opinion publique et chez certains de nos étudiants également. Peut-être sujets à cette impression que la faculté de connaître est inhérente à la nature humaine – comme le pensaient déjà Bacon et Descartes – certains de nos étudiants s'inscrivent dans cette doctrine du *caractère manifeste de la vérité* dont Popper (2018 : 23) s'entretenait déjà à l'occasion de sa communication sur les sources de la connaissance et de l'ignorance à la British Academy en 1961. Ces étudiants argumentent et/ou discutent de thèmes divers (et la crise sanitaire liée au Coronavirus en a donné la pleine mesure quand il s'est agi pour eux de s'employer à en originer les causes, notamment) avec le sentiment honnête d'en avoir compris l'essentiel, sous l'égide de leur conviction que, dotés de la faculté de juger et de penser, ils pensent à bon droit et (a)droitement. Or, comme le souligne Boudon (2011 : 56), « celui qui raisonne en s'appuyant sur des prénotions ou des idoles accomplit bien “un processus [...] avec conscience” : il est éveillé et capable de produire des raisonnements cohérents. Mais ses spéculations sur le réel n'ont que peu de rapport avec la réalité, car il perçoit celles-ci à travers des lunettes déformantes (les “idoles” ou “prénotions”) ». Un des objectifs de ce cours de TICs est donc de chausser d'autres lunettes d'observation (attitude critique) au moyen d'outils d'analyse en vue d'améliorer ladite pensée critique. Les séances se présentent ainsi comme l'entrelacement d'une *disposition* à (moins mal) penser par le truchement de concepts inhérents à la démarche du doute méthodologique et de *moyens* à mettre en œuvre pour passer au tamis de l'analyse les informations qui se présentent. La *technique* utilisée dans ce cours est moins celle d'un *debunkage*<sup>5</sup> des croyances que l'éducation à une « *surveillance intellectuelle de soi* » (Bachelard, dans Gingras, 2017 : 312) ; comme lorsqu'évoquant la situation pandémique liée au COVID-19, certains étudiants se surprisent à céder à la tentation de biais cognitifs visant à mettre en sens la situation insensée actuelle en recourant, entre autres, au biais d'agentivité<sup>6</sup> où une engeance serait prétendument impliquée dans la diffusion du virus sur terre en vue de produire divers effets.

Pour autant, l'ignorance parfois manifeste de nos étudiants en formation peut-elle être condamnée ? Encore faudrait-il s'accorder sur la forme d'ignorance à laquelle nous sommes confrontés : est-ce de la pure nescience, ignorance totale et complète ; de l'ignorance au carré (où le sujet est ignorant de sa propre ignorance, comme dans le cas de l'effet Dunning-Kruger [1999]) ; de l'ignorance volontaire (au

---

<sup>5</sup> Le *debunkage* (Durant, 2019) se présente comme une technique visant à réfuter une thèse de manière directe et frontale en opposant aux propos d'une personne une somme de raisonnements adverses reposant sur des faits étayés visant, ultimement, à ce que la personne cède sous le poids de l'argumentation et renonce à sa croyance. Le danger de cette méthode est qu'elle ne fonctionne que sur une frange de personnes, celles qui sont elles-mêmes peu convaincues par ce qu'elles énoncent et promptes à changer d'avis si un discours plus solide leur parvient. Par contre, chez les prosélytes d'une croyance, chez qui la conviction s'est sédimentée, ce type de technique produit un phénomène inverse à celui recherché : les personnes activent des mécanismes de réactance qui renforcent encore plus leurs pensées.

<sup>6</sup> Ce type de biais « fait voir des agents porteurs d'intention là où il n'y en a pas » (Bronner & Géhin, 2017 : 194).

sens où l'on choisit de ne pas savoir pour des raisons personnelles) ou encore d'une ignorance culturellement fabriquée (comme dans le cas de l'agnotologie), selon la judicieuse typologie proposée par Girel (2017) ? On mesure combien il est délicat de porter un jugement sur celui qui, face à nous, semble stagner dans le marécage de son ignorance, ignorant à notre tour de quelle sorte d'eau est faite celui-ci.

Les stratégies pour valoriser la promotion de l'esprit critique et la diffusion d'une culture du doute méthodique se disséminent peu à peu dans l'enseignement. C'est là une évolution aussi heureuse que nécessaire. Toutefois il convient de réfléchir ces stratégies et de les analyser au regard des effets, réels, qu'elles produisent. Ainsi en va-t-il de l'enseignant lui-même qui prend, comme c'est notre cas ici, le projet d'une activité TICs, convaincu et cherchant à convaincre de l'utilité de son objet. La stratégie louable de dédier un cours à la formation de cet esprit critique n'obère pas le même examen critique envers les effets réels auxquels il peut conduire. Faut-il rappeler ici la cinglante constatation à laquelle parvient Desmurget (2019 : 239) quand il écrit qu'

un nombre sans cesse croissant d'études montre ainsi que l'introduction du numérique dans les classes est avant tout une source de distraction pour les élèves et, par suite, un facteur significatif de difficultés scolaires. L'affaiblissement des notes résulte alors d'un double mouvement : stérilité des usages strictement académiques et nocivité des emplois distractifs ?

Le dispositif d'enseignement promu ici ne peut toutefois s'exonérer de failles qu'il tente de dénoncer par ailleurs. Le caractère autoréférentiel de la proposition de ce cours conduit à une aporie possible (un dispositif qui vise à mettre en œuvre le doute méthodique peut, *de facto*, conduire à une récursivité qui lui adresse les mêmes réserves qu'il destine à d'autres sources de connaissances... à savoir de douter du dispositif lui-même). À titre d'exemple, nous invitons nos étudiants à ne pas se laisser (trop) influencer par un argument d'autorité (Leyens & Yzerbyt, 1997) alors même que la position (le statut d'enseignant) où nous énonçons cette adresse est grevée de ce statut auquel nous les enjoignons de se défier.

#### 4 Présentation du dispositif en construction

Nous l'avons examiné, la société actuelle mérite que nous consacrons du temps à la promotion du doute méthodique. Des initiatives émergent en ce sens, qu'il convient, avons-nous dit, de questionner et de pondérer. À ce titre, nous avons jeté une pierre dans notre propre jardin au moment-même de présenter notre dispositif de cours en rappelant que malgré nos intentions louables et notre espoir d'une probité intellectuelle, nous ne devons pas oublier que les effets durables de ces nouvelles technologies sont encore loin d'être démontrés scientifiquement. Ces précautions d'usage passées, venons-en maintenant à la méthodologie initiée à la faveur de cette Activité d'Apprentissage. Pour rappel, elle concerne des étudiants en Bachelier Éducateur Spécialisé en activités socio-sportives qui suivent, dans la deuxième année de leur formation, un cours d'initiation aux Technologies de l'Information et de la Communication. L'objectif de ce dispositif est de tenter de rencontrer les propositions formulées par Stanislas Dehaene (2018) à l'endroit des stratégies d'apprentissage : *encourager l'attention des étudiants ; leur engagement actif dans les tâches ; le retour sur erreur en séance et la consolidation des connaissances*. Plutôt que d'initier les étudiants à l'utilisation d'outils informatiques (activités dont la pertinence est démontrée car les études relèvent souvent des pratiques et des connaissances très limitées en la matière), nous avons fait toutefois le choix de ponter le cours sur un ensemble de territoires auxquels les étudiants sont sensibles. Nous avons donc choisi de les faire évoluer au gré du cours sur trois plateformes disponibles sur Internet : Twitter®, Youtube® et Instagram®. Concrètement, nous avons créé un compte sur la messagerie directe Twitter (EducTweet1) pour envoyer et relayer des tweets ; une chaîne Youtube (TIC EDUC) pour y déposer des vidéos et une page Instagram à alimenter de photos assorties de commentaires. Un mot d'ordre gouvernait l'ensemble de ces pratiques : que tout ce qui serait généré soit en lien direct avec le métier de l'éducateur spécialisé. Pour ce faire, nous avons identifié un éducateur-type en indiquant quelle serait son identité professionnelle et comment il devrait idéalement se conduire sur ce type de médias.

Le cours a permis d'embrasser un spectre large de thèmes qui, chacun, ont fait l'objet et d'un apport théorique et d'une partie plus expérimentielle où les étudiants ont été confrontés à une série de « situations

critiques » où un questionnement était formulé et attendait une communauté de réponses. Parmi ces thématiques relevons : la société numérique ; l'identité numérique ; le Big Data ; les écoles numériques ; les acronymes autour de la génération Y, Z, Millenials ou des Digital Natives (Prensky, 2001) ; les Selfie et l'image de soi sur Internet ; la mise en scène de soi ; le Deepfake ; certaines théories controversées (les reptiliens ; les anciens astronautes ; les Illuminati ; le platisme) ; le Trolling ; le Ghosting ; l'orbiting ; les sites de rencontre ; le sexting ; les chatbots et créateurs de Like artificiels ; les robots sociaux ; les tablettes interactives ; les tableaux blancs interactifs ; les Tics adaptés aux personnes en situation de handicap ; les TICs et les personnes vieillissantes... À ces situations critiques correspondaient une panoplie de méthodes visant à interroger les sujets à partir de lignes directrices d'investigation. Prenons, par exemple, le modèle de Gauvrit & Delouée (2019) qui envisage une information en cinq temps : comment interpréter l'information en dégagant le possible sens caché sous le sens apparent ; comment distinguer les corrélations des causalités dans l'analyse ; quelle évaluation accorder à la pertinence et la fiabilité des sources défendant cette information ; quels types d'inférences sont à l'œuvre derrière la démonstration de l'information ; quelle explication chapeaute cette information et avec quelle intention.

L'approche que nous avons choisie s'inscrit dans le sillon des recherches et dispositifs élaborés autour du paradigme socio-constructiviste où l'étudiant devient didacticien, à même de pouvoir chercher et trouver l'information pertinente<sup>7</sup>. Nous avons opté pour des exercices pratiques en sous-groupes de 3 à 5 étudiants. Ces groupes sont soumis à une série d'exercices thématiques faisant appel à la pensée critique en leur demandant d'activer et la posture critique (visant à examiner les informations) et des outils pragmatiques pour y parvenir (via les différents appareillages méthodologiques d'analyse et de compréhension conceptuelle) en vue de les aider à construire une attitude qui pourra s'exercer dans leur pratique, au contact de leurs bénéficiaires. Les TICs sont ici, rappelons-le, des moyens (techniques) mobilisés en vue d'une fin (une attitude professionnelle future). Ces petits groupes atteignent une taille critique qui permet de favoriser la controverse constructive et de parvenir à mutualiser les avis (Buchs, 2011). L'interaction y demeure un instrument de réflexivité relationnelle de premier plan (Hibbert, 2009) car elle crée les conditions d'expression d'une « posture dynamique » (Fronty, 2017 : 76) qui facilite le lubrifiant social pour délier la parole, bien plus que ne le pourront jamais les cours classiques. Tempérons toutefois cet enthousiasme en rappelant deux faits documentés : si la plupart des étudiants présentent un engagement cognitif, émotionnel et comportemental dans la tâche, il s'en trouve certains qui vont peu, voire pas investir ce type de dispositif (Galand, Philippot & Frenay, 2006), le plus souvent par anxiété de performance (Bourgeois, de Viron & Nils, 2009), ce que De Visscher & Latinis (2015 : 116) rappellent fort justement en mentionnant que

la position critique peut être retenue également par la peur du débat. S'interroger, se questionner, voire s'opposer aux idées, aux perceptions des autres provoquent parfois la crainte de la perte de l'estime de l'autre d'une part et d'autre part, plus simplement, la peur d'entrer en discussion, en débat, en opposition avec l'autre. Critiquer peut être associé à la peur de penser, de dire, de faire autrement, d'oser un autre avis, de sortir de la masse.

L'autre fait qui modère notre enthousiasme réside dans les propos de Wittezaele (cité dans Clénet, 2013 : 69) qui souligne qu' « inciter quelqu'un à faire quelque chose, c'est créer les conditions pour qu'il le fasse, on ne peut prédire à coup sûr qu'il va le faire, mais on augmente les chances qu'il le fasse ». Enfin, soulignons que l'enseignant lui-même ne peut être dans une pleine compréhension de ses propres ressorts métacognitifs, qu'il demeure chez lui, au-delà de son envie et du sérieux qu'il met à sa tâche, une zone aveugle où bien des

pratiques sont partiellement inintelligibles au praticien lui-même, parce qu'elles sont enracinées dans un habitus (Bourdieu, 1972, 1980, 1994), ensemble de schèmes de pensée et d'action construits au gré de l'expérience dont le sujet n'a qu'en partie

---

<sup>7</sup> Ce faisant, l'étudiant stimule une mémoire externe au sens où Cohen (2017 : ) écrivait récemment « quand vous disposez d'Internet, vous utilisez moins votre mémoire pour vous souvenir des choses elles-mêmes, mais plutôt pour mémoriser leur emplacement, la manière d'aller les retrouver ». Ce que Le Ny (cité dans Marquet, 2005 : 108) appelle « une cognition située qui permette de passer du "savoir que" au "savoir comment" ».

conscience. Elles sont donc en partie opaques à celui-là même qui les met en œuvre (Vermersch, 1994). Ces savoirs sont aussi opaques aux chercheurs, qui n'y accèdent qu'en favorisant un processus de conscientisation, au sens de Piaget (1974) ; soit le passage du pré-réfléchi au conscientisé. (Bonneton, 2008 : 25)

Sur le plan formel, nous avons demandé aux étudiants de Bloc2 (cohorte 1) de produire une vidéo d'une durée variant entre 5 minutes à 10 minutes. La structure interne de découpage de ladite vidéo était identique pour chacun des groupes : une présentation de la thématique sujette à controverse choisie (par exemple : le business du coaching ; les salles de shoot pour toxicomanes ; manger des insectes ; la crise migratoire...) ; une description de la tension entourant cette thématique (par exemple : les migrants sont des personnes dangereuses) et exprimée sous forme d'une question de recherche (par exemple : les migrants sont-ils un danger ou une opportunité pour notre société ?) ; un volet consacré à l'argumentation (en deux temps : un premier condensant un agrégat de propositions à critiquer glanées sur Internet – de fausses statistiques ; des thèses d'extrême-droite dans le cas du sujet consacré aux migrants par exemple – et un second prenant appui sur des éléments étayés scientifiquement pour nuancer ou défaire les apories trouvées sur la toile – des articles publiés dans des revues en *peer-reviewing* ; des blogs de scientifiques reconnus internationalement...) ; un dernier volet, enfin, consacré à une série de conseils proposés à l'éducateur spécialisé qui pourrait être confronté à devoir prendre position sur ce type de sujet avec ses bénéficiaires. Ces vidéos ont ensuite été placées sur la chaîne Youtube en accès libre et ont fait l'objet d'une évaluation certificative. Au total, 52 étudiants ont participé à la réalisation de ces vidéos (par sous-groupes de 4 à 6 étudiants). La plupart de ces étudiants (à l'exclusion de ceux qui auront échoué leur année de Bloc2), désormais en dernière année de formation, seront sollicités dans un second temps pour savoir dans quelle mesure l'activité TICs a imprégné (ou pas) leurs méthodes de recherche dans la constitution de leur Travail de Fin d'Etudes (TFE) en cours de rédaction. L'objectif est de percevoir ici la possible transférabilité des acquis du cours et leur pérennité dans le temps.

Que nous révèlent les premières analyses de ces vidéos réalisées ? Minimale-ment que les étudiants ont été capables de produire *et* du discours respectant les consignes *et* des images les illustrant. Les notions vues durant les séances sont produites dans la narration qui accompagne la mise en scène (par exemple : présenter des individus fictifs pétris de préjugés et s'adonnant à des prénotions intuitives sur le nombre d'immigrés présents en Belgique VS étayer ces arguments en les soumettant à l'ordre démonstratif de la preuve par d'autres individus fictifs) mais force est de constater que la distance critique à l'égard du matériau de base (notre enseignement) n'est pas suffisamment présent. Les étudiants choisissent d'illustrer un peu mécaniquement les concepts par les méthodes vues au cours sans chercher à s'approprier leurs propres dispositifs glanés par leurs propres recherches et qui permettrait de discuter les notions, concepts, outils et méthodes développés durant les séances. Une façon de pallier cela serait de montrer aux futurs participants quelques moments-clés qui illustrent cette trop grande dépendance à la matière. Néanmoins, gageons que la dimension évaluative certificative procède peut-être d'une certaine retenue à cette créativité et qu'il faudra, à l'avenir, penser ce dispositif dans une perspective plus formative, possiblement plus propice à cet élan créatif et critique envers ledit matériau de base. Soulignons toutefois combien nous avons été impressionné par la qualité de leurs présentations et la variété des thématiques abordées. Le projet devait/devra se poursuivre alors avec une deuxième phase qui devait/devra débiter prochainement (mai 2020<sup>8</sup>) et qui devait/devra concerner les étudiants de Bloc 2 (deuxième année du bachelier – cohorte 2). Ils vont tout d'abord répondre à un court questionnaire visant à évaluer leur compréhension de la notion d'esprit critique et la manière dont ils entendent en faire usage. Puis il va leur être proposé de choisir un thème parmi ceux qui ont fait l'objet d'une vidéo. Leur choix effectué, il leur sera demandé d'indiquer leurs représentations à l'endroit de ce thème à partir de la question de recherche présentée dans la vidéo. Une fois leurs représentations indiquées, la vidéo leur sera présentée. L'étape suivante sera d'observer dans quelle mesure le visionnage de la vidéo a/n'a

---

<sup>8</sup> Dû au contexte sanitaire lié à la pandémie de Covid-19, l'ensemble du phasage est reporté à une date indéterminée. Les activités prévues n'ont pu être données et l'agencement actuel de l'année académique dessine un enseignement co-modal qui risque de reporter à l'année académique 2021-2022 l'ensemble du processus. Les éléments rapportés dans ce texte sont donc à contextualiser dans une temporalité figée et idéale au moment de la rédaction du document.

pas transformé leurs représentations. Cette étape sera réalisée à partir d'un questionnaire écrit (questions fermées et questions ouvertes). Ces étudiants vont ensuite bénéficier du cours de TICs et réaliser à leur tour une vidéo dans le prolongement des étudiants de la cohorte 1. Parvenus en Bloc 3 (dernière année du bachelier), ils seront également questionnés sur leur recours (ou pas) aux méthodes vues durant le cours et employées (ou pas) dans la rédaction de leur TFE. Nous espérons faire ainsi se succéder les différentes cohortes et faire évoluer le dispositif. À cet égard, des collègues d'autres disciplines (sciences notamment) ont proposé des thématiques relatives à leurs unités d'enseignement en vue de greffer les sujets sur une réalité plus en phase encore avec la formation.

## 5 Entre limites et perspectives, fonder un horizon d'atteinte

Gaston Bachelard écrivait :

Avant tout il faut savoir poser des problèmes. Et quoi qu'on en dise, dans la vie scientifique, les problèmes ne se posent pas d'eux-mêmes. (...) Pour un esprit scientifique, toute connaissance est une réponse à une question. S'il n'y a pas eu de question, il ne peut y avoir de connaissance scientifique. Rien ne va de soi. Rien n'est donné. Tout est construit. (Bachelard, 1938 : 14).

Rien n'est plus vrai. Nous espérons poser, avec ce dispositif, les jalons qui construisent la capacité à pouvoir situer le problème réel sous les problèmes apparents<sup>9</sup>. Parvenir à la posture d'auto-réflexivité (*self reflexivity*) où l'étudiant, conscient de sa propre métacognition (Cunliffe, 2009), porte le fer dans les apories de ses propres aveuglements pour fonder un jugement éclairé demeure toutefois le plus souvent une posture inconfortable (Trehan & Riggs, 2005). Desmurget (2019 : 103), que nous avons déjà cité plusieurs fois, ne dit rien d'autre quand il écrit que « pour vaincre l'illusion, il faut parler chiffres, entrer dans des détails techniques laborieux, inventorier et hiérarchiser un grand nombre de sources ; puis, trouver un média suffisamment tenace pour relayer le message. Un vrai sacerdoce ». À terme, nous cherchons à ce que l'étudiant soit capable, pour lui-même et, plus tard, pour son bénéficiaire, par la discussion, de découvrir « l'invariant cognitif à l'œuvre » qui, parfois, déforme notre (leur) rationalité (Bronner, 2019 : 134).

Afin de s'assurer que l'enseignement profite aux étudiants durablement, insistons encore sur la conduite à adopter chez l'enseignant. De nombreuses études ont fait prévaloir que si l'enseignant doit veiller à créer et entretenir un climat chaleureux et des relations fructueuses avec ses étudiants (Gordon, 2005), il importe de veiller à choisir un mode interactionnel adéquat au regard de l'objectif final visé. Ainsi, la typologie de Biggs & Tang (2007) dresse-t-elle trois profils possibles d'enseignants dont seul le dernier, selon eux, peut offrir des garanties réelles de transfert des compétences. L'enseignant de type I est celui qui dichotomise le monde étudiant entre ceux qui sont aptes et ceux qui ne le sont pas. Aux premiers seront dispensés les fruits du savoir, aux seconds sera à peine jeté un regard condescendant. L'enseignant de type II capitalise, lui, une large sympathie de la part de ses étudiants qui, selon les termes empruntés à la psychanalyse, transfèrent positivement sur sa personne. Il est décrit comme chaleureux, enthousiaste, investi et, longtemps après leurs études, les étudiants peuvent se rappeler la bonhomie de ce type d'enseignant. Le souci est que s'ils se rappellent aisément l'homme, il appert qu'il n'en va pas de même pour la matière qu'il dispensait. Somme toute ce type d'enseignant emporte avec lui les secrets de son savoir comme le magicien conserve sous son chapeau ses secrets. Reste l'enseignant de type III. Lui, indiquent Biggs & Tang, est capable de mettre l'accent sur le contenu et de déployer des stratégies visant à mettre l'étudiant au cœur du dispositif. Dans ce registre, l'enseignant assure une posture de sentinelle, observant les comportements des étudiants, les corrigeant au besoin en veillant à ce qu'ils comprennent leurs erreurs, les corrigent et adoptent durablement de nouvelles conduites. Ceux-là garderont peut-être un souvenir moins net de l'enseignant mais seront capables de pérenniser ses méthodes. Nous tentons, sans toujours y parvenir, d'atteindre cette forme d'alignement où les étudiants sont authentiquement acteurs de leur formation, bien qu'il demeure que nous soyons aussi (et parfois

---

<sup>9</sup> À cet égard, nous ne pouvons passer sous silence les nombreux travaux de Michel Meyer sur la problématique (2008, 2010).



sans en avoir conscience) tenté d'adopter la posture de type II, particulièrement quand il s'agit de « motiver » des étudiants pour qui ce type de matière peut présenter une certaine étrangeté. À l'appui de ces données proposées par Biggs & Tang, peut-être pourrions-nous formuler une recommandation ici, celle d'associer à l'enseignement des TICs un enseignant plus chevronné plutôt qu'un jeune enseignant débutant. Plusieurs études mettent en évidence qu'un enseignant novice porte légitimement son attention sur lui, dans l'espoir de construire une identité et une posture professionnelle (période centrée sur l'enseignant chez Fuller, 1969 ; étape de survie chez Katz, 1972). Akerlind (2007) a montré qu'un enseignant plus expérimenté est en mesure de produire un répertoire de stratégies d'enseignement plus large et flexible et qu'étant moins concentré sur sa propre posture, il peut nourrir une dimension réflexive chez les étudiants en se dédiant plus largement à eux. Chemin faisant, dans le cadre d'une matière expérimentelle aussi importante que l'enseignement des TICs ce type d'enseignant « senior » devrait être en mesure de mobiliser la posture de l'enseignant de type III préconisée par Biggs & Tang en vue d'accompagner les étudiants dans le processus d'intégration de la méthode critique. Ceci permettra, en outre, de diluer le sentiment qu'en ce type de matière plus qu'en toute autre, le jeunisme prévaut.

Ce rapide parcours accompli par l'entremise de ce dispositif vient se ranger aux côtés des heureuses initiatives qui naissent dans le champ des pratiques psychopédagogiques en prise avec les mutations sociétales, où co-existent délitement des valeurs traditionnelles et avènement de nouveaux cadres de pensée. Plus que jamais il est urgent de participer à l'édification de la conscience critique de ceux dont nous avons, enseignants, la charge. Dès 1878, dans « L'avenir de la science », Nietzsche (2007 : 192) écrivait que la recherche produit peut-être des vérités importantes mais qu'elles mènent à peu de satisfaction, car elles n'ont pas le vernis brillant des fulgurances peu instruites mais si lumineuses dont se parent les pseudo-scientifiques, les experts auto-proclamés à qui l'on donne une tribune si large désormais, reléguant dans une ombre toujours plus épaisse ceux qui devraient occuper le devant de la scène : les esprits mesurés et rationnels. Laissons au philosophe le soin d'apporter une conclusion provisoire, comme une intuition qui touche plus sûrement ceux qui savent la fragilité des édifices sur lesquels repose le monde d'aujourd'hui mais aussi, celui de demain :

C'est pourquoi une culture supérieure doit donner à l'homme un cerveau double, quelque chose comme deux compartiments du cerveau, pour sentir, d'un côté, la science, de l'autre, ce qui n'est pas la science : existant côte à côte, sans confusion, séparables, étanches : c'est là une condition de santé. (...) Si l'on ne satisfait point à cette condition de la culture supérieure, on peut prédire avec certitude le cours ultérieur de l'évolution humaine : l'intérêt pris à la vérité cessera à mesure qu'elle garantira moins de plaisir ; l'illusion, l'erreur, la fantaisie, reconquerront pas à pas, parce qu'il s'y attache du plaisir, le territoire qu'elles occupaient auparavant : la ruine des sciences, la rechute dans la barbarie en seront la conséquence prochaine ; de nouveau l'humanité devra recommencer à tisser sa toile, après l'avoir, comme Pénélope, détruite pendant la nuit. Mais qui nous est garant qu'elle en retrouvera toujours la force ?

## Références bibliographiques

- Akerlind, G.S. (2007). Constraints on academic's potential for developing as a teacher. *Studies in Higher Education*, 32(1), 21-37, doi : 10.1080/03075070601099416.
- Andler, D. (2019). Nuova Scientia ou nouveau style scientifique ? *Le Débat*, 5(207), 123-131, doi : 10.3917/deba.207.0123.
- Augais, S. (2018). Réflexions et questions d'une jeune diplômée. *Vie sociale et traitements*, 138(2), 20-21, doi : 10.3917/vst.138.0020.
- Bachelard, G. (1938). *La Formation de l'esprit scientifique*. Paris : Editions Vrin.
- Biggs, J., & Tang, C. (2007). *Teaching for Quality Learning at University. What the Student Does (3<sup>ème</sup> édition)*. England : Open University Press.
- Boisvert, J. (2000). *La formation de la pensée critique : théorie et pratique*. Bruxelles : De Boeck Éditions.
- Boudon, R. (2011). *L'idéologie ou l'origine des idées reçues*. Paris : Fayard.

- Bourgeois, E., De Viron F., Nils, F., Traversa, J., & Vertongen, G. (2009). Valeur, espérance de réussite, et formation d'adultes : pertinence du modèle d'expectancy-value en contexte de formation universitaire pour adultes. *Savoirs*, 20(2), 119-133, doi : 10.3917/savo.020.0119.
- Bronner, G. (2019). La théorie boudonienne des croyances. *Revue européenne des sciences sociales*, 57(1), 159-179, doi : 10.4000/ress.5187.
- Bronner, G. (2019). *Déchéance de rationalité. Les tribulations d'un homme de progrès dans un monde devenu fou*. Paris : Grasset.
- Bronner, G., & Géhin, E. (2017). *Le danger sociologique*. Paris : Presses universitaires de France.
- Bronner, G. (2015). *L'empire des croyances*. Paris : Presses universitaires de France.
- Bronner, G. (2013). *La démocratie des crédules*. Paris : Presses universitaires de France.
- Buchs, C., Darnon, C., Quiamzade, A., Mugny, G., & Butera, F. (2012). Conflits et apprentissages. Régulation des conflits socio-cognitifs et apprentissage. *Revue française de pédagogie*, 163, 05-125, doi : 10.4000/rfp.1013.
- Cohen, L. (2017). *Comment lire avec les oreilles ? Et 40 autres histoires sur le cerveau de l'homme*. Paris : Odile Jacob.
- Clénet C. (2013). L'accompagnement de l'autoformation dans des dispositifs de formation. Pratiques relationnelles et effets formatifs. *Les Sciences de l'éducation – Pour l'Ere nouvelle*, 46(2), 61-84, doi : 10.3917/lse.462.0061.
- Cunliffe, A.L. (2009). Reflexivity, learning and reflexive practice. In S. Armstrong & C. Fukami (Eds.), *Handbook of Management Learning, Education and Development*, London: Sage, 405-418.
- Dehaene, S. (2018). *Apprendre ! Le talent du cerveau, le défi des machines*. Paris : Odile Jacob.
- Delouée, S. (2018). *Des têtes bien faites. Défense de l'esprit critique*. Paris : Presses universitaires de France.
- Desmurget, M. (2019). *La fabrique du crétin digital. Les dangers des écrans pour nos enfants*. Paris : Le Seuil.
- De Visscher, H., & Latinis, Ph. (2015). Le sens critique. Et quoi encore ? *Les Cahiers internationaux de Psychologie Sociale*, 105(1), 99-118, doi : 10.3917/cips.105.0099.
- Dieguez, S. (2018). *Total Bullshit. Au cœur de la post-vérité*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Durand, T. (2019). *Quand est-ce qu'on biaise ?* Paris : HumenSciences.
- Fabre, M. (2018). École et « post-vérité ». *Revue française de pédagogie*. 2014(3), 47-54, doi : 10.4000/rfp.8424.
- Ferraris, M. (2018). *Post-vérité et autres énigmes*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Fronty, J. (2017). La réflexivité : une soft skill du manager de demain ? *Revue internationale de psychosociologie et de gestion des comportements organisationnels*. Supplément HS, 73-90, doi : 10.3917/rips1.hs04.0073.
- Galand, B., Philippot, P., & Frenay, M. (2006). Structure des buts, relations enseignants-élèves et adaptation scolaire des élèves : une analyse multi-niveaux. *Revue française de pédagogie*, 155, 57-75, doi : 10.4000/rfp.225.
- Gordon, Th. (2005). *Enseignants efficaces*. Montréal, Québec : Les Éditions de l'Homme.
- Girel, M. (2017). *Science et territoires de l'ignorance*. Versailles : Editions Quae.
- Guillon, J.-B. (2018). Les théories du complot et le paradoxe de l'individualisme épistémique. *Diogène*, 261-262(1), 54-87, doi : 10.3917/dio.261.0054.
- Herman, T. (2011). Le courant du critical thinking et l'évidence des normes : réflexions pour une analyse critique de l'argumentation. *A contrario*, 16(2), 41-62, doi: 10.3917/aco.112.0041.
- Hibbert, P. (2012), Approaching reflexivity Through Reflection : Issues for Critical Management Education, *Journal of Management Education*, 37(6), 803- 827, doi: 10.1177/1052562912467757.
- Klein, E. (2020). *Le goût du vrai*. Paris : Gallimard.
- Kruger, J., & Dunning, D. (1999). Unskilled and Unaware of it : How difficulties in Recognizing One's Own Incompetence Lead to Inflated Self-Assessments, *Journal of Personality and Social Psychology*, 77(6), 1121-113, doi: 10.1037//0022-3514.77.6.1121.
- Leyens, J.-Ph., & Yzerbyt, V. (1997). *Psychologie sociale*. Sprimont : Mardaga.

- Marquet, P. (2005). Lorsque le développement des TIC et l'évolution des théories de l'apprentissage se croisent. *Savoirs*, 9(3), 105-121, doi : 10.3917/savo.009.0105.
- Mielly, M. (2018). Comment enseigner à l'heure de la post-vérité ? in Mercier, A., *Fake News et Post-Vérité : 20 textes pour comprendre et combattre la menace*. Université de Lorraine : Éditions The Conversation.
- Rémion, Ch. (2019). Ecrire dans sa pratique & sur sa pratique ? Quels freins chez l'éducateur spécialisé ? *L'observatoire*, 100, 34-38.
- Nietzsche, F. (2007). *Humain, trop humain*. Paris : Hachette Littérature.
- Popper, K. (2018). *Des sources de la connaissance et de l'ignorance*. Paris : Éditions Payot & Rivages.
- Rosa, H. (2013). *Accélération. Une critique sociale du temps*. Paris : La Découverte.
- Ryle, G. (2014). *La notion d'esprit*. Paris : Petite Bibliothèque Payot.
- Ward, J.K., Guille-Escuret, P., & Alapetite, C. (2019). Les « antivaccins », figure de l'anti-science. *Déviance et Société*, 43(2), 221-251, doi : 10.3917/ds.432.0221.

# Driller le vocabulaire : utilisation de tests sur la plateforme MOODLE et impact sur la production écrite des étudiants

*PLOMTEUX Brigitte*

*Département économique – Haute École Libre Mosane*

[b.plomteux@helmo.be](mailto:b.plomteux@helmo.be)

## **Résumé**

L'acquisition du vocabulaire est essentielle dans l'enseignement et l'apprentissage des langues. Cette affirmation ne demande sans doute pas d'argumentation supplémentaire, mais il y a de nombreuses questions concernant les différentes manières et méthodes pour l'enseignement et l'apprentissage, ainsi que sur la mesure des résultats des efforts des enseignants et des étudiants pour l'enseignement et l'étude du vocabulaire dans des tâches globales, dans lesquelles les apprenants doivent utiliser le vocabulaire appris pour par exemple rédiger un texte. Le fossé entre apprendre du vocabulaire et l'utiliser de manière productive n'est pas aisé à franchir, et évaluer l'utilisation du vocabulaire dans des tâches ouvertes peut être un défi pour l'enseignant.

Cet article rapporte les résultats de la mise en place de tests Moodle pour entraîner le vocabulaire en néerlandais sur la production écrite d'un dialogue à l'examen final. Elle a été faite sur quatre années successives (N-1 avant la mise en place des tests, N et N + 1 pour les deux premières versions de ceux-ci, et N + 2 pour des étudiants ayant eu, l'année précédente, d'autres tests sur le même principe). La production écrite des étudiants a été retranscrite dans un fichier Word pour pouvoir en garder la trace, et chaque texte produit a alors été relu par l'enseignant/chercheur, qui a compilé le vocabulaire utilisé dans un tableur Excel reprenant le vocabulaire du syllabus du cours. Sur base de ce syllabus, reprenant le vocabulaire pratiqué dans les tests Moodle, le nombre d'items utilisés a pu ainsi être identifié, permettant une comparaison entre les quatre années.

Une définition du concept de drill dans le cadre de l'enseignement des langues sera suivie de quelques considérations sur le vocabulaire et son stockage mental. Ensuite, les avantages de l'utilisation d'une plateforme d'apprentissage comme MOODLE seront développés, avant de passer aux résultats, encore partiels, obtenus sur les quatre années de l'étude.

**Mots-clés** : vocabulaire, drill, neurosciences, Moodle, transfert

## **1 Driller le vocabulaire : retour vers le passé ?**

Driller le vocabulaire en langue étrangère : voilà une idée qui semble tout droit venue d'une autre époque, celle de l'enseignement des années soixante du siècle passé et de la méthode audio-visuelle, avec ses répétitions et exercices interminables, et pas du tout en phase avec la tendance actuelle d'un enseignement qui se veut communicatif, proposant des activités de préférence ludiques et des mises en situation aussi réalistes que possible (Etienne, 2011).

La description qui précède est certes une caricature, de plus bien trop brève pour décrire la réalité, passée et présente, de l'enseignement des langues en Fédération Wallonie-Bruxelles. Mais force est de constater que parler de drill en 2020 peut sembler un anachronisme : n'a-t-on pas évolué vers un enseignement différent, doit-on encore se cantonner à des exercices favorisant la répétition ?

Deux arguments plaident en faveur d'un retour du drill : tout d'abord, les évolutions dans les connaissances en neurosciences, et pour cette matière en particulier, dans le « lexique mental » (Aitchison, 2012) : comment le vocabulaire est-il stocké dans le cerveau ? Stockons-nous les mots un par un, ou plutôt par familles de sens, par catégorie grammaticale ou encore par éléments constituants tels que préfixes ou suffixes ? (Dehaene, 2007 ; Roberts & Kreuz, 2015 ; Kucker, 2019 ; Eustache & Guillery-Girard, 2016). Qu'en est-il d'autre part de l'apprentissage du vocabulaire en L2 ou langue étrangère ? (Segalowitz, 2010 ; Nation, 2001).

Et ensuite, dans l'apparition au début du XXI<sup>ème</sup> siècle des plateformes d'apprentissage à distance, qui ne sont certes pas la panacée universelle, mais offrent un confort d'utilisation, proposent de nombreuses possibilités d'activités et exercices, et la correction automatisée de ceux-ci (Chateau, Bailly & Ciekanski, 2015 ; Cervini & Jouannaud, 2015 ; Freund, 2016).

## 2 Vocabulaire mental : bref tour d'horizon

Nous avons tous été, et sommes pour la plupart toujours, « apprenants en langue étrangère ». Nous avons donc dû étudier du vocabulaire dans la langue cible. Et pour beaucoup d'apprenants, le vocabulaire est associé à des listes en deux colonnes, l'une pour la langue étrangère, l'autre pour le français. Dans le meilleur des cas, ces listes sont contextualisées (liées à un texte, à un sujet vu au cours, à un domaine de vocabulaire, souvent assez concret : la maison, les animaux, le corps, le temps sont des exemples classiques).

Mais le vocabulaire, c'est bien plus que ça. Chaque « mot », on le sait de plus en plus maintenant, est connecté dans le cerveau non pas (ou en tout cas pas uniquement) à une traduction dans une autre langue, mais à un contexte, à d'autres mots avec lesquels il se rencontre souvent, à des informations de type grammatical (conjugaison d'un verbe par exemple), formant une espèce de carte mentale connectée à d'autres cartes mentales, dans un réseau infini de connexions. Et ces connexions, selon le principe de Hebb « what fires together, wires together » (cité dans Tokowicz, 2015) sont ce qui nous occupe ici : ce sont les connexions, d'un verbe avec son complément, d'une expression avec sa signification, d'un contexte et d'un type de vocabulaire, qui sont à la base du travail développé ci-dessous (Hudson, 2010).

Prenons l'exemple en néerlandais du verbe *treden*, qui a pour sens général « faire un / des pas ». Bien que peu utilisé dans son sens premier, isolé, ce verbe est fréquent dans des collocations (combinaisons verbe / complément) comme *iemand ter hulp treden*, venir en aide à quelqu'un, dans des expressions de type idiomatique (*met de voeten treden*, « fouler du pied »), dans des verbes à particule, séparable ou inséparable (*overtreden*, « enfreindre », *optreden*, « intervenir »), et sa famille compte aussi des substantifs dérivés (*de overtreder*, « le contrevenant », ou encore de *intrede*, « l'entrée » – « du Roi dans une ville », *de blijde intrrede*). Toutes ces informations sont interconnectées, et pouvoir y accéder facilement et rapidement est une condition essentielle pour pouvoir utiliser le verbe de base et toutes ses combinaisons. Mais pour que les informations soient interconnectées, le cerveau doit avoir créé les connexions sous la forme de synapses reliant les neurones entre eux, et c'est là que pourraient intervenir le drill, *spaced repetition* (Nation, 2014), et la consolidation de l'acquis (Dehaene, 2013).

Il faut aussi noter qu'à l'époque de l'externalisation de la mémoire, un courant des neurosciences plaide pour plus d'exercices de mémorisation, ce qui en particulier pour le vocabulaire, dont on a besoin en permanence et de manière généralement très rapide, conforte le point de vue donné ci-dessus (Eustache & Guillery-Girard, 2016).

## 3 Drill : définition, caractéristiques, avantages

« Drill » est un mot anglais, dont la signification qui nous intéresse ici est liée à des exercices militaires, répétés inlassablement pour créer des automatismes nécessaires au soldat en situation de combat. Et ce sont bien ces automatismes visés par les exercices de drill qui sont l'objet de cette étude : la capacité à accéder rapidement à un mot, une expression, pour l'utiliser à bon escient dans un exercice de rédaction.

Les caractéristiques du drill, dans le cadre de ce projet en tout cas, sont (British Council s.d.) :

- La répétition : l'étudiant est amené à rencontrer plusieurs fois le même item, et à devoir donc répéter sa réponse et ainsi renforcer la connexion synaptique ;
- La variation : le même item de vocabulaire est présenté dans différents exercices, qui mettent à chaque fois l'accent sur une connexion différente, ce qui étend la carte mentale ;
- La création de connexions (qui doit ou devrait être la conséquence de répétitions variées) entre un verbe et son complément, un adjectif et un substantif, les éléments d'une expression binomiale, ... ;

- Le choix limité : les exercices sont conçus de manière qu'il y ait une seule, ou peu de réponses correctes possibles. Cela permet d'une part de travailler la précision, et d'autre part, pour l'enseignant.e, de ne pas avoir de travail de correction fastidieux et répétitif.

Ce type d'activité n'est certes pas nouveau, même s'il a davantage été utilisé, à l'époque de la méthode appelée audio-visuelle, pour du drill grammatical (Choudhury, 2010). Mais avant le développement des outils TIC en général et des plateformes d'apprentissage en particulier, il présentait différents inconvénients.

Tout d'abord, la base scientifique sur laquelle s'appuyait l'utilisation de ce genre d'activités était bien moins développée qu'aujourd'hui. Même si les effets de la répétition sur la mémorisation étaient connus, on savait moins voire pas du tout ce qui se passait dans le cerveau en termes de connexions créées et renforcées par cette répétition (Dehaene, 2007, 2013). De même, puisque la structure du lexique mental n'était pas connue (des progrès ont été faits et l'exploration est toujours en cours : Tokowicz, 2015 ; Carey, 2015 ; Aitchison, 2012), créer des exercices favorisant la création et la consolidation des différentes connexions évoquées ci-dessus ne faisait pas partie des habitudes des enseignant.e.s en langues – sans oublier que le confort, le manque de temps et la facilité faisaient que tester le vocabulaire sous forme de traductions de mots était la solution par défaut à laquelle on recourait facilement.

Ensuite, il y a le facteur temps. Driller prend du temps : il faut le temps de créer l'exercice, il faut le temps à l'apprenant pour le faire, il faut le temps à l'enseignant.e pour le corriger. Et lorsqu'il fallait faire tout cela en version « papier », même à l'ère du traitement de texte qui, avec son copier-coller, permettait déjà plus de liberté que la machine à écrire, s'ajoutait le côté figé de l'exercice : une fois qu'on avait mis sur papier des exercices à faire, ils étaient jusqu'à un certain point immuables. De plus, le temps pris à faire ce genre d'exercices en classe ne peut pas être utilisé à des activités plus variées, plus communicatives. Heureusement, l'apparition des plateformes d'apprentissage allait changer cela.

#### 4 MOODLE ou le drill libéré

MOODLE (HELMo Learn dans notre cas) est une plateforme d'apprentissage à distance qui permet notamment de créer des tests en ligne, que l'on peut paramétrer selon les besoins, et grâce auxquels on peut notamment entraîner le vocabulaire par des exercices de drill, que l'on pourrait caractériser de 2.0.

Pourquoi 2.0. ? Parce que, par rapport au papier, le drill en ligne offre des avantages incontestables.

Tout d'abord, un aspect pratique, logistique, organisationnel. Le temps traditionnellement appelé « en présentiel » est toujours trop court et ne permet pas de faire tout ce que l'enseignant.e voudrait pouvoir faire dans le cadre de son enseignement. Même si l'on ne perd pas de temps à la gestion de la classe (consignes et instructions, maintien de l'ordre), les quelques heures prévues au programme sont toujours bien remplies, et rare est l'enseignant.e qui peut déclarer disposer de suffisamment de temps. La plateforme MOODLE est une partie de la solution à ce problème de manque de temps, puisque les exercices dits de « drill » peuvent être déplacés du cadre de la classe vers l'extérieur. Cela a toujours été possible : bon nombre d'enseignant.e.s faisaient ou font toujours faire à leurs étudiants des exercices à domicile, qui sont ensuite corrigés en classe. Mais il reste le temps de la correction en classe, ou à domicile par l'enseignant.e, tâche fastidieuse, peu gratifiante, et comportant un risque d'erreur non négligeable, comme toute activité humaine.

Ensuite, et c'est bien plus primordial, l'outil est bien plus flexible que ne l'est le papier pour créer et gérer de tels exercices. Voyons d'abord quelles sont certaines des possibilités offertes par MOODLE pour créer des exercices testant le vocabulaire, avec des exemples de leur utilisation dans le cadre du projet :

- Gap fill : compléter le mot manquant dans la phrase (et la possibilité existe de créer plusieurs phrases différentes) – compléter, dans une phrase, le verbe manquant à la forme correcte, le reste de la phrase donnant le contexte suffisant et certains mots faisant partie de la sphère du verbe manquant servant d'indice ;
- QCM : choisir le mot manquant, ou encore la forme correcte qui convient dans la phrase, choisir la fin correcte pour un début de phrase – proposer plusieurs mots de signification ou de forme

proches, un seul étant possible dans une expression figée par exemple. Ou encore, proposer un début de phrase contenant un mot d'une collocation, l'autre mot étant dans la deuxième partie ;

- Appariement : associer le verbe et son complément, associer une expression et sa traduction, associer une expression contenant le verbe et un « synonyme » ou une définition de cette expression, associer le début et la fin d'une phrase, associer des mots apparentés (sens, forme) ;
- Vrai ou faux : proposer une phrase dans laquelle se trouve le verbe *treden*, et demander à l'étudiant si cette phrase a un sens logique. On ne peut répondre correctement qu'en connaissant le sens du verbe et en comprenant la phrase ;
- Questions *cloze* : texte dans lequel il faut compléter les mots manquants<sup>1</sup>, plusieurs possibilités de réponse correcte proposées, contexte permettant de choisir au mieux, avec valence comme indicateur de choix ;
- Remplacer les éléments dans l'ordre correct : en coupant les phrases entre deux éléments normalement associés (grammaticalement et / ou lexicalement), l'exercice permet de (re)créer la connexion entre ces éléments.

Encore une fois, tous ces exercices peuvent être réalisés en version traditionnelle sur papier. Mais là où le papier est figé, et où les propositions de réponse d'une question de type QCM seront toujours présentées dans le même ordre, la même question proposée en ligne variera la présentation des réponses, empêchant l'apprenant.e de se fier à sa mémoire et de choisir la réponse simplement par l'ordre dans lequel les choix sont proposés. C'est encore plus frappant pour des questions d'appariement : s'il y a cinq éléments à associer à cinq autres, le nombre de combinaisons possibles est de plusieurs centaines – impossible donc de se fier à sa mémoire visuelle quand la même question revient à deux ou trois reprises, il est indispensable de relire les propositions pour faire le choix correct.

Il faut aussi noter que, parmi les exercices proposés, très peu font appel à la traduction langue étrangère – langue maternelle. Comme développé plus haut, le lexique mental n'est pas, même pour une langue étrangère, une simple liste de traductions. Si traduire présente des avantages (rapidité, vérification de la compréhension, occasion d'observer des différences entre les langues par exemple), se limiter à la traduction a comme désavantage majeur de renforcer uniquement cette connexion-là, au détriment d'autres, bien plus importantes pour la fixation du vocabulaire d'une manière durable et précise, permettant son utilisation correcte. Les exercices portent donc plutôt sur des connexions à l'intérieur de la langue cible, visant bien évidemment à la compréhension de l'item, mais en mettant l'accent sur les différents liens à créer et consolider.

Et en plus de ces variations, notons aussi que lors de la création d'un test, l'enseignant.e a le loisir de mélanger les questions, ajoutant encore une possibilité de forcer l'apprenant.e à se baser sur ses connaissances et non pas sur sa mémoire visuelle pour faire le test.

Tout cela permet de proposer aux apprenant.e.s de faire le même test à plusieurs reprises, car le même test ne sera jamais ... le même test ! Et grâce aux paramétrages dont il était question plus haut, il est possible de garder une trace des résultats obtenus, et de décider que les tests peuvent être faits un nombre illimité de fois (ce qui implique une base de questions suffisamment grande pour éviter la répétition trop « répétitive »), et que l'on prend en compte la dernière tentative, ou la meilleure, ou la moyenne de toutes les tentatives effectuées – un confort indéniable pour l'enseignant.e dans la gestion des cotes.

Et nous revenons ici au pratique, au logistique, à l'organisationnel : pour autant que les questions aient été conçues d'une certaine manière, la correction sera automatisée et immédiate. Liberté pour l'enseignant.e qui ne perd plus de temps à corriger des exercices répétitifs, feedback immédiat pour l'apprenant.e qui ne doit pas attendre la correction en classe ou par le prof pour connaître son résultat.

Tous ces aspects, du logistique au pédagogique, font que l'on peut, maintenant, tenter de répondre à la question de départ : le drill de vocabulaire tel que développé ci-dessus et mis en place sur MOODLE est-il efficace ? Les étudiant.e.s qui fonctionnent dans un tel système sont-ils meilleurs dans l'utilisation de vocabulaire dans la rédaction d'un texte que ceux qui n'ont pas pu travailler de la sorte ?

---

<sup>1</sup> Différent de l'exercice « gap fill » dans lequel un seul mot est manquant, et on ne travaille que sur une seule phrase

## 5 Etude pratique : utilisation des tests en ligne pour tester le vocabulaire, transfert sur la production écrite

### 5.1 Public concerné, cadre de l'étude

L'étude pratique dont les résultats partiels suivent a été réalisée entre 2015 et 2018, et porte sur des étudiant.e.s de 3<sup>ème</sup> bachelier en commerce extérieur à HELMo département économique. Au début de leur formation, ils devraient avoir un niveau correspondant à A2 dans le CECR<sup>2</sup>. Ils ont eu, en 1<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> bloc, un cours de néerlandais, et le cours de 3<sup>ème</sup> bloc est basé sur une vidéo retraçant l'histoire d'une PME<sup>3</sup> en pleine restructuration, comportant dix épisodes<sup>4</sup>. Ils disposent pour ce cours d'un syllabus de base reprenant le fil conducteur et des activités de compréhension diverses (vrai ou faux, QCM, gap fill – portant sur le contenu plutôt que le vocabulaire), de syllabus d'exercices (afin de pouvoir aussi procurer à ceux qui préfèrent travailler sur papier cette approche plus traditionnelle) et surtout un syllabus de vocabulaire, reprenant sous forme de listes le vocabulaire de chaque épisode. Ils devraient obtenir un niveau B2 à l'issue de leurs trois années de cours de néerlandais.

Lors de l'examen final qui se fait en janvier, les étudiants doivent, entre autres tâches, écrire un dialogue basé sur des situations vues, sans devoir pour autant respecter le contenu de la vidéo (ils peuvent donc laisser libre cours à leur imagination). Les situations données pour ce dialogue, tout en étant différentes d'une année à l'autre pour réduire les risques de fraude, restent similaires : même personnages, même type de contexte. Tous ces dialogues ont été retranscrits dans un document Word, sans faire de modification à la production de départ afin d'avoir des résultats aussi proches de la réalité que possible. Ensuite, chaque dialogue a été relu, et les items de vocabulaire utilisés ont été compilés dans un tableur Excel. Celui-ci reprend la liste de vocabulaire du syllabus, ainsi qu'une classification du type de vocabulaire (mot isolé, collocation, expression binomiale ou idiomatique, etc.).

Le tableau ci-dessous reprend les informations principales concernant les étudiant.e.s (trois premières colonnes), les trois colonnes suivantes sont développées ci-dessous.

Année académique	Année dans la recherche	Nombre d'étudiants	Méthode d'évaluation	Incitants pour les étudiants : pourquoi faire les tests ?	Copies "blanches"
2014 - 2015	N-1	41	4 tests "papier" en classe, après les épisodes 2 - 4 - 6 - 8 du cours vidéo	Avec un résultat moyen de 12/20 pour les quatre tests, dispense d'une partie des textes à préparer pour l'examen oral	7
2015 - 2016	N	50	8 tests en ligne, après chacun des huit premiers épisodes du cours	Pour chaque test pour lequel un résultat de 7/10 a été obtenu, dispense d'une page de texte à préparer pour l'examen oral	0
2016 - 2017	N+1	65	idem année N	Idem année N, mais le score à obtenir pour une dispense de textes doit être de 8/10	3
2017 -2018	N+2	52	idem année N Les étudiants de cette cohorte ont eu, l'année précédente, 22	Idem année N + 1	1

<sup>2</sup> CECR : Cadre Européen commun de référence.

<sup>3</sup> PME : petite et moyenne entreprise.

<sup>4</sup> Les épisodes 9 et 10 ne sont pas testés par manque de temps.



			tests en ligne sur d'autres matières		
--	--	--	---	--	--

Tableau 1. Résumé des publics concernés

Si les trois premières colonnes reprennent des informations nécessaires mais ne demandant pas de commentaires (la troisième colonne reprend le nombre d'étudiants inscrits dans le cours dans l'année concernée, et dont la production écrite à l'examen a donc été prise en compte pour les calculs qui suivent), les trois colonnes suivantes méritent un mot d'explication.

Colonne 4 – Méthode d'évaluation :

- Jusqu'à l'année N - 1, quatre tests traditionnels sur respectivement les épisodes 1 et 2, 3 et 4, 5 et 6, 7 et 8, format papier, ont lieu en classe. La cote obtenue intervient pour 10 % dans le total des points de l'année.
- À partir de l'année N, les quatre tests papier sont remplacés par huit tests en ligne, portant au total sur la même matière (cette fois un test par épisode). Le nombre de tentatives pour chaque test est illimité, et la meilleure tentative est prise en compte. Il y a toujours 10 % des points du total de l'année pour ces huit tests.

Colonne 5 – Avantages pour les étudiant.e.s : au total, les quatre tests papier ou huit tests en ligne comptent pour 10 % des points de l'année. Certains étudiants étant dans une logique de performance (obtenir le diplôme) plutôt que d'apprentissage, il faut les stimuler à faire les tests en leur proposant des avantages s'ils obtiennent un bon résultat. L'avantage proposé est une réduction de la matière à préparer pour l'examen oral.

Colonne 6 – Copies « blanches » : il arrive régulièrement, quel que soit l'examen, qu'un étudiant ne réponde pas à une question - dans ce cas-ci, qu'il ne rédige pas le dialogue demandé. Le nombre d'étudiants dans ce cas a évolué comme indiqué dans le tableau : il est passé de 17 % pour l'année N - 1 à des pourcentages de 0, 5 et 2.5 % pour les trois années suivantes. Il faut ici noter que réussir cette question implique plus que de faire la tâche demandée, et qu'il ne s'agit donc pas nécessairement de réussites pour cette rédaction. Mais un premier pas a été franchi, car entre ne rien écrire du tout, et tenter quand même l'exercice, la différence est de taille. Ce changement pourrait-il s'expliquer par le fait que les étudiants, incités à travailler plus régulièrement et dès le début du cours (le premier test se faisant après l'épisode 1 et non pas après le second, comme dans l'année N-1), se soient sentis mieux armés pour aborder cette question ?

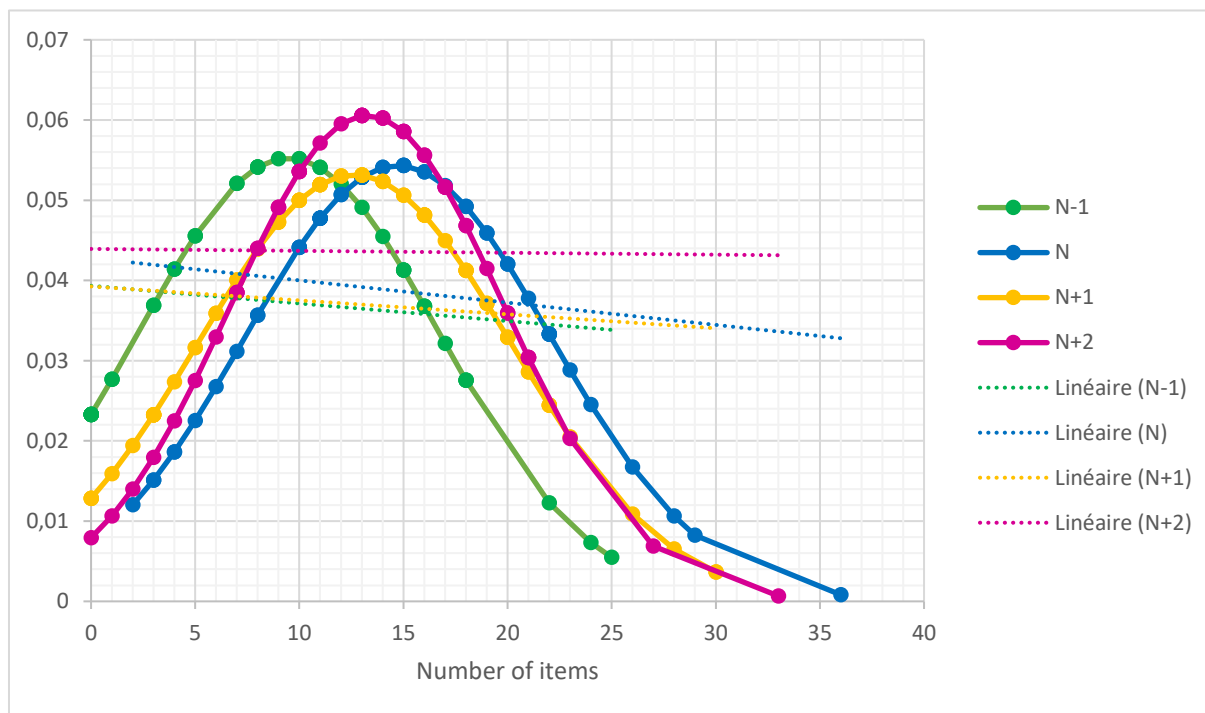
## 5.2 Résultats

Les étudiants de la cohorte N - 1 n'ont donc pas bénéficié du système des tests en ligne. Ceux des cohortes N et N + 1 ont eu un système de tests quasi identique, la seule différence réside dans l'obtention d'une cote de 7 ou 8 /10 pour bénéficier d'une réduction de matière pour l'examen oral. La cohorte N + 2 a également été soumise à des tests obligatoires en ligne (selon un même principe de récompense en fonction de la cote obtenue) portant sur des matières différentes : vocabulaire, notamment sur des particules verbales et des suffixes d'adjectifs, ce qui est important pour la construction du vocabulaire (Dehaene 2007), mais aussi grammaire et communication de type commercial.

Il faut maintenant tenter de répondre à la question : est-ce que les étudiants qui ont pratiqué leur vocabulaire par les tests en ligne l'utilisent mieux ? plus ? Il ne s'agit donc pas de voir s'ils progressent dans la réalisation des tests, mais bien si les tests leur permettent d'être plus performants lorsqu'ils doivent utiliser ce vocabulaire.

Pour ce faire, j'ai donc analysé l'utilisation du vocabulaire dans une question de l'examen écrit, dans laquelle les étudiants doivent rédiger un dialogue basé sur des personnages et des situations vus au cours. D'une année à l'autre, ces questions, sans être identiques, sont très semblables. Ils doivent rédiger un dialogue d'environ 200 mots. J'ai (comme signalé plus haut) collecté les compositions des étudiants, et repris dans un classeur Excel le vocabulaire utilisé pour la rédaction, dont la liste correspond à celle du syllabus de vocabulaire évoqué ci-dessus.

Le graphique ci-dessous montre les résultats obtenus. L'axe horizontal reprend le nombre d'items utilisés, tandis que l'axe vertical donne le pourcentage d'étudiants ayant utilisé le nombre d'items indiqué par l'axe horizontal. Le linéaire indique la tendance à se rapprocher de la moyenne générale. Plus la linéaire s'approche de l'horizontale, plus les étudiants sont globalement proches de la moyenne. Cela est plus particulièrement visible pour l'année N + 2.



Graphique 1 : résultats obtenus

Le nombre d'items utilisés passe de 9.4 en année N – 1 à 14.7 pour l'année N (augmentation remarquable, due en partie à un effet nouveauté, la mise en place des tests en ligne étant pour les étudiants une formule inédite ?), puis 12.6 pour l'année N + 1 et 13.2 pour la dernière année étudiée (N + 2). Une première conclusion est donc positive : par rapport à l'année témoin N – 1, les trois années suivantes montrent une augmentation du nombre d'items utilisés. Pour l'année N + 2, les résultats approchent à nouveau ceux de l'année N, ce qui suggère que les étudiant.e.s, ayant fait encore plus de tests que leurs prédécesseurs, ont vraiment créé plus de connexions synaptiques que ceux-ci et ont donc grâce à cela une connaissance plus étendue du vocabulaire – les autres variables sont en effet identiques (même enseignant.e, même nombre d'heures de cours, même matériel de cours, mêmes activités).

Une autre information intéressante à observer est l'écart-type, car si celui-ci se réduit, cela montre que plus d'étudiants s'approchent de la moyenne et obtiennent donc un résultat que l'on peut juger positif (voir également la linéaire) pour autant que la moyenne augmente, ce qui est le cas. Or, on peut noter une diminution de l'écart-type qui est à sa valeur la plus basse pour l'année N + 2, la plus intéressante pour vérifier l'effet positif du drill puisqu'elle concerne les étudiant.e.s qui en ont fait le plus sur les quatre cohortes étudiées.

Année	Moyenne	Ecart-type	Variance
N – 1	9.48	7.21	50.8056
N	14.74	7.33	52.7924
N + 1	12.64	7.49	55.3671
N + 2	13.27	6.58	42.4660

Tableau 2. Ecart-type

### **5.3 Ce qui n'a pas été étudié ...**

Si les résultats présentés ci-dessus sont encourageants, il reste du pain sur la planche, car le premier calcul effectué porte simplement sur le nombre d'items utilisés. Il faudrait pouvoir compléter ces résultats par une analyse plus fine du travail des étudiants. Quel type de vocabulaire a été plus utilisé ? Ont-ils employé des expressions binomiales, de type « pur et dur », « ça passe ou ça casse » ? Comment a évolué la densité lexicale de leur production ? Tout cela devrait être examiné en détail pour affiner les résultats obtenus.

### **5.4 ... Et les défauts de l'étude**

Bien que les résultats développés ci-dessus soient encourageants et semblent corroborer l'hypothèse du drill comme facteur favorisant l'acquisition du vocabulaire, plusieurs critiques doivent être formulées ici.

Tout d'abord, passer au crible les dialogues rédigés par 208 étudiant.e.s et collationner les items de vocabulaire a demandé un travail d'encodage conséquent et des prises de décision sur la pertinence ou non de l'emploi de certains items. La quantité de données collectées permet cependant de compenser cela.

D'autre part, il est toujours difficile dans ce genre d'études d'isoler un seul facteur en maintenant les autres constants. Le fait de travailler sur quatre cohortes en est un exemple : les étudiants ont-ils eu exactement le même nombre d'heures de cours ? les mêmes explications données en classe ? De nouveau, cela est compensé par un support de cours qui n'a que très peu changé, et ce principalement pour des détails de forme.

Le passage de quatre tests en format papier à huit tests en ligne avec un nombre de tentatives illimité est sans doute la différence la plus marquée entre les cohortes N – 1 d'une part, et les trois suivantes d'autre part. On peut légitimement se demander si huit tests papier auraient donné le même résultat. Outre l'aspect chronophage d'un tel nombre de tests, qui rendait cela difficile voire impossible, on peut à nouveau souligner l'importance du drill et de sa répétition : en moyenne, les étudiant.e.s avaient besoin de 5 à 10 tentatives par test pour obtenir la cote leur donnant un avantage pour l'examen oral. Ce n'était pas le cas avec les tests papier, pour lesquels une seule tentative était autorisée.

Malgré ces critiques, les résultats sont là, et mériteraient d'être creusés davantage pour affiner les conclusions.

### **5.5 Le côté des étudiant.e.s**

Après l'année N, celle de la mise en place des tests en ligne, les étudiant.e.s ont pu répondre, anonymement, à un questionnaire leur demandant leur avis sur ce système.

Les réponses aux questions étaient globalement positives, les étudiants citant le confort d'utilisation, le feedback immédiat et la possibilité de refaire le test aussi souvent que nécessaire et souhaitable pour obtenir un résultat satisfaisant comme principaux facteurs positifs. A la question « faut-il maintenir ce système de tests en ligne ? », une majorité écrasante de 98 % a répondu « oui » - les 2 % restants suggéraient une amélioration dans certains paramètres des tests, et personne n'a voté « non ».

## **6 Conclusion**

Le système mis en place repose d'une part sur une vision du vocabulaire très étendue et étayée par les connaissances en neurosciences, et d'autre part sur les possibilités d'utilisation de plateformes d'apprentissage pour tester le vocabulaire. Il est temps de parler de la face cachée du travail pour l'enseignant.e.

## 6.1 Déplacement de la charge de travail

Il est important de signaler que pour l'enseignant.e, passer de tests classiques à des tests en ligne est un changement important, qui demande un lourd investissement en temps. En effet, il faut se familiariser avec le fonctionnement des questions et tests sur MOODLE, et surtout, il faut créer la banque de questions. Celle-ci doit être suffisamment importante pour que les étudiant.e.s ne trouvent pas toujours les mêmes questions lorsqu'ils font plusieurs tentatives d'un même test. Pour les huit tests de cette étude, la banque de question comporte environ 3000 items. Si ce système allège donc considérablement la tâche de correction, il est cependant exigeant en termes de familiarisation avec l'outil, de maîtrise de son fonctionnement, et demande aussi une connaissance étendue de ce qui constitue le lexique afin de pouvoir créer des questions qui correspondent au mieux avec les théories sur ce qu'on peut appeler « le vocabulaire dans le cerveau ».

## 6.2 Le mot de la fin

« Without grammar, very little can be conveyed. Without vocabulary, nothing can be conveyed ». Cette citation du linguiste britannique David Wilkins (1972) reprise par Choudhury (2010) me semble appropriée pour rappeler l'importance du vocabulaire. Si, dans la méthode dite audio-visuelle des années 60 et 70 du siècle passé, la grammaire avait la part belle (enseignement des structures), la part laissée au vocabulaire gagne maintenant en importance, et à juste titre. Dans les tâches communicatives qui sont devenues la norme dans l'enseignement des langues actuellement, le vocabulaire, sous toutes ses formes, est omniprésent et sa maîtrise primordiale pour permettre à l'apprenant de communiquer de manière précise, et aussi de comprendre le message qui lui est adressé dans la langue étrangère. S'il reste encore du chemin à parcourir, la voie prise est très prometteuse et donne des résultats encourageants.

### Remerciements

Ce travail a pu être réalisé grâce à HELMo qui consacre des moyens à la recherche, permettant ainsi de dégager du temps pour approfondir certains projets. L'auteur est membre de la Haute École depuis 1985.

De nombreux collègues ont soutenu ce travail en donnant une aide technique (Excel, statistiques) et méthodologique. De peur d'en oublier, je préfère ne pas les citer, j'espère qu'ils se reconnaîtront.

Je tiens aussi à remercier les relecteurs anonymes qui par leurs nombreux commentaires pointus ont permis des améliorations sensibles à ce travail. S'il n'est pas à la hauteur de ce qui est attendu, j'en suis la seule responsable.

## Références bibliographiques

- Aitchison, J. (2012). *Words in the Mind. An Introduction to the Mental Lexicon*. Chichester: Wiley -Blackwell.
- British Council. (s.d.). *Drilling 1*. Issu de : <https://www.teachingenglish.org.uk/article/drilling-1> (consulté le 28/08/2020).
- British Council. (s.d.). *Drilling 2*. Issu de : <https://www.teachingenglish.org.uk/article/drilling-2> (consulté le 28/08/2020).
- Carey, B. (2015). *How We Learn*. London: Pan Macmillan.
- Cervini, C., & Jouannaud, M-P. (2015). Ouvertures et tensions liées à la conception d'un système d'évaluation en langues, numérique, multilingue et en ligne, dans une perspective communicative et actionnelle. *Alsic*, 18(2), doi : 10.4000/alsic.2821.
- Chateau, A., Bailly, S., & Ciekanski, M. (2015). Vers l'institutionnalisation de l'enseignement autonomisant – la technologie, soutien et obstacle à l'innovation. *Alsic*, 18(2), doi: 10.4000/apliut.5882.
- Choudhury, A.S. (2010). Teaching Vocabulary in the ESL/EFL Classroom : Central Pedagogical Issues. *MJAL*, 2(4), 306-316.
- Dehaene, S. (2007). *Les neurones de la lecture*. Paris: Odile Jacob.

- Dehaene, S. (07/11/2013). *Les quatre piliers de l'apprentissage, ou ce que nous disent les neurosciences*. Paristechreview. Issu de <http://www.paristechreview.com/2013/11/07/apprentissage-neurosciences/> (consulté le 28/08/2020).
- Etienne, D. (2011). *Enseigner les langues étrangères. Quels sont nos objectifs et nos priorités ?* Bruxelles : De Boeck.
- Eustache, F., & Guillery-Girard, B. (2016). *La neuroéducation: la mémoire au cœur des apprentissages*. Paris: Odile Jacob.
- Freund, F. (2016). Pratiques d'apprentissage à distance dans une formation hybride en Lansad – Le juste milieu entre contrôle et autonomie. *Alsic*, 19(2), doi : 10.4000/alsic.2972.
- Hudson, R. (2010). *An Introduction to Word Grammar*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kucker, S.C. (2019). *How to Learn a Word: The Dynamic Coupling of Words and Referents in Real and Developmental Time*. In Peter Hagoort (ed.), *Human Language. From Genes and Brains to Behavior*. Cambridge, Massachusetts/London, England: The MIT Press, 113-125
- Nation, I.S.P. (2001). *Learning Vocabulary in Another Language*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Nation, P. (2014). *What do you need to know to learn a foreign language ? School of Linguistics and Applied Language Studies*, Victoria University of Wellington, New Zealand. Issu de : <http://videa.ca/wp-content/uploads/2015/08/What-you-need-to-know-to-learn-a-foreign-language.pdf> (consulté le 28/08/2020)
- Read, J. (2000). *Assessing Vocabulary*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Roberts, R., & Kreuz, R. (2015). *Becoming Fluent. How Cognitive Science Can Help Adults Learn a Foreign Language*. Cambridge (Massachusetts)/London (England): The MIT Press.
- Schmitt, N., & Mc Carthy, M. (1997). *Vocabulary. Description, Acquisition and Pedagogy*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Segalowitz, N. (2010). *Cognitive Bases of Second Language Fluency*. New York: Routledge.
- Tokowicz, N. (2015). *Lexical Processing and Second Language Acquisition*. New York: Routledge, Taylor & Francis Group.

5<sup>ème</sup> Journée des Chercheurs en Haute École

