

Pierre Dillenbourg · Alberto Cattaneo · Jean-Luc Gurtner · Richard Lee Davis  
Éditeurs

# Les technologies éducatives au service de la formation professionnelle

Les expériences comme terre à façonner



# **Les technologies éducatives au service de la formation professionnelle**

**Les expériences comme terre à façonner**

**Pierre Dillenbourg · Alberto Cattaneo · Jean-Luc Gurtner · Richard Lee Davis**  
Rédacteurs



**HEFP**

HAUTE ÉCOLE FÉDÉRALE  
EN FORMATION  
PROFESSIONNELLE

*L'excellence suisse  
en formation professionnelle*

**EPFL**

**UNI  
FR**  
■

UNIVERSITÉ DE FRIBOURG  
UNIVERSITÄT FREIBURG

**Rédacteurs**

Pierre Dillenbourg,  
EPFL, Lausanne

Alberto Cattaneo,  
HEFP, Lugano

Jean-Luc Gurtner,  
Université de Fribourg, Fribourg

Richard Lee Davis,  
EPFL, Lausanne

**Éditeurs**

HEFP  
EPFL

**Couverture**

Adobe Stock

**Remerciements**

Cet ouvrage présente les résultats des recherches menées dans le cadre du projet «Dual-T – Technologies pour la formation professionnelle», financé par le Secrétariat d'État à la formation, à la recherche et à l'innovation (SEFRI).

Il ne représente pas nécessairement l'opinion du SEFRI, et le SEFRI n'est pas responsable de l'usage qui pourrait être fait de son contenu.

© 2022

Les auteurs conservent  
tous les droits de propriété intellectuelle.

**Note introductive**

Ce volume est une traduction de l'édition originale anglaise intitulée  
« Educational Technologies for Vocational Training. Experiences as Digital Clay »,  
librement accessible en ligne sur la page web de la HEFP.

# Index

<b>Introduction</b>	6
Pierre Dillenbourg, Alberto Cattaneo, Jean-Luc Gurtner, Richard Lee Davis	
Chapitre 1	
<b>Le système suisse de formation professionnelle initiale</b>	13
Pierre Dillenbourg	
Chapitre 2	
<b>Les technologies d'apprentissage, un moyen efficace de faire de l'alternance une opportunité d'intégrer les connaissances théoriques dans la pratique: le modèle Erfahrungsraum</b>	22
Alberto Cattaneo, Jean-Luc Gurtner	
Chapitre 3	
<b>Collecter et retrouver des expériences importantes : Les histoires des boulangères/boulangers et des cheffes cuisinières/ chefs cuisiniers</b>	27
Alberto Cattaneo, Jean-Luc Gurtner, Elisa Motta, Laetitia Mauroux	
Chapitre 4	
<b>Partager l'expérience : L'histoire des peintres</b>	39
Jean-Luc Gurtner, Alberto Cattaneo, Alessia Coppi	
Chapitre 5	
<b>Annoter l'expérience : L'histoire des stylistes et son prolongement à d'autres professions</b>	50
Alberto Cattaneo, Jean-Luc Gurtner, Valentina Caruso, Alessia Coppi	
Chapitre 6	
<b>Manipuler l'expérience : L'histoire des logisticiennes et logisticiens</b>	60
Pierre Dillenbourg, Patrick Jermann, Guillaume Zufferey	

Chapitre 7	
<b>Augmenter l'expérience :</b>	
<b>L'histoire des charpentières et charpentiers</b>	73
Pierre Dillenbourg, Sébastien Cuendet, Lorenzo Lucignano et Jessica Dehler-Zufferey	
Chapitre 8	
<b>Elargir l'expérience :</b>	
<b>L'histoire des horticultrices et horticulteurs</b>	87
Pierre Dillenbourg, Kevin Gonyop Kim	
Chapitre 9	
<b>Outils analytiques pour la formation professionnelle initiale</b>	99
Richard Lee Davis, Son Do-Lenh, Mina Shirvani Boroujeni, Ramtin Yazdanian	
Chapitre 10	
<b>Synthèse</b>	112
Pierre Dillenbourg, Alberto Cattaneo, Jean-Luc Gurtner, Richard Lee Davis	
<b>Épilogue</b>	115
Friedrich Hesse, Etienne Wenger-Trayner, Jim Pellegrino, Mike Sharples, Ulrich Hoppe et P. Robert-Jan Simons	
<b>Références</b>	126

# Introduction

Pierre Dillenbourg, Alberto Cattaneo, Jean-Luc Gurtner, Richard Lee Davis

La dernière fois que vous avez franchi la porte d'une boulangerie, vous êtes-vous interrogé sur la formation de la boulangère ou du boulanger? A-t-elle ou a-t-il suivi des cours théoriques ou seulement des cours pratiques? Et votre garagiste? Savez-vous combien de temps a duré sa formation ou s'il s'agissait d'une formation générale ou spécifique à une marque automobile? Combien de temps a duré sa formation et a-t-elle été rémunérée?

Comme la plupart des gens, vous pourriez ne pas être en mesure de répondre pleinement à ces questions. En fait, ces réponses varient d'un pays à l'autre, souvent selon les professions. En Suisse, où la formation professionnelle initiale joue un rôle central dans le paysage éducatif, les citoyennes et citoyens pourraient apporter des réponses. Ils vous diront que la formation professionnelle initiale s'applique aux deux tiers des jeunes suisses, qu'elle est enseignée à l'école de maturité gymnasiale ( $\pm$  16-20 ans) et qu'elle couvre de nombreux métiers (commerçantes et commerçants, charpentières et charpentiers, coiffeuses et coiffeurs, employées et employés de bureau). En effet, plus de 240 professions relèvent de la formation professionnelle initiale. Ils pourraient aussi expliquer que le système suisse de formation professionnelle initiale est qualifié de «dual», car la plupart des apprenantes et apprenants alternent un ou deux jours par semaine à l'école avec un travail salarié dans une entreprise.

Il s'agit de questions faciles, mais pendant de nombreuses années, les universités locales ne se sont pas intéressées à des questions plus délicates, telles que. Le système suisse de formation professionnelle initiale est-il réellement efficace? Les formatrices et formateurs en entreprise assurent-ils un suivi de qualité à leurs apprenantes et apprenants? Le contenu scolaire est-il pertinent pour le milieu professionnel? Les apprenantes et apprenants représentent-ils un coût ou un avantage pour les entreprises? Y a-t-il des décrocheuses et décrocheurs et quelles en sont les causes? Pendant des décennies, les universités suisses ont vu de nombreux spécialistes étudier d'autres secteurs de l'éducation, de l'école enfantine à l'apprentissage tout au long de la vie, mais seules quelques universités ont fait des recherches sur la formation professionnelle initiale. Conscient de cette faiblesse au début du siècle, le Secrétariat d'État à l'éducation, à la recherche et à l'innovation (SEFRI), c'est-à-dire l'office fédéral en charge de la formation professionnelle initiale, a invité différents consortiums à solliciter des fonds pour mener des recherches sur plusieurs thèmes. L'un de ces thèmes concernait le développement des technologies numériques dans la formation professionnelle initiale, et nous avons obtenu cette bourse de recherche dans le cadre d'un partenariat entre quatre institutions (voir la section Remerciements).

Le présent ouvrage résume 15 années de recherche (2007-2021) sur l'exploitation des technologies numériques pour la formation professionnelle initiale. Autrement dit, nos activités ont débuté l'année même où le premier iPhone a été lancé! Quatre groupes de recherche ont formé la Leading House sur le sujet, appelée DUAL-T, où T signifie technologies et DUAL fait référence au système suisse de formation professionnelle initiale, reposant dans une large mesure sur l'alternance des journées à l'école et des journées en milieu professionnel. Ce projet de recherche unique sur le long terme a rassemblé plus de 50 chercheuses et chercheurs, produit 13 thèses de doctorat, conduit au développement de multiples environnements d'apprentissage numériques et permis des dizaines d'études empiriques sur des milliers d'apprenantes et apprenants et des centaines d'enseignantes et enseignants et de formatrices et formateurs en entreprise. DUAL-T a permis de développer un réseau de parties prenantes, notamment des écoles professionnelles et des entreprises, mais aussi de nombreuses organisations professionnelles et des organismes publics cantonaux ou nationaux. Le présent ouvrage ne fournit pas un compte-rendu détaillé de toutes ces activités, qui ont été publiées ailleurs. Mais il propose plusieurs réponses à la question:

**«Quelles technologies numériques contribuent à améliorer la formation professionnelle?»**

Dans les systèmes de formation professionnelle initiale, comme dans d'autres secteurs de l'éducation, le choix des plateformes éducatives n'est pas fait par les enseignantes

et enseignants, mais souvent par l'école, au niveau du district ou à un niveau hiérarchique supérieur. Par conséquent, au cours de nos 15 années de négociations avec les écoles, beaucoup d'enseignantes et d'enseignants ont refusé d'utiliser l'un de nos outils parce qu'ils étaient limités par ces décisions descendantes. Dans cet ouvrage, nous avons voulu faire des choix conceptuels aussi indépendants que possible des plateformes scolaires. Certaines contraintes étaient inévitables, mais certaines idées utilisant nos outils pouvaient être mises en œuvre avec WhatsApp, Instagram, MS Teams et Google Drive.

### Public cible

Les systèmes de formation professionnelle initiale dans le monde diffèrent du système suisse de formation professionnelle initiale, à l'exception de l'Autriche et de l'Allemagne et, partiellement, des Pays-Bas. Toutefois, nous avons veillé tout particulièrement à décrire notre travail d'une manière qui ait un sens au-delà des frontières suisses. Nous avons rédigé cet ouvrage parce que nous pensons que bon nombre des questions que nous avons abordées sont pertinentes pour tout système de formation professionnelle initiale dans le monde, telles que les différences entre les connaissances enseignées à l'école et celles requises par la profession. En outre, nous pensons que bon nombre des solutions que nous avons testées et, plus généralement, l'approche pédagogique que nous avons développée pourraient s'avérer utiles même au-delà de la formation professionnelle initiale, c'est-à-dire partout où ont lieu des apprentissages formels et informels, ce qui arrive presque dans tous les domaines de la vie professionnelle.

Nous avons également rédigé cet ouvrage pour inviter la communauté internationale des sciences de l'apprentissage et des technologies éducatives à accorder plus d'attention au système de formation professionnelle initiale de leur propre pays, même s'il est structuré différemment. Comme de nombreux chercheurs et chercheuses des laboratoires universitaires n'ont pas suivi de parcours de formation professionnelle initiale, le contexte de la formation professionnelle initiale est clairement sous-échantillonné dans les publications universitaires. Nous ajoutons même que plusieurs des questions que nous abordons sont pertinentes au-delà de la formation professionnelle initiale: les manipulations tangibles, la réalité augmentée ou l'analyse de l'apprentissage sont des moyens qui améliorent n'importe quel secteur de l'éducation. Nous attendons donc de cet ouvrage qu'il suscite des idées pour de nombreux spécialistes de l'éducation, quels que soient les domaines et les pays concernés par leurs études.

### Effets potentiels

Quels sont les effets des cours en ligne ouverts et massifs (MOOC) sur l'éducation? Voilà le genre de question épineuse qu'on nous a souvent posée ces dernières années. La seule réponse rigoureuse devrait être «aucun» ou, pour être plus verbeux, il se pourrait que de bons MOOC valent mieux que de mauvais MOOC. Cette «lapalissade» s'applique à toute variante de cette question que vous obtenez en remplaçant les MOOC par d'autres termes, tels que la réalité augmentée, l'intelligence artificielle et la robotique. L'histoire des technologies d'apprentissage est pavée de généralisations excessives et de leurs corollaires, les attentes excessives. Elles résultent d'un mélange d'enthousiasme et de naïveté, ou d'intérêts commerciaux. Les attentes excessives sont en fait préjudiciables à l'éducation, car elles conduisent inévitablement à la déception.

Nous avons mené de nombreuses études empiriques avec les environnements numériques décrits dans le présent ouvrage, dont certaines ont donné des résultats décevants, d'autres ont révélé des augmentations statistiquement significatives des gains d'apprentissage. Cependant, même dans les cas féconds, nous n'en concluons pas pour autant que la technologie X a un effet Y, par exemple, que les interfaces tangibles augmentent les résultats d'apprentissage. Les généralisations excessives engendrent des attentes excessives. Une expérience réussie ne garantit pas qu'un outil utilisant la même technologie produise les mêmes résultats. **Ces expériences démontrent un effet potentiel, et non un effet garanti.** Par exemple, même si une étude montrait qu'un environnement de réalité augmentée (RA) augmentait les gains d'apprentissage, on ne peut pas extrapoler qu'une RA aurait la même efficacité dans n'importe quel contexte. Bien entendu, il serait facile de concevoir une autre RA dans laquelle

les apprenantes et apprenants n'acquièrent aucune connaissance. Cela signifie-t-il que nous ne pouvons rien tirer d'une expérience réussie? Bien sûr que non! Ce qu'il importe de souligner ici, c'est que la technologie n'a pas d'effet direct et automatique sur l'apprentissage, car la relation entre les choix technologiques et les résultats de l'apprentissage est une relation à plusieurs étapes. Cette relation comporte quatre étapes: (1) lorsqu'elle est intégrée à la formation de manière appropriée (du point de vue pédagogique) par les enseignantes et enseignants ainsi que les formatrices et formateurs, la technologie permet aux apprenantes et apprenants de (2) s'engager dans des activités individuelles ou collectives spécifiques (par ex., résoudre des problèmes, lire, argumenter, expliquer) et ces activités (3) déclenchent des processus cognitifs qui (4) influent sur les compétences ou les connaissances des apprenantes et apprenants. Par exemple, on peut obtenir de bons résultats (4) avec un système RA (1) pour les horticultrices et les horticulteurs et de mauvais résultats (4) avec un autre système RA sur les mêmes compétences parce que les activités (2) des apprenantes et apprenants dans ce dernier cas ne déclenchent pas les processus cognitifs requis comme dans le premier cas. Le but de cet ouvrage est de révéler cette chaîne de causalité. Les chapitres suivants décrivent les caractéristiques conceptuelles d'une technologie (1) qui permet des activités de formation professionnelle initiale riches (2) qui, à leur tour, sont supposées déclencher des processus cognitifs (3) qui soutiennent l'apprentissage (4). Nous verrons même qu'il y a un cinquième facteur dans l'équation: la façon dont l'enseignante ou l'enseignant organise ces activités en classe.

### Questions de recherche et structure de cet ouvrage

Nous fournissons d'abord à la lectrice ou au lecteur des informations générales sur le système suisse de formation professionnelle initiale. Le **chapitre 1** ne donne pas une vue d'ensemble de ce système, mais fournit les éléments contextuels nécessaires non seulement pour comprendre nos activités de recherche, mais aussi pour distinguer des contributions du présent ouvrage, celles qui peuvent être exportées vers différents systèmes de formation professionnelle initiale ou non.

Nous brosons à présent les grandes lignes des autres chapitres par ordre chronologique.

Nous avons commencé par une question simple: *la formation professionnelle initiale peut-elle utiliser les mêmes technologies d'apprentissage que les autres écoles de maturité gymnasiale?* La réponse est plutôt positive pour les technologies d'apprentissage qui ne comportent pas de contenu initial, comme les systèmes de gestion de l'apprentissage, les systèmes de participation en classe ou les outils de collaboration, le contenu étant ajouté par les enseignantes et enseignants et les apprenantes et apprenants. De nombreuses institutions de formation professionnelle initiale utilisent les mêmes outils génériques que d'autres écoles: Moodle, Zoom, Google Drive, clickers, par exemple. La réponse à la question principale est différente pour les outils qui intègrent un contenu spécifique, comme les cours en ligne ou les simulations scientifiques. En fait, les programmes de formation professionnelle initiale comprennent un sous-ensemble de ce qui est enseigné dans les hautes écoles en mathématiques, en langues et en citoyenneté, entre autres, dans le cadre de la «culture générale» – également appelée «langue, culture et société (LCS)». Toutefois, ces connaissances sont souvent abordées par les enseignantes et les enseignants de la formation professionnelle initiale de manière plus concrète et moins académique que dans les écoles de secondaire générales, qui préparent les étudiantes et étudiants à l'université. Par exemple, une simulation de chimie ou un MOOC sur des fonctions mathématiques utiles pour l'école de secondaire générale peut s'avérer trop théorique pour les étudiantes et étudiants de la formation professionnelle initiale. Le véritable esprit de notre question de recherche globale ne concerne pas tant la réutilisation des outils génériques d'apprentissage utilisés dans les hautes écoles que l'exploration de technologies différentes des technologies générales, c'est-à-dire spécifiquement adaptées aux contextes de la formation professionnelle initiale. Pour refléter ce biais, notre question peut être reformulée ainsi: **un système de formation professionnelle initiale bénéficierait-il de technologies d'apprentissage conçues spécifiquement pour répondre aux besoins en matière de formation professionnelle initiale?**

Même si la présentation que nous donnons du système de formation professionnelle initiale ne couvre pas toute sa complexité, la lectrice ou le lecteur comprendra immédiatement ce que nos collègues allemands appellent le «problème de deux lieux», c'est-à-dire le décalage entre les deux branches du système dual, l'école et l'entreprise. En discutant avec des enseignantes et enseignants, des apprenantes et apprenants et des formatrices et formateurs en entreprise, nous avons vite compris qu'il existait des «déficits de compétences» entre ces deux lieux: ce que les apprenantes et apprenants apprennent à l'école n'est pas nécessairement perçu par eux comme utile pour leur travail et ce qu'ils font en entreprise ne leur permet pas de donner un sens à ce qui est enseigné à l'école. Ces deux lieux diffèrent selon le type de connaissances et de compétences qu'ils apportent, mais aussi selon leurs objectifs. Alors que les responsables en entreprise s'attendent à une productivité raisonnable à court terme, les écoles ont une vision à plus long terme. Par exemple, lorsqu'ils confient des tâches à des assistantes et assistants logistiques, les responsables d'entrepôts ne s'attendent pas à ce qu'ils réorganisent un entrepôt – tâche qui relève du responsable – mais à ce qu'ils agissent de manière efficace sur la base des instructions données par leurs formatrices et formateurs en entreprise. D'autre part, les écoles enseignent comment optimiser les zones d'entreposage, une compétence dont les apprenantes et apprenants pourraient tirer profit après 10 ans d'activité professionnelle lorsqu'ils deviendront à leur tour responsables d'entrepôts. En d'autres termes, même si les compétences sont imperméables au transfert, c'est-à-dire à la réutilisation quotidienne de ce qui a été appris à l'école, elles ne constituent pas un bug dans le système, mais une caractéristique intrinsèque de celui-ci: les deux institutions, l'école et l'entreprise, ont des rôles complémentaires, parfois à long terme par opposition à court terme. Autrement dit, un système ne serait pas dual si les apprenantes et apprenants vivaient des expériences identiques dans les écoles et dans les entreprises. Par conséquent, la solution au «problème de deux lieux» n'est pas d'éliminer ce déficit de compétences, c'est-à-dire d'effacer les différences entre l'enseignement à l'école et la formation en entreprise, si cela était possible. Notre approche consiste plutôt à exploiter ces différences en faisant le lien entre l'expérience en milieu professionnel et les activités scolaires, **à utiliser les technologies pour permettre aux apprenantes et apprenants de comprendre ce qu'ils ont appris dans chaque lieu**. Nous appelons cette première hypothèse la **création de passerelles numériques** entre les écoles et les entreprises. Nous mettons ce principe en pratique en capturant l'expérience en milieu professionnel comme substance numérique afin d'alimenter les activités en classe et, inversement, d'améliorer les activités en milieu professionnel grâce à des connaissances scolaires transférables. Nous appelons cette vision «l'Erfahrraum» et la développons au **chapitre 2**.

Les **chapitres 3, 4 et 5** illustrent **comment cette vision a inspiré les enseignantes et enseignants ainsi que les formatrices et formateurs de cinq professions assez différentes** – boulangères/boulangers et cheffes cuisinières/chefs cuisiniers (chapitre 3), peintres (chapitre 4) et stylistes et esthéticiennes/esthéticiens (chapitre 5) – et comment ils ont su tirer parti des technologies que nous leur avons apportées pour améliorer l'alignement de ces différents lieux d'apprentissage, en faisant le lien entre les apprentissages avancés à l'école et les expériences acquises sur le lieu de travail.

Les apprenantes et apprenants doivent acquérir des compétences différentes de celles que les autres jeunes doivent acquérir à la haute école. Les programmes de formation professionnelle initiale comprennent des cours spécifiques à la profession, tels que la structure capillaire pour les coiffeuses et coiffeurs ou la typologie du bois pour les charpentières et charpentiers. La diversité de ces cours reflète la variété des 240 métiers du système suisse de formation professionnelle initiale. De nombreuses activités d'apprentissage de ces programmes partagent la nécessité de manipuler des objets physiques ou d'accomplir des gestes professionnels, ce qui est rarement le cas à la haute école générale. Les écoles de formation professionnelle initiale bénéficient également des technologies numériques dans lesquelles les apprenantes et apprenants ont la possibilité de manipuler, physiquement ou au moins virtuellement, des objets professionnels réalistes. Lorsque nous avons commencé en 2006, les interactions entre une apprenante ou un apprenant et un environnement d'apprentissage se limitaient à une souris et un clavier, du moins dans la pratique quotidienne. Pour enrichir l'apprentissage avec plus d'interactions physiques, nous avons été les pionniers du développement d'interfaces tangibles, mais aussi de systèmes RA et même de systèmes de réalité

virtuelle. Aujourd'hui, avec le développement de l'Internet des objets et l'omniprésence de la fabrication additive, il n'est plus nécessaire de démontrer aux parties prenantes du système de formation professionnelle initiale la continuité entre les aspects numériques et physiques. Les **chapitres 6 à 8 décrivent comment ces technologies ont été conçues et mises en œuvre dans les écoles de formation professionnelle initiale**. Nous présentons les résultats d'études empiriques menées auprès de quatre professions différentes: logisticiennes/logisticiens (chapitre 6), charpentières/charpentiers (chapitre 7), fleuristes et horticultrices/horticulteurs (chapitre 8).

Plus un système est complexe, plus son fonctionnement doit être surveillé. De nos jours, une voiture ou un avion sont des systèmes complexes qui sont entièrement surveillés par des capteurs. Certains capteurs capturent les données de leurs composants internes, d'autres capturent les données de l'environnement extérieur. Les systèmes éducatifs sont également équipés de capteurs internes, comme les taux d'échec, et de capteurs externes, comme ceux qui suivent le développement professionnel des personnes qui ont terminé leurs études. Ces capteurs sont des processus de collecte de données relativement lents, comme les enquêtes ou l'agrégation des statistiques scolaires. Par conséquent, les cycles réglementaires s'étendent sur plusieurs années. Notre troisième hypothèse est la réglementation serait moins lente si on accélérât l'adoption de l'analyse de l'apprentissage. L'analyse de l'apprentissage est une méthode qui permet de suivre la situation des apprenantes et apprenants à différents niveaux de granularité, depuis la performance individuelle dans un exercice jusqu'au taux national d'abandon dans certains domaines de formation. En collectant des données de manière systématique et rapide et en les traitant à l'aide de méthodes d'apprentissage machine, les technologies fournissent aux enseignantes et enseignants ainsi qu'aux décideurs une information plus rapide. Par exemple, certaines méthodes d'apprentissage machine, lorsqu'elles sont alimentées par des ensembles de données suffisamment importants, peuvent permettre de prévoir si une apprenante ou un apprenant abandonnera ou non. Plusieurs projets menés dans le cadre de DUAL-T ont exploré les avantages spécifiques de **l'analyse de l'apprentissage** pour le système de formation professionnelle initiale, comme décrit au **chapitre 9**.

### **Différentes technologies plutôt qu'une technologie spécifique**

Cet ouvrage ne traite pas d'une technologie numérique spécifique. Les nombreux échanges que nous avons eus avec des apprenantes et apprenants, des enseignantes et enseignants ainsi que des formatrices et formateurs en entreprise, ainsi que notre engagement à travailler à partir et autour de leurs besoins éducatifs, tels qu'ils ressortent de ces échanges, nous ont amenés à réfléchir à différents choix technologiques et solutions possibles.

Notre point de vue est qu'il ne faut pas minimiser la pertinence d'autres technologies, tels que les cours en ligne, les didacticiels d'exercices et de pratiques, les simulations et les systèmes de tutorat intelligents. Nos choix technologiques sont le résultat de notre quête de technologies spécifiques à la formation professionnelle initiale. L'un des inconvénients de cette approche est que bon nombre des outils que nous avons développés sont spécifiques à un ou plusieurs métiers: par exemple, notre outil RA pour la compréhension intuitive de la statique a été conçu pour les charpentières et charpentiers. Il s'applique à d'autres métiers du bâtiment (maçonne ou maçon, métallière ou métallier, ébéniste) mais pas aux vendeuses et vendeurs, aux infirmières et infirmiers auxiliaires ou aux cheffes et chefs. Cependant, les idées didactiques qui sous-tendent ces outils spécifiques pourraient convenir à bien d'autres professions. Le cadre créé spécialement pour enseigner la sécurité et la protection de l'environnement aux peintres est facilement transposable, *mutatis mutandis*, aux nombreux métiers concernés par ces problématiques, tels que les électriciennes et électriciens, les assistantes et assistants de laboratoire de chimie, les électroplastiques, les opératrices et opérateurs de scies à tronçonner et les carrossières et carrossiers, pour n'en citer que quelques-uns.

## Ce que cet ouvrage n'aborde pas

Au cours des six dernières années, avant que l'on n'entende parler de la pandémie, nous avons assisté à une évolution rapide du comportement des parties prenantes de l'éducation à l'égard de la transformation numérique du système de formation professionnelle initiale. La raison principale de cette évolution n'est malheureusement pas le travail rapporté dans cet ouvrage mais la transformation numérique des métiers eux-mêmes. La quatrième révolution industrielle touche presque tous les domaines: fabrication additive, Internet des objets, analyse de systèmes, production à la demande, marchés en ligne. Aujourd'hui, une mécanicienne ou un mécanicien automobile a encore besoin de savoir assembler des pièces mécaniques, mais aussi de comprendre les capteurs et les outils de diagnostic numériques dont sont équipées toutes les voitures. Le système suisse de formation professionnelle initiale est conçu pour s'adapter rapidement à l'évolution des métiers. Le suivi de ces changements fait partie de son ADN. Peu de parties prenantes de l'éducation font la distinction entre cette transformation des métiers et l'évolution des technologies d'apprentissage, une confusion qui nous a aidés à attirer l'attention de nombreuses parties prenantes. Cependant, cet ouvrage n'aborde pas le premier thème, seulement le second. L'analyse de l'évolution des métiers relève d'autres domaines distincts du nôtre, à savoir l'économie et la sociologie, même si nous l'avons abordée lors de l'application des méthodes d'apprentissage machine pour prédire l'émergence de nouveaux besoins de formation (voir chapitre 9). Même si elles sont distinctes, ces deux facettes se renforcent mutuellement en sensibilisant la population à la manière dont les institutions de formation professionnelle initiale devraient accélérer leur adaptation à la révolution numérique.

Le mot «révolution», utilisé au paragraphe précédent, est en effet pertinent si l'on parle de transformation rapide des emplois, mais il s'applique aussi à la transformation des écoles. Les journalistes nous demandent souvent de prédire la prochaine grande révolution de l'éducation. «Allez-vous remplacer les enseignantes et enseignants par des robots?» n'est pas une question rare (mais stupide). «À quoi ressemblera l'éducation en 2050?» est une autre question courante à laquelle il n'est pas possible de répondre sérieusement. Oui, il y a des changements profonds et irréversibles dans le système éducatif. Prenez Wikipédia ou les vidéos sur YouTube qu'une apprenante ou un apprenant peut regarder pour comprendre n'importe quel concept ou technique. Il y a des tendances significatives, principalement des évolutions culturelles, mais ne vous attendez pas à une révolution profonde de l'éducation au cours des prochaines décennies. **Cet ouvrage ne parle pas de prédire un futur**, ni dramatique ni glorieux. Il s'agit d'informer toutes les parties prenantes de **ce qu'il est possible de faire aujourd'hui** avec les technologies existantes. L'avenir n'est pas encore écrit: il dépend de la manière dont les enseignantes et enseignants, les cheffes et chefs d'entreprise et les apprenantes et apprenants transformeront les opportunités numériques en réussites d'apprentissage.

Cet ouvrage s'adresse-t-il à ceux qui sont impliqués dans la **formation en entreprise**? Nous vous laisserons juger, car la réponse est subtile. La différence évidente entre la formation professionnelle et la formation en entreprise est que la première concerne la phase initiale de la formation et la seconde est liée à une carrière professionnelle. Les apprenantes et apprenants doivent se tourner vers la première, les employées et employés choisissent généralement d'aller vers la seconde. La première dure trois ou quatre ans, la seconde deux jours par an. Une différence notable concerne l'avenir des stagiaires. Dans la formation professionnelle, l'entreprise ne promet pas d'embaucher l'apprenante ou l'apprenant à la fin. Certaines entreprises embauchent même des apprenantes et apprenants tout en sachant explicitement qu'elles n'ont pas l'intention d'embaucher de nouveaux employés et employées. En revanche, la formation en entreprise est offerte aux employées et employés qui sont censés rester dans l'entreprise. Plusieurs responsables de formation nous ont fait part de leurs préoccupations quant au fait qu'une employée ou un employé bien formé pourrait quitter l'entreprise.

Malgré ces différences, la formation en entreprise et la formation professionnelle sont confrontées à un défi commun: comment les connaissances acquises au cours des activités d'apprentissage/de formation sont-elles utilisées de manière à accroître le rendement ou la satisfaction professionnelle de l'employée ou employé? C'est un problème pour de nombreux apprenants et apprenantes qui se plaignent de l'inutilité de

l'école, ainsi que pour les employées et employés qui, lorsqu'on leur demande d'évaluer la pertinence d'un séminaire, commentent plus souvent la qualité du café que le contenu du cours. Nous n'avons jamais rencontré de directrice ou directeur de l'apprentissage ou des ressources humaines qui ait calculé le rendement de l'investissement dans la formation de son personnel: pour chaque dollar dépensé en formation, combien de dollars ont été gagnés en termes d'augmentation de la productivité, d'amélioration des ventes, de réduction des déchets, d'accroissement de la satisfaction des clientes et clients, ou de satisfaction au travail des membres du personnel ou de leur maintien en poste? L'impact réel des efforts d'éducation et de formation sur les pratiques professionnelles est une question qui se pose à la fois dans la formation professionnelle initiale et dans la formation en entreprise, mais elle fait l'objet d'une attention accrue en formation professionnelle initiale. Par conséquent, cet ouvrage peut également inspirer les responsables de la formation en entreprise.

## Remerciements

Les chercheuses et chercheurs suivants ont participé à ce parcours de recherche:

À l'EPFL: Pierre Dillenbourg, Patrick Jermann, Jessica Dehler-Zufferey, Beat Schwendimann, Katerina Oertle, Richard Lee Davis, Guillaume Zufferey, Son Do-Lenh, Sébastien Zufferey, Lorenzo Lucignagno, Mina Bouroujani, Kevin Gonyiop Kim, Ramtin Yazdanian, Manfred Kunzle, Emily Lettry et Florence Colomb.

À la HEFP: Alberto Cattaneo, Christoph Arn, Elena Boldrini, Valentina Caruso, Alesia Coppi, Martin Dobricki, Gianni Ghisla, Elisa Motta, Markus Sanz et Berno Stoffel, ainsi que de nombreux enseignants, enseignantes et étudiants, étudiantes qui nous ont aidés à mener nos expériences sur le terrain.

À l'Université de Fribourg: Jean-Luc Gurtner, Joris Felder, Nicole Furlan, Laetitia Maurox, François Jimenez et Jessica Dehler-Zufferey.

À l'Université de Genève (pendant la première moitié de la Leading House): Mireille Betrancourt, Daniel Schneider, Monica Gavota et Giulia Ortoleva.

La Leading House a été coordonnée par Pierre Dillenbourg, avec la collaboration d'Alberto Cattaneo et de Jean-Luc Gurtner. Nous avons bénéficié d'un excellent comité consultatif, qui a rencontré l'équipe chaque année: Friedrich Hesse, Etienne Wenger-Trayner, Jim Pellegrino, Mike Sharples, Ulrich Hoppe et P. Robert-Jan Simons. Le programme de recherche a été supervisé par un comité de recherche dirigé successivement par Fritz Oser, Frank Achentagen et Christiane Spiel. Nous avons reçu un grand soutien de la part de ces spécialistes, ainsi que du Secrétariat d'État à l'éducation, à la recherche et à l'innovation (SEFRI), à savoir Josef Widmer, Serge Imboden, Johannes Mure et Isabelle Schenker.

## Chapitre 1

# Le système suisse de formation professionnelle initiale

Pierre Dillenbourg

Si vous observez un crabe marcher sur le sable doux d'une plage, vous trouverez que les mouvements 3D de ses pattes sont extrêmement complexes. Ils le sont. Cependant, cette complexité vient du micro-paysage sableux qui, à l'échelle du crabe, est constitué d'une myriade de collines et de vallées irrégulières. Ce chapitre montrera que le système suisse de formation professionnelle initiale est bien plus complexe que ne le laisse supposer l'adjectif «dual». Comme pour le crabe, cette complexité tient à son adaptation au paysage économique suisse et à sa culture politique. Comprendre comment un système éducatif s'adapte à son écosystème sociétal est nécessaire pour exporter certaines des idées présentées dans cet ouvrage vers d'autres contextes, notamment de formation professionnelle initiale.

Ce chapitre commence par une vue d'ensemble du système suisse de formation professionnelle initiale, se penche sur sa complexité et le met en relation avec son écosystème. De nombreuses études sur la formation professionnelle initiale suisse vont beaucoup plus loin que ce chapitre. Notre objectif n'est pas de brosser un tableau complet, mais d'attirer l'attention sur certains éléments qui méritent d'être soulignés. Les lectrices et les lecteurs qui connaissent bien le système suisse de formation professionnelle initiale peuvent bien sûr passer ce chapitre ou profiter d'un point de vue original et subjectif, puisque trois des quatre rédacteurs de cet ouvrage n'ont pas été formés en Suisse.

### La photo sur papier glacé

Qu'ont en commun Guy Parmelin, président de la Confédération suisse (au moment de la rédaction de ces lignes), Sergio Ermotti, nouveau directeur général d'UBS (l'une des plus grandes banques du monde) et Claude Nobs (fondateur du Montreux Jazz Festival)? Nous avons entendu de nombreux locuteurs et locutrices suisses poser cette question, qui témoigne d'une fierté justifiée à l'égard du système suisse de formation professionnelle initiale. La réponse est que tous les trois ont commencé leur carrière par un apprentissage. Si vous posez la même question à propos des dirigeantes et dirigeants français, la réponse serait une «grande école», comme SciencesPo, l'ENA ou l'École Polytechnique. Le discours officiel suisse place la formation professionnelle initiale à un niveau proche de Roger Federer. On peut se demander si cela est exagéré, si les pratiques sur le terrain sont aussi brillantes que la carte postale présentée aux nombreuses délégations étrangères de formation professionnelle initiale en visite dans le pays. Ce système est souvent salué comme l'un des facteurs qui expliquent le faible taux de chômage et la santé du secteur des petites et moyennes entreprises (PME), qui constitue le cœur de l'économie suisse. Cette relation est longuement discutée par les économistes. Cependant, si le tableau est embelli ou non, cela révèle un fait sociologique particulier: connaissez-vous un autre pays qui soit aussi fier de son système de formation professionnelle initiale? Nos autorités fédérales tiennent à maintenir cette réputation d'excellence qu'elles considèrent comme un atout pour les entreprises suisses concurrentes sur le marché international. Leur volonté de développer notre Leading House sur les technologies d'apprentissage témoigne de cette quête constante de l'excellence.

La formation professionnelle initiale joue en effet un rôle central dans l'ensemble du système éducatif. À la fin de la scolarité obligatoire, vers l'âge de 16 ans, les élèves ont le choix entre deux filières: la filière professionnelle, en apprentissage de trois ou quatre ans, ou la filière académique, à l'issue de laquelle ils obtiennent le diplôme (appelé «maturité») obligatoire pour entrer à l'université. À l'été 2020, 62 % des diplômés de l'école de maturité gymnasiale ont été délivrés à des apprenantes et apprenants de la voie professionnelle. Ce ratio entre formation professionnelle initiale et enseignement général varie d'un canton à l'autre, la formation professionnelle initiale étant

plus populaire dans la partie germanophone du pays, mais il est en effet l'un des plus élevés au monde.

Le choix que les jeunes doivent faire n'est pas totalement libre. Au-delà des formes habituelles de déterminisme social, deux conditions l'interfèrent. Premièrement, les élèves doivent avoir de bons résultats au degré primaire et au secondaire I pour avoir accès à la filière académique. Dans certains cantons, le processus de sélection commence dès l'âge de 10 ans. Deuxièmement, pour entreprendre un apprentissage, il faut obtenir un contrat avec une employeuse ou un employeur. Cela est très symbolique de la culture de la formation professionnelle initiale: dans de nombreux cas, une apprenante ou un apprenant doit signer un contrat avec une entreprise avant d'être accepté par une école professionnelle. La formation professionnelle initiale étant une tradition suisse, l'offre de contrats d'apprentissage est globalement supérieure à la demande, mais il existe des disparités (dans un sens ou dans l'autre) dans certaines professions que les autorités cantonales tentent de gérer. Certains jeunes n'obtiennent pas de contrat en raison de mauvais résultats scolaires, de problèmes de comportement ou de difficultés linguistiques.

La fin de la scolarité obligatoire et le début de la formation professionnelle initiale sont censés avoir lieu vers 16 ans. Ce qui est important pour nous, c'est que les journalistes qualifieraient ces apprenantes et apprenants de «natifs numériques». Il est vrai que lorsque nous avons testé des outils innovants dans leur classe, la première réaction a été de toucher leur poche en demandant «*Est-ce que je peux prendre une photo?*». En tant que directeur d'école, Michel Tatti nous a confié que lors d'une cérémonie de remise des diplômes «*ils arrivent comme des enfants et partent comme des adultes; nous les accompagnons dans cette étape majeure de la vie*». Alors que l'âge moyen pour obtenir un contrat est d'environ 18 ans, certains étudiants et étudiantes commencent d'abord une autre voie et certains dirigeants et dirigeantes préfèrent des étudiantes et étudiants un peu plus matures. Les autorités cantonales proposent différentes structures transitoires pour faire face à cette période incertaine de l'adolescence. Le taux de réussite est élevé: 92 % des apprenantes et apprenants obtiennent un certificat professionnel (Rapport Suisse sur l'Éducation, 2018). Parmi ceux qui ont perdu leur contrat, 84 % ont effectué un autre apprentissage et 90 % l'ont terminé avec succès. Au-delà du certificat standard, environ 50 % réussissent l'examen de «maturité professionnelle», qui leur permet d'accéder à une université de sciences appliquées (Rapport Suisse sur l'Éducation, 2018).

La répartition des professions est asymétrique. Même si les plombières et plombiers, les charpentières et charpentiers et les boulangères et boulangers sont souvent considérés comme des professions prototypes dans la formation professionnelle initiale, 24 % travaillent dans les bureaux (banques, assurances ou services publics), 14 % dans le commerce, 9 % dans le bâtiment et 9 % dans la santé. Les 44 % restants sont des métiers comme les forgeronnes et forgerons, les acousticiennes et acousticiens et les fabricantes et fabricants d'instruments à vent. Les métiers dans lesquels nous avons expérimenté nos approches ne sont pas parmi les plus représentés: les vendeuses et vendeurs et les employées et employés de bureau. Nous travaillions principalement avec des métiers où l'expérience était marquée par la fabrication d'objets tels qu'un toit, un gâteau, un bouquet, un jardin ou une robe. Les technologies d'apprentissage que nous avons développées reflètent ce biais, lui-même ancré dans nos questions de recherche. Ce biais est un choix explicite mais aussi une limitation de notre travail.

Le salaire mensuel des apprenantes et apprenants commence à environ 700 francs suisses et augmente lentement avec les années. Il correspond à environ 11 % du salaire moyen des adultes ici, mais il n'en reste pas moins qu'il s'agit d'un salaire de départ conséquent. Ils doivent équilibrer ce salaire avec le fait qu'ils passeront des 13 semaines de vacances scolaires annuelles habituelles aux 5 semaines de vacances seulement des employées et employés suisses. Les économistes ont montré que la faible productivité initiale des apprenantes et apprenants est compensée par leur productivité plus élevée en dernière année de formation, ce qui conduit à un bénéfice pour les entreprises concernées (Strupler Leiser & Wolter, 2013).

## Modes d'alternance

La principale caractéristique du système suisse de formation professionnelle initiale est l'alternance, c'est-à-dire la succession de périodes scolaires et de périodes au sein d'une entreprise. Le mode d'alternance définit la fréquence des transitions scolaires.

En effet, **différents modes d'alternance** coexistent, l'alternance hebdomadaire étant de loin le mode le plus fréquent à travers le pays et les métiers. Il est important d'approfondir sa complexité parce qu'elle résulte en réalité de l'adaptation à divers contextes, à l'instar du crabe qui marche sur le sable. Cette adaptation locale vise à faire correspondre les résultats du système de formation professionnelle initiale aux besoins des entreprises. Les questions technologiques que nous abordons doivent tenir compte de cette diversité des modes.

- **L'alternance hebdomadaire** est le prototype de l'alternance école-entreprise dans les programmes suisses de formation professionnelle initiale. Il s'agit souvent d'un jour à l'école et de quatre jours en entreprise par semaine, mais il peut aussi s'agir de deux et trois jours pour certaines professions et diplômes ou dans certains cantons. Pour certains programmes, ce peut être 2+3 la première année et 1+4 les années suivantes ou vice versa. Dans les écoles de formation professionnelle initiale, les apprenantes et apprenants suivent à la fois des cours généraux (mathématiques, langues, comptabilité) et des cours théoriques professionnels, par exemple les propriétés du bois ou la statique de base pour les charpentières et charpentiers. Comme l'ont rapporté beaucoup d'apprenantes et d'apprenants, ils n'attendent pas grand-chose de leurs journées d'école, si ce n'est qu'elles sont moins stressantes qu'une journée normale en entreprise où ils doivent se réveiller plus tôt et s'adapter au rythme de production de l'entreprise. Beaucoup d'entre eux n'ont pas eu d'expériences très positives à l'école par le passé. Une fonction intéressante de la journée scolaire est d'élargir leur connaissance du domaine en partageant leurs expériences avec leurs camarades. Par exemple, une apprenante charpentière ou un apprenant charpentier pourrait travailler dans une entreprise qui ne fabrique que des chalets et un autre dans une entreprise qui fabrique des maisons modernes. Se réunir à l'école compense en quelque sorte le caractère aléatoire de l'obtention d'un contrat avec n'importe quelle entreprise. Nous avons rencontré, par exemple, des assistantes et assistants dentaires qui ne faisaient que nettoyer des instruments dentaires toute la journée et qui à l'école bénéficiaient des interactions avec d'autres apprenantes et apprenants ayant eu la chance d'effectuer des activités plus riches, comme placer des instruments dans la bouche de la patiente ou du patient.
- **L'alternance semestrielle**, c'est-à-dire plus proche de la formule traditionnelle des stages, selon laquelle les étudiantes et étudiants s'inscrivent dans une école et doivent effectuer un ou deux semestres de stage en entreprise, existe également dans la formation professionnelle initiale suisse. Nous avons trouvé ce modèle dans les écoles à plein temps ou «écoles des métiers» comme on les appelle en Suisse romande, où le système d'apprentissage n'a pas la même tradition qu'en Suisse orientale. Au-delà de cette raison historique, il y a aussi des raisons plus pratiques: dans certains métiers, par exemple en informatique, une apprenante ou un apprenant a besoin d'une formation de base avant d'avoir un intérêt minimal pour une entreprise, tandis que dans d'autres métiers, un novice peut déjà effectuer des tâches utiles, comme nettoyer des espaces et des outils pour une coiffeuse ou un coiffeur ou changer des pneus hiver pour une mécanicienne ou un mécanicien automobile.

Deuxièmement, différents modes d'alternance sont définis par le degré de (non-)intégration des activités scolaires et professionnelles.

- **L'école est distincte de l'entreprise.** Dans le modèle classique dual, l'école et l'entreprise sont des établissements distincts. L'enseignante ou l'enseignant et la formatrice ou le formateur en entreprise se connaissent généralement, l'enseignante ou l'enseignant étant habituellement un ancien collègue de la formatrice ou du formateur en entreprise. Comme l'enseignante ou l'enseignant peut suivre 3 classes de 16 apprenantes et apprenants, cela signifie qu'il y a jusqu'à 48 formatrices ou formateurs en entreprise, moins lorsque les grandes entreprises embauchent

plusieurs apprenantes et apprenants. Les interactions directes entre la formatrice ou le formateur en entreprise et l'enseignante ou l'enseignant passent principalement par l'apprenante ou l'apprenant. Ce triangle enseignant-apprenant-formateur est au cœur du système suisse de formation professionnelle initiale mais, paradoxalement, c'est un canal sous-exploité. Le chapitre 4 décrit la manière dont notre plateforme Realto a tenté d'exploiter ce canal.

- **L'«entreprise au sein de l'école»** désigne les écoles qui proposent des ateliers de substitution à l'expérience en milieu professionnel. C'est le cas de certaines professions, comme les stylistes, avec lesquelles nous avons mené plusieurs expériences. Pour se rapprocher de l'expérience réelle en milieu professionnel, les étudiantes et étudiants produisent des pièces réelles qui ont été commandées par les clientes et clients. Par exemple, le directeur de la Technische Fachschule Bern, Matthias Zurbuchen, nous a dit que son école produit environ 2 millions de francs suisses de vêtements par an. Il a expliqué que certaines grandes entreprises, bien sûr, travaillent avec l'Asie si elles doivent commander 20 000 pièces, mais considèrent qu'il est plus rapide de travailler avec les ateliers scolaires si elles ne veulent commander que 20 pièces ou moins. Malgré ces efforts, l'expérience d'une entreprise à l'école reste différente de celle d'une vraie entreprise, avec sa culture, son identité et sa diversité de métiers. Nous avons testé notre système RA pour les horticultrices et horticulteurs avec une école similaire à Sion qui accueille des jeunes en difficulté des cantons francophones. Une observation informelle a montré que nos technologies concrètes étaient encore plus attrayantes pour ces jeunes ayant des besoins particuliers que pour la population en général.
- **L'«école au sein de l'entreprise»**. Certaines entreprises ont formé une alliance pour avoir des écoles privées dédiées à leurs besoins de formation spécifiques. Apretas, dans la région de Bâle, en est un exemple. Le nord-ouest de la Suisse est un centre de premier plan mondial pour les entreprises chimiques et pharmaceutiques. Trois grandes entreprises, BASF, Syngenta et Novartis, ont créé une organisation à but non lucratif qui s'est élargie à 70 autres entreprises. Elles forment 500 apprenantes et apprenants chaque année dans 15 métiers différents, tels que techniciennes et techniciens de laboratoire et ingénieurs en automatisation. La production de vaccins a besoin d'une bonne automatisation! Cette organisation a été reconnue par les autorités cantonales et fédérales. Cela montre à quel point le système de formation professionnelle initiale s'adapte à l'économie locale. De même, une association professionnelle du secteur de la santé a lancé le centre XUND. L'association regroupe de nombreux acteurs du système de santé en Suisse centrale: hôpitaux, crèches ou maisons de retraite, soins à domicile et entreprises médicales. Ils forment 2700 apprenantes et apprenants dans 17 professions, allant des infirmières et infirmiers auxiliaires aux aspects techniques des établissements de santé. Dans d'autres cantons, les apprenantes et apprenants de ces deux secteurs peuvent fréquenter une école publique. Ces exemples d'influence privée sur le système de formation professionnelle initiale ne l'étouffent pas dans ce pays libéral comme dans certains pays voisins. L'alternance dans ces centres est une combinaison des deux modèles précédents, avec des ateliers organisés dans les centres, mais aussi la poursuite des activités dans les entreprises partenaires.

Jusqu'à présent, nous avons abordé le système de formation professionnelle initiale en Suisse comme étant un système dual. Ce n'est pas faux, mais ce n'est qu'une grossière généralisation. Outre les écoles et les entreprises, il existe un autre lieu de formation dans le système suisse de formation professionnelle initiale, les **cours interentreprises**. Il s'agit de cours organisés par des associations professionnelles dans leurs propres locaux, locaux qui fournissent souvent du matériel que les écoles ou les PME n'ont pas les moyens de payer. Ils constituent le chaînon manquant entre l'école et l'entreprise. Ils ont une autre structure temporelle, qui s'étend généralement sur une semaine deux fois par an, mais dans d'autres professions, le nombre de jours est moindre ou peut être réparti sur l'année. Ils offrent principalement des activités pratiques mais aussi des cours plus théoriques. Ils réunissent des apprenantes et apprenants de différentes écoles d'une même région. Certains centres regroupent également des apprenantes et apprenants de plusieurs professions travaillant dans un même secteur, par exemple des peintres, des charpentières et charpentiers et des maçonnes et maçons pour le secteur du bâtiment.

## Diversité

Comme on l'a vu dans la section précédente, le système suisse de formation professionnelle initiale est une mosaïque de sous-systèmes très diversifiés. La forme du processus professionnel varie selon la profession, le canton et la langue. Cette diversité peut être interprétée comme étant d'une complexité accablante ou comme l'effet secondaire d'une adaptation efficace aux besoins locaux, comme l'illustrent *Apprentas* ou *XUND*. Les deux éléments sont en effet corrects. Dans l'ensemble, cela reflète une culture politique d'autonomie locale qui permet l'adaptation des solutions aux contextes locaux. La Suisse est un pays véritablement fédéral. Le gouvernement fédéral est composé de sept conseillères et conseillers, dont l'un devient président du pays par rotation annuelle, ce qui contraste avec d'autres pays fédéraux comme les États-Unis et l'Allemagne. Pas moins de 7 cantons ont moins de 100 000 habitantes et habitants. «Local» signifie vraiment local dans ce contexte. Le pays ne compte pas un seul ministre de l'éducation, mais 26, soit un par canton. L'enseignement obligatoire est entièrement géré par les cantons. Au niveau fédéral, le ministre de l'économie est également en charge de l'éducation et de la recherche, ce qui rendrait fou tout sociologue français. Ils nomment un secrétaire d'État à l'éducation qui dirige, entre autres, le bureau fédéral chargé de l'enseignement professionnel. Ce bureau met à jour tous les cinq ans les programmes (ordonnances de formation) de chaque profession. Ce processus est mené en collaboration avec la HEFP et les associations professionnelles nationales respectives, qui formulent leurs propositions après consultation des associations régionales ou cantonales. Nous argumenterons au chapitre 9 que cinq ans, aussi difficiles soient-ils, est assez peu de temps comparé à l'évolution des métiers et à la façon dont les méthodes d'IA pourraient accélérer ce processus. Dans l'enseignement obligatoire, la coordination des programmes par zone linguistique n'a été mise en place qu'il y a 10 ans, après 40 ans de résistance cantonale. Même lorsque les programmes sont définis au niveau supra-cantonal, le financement est majoritairement cantonal (la plupart des impôts sont cantonaux), ce qui constitue une source permanente de tension entre les autorités fédérales et cantonales et explique en partie la diversité existante. Les ressources allouées aux écoles de formation professionnelle initiale, telles que les technologies d'apprentissage, ne peuvent donc pas être décidées de manière descendante au niveau fédéral. Berne n'est pas Paris. Chaque canton ou association choisit les technologies pour ses apprenantes et apprenants. Cette autonomie locale génère de la complexité et s'inscrit de manière irrévocable dans la culture politique suisse.

Cette autonomie locale caractérise également le monde de l'entreprise. La Suisse est peut-être connue pour quelques grandes multinationales, mais le noyau de l'économie est sa myriade de PME. Le développement de la formation professionnelle initiale et les PME vont de pair: si une entreprise emploie 20 personnes, elle peut embaucher une apprenante ou un apprenant même si elle n'a pas d'unité de formation formelle. Prenons une entreprise de menuiserie dans le canton de Vaud. Elle appartient probablement à l'association qui a des entreprises similaires dans la partie francophone du pays et qui interagissent avec leurs homologues de la région germanophone. Elle appartient aussi probablement au «Groupe Bois» – le canton regroupe les charpentiers et charpentiers, les menuisiers et menuisiers et les ébénistes, qui est lui-même un sous-groupe de la Fédération cantonale des entrepreneurs, regroupant toutes les entreprises du bâtiment. Le «Groupe Bois» aura des liens avec le «Centre Patronal» du même canton et peut-être avec la Chambre de Commerce et d'Industrie locale, ainsi qu'avec l'USAM, l'association nationale des PME. En d'autres termes, l'aspect «entreprise» de la formation professionnelle initiale est aussi complexe que le monde de l'éducation. La bonne nouvelle, c'est que ces acteurs sont généralement préoccupés par la formation professionnelle initiale. Nous avons donné de nombreuses conférences à leurs assemblées annuelles cantonales ou fédérales. Dans plusieurs professions, la documentation professionnelle que les apprenantes et apprenants doivent acquérir est développée (et vendue) par certaines de ces associations. Nous soutenons depuis des années qu'ils pourraient également financer le développement des ressources numériques, une idée qui est aujourd'hui de plus en plus acceptée.

## Identité

Ces modes d'alternance ne sont pas équivalents en termes d'identité développée par les apprenantes et apprenants. En mode hebdomadaire, l'apprenante électricienne ou l'apprenant électricien travaillant par exemple pour la principale compagnie ferroviaire suisse, CFF, se considère rapidement comme une ou un employé de la CFF et non comme une étudiante ou un étudiant. Le même sentiment d'appartenance n'existe pas lorsque l'école domine la vie de l'apprenante ou l'apprenant.

Cette identité joue un rôle essentiel dans le système de formation professionnelle. Un charpentier nous a dit que son métier n'avait rien à voir avec celui des menuisiers et menuisiers. En réalité, les charpentiers et charpentières fabriquent les structures des maisons et des toits, ainsi que des escaliers; les menuisiers et menuisières fabriquent des escaliers, des fenêtres et des armoires. La limite entre ces métiers n'est vraiment pas claire. Dans le canton de Vaud, ils ont en fait formé une association paritaire. Le travail quotidien se chevauche mais leur identité est différente. Marcher sur une poutre de toit à cinq mètres au-dessus du sol fait partie du travail typique d'une charpentière ou d'un charpentier. Lorsque nous avons visité des chantiers où tout le monde parlait français, nous avons eu du mal à comprendre les charpentières et charpentiers car la plupart des pièces d'une structure de toiture ont un nom spécifique: Wikipédia a un lexique pour les charpentières et charpentiers avec 478 termes qu'aucun francophone ne comprendrait s'il n'était pas charpentière ou charpentier. Parler le dialecte professionnel est un aspect de l'identité. Chaque métier a aussi son code vestimentaire: un costume et une cravate pour les apprenantes et apprenants de bureau, un casque et une salopette de travail pour les autres, en blanc pour les peintres et les plâtriers et plâtriers. Quand vous voyez une apprenante ou un apprenant dans une gare, vous pouvez presque deviner quel métier il apprend. Il semble que ces jeunes aient tous lu l'ouvrage de Lave et Wenger (2001) sur la «participation périphérique légitime» («legitimate peripheral participation»).

Nous sommes convaincus que le développement d'une identité professionnelle forte a un effet positif sur les apprenantes et apprenants, à la fois en tant que motivation pour l'élément scolaire et en permettant une meilleure insertion en milieu professionnel. Nous en avons déduit que les technologies d'apprentissage que nous avons mises au point devraient comporter certains éléments identitaires. Pour nos plateformes en ligne, nous avons adopté la mise en page graphique de leur organisation professionnelle. En enseignant la statique aux futurs charpentiers et charpentières, il nous a semblé évident qu'ils devaient manipuler des structures en bois, celles en plastique étant cognitivement équivalentes mais peu courantes dans une culture charpentière.

## Enseignantes et enseignants et formatrices et formateurs en entreprise

Les enseignantes et enseignants des écoles et ceux des cours interentreprises sont des professionnels à temps partiel ou d'anciens professionnels dans le domaine qu'ils enseignent. Ils connaissent généralement les entreprises locales dans leur domaine, leurs pratiques et les machines qu'ils utilisent. Cependant, certains d'entre eux peuvent avoir quitté le monde de l'entreprise depuis longtemps et leur expertise peut lentement s'éloigner des méthodes ou des technologies utilisées au quotidien. Un professeur de menuiserie nous a raconté cette anecdote: lorsqu'il a donné sa première leçon à l'école, un apprenant lui a demandé s'il était devenu professeur parce qu'il avait fait faillite. Les jeunes peuvent être cruels, mais cela reflète une réalité.

Si un professionnel en X veut enseigner X dans une école de formation professionnelle initiale, il doit suivre 1800 heures (60 crédits ECTS) de formation. Les formatrices et formateurs en entreprise doivent suivre un planning de formation plus léger. Dans les deux cas, ils bénéficient d'une initiation aux technologies d'apprentissage au moyen de modules spécifiques. Toutefois, l'impact de ces modules reste limité. Nous avons constaté le même phénomène dans la formation initiale des enseignantes et enseignants: si au cours de ses trois années de formation, couvrant une soixantaine de cours, un élève reçoit 2 cours consacrés aux technologies d'apprentissage et 58 cours sur d'autres sujets n'utilisant aucune technologie, le message est clair. *«C'est bien de les connaître, mais vous n'avez pas à les utiliser.»*

## Documentation pédagogique

Au cours de leur formation, les apprenantes et apprenants doivent remplir une sorte de portfolio résumant leurs principales réalisations professionnelles. Cette documentation fait également partie de leur évaluation finale. Cependant, les pratiques varient beaucoup selon les régions et les professions. Les boulangères et boulangers et les cuisinières et cuisiniers, par exemple, documentent un certain nombre de recettes; les électriciennes et électriciens détailleront les devis et les réalisations réelles pour les clientes et clients. Tous ont un modèle à remplir. C'est la formatrice ou le formateur en entreprise qui doit s'assurer que l'apprenante ou l'apprenant remplit correctement sa documentation, mais tous n'assument pas pleinement ce rôle. Dans certains cas, cela est perçu comme une tâche administrative. Il s'agit toutefois d'un élément central du système suisse de formation professionnelle initiale et nous l'avons intégré dans notre approche numérique.

## Exportation de la formation professionnelle initiale à l'étranger

De nombreuses tentatives ont été faites pour exporter le système suisse de formation professionnelle initiale vers d'autres pays. Bon nombre de délégations étrangères sont venues en apprendre davantage à ce sujet, mais nous ne connaissons pas de succès certain en matière de transfert. La cause est liée à ce que nous avons expliqué précédemment: l'enracinement du système suisse de formation professionnelle initiale dans la culture politique et le tissu économique local. Un jour, un charpentier nous a dit: *«Je n'ai pas besoin d'un employé, mais j'ai pris un apprenant»*. Nous lui avons demandé pourquoi et il a répondu, *«parce que je suis charpentier, c'est notre devoir de le faire»*. Ce sentiment collectif de responsabilité, autre trait de la culture suisse, n'est pas à attendre des PME d'un pays qui n'a pas la même tradition. Des tentatives ont été faites pour mettre en œuvre une approche duale de la formation professionnelle initiale autour de grandes entreprises suisses qui ont des usines en Chine et aux États-Unis, notamment au Colorado et au Connecticut. Les deux derniers ambassadeurs américains en Suisse ont visité notre laboratoire de l'EPFL. Mais même si un PDG est convaincu, le reste du personnel et les écoles locales doivent être de son côté, sans parler des parents, qui auraient du mal à comprendre ce que cela signifie pour leurs enfants de faire un apprentissage.

Même si notre Leading House se concentrait sur la Suisse, nous avons apporté au Kerala (Inde) nos outils pour la formation des charpentières et charpentiers. Il s'agissait d'un environnement RA pour développer les compétences de raisonnement 3D nécessaires pour couper des poutres en bois destinées à un toit (voir le chapitre 7). Nous avons découvert que le bois est trop rare et précieux en Inde pour faire quelque chose d'aussi grand qu'un toit. Cela illustre à quel point il est difficile de transférer une technologie d'apprentissage dans différents contextes. Nous ne changerons pas une culture économique en lançant un projet, aussi ambitieux soit-il. Nous devons rester modestes et réalistes quant à ce qui peut être exporté. Nous espérons néanmoins que certaines des technologies que nous avons développées pourront être utilisées dans d'autres contextes sans qu'un changement culturel soit nécessaire. Si tel était le cas, ils pourraient transmettre des fragments de la culture suisse de formation professionnelle initiale sous la forme d'un cheval de Troie à d'autres systèmes de formation professionnelle initiale.

## Et alors?

Un jour, le directeur RH d'une banque privée genevoise est venu nous rendre visite et voici plus ou moins l'échange que nous avons eu. Appelons-le Jean.

Jean Nous devons utiliser les technologies d'apprentissage pour former notre personnel.

Pierre Pourquoi?

Jean Il faut innover, toutes les banques passent à la formation numérique!

Pierre Vous rencontrez un problème?

Jean Non, nous sommes une banque privée, nous n'avons aucun problème.

Pierre Alors, revenez quand vous avez un problème; nous chercherons des solutions.

Cet échange a été suivi d'une grande collaboration. Faut-il poser la même question au sujet du système de formation professionnelle initiale? La meilleure façon de lancer un projet est de commencer par un problème. Les acteurs suisses ont généralement tendance à faire l'éloge de leur système de formation professionnelle initiale. Honnêtement, il le mérite. Mais ce n'est pas une raison pour ignorer qu'il a aussi ses faiblesses. Si le système est si efficace c'est parce qu'on recherche constamment à l'améliorer. Il y a quelques problèmes d'ordre général, comme le déficit de compétences que nous avons décrit précédemment, l'âge tardif du début de l'apprentissage, le taux d'abandon (le taux n'est pas élevé, mais chaque cas est douloureux), le pourcentage de ceux qui n'obtiennent pas l'apprentissage complet, mais une forme plus légère en deux ans (appelée «attestation fédérale de formation professionnelle») et certains formateurs ou formatrices en entreprise qui ne jouent pas leur rôle de formateur ou formatrice ou qui ne sont que de mauvais dirigeants ou dirigeantes (comme dans n'importe quelle profession).

Globalement, le système suisse de formation professionnelle initiale est solidement ancré dans une longue tradition d'apprentissage, mais les traditions ne constituent pas toujours un atout dans une économie en évolution rapide. Toute caractéristique du système peut être interprétée à la fois comme un atout et comme un piège. Par exemple, la forte participation des associations professionnelles à l'élaboration des programmes contribue à produire des profils de travailleuse ou travailleur adaptés aux besoins spécifiques du marché. Le problème est le terme «spécifique». Qu'en est-il de la mobilité? Müller & Schweri (2015) ont constaté que seulement 7 % des apprenantes et apprenants changent de profession. Cette mobilité devrait s'accroître dans les années à venir avec l'émergence de nouveaux emplois et la disparition d'autres emplois. L'association de fleuristes devrait-elle se préoccuper du fait que certains de ses stagiaires décident par la suite d'être boulangères et boulangers ou infirmières et infirmiers auxiliaires? Le système suisse de formation professionnelle initiale est en quelque sorte cloisonné. Certaines des compétences émergentes pourraient accroître la mobilité: les compétences en pensée computationnelle, les compétences en analyse de données, les compétences en fabrication. Ces dernières (impression 3D) s'appliquent désormais à de multiples métiers, l'impression sur bois, fer, plastique, chocolat (boulangerie) et autres matériaux (par exemple prothèses dentaires).

Bien sûr, tous les problèmes ne peuvent pas être résolus avec les technologies numériques. De longues discussions avec tous les acteurs doivent être menées pour cerner un «bon» problème. Si l'on se contente d'interroger les enseignantes et enseignants, ils pourraient répondre que les jeunes sont moins motivés, distraits par leurs gadgets numériques ou incapables d'écrire un texte simple. Pour dépasser ces problèmes banals, il faut environ six mois d'interactions. Par la suite, nous avons identifié et résolu de nombreux problèmes. Voici quatre exemples:

- L'optimisation de l'entreposage est une compétence que les assistantes et assistants logistiques doivent acquérir (c'est un objectif de l'ordonnance fédérale) mais ils l'exercent rarement sur le lieu de travail: l'entrepôt n'est pas très souvent réorganisé et, lorsqu'il l'est, c'est le responsable de l'entrepôt qui en décide, et non l'apprenante ou l'apprenant. Nous avons visité de nombreux entrepôts; des apprenantes et apprenants y travaillent, mais ils ne les réorganisent pas. Il est donc assez difficile pour les apprenantes et apprenants de donner un sens aux principes logistiques présentés par l'enseignante ou l'enseignant. Le corps enseignant a demandé si nous pouvions faire quelque chose à ce sujet. La TinkerLamp (voir le chapitre 6) a été développée pour combler ce déficit de compétences.
- Les futurs charpentiers et charpentières passent environ trois heures par semaine pendant trois ans à apprendre à dessiner des plans sur papier. Ils acquièrent couramment des méthodes pour représenter une structure 3D sur un plan 2D, comme le calcul de la longueur réelle d'un segment par rotation. Ils répètent les procédures plusieurs fois, comme une compétence purement procédurale. Les enseignantes et enseignants s'attendent à ce qu'ils atteignent une précision millimétrique. En rendant visite à de nombreux charpentiers et charpentières, nous nous sommes aperçus que les apprenantes et apprenants ne dessinent pas les plans des toitures

sur lesquelles ils travaillent: c'est leur responsable qui le fait. En fait, leur responsable ne dessine pas sur papier, il utilise des logiciels 3D. Nous avons demandé à ces responsables si les apprenantes et apprenants devaient cesser de dessiner à l'école, mais ils ont rejeté cette idée. Ils ont dit qu'une apprenante ou un apprenant est confronté à une structure 3D avec un plan 2D en main: il ou elle doit apprendre à faire des allers-retours entre les représentations 2D et 3D. L'environnement Tapa-Carp (voir le chapitre 7) a été développé pour combler ce déficit de compétences.

- Une nouvelle ordonnance est entrée en vigueur pendant cette Leading House par laquelle les charpentières et charpentiers doivent maintenant développer une compréhension intuitive de la statique. Le nouveau programme comprenait trois heures pour apprendre ce que les ingénieurs acquièrent en centaines d'heures. Comment enseigne-t-on la statique de base sans mathématiques? Notre collègue du génie civil a répondu que ce n'était pas possible. L'environnement StaticAR (également au chapitre 7) a été développé pour combler ce déficit de compétences.
- Lors de nos discussions avec les associations professionnelles des boulangères et boulangers et des cheffes et chefs, il est apparu clairement que leurs membres s'embrouillaient au sujet de tous les documents à remplir pendant la formation: le livre de recettes classique, la nouvelle documentation pédagogique (LD) et les rapports de travail réguliers. Nous avons alors convenu que ces documents pourraient devenir un seul document avec des pages différentes reliées entre elles autour de chaque recette ou technique. En outre, ils se sont réjouis de voir que les technologies pouvaient aussi donner aux livres de recettes un «look» plus attrayant, avec plusieurs photos facilement insérées directement dans les textes, et non plus clippées dans des documents manuscrits comme auparavant. LearnDoc, e-DAP et Realto (voir les chapitres 3 à 5) intègrent ces fonctionnalités.

En résumé, le système suisse de formation professionnelle initiale est solidement ancré, mais il présente également suffisamment de problèmes pour inspirer les chercheuses et chercheurs créatifs et les start-up dans le domaine des technologies de l'éducation.

## Chapitre 2

# Les technologies d'apprentissage, un moyen efficace de faire de l'alternance une opportunité d'intégrer les connaissances théoriques dans la pratique: le modèle Erfahrraum

Alberto Cattaneo, Jean-Luc Gurtner

Dans le modèle dual de formation professionnelle initiale, les apprenantes et apprenants alternent régulièrement entre leur entreprise et l'école professionnelle tout au long de leur formation. Ils considèrent généralement que ce à quoi ils sont confrontés à l'école et à l'entreprise est déconnecté, une perception qui est parfois correcte. Nous avons rencontré des mécaniciennes et mécaniciens automobiles en première année d'apprentissage qui effectuaient pour la plupart des activités très concrètes comme changer des pneus dans leur garage ou résoudre des problèmes de physique à l'école. Les apprenantes cheffes et apprenants chefs ont été mis au défi de préparer au plus vite 400 repas à la fois par jour dans un hôpital sachant qu'il faut savoir quel type de protéine est l'albumine et lesquelles de ses propriétés sont pertinentes pour la cuisine. Les horticultrices et les horticulteurs conduisant prudemment leurs tondeuses à gazon se sentaient obligés d'apprendre par cœur les caractéristiques de centaines de plantes. Les logisticiennes et les logisticiens qui déplacent des cartons toute la journée dans un entrepôt avaient du mal à comprendre les concepts abstraits abordés à l'école, comme l'optimisation du flux de marchandises. Nous pourrions continuer à donner des exemples pour chacune des professions avec lesquelles nous avons travaillé. La conclusion est toujours la même: dans les programmes duals de formation professionnelle initiale, on constate de nombreux écarts entre l'école et le milieu professionnel. Les chercheuses et les chercheurs parlent souvent de ce sujet comme d'un problème de connectivité. Des approches pédagogiques spécifiques ont déjà été développées et testées pour relever ce défi, comme le modèle de pédagogie intégrative de Tynjälä et al. (2021) ou le modèle de connectivité de Guile et Griffiths (2001). Ceux qui souhaitent avoir une vue d'ensemble actualisée de ces modèles peuvent facilement consulter quelques ouvrages récents consacrés à ce sujet (Kyndt et al., 2021; Aprea et al., 2020). Notre point de vue est que ces écarts ne constituent pas seulement le système dual de formation professionnelle initiale, ils déterminent aussi sa qualité et sa valeur. Par conséquent, nous ne voulons pas supprimer complètement ces écarts. Cela fausserait la nature même du système. Mais nous voudrions les rendre plus fonctionnels et trouver un bon moyen d'en tirer profit. Après tout, il en va de même lorsqu'on franchit une frontière entre deux pays: à première vue, les différences peuvent sembler quelque peu perturbantes, mais une fois que l'on s'habitue à la traverser, on y trouve des avantages, comme le savent tous les frontaliers et frontalières.

La question principale et générale de notre programme de recherche est née de l'évidence de cet écart. Elle est passée de «Existe-t-il un moyen spécifique d'utiliser les technologies d'apprentissage dans la formation professionnelle initiale?» à quelque chose comme «Les technologies peuvent-elles contribuer de manière significative à combler l'écart entre l'enseignement à l'école et l'apprentissage en milieu professionnel et transformer la situation en quelque chose de profitable à l'apprentissage?».

Implicitement, notre hypothèse est que les technologies peuvent être utilisées de manière optimale pour combler les écarts précédemment mentionnés et les rendre pertinents pour l'apprentissage en facilitant l'intégration de connaissances provenant de différents lieux d'apprentissage. Autrement dit, les technologies peuvent devenir des «objets frontières» et faciliter le franchissement des frontières entre les lieux d'apprentissage (Akkerman et Bakker, 2011; Bakker et Akkerman, 2019). Lorsqu'on parle de franchissement des frontières, on fait référence à des frontières sociales et culturelles plutôt que physiques, perçues au moins au départ comme des discontinuités, mais qui peuvent constituer un important potentiel de développement, précisément du point de vue de lier les expériences des apprenantes et apprenants entre les lieux d'apprentissage. Le franchissement des frontières est donc l'effort visant à développer, établir ou rétablir une

continuité dans l'action ou l'interaction entre différentes pratiques vécues par une même personne dans des contextes différents (Bakker et Akkerman, 2019). En d'autres termes, le franchissement répété des frontières, virtuellement et physiquement, pourrait être un moyen efficace pour les apprenantes et apprenants de mieux percevoir le fil conducteur qui relie étroitement ce qu'ils étudient à l'école à ce qu'ils rencontrent en milieu professionnel.

Ce décalage entre ce qui est fait à l'école et ce qui est vécu sur le lieu de travail peut prendre des formes diverses selon le métier, le sujet à apprendre et le type de technologie d'apprentissage activée. Les six chapitres suivants illustrent cette diversité et les différentes solutions que nous avons adoptées avec neuf métiers différents, appartenant à des domaines et des horizons professionnels très différents. Toutes les situations que nous avons explorées peuvent être reliées, en partie ou en totalité, au même modèle, que nous appelons «Erfahrraum», néologisme provenant de l'association de deux mots allemands: *Erfahrung* pour «expérience» et *Raum* pour «espace». L'Erfahrraum repose simplement sur une idée déjà exploitée depuis des décennies dans les sciences de l'apprentissage: vous pouvez apprendre de votre expérience à condition d'avoir le temps, l'opportunité et les conditions pour y réfléchir. La réflexion est une condition essentielle, mais pas suffisante.

### Le modèle Erfahrraum

Dès la première journée passée en entreprise, les apprenantes et apprenants vivent différentes expériences professionnelles. Certaines ont plus de sens que d'autres, mais toutes sont riches, complexes et authentiques. Nous, les pédagogues, prêchons souvent que la compétence ne peut être acquise que «*in situ*», que ce n'est que dans une situation telle qu'elle se produit que la compétence peut s'exercer et donc mûrir. Quelle meilleure opportunité de favoriser le développement des compétences d'une apprenante ou d'un apprenant que celle où cela se répète dans ses expériences? C'est à partir de cette simple constatation que nous avons développé notre modèle. Nous y avons réfléchi à plusieurs reprises lors de nos réunions de projet. Nous en avons rediscuté et l'avons progressivement affiné dans une dialectique réciproque continue et générative

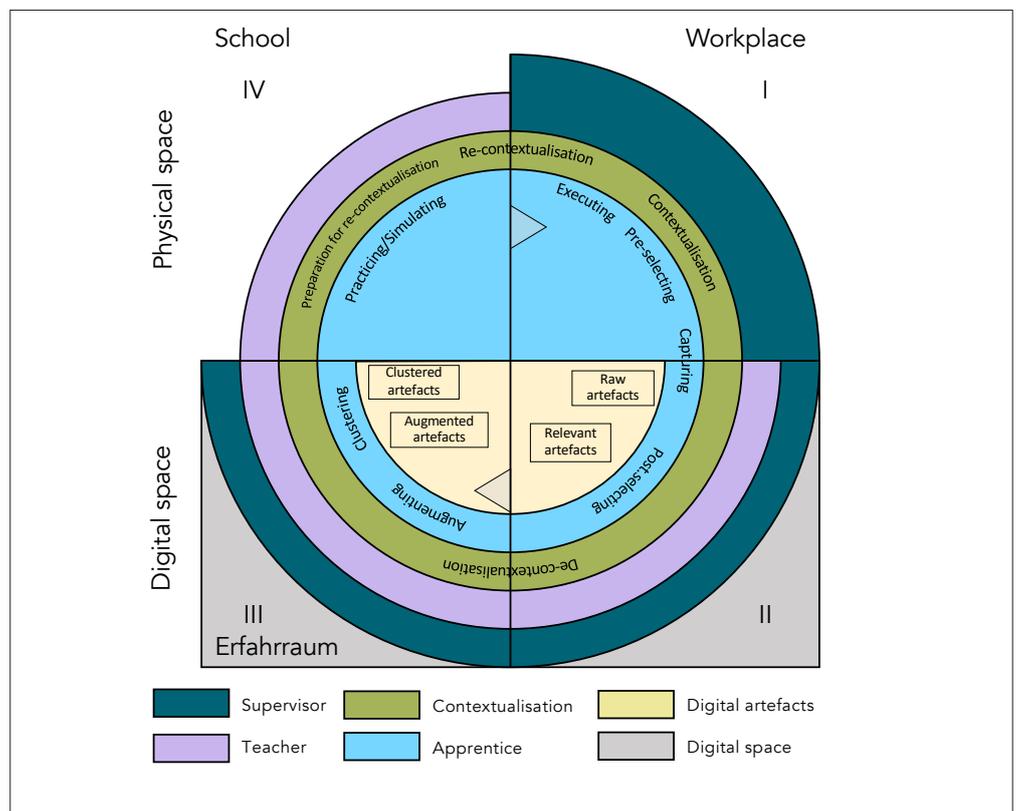


Figure 2-1 · Le modèle Erfahrraum

entre réflexion théorique et test pratique. Nous l'avons finalement publié (Schwendimann et al., 2015); mais, pour le dire simplement, même si son point de départ peut varier et sa mise en œuvre peut être itérative, il est possible de considérer l'Erfahrungsraum comme un modèle à quatre étapes, comme l'illustrent les quatre quadrants de la figure 2-1.

Nous le décrivons simplement comme suit:

1. **Capter et collecter.** La première étape correspond généralement à l'expérience professionnelle des stagiaires et à l'exécution de certaines procédures. Nous avons dit qu'une composante essentielle de notre modèle est la réflexion, mais en milieu professionnel, il n'y a habituellement pas de temps pour la réflexion. Vous devez être productif et rapide et éviter les erreurs et le gaspillage. Par conséquent, il peut être utile de trouver des moyens et des formes pour capturer certaines «traces d'expérience». Les technologies, en particulier les appareils mobiles, peuvent y contribuer. Grâce aux outils numériques, il est possible de capturer une expérience au moment et à l'endroit où elle se produit. Pensez à donner à vos apprenantes et apprenants la possibilité d'utiliser un smartphone pour prendre des photos en milieu professionnel ou de porter une caméra d'action pour les filmer lors d'une opération. Ces traces prennent alors la forme de photographies, de courtes vidéos, d'enregistrements sonores, de notes ou de descriptions écrites ou de croquis, qui extériorisent l'expérience de l'apprenante ou l'apprenant et produisent des artefacts numériques bruts réexaminables *a posteriori*.

Cette première phase s'accompagne d'autres réflexions qui méritent d'être mentionnées ici en ce qui concerne les «traces».

- a. En tant que telles, elles constituent une sorte d'*ancrage*, un lien concret avec l'expérience vécue. Elles représentent donc un rappel utile pour renouer avec l'expérience et susciter la réflexion. Nous avons dit combien il est difficile de réfléchir sur ses pratiques professionnelles. Avoir à sa disposition un ensemble de photos montrant la situation vécue est un bon point de départ pour déclencher le mécanisme de réflexion.
  - b. En même temps, les traces sont la *preuve* de ce qui s'est passé. Les recueillir signifie documenter ce qui a été fait, ce qui a été appris. Il y a au moins deux valeurs, la première montrant la variété des procédures que l'on a pu gérer tout au long de l'apprentissage, comme une sorte de portfolio montrant le travail accompli. Dans ce portfolio, je peux décider de ne sélectionner que mes «chefs-d'œuvre», au lieu de me contenter de présenter l'ensemble des activités que j'ai eu l'occasion de gérer pendant mon apprentissage. La seconde valeur montre donc les progrès réalisés en termes de développement des compétences. La documentation de pratiques similaires au fil du temps vous permet de comprendre comment votre maîtrise des compétences a évolué au fil des ans. Par exemple, en tant que boulangère ou boulanger, si la première fois que j'ai fait des croissants, je les ai faits trop cuire au risque de les brûler, la seconde fois j'ai pu montrer (à moi-même et à ma formatrice ou mon formateur) que j'ai fait plus attention aux températures et aux temps de cuisson et que j'ai amélioré ma maîtrise de ce procédé en identifiant les points critiques essentiels à surveiller.
  - c. D'un point de vue pédagogique, enfin, il est utile de considérer que la conservation de ces traces n'est pas un processus spontané. Surtout au début, elle nécessite des conseils et une aide, et doit être encouragée. L'apprenante ou l'apprenant doit également *gérer les processus de sélection*; comme nous l'avons dit, toutes les expériences ne valent pas la peine d'être documentées. L'apprenante ou l'apprenant doit savoir ce qui doit être documenté, ce qui peut être utile pour l'apprentissage et ce qui peut être omis.
2. **Préparer.** Comme nous venons de le dire, toutes les expériences ne sont pas significatives pour l'apprentissage simplement parce qu'elles peuvent être capturées. Pour en faire du matériel didactique, les apprenantes et apprenants doivent procéder à une sélection ainsi qu'à une *structuration*. Cette structuration peut être fournie par l'enseignante ou l'enseignant ou directement par l'environnement d'apprentissage numérique où les traces sont collectées comme nous le verrons dans les chapitres

suiuants. Les formatrices et formateurs en entreprise peuvent également apporter leur aide en permettant à leurs apprenantes et apprenants de vivre de telles expériences significatives et de prêter attention à ce qui s'est passé. Mais ils n'ont souvent pas le temps d'en discuter avec soin dans l'entreprise. Le travail doit continuer. Imaginez que quelque chose soit cassé ou brûlé. Vous devriez recommencer, peut-être avec un contrôle plus strict, plutôt que de vous arrêter et de réfléchir trop longtemps à ce qui a mal tourné. On pourrait même vous donner quelque chose d'autre à faire pendant que votre formatrice ou formateur prend soin de le refaire correctement.

- 3. Exploiter.** À l'école, au contraire, l'agenda est plus souple et les erreurs ont un statut plus positif. Si vous avez gardé des traces de ce qui s'est passé dans l'entreprise et que vous pouvez y accéder à l'école, vous aurez peut-être l'occasion d'en discuter plus en détail. Dans la terminologie de Schön, cette possibilité est appelée «réflexion sur l'action» («reflection on action», Schön, 1987). Mais comment se déroule concrètement ce processus dans les cours de formation professionnelle initiale à l'école? Nous n'imaginons certainement pas des foules d'apprenantes et apprenants qui passent des heures à spéculer dans l'abstrait sur ce qu'ils ont vécu dans leur entreprise, ou qui reviennent encore et encore sur des enregistrements vidéo de leur propre pratique professionnelle. Non, nous parlons d'activités beaucoup plus simples mais toujours très efficaces. Prenons quelques exemples. Pensez au nombre de choses qui se passent autour de nous et dont nous ne sommes pas conscients. C'est normal parce que notre attention sélectionne avant tout l'information qui semble la plus pertinente et fonctionnelle à ce moment-là. Mais afin d'affiner et d'améliorer nos compétences professionnelles, il peut également être important de récupérer certaines des informations que nous avons manquées lors de l'action en direct. C'est ce que nous avons testé, par exemple, avec des étudiantes et étudiants techniciens en salle de chirurgie, en leur donnant la possibilité de revoir l'enregistrement vidéo de leur activité en salle d'opération et de l'utiliser pour préparer et structurer des séances de débriefing avec leurs tutrices et tuteurs à l'aide d'une annotation vidéo. Les deux parties concernées ont reconnu que, sans la vidéo, de nombreux détails n'auraient jamais émergé du débriefing (Cattaneo et al., 2020). Une approche similaire peut également être utilisée avec les photos, en les annotant pour entraîner les apprenantes et apprenants à développer leur vision professionnelle, comme nous l'avons fait avec les esthéticiennes et esthéticiens, pour les aider à apprendre les anomalies cutanées (Coppi & Cattaneo, 2021; Coppi et al., 2021). Cependant, il y a des situations où il n'est tout simplement pas possible de filmer sa propre pratique. Quoi qu'il en soit, il sera toujours possible d'essayer de la reconstruire en la décrivant, oralement ou par écrit. Il est possible d'analyser cette description afin d'obtenir plus de détails et de déterminer les possibilités d'amélioration. Nous l'avons fait avec un certain nombre de catégories d'employées commerciales et d'employés commerciaux, en leur demandant de se comparer en binôme et en utilisant quelques questions directrices pour faciliter la tâche (Boldrini & Cattaneo, 2014). Cette comparaison des pratiques pourrait également se faire par d'autres moyens, au sein de petits groupes de travail plutôt qu'en séance plénière. Par exemple, les apprenantes cuisinières et apprenants cuisiniers pourraient travailler dans un restaurant étoilé ainsi que dans un grand réfectoire ou une cafétéria. Ils gèrent les mêmes méthodes de cuisson, mais avec des outils différents, une division du travail différente et des règles différentes. Comparer la façon dont une procédure similaire est menée dans différents contextes professionnels est très utile pour développer une compétence professionnelle. Le même effet positif peut se produire lorsque l'on analyse des expériences routinières avec des expériences plus rares ou lorsque l'on constate des erreurs avec des modèles de référence paradigmatiques (Cattaneo et Boldrini, 2016; Cattaneo et Boldrini, 2017; Wuttke et Seifried, 2012). Ces activités *contrastées* (Schwartz et Bransford, 1998) permettent de comparer des cas (expériences) distincts par similitude ou différence, puis de les regrouper selon des catégories spécifiques. Ces catégories permettent aux expertes et experts d'identifier les schémas qui se rattachent à des situations apparemment différentes (Bransford et al., 2000) et qui sont au cœur de la compétence et du professionnalisme. De plus, ces processus d'*enrichissement, de comparaison et de catégorisation* soutiennent la construction de savoirs décontextualisés

(Guile et Griffiths, 2001; Griffiths et Guile, 2003) et généralisables. Que nous parlions de réflexion «sur l'action» indique aussi que l'objet de notre attention est une expérience déjà vécue et qui ne se produit pas actuellement.

En résumé, au cours de cette troisième phase, des actions pédagogiques visant à générer un apprentissage à partir de la réflexion sur les expériences professionnelles capturées au cours des phases précédentes sont menées, indépendamment du fait que ces expériences aient été vécues à la première personne par tous ou par un seul membre de la communauté apprenante, qu'elles aient été authentiques ou simulées. Ces activités peuvent être développées en exploitant certains processus typiques, comme ceux de l'enrichissement et de la comparaison et du contraste. Les artefacts bruts sont «augmentés» par l'ajout de couches successives d'information, par exemple en focalisant l'attention sur l'information pertinente ou en intégrant les commentaires et l'analyse des membres de la communauté, ou en ajoutant des éléments de connaissances théoriques à des expériences pratiques à la suite d'une discussion organisée par l'enseignante ou l'enseignant.

4. **Valider.** La quatrième phase prépare à la recontextualisation (Guile, 2020) des connaissances dans l'activité professionnelle. Elle comprend également l'organisation d'opportunités d'appliquer ce qui a été acquis grâce à des exercices pratiques et des simulations d'activités. De tels exercices permettent en outre de rendre plus explicite le lien avec les connaissances disciplinaires et théoriques abordées dans le contexte scolaire. De plus, à ce stade, des facteurs tels que la qualité, la rapidité ou la satisfaction des intervenantes et intervenants peuvent indiquer si le passage aux quatre étapes du modèle a été efficace. Dans l'idéal, cette dernière phase ne s'arrête pas au contexte scolaire, mais se termine par un retour au contexte professionnel, où il doit être possible pour le stagiaire de *valider* par une nouvelle expérience professionnelle ce qu'il a acquis en réfléchissant à l'expérience antérieure. C'est ainsi que l'ensemble du cycle trouve son achèvement et son sens, y compris aux yeux de l'apprenante ou de l'apprenant.

## Et alors?

L'alternance hebdomadaire entre une entreprise et une école est une marque distinctive du modèle dual de formation professionnelle. C'est sa force mais aussi l'un de ses plus grands défis. À l'évidence, les apprenantes et apprenants voient rarement les liens entre ce qu'ils voient à l'école et à l'entreprise, et tendent à considérer la situation comme deux voies parallèles plutôt que comme un parcours de formation homogène. De plus, pour la grande majorité des apprenantes et apprenants, la charge de travail peut être lourde mais justifiée par la profession, alors que les activités scolaires sont moins motivantes. Dans cet ouvrage, nous souhaitons montrer que les technologies d'apprentissage modernes offrent de nombreuses solutions pratiques pour atténuer cette impression, en réduisant l'écart entre les deux filières grâce à des routes transversales ou des passerelles reliant ces filières et en permettant aux apprenantes et apprenants de voir la théorie enseignée à l'école comme clairement ancrée dans leur pratique quotidienne, comme enracinée dans leur expérience de travail. Bien sûr, cela ne vient pas seulement de la technologie; tout cela nécessite une utilisation intelligente de ces technologies par les enseignantes et enseignants et les formatrices et formateurs, ainsi que des scénarios d'apprentissage productifs, comme ceux que nous décrivons dans les chapitres suivants.

## Chapitre 3

# Collecter et retrouver des expériences importantes : les histoires des boulangères/ boulangers et des cheffes cuisinières/ chefs cuisiniers

Alberto Cattaneo, Jean-Luc Gurtner, Elisa Motta, Laetitia Mauroux

Alors que toutes leurs performances à l'école sont évaluées par les enseignantes et enseignants, les réalisations des apprenantes et apprenants dans l'entreprise de formation font l'objet de discussions semestrielles avec les formatrices ou formateurs sur la base de la performance et du comportement réels des apprenantes et apprenants au travail ainsi que de la qualité de leur «documentation pédagogique». La documentation pédagogique est une production obligatoire que l'apprenante ou l'apprenant doit élaborer tout au long de sa formation, dans laquelle il décrit et documente les réalisations importantes qu'il a accomplies pour l'entreprise ainsi que les compétences et l'expérience acquises jusqu'à présent (voir section 7 des ordonnances pour toutes les professions). Au moment où nous avons commencé notre projet, cette documentation pédagogique était généralement faite à la main et présentée principalement sous forme de petits textes écrits sur des feuilles de papier indépendantes. Professionnelles et professionnels et apprenantes et apprenants sont unanimes: il s'agit davantage d'une incitation à juger de la compétence orthographique des apprenantes et apprenants que d'une base pour une véritable discussion de leur compétence en cours.

Dans les professions avec lesquelles nous avons été en contact étroit (boulangères/ boulangers et chocolatières/chocolatiers, cheffes/chefs et stylistes), la documentation pédagogique requise interférait même avec une autre documentation traditionnelle que les apprenantes et apprenants devaient élaborer au cours de leur formation – leur livre de recettes ou catalogue de production. De tels documents manuscrits n'avaient vraiment rien à voir avec les beaux livres de recettes très attrayants qui fleurissent dans les librairies, et aucun apprenant ou apprenante n'était fier de ses documents, ni de sa documentation pédagogique, ni de son livre de recettes. Après discussion avec les professionnelles et professionnels et leur association professionnelle, il est apparu clairement que les technologies pouvaient rendre leur documentation plus intéressante en utilisant le traitement de texte et en insérant directement des photos dans le texte, qu'il s'agisse de photos prises sur le terrain ou téléchargées à partir d'Internet (figure 3-1).



**Figure 3-1** • Apprenantes et apprenants au travail, collectant des photos à insérer dans leur documentation pédagogique et leur livre de recettes.

Nous avons également décidé d'utiliser des modèles appropriés et systématiques, tant pour le livre de recettes que pour la documentation pédagogique, convaincus qu'il serait plus pratique de remplir ces documents plutôt que de recommencer à zéro comme c'était le cas auparavant (figure 3-2). Enfin, nous nous sommes rapidement mis d'accord sur le fait que la technologie permettrait de combiner facilement documentation pédagogique et livre de recettes en une documentation électronique unique, montrant sur une page la recette et sur une autre page le niveau actuel de maîtrise de l'apprenante ou de l'apprenant et ses difficultés à la réaliser, avec la possibilité de masquer ou d'afficher l'une ou l'autre en fonction des personnes qui accèdent aux pages.

**Richemont** Neues Rezept

Zimmerli Junior Markus

Neue Rezepte erfassen

\*Rezeptname  \*Klassifikation

Betrieb  Datum 11.09.2011

\*Gruppe  Semester 1

Gewicht		Zutaten		CCP
Gramm	Stück	Half-Fabrikate	Hinweise / GHP	Position
<input type="text"/>				

Rezeptmenge 1 (in Gramm)  Verlust (in %)  Zwischengewicht (in Gramm)

Stückgewicht (in Gramm)  Stückzahl  Netto Rezeptmenge (in Gramm)

Back-/Kochtemperatur (°C)  Backzeit (Minuten)  Zug

**Richemont** Richemont Kompetenzzentrum  
Bäckerei Konditorei Confiserie

Lerndokumentation

Lerndokumentation der lernenden Person

Ich erfülle die Anforderungen.

Ich übe noch.  
Das Flächten bin ich noch am Üben. Mein Berufsbildner zeigt es mir aber gut vor und ich kann es bereits recht gut. Nur mit dem Tempo hapert es noch ein bisschen.

Um mich zu verbessern, werde ich ...  
Mit Übungstag aus dem Kühlschrank die verschiedenen Flächarten üben. Der Chef hat mir ein Bier versprochen, wenn ich schneller bin als er.

Bemerkungen des Berufsbildners / der Berufsbildnerin

**Figure 3-2** • Modèles adoptés pour la recette (en haut) et pour la documentation pédagogique (en bas) comme évoqué avec l'association professionnelle des boulangères et boulangers et des chocolatières et chocolatiers.

## L'histoire d'un chef

Nicola Piatti est chef professionnel. Il travaille depuis de nombreuses années dans de grands restaurants. Il est également enseignant professionnel depuis que le canton lui a demandé d'enseigner à des apprenantes cuisinières et apprenants cuisiniers à l'école professionnelle de Trevano. Nous l'avons rencontré pour la première fois en 2009, alors que nous étions encore au début du projet. Fin août 2021, nous étions encore dans la même classe, en train de former – avec Christian Gianetti, ancien chef et formateur en entreprise, aujourd'hui professeur à temps plein, qui nous a rejoint entre-temps – une vingtaine d'enseignantes et enseignants pour utiliser ce que nous avons développé au cours des dix dernières années. Résumons cette histoire collaborative dans les pages qui suivent.

Lors des premières discussions avec Nicola, de nombreux sujets possibles se recoupant avec nos intérêts réciproques ont émergé. Les deux grands thèmes qui sont ressortis étaient de mieux relier l'environnement de travail et l'école et de trouver des moyens appropriés de recueillir et de donner un sens aux expériences en milieu professionnel. Nous avons abordé un sujet concret qui combine ces deux thèmes: repenser le livre de recettes des étudiantes et étudiants et son articulation avec la documentation pédagogique des étudiantes et étudiants imposée par leur plan de formation.

Comme nous l'avons déjà expliqué, ce dernier point a tout de suite attiré notre attention et nous avons commencé à l'approfondir en parallèle: l'équipe de Lugano a travaillé

avec les cheffes et chefs et est partie de l'école tandis que l'équipe de Fribourg a continué à travailler avec les boulangères et boulangers, en se concentrant principalement sur les formatrices et formateurs en entreprise. Au Tessin, nous l'avons appelé e-DAP (*documentation d'apprentissage et de performances électroniques*). Chaque entrée constituait une recette, composée de deux parties principales, comme une feuille de papier recto-verso. Au recto, les apprenantes et apprenants pouvaient inclure toutes les informations générales concernant la procédure, de la liste des ingrédients à la description des principales étapes de la recette. Comme dans de nombreux livres de recettes en ligne, ils pouvaient accompagner chaque recette d'autant de photos qu'ils voulaient (voir la figure 3-3). Afin de soutenir ce processus et d'exploiter la phase de «collecte» de l'Erfahrraum, nous avons acheté 24 iPhone d'occasion, afin que tous les élèves de l'une des classes de Nicola en aient un. Une application préinstallée leur a permis de connecter les photos du smartphone à l'e-DAP, de les télécharger et de les associer correctement aux recettes.



**Figure 3-3** • Exemples de traces brutes photographiées sur le lieu de travail par des apprenantes cuisinières et apprenants cuisiniers. Chaque rangée correspond à un ensemble de photos détaillant les principales étapes de la recette.

À l'arrière de notre feuille imaginaire, tel que décrit ci-dessus pour les boulangères et boulangers et chocolatières et chocolatiers, une série d'invitations métacognitives (voir détails dans Mauroux et al., 2013, 2014) a permis aux apprenantes et apprenants de réfléchir à leur maîtrise actuelle des recettes, d'identifier les améliorations possibles, de comprendre ce qui s'est mal passé, etc. Cela nous a également permis d'étudier la partie «exploitation» de l'Erfahrraum. En outre, les apprenantes et apprenants pouvaient auto-évaluer leurs performances et demander à leurs formatrices et formateurs en entreprise un retour d'information spécifique à la recette (y compris une évaluation), ainsi qu'une vue d'ensemble de l'avancement de leur développement de compétences grâce à un tableau récapitulatif qui fournit des évaluations jumelées pour chaque recette (voir figure 3-4).

The image displays a digital recipe environment (e-DAP) with three main sections:

- Left Panel (Le mie ricette):** A grid of recipe thumbnails including 'Gnocchi di patate', 'Patate bianche', 'Patate fritte', 'Patate rissolées', 'Patate Duchesse', 'Patate Gaufrettes', 'Patate Croquette', 'Patate Dauphine', 'Gnocchi di castagne', and 'Gnocchi di patate viola'.
- Center Panel (Sottofesa di vitello glassata):** A detailed recipe page for 'Sottofesa di vitello glassata'. It includes a photo of the dish, a video player, and text in Italian:
  - Ingredienti per x persone:** carne di manzo vitello (1 kg), vino bianco (anche per salsa) (0,5 l), ossa e grasso (0,150 kg), brodo verdure (0,3 l), miscele per pan di porro (0,100 kg), datteri glassa (per salsa) (0,2 l).
  - Preparazione:** 1. Isolare bene nella lamière. 2. Sgrassare, aggiungere le ossa e infornare (queste facciammo il loro grasso e i loro aromi). 3. Aggiungere poi la miniporc e lasciar scottare, a questo punto aggiungere il vino bianco (più tardi aggiungere anche parte del brodo). 4. Cuocere e di tanto in tanto deglassare la carne con il sugo.
  - Finizione:** 1. Levare la carne dalla pentola e lasciar riposare in caldo. 2. Trasferire in un rondello la miniporc, le ossa e la salsiccia, mescolando lassare che sgrassino. 3. Aggiungere il vino bianco e il brodo aromatizzato, rettificare di gusto e filtrare.
- Right Panel (Réflexion personnelle):** A reflection sheet titled 'Activité de réflexion: Sottofesa di vitello glassata di [Nom]'. It contains several sections for self-evaluation and feedback:
  - Maîtrise:** Questions about documenting the process and using photos.
  - Documentation des compétences et des progrès d'apprentissage:** Questions about the user's role and the quality of the recipe.
  - Balance de l'apprentissage:** Questions about the user's role and the quality of the recipe.
  - Amélioration:** Questions about the user's role and the quality of the recipe.
  - Observations / Points critiques:** A section for observations and critical points.
  - Points critiques:** A section for critical points.
  - Présentation et dégustation:** A section for presentation and tasting.
  - Préparation et production:** A section for preparation and production.
  - Évaluation globale:** A section for global evaluation, with a score of 4.50.

**Figure 3-4** - L'environnement e-DAP des apprenantes cheffes et apprenants chefs pour recueillir leur documentation pédagogique sous forme d'un livre de recettes. Tant leurs enseignantes et enseignants professionnels que leurs formatrices et formateurs en entreprise pouvaient accéder au même environnement, mais avec des privilèges différents. La page d'entrée (à gauche) montre les recettes développées. Chaque recette (au centre) possède les détails nécessaires, comme illustré sur les photos des apprenantes et apprenants. Et chacune est complétée par une feuille de réflexion (à droite). Cela pose les bases de l'auto-évaluation et de l'évaluation de la formatrice ou du formateur. Notez que les traces (photos) sont également disponibles sur cette page pour soutenir le lien avec la pratique.

Comme la lectrice ou le lecteur peut le constater, les formatrices et formateurs en entreprise ont également un compte pour accéder à l'e-DAP, à partir duquel ils peuvent vérifier la progression de leur apprenante ou apprenant et leur fournir une évaluation et un retour d'information.

Ensuite, nous avons préparé une lettre officielle pour informer les formatrices et formateurs en entreprise du projet et de ses objectifs. Elisa Motta – notre doctorante sur ce projet – a commencé à faire le tour du canton avec Nicola pour rencontrer les formatrices et formateurs en entreprise et remettre les smartphones à leurs apprenantes et apprenants sur leur lieu de travail. Ils leur ont montré comment utiliser les téléphones et comment accéder à l'e-DAP.

Entre-temps, Nicola s'est également inscrit au programme du diplôme d'enseignement. L'idée est donc née d'exploiter l'e-DAP à l'école également pour apporter des situations professionnelles spécifiques dans la classe et ainsi introduire les traces visuelles brutes des expériences des apprenantes et apprenants en milieu professionnel dans l'école,

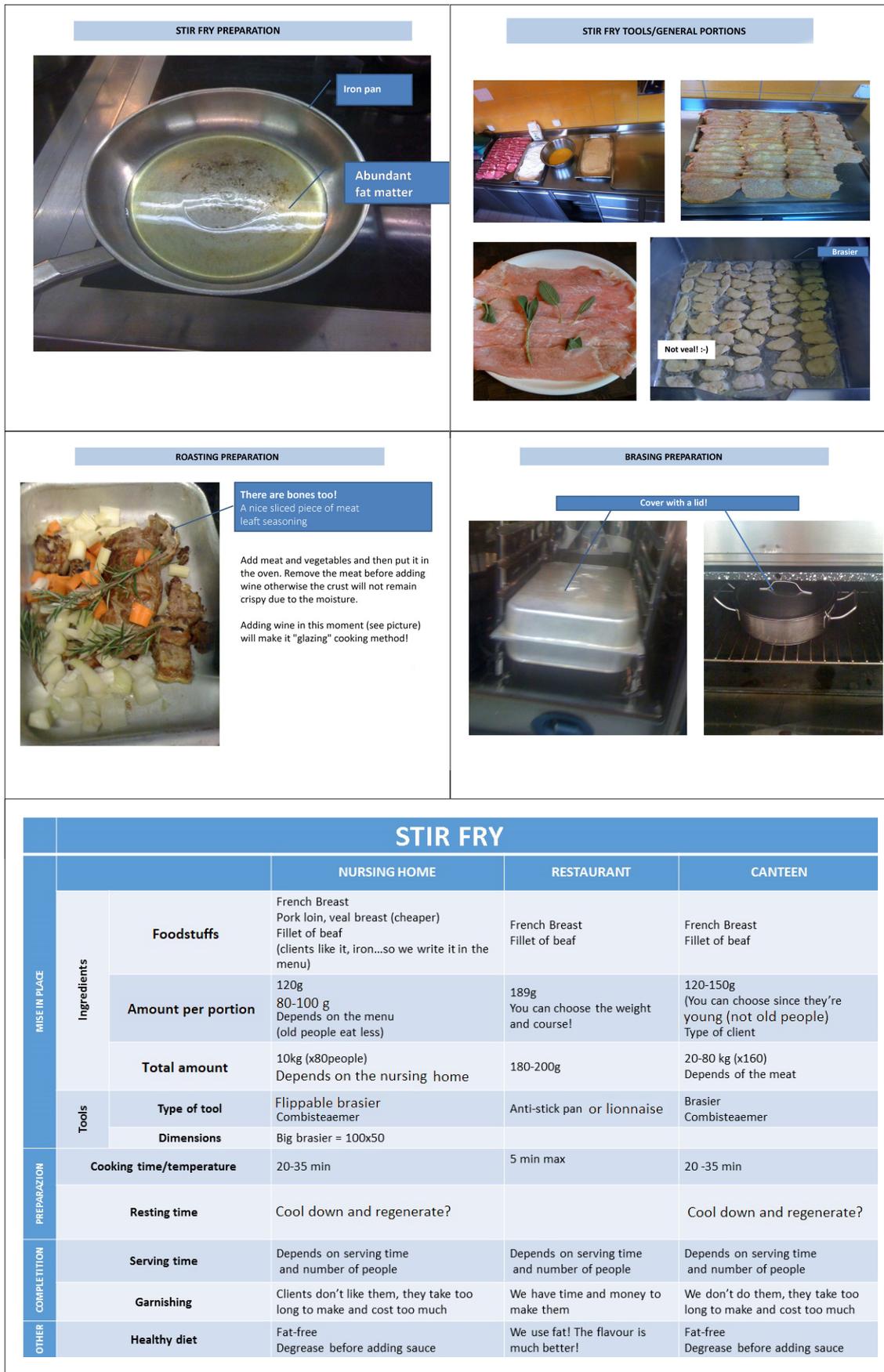
ce qui n'était pas prévu pour les plateformes des boulangères et boulangers ainsi que des chocolatières et chocolatiers.

Tout a été mis en place pour surveiller ce qui se passerait.

### Co-concevoir des scénarios d'apprentissage

Nous avons continué à discuter de différentes questions avec Nicola, mais à ce stade, l'objet de nos entretiens n'était plus le déficit de compétences, mais de savoir comment tirer parti du matériel disponible dans l'e-DAP lors de la planification des cours. Nous avons ensuite commencé à développer différents scénarios d'apprentissage (impliquant les apprenantes et apprenants individuellement, en petits groupes ou en séances plénières), tous basés sur l'utilisation de cet outil et la mise en œuvre de l'Erfahrraum. Par exemple (pour d'autres activités d'apprentissage, voir Hämäläinen & Cattaneo, 2015 et Motta et al., 2017), quelques semaines avant de traiter le sujet en classe – les cheffes et chefs tessinois assistent aux cours de l'école deux jours toutes les deux semaines – l'enseignante ou l'enseignant a invité les apprenantes et apprenants à pratiquer une méthode de cuisson particulière (avec n'importe quelle recette) et à la documenter dans leur livre de recettes et (cette seconde étape a été introduite progressivement) dans une page correspondante du journal d'apprentissage. Ce processus devait être illustré par des photos, voire, dans certains cas, par de courtes vidéos enregistrées à l'aide d'une caméra à bandeau. Ainsi, Nicola pouvait consulter les recettes avant le cours en accédant simplement aux e-DAP des apprenantes et apprenants. Lorsque tous les apprenantes et apprenants se sont retrouvés à l'école, Nicola a invité l'un d'eux à venir illustrer son expérience, avec l'aide de ses traces e-DAP. Cela a suffi à déclencher une dynamique riche et animée de confrontation, de contestation et parfois de concurrence positive entre les apprenantes et apprenants, le tout orchestré et précisé par l'enseignant, toujours chargé de les guider pour identifier les points principaux et cruciaux de la méthode de cuisson. Dans les discussions, en effet, le savoir explicite représenté concrètement par les photos était alors lié à un savoir implicite, théorique. Dans certains cas, la discussion elle-même a pu être réifiée et convergée en un document visuel, où les premières photos prises à partir de l'e-DAP étaient étiquetées ou couplées pour faciliter la comparaison (figure 3-5).

À ce stade, nous voulions savoir dans quelle mesure cette approche globale reposait essentiellement sur l'apprentissage des apprenantes et apprenants. Pour ce faire, nous avons profité du fait que Nicola enseignait dans deux classes parallèles, donc nous avons utilisé l'une comme groupe expérimental et l'autre comme groupe témoin. Le contenu et l'approche générale étaient les mêmes dans les deux classes, mais la première pouvait également bénéficier de l'e-DAP, ce qui n'était évidemment pas le cas pour la seconde. Voyons ce que nous avons obtenu.



**Figure 3-5** - Exemples d'élaboration de traces brutes comme artefacts augmentés lors d'une activité de classe: les photos sont commentées et des étiquettes sont insérées pour signaler les éléments importants (en haut et au centre à gauche) ou pour contraster les cas (à droite). Des tableaux récapitulatifs (en bas) sont élaborés progressivement en tant que résultat généralisé de l'analyse.

## Vont-ils l'utiliser?

Tout d'abord, nous voulions savoir si les utilisatrices et utilisateurs trouvaient le système facile à utiliser et s'ils l'utilisaient finalement. Cette question a reçu une réponse positive: l'e-DAP a été perçu comme étant facile à appliquer et utile pour l'apprentissage (Motta et al., 2013, 2014). Après le premier semestre d'utilisation d'e-DAP, le nombre moyen de recettes élaborées par apprenante ou apprenant était de 15, atteignant 48 à la fin de l'apprentissage (voir Cattaneo et al., 2015, pour plus de détails). Tous les chiffres étaient bien au-delà de ceux observés précédemment avec la documentation pédagogique manuscrite. Un effet similaire a également été observé chez les boulangères et boulangers ainsi que les chocolatières et chocolatiers (Mauroux et al., 2016).

Mais nous savons que la quantité n'est pas forcément le meilleur indicateur dans de nombreuses situations; c'est pourquoi nous voulions également nous pencher sur la qualité de leurs entrées. En ce qui concerne la qualité, nous nous sommes concentrés sur les entrées du journal d'apprentissage, en recherchant et en comptant le nombre moyen d'éléments de réflexion ajoutés aux recettes. Dans la plupart des cas, la classe expérimentale présentait beaucoup plus d'éléments de réflexion dans son journal d'apprentissage que le groupe témoin (tableau 1 en annexe; pour plus de détails, voir Cattaneo et al., 2015). Des recherches plus poussées ont confirmé que les messages de réflexion contribuaient efficacement au développement des compétences métacognitives de nos apprenantes et apprenants.

## Sera-t-il efficace pour l'apprentissage?

Bien que le développement des compétences métacognitives soit une composante importante de l'apprentissage, en particulier pour une apprenante ou un apprenant professionnel, l'une des préoccupations de Nicola – et de nous aussi – était de vérifier si la nouvelle méthode d'enseignement permettait également d'acquérir des connaissances déclaratives, une sorte de première clé d'apprentissage. Par conséquent, plusieurs des scénarios que nous avons mis en œuvre, tant individuels que collaboratifs, ont été conçus pour mesurer cette composante. Concrètement, Nicola a développé des tests d'apprentissage pour chaque méthode de cuisson principale. Nous avons soumis les tests avant et après les activités d'apprentissage afin de vérifier au début la comparabilité des deux classes et de les comparer après l'activité d'apprentissage. Encore une fois, nous avons constaté que la classe qui avait bénéficié de la pédagogie de l'Erfahrungsraum dépassait l'autre (tableau 2 en annexe et Cattaneo et al., 2015).

Cela s'est également reflété dans les résultats finaux obtenus aux examens; mieux encore, ceux qui ont utilisé la plateforme de façon plus intensive ont obtenu des résultats plus élevés (Mauroux et al., 2016; Schwendimann et al., 2018).

Bien que l'examen comporte déjà une partie pratique, nous n'étions pas entièrement satisfaits et nous voulions vérifier si de tels avantages se manifestent également dans la pratique. C'est pourquoi nous avons organisé une expérience dans les cours interentreprises. Nous avons invité un groupe d'apprenantes et apprenants de chaque classe à préparer la même recette (émincé de poulet à la zurichoise) et leur avons donné 25 minutes. Chaque apprenante ou apprenant disposait d'un poste de travail professionnel où les ingrédients nécessaires étaient préparés à l'avance pour être prêts à l'emploi. On leur a demandé de faire la recette, de réfléchir à haute voix et de commenter ce qu'ils faisaient. Une caméra par poste de travail enregistrait les performances et les commentaires des participantes et participants. Les clips ont ensuite été montrés à deux professionnels, experts en la matière, qui ont évalué chaque vidéo de manière indépendante, en utilisant une grille à 27 indicateurs semblable à celle utilisée dans les concours professionnels. Dans 22 des 27 indicateurs, les apprenantes et apprenants du groupe e-DAP ont obtenu des résultats nettement supérieurs à ceux du groupe témoin. Et devinez quoi: la qualité de leur réflexion-en-action était aussi bien supérieure à celle du groupe témoin! (Voir Cattaneo & Motta, 2021, pour plus de détails).

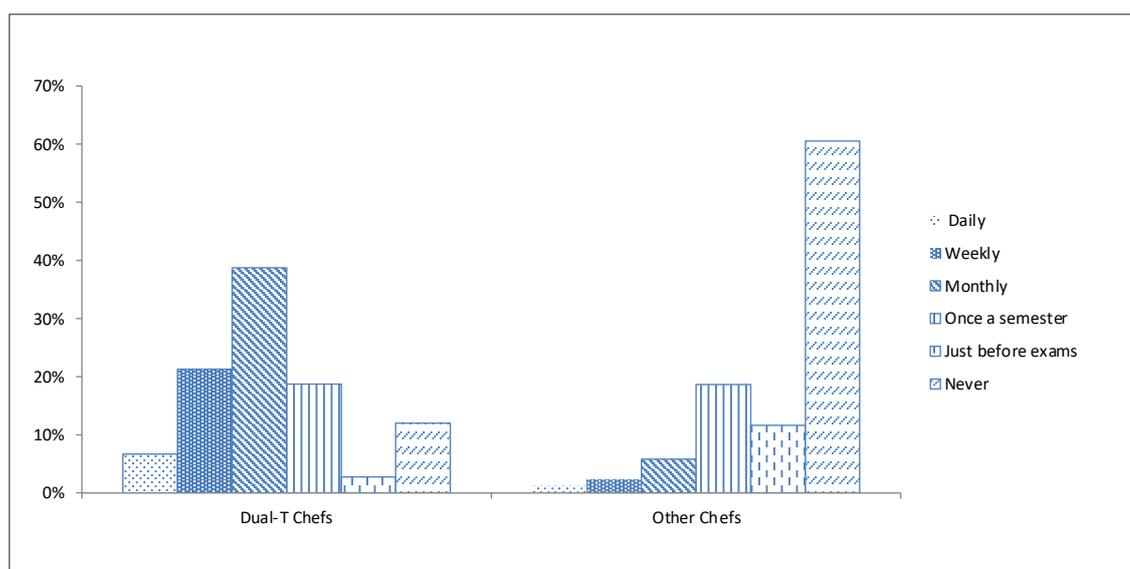
## Et qu'en est-il de combler l'écart entre les lieux d'apprentissage?

À ce stade, il manque encore une pièce importante du puzzle. Nous avons commencé Dual-T par la question du potentiel des technologies pour combler l'écart entre les lieux de formation professionnelle. Le modèle Erfahrraum ayant été efficace pour les apprentissages, peut-être pourrait-il l'être aussi pour cela? Et qu'en est-il du système professionnel lui-même? Heureusement, nous disposons également de certaines données sur ces questions.

En développant ainsi la plateforme, notre hypothèse était que donner aux apprenantes et apprenants la possibilité d'exploiter la valeur ajoutée visuelle des photos en classe – pour le partage avec l'enseignante ou l'enseignant et les camarades de classe – et sur le lieu de travail – pour alimenter les échanges avec la formatrice ou le formateur en entreprise – constituait pour eux un moyen de mieux percevoir la relation entre les deux sites à travers la documentation pédagogique (DAP). Sa forme électronique aurait en outre accru la fréquence d'utilisation pour tous les acteurs, et en particulier pour (a) les enseignantes et enseignants de l'école, bien que la tâche formelle de travailler sur la DAP ne leur incombe pas, et (b) les formatrices et formateurs en entreprise, qui n'ont souvent pas le temps d'analyser le contenu de ces dossiers.

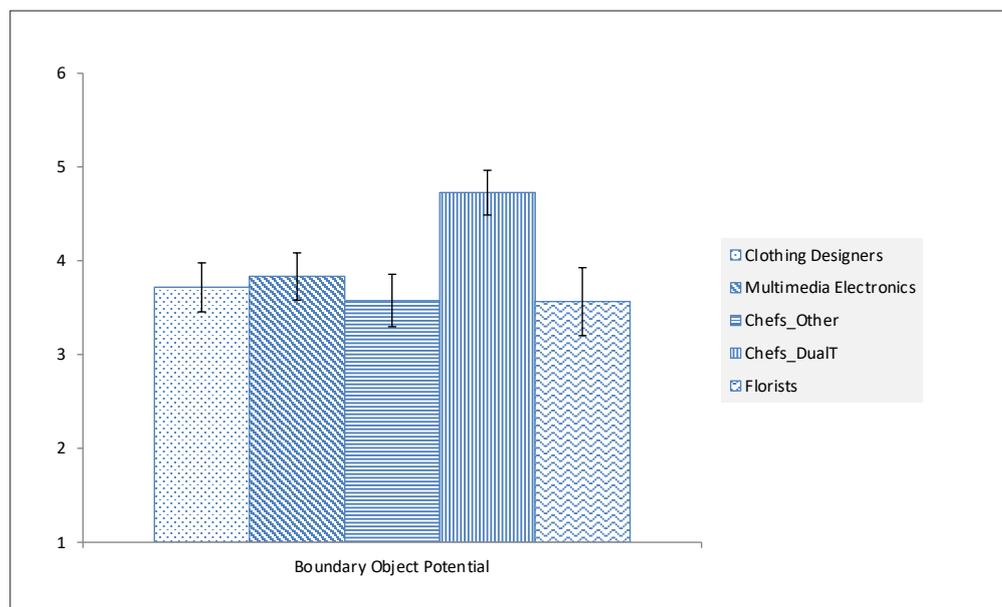
Nous avons préparé et distribué un questionnaire aux apprenantes et apprenants de différentes professions à l'échelle nationale afin d'examiner ces hypothèses. Ce faisant, nous avons eu à la fois la possibilité de comparer ce que nous faisons avec les cheffes et chefs par rapport à d'autres professions, et de voir au sein de la profession si l'approche conforme à l'Erfahrraum était efficace de différentes manières. La figure 3-6 montre que lorsqu'on leur a demandé quel était le potentiel de la DAP en tant qu'outil permettant de mieux relier l'école à l'entreprise, les cheffes et chefs Dual-T différaient des autres apprenantes et apprenants concernés. Cette différence se voit également dans l'utilisation de l'e-DAP à l'école (figure 3-7), qui prouve également que les photos prises en milieu professionnel peuvent facilement passer du lieu de travail à la salle de classe et devenir du matériel pédagogique.

Dans le même temps, cependant, tout ne fonctionnait pas immédiatement comme prévu. Tant dans l'expérience parallèle avec les boulangères et boulangers que dans celle-ci avec les cheffes et chefs, il n'a pas été si facile d'inciter les formatrices et formateurs en entreprise à donner un retour explicite. Du moins, cela semblait être le cas.



**Figure 3-6** • Potentiel perçu de la DAP comme moyen de combler l'écart entre les lieux d'apprentissage des différentes professions. Avec les cheffes et chefs, nous avons également comparé ceux qui avaient utilisé e-Dap à ceux qui ne l'avaient pas fait.

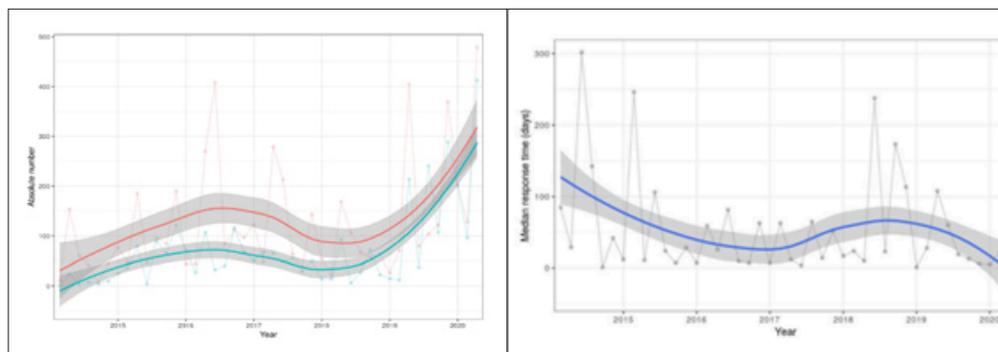
Nos fichiers journaux nous indiquaient encore que certains formateurs et formatrices continuaient à donner très peu de retour, voire pas du tout (voir chapitre 4 pour des résultats parallèles avec Realto, une autre plate-forme, y compris la documentation pédagogique). Nous disons «apparemment» car nous ne pouvons pas dire grand-chose du retour d'information. En fait, nous avons prévu une fonction intégrée de retour d'information, mais nous ne pouvons pas exclure – et nous avons parfois eu confirmation – que les formatrices et formateurs préfèrent parler et faire des commentaires oralement à leurs apprenantes et apprenants plutôt que de le faire sur la plateforme, peut-être même devant un ordinateur montrant l'e-DAP de l'apprenante ou l'apprenant. Se rencontrer en personne est tout à fait normal, sinon mieux, comme nous l'ont confirmé certaines expériences de confinement liées à la COVID-19.



**Figure 3-7** • Fréquence d'utilisation de la documentation pédagogique à l'école par des apprenantes cheffes et apprenants chefs, comparant ceux utilisant e-Dap (à gauche) à ceux utilisant un format plus traditionnel (à droite).

Une confirmation supplémentaire est venue en 2020 d'un questionnaire plus court que nous avons soumis aux utilisatrices et utilisateurs d'e-DAP et à un groupe témoin composé d'apprenantes et apprenants n'ayant jamais été concernés par Dual-T. Nous avons des questions sur la «connectivité existante» perçue par les apprenantes et apprenants, par exemple si l'enseignante ou l'enseignant à l'école demandait aux apprenantes et apprenants d'apporter des exemples de leur pratique professionnelle ou de faire référence à des situations de travail spécifiques. Encore une fois, la comparaison entre les deux groupes a montré qu'il y avait une différence significative dans la perception de la connectivité dans leur cursus entre les personnes utilisant l'e-DAP et le groupe témoin.

Mais ce fut pénible pour Christian, qui a organisé en mai et novembre 2019 de courts ateliers, où il a invité les formatrices et formateurs en entreprise pour leur rappeler comment utiliser l'e-DAP et leur faire valoir la valeur ajoutée de son utilisation avec les apprenantes et apprenants. La figure 3-8 (à gauche) montre le nombre de demandes de retour envoyées depuis 2014 par tous les apprenantes et apprenants de la plateforme (en rouge) et les réponses correspondantes reçues par les formatrices et formateurs en entreprise (en bleu-vert). L'impact de l'intervention de Christian est visible quand on compare ce qui s'est passé avant (2014-2018) et après son intervention (2019-2020). Parallèlement, le temps qui s'est écoulé entre la demande et la réponse a diminué de façon significative (figure 3-8, à droite). Parfois, vous avez juste besoin d'un petit coup de pouce pour augmenter votre capacité d'action.



**Figure 3-8** • À gauche: nombre de demandes de retour des apprenantes et apprenants (en rouge) et nombre de réponses des formatrices et formateurs (en bleu-vert). Notez la hausse des deux indicateurs à partir de 2019, date à laquelle les ateliers avec les formatrices et formateurs en entreprise ont été proposés pour la première fois. À droite: durée en jours entre une demande de retour et la réponse. Notez la baisse à partir de 2019.

Mais nous devons également dire ici que les conséquences de la plateforme en termes de franchissement des limites ne se sont pas arrêtées ici. D'autres limites ont été franchies. Par exemple, peu après la mise en place de la plateforme, les inspectrices et inspecteurs cantonaux chargés de rendre visite aux apprenantes et apprenants sur leur lieu de travail pour vérifier le bon déroulement de la formation nous ont demandé de leur donner également accès à l'e-DAP. Lors de leurs visites précédentes – en raison de la situation précédemment mentionnée – il leur avait été difficile de «préparer» la visite à l'avance et, parfois, ils avaient rencontré des difficultés pour accéder à la DAP manuscrite sur place. De nos jours, il est courant qu'ils consultent l'e-DAP avant les visites, afin de planifier la réunion. En outre, les frontières entre les professions se sont effacées, si bien qu'il y a un an, la section de l'école traitant de l'alimentation et des services (cinq professions différentes) a adopté l'e-DAP. Il s'agit également d'une histoire de mise en réseau (voir chapitre 4), puisque la collaboration avec l'équipe de direction de l'école professionnelle et l'office cantonal responsable de ce secteur professionnel a été développée dès le début du projet pour garantir sa réalisation et son fonctionnement optimal. Progressivement, après avoir vu le résultat des interventions pilotes, le directeur de l'école et le canton ont approuvé l'élargissement de l'expérience à toutes les catégories de chef de l'école. En revanche, les négociations avec l'association nationale pour développer l'expérience au niveau national n'ont été qu'en partie efficaces: l'association nationale (Hotel & Gastro Union) a soutenu le projet et a financé une mise à niveau de la plateforme, ce qui nous a permis d'inclure de nombreuses autres options. Un clip vidéo faisant la promotion du projet a été projeté en octobre lors de l'assemblée générale et peut être visionné en allemand à l'adresse <http://youtu.be/M0U0qz9AjyY>. Mais en même temps, l'e-DAP n'a pu être utilisé que dans deux autres cantons. De toute façon, nous ne sommes pas une société de vente.

## Et alors?

Travailler avec des boulangères et boulangers ou des cheffes et chefs a été une aventure vraiment motivante. Nous avons démontré que la **collecte** d'expériences sur des appareils mobiles utilisés sur le lieu de travail est possible et généralement bien acceptée par les dirigeantes et dirigeants d'entreprise. Certains d'entre eux ont même imaginé ce que cela aurait été d'avoir cette solution à leur disposition lorsqu'ils étaient apprenantes et apprenants. Nous pouvons également démontrer qu'il est possible d'amener les apprenantes et apprenants à **réfléchir** et même **écrire** leurs pensées – une technologie qui n'est pas toujours bien acceptée par les personnes pratiques comme les apprenantes et apprenants – et que cela donne d'excellents résultats sur les performances **pratiques**.

Dans le cas des boulangères et boulangers ainsi que des chocolatières et chocolatiers, il s'agissait seulement d'un changement de technologie et non d'un changement de pratique. Dans ce cas, l'association professionnelle a décidé assez rapidement d'adopter la solution proposée et de généraliser son utilisation à l'échelle nationale.

Avec Nicola et la branche des cheffes et chefs, le changement qu'il a introduit n'était pas seulement technologique mais aussi pédagogique; le **partage** d'expériences de différents lieux de travail et leur **exploitation** en classe se sont avérés possibles et très efficaces pour l'apprentissage. Mais leur demander d'opérer un changement dans la pratique, y compris dans la culture, demande du temps et de la patience, d'autant plus qu'il faut l'approbation et la participation de différentes parties prenantes au-delà de leur champ d'action actuel respectif.

<b>LJ-based Scenarios</b>					
	<b>M<sub>exp</sub> (SD<sub>exp</sub>)</b>	<b>M<sub>ctrl</sub> (SD<sub>ctrl</sub>)</b>	<b>t-test</b>		
Cooking method 1	5.16 (1.68)	3.31 (2.57)	t(24.960)=2.461	p=.021	r=0.44
Cooking method 2	5.12 (1.50)	3.63 (2.16)	t(26.549)=2.297	p=.030	r=0.41
Cooking method 3	6.23 (2.09)	4.33 (1.81)	t(29)=2.698	p=.012	r=0.45
Cooking method 4	5.07 (1.91)	5.35 (1.97)	t(30)=-.417	p>.05.	-
<b>LJ-based Scenarios</b>					
Cooking method 5	7.29 (2.62)	3.56 (2.74)	t(24)=3.410	p=.002	r=0.57
Cooking method 6	7.50 (2.90)	2.33 (2.18)	t(25)=4.710	p<.0001	r=0.69
Cooking method 7	7.00 (3.84)	5.20 (1.30)	t(22)=1.017	p>.05.	-
Cooking method 8	6.00 (2.81)	5.17 (1.47)	t(22)=.689	p>.05.	-

**Tableau 3-1** • Différence dans le nombre d'éléments métacognitifs cités dans les entrées du journal d'apprentissage (groupe expérimental versus groupe témoin).

<b>Session #</b>	<b># of questions (specific/total)</b>	<b>t-test</b>			<b>Experim. Group M (SD)</b>	<b>Control Group M (SD)</b>
General test on fish	12/14	t(34)=-2.420	p = .021	r = 0.38	3.19 (.32)	2.89 (.43)
Test on beef	3/17	t(37)=-2.308	p = .027	r = 0.35	5.62 (1.44)	4.58 (1.35)
Test on veal, pork and lamb	2/25	t(37)=-1.834	p = .075	r = 0.29	2.33 (.66)	1.97 (.55)
General test on meat	6/14	t(35)=-2.587	p = .014	r = 0.40	5.33 (1.06)	4.48 (.90)

**Tableau 3-2** • Différence de score au test d'apprentissage (questions spécifiques seulement) entre le groupe expérimental et le groupe témoin.

## Chapitre 4

# Partager l'expérience: l'histoire des peintres

Jean-Luc Gurtner, Alberto Cattaneo, Alessia Coppi

Comme on l'a vu aux chapitres 2 et 3, les apprenantes et apprenants ont souvent du mal à faire le lien entre ce qui est fait à l'école et ce qu'ils vivent au travail dans l'entreprise de formation. Tout est différent entre ces deux contextes: le cadre, les collègues et la possibilité ou l'impossibilité de contacter des personnes plus expérimentées pour obtenir de l'aide ou poser des questions au besoin (Resnick, 1987). Chaque lieu a son propre agenda et son programme spécifique. Rien ne garantit l'adéquation du contenu avec le sujet traité puisque, à quelques exceptions près, comme dans les professions très saisonnières, chaque entreprise peut travailler sur un sujet différent à un moment donné. Ainsi, l'information scolaire peut arriver trop tôt pour certains et trop tard pour d'autres apprenantes et apprenants de la même classe. La technologie peut-elle venir en aide? Et comment? Nous avons vu au chapitre 3 que la technologie permet de «franchir les limites» et que, si elle est correctement utilisée, elle peut aider les enseignantes et enseignants à donner un sens à ce qui est fait à l'école en faisant le lien avec ce qui est vécu en milieu professionnel. Le présent chapitre traite de la même question, mais va dans le sens inverse, en examinant si et dans quelles conditions les écoles peuvent aider les apprenantes et apprenants à faire leur travail dans l'entreprise et, par conséquent, faciliter le travail des formatrices et formateurs dans les entreprises de formation. Une histoire tirée des cours donnés par un éminent enseignant du domaine de la peinture illustre ce scénario de «franchissement des limites».

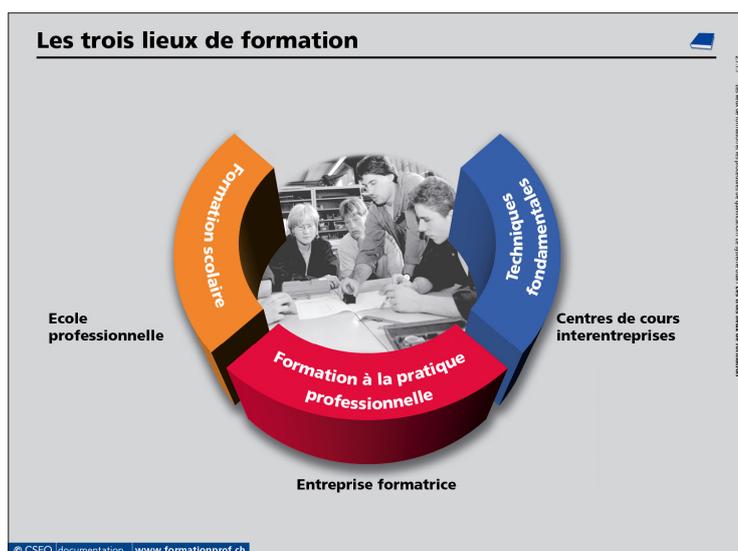
## Partenaires connectés mais parties prenantes indépendantes: la situation actuelle des partenariats dans la formation professionnelle initiale

En Suisse, le système de formation professionnelle initiale est géré et dirigé conjointement par trois partenaires, rattachés respectivement au niveau fédéral (secrétaire d'État à l'éducation, à la recherche et à l'innovation), au niveau cantonal (chaque État dispose de son propre office pour la formation professionnelle initiale) et aux différentes associations professionnelles (figure 4-1). Chaque partenaire a la triple mission de surveiller, de contrôler et d'organiser certains aspects du système, et aucun d'entre eux n'a le droit ou le pouvoir de modifier quoi que ce soit à l'intérieur du système sans l'accord des deux autres partenaires. En raison de la complexité et du coût de l'ensemble du système, de la diversité des besoins de chaque association professionnelle, mais aussi pour permettre aux différentes branches d'adapter régulièrement leurs plans de formation à l'évolution du marché du travail, les trois partenaires doivent se réunir assez fréquemment et négocier au travers de délégués divers et de nombreux comités. Ensemble, ils promeuvent des réglementations nouvelles ou actualisées, adaptent les ordonnances, mais aussi décident et attribuent les ressources financières aux différents organismes chargés de la formation proprement dite dans les différents lieux, principalement les écoles de formation professionnelle initiale et les centres dispensant des cours interentreprises. À ce niveau, les partenaires collaborent assez bien et insistent régulièrement sur l'importance de créer et de maintenir une bonne coordination entre les acteurs qui contribuent à la formation des apprenantes et apprenants, quel que soit leur lieu de formation.



**Figure 4-1** • Les trois partenaires soutenant la formation professionnelle initiale en Suisse et leurs missions respectives.  
Source: SEFRI.

Toutefois, au niveau inférieur, celui des acteurs qui contribuent régulièrement à la formation, l'école professionnelle, ainsi que les cours interentreprises et centres (voir figure 4-2) – la collaboration est plutôt exceptionnelle et correspond à des conceptions diverses et variées de la connectivité (Sappa & Aprea, 2014).



**Figure 4-2** • Les trois acteurs contribuant à la formation professionnelle initiale en Suisse (en noir) et leurs domaines de contribution (en blanc dans les formes colorées).  
Source: CSFO

Il n'est certainement pas passé inaperçu pour la lectrice ou le lecteur que dans la figure présentant les contributeurs effectifs à la formation professionnelle initiale (figure 4-2), ni les domaines ni les établissements ne sont liés, contrairement aux partenaires présentés dans la figure 4-1.

Il a été démontré que les contacts entre les enseignantes et enseignants et les formatrices et formateurs en entreprise ont lieu principalement lorsqu'un problème survient, comme la mauvaise conduite d'une apprenante ou d'un apprenant (35 % des contacts entre les enseignantes et enseignants et les formatrices et formateurs) ou des difficultés d'apprentissage importantes (39 %), alors que les projets communs (4 %) ou l'échange de matériel didactique (1 %), par exemple, n'ont presque jamais été invoqués comme motif de contact avec un autre acteur de formation (Peter, 2014). Ces contacts

passent pour la plupart par l'intermédiaire de l'administration scolaire, et non pas directement des enseignantes et enseignants aux formatrices et formateurs ou vice versa.

Par ailleurs, les contacts avec les formatrices et formateurs de cours interentreprises, qu'ils proviennent d'enseignantes et d'enseignants à l'école ou d'une formatrice ou d'un formateur en entreprise étaient encore moins fréquents, voire presque inexistantes (Peter, 2014). Introduits dans le système de formation professionnelle initiale au tournant du siècle seulement, et principalement dispensés dans un troisième lieu créé et organisé par les associations professionnelles, les cours interentreprises sont définis dans les textes officiels comme un complément à la formation pratique en entreprise et à l'acquisition des connaissances à l'école, et comme un moyen de consolider les bases de la profession. Cette définition est quelque peu ambiguë, comme on nous l'a dit à maintes reprises dans les deux autres lieux: si certains y voient une indication que les cours interentreprises n'ont qu'un caractère secondaire, d'autres se demandent si leur introduction n'est pas le signe que les associations professionnelles en sont venues à considérer que les deux autres lieux n'ont pas réussi à dispenser l'enseignement nécessaire aux apprenantes et apprenants dans ce domaine. Comme l'indique un récent rapport du ministère de l'Éducation du canton de Zurich, cela pourrait conduire à des «frictions dans la délimitation des contenus respectifs à transmettre» (Zürich, B. K., 2018, p. 99). En outre, les questions de calendrier et de financement ne favorisent pas la confiance mutuelle; par exemple, la participation des apprenantes et apprenants aux cours interentreprises à un moment donné du semestre est obligatoire, quelle que soit la pression qui a cours au même moment à l'entreprise ou l'école. Les entreprises de formation contribuent directement au financement des cours interentreprises, mais aussi indirectement, par le biais de leurs cotisations à l'association professionnelle et parce qu'elles doivent assurer le paiement des salaires des apprenantes et apprenants même lorsqu'ils suivent ces cours et qu'ils ne sont donc pas productifs pour l'entreprise. En outre, les formatrices et formateurs des cours interentreprises peuvent être des professionnelles et professionnels moins expérimentés que les formatrices et formateurs de l'entreprise formatrice ou d'anciens collègues qui ont eux-mêmes cessé de diriger une entreprise. À l'inverse, les associations professionnelles se plaignent souvent du fait que les écoles de formation professionnelle initiale ne leur accordent pas suffisamment de temps libre pour dispenser les cours interentreprises avec une interférence minimale dans les examens scolaires ou leur préparation, ou pendant les périodes de vacances (Zürich, 2018). Tous ces intérêts contradictoires tendent à introduire méfiance, défiance et jalousie entre les différents acteurs, comme nous l'avons parfois entendu lors de nos visites régulières dans les entreprises, les écoles de formation professionnelle initiale et les centres professionnels.

Sur le plan vertical, le réseau autour de chaque acteur n'est pas beaucoup plus étroit; une fois qu'elles ont reçu l'autorisation de leur canton de servir d'entreprise de formation, les entreprises ont la possibilité de choisir qui elles veulent comme apprenantes et apprenants et d'organiser librement le programme de formation. Le plan de formation a été défini par l'association professionnelle en fonction des compétences à acquérir sur le lieu de travail, mais pas en fonction du calendrier – quand travailler à l'acquisition de telle compétence – ni en fonction de l'importance – combien de temps les apprenantes et apprenants doivent consacrer à l'acquisition de telle compétence. L'adhésion à une association professionnelle n'est pas obligatoire et de nombreux professionnels la jugent inutile. Dans la plupart des entreprises, les apprenantes et apprenants sont principalement encadrés de très près par la collaboratrice ou le collaborateur avec lequel ils travaillent parce qu'ils partagent le même bureau, les mêmes machines ou le même secteur professionnel. Leurs véritables responsables occupent généralement un autre bureau ou un autre secteur de l'entreprise et, parfois, les contacts avec cet apprenant sont minimes. Parfois, ils ont une autre formation ou même une autre profession, comme c'est souvent le cas, par exemple, dans les secteurs de la santé ou de l'alimentation. Par exemple, le véritable patron d'une vendeuse ou d'un vendeur dans une boulangerie typique est généralement le propriétaire de la boulangerie, un boulanger travaillant activement en coulisses, tandis que la personne accompagnant l'apprenante ou l'apprenant dans le magasin est l'épouse du boulanger.

Dans une école de formation professionnelle initiale type, le nombre d'enseignantes et d'enseignants d'une même spécialité varie généralement entre un et trois selon la profession. Leurs liens avec la direction de l'école sont assez vagues. Comme des professions très différentes sont regroupées dans une même section de l'école, les contacts avec la directrice ou le directeur de chaque section – appelé doyenne ou doyen – sont maintenus à un niveau minimum et sont plutôt organisationnels et non pédagogiques. Cette diversité des antécédents des parties prenantes ainsi que la complexité de la configuration conduisent la plupart des écoles de formation professionnelle initiale à contrôler les enseignantes et enseignants sur les questions administratives, mais pas sur le contenu ou les méthodes à utiliser dans l'enseignement. Il n'est donc pas faux de prétendre que les enseignantes et enseignants de la formation professionnelle initiale sont assez indépendants et qu'ils aiment qu'il en soit ainsi. Bien entendu, aucune de ces observations ne doit être interprétée comme une critique du système. Elles ne sont que le résultat d'observations répétées de la situation de la plupart des professions et des écoles de formation professionnelle initiale, situation qui est apparue en raison de la complexité de l'organisation du marché du travail et du système dual de formation.

Malgré la grande complexité du réseau autour de chaque apprenante ou apprenant et des efforts déployés par les organisations qui gèrent le système (les partenaires) pour une collaboration fructueuse, les parties prenantes qui contribuent effectivement à ce réseau restent assez peu interconnectées et se sentent principalement indépendantes les unes des autres. Chacun a son agenda, ses priorités, son programme et ses activités à proposer à l'apprenante ou l'apprenant. Et même si les programmes d'études précisent clairement ce qu'il convient d'enseigner et de pratiquer à l'école, dans les cours interentreprises ou sur le lieu de travail, la collaboration n'est nulle part sollicitée ni réellement attendue. L'étude de Peter (2014) montre, par exemple, que si la majorité des formatrices et formateurs en entreprise accueillent favorablement les activités scolaires exigeant qu'une partie du travail soit effectuée dans l'entreprise, une majorité équivalente d'entre eux considèrent que ces activités doivent rester peu fréquentes et ne nécessiter aucun investissement de temps, d'attention ou d'effort de la part de la formatrice ou du formateur en entreprise. Les apprenantes et apprenants sont également ambivalents au sujet de ces relations. S'ils considèrent généralement que ce qu'on leur enseigne dans les différents lieux est très déconnecté et qu'ils souhaitent davantage d'interactions dans leur programme, ils ne sont pas sûrs d'apprécier que leurs différents «formateurs ou formatrices» échangent davantage sur leurs performances et leurs attitudes dans les différents lieux d'apprentissage. Cela n'a pas beaucoup changé par rapport à une étude menée en 2011 où les apprenantes et apprenants s'identifiaient clairement comme des personnes «pratiques» (Taylor & Freeman, 2011), et où une logique axée sur la productivité typique de l'entreprise prévaut sur la logique axée sur l'apprentissage qui caractérise l'école (Illeris, 2011). Dans une enquête que nous avons menée dans le cadre du projet, par exemple, nous avons interrogé les parties prenantes sur la possibilité de montrer aux enseignantes et enseignants de l'école la documentation d'apprentissage et de performance des apprenantes et apprenants, une documentation obligatoire qui doit être remplie et corrigée dans l'entreprise. Nous avons constaté que les apprenantes et apprenants étaient nettement moins enclins que leurs formatrices et formateurs en entreprise ou que leurs enseignantes et enseignants de l'école à ouvrir l'accès à leur documentation à ces derniers. Les enseignantes et enseignants de l'école se sont dits ravis de consulter cette documentation pour voir ce que faisaient les apprenantes et apprenants dans leurs entreprises respectives, mais ont été moins disposés que tout autre acteur concerné à commenter ou corriger les entrées des apprenantes et apprenants dans ces documents (Caruso et al., 2020). Pour résumer, c'est un peu comme si chaque formatrice ou formateur voulait voir ce qui est fait ailleurs mais n'était pas prêt à investir du temps et des efforts au-delà de ses responsabilités, simplement pour faciliter la tâche d'un autre formateur ou formatrice, ou pour la rendre plus productive, ce que l'on appelle parfois le principe «peep in but not chip in» (regarder sans s'investir) (Gurtner, 2021). Selon nous, cette forte «indépendance» des différentes parties prenantes laisse aux apprenantes et apprenants la tâche difficile de regrouper ce qu'ils apprennent dans les différents lieux d'apprentissage, un travail qui pourrait bien constituer un véritable défi, comme nous le savons déjà grâce à la vaste littérature qui oppose apprentissage informel et apprentissage formel. C'est pourquoi nous avons décidé d'explorer comment les technologies de l'apprentissage

pourraient stimuler la collaboration entre les différentes parties prenantes de la formation professionnelle initiale et aider ainsi les apprenantes et apprenants à «voir» plus clairement les liens entre ce qu'ils apprennent à l'école et dans leur entreprise. Nous avons pensé que cette collaboration serait d'autant plus facile à mettre en place que, comme nous l'avons vu au chapitre 1, la plupart des enseignantes et enseignants des écoles de formation professionnelle initiale et des formatrices et formateurs en entreprise ont été ou sont encore des professionnels.

### **Tirer parti des technologies pour favoriser la collaboration entre parties prenantes des différents lieux d'apprentissage**

Comme nous l'avons déjà présenté au chapitre 2, l'Erfahrraum est un espace virtuel où l'expérience d'une apprenante ou d'un apprenant en un lieu, généralement l'entreprise, peut être décontextualisée et transformée en une forme plus abstraite, élaborée et réfléchie; c'est aussi un espace auquel les enseignantes et enseignants et les formatrices et formateurs en entreprise peuvent accéder sans être physiquement présents. Mais le contenu présent dans les plateformes développées jusqu'à présent dans le projet (voir chapitre 3), comme LearnDoc pour les boulangères et boulangers ou e-Dap pour les cuisinières et cuisiniers, a été inséré par une apprenante ou un apprenant, les enseignantes et enseignants et les formatrices et formateurs en entreprise ayant la possibilité de le consulter et éventuellement d'y réagir, sans fournir leur propre contenu ou déclencher des réactions de l'apprenante ou de l'apprenant à leur propre apport.

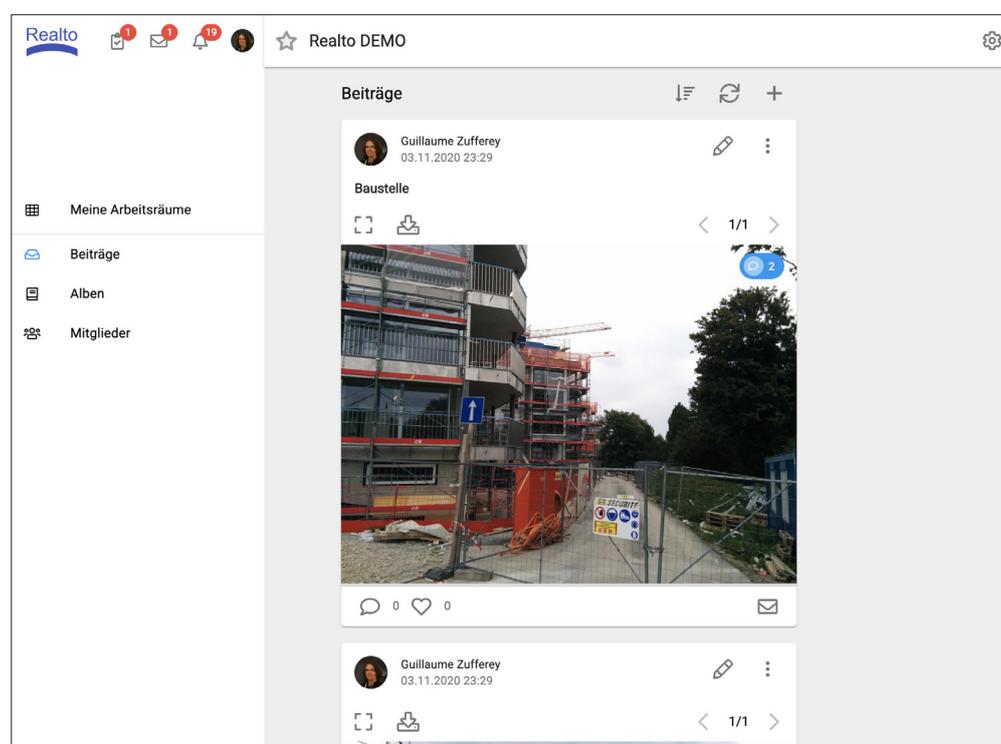
C'est pourquoi nous avons décidé de concevoir une nouvelle plateforme sur laquelle les enseignants et enseignantes et les formatrices et formateurs en entreprise pourraient déposer des contenus, pas seulement les apprenantes et apprenants, c'est-à-dire une plateforme qui permet de transmettre facilement d'un endroit à l'autre tout contenu qu'une partie prenante souhaite rendre accessible à une autre de ses utilisatrices ou utilisateurs. La métaphore d'une passerelle est immédiatement venue à l'esprit, avec sa double fonction de connecteur et de raccourci entre deux endroits. Sur la base de l'expérience passée, nous savions qu'il ne pouvait s'agir d'une passerelle ouverte, comme le Golden Gate ou le Pont d'Avignon, car le contenu à transférer sur cette passerelle peut parfois être sensible. Tous les formateurs et formatrices en entreprise n'acceptent pas que des personnes d'autres entreprises puissent voir le type de travail effectué dans leur propre entreprise, pas plus que chaque enseignante ou enseignant n'est disposé à partager son matériel avec des enseignantes et enseignants d'autres écoles. Nous nous sommes souvenus que dans d'autres pays, comme l'Italie, les célèbres ponts ont souvent des murs et un toit, facilitant le transport des marchandises d'un endroit à un autre tout en empêchant les gens alentour de voir le contenu effectivement transféré. C'est particulièrement le cas pour le Rialto, le célèbre pont vénitien. Nous avons donc décidé de nommer cette nouvelle plateforme Realto, un nom qui ressemble suffisamment à celui du célèbre pont sans lui être totalement identique. De plus, le terme «Realto» renvoie implicitement aux expériences «réelles» que nous voulions mettre au cœur des apprentissages, et, par la présence d'un «e» caractéristique du nom de tout environnement électronique, devrait pointer l'attention du lectorat vers le recours aux technologies d'apprentissage.

Faisant partie de la famille des plateformes développées précédemment, Realto offre encore aux apprenantes et apprenants un moyen simple de télécharger du matériel capturé sur le lieu de travail (par ex. photos, films, notes), de le développer d'une manière ou d'une autre et de le présenter sous différentes formes et degrés de réflexion à la formatrice ou au formateur sur le lieu de travail ou à l'enseignante ou enseignant à l'école. Ces formulaires peuvent aller de simples messages à des documents complets tels que de la documentation pédagogique. En raison du caractère sensible de certains de ces documents (c'est-à-dire pour les conserver de la même manière qu'un pont «sûr»), l'accessibilité à la plateforme a dû être restreinte de plusieurs façons, comme c'était le cas pour les plateformes développées précédemment. Grâce à une procédure de connexion et d'invitation, qui garantit que seules les personnes autorisées peuvent voir le contenu téléchargé, Realto offre également la possibilité de paramétrer et de modifier manuellement l'accès aux différentes sections. Mais le respect de la vie privée n'a évidemment pas suffi à encourager les enseignantes et enseignants et les forma-

trices et formateurs en entreprise à partager des informations sur la plateforme. Dans sa thèse de doctorat, Nicole Furlan (2017) a constaté, par exemple, que le retour d'information sur la documentation pédagogique des apprenantes et apprenants par leurs formatrices et formateurs en entreprise n'était pas plus fréquent avec Realto qu'avec un format manuscrit plus traditionnel (bien que cela diffère quelque peu d'autres expériences, comme celles des cheffes et chefs – voir chapitre 3). Deux autres aspects sont toutefois plus encourageants: le délai entre la publication d'un document d'apprentissage sur la plateforme et la réception des retours a été raccourci avec Realto, et l'exhaustivité de ces retours (évaluée en nombre de mots) a été plus élevée que lorsque les retours étaient fournis uniquement par voie manuscrite.

Si l'absence d'effet sur la fréquence des réactions ainsi que l'effet sur la rapidité de la réponse correspondent parfaitement à ce que l'on sait déjà des pratiques des réseaux sociaux et d'autres plateformes (voir chapitre 3 pour des résultats similaires avec la plateforme des cheffes et chefs), l'impact de Realto sur l'exhaustivité du retour d'information a été plus inattendu et nous a incités à conserver et à améliorer le système.

Une fonction de *notification* a ensuite été ajoutée, permettant aux utilisatrices et utilisateurs de faire savoir aux «bonnes» personnes qu'ils attendent un retour de leur part. La première idée d'une telle fonction était un e-mail ou un message sur le téléphone du destinataire. Mais les réactions à cette idée ont été ambivalentes, tout le monde n'a pas apprécié d'être alerté de cette manière alors que, pour d'autres, il s'agissait d'un bon rappel et d'un indicateur utile du travail accompli par leur apprenante ou apprenant. À l'instar d'autres réseaux sociaux, nous avons opté pour des versions moins intrusives de cette fonction de notification – sous la forme d'un drapeau rouge flottant dans la liste des destinataires sur l'écran d'ouverture de Realto, complété ou non par le nom de la personne sollicitant une réaction (voir figure 4-3) – et la possibilité pour le destinataire de décider de la fréquence à laquelle il accepterait de recevoir de telles notifications en fonction du type de réaction attendue.



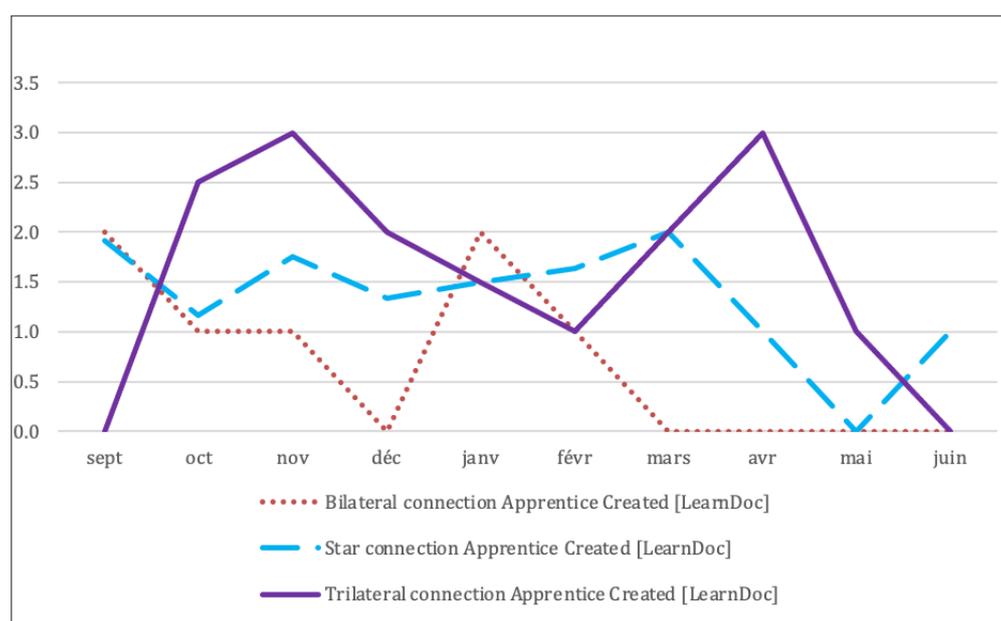
**Figure 4-3** • Capture d'écran de Realto montrant à côté du logo Realto la liste des choses à faire, avec des points rouges indiquant les notifications reçues ainsi que les personnes du réseau qui les ont envoyées.

Mais l'expérience ne prévoit pas la possibilité pour les formatrices et formateurs en entreprise de voir ce que les apprenantes et apprenants ont fait ou font actuellement à l'école. Pour que les échanges se fassent dans les deux sens – et pas seulement à travers ce que les apprenantes et apprenants peuvent dire ou transmettre à l'entreprise – nous avons décidé de proposer différentes solutions permettant aux formatrices et formateurs en entreprise d'être informés du travail effectué à l'école, voire d'y être impliqués. Pour cela, nous avons permis au corps enseignant d'insérer directement sur la plateforme, dans les espaces de travail de la classe, non seulement des documents et des photos, mais aussi des activités complètes à réaliser par les apprenantes et apprenants en dehors de l'environnement physique de l'école. Nous nous attendions naïvement à ce que les apprenantes et apprenants accomplissent ensuite leur tâche scolaire en milieu professionnel, leurs formatrices et formateurs en entreprise surveillant chaque apprenante ou apprenant, et qu'ils soient ainsi régulièrement informés de ce sur quoi les apprenantes et apprenants et le corps enseignant travaillent actuellement à l'école. D'après une enquête, nous avons cependant appris que la plupart des apprenantes et apprenants accèdent à Realto plus souvent depuis leur domicile que depuis leur lieu de travail, une constatation générale qui varie un peu d'une profession à l'autre et d'un lieu de travail à l'autre (Caruso et al., 2020).

Une autre idée était de mettre les formatrices et formateurs en entreprise directement en contact avec le corps enseignant par le biais d'un e-mail d'invitation pour les intégrer dans l'espace de travail de la classe. Cela s'est avéré une mauvaise idée, car cela a entraîné une avalanche de notifications qui a rapidement submergé les formatrices et formateurs en entreprise. Les formatrices et formateurs en entreprise ont été informés non seulement de l'activité de leurs propres apprenantes et apprenants, mais aussi de l'activité de tous les participants et participantes au même espace de travail de classe – enseignantes et enseignants, apprenantes et apprenants et formatrices et formateurs en entreprise – ce qui a conduit la plupart des formatrices et formateurs en entreprise à refuser les invitations et à ignorer les notifications. Nous avons pensé qu'une solution possible à ce problème pourrait être de filtrer les messages et de les limiter à ceux qui concernent une apprenante ou un apprenant donné, mais il s'est vite avéré impossible de séparer ces messages de ceux qui, sans s'adresser spécifiquement à une apprenante ou un apprenant, pouvaient être utiles et pertinents pour la formatrice ou le formateur en question. Ainsi, filtrer l'information sur cette base aurait été soit trop restrictif, soit trop ouvert pour rester raisonnable. Afin d'atténuer ce risque et de rendre l'outil adaptable aux différentes sensibilités de ses utilisatrices et utilisateurs, les fonctions de notification de nos plateformes offrent de nombreuses options, permettant de les paramétrer en fonction des préférences de chaque utilisatrice ou utilisateur. Nos données révèlent également que certains groupes d'utilisatrices et d'utilisateurs ont inventé des moyens originaux de contourner ces difficultés, manifestant leur volonté de «boucler la boucle» et d'ouvrir des voies de communication entre corps enseignant et formatrices et formateurs en entreprise même quand «tout va bien»(!); dans certains cas, nous avons vu des enseignantes et enseignants donner aux formatrices et formateurs en entreprise de leurs apprenantes et apprenants «communs» l'accès à leur propre dossier des tâches préparées pour les étudiantes et étudiants; dans d'autres cas, nous avons vu des enseignantes et enseignants créer des espaces de travail parallèles permettant de transmettre aux formatrices et formateurs en entreprise des informations sur le travail effectué à l'école et d'accueillir leurs réactions. Certes, ces solutions peuvent apparaître comme une restriction à la philosophie «ouverte» voulue par la plateforme Realto, mais elles ne sont en même temps que le résultat de décisions pragmatiques visant à informer régulièrement les formatrices et formateurs en entreprise de ce qui est fait à l'école. Ces voies alternatives de communication permettent également au corps enseignant d'informer les formatrices et formateurs en entreprise de toute aide qu'ils pourraient souhaiter, en orientant leurs apprenantes et apprenants «communs» vers le matériel approprié, en les aidant à réaliser des activités ou en leur faisant expérimenter au travail une compétence donnée, comme c'est le cas de la plateforme des cheffes et chefs présentée au chapitre 3. L'exemple développé ci-dessous pour les peintres montre que certains enseignants et enseignantes utilisent directement l'espace de travail en classe pour informer les formatrices et formateurs en entreprise sur de nouveaux développements ou réglementations dont ils pourraient ne pas avoir connaissance, par exemple dans le domaine de la sécurité au travail, des

prescriptions sanitaires ou des nouveaux produits développés par des laboratoires de pointe. À l'inverse, les formatrices et formateurs en entreprise peuvent également profiter de ces voies de communication pour demander au corps enseignant de l'école ou aux formatrices et formateurs de cours interentreprises d'apporter davantage d'explications sur un phénomène, un principe ou une technique que les apprenantes et apprenants devraient mieux comprendre pour être plus efficaces au travail.

Une autre façon de stimuler l'interactivité sur la plateforme a été d'agir sur le dispositif de formation adopté pour préparer les différentes parties prenantes à l'utilisation de Realto. Dans une étude menée par Felder (Cattaneo et al., 2021), la formation conjointe des trois parties prenantes (c'est-à-dire la participation conjointe du corps enseignant, des apprenantes et apprenants et de leurs formatrices et formateurs en entreprise aux mêmes sessions de formation) a eu un impact à long terme sur l'activité des apprenantes et apprenants sur la plateforme tout au long de l'année scolaire, alors que leur formation séparée a entraîné une baisse régulière du taux d'activité en termes de productivité. Nous supposons que le fait de s'entraîner ensemble a donné aux différentes parties prenantes le sentiment d'être impliquées dans une équipe, ce qui les a amenées à agir comme soutiens réciproques lorsque la motivation ou le temps disponible diminuaient.



**Figure 4-4** - Nombre moyen de documents d'apprentissage postés par les apprenantes et apprenants chaque mois en relation avec le type d'interaction établi sur Realto.

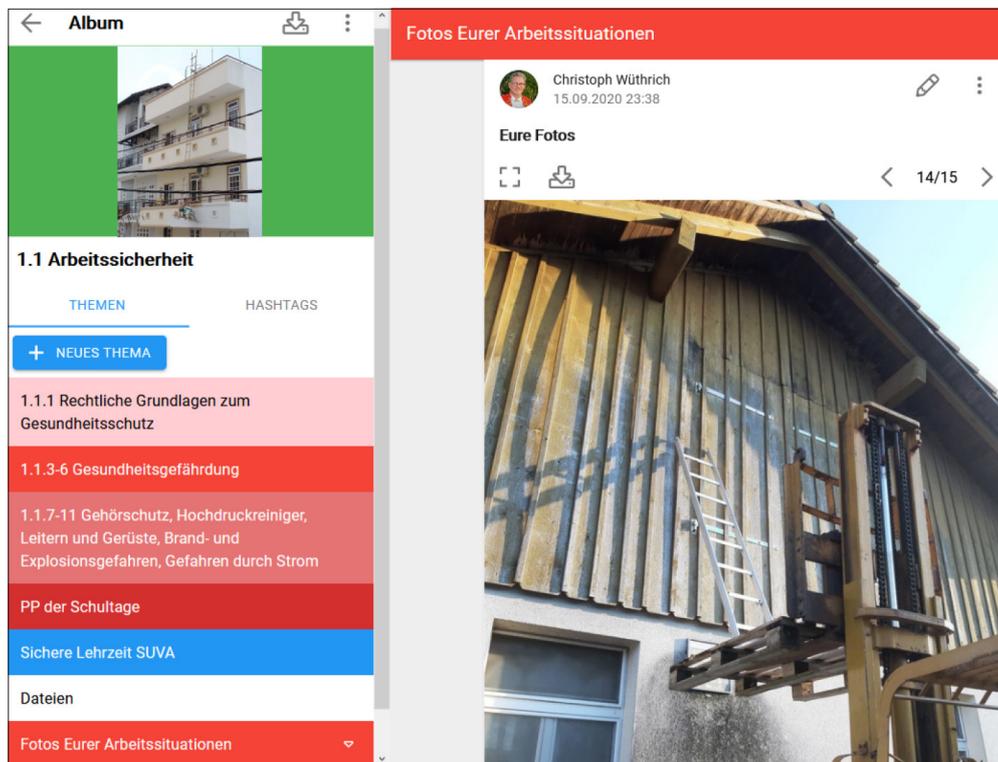
L'importance de la constitution d'une équipe comme moyen d'accroître l'activité des apprenantes et apprenants est également évidente à la figure 4-4. Nous y avons comparé le nombre moyen de documents d'apprentissage produits chaque mois d'une année scolaire complète par trois groupes d'apprenantes et d'apprenants, en fonction des types de connexions activées sur Realto; nous avons distingué les apprenantes et apprenants qui n'avaient d'interactions qu'avec leurs enseignantes et enseignants (interactions en étoile, invitation reçue de leur enseignante ou enseignant avec la formatrice ou le formateur de l'entreprise de formation non impliqué), ceux qui avaient été invités à Realto par leurs formatrices et formateurs de l'entreprise de formation, mais sans la participation de leurs enseignantes et enseignants (interactions bilatérales; c'est généralement le cas pour les apprenantes et apprenants dont les formatrices et formateurs de l'entreprise ont réagi positivement à une invitation de leur association professionnelle), et ceux qui avaient des interactions ouvertes avec les deux, l'enseignante ou l'enseignant et la formatrice ou le formateur étant également directement en contact (interactions trilatérales). Bien que la mise en place et l'efficacité de ce dernier système aient pris un peu plus de temps (voir positions en septembre), cette interaction trilatérale (ligne continue) a clairement permis d'obtenir une productivité

plus élevée et plus soutenue (mesurée en nombre moyen de documents d'apprentissage postés chaque mois par l'apprenante ou l'apprenant) par rapport aux deux autres modes d'interaction.

### Comment les peintres utilisent Realto comme outil de connexion entre les lieux d'apprentissage

Dans le secteur de la peinture, la plupart des entreprises travaillent à la demande des clientes et clients dans des maisons privées, mais aussi à l'intérieur et à l'extérieur de grands bâtiments souvent encore en construction. Les questions de sécurité y revêtent une grande importance et le domaine intitulé «Sécurité au travail, santé et protection de l'environnement» est aujourd'hui l'un des quatre domaines de compétences autour desquels s'articule le plan d'apprentissage. Bien que la sécurité des employés et employés relève de la compétence de l'entreprise avec laquelle ils sont sous contrat, de nombreuses entreprises de la branche se heurtent à ce problème pour différentes raisons. Le nombre et la complexité linguistique des lois, ordonnances et règlements traitant du sujet augmentent régulièrement et le suivi de ces prescriptions est souvent hors de portée de la plupart des formatrices et formateurs. De plus, plus de 95 % des entreprises de la branche emploient moins de 20 personnes, qui préfèrent toutes aller peindre plutôt que suivre des cours sur cette nouvelle réglementation. En outre, il est bien connu que les jeunes n'ont pas la même appréciation des dangers et des risques que les personnes plus expérimentées (Breslin et al. 2007). Les formatrices et formateurs se réjouissent donc que les écoles de formation professionnelle initiale et les cours interentreprises participent à la formation des apprenantes et apprenants sur ces questions.

Christoph Wüthrich, enseignant à l'école de formation professionnelle initiale de Wetzwil, qui utilise Realto quotidiennement dans ses cours, a profité de l'occasion pour enseigner la sécurité et la prévention aux peintres en formation. Afin d'enrichir son enseignement des lois, réglementations et prescriptions par des exemples tirés du terrain, il demande aux apprenantes et apprenants de fournir des photos de différentes situations de travail et d'en discuter avec eux, en mettant l'accent sur les dangers et les risques qu'elles comportent et en les confrontant avec les différentes lois, réglementations et prescriptions relatives à la sécurité au travail établies au niveau fédéral ou cantonal (en rose sur la figure 4-5). Il complète également ces discussions par une série de brochures et de livrets fournis par l'association professionnelle ou d'autres institutions, résumant les mesures appropriées pour gérer en toute sécurité les situations à risque typiques ou présentant les meilleures pratiques dans de telles situations (en bleu sur la figure 4-5). Enfin, il met sur la plateforme les présentations PowerPoint qu'il a utilisées en classe (en rouge foncé sur la figure 4-5). Selon Wüthrich, les présentations du corps enseignant, ainsi que les brochures et dépliants qu'il insère sur la plateforme, s'adressent aux apprenantes et apprenants mais aussi, ce qui est intéressant, aux formatrices et formateurs de l'entreprise de formation, afin qu'ils prennent conscience de ce qui a été présenté aux apprenantes et apprenants à l'école et, en même temps, de toute nouvelle loi, réglementation ou prescription introduite par les autorités politiques en matière de sécurité au travail ou de prévention des risques. Il s'agit de changements que les professionnelles et professionnels ont souvent du mal à connaître et à adopter dans leur pratique quotidienne.

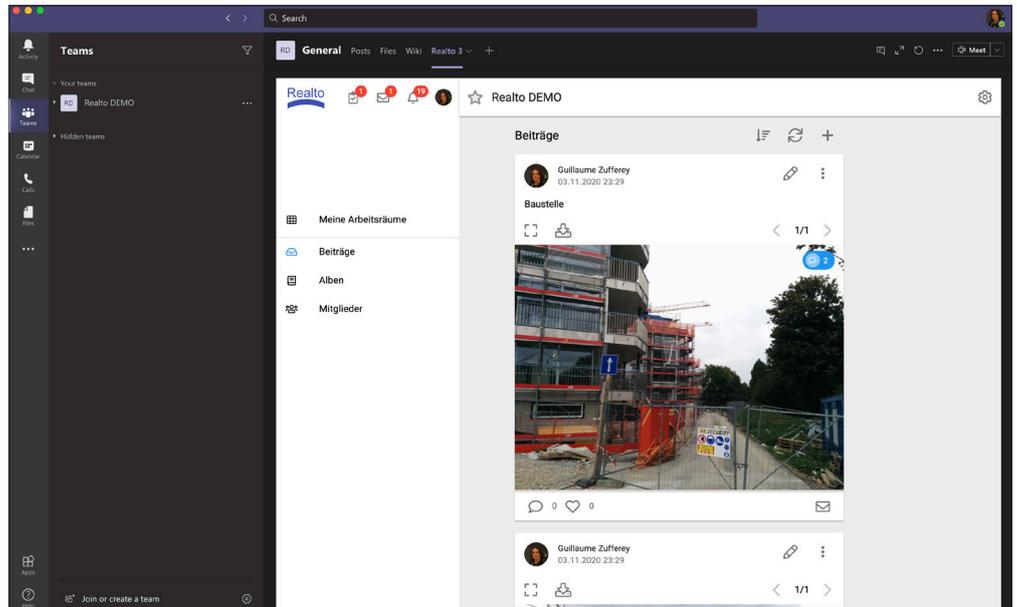


**Figure 4-5** - Capture d'écran d'une activité menée en classe par Christoph Wüthrich sur le thème de la sécurité au travail.

Des activités comme celle-ci permettent aux apprenantes et apprenants de mieux comprendre les risques et les dangers auxquels ils peuvent être confrontés dans le cadre de leur activité professionnelle, une compétence très appréciée des formatrices et formateurs et des propriétaires d'entreprises de formation. Certains d'entre eux consultent même leurs apprenantes et apprenants sur ce qu'il faut faire dans des situations délicates ou les désignent comme «expertes et experts en sécurité d'entreprise» en cas de contrôles potentiels effectués par des inspectrices et inspecteurs du travail.

## Et alors?

L'objectif ultime de Realto est de donner aux parties prenantes de la formation professionnelle initiale un moyen facile de rester en contact régulier et de s'informer, éventuellement en temps réel, des efforts déployés ailleurs pour former leurs apprenantes et apprenants «communs». Il s'agit là d'un défi, car il exige la participation et l'engagement de nombreuses personnes ayant des priorités et des besoins différents. L'exemple de Christoph Wüthrich montre que la collaboration est possible et même appréciée lorsque les partenaires comprennent et apprécient l'aide qu'une autre partie prenante peut apporter non seulement à la formation de l'apprenante ou apprenant, mais aussi à eux-mêmes dans l'exercice de leurs activités.



**Figure 4-6** - Capture d'écran d'une activité intégrant Realto (en blanc) avec une session MS Teams (en noir). Un simple bouton ajouté à MS Teams (Realto 3, en haut au milieu de l'écran) permet de passer facilement de MS Teams à Realto.

Contrairement à l'e-Dap (chapitre 3), qui a été adapté aux besoins d'une profession spécifique, Realto est facilement transférable aux besoins d'un large éventail de professions. Il est actuellement utilisé régulièrement dans 10 professions différentes par environ 1500 apprenantes et apprenants, 250 enseignantes et enseignants et 250 professionnelles et professionnels à travers le pays. En outre, les questions de sécurité et de prévention des risques sont des thèmes essentiels pour de nombreuses professions, et le travail pionnier de Wüthrich pourrait servir de base à de nombreux programmes de formation et professionnelles et professionnels dans différents domaines. Le chapitre 5 présente une autre évolution de Realto, qui vise à soutenir une autre pratique didactique courante, à savoir l'annotation de photos et de vidéos prises sur le lieu de travail ou à partir de revues ou d'Internet, afin d'attirer l'attention des apprenantes et apprenants et de leur faire adopter une vision professionnelle ou d'apprendre les codes, les marques et les symboles qui constituent le langage visuel de toute profession.

En ce qui concerne le partage de l'information et l'accessibilité des contributions multilatérales au-delà des frontières, Realto n'est évidemment pas unique et pourrait facilement être remplacé par d'autres plateformes de communication, telles que MS Teams ou Moodle. Récemment, les écoles de formation professionnelle initiale ont commencé à adopter largement MS Teams. C'est pourquoi il a été décidé de permettre l'accès direct à Realto par le biais de MS Teams (figure 4-6). Pour aider les enseignantes et enseignants de formation professionnelle initiale qui pourraient être plus à l'aise avec d'autres technologies, nous avons créé un site web appelé [eduscenarios.ch](http://eduscenarios.ch). Ce site contient 14 descriptions étape par étape d'activités d'apprentissage conformes à l'Erfahrungsraum que les enseignantes et enseignants peuvent adapter à leurs élèves, ainsi que des conseils sur l'utilisation de différentes technologies (notamment MS Teams et Realto) pour soutenir ces activités. Notre objectif est de fournir des ressources qui permettent aux enseignantes et enseignants de combler facilement l'écart entre l'entreprise et l'école en mettant en place des activités conformes à l'Erfahrungsraum dans leurs classes.

## Chapitre 5

# Annoter l'expérience: l'histoire des stylistes et son prolongement à d'autres professions

Alberto Cattaneo, Jean-Luc Gurtner, Valentina Caruso, Alessia Coppi

Les chapitres précédents montrent l'importance des images dans les systèmes de communication des différentes professions, ainsi que leur potentiel pour la formation des apprenantes et apprenants sur le terrain. Mais comme nous l'avons entendu de différentes professions, les enseignantes et enseignants de la formation professionnelle initiale ne sont pas seulement ravis de travailler «avec» des images, ils aiment aussi travailler «sur» des images. Ce chapitre examine comment les technologies de l'apprentissage peuvent les aider à aller plus loin dans cette direction et comment les enseignantes et enseignants de différentes professions peuvent utiliser des annotations, des étiquettes ou des contrastes pour favoriser les visions professionnelles spécifiques des apprenantes et apprenants.

Nous savons à quel point l'information visuelle est importante pour les êtres humains. En outre, d'un point de vue psychophysiologique, environ 50 % des ressources du cerveau sont consacrées en moyenne à la sélection, à l'élaboration et à l'interprétation constantes de l'information visuelle. En plus de cela, nous vivons tous dans une société basée sur l'image. Nous sommes entourés d'images, qu'elles soient statiques ou dynamiques. De nombreux réseaux sociaux se spécialisent dans le partage d'images – Flickr, Picasa Pinterest, Instagram. Des plateformes comme YouTube apparaissent constamment sur le podium du site Internet le plus consulté et la plupart de nos outils de communication quotidiens, WhatsApp par exemple, nous permettent de modifier et d'interagir avec les images.

Dans les chapitres précédents, nous avons observé comment les enseignantes et enseignants utilisaient ces types d'images avec des cheffes et chefs, des boulangères et boulangers et des peintres et en discutaient avec leurs apprenantes et apprenants, ce qui les incitait à rechercher des similitudes et des différences dans les pratiques de travail, à comparer les procédés et à détecter les qualités et les défauts des produits. Nous avons souvent remarqué qu'une image qui peut sembler insignifiante pour une personne non experte comportait souvent plusieurs détails intéressants et significatifs pour une professionnelle ou un professionnel. Les enseignantes et enseignants peuvent mettre ces détails en évidence et attirer l'attention des apprenantes et apprenants sur ces derniers, favorisant ainsi une approche professionnelle des images.

Nous avons également vu que, dans plusieurs cas, les enseignantes et enseignants ont choisi de travailler davantage sur les images, par exemple en collant des images à commenter dans une présentation PowerPoint afin d'y ajouter des étiquettes, des repères, des notes ou d'autres indications, et en créant une sorte de résumé visuel de l'information technique à apprendre. Dans le langage de l'Erfahrraum, les artefacts bruts sont «augmentés» par l'ajout de couches successives d'information, par exemple en focalisant l'attention sur l'information pertinente ou en intégrant les commentaires et l'analyse des membres de la communauté, ou en ajoutant des éléments de connaissances théoriques à des expériences pratiques à la suite d'une discussion organisée par l'enseignante ou l'enseignant.

Ces deux considérations générales nous ont amenés à approfondir deux thèmes différents, l'un ayant trait à la façon dont se déroule l'observation (vision professionnelle) et l'autre à l'amélioration des capacités d'observation (annotation).

### L'observation en tant que pratique professionnelle

En 1994, Charles Goodwin publie un article intitulé «Professional vision» (Vision professionnelle). Il s'est référé à la façon dont les professionnelles et professionnels développent des pratiques visuelles spécifiques au métier qu'ils exercent. La vision professionnelle fait référence à des «façons socialement organisées de voir et de comprendre

les événements qui répondent à l'intérêt particulier d'un groupe particulier» («socially organised ways of seeing and understanding events that are answerable to the distinctive interest of a particular group», Goodwin, 1994, p. 606). Autrement dit, les pratiques visuelles – y compris les actions telles que le codage, la mise en valeur et la production de matériel visuel relié à la pratique – sont contextuelles et propres à la profession. Valentina Caruso et Alessia Coppi, deux collaboratrices qui ont développé des doctorats sur le sujet dans le cadre du projet Dual-T, ont documenté ces définitions dans leur thèse (Caruso, 2017; Coppi, 2021). Elles ont adopté la définition de Goodwin pour étudier comment l'observation s'effectue au sein d'une communauté professionnelle, et ont tenu compte d'une vaste littérature appliquant un concept similaire à la formation des enseignantes et enseignants. Dans ce cas, des chercheuses et chercheurs ont parlé de «remarquer» (p. ex. Seidel & Stürmer, 2014; Sherin et al., 2011; Stürmer, et al., 2013; van Es et al., 2017), c'est-à-dire d'une compétence à double sens, combinant à la fois la capacité d'identifier et de discerner les détails pertinents d'un phénomène observé en orientant son attention sur celui-ci, et la capacité d'établir des liens entre les éléments observés et ses connaissances pour pouvoir raisonner de manière significative sur ce qui est observé et décider en conséquence comment réagir. Nous insistons sur ces prémisses en raison de leur lien avec notre modèle pédagogique – et avec nos activités de recherche connexes. En effet, ce que nous reconnaissons ici est une sorte d'activité tripartite, car il faut un référent objectif (collecter: visualisation), il faut l'identifier explicitement (préparer: perception et description), puis il faut en déduire une explication et des prédictions (exploiter: réflexion (cognitivement et socialement déterminée)). Nous reconnaissons ces trois éléments dans les exemples que nous présentons dans ce chapitre.

Commençons par notre histoire. Nous examinerons d'abord le cas des stylistes, comment ils observent et ce qu'ils observent. Ensuite, nous examinerons les moyens pédagogiques que nous avons utilisés pour apprendre aux apprenantes et apprenants stylistes à observer conformément à notre modèle.

### **En quoi l'observation des expertes et experts et des novices diffère-t-elle dans la formation professionnelle initiale?**

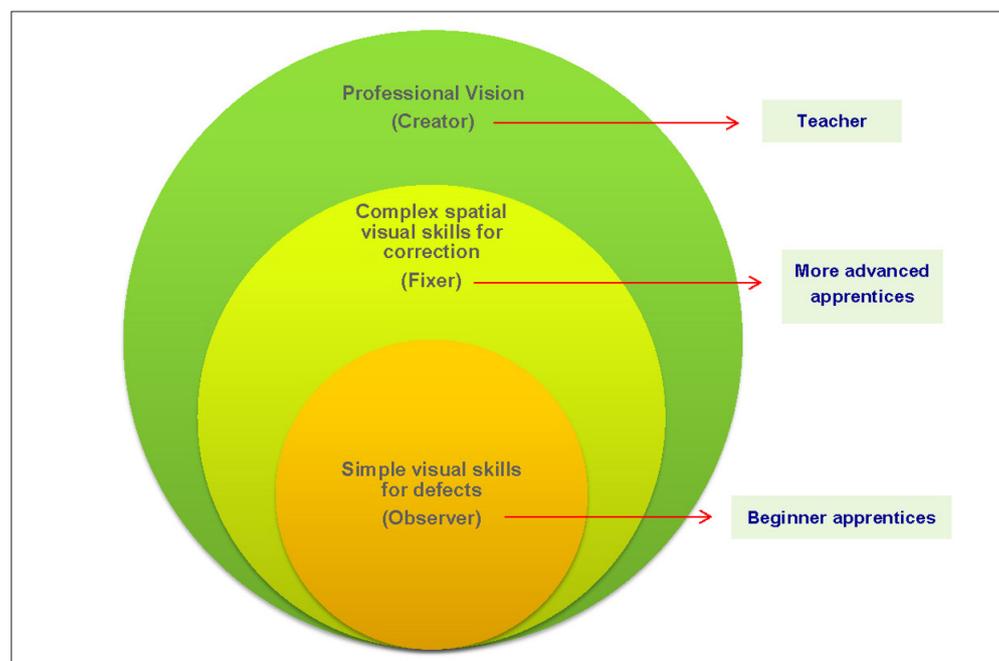
Lors de l'étude de l'observation, plusieurs chercheuses et chercheurs se sont demandé si les expertes et experts et les novices procèdent de la même manière dans l'exercice de leur profession. Au cours des dernières années, cela a été renforcé par la disponibilité de technologies et de techniques d'oculométrie, qui permettent de suivre le regard d'un sujet. Plusieurs domaines professionnels ont bénéficié de ces études, qui ont toujours porté sur les métiers de bureau. En d'autres termes, peu ou pas d'attention a été accordée à l'enseignement professionnel. Ce que confirme également l'analyse de plusieurs plans de formation professionnelle. Pour débiter notre étude, nous avons choisi de nous pencher sur le cas de la formation des stylistes.

Dans le stylisme, de bonnes capacités d'observation sont importantes, car elles aident les stylistes à analyser avec précision un vêtement, ce qui aboutit finalement à une bonne création de produit. Lorsqu'ils créent et reproduisent de nouveaux vêtements, les stylistes doivent identifier des informations visuelles spécifiques, habituellement représentées par une image ou un dessin technique spécifique appelé «motif».

Dans la première étude (Caruso et al., 2017), nous avons demandé à un groupe de dix enseignantes et enseignants et à un groupe de 71 apprenantes et apprenants de nous dire à quelles informations visuelles pertinentes ils ont prêté attention lors de l'analyse et de la création de vêtements. Nous avons considéré les enseignantes et enseignants comme des professionnels experts parce que, en l'occurrence, les écoles de stylisme font également office d'entreprises, fabriquant des vêtements pour des clientes et clients, et parce que les enseignantes et enseignants impliqués sont encore ou ont été des professionnels. Les résultats montrent que les stylistes tiennent compte de trois principaux types d'information visuelle lorsqu'ils observent des vêtements: 1) les détails et les motifs nécessaires à la reproduction des vêtements; 2) les défauts de fabrication, de qualité et de portabilité; et 3) les caractéristiques du corps de la cliente ou du client. Cependant, la mesure dans laquelle les novices et les expertes et experts prêtent attention à ces trois catégories diffère d'un groupe à l'autre. Avant

de commenter ce point, ajoutons un second élément: pour mesurer une différence possible entre les deux groupes, nous leur avons également fait passer un test. Nous avons montré aux participantes et participants une série de dix photos comprenant plusieurs catégories de défauts et leur avons demandé de remplir un tableau indiquant pour chaque photo 1) les catégories de défauts identifiés; 2) la description des défauts; et 3) les corrections possibles. L'analyse a montré qu'il existait non seulement des différences significatives entre le corps enseignant et les apprenantes et apprenants dans leur manière de regarder les photos de vêtements, mais aussi entre les apprenantes et apprenants, en fonction de leur année scolaire: comparée à celle des débutants, la vision des plus avancés se rapprochait du regard des expertes sans encore l'atteindre toutefois (voir tableaux 5-1 et 5-2 de l'annexe pour des données statistiques).

La figure 5-1 présente le tableau complet. En examinant l'information visuelle liée à la profession, les enseignantes et enseignants se sont attachés à identifier les détails et les motifs utiles à la confection des vêtements, à désassembler mentalement l'image et à utiliser leurs connaissances pour comprendre ce qu'ils observaient et prévoir la marche à suivre. En revanche, les apprenantes et apprenants se sont concentrés sur l'identification des défauts potentiels des vêtements finis; leurs connaissances techniques limitées les ont amenés à se concentrer principalement sur des éléments facilement perceptibles, tels que les défauts, ce qui les a empêchés d'identifier d'autres informations plus pertinentes (par exemple, différents types de motifs) ou d'établir un lien entre ces informations et les mesures spécifiques requises dans la pratique pour fabriquer un vêtement.



**Figure 5-1** • Évolution de l'observation chez les stylistes

L'observation professionnelle des vêtements est un processus holistique qui implique des compétences cognitives complexes; les débutantes et débutants peuvent seulement repérer les défauts mais ne pas voir leur origine. Cependant, à mesure qu'ils progressent dans leur formation, ils commencent à réfléchir aux corrections à apporter pour régler les problèmes.

De plus, une composante essentielle d'une vision professionnelle pour les stylistes est la capacité visuelle et spatiale de transformer mentalement une forme tridimensionnelle (c.-à-d. le vêtement) en une image bidimensionnelle (c.-à-d. un motif), et vice versa. C'est une compétence encore plus spécifique qui distingue les expertes et experts des novices.

## Comment développer au mieux les compétences d'observation?

Bien qu'il s'agisse d'un objectif évident de la formation, aucune procédure claire n'est définie, ni dans le programme des stylistes, ni dans celui des autres professions de la formation professionnelle initiale, pour amener les apprenantes et apprenants à acquérir ces compétences. Par conséquent, les enseignantes et enseignants ont tendance à élaborer leurs propres matériel et stratégie pour essayer d'y parvenir. Nous en avons discuté plus avant avec certains d'entre eux, dans l'idée de comprendre comment les sciences et les technologies de l'apprentissage pourraient aider à accroître le potentiel de leur stratégie et de leur matériel à développer une vision professionnelle chez les apprenantes et apprenants. Les trois exemples suivants illustrent les résultats de cette collaboration.

Le fondement théorique des activités est issu des principes simples mais puissants des sciences de l'apprentissage, tels que le principe de signalisation de la théorie cognitive de l'apprentissage multimédia de Mayer (2001, 2014) et le principe déjà mentionné relatif aux cas contrastés de Bransford et al. (2000). Dans le premier cas, nous avons réalisé une expérience avec un outil d'oculométrie (Coppi et al., 2021) afin d'évaluer l'efficacité des repères visuels pour attirer l'attention des apprenantes et apprenants sur des éléments précis d'un vêtement. Bien que notre hypothèse plus fine n'ait pas été entièrement confirmée et que certaines difficultés soient liées à la nature de l'étude – réalisée dans un contexte scolaire réel – un effet général de repères visuels a pu être confirmé.

### Exemple 1. Annotation d'images avec des stylistes

Poursuivant notre collaboration avec les stylistes, nous avons commencé par observer certaines de leurs activités à l'école et identifié deux pratiques courantes liées à l'analyse des vêtements et de leurs motifs. Avec Prisca Cattani, enseignante à l'école de Viganello, et Sabrina Solari, enseignante à l'école de Biasca, nous avons discuté de la manière dont ces activités pourraient bénéficier de la technologie et avons co-conçu deux scénarios à l'aide de Realto, en contraste avec les scénarios traditionnels (figure 5-2).



**Figure 5-2** - Exemples d'activités axées sur le renforcement des capacités d'observation des apprenantes et apprenants stylistes, en utilisant Realto ou la voie manuscrite uniquement.

Le premier scénario concernait des *dessins superposés*. Prisca et Sabrina ont déjà utilisé ce scénario par voie manuscrite. Dans cette tâche, les étudiantes et étudiants doivent adapter un dessin de jupe aux besoins d'une cliente hypothétique en y travaillant individuellement. Les dessins des élèves sont ensuite imprimés sur des transparents afin de les projeter sur une table lumineuse, autour de laquelle les élèves peuvent se ras-

sembler. Le dessin de l'enseignante ou de l'enseignant est placé à l'arrière-plan, comme modèle, ce qui permet aux élèves d'identifier et de commenter les erreurs, ainsi que de discuter de la manière de les corriger et de se conformer aux demandes des clientes et clients. Dans cette version de l'activité, deux ou trois motifs peuvent être superposés, mais pas plus. L'enseignante ou l'enseignant doit constamment changer les superposer des motifs dès que de nouvelles idées sont abordées. Nous avons décidé de mettre en œuvre le même scénario avec Realto. Les élèves ont reçu la même tâche, mais au lieu de remettre leurs résultats physiquement à l'enseignante, ils les ont transmis en ligne sur Realto. Realto a alors automatiquement rendu les dessins semi-transparentes, ce qui a permis à l'enseignante de les afficher et de les retirer de ce qu'elle projette à toute la classe en cliquant simplement sur les noms des autrices ou auteurs dans la liste des noms qui apparaît à droite de l'écran (voir figure 5-2, en bas à droite).

Le second scénario consiste à repérer différentes parties d'un vêtement (p. ex. une jupe ou un pantalon) et à identifier les défauts de fabrication décelables sur l'image. Dans la condition dessins annotés à la main, les élèves reçoivent deux photos d'un vêtement (devant et dos) au format papier et doivent d'abord identifier chaque partie du vêtement à l'aide d'un crayon de couleur en dessinant des flèches, puis indiquer les éventuels défauts de fabrication à l'aide de flèches, de cercles et de textes. L'enseignante ou l'enseignant peut projeter l'image annotée d'un élève à la classe à l'aide d'un projecteur et discuter à nouveau avec eux, analyser le vêtement et guider les élèves dans leurs observations. La condition dessins annotés à la main limite l'enseignante ou enseignant à montrer une feuille à la fois, tandis que Realto permet de superposer simultanément plusieurs images annotées sur l'écran de la classe. L'enseignante ou l'enseignant peut ensuite afficher ou masquer le travail d'une ou d'un élève à toute la classe en cochant le nom de l'élève dans la case à droite. Les calques sélectionnés s'affichent les uns sur les autres de sorte que les annotations correspondantes apparaissent éventuellement sur la même image (figure 5-2, en haut à droite).

Les deux activités ont été organisées dans sept classes différentes de deux écoles différentes. Dans la mesure du possible, les activités ont été filmées à des fins d'analyse. Dans l'ensemble (pour plus de détails, voir Caruso et al., 2017), les données ont montré que les élèves faisaient plus d'observations spontanées en utilisant Realto que lorsque les dessins ont été annotés à la main, et que cela les encourageait à s'engager plus activement et spontanément (voir les tableaux 5-3 et 5-4 en annexe pour les résultats statistiques).

En plus de ces résultats, des entretiens avec des enseignantes et enseignants et des élèves nous ont permis d'identifier les avantages perçus de l'utilisation de Realto. Pour les enseignantes et enseignants, les avantages étaient les suivants: (1) encourager les activités pédagogiques créatives, ce qui n'est généralement pas possible avec d'autres technologies «génériques», (2) faciliter la correction des tâches et gagner du temps, (3) focaliser l'attention des élèves grâce aux fonctions de repère fournies par l'outil d'annotation, (4) faire participer les élèves à diverses activités visuelles et (5) améliorer la qualité du matériel didactique.

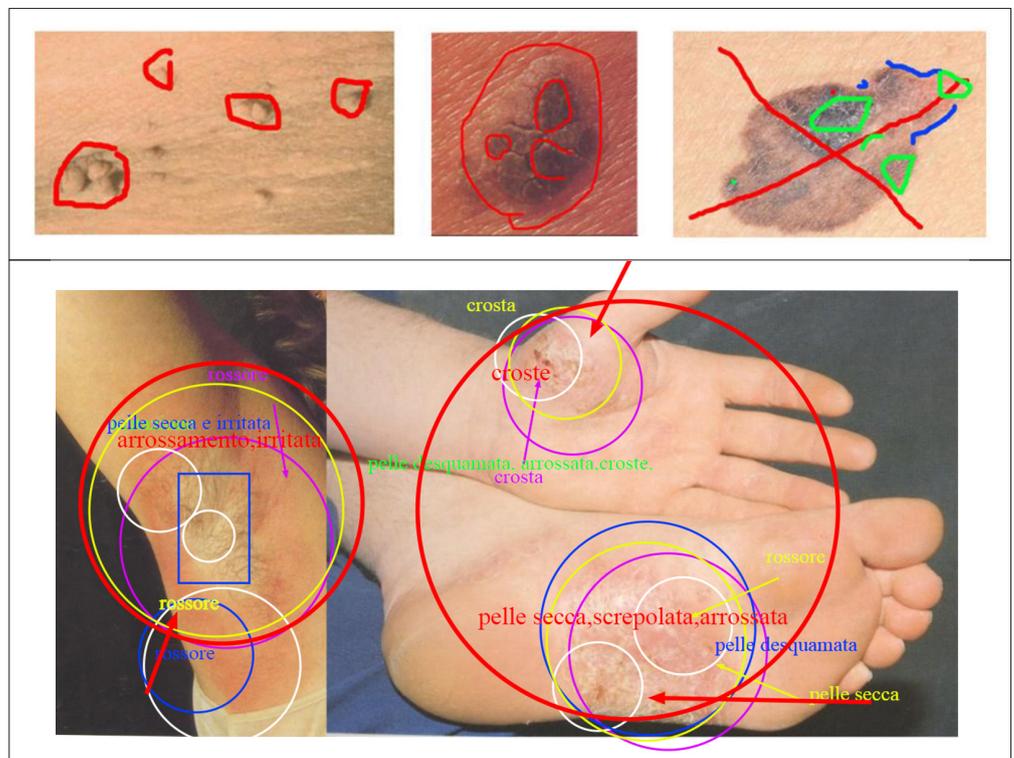
Les étudiantes et étudiants, quant à eux, ont particulièrement apprécié la possibilité d'apprendre en partageant et en regardant, d'obtenir un retour visuel immédiat, et de pouvoir facilement consulter leur matériel pédagogique enregistré sur la plateforme.

Après ces activités, les stylistes ont continué à utiliser Realto de manière autonome, intégrant progressivement l'utilisation de la documentation pédagogique (voir Cattani, 2021; Basile, 2021 pour les activités pédagogiques complémentaires mises en œuvre à l'école).

## Exemple 2. Annotation d'images avec des esthéticiennes et esthéticiens

Une seconde expérience a été menée au sein de la profession d'esthéticienne ou esthéticien, pour laquelle l'observation est également très importante. Les esthéticiennes et esthéticiens doivent apprendre à effectuer des analyses de la peau afin d'identifier la plupart des affections cutanées et de fournir un traitement approprié, ainsi qu'à différencier les anomalies graves nécessitant une intervention médicale des anomalies

légères. En observant certains de leurs cours, nous nous sommes rendu compte une fois de plus que certaines des activités déjà menées en classe pouvaient être enrichies par l'utilisation de Realto – à travers des repères visuels – combinant à nouveau l'utilisation d'annotations avec la description d'image (nous avons parlé précédemment de la description comme étant la première étape d'un processus approfondi, réfléchi et analytique). En ce qui concerne les activités promues à l'école de stylisme, nous avons pu préparer un traitement plus long et plus articulé, et mieux différencier, dans un scénario d'apprentissage, les annotations réalisées par l'enseignante ou l'enseignant comme moyen pédagogique et les annotations réalisées directement par les apprenantes et apprenants. Pendant presque un semestre, Claudia Berri et Luisa Brogginì ont proposé des activités pour une classe entière qui a servi de groupe expérimental. Les cours, gérés avec Realto, ont été organisés selon trois grandes étapes: 1) elles ont présenté aux élèves des images d'anomalies cutanées téléchargées dans Realto et les ont annotées directement (par ex. avec des cercles et des flèches) pour expliquer comment identifier des anomalies spécifiques et comment les différencier d'anomalies similaires, 2) elles ont demandé aux élèves d'annoter une seconde série d'images à l'aide de Realto et d'écrire une description professionnelle pour chaque image, 3) enfin, elles ont montré à la classe les annotations des élèves (voir figure 5-3) – profitant également de la fonction Realto qui leur permet de superposer plusieurs images (voir ci-dessus) – et les ont corrigées avec les élèves.



**Figure 5-3** • Annotations superposées des enseignantes et enseignants (ci-dessus) et des élèves (ci-dessous).

Contrairement au groupe de référence qui n'a examiné que les photos sans annotations, nous avons pu constater que l'approche Realto a aidé les élèves à rédiger des descriptions de meilleure qualité et plus longues. Les élèves ont également perçu l'utilisation d'annotations et de descriptions comme un outil très puissant et utile pour développer leurs capacités d'observation, sans toutefois faire de distinction entre l'efficacité des annotations de l'enseignante ou l'enseignant et leurs propres annotations autogérées (pour plus de détails, voir Coppi & Cattaneo, 2021).

### Exemple 3. Annotation vidéo pour toutes les professions

Jusqu'à présent, nous n'avons traité que des photos. Cependant, l'annotation peut aussi s'avérer très précieuse lorsqu'elle est appliquée aux vidéos, en particulier pour réfléchir à ce que la vidéo montre dans son degré de détail (Evi-Colombo et al., 2020).

Nous avons déjà utilisé l'annotation vidéo avec une dizaine de classes de commis de bureau lors d'une phase précédente de Dual-T (voir Cattaneo & Boldrini, 2016). On a demandé aux classes de simuler des consultations avec des clientes et clients et de les filmer (collecter). Ensuite, les classes devaient revoir leurs vidéos et repérer les mauvaises pratiques de consultation (exploitation par la réflexion). Grâce à l'outil d'annotation vidéo que nous leur avons fourni, elles ont pu marquer ces passages directement sur le film. L'étude visait à montrer l'efficacité des leçons tirées des erreurs comparativement aux leçons tirées de l'analyse des comportements corrects seulement. Les résultats ont été couronnés de succès et d'autres expériences comme celle-ci ont été promues dans différents programmes d'études.

Si une définition plus restrictive considère l'annotation comme le résultat d'une activité d'écriture, une définition plus large considère l'annotation vidéo comme un processus qui enrichit la vidéo avec du matériel supplémentaire, par exemple, au moyen d'hyperliens, pour créer une hypervidéo (Cattaneo et al., 2018; Sauli et al., 2018). Dans ce sens, nous voulons mentionner brièvement deux autres expériences, la première avec des élèves infirmières et infirmiers, la seconde avec des apprenantes cheffes et apprenants chefs. Dans le premier cas, les infirmières et infirmiers devaient apprendre à insérer un cathéter urinaire. Pour recueillir leurs expériences, nous avons filmé leur pratique simulée avec des mannequins. Dans le second cas, des apprenantes et apprenants ont produit des vidéos authentiques sur leur lieu de travail, qui ont servi de base à un scénario en classe. Les vidéos traitaient du thème «crèmes de base». Dans les deux cas, les étudiantes et étudiants ont travaillé en groupe, avec la tâche d'enrichir la vidéo brute et de préparer une hypervidéo contenant toutes les informations importantes pour apprendre et gérer concrètement la procédure. Nous avons un véritable groupe témoin avec les infirmières et infirmiers, ce qui n'était pas le cas avec les cheffes et chefs. Pour accéder aux détails de ces recherches, voir Evi-Colombo et al. (2021) et Gianetti (2021). La principale constatation à souligner ici est la grande efficacité de cette approche de l'apprentissage par la conception.

Grâce à nos travaux dans différents domaines, nous avons constaté que l'annotation d'images a principalement trois fonctions dans des situations didactiques: (a) *mettre en évidence* une particularité d'un objet, d'un outil ou d'une situation représentée par l'image (b) *l'étiqueter* afin de permettre à la spectatrice ou au spectateur de mieux la comprendre et la mémoriser, et (c) *éduquer l'observation de la spectatrice ou du spectateur* pour qu'il apprenne à regarder de la manière appropriée et spécifique à son métier.

**Annotations pour mettre en évidence les particularités** d'une situation ou d'un élément donné **et attirer l'attention de la spectatrice ou du spectateur** sur un point précis de l'image. Nous avons vu cette fonction être utilisée notamment par des enseignantes et enseignants qui voulaient aborder les problèmes spécifiques d'un vêtement (stylistes), sensibiliser les apprenantes et apprenants aux signes précoces d'une maladie donnée (esthéticiennes et esthéticiens ainsi que horticultrices et horticulteurs) ou à un risque potentiel dans un chantier (constructrices et constructeurs de routes). Mais nous sommes convaincus que cette fonction pourrait être utilisée dans de nombreuses autres situations de formation professionnelle. Les enseignantes et enseignants peuvent choisir de faire les annotations sur les photos présentées aux apprenantes et apprenants ou de demander aux apprenantes et apprenants d'annoter la photo fournie, ce qui aura un impact équivalent sur l'apprentissage et la motivation des apprenantes et apprenants (Coppi & Cattaneo, 2021).

Bien sûr, on peut utiliser l'annotation pour effectuer cette fonction sur n'importe quelle image, quel que soit son format; l'image n'a pas besoin d'être présentée sur un écran ou l'activité à réaliser sur support technique. N'importe quel dessin ou photo peut servir de base à une telle activité. Vous n'avez qu'à le copier et le distribuer aux apprenantes et apprenants. Cependant, les enseignantes et enseignants avec lesquels nous avons travaillé ont reconnu que le potentiel didactique de l'annotation était beaucoup plus riche

et qu'il permettait d'économiser du temps et des coûts avec la technologie qu'avec le papier et le crayon. La technologie a permis de projeter les images annotées envoyées par chaque élève sur l'écran de la classe, de les superposer les unes aux autres et de les contraster de façon plus convaincante en sélectionnant et en désélectionnant le travail de chaque élève pour mettre en évidence leurs similitudes ou leurs différences.

**Annotation pour faciliter la compréhension et stimuler la mémoire.** Cette fonction est particulièrement évidente dans les activités des enseignantes et enseignants consistant à étiqueter les différentes parties d'un objet et les différentes composantes d'une situation; elle est souvent utilisée par les enseignantes et enseignants soit en ajoutant eux-mêmes les étiquettes sur une image donnée, soit en demandant aux apprenantes et apprenants d'ajouter des étiquettes sur une image qui leur est montrée. Cette activité est considérée par les enseignantes et enseignants comme un moyen rentable de stimuler l'acquisition du vocabulaire technique de chaque profession et que toute professionnelle ou tout professionnel agissant dans ce domaine devrait maîtriser; mais elle constitue également un bon moyen d'accroître la reconnaissance des modèles et la réflexion technique de l'apprenante ou de l'apprenant. En lieu et place des noms, les enseignantes et enseignants demandent parfois que des numéros soient apposés sur ces étiquettes afin d'indiquer l'ordre dans lequel les pièces doivent être assemblées (ouvrières ou ouvriers du bâtiment) ou montées (stylistes). Dans quelques cas, les étiquettes ont dû recevoir des flèches indiquant le sens de l'écoulement de l'eau (plombières et plombiers) ou de la rotation d'une poulie (mécaniciennes et mécaniciens automobiles) par exemple.

Ici encore, la technologie n'est pas nécessaire pour réaliser cette fonction d'annotation. L'utiliser sur des supports technologiques élargit cependant le potentiel de ces activités, ont reconnu les enseignantes et enseignants, en permettant, par exemple, à l'objet présenté dans l'image de tourner sur l'écran, les étiquettes se déplaçant en conséquence ou en permettant l'annotation d'une situation évolutive affichée sur vidéo. Lorsqu'il s'agit de prévoir le sens d'un écoulement ou la rotation d'une poulie, la technologie l'emporte encore une fois sur le papier en permettant aux élèves de recevoir un retour direct sur la validité de leur prédiction au moyen de l'animation ou en laissant tourner la vidéo.

**Annotation pour éduquer l'observation** (d'une manière spécifique à la profession). En un sens, cette troisième fonction de l'annotation d'image est le but final vers lequel tendent les deux autres fonctions. Nous avons appris que l'utilisation de l'image influe finalement sur la capacité d'observation des apprenantes et apprenants et la transforme en vision professionnelle, c'est-à-dire qu'elle déforme progressivement la manière plutôt naïve des débutantes et débutants de voir les choses dans ce que font les professionnelles et professionnels face à une image ou à un objet dans leur activité professionnelle. Les problèmes cutanés ont tendance à apparaître le plus souvent à certains endroits du visage ou du corps humain. Mais regarder seulement ces endroits ne garantit pas qu'aucun problème cutané dangereux ne se développe. Les stylistes professionnels savent aussi bien que lorsqu'un défaut apparaît, le «tombé» d'une robe ou d'un pantalon peut ne pas être à l'origine du problème. Être en mesure de déterminer exactement comment le vêtement a été confectionné, ou les causes d'une maladie spécifique, aide clairement la professionnelle ou le professionnel à orienter son observation, non seulement sur les points critiques, mais aussi sur l'ensemble du vêtement, sur l'ensemble du corps de la patiente ou du patient.

## Et alors?

Cette partie du projet Dual-T a confirmé qu'il est possible de façonner l'observation de manière à devenir plus professionnelle et que l'annotation d'images, en particulier lorsqu'elle s'appuie sur des technologies d'apprentissage adéquates comme celles fournies par Realto, peut contribuer de manière décisive à cet objectif dans de nombreux domaines professionnels.

Bien sûr, les novices pourraient probablement apprendre à remodeler leur observation naïve en regardant de nombreuses photos, avec ou sans les annotations d'une

professionnelle ou d'un professionnel. L'utilisation des technologies ici encore s'est avérée plus motivante et plus efficace que la simple remise de photos. Permettre à l'apprenante ou l'apprenant de confronter régulièrement sa propre vision avec celle de l'enseignante ou de l'enseignant ou de ses camarades de classe, de zoomer facilement sur des aspects spécifiques de l'image ou d'accéder à une image plus générale du vêtement ou de la forme corporelle de la cliente ou du client s'est avéré très apprécié, tant par le corps enseignant que par les élèves, en plus d'être un outil didactique puissant pour transmettre et établir chez les apprenantes et apprenants une vision professionnelle dans leur domaine respectif.

L'acquisition d'une vision professionnelle étant une compétence essentielle à maîtriser dans de nombreuses professions et industries, le développement d'outils qui enrichissent les scénarios didactiques basés sur des annotations est certainement une orientation à prendre en considération dans la réflexion sur l'utilisation des technologies d'apprentissage dans la formation professionnelle initiale.

## Annexe

Comparisons	Total Defect Mean Difference	SE	95% CI		Hedges' g
			LL	UL	
First-year vs Second-year	-.32*	.11	-.61	-.05	-0.52
First-year vs Third-year	-.03	.13	-.35	.30	-0.04
Second-year vs Third-year	-.31	.14	-.05	.66	0.53
First-year vs Teacher	-3.18*	.23	-3.8	-2.57	-4.48
Second-year vs Teacher	-2.87*	.23	-3.49	-2.22	-3.31
Third-year vs Teacher	-3.17*	.25	-3.82	-2.5	-4.2

\*  $p < 0.05$

**Tableau 5-1** • Comparaisons Bonferroni des défauts (scores z) identifiés par les participantes et participants.

Comparisons	Total Defect Mean Difference	SE	95% CI		Hedges' g
			LL	UL	
First-year vs Second-year	-.19*	.08	-.38	-.01	-0.52
First-year vs Third-year	-.34*	.08	-.55	-.13	-0.91
Second-year vs Third-year	-.15	.09	-.38	.08	-0.38
First-year vs Teacher	-3.69*	.17	-4.13	-3.23	-6.8
Second-year vs Teacher	-3.48*	.18	-3.95	-3.01	-5.42
Third-year vs Teacher	-3.35*	.18	-3.83	-2.86	-4.52

\*  $p < 0.05$

**Tableau 5-2** • Comparaisons Bonferroni des corrections (scores z) suggérées par les participantes et participants.

Item	Condition	Frequency	Mean duration (seconds)	SD	t	df	Cohen's d	Total duration (seconds)
Student's Interjection	Paper	25	4.81	4.08	-1.13	46	-0.33	120.35
	Tech	23	6.29	4.95				144.59
Spontaneous Observation	Paper	28	2.89	1.50	-4.82*	66	-1.28	81.01
	Tech	40	13.96	12.05				558.35
Induced Observation	Paper	47	2.80	1.58	-5.86*	66	-1.25	131.79
	Tech	21	7.87	5.48				165.32
Teacher's Explanation	Paper	38	13.22	9.47	2.49*	66	0.62	502.09
	Tech	30	8.37	5.44				251.06

**Tableau 5-3** • Événements en classe en mode papier et Realto pour le scénario de superposition.

Item	Condition	Frequency	Mean duration (seconds)	SD	t	df	Cohen's d	Total duration (seconds)
Student's Interjection	Paper	12	5.57	4.96	0.78	55	0.03	66.94
	Tech	45	5.46	4.30				245.98
Spontaneous Observation	Paper	3	6.00	4.26	-.312	10	-0.20	18.00
	Tech	9	6.79	3.65				61.09
Induced Observation	Paper	15	3.91	5.93	.181	25	0.08	58.55
	Tech	12	3.58	1.95				42.96
Teacher's Explanation	Paper	23	13.34	13.57	-.731*	54	-0.20	306.61
	Tech	33	16.11	14.29				531.62

**Tableau 5-4** • Événements en classe en mode papier et Realto pour le scénario de repérage.

## Chapitre 6

# Manipuler l'expérience: L'histoire des logisticiennes et logisticiens

Pierre Dillenbourg, Patrick Jermann, Guillaume Zufferey

Jusqu'à présent, nous avons principalement abordé le problème de connectivité entre les différents sites du système dual de formation professionnelle initiale et nos approches technologiques pour résoudre ce problème. À partir de ce chapitre, l'accent est mis sur un autre problème que nous avons identifié dans la formation professionnelle initiale et que nous appelons «écart de compétences». Comme nous l'avons déjà évoqué dans l'introduction, l'écart de compétences est l'un des problèmes actuels du système de formation professionnelle initiale. De nombreux apprenants et apprenantes considèrent que les connaissances théoriques qu'ils apprennent à l'école ne sont pas utiles ni pertinentes pour leur travail, d'après leur expérience dans l'entreprise, alors que bon nombre des compétences dont les élèves ont besoin en milieu professionnel ne sont pas abordées à l'école. Bien entendu, notre objectif n'est pas de supprimer cet écart de compétences, car cela rendrait l'école ou l'entreprise redondante. Notre objectif est plutôt de mettre au point des technologies pour combler cet écart en aidant les élèves à établir des liens entre ce qu'ils apprennent à l'école et ce qu'ils apprennent dans l'entreprise. Idéalement, ils pourraient comprendre pourquoi ce qu'on leur présente à l'école correspond à leur profession, même s'ils ne parviennent pas à établir un lien avec ce qu'ils font réellement en milieu professionnel.

Ce passage du déficit de connectivité à l'écart de compétences nous permet de revenir en arrière. En réalité, les projets visant à combler le déficit de connectivité et ceux visant à combler l'écart de compétences se sont déroulés en parallèle. Nous revenons donc au tout début du projet Dual-T pour vous raconter comment nous avons découvert le déficit de compétences et comment nous avons commencé à développer et évaluer les technologies pour le combler.

### Un début maladroit

Avez-vous déjà entendu parler de hasard en recherche? Au moment de soumettre une proposition pour l'obtention de cette Leading House, notre laboratoire de l'EPFL avait obtenu des résultats intéressants sur les technologies de localisation pour la résolution de problèmes en équipe (Nova et al., 2005). Nous avons suivi cette orientation lorsque nous avons présenté une demande de financement pour cette Leading House à la suite d'un appel du SEFRI. L'idée était de fournir aux apprenantes et apprenants une géo-visualisation des flux de marchandises et de personnes dans un entrepôt type. Nous avons obtenu le financement, mais nous nous sommes rapidement éloignés de ce plan initial. Pourquoi? Comme nous ne connaissions pas très bien ce contexte professionnel, Patrick Jermann et Guillaume Zufferey ont commencé leur travail par effectuer des visites dans plusieurs entrepôts et demander aux apprenantes et apprenants et à leurs responsables de décrire leurs activités quotidiennes. Grâce à Michel Tatti, directeur de l'école professionnelle d'Yverdon (Vaud), ils ont également interrogé plusieurs enseignantes et enseignants: deux d'entre eux – Jacques Kurzo et André Ryser – sont restés impliqués dans le projet.

Les visites sur le lieu de travail ont permis de constater que les apprenantes et apprenants qui travaillaient dans de petits entrepôts comptant un ou deux employés (par exemple, grossiste en matériaux de construction) étaient plus souvent confrontés à des problèmes logistiques que ceux qui travaillaient dans des entrepôts entièrement automatisés, comme c'est le cas dans certaines grandes entreprises. Les premiers ont dû réfléchir sur quelques principes d'optimisation tout en essayant de stocker des produits de vente fréquents à proximité de la plateforme de livraison de camions. Les derniers scannaient principalement les codes des marchandises entrant et sortant de l'entrepôt. On sait que la technologie peut avoir un effet de déqualification. L'optimisation de l'entreposage est une compétence que doivent acquérir les logisti-

ciens (c'est un objectif de l'ordonnance fédérale). Cependant, ils la pratiquent rarement sur leur lieu de travail: ce n'est pas souvent qu'un entrepôt doit être complètement réorganisé et, lorsque c'est le cas, c'est le responsable d'entrepôt qui repense l'organisation et non l'apprenante ou l'apprenant. Dans les entrepôts visités, les apprenantes et apprenants devaient intervenir rapidement pour être efficaces. Ils ne réorganisaient pas l'entrepôt. C'est donc à l'école qu'il revient de fournir aux apprenantes et apprenants les compétences dont ils pourraient avoir besoin plus tard dans leur carrière, lorsqu'ils acquièrent plus de responsabilités, et pas seulement les compétences dont ils ont besoin pendant leur apprentissage. Les enseignantes et enseignants ont confirmé que la logistique était donc assez difficile à enseigner. Non seulement la logistique est assez abstraite, mais comme les apprenantes et apprenants n'utilisent pas ces compétences durant leur semaine, ils ne donnent guère de sens aux principes logistiques présentés par les enseignantes et enseignants. Le corps enseignant nous a demandé si nous pouvions faire quelque chose pour remédier à cet écart de compétences et s'il existait une solution technologique.

Guillaume et Patrick ont eu de nombreuses discussions avec des professeurs de logistique pour co-concevoir l'activité et la technologie. De nombreux chercheurs et chercheuses ont une vision naïve de la co-conception comme demander aux enseignantes et enseignants ce dont ils ont besoin. Toutefois, la co-conception n'est pas un processus à sens unique. C'est un échange d'idées entre le corps enseignant et les chercheuses et chercheurs, un processus interactif et parfois frustrant d'affiner les idées. Mais parfois, un déclic se produit. Un jour, Patrick et Guillaume rencontrent les deux professeurs de logistique d'Yverdon pour leur présenter deux étagères en bois de petite taille qu'ils avaient fabriquées. Cela a permis de débloquent le processus de co-conception. Avoir quelque chose de concret en main a permis aux enseignants de proposer des activités concrètes. En conséquence, nous avons construit ce que nous avons appelé une TinkerTable (figure 6-1), une première tentative de construction d'une simulation d'un entrepôt avec des potentialités «augmentées».



**Figure 6-1** • La TinkerTable, l'ancêtre de la TinkerLamp

La TinkerTable était un système **RA** composé d'une table de 2,5x1,5 m recouverte d'un tableau blanc et d'une armature de 2,7 m de haut portant une caméra, un projecteur et un miroir. L'adjectif «augmenté» fait référence à la façon dont l'information numérique est superposée à des objets réels ou à leurs images. Un projecteur projette des informations visuelles sur les étagères (représentant le contenu de ces étagères) et sur la table (le déplacement des chariots élévateurs). Le projecteur est intégré dans la TinkerTable, et les miroirs augmentent la distance focale afin de couvrir la surface plus grande de la table. La TinkerTable est équipée d'une caméra, qui lit, via le miroir supérieur, les marqueurs placés sur le haut des étagères pour les positionner dans l'espace 2D. Une contrainte technique de la RA est d'aligner avec précision l'information numérique avec les objets réels ou l'image réelle. Aujourd'hui, la plupart des systèmes RA sont des tablettes transparentes (par exemple, on regarde un tableau et des informations supplémentaires apparaissent sur la tablette) et des visiocasques de plus en plus abordables.

Dans l'interaction homme-machine (IHM), ce type d'interface est appelé «**interface tangible**»; dans notre cas, l'utilisatrice ou l'utilisateur configure son entrepôt en déplaçant réellement des étagères physiques sur la table (suivies par la caméra) et non de simples icônes sur l'écran à déplacer avec une souris, comme c'est souvent le cas dans une simulation informatique classique. C'est une drôle de boucle historique puisque, après l'apparition des interfaces de «manipulation directe» il y a 40 ans, les icônes ont remplacé les objets physiques (métaphore de bureau, icône de corbeille, fenêtres). Nous verrons dans ce chapitre combien les manipulations physiques ont de l'importance par rapport à l'activité cognitive de l'organisation d'un entrepôt.

Comme vous le remarquerez, la technologie était plutôt encombrante. Il n'y avait qu'une seule salle de l'école assez haute pour accueillir ce dispositif. On pouvait aussi installer une table dans cette salle. La table pouvait accueillir de six à huit apprenantes et apprenants seulement. Ainsi, l'enseignante ou l'enseignant devait diviser la classe en deux sous-groupes et s'organiser avec une ou un collègue pour s'occuper des deux sous-groupes. Nous avons donc conservé l'idée de caméra-projecteur, mais nous sommes passés à une version plus transportable.

## L'évolution de la TinkerLamp

Nous avons immédiatement décidé de réduire la taille du système pour qu'il puisse être placé sur n'importe quel bureau. Comme les classes de formation professionnelle initiale comptent souvent une quinzaine d'élèves, nous souhaitions placer quatre petits systèmes dans une même classe, avec trois ou quatre apprenantes et apprenants. Conformément aux projets précédemment réalisés dans notre laboratoire, nous avons appelé ce petit système TinkerLamp. Cependant, il est assez difficile d'avoir deux ou quatre élèves qui interagissent autour d'un ordinateur. Très souvent, une ou un élève prend le clavier et la souris et contrôle la majeure partie de l'interaction, laissant au moins un ou deux élèves à l'écart. Avec une interface tangible, cependant, il était assez facile pour au moins trois élèves assis autour de la TinkerLamp de participer aux manipulations. Autrement dit, les interfaces tangibles facilitent l'apprentissage collaboratif. Ce n'est pas un point que nous allons développer dans cet ouvrage, mais Bertrand Schneider, qui a fait sa thèse de master avec la TinkerLamp, a poursuivi cette ligne de recherche lors de son doctorat à Stanford (Schneider et al., 2018).

Après un prototype trop onéreux, nous avons développé plusieurs modèles, comme l'illustre la figure 6-2: certains modèles (1,2,3) avec un seul miroir, le modèle 4 sans miroir et le modèle 5 avec deux miroirs. Le modèle 4 était le moins cher et le plus facile à calibrer (en raison de l'absence de miroirs) et a donc été utilisé dans de nombreuses expériences décrites ici. Le modèle 5, celui qui a été commercialisé, a été conçu par Katarina et Vincent Nanchen. Une vidéo du modèle final en action est disponible sur [www.youtube.com/watch?v=CYuDYWYxKb8&t=2s](http://www.youtube.com/watch?v=CYuDYWYxKb8&t=2s).



Figure 6-2 • Divers modèles de la TinkerLamp

La lectrice ou le lecteur pourrait considérer que la forme du dispositif n'a pas vraiment d'importance par rapport aux activités cognitives déclenchées par la simulation d'entrepôt. Ce n'est pas tout à fait inexact, mais certains facteurs de forme ont de l'importance pour les pratiques quotidiennes en classe. Par exemple, les apprenantes et apprenants pouvaient plus ou moins se cacher derrière le modèle 3 (surnommé le Pingouin), alors que les enseignantes et enseignants devaient les garder dans leur ligne de mire. Le modèle 4 est élégant mais encombrant par rapport au modèle 5, qui peut être démonté en quelques pièces. Le modèle 2 peut également être plié, ce qui est utile si l'on veut le ranger dans une armoire de classe, mais il est très lourd. À la fin de ce chapitre, nous reviendrons sur ces considérations pratiques de la vie de classe sous le concept d'orchestration de classe.

### La manipulation a-t-elle de l'importance?

Quelle est la différence cognitive entre les étagères en plastique sur une table et les icônes mobiles sur une grande tablette placée sur la table? Ces petites étagères en plastique ne sont pas très différentes des icônes; elles se distinguent visuellement des vraies étagères et peuvent simplement être considérées comme des icônes 3D. La manipulation physique des objets a-t-elle de l'importance? Aujourd'hui, il serait plus facile de la développer comme une application sur iPad (qui n'est apparu qu'en 2010, après le développement de notre TinkerLamp).

Tout d'abord, nous avons mené une expérience centrée uniquement sur la manipulation. Nous avons donné aux participantes et participants 40 modèles à construire soit sur la TinkerLamp, soit sur une surface de table que nous avons créée. Cette dernière ressemblait à un grand iPad exécutant la même application que la TinkerLamp. Les 40 participantes et participants ont tous été nettement plus rapides avec l'interface tangible qu'avec l'interface de table: en moyenne, il leur a fallu environ cinq minutes de moins pour déplacer les étagères vers les 40 configurations que sur l'interface tactile (Lucchi et al., 2010). En effet, nous sommes habitués à manipuler des objets sur une surface. Les apprenantes et apprenants pouvaient facilement saisir quatre étagères ou plus et les déplacer, ou même déplacer toute une rangée d'étagères à l'aide de l'avant bras. Autrement dit, les objets tangibles augmentaient la convivialité de la tâche. Ce n'est pas en déplaçant les étagères qu'on apprend quoi que ce soit. On pourrait déplacer des pièces d'échecs au hasard sur l'échiquier sans jamais apprendre les règles ou les stratégies d'échecs.

Deux éléments étaient nécessaires pour transformer cette interface en un environnement d'apprentissage: un ensemble d'activités à réaliser et un mécanisme de retour d'information. Tout d'abord, les équipes d'apprenantes et apprenants ont reçu une description de l'exercice, avec leur objectif imprimé sur une feuille de papier (figure 6-3,

à gauche) qui avait les mêmes repères visuels à positionner par le système. La partie gauche, placée hors du champ de vision de la caméra, contenait les instructions pour les exercices des apprenantes et apprenants. La partie droite comportait la section entrée/sortie. Les apprenantes et apprenants pouvaient, par exemple, choisir quel type de chariots élévateurs utiliser dans le panneau inférieur («chariots élévateurs») car les différents chariots élévateurs nécessitent plus ou moins d'espace pour la rotation. Pour sélectionner des options, il fallait déplacer un jeton noir dessus: c'est l'équivalent d'un clic de souris. La feuille de papier a également été utilisée pour afficher le retour d'information, comme le pourcentage de surfaces utilisées (figure 6-3, à droite).

Formation professionnelle initiale dans le domaine de la logistique  
SVBL/IASFL Enseignement professionnel spécifique Stockage

**Fiche Simulation 1.5.1 (1/2)**  
**Répartition des surfaces de stockage**

**1. Locaux annexes**

Sur la surface interactive, placez les locaux annexes comme indiqué sur le plan d'entrepôt ci-contre.

La position des locaux est reportée en temps réel sur le plan ci-contre, ce qui vous permet de contrôler que votre mise en place est correcte.

**2. Surface brute de stockage**

Le système affiche des informations sur la surface brute, la surface brute de stockage et le degré d'utilisation des surfaces, Recopiez ces valeurs.

Rappel:  
Surface brute = longueur de l'entrepôt x largeur de l'entrepôt

Surface brute de stockage = surface brute - surface des locaux annexes

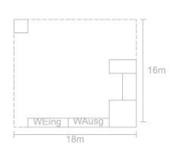
**3. Surface nette de stockage**

Placez maintenant 10 étagères dans l'entrepôt. Le système affiche des informations sur la surface nette de stockage et le degré d'utilisation des surfaces, Recopiez ces valeurs.

Observez comment ces valeurs changent lorsque vous rajoutez des étagères. Essayez de maximiser le degré d'utilisation.

La position des étagères est-elle importante?

Plan de l'entrepôt



Surface brute = m<sup>2</sup>

Surface brute de stockage = m<sup>2</sup>

Degré d'utilisation des surfaces (1) =  $\frac{\text{Brute de stockage}}{\text{Brute}}$  = %

Surface nette de stockage = m<sup>2</sup>

Degré d'utilisation des surfaces (2) =  $\frac{\text{Nette de stockage}}{\text{Brute}}$  = %

Degré d'utilisation des surfaces (3) =  $\frac{\text{Nette de stockage}}{\text{Brute de stockage}}$  = %

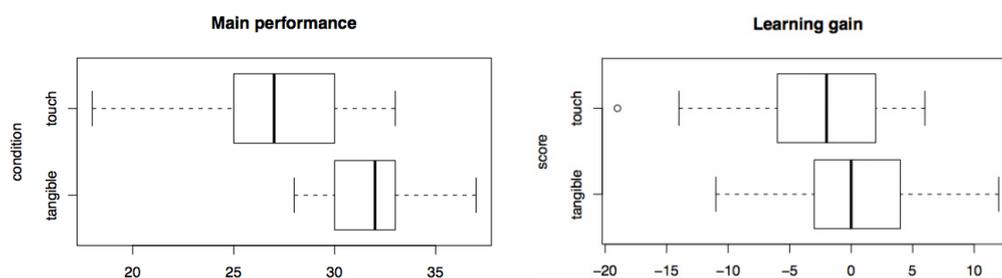


**Figure 6-3** • Feuilles de papier comme entrées et sorties (à afficher)

Deuxièmement, lorsqu'ils estimaient que l'aménagement de leur entrepôt était satisfaisant, les apprenantes et apprenants pouvaient exécuter la simulation. La Tinker-Lamp pouvait projeter le mouvement des chariots élévateurs pour transporter des boîtes du camion aux étagères et vice versa. Cette opération pourrait prendre des heures dans un vrai entrepôt. Dans notre simulation, le processus est considérablement accéléré. La simulation a permis d'estimer la performance de l'entrepôt en temps réel, c'est-à-dire le temps moyen pour déplacer une caisse du camion à l'étagère (voir encadré «Temps moyen par palette»). Les apprenantes et apprenants appréciaient de comparer leurs performances avec celles de leurs voisins et voisines.

Pourquoi donnons-nous autant de détails sur l'interface à la lectrice ou au lecteur? Toute simulation assistée par ordinateur nécessite deux espaces: l'espace simulé lui-même, où le phénomène est manipulé et simulé (par exemple, une chambre avec des particules en physique) et un espace de contrôle fournissant des fonctionnalités telles que l'exécution, la mise en pause, l'enregistrement d'une expérience, la suppression ou la comparaison des résultats. Dans les simulations standard, ces deux espaces sont deux vitres ou fenêtres sur le même écran. Dans notre cas, comme la table est l'espace simulé, nous avons inventé une interface papier pour les fonctions de contrôle. D'une certaine manière, l'utilisation d'une interface tangible nous a obligés à la compléter par une interface papier. Ulrich Hoppe, membre de notre comité consultatif, a remis en question cette continuité médiatique, en se demandant par exemple si les apprenantes et apprenants écriraient à la main les résultats de la simulation sur la feuille. Il est vrai qu'aujourd'hui, ces feuilles pourraient être remplacées par une tablette. Cependant,

nous avons découvert plusieurs avantages au papier: 1) les apprenantes et apprenants écrivent leurs meilleurs résultats tels que projetés sur le papier et apportent leur feuille au tableau à la demande de l'enseignante ou l'enseignant; 2) la co-conception de ces feuilles avec les enseignantes et enseignants est assez simple: Patrick et Guillaume ont simplement dessiné la solution sur papier; 3) les enseignantes et enseignants avaient alors un dossier contenant de nombreux exercices couvrant une partie du programme scolaire. Il n'y avait pas besoin d'un identifiant et d'un mot de passe, ni de trouver la bonne URL: ils sélectionnaient simplement la feuille du jour dans leur dossier; 4) les enseignantes et enseignants pouvaient facilement prendre des notes sur leurs feuilles maîtres, par exemple, avec des valeurs de paramètres intéressantes, et en faire des copies pour les collègues. Le papier est omniprésent dans l'enseignement et bien adapté à la routine scolaire pour le stockage, la distribution, la collecte et le classement des feuilles de papier. Le papier n'est pas seulement un héritage de l'époque pré-numérique: les feuilles ont des propriétés d'utilisation intéressantes pour les routines de classe. Cela a ouvert la voie à d'autres projets impliquant d'autres propriétés du papier: rotation, pliage et superposition (voir Bonnard et al., 2012a, 2012b).



**Figure 6-4** • Comparaison des apprenantes et apprenants travaillant avec l'interface tangible ou une interface tactile multipoint. Notez que le gain d'apprentissage peut être négatif, le post-test étant plus difficile que le pré-test.

Comme l'environnement d'apprentissage s'est enrichi d'activités et de simulations, nous avons dû nous poser la question suivante: cette manipulation tangible génère-t-elle de meilleurs gains d'apprentissage que des activités similaires menées auparavant dans ces salles de classe? Nous avons mené une nouvelle expérience avec 82 apprenantes et apprenants de la même école, certains utilisant l'interface tangible et d'autres utilisant l'interface tactile décrite précédemment (Schneider et coll., 2010). Les participantes et participants connaissaient bien l'environnement Tinker puisqu'ils l'avaient utilisé au moins une fois avant l'expérience. Nous leur avons donné l'objectif suivant: «Vous devez construire un entrepôt comportant le plus d'étagères possible. C'est votre objectif principal. L'efficacité sera également évaluée (c'est-à-dire la distance moyenne entre chaque étagère et les quais de réception et d'expédition). Vous aurez environ 25 minutes pour construire votre entrepôt en maximisant l'espace utilisé. Essayez de rendre la plupart des étagères accessibles et de maximiser l'espace utilisé.» Les apprenantes et apprenants travaillaient en binômes. Nous avons examiné la performance globale de leur entrepôt ainsi que leur capacité à répondre aux questions logistiques lors d'un pré-test et d'un post-test. Deux critères ont été utilisés pour évaluer la performance de chaque dyade: le nombre d'étagères accessibles dans l'entrepôt, calculé automatiquement par le logiciel, et la distance moyenne entre les quais d'expédition/de réception et chaque étagère, obtenue par analyse des journaux.

Qu'est-ce qu'on a trouvé? En condition tangible, les apprenantes et apprenants ont obtenu de meilleurs résultats (c.-à-d. qu'ils ont créé des plans d'entrepôt contenant beaucoup plus d'étagères (figure 6-4, à gauche)), et les entrepôts qu'ils ont construits étaient légèrement plus efficaces. L'un des avantages des étagères 3D est qu'elles facilitent l'estimation de la distance entre les étagères en fonction de la hauteur des étagères; elles donnent une échelle intuitive qui évite de construire des étagères inaccessibles.

Nous avons constaté une différence moindre dans les gains d'apprentissage, qui ont été calculés en soustrayant le rendement avant le test du rendement après le test. Le gain moyen était de 0,43 en condition tangible et de -2,5 en condition tactile. Une

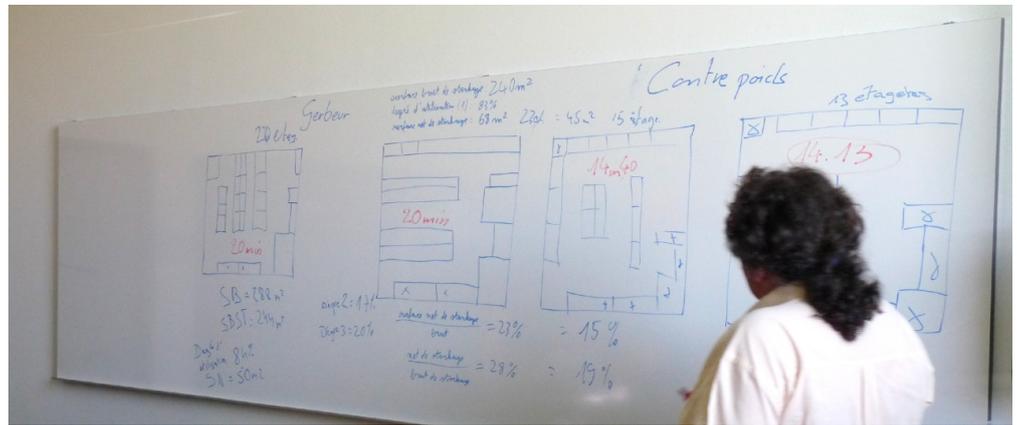
analyse à plusieurs niveaux a produit un effet significatif, ce qui confirme l'hypothèse selon laquelle l'interface tangible aurait un impact positif sur le gain d'apprentissage (figure 6-4, à droite). Nous avons analysé si d'autres variables pouvaient expliquer l'avantage d'une manipulation tangible. Nous avons demandé à tous les participants et participantes d'évaluer à quel point la simulation était ludique. Étonnamment, il n'y avait pas de différence significative entre les conditions tactile et tangible. De plus, nous avons vérifié si la qualité de la collaboration était supérieure en condition tangible à l'aide du barème de notation élaboré par Meier et al. (2007), mais là encore, la différence n'était pas significative. La principale différence entre les deux conditions s'est avérée être la fréquence avec laquelle ils ont déplacé les étagères, c'est-à-dire l'intensité avec laquelle ils ont exploré l'espace des conceptions possibles. En moyenne, ils ont déplacé les étagères 176 fois (SD = 73) en condition tangible contre 130 fois (SD = 28) en condition tactile.

À ce stade de la recherche, la valeur pédagogique de la tangibilité semblait avoir peu à voir avec les effets cognitifs de la manipulation physique. La relation entre les opérations cognitives et les manipulations physiques a inspiré des écoles de pensée depuis Froebel et Montessori, et cette hypothèse est mentionnée par les chercheuses et chercheurs qui encouragent les interfaces tangibles (Zuckerman et al., 2005). Cependant, notre travail ne le confirme ni ne le rejette. Bien que le lien entre les manipulations physiques et les opérations cognitives puisse exister lorsque les enfants juxtaposent des bâtonnets Cuisenaire, cette incarnation des actions cognitives n'a pas été démontrée chez nos jeunes logisticiens.

## L'orchestration de classe a-t-elle une importance?

L'étude précédente était bien contrôlée, avec deux apprenantes et apprenants qui sont allés utiliser la TinkerLamp dans un laboratoire contrôlé par des chercheuses et chercheurs. Il était alors temps de passer à la réalité en classe, grâce à la collaboration avec les enseignantes et enseignants. L'étude a porté sur quatre classes sur deux jours (deux fois deux classes pendant une journée complète), avec un total de 60 apprenantes et apprenants en deuxième année d'apprentissage (Zufferey, 2010). Chaque classe connaissait bien l'environnement Tinker parce qu'il avait été utilisé plusieurs fois au cours de l'année. Nous avons utilisé un modèle expérimental à l'intérieur d'un sujet, une classe utilisant la TinkerLamp le matin et le papier l'après-midi, la seconde faisant le contraire, afin que ce même professeur puisse faire les activités avec la TinkerLamp avec les deux classes. Nous leur avons donné différentes tâches réalistes à faire à chaque session. Les résultats ont été décevants: non seulement nous n'avons trouvé aucune différence significative entre l'interface tangible et les activités sur papier, que ce soit sur les connaissances déclaratives ou sur les questions de transfert, mais les acquis d'apprentissage ont été généralement très faibles. C'est le quotidien d'une employée ou d'un employé de laboratoire EdTech: nous concevons des technologies sympas, nous les testons dans de vraies salles de classe et puis nous pleurons! Nous avons compris que lorsque nous donnions des instructions aussi précises aux équipes, l'enseignante ou l'enseignant se sentait hors du coup, observant surtout leurs apprenantes et apprenants (dont beaucoup n'accomplissaient pas toutes les tâches).

Nous avons donc repensé les activités pour donner un plus grand rôle à l'enseignante ou l'enseignant. Nous avons amélioré nos TinkerSheet pour apporter une aide dans l'activité de débriefing: c'est le moment où l'enseignant (figure 6-5) demande à chaque équipe (quatre lampes en classe) de copier sur le tableau blanc le plan de l'entrepôt projeté sur leur TinkerSheet. L'enseignant leur a demandé de comparer les différentes valeurs de leurs solutions: une solution pouvait maximiser la surface de rangement, mais les chariots élévateurs n'ayant pas d'espace pour se croiser dans l'allée, ils ralentiraient et la performance moyenne serait plus faible. Comme le relèvent Schwartz et Bransford (1998), «il y a un temps pour raconter»: une phase d'exploration avec une simulation comme la TinkerLamp devient effective si elle est suivie d'un moment où l'enseignante ou l'enseignant introduit les concepts clés basés sur l'expérience de l'apprenante ou apprenant. Dans cette étude, l'enseignant avait une meilleure maîtrise des activités de la classe et tout s'est bien déroulé.



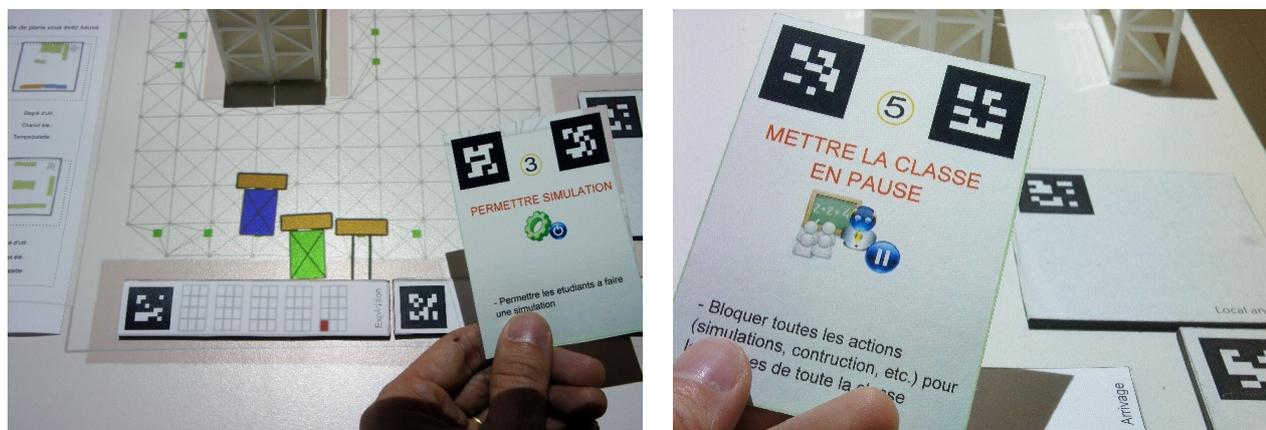
**Figure 6-5** • Les quatre équipes d'élèves ont copié leur plan de l'entrepôt sur le tableau blanc et l'enseignant compare l'utilisation de la surface et les performances de l'entrepôt (temps nécessaire pour amener une palette du camion à l'étagère et vice versa): par exemple, les allées étroites augmentent la surface de stockage mais les chariots élévateurs peuvent avoir du mal à les traverser.

C'est à cette époque que Guillaume Zufferey termine son doctorat, suivi de Son Do Lehn. Il a mené une nouvelle expérience avec 61 apprenantes et apprenants: ceux qui utilisent la TinkerLamp obtiennent de meilleurs résultats que ceux qui utilisent le papier, explorant deux fois la conception des entrepôts et réussissant à installer beaucoup plus d'étagères dans leurs entrepôts (Do Lehn et al., 2010). Toutefois, le post-test n'a révélé aucune différence significative quant à la compréhension du concept ou à la résolution des problèmes. Encore une fois, nous concevons, nous testons, nous pleurons. Son a ensuite mené d'autres études et s'est rendu compte que les meilleures équipes ne bougeaient pas trop souvent les étagères. Elles réfléchissaient un peu plus sur ce qu'il fallait modifier dans l'entrepôt avant d'appliquer ces mesures. Les pires équipes ont fait le contraire, déplaçant fréquemment les étagères et exécutant la simulation trop rapidement, sans trop réfléchir. Son a décrit cet écueil des interfaces tangibles comme une «**tentation de manipulation**» («manipulation temptation», Do-Lenh et al., 2012), un concept qui aurait pu venir du Vatican: notre interface tangible permettait ce genre d'exploration déstructurée et sans réflexion.

Son a conçu une solution simple pour réduire ce problème. Il a remis aux enseignantes et enseignants une carte en papier, appelée carte d'orchestration, qu'ils pouvaient montrer à la caméra de la TinkerLamp (la carte possédait un marqueur fiduciaire) pour bloquer ou débloquer la simulation (figure 6-7 à gauche). Au début, l'enseignant bloquait la simulation et attendait que les élèves lui demandent de la lancer. L'enseignant leur demandait alors de formuler une hypothèse, à savoir si leur nouvel entrepôt fonctionnerait mieux que le précédent ou non. Si l'équipe répondait simplement «oui», l'enseignant lui demandait d'expliquer pourquoi il en était ainsi. Demander aux apprenantes et apprenants de faire des **prédictions** est une astuce pédagogique fondamentale pour déclencher des réflexions, par opposition à la manipulation aléatoire que Son appelle la «tentation de manipulation». Edith Ackerman a une belle façon de parler de la complémentarité de la manipulation et de la réflexion: l'apprentissage alterne **les moments de réflexion («heads in») et les moments de manipulation («heads out»)**.

Nous avons constaté combien il était difficile pour l'enseignant d'attirer l'attention des élèves de sa classe. Nous nous sommes rendu compte qu'une technologie aussi sympa que la TinkerLamp était devenue une distraction pour les apprenantes et apprenants. Les enseignantes et enseignants souhaitant donner un message de deux minutes ont eu besoin de plusieurs minutes pour sortir les apprenantes et apprenants de la simulation et attirer leur attention. Une autre carte d'orchestration s'est attachée à ce problème: une carte «Mettre la classe en pause» (figure 6.6, à droite), montrée à l'une des quatre TinkerLamp de la classe, a tout simplement mis en pause toutes les simulations. Les équipes n'ont perdu aucune donnée; la lampe n'a rien affiché pendant l'explication de l'enseignant. Ensuite, l'enseignant a montré à la lampe l'autre côté de la carte d'orchestration et chaque équipe a poursuivi son travail. La figure 6-6 (à droite) montre

l'enseignant qui circule entre les tables des équipes avec quelques cartes à la main, prêt à les utiliser. Dans des études ultérieures, nous nous sommes rendu compte que ces cartes sont très simples à utiliser par les enseignantes et enseignants tant qu'il n'y en a que quelques-unes (nous nous en sommes rendu compte plus tard après avoir commis l'erreur de créer trop de cartes: l'enseignante ou l'enseignant perdait son temps à trouver la carte appropriée).



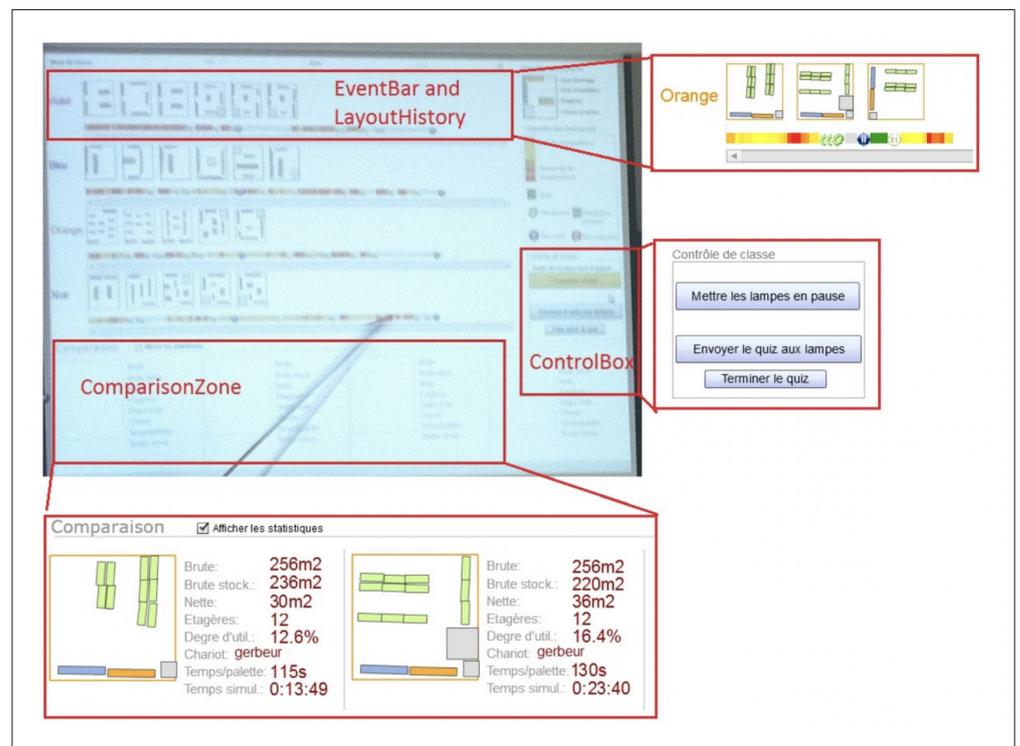
**Figure 6-6** • Cartes d'orchestration pour mettre en pause/ permettre la simulation (à gauche); toutes les lampes de la classe pouvaient être mises en pause (à droite). Un professeur circulant dans la classe avec les cartes dans son dos.

Notre propos ici n'est pas vraiment de parler des cartes d'orchestration; il s'agit d'un concept spécifique à notre environnement. Notre message est plus fondamental. Nous avons appris que, lorsque l'on crée une technologie qui est plus intéressante pour les apprenantes et apprenants que ce que fait ou dit l'enseignante ou l'enseignant, cela introduit une sorte de concurrent à l'enseignante ou l'enseignant, ce qui peut rendre son enseignement plus difficile. Aucun enseignant ou enseignante sensé ne serait ravi d'utiliser une technologie qui gâche leur enseignement. Nous entendons souvent dire que les enseignantes et enseignants ne sont pas suffisamment familiarisés avec les technologies numériques. C'est difficile à croire dans la société suisse car cela implique qu'ils ne peuvent pas réserver un concert ou un billet d'avion, faire leur déclaration fiscale ou sauvegarder leurs photos de vacances. Au contraire, les enseignantes et enseignants suisses sont suffisamment avancés sur le plan technologique pour faire la distinction entre les technologies qui facilitent leur travail et celles qui le compliquent. D'une certaine manière, la TinkerLamp a enlevé le pouvoir de contrôle des enseignantes et enseignants par rapport à leur classe et les cartes d'orchestration ont été l'une des solutions nécessaires pour leur redonner ce pouvoir. D'autres environnements peuvent nécessiter d'autres formes d'autonomisation des enseignantes et enseignants.

Les notions d'autonomisation et de contrôle évoquées au paragraphe précédent peuvent choquer certains lecteurs et lectrices. Elles sont souvent associées à la discipline dans les cours. Cependant, nous croyons que, même dans les approches constructives comme celles que nous avons mises en place, les enseignantes et enseignants doivent savoir ce qui se passe et maintenir leur autorité. Il y a un moment particulièrement délicat, qui est la phase de débriefing. Dans l'approche précitée «un temps pour raconter» ou l'approche de l'échec productif de Manu Kapur (2008), la phase de résolution de problèmes ou d'exploration est suivie d'un moment où les enseignantes et enseignants reformulent les idées des élèves, en utilisant les termes appropriés, en clarifiant les définitions ou en expliquant les formules. Cette seconde phase ne peut pas être une simple présentation PowerPoint préparée avant le cours, indépendamment de ce que les apprenantes et apprenants ont fait pendant la première phase. Cette phase de formalisation doit s'appuyer sur les idées, les erreurs, les tentatives, les résultats ou les réalisations des individus et des équipes au cours de la phase d'exploration. C'est ce qu'on appelle la phase de débriefing. L'art du **débriefing** exige un certain goût pour

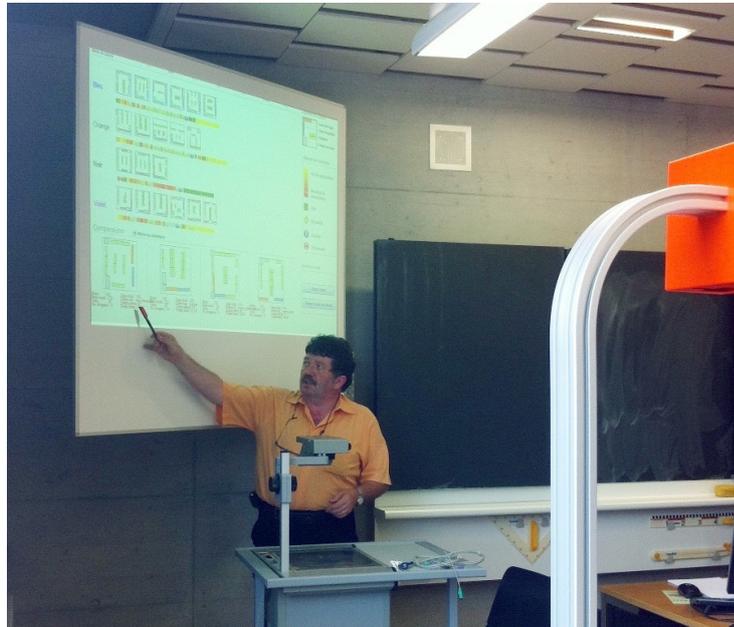
l'improvisation (ce qui n'est pas le cas de tous les enseignants et enseignantes) et une confiance en soi dans leur domaine d'expertise, et induit une charge cognitive élevée.

Nous avons donc conçu et expérimenté des outils qui facilitent le suivi de la phase d'exploration et de la phase de débriefing. Ces outils sont regroupés dans un tableau de bord de l'enseignante ou l'enseignant qui recueille les informations des quatre TinkerLamp et propose plusieurs visualisations. La figure 6-7 présente de multiples visualisations qui devraient faciliter la gestion de classe et le débriefing. Dans le panneau principal en haut à gauche, l'enseignante ou l'enseignant voit l'historique des entrepôts conçus par les équipes, avec une équipe par rangée. Le zoom affiche un code couleur qui indique le nombre de manipulations de l'étagère: rouge signifie mouvements fréquents (manipulation), vert signifie pauses (potentiellement de réflexion). Des boutons de contrôle équivalents aux cartes d'orchestration sont disponibles. Pour faciliter le débriefing, l'enseignante ou l'enseignant peut choisir deux entrepôts dans la partie inférieure et comparer leurs performances. **Le débriefing est l'art de créer à partir des productions des apprenantes et apprenants.**



**Figure 6-7** • Tableau de bord de l'enseignante ou enseignant pour l'orchestration des salles de classe utilisant la TinkerLamp.

Pierre Dillenbourg était sceptique quant à la convivialité de ces tableaux de bord. Les tableaux de bord sont censés faciliter le travail des enseignantes et enseignants, mais bon nombre des tableaux de bord trouvés dans la littérature sur l'analyse de l'apprentissage augmentent la charge cognitive des enseignantes et enseignants, comme si une enseignante ou un enseignant pouvait se permettre de consacrer beaucoup d'attention à son écran d'ordinateur pendant le cours. Cet écueil ne s'est pas présenté. Le tableau de bord était affiché en permanence par le projecteur de la classe, l'enseignant déambulant dans la classe, contrôlant souvent le tableau de bord et s'y référant (figure 6-8). Pierre avait tort: les enseignantes et enseignants l'utilisaient facilement et cela fonctionnait plutôt bien.



**Figure 6-8** • Jacques Kurzo utilisant le TinkerBoard pour comparer et contraster les dessins des élèves sélectionnés.

Comment savons-nous que cela fonctionnait bien? En utilisant cet outil, nous avons obtenu pour la première fois une augmentation significative des gains d'apprentissage pour la TinkerLamp par rapport à un cours manuscrit et nous avons obtenu une différence significative en termes de compréhension et de résolution de problèmes (tableau 6-1). Ces résultats d'apprentissage significatifs ont mis fin à un long processus de conception, de tests et d'amélioration de notre environnement.

### Et alors?

Dans l'introduction, nous avons décomposé la chaîne qui relie une conception technologique à un résultat d'apprentissage: la conception d'une solution technologique (1) permettant des activités de formation professionnelle initiale riches (2) supposées déclencher des processus cognitifs (3). Ce chapitre illustre cette chaîne. Tout d'abord, nous avons démontré la facilité d'utilisation de notre matériel de manipulation (1), c'est-à-dire le peu de temps qu'il faut aux apprenantes et apprenants pour concevoir un entrepôt en assemblant des étagères en plastique. Ensuite, nous avons co-conçu des activités d'apprentissage avec les enseignantes et enseignants. Nous avons dû ajouter une fonctionnalité technologique supplémentaire, TinkerSheets, et intégrer les activités dans l'environnement technologique. Il nous a fallu plusieurs cycles de co-conception avec les enseignantes et enseignants pour obtenir les activités d'apprentissage riches précédemment mentionnées (2). Enfin, nous nous sommes rendu compte que ces activités ne déclenchaient pas spontanément les processus cognitifs attendus, ce qui entraînait des gains d'apprentissage modestes. Nous avons dû repenser l'ensemble de la chaîne avant d'obtenir un gain d'apprentissage significatif, en ajoutant à nouveau de nouvelles fonctionnalités technologiques pour les enseignantes et enseignants, un tableau de bord et des cartes d'orchestration.

Notre progression dans cette chaîne de causalité reflète notre prise de conscience croissante du fait que **les acquis de l'apprentissage dépendront autant du corps enseignant que des outils numériques**. Dans l'introduction, nous avons mentionné un quatrième facteur, la façon dont l'enseignante ou l'enseignant organise les activités en classe. Nous n'avons pas défini l'orchestration de classe au début de cet ouvrage, mais la lectrice ou le lecteur comprendra ce concept à travers de nombreux exemples répartis dans cet ouvrage. Certains chercheurs et chercheuses appellent cela simplement la gestion de classe. Ce concept est assez proche de la nécessité de garder un certain contrôle en classe. Il s'agit de la gestion en temps réel d'activités individuelles, collaboratives et à l'échelle de la classe et de contraintes multiples en classe. L'une des principales leçons de cette série d'expériences est l'importance de l'orchestration.

C'est également le cas pour notre carte «Mettre la classe en pause», mais il y a beaucoup plus que la notion de contrôle de classe dans la notion d'orchestration de classe. Ce chapitre présente plusieurs exemples: les cartes mettre en pause/ permettre pour éviter la manipulation pure, le tableau de bord qui synthétise l'activité de toutes les équipes pour que l'enseignante ou l'enseignant garde une vue d'ensemble et surtout l'aide au débriefing. Un jour, notre collègue Miguel Nussbaum a décrit l'orchestration de classe comme la logistique de la gestion de classe, ce qui est tout à fait exact (et aussi amusant dans notre contexte). L'orchestration ne renvoie pas à une théorie de l'apprentissage, mais à l'optimisation quotidienne des processus en classe. Nous avons conçu d'autres widgets d'orchestration dans les cours universitaires:

- Formation automatique d'équipes: par exemple en formant des équipes de deux élèves ayant obtenu des résultats contradictoires lors de l'activité précédente (Dillenbourg & Jermann, 2010).
- Prévion du temps d'achèvement: si 80 % des élèves ont terminé une activité, l'enseignante ou l'enseignant doit-il attendre les 20 % restants, sachant que les 80 % perdront leur concentration? Le système prévoit combien d'élèves supplémentaires effectueront la tâche par minute d'attente supplémentaire (Faucon et., 2020.)
- Priorité à l'intervention de l'assistante ou assistant pédagogique: pendant les séances d'exercices, les équipes utilisent un dispositif appelé Athe Lantern, qui indique sur quels exercices chaque équipe travaille, depuis combien de temps et combien de temps elles attendent de l'aide, et les assistantes et assistants pédagogiques peuvent répartir leur attention en conséquence (Alavi et al., 2009).

Les préoccupations d'orchestration de classe vont au-delà de la TinkerLamp et de la formation professionnelle initiale. Lorsqu'on considère n'importe quelle technologie d'apprentissage, on peut distinguer trois cercles de convivialité (Dillenbourg et coll., 2011). Le premier cercle est ce que l'on entend habituellement par «convivialité» dans l'IHM, c'est-à-dire l'efficacité avec laquelle un utilisateur interagit avec les outils numériques. C'est le cas de la première étude empirique dont il est question dans le présent chapitre. Le deuxième cercle indique si la technologie facilite le travail d'équipe ou non. Par exemple, quatre apprenantes et apprenants peuvent interagir avec l'entrepôt de la TinkerLamp plus facilement qu'avec une tablette. **Le troisième cercle décrit la convivialité au niveau de la classe**, comme l'illustre la figure 6-9. La lectrice ou le lecteur peut remarquer que les quatre TinkerLamp ont chacune une couleur différente. La couleur d'un ordinateur a-t-elle une importance de toute façon? Ce n'est pas le cas si vous considérez la façon dont une personne interagit avec elle (cercle 1) ou la façon dont une équipe travaille avec une telle lampe (cercle 2). Autrement dit, c'était une façon pour l'enseignant de s'adresser à l'équipe autour des lampes bleues ou rouges. La couleur a facilité la gestion de classe, représentée par le cercle 3.



Figure 6-9 • La couleur des ordinateurs est-elle importante?

Nous aimons la fin de l'histoire: l'invention d'une technologie d'interface innovante, axée sur la manipulation de l'apprenante ou l'apprenant, a mis en évidence la nécessité d'intégrer des fonctionnalités afin que les interventions des enseignantes et enseignants transforment les manipulations physiques en opérations cognitives qui produisent des gains d'apprentissage. L'orchestration de classe n'est pas un message

politiquement correct pour accorder plus d'attention au rôle des enseignantes et enseignants dans la conception des technologies; c'est simplement une condition pour rendre ces technologies plus efficaces pour l'apprentissage.

## Annexe

	<b>Paper/pen</b>	<b>TinkerLamp 1.0</b>	<b>TinkerLamp 2.0 NoTinkerBoard</b>	<b>TinkerLamp 2.0 WithTinkerBoard</b>
Understanding	7.84 (2.85)	7.43 (2.82)	9.38 (2.03)	10.31 (1.70)
Problem-solving	5.16 (1.70)	5.15 (1.78)	6.44 (1.65)	6.59 (1.53)

**Tableau 6-1** • Résultats de plusieurs expériences.  
La TinkerLamp 2.0. comprend des cartes d'orchestration et d'autres éléments. Le TinkerBoard fait référence au tableau de bord de l'enseignant.

## Chapitre 7

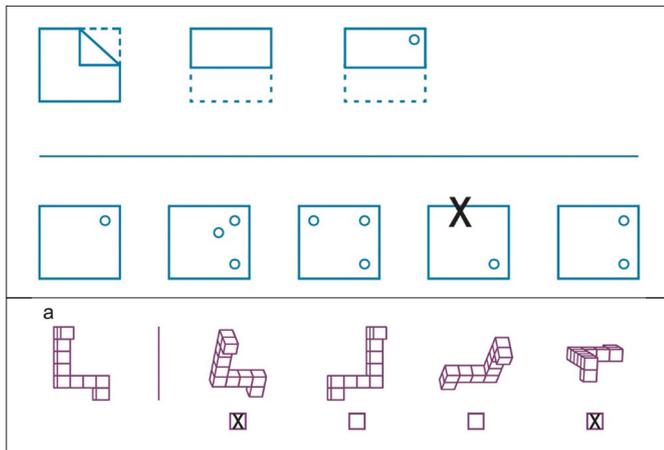
# Augmenter l'expérience : L'histoire des charpentières et charpentiers

Pierre Dillenbourg, Sébastien Cuendet, Lorenzo Lucignano et Jessica Dehler-Zufferey

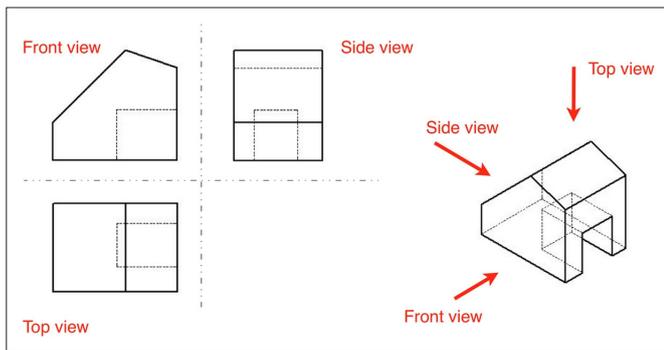
Après avoir utilisé avec succès le système TinkerLamp avec des logisticiennes et logisticiens, nous nous sommes demandé si la même approche (réalité augmentée/ interfaces utilisateurs tangibles) pouvait être utile à d'autres domaines de la formation professionnelle initiale. Heureusement pour nous, à cette époque, nous avons été contactés par l'office fédéral en charge de la formation professionnelle initiale, qui nous a demandé si l'approche TinkerLamp pouvait être étendue à d'autres professions. L'une des idées consistait à transformer notre simulation d'entrepôt en une simulation de supermarché utilisable par les vendeuses et vendeurs, les chariots remplaçant les chariots élévateurs. Une autre idée était de travailler sur une simulation pour les policières et policiers et les agentes et agents de sécurité: en cas d'évacuation d'urgence d'un bâtiment ou d'une rue, comment placer des obstacles qui freineraient le mouvement de la foule pour éviter une bousculade au niveau d'un goulet d'étranglement. Finalement, nous avons décidé de travailler dans un autre domaine, qui comporte des objectifs d'apprentissage difficiles et concerne de nombreux apprenants et apprenantes, à savoir la formation des charpentières et charpentiers. Nous devons dire que cela a été un plaisir de collaborer avec eux, notamment Philippe Ogay du Centre d'Enseignement Professionnel de Morges (CEPM), Sandro Melchior de l'École de la Construction de Tolochenaz et tous les membres du comité « formation » de l'Association Vaudoise des Charpentiers. Tout comme nous l'avons fait avec les logisticiennes et logisticiens, nous sommes allés visiter plusieurs entreprises, dans leurs ateliers ainsi que sur les chantiers. Nous avons interviewé les dirigeantes et dirigeants, les apprenantes et apprenants ainsi que les enseignantes et enseignants de l'école et ceux du centre dispensant des cours interentreprises, dont le directeur nous a beaucoup aidés.

Après nos premiers échanges, nous avons mis de côté l'idée de réutiliser la TinkerLamp et nous nous sommes concentrés sur l'identification des écart de compétences. Le premier – le raisonnement spatial – a rapidement émergé, tandis que le second – la statique intuitive – nous a été apporté plus tard par des professeures et professeurs de menuiserie. Concentrons-nous sur le premier. Les travaux rapportés ici ont été principalement réalisés par Sébastien Cuendet et Jessica Dehler-Zufferey. Les charpentières et charpentiers travaillent sur une structure de toiture 3D, généralement définie par un plan 2D. Ils font des allers-retours entre une représentation 2D et les objets 3D. Le raisonnement spatial a largement été étudié en sciences cognitives et sa malléabilité a fait l'objet de nombreux travaux universitaires (Martin-Gutierrez et al., 2011). Il existe des tests bien établis qui permettent de mesurer les capacités spatiales, comme le test de pliage du papier et le test de rotation illustrés à la figure 7-1. Ils illustrent bien ce que signifie le raisonnement spatial:

Les compétences attendues des charpentières et charpentiers sont cependant plus complexes que celles qu'impliquent ces tests. Les plans de toiture proposent deux ou trois vues d'une même maison: du devant, du côté et du haut (voir figure 7-2). Les apprenantes et apprenants consacrent environ trois heures par semaine pendant trois ans à apprendre à dessiner ces trois vues connectées avec une précision millimétrique. Certaines poutres peuvent ne pas être parallèles à l'un des trois plans orthogonaux; par conséquent, leur longueur réelle ne peut être calculée qu'à l'aide de méthodes graphiques («rabattement»). Le problème est que les apprenantes et apprenants utilisent ou pratiquent rarement ces méthodes sur le lieu de travail. Dans les entreprises que nous avons visitées, les plans de toiture ne sont pas dessinés par des apprenantes et apprenants, mais par une ou un employé expérimenté qui dessine la toiture, puis par une ou un autre employé expérimenté qui coupe les poutres; le rôle des apprenantes et apprenants se limite à l'assemblage et aux ajustements fins. De plus, les expertes et experts ne dessinent pas sur du papier, mais utilisent des outils de conception assistée par ordinateur (CAO) pour les charpentières et charpentiers tels que CADWORKS®. Certains de ces outils produisent non seulement des plans en sortie, mais aussi tous les paramètres d'un dispositif qui effectue l'usinage et le perçage de poutres en bois.



**Figure 7-1** - Éléments de deux tests mesurant la capacité spatiale: le test de pliage du papier (en haut) et le test de rotation mentale (en bas): dans le test de pliage du papier, le pliage est montré dans la partie supérieure de l'image au-dessus de la ligne et un trou est percé dedans: à quoi ressemblera le papier après avoir été déplié? Cinq options possibles sont présentées dans les images sous la ligne. Dans le test de rotation mentale, lequel des objets A, B et C est une rotation de l'objet 1?



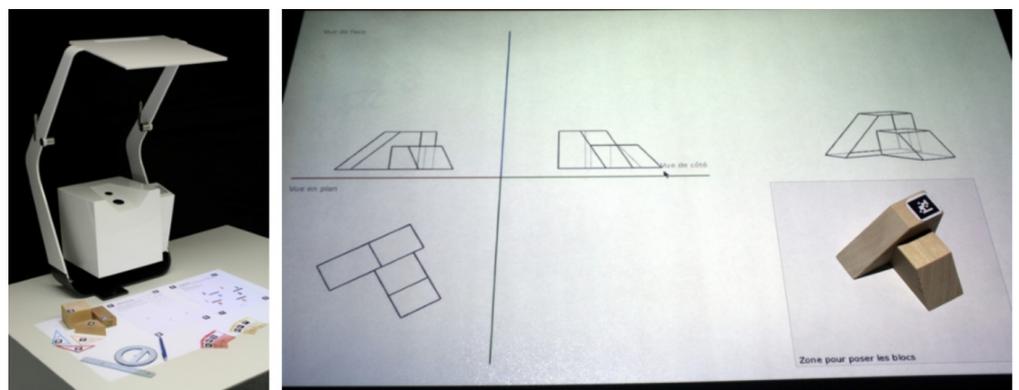
**Figure 7-2** - Les 3 projections orthogonales de la même structure.

En d'autres termes, nous sommes confrontés ici à un écart de compétences opposé à celui de la logistique. Avec les logisticiennes et logisticiens, l'école tentait d'aller au-delà des exigences des pratiques quotidiennes en milieu professionnel. Avec les charpentiers et charpentiers, les lieux de travail ont adopté la transformation numérique bien plus tôt que les écoles, ce qui leur a permis d'être plus avancés sur le plan technologique. Néanmoins, le dessin des plans est si profondément ancré dans la culture de la menuiserie qu'il serait extrêmement difficile de le retirer de leur programme d'études. Lorsque nous avons interrogé les enseignantes et enseignants à ce sujet, ils ont soutenu qu'il n'était pas possible d'enseigner l'utilisation de la CAO puisque toutes les entreprises de menuiserie n'utilisent pas le même système de CAO. C'est en partie vrai, mais certains principes sont communs à tous les systèmes de CAO. Nous sommes confrontés au même problème dans n'importe quel système éducatif, y compris à l'EPFL: il est presque impossible de parvenir à un consensus sur la suppression d'un cours. Nous entendons des réflexions comme «un ingénieur qui n'a jamais calculé X à la main n'est pas un ingénieur» ou «nous avons dû le faire, donc les nouveaux apprenants et apprenantes devraient le faire» comme si l'apprentissage était semblable au service militaire. Comme l'évolution des professions exige de nouvelles compétences, par exemple la fabrication additive, soit vous allongez l'apprentissage, soit vous supprimez certains contenus. Mais dans l'enseignement en général, et pas seulement dans la formation professionnelle initiale, il n'est pas facile de supprimer des contenus, comme le montrait déjà en 1939 la célèbre satire *The Sabre-Tooth Curriculum*. Lorsque nous avons demandé aux responsables de menuiserie s'il fallait remplacer le dessin par d'autres compétences à enseigner dans les écoles, ils ont également rejeté

l'idée. Il est vrai que, même s'ils utilisent des outils CAO, les charpentiers et charpentiers que nous avons rencontrés sont toujours prêts à dessiner par exemple le détail d'un assemblage entre deux poutres avec le crayon qu'ils gardent habituellement sur le haut de l'oreille. Ils ont accepté la possibilité de raccourcir les cours de dessin mais ont insisté sur le fait que l'apprenante ou l'apprenant doit être capable de lire chaque détail d'un plan et de faire des allers-retours entre le plan 2D et les structures 3D, comme nous l'avons dit précédemment. Ces rencontres ont clairement défini notre défi de recherche. Pourrait-on concevoir des activités d'apprentissage axées sur ces compétences spécifiques de raisonnement spatial, à savoir **connecter un objet à ses 3 projections orthogonales**, sans consacrer autant de temps et d'efforts à les dessiner à l'école? De plus, il se peut que les apprenantes et apprenants eux-mêmes n'utilisent pas la compétence recherchée sur le lieu de travail, contrairement à ce que nous avons présenté précédemment pour les boulangères et boulangers, cuisinières et cuisiniers, peintres, stylistes et esthéticiennes et esthéticiens (voir les chapitres 3, 4 ou 5).

Un nouvel environnement d'apprentissage en RA a été conçu à cet effet, adapté aux besoins de la profession, un environnement que nous avons appelé TapaCarp. Il partage avec l'application TinkerLamp l'objectif de concentrer l'attention de l'apprenante ou l'apprenant sur le cœur de ses compétences, en le déchargeant des tâches chronophages nécessaires pour y parvenir.

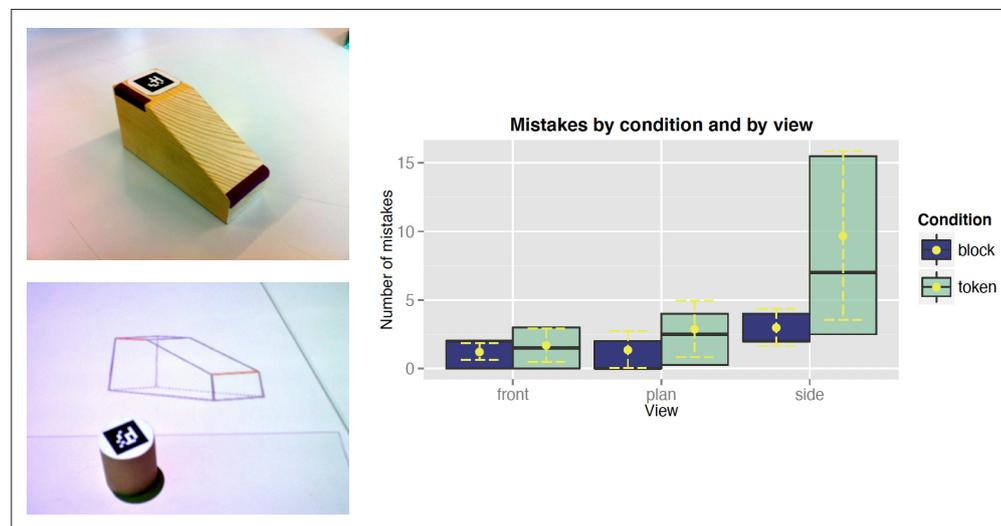
Dans l'espace de travail RA de TapaCarp, les projections orthogonales d'un objet 3D sont affichées en temps réel. Dans chaque vue orthographique, les bords sont représentés soit sous forme de lignes simples si elles sont visibles de ce point de vue, soit sous forme de lignes pointillées si elles ne le sont pas. Pour les activités TapaCarp, les apprenantes et apprenants n'ont pas travaillé avec des modèles de toits pleins mais avec de petits blocs de bois de différents niveaux de complexité 3D. Ces blocs peuvent être directement manipulés, c'est-à-dire tournés sur la table ou placés les uns à côté des autres. Une tâche difficile pour les apprenantes et apprenants est de trouver les lignes correspondantes des trois vues orthographiques et les bords correspondants de l'objet 3D. Il s'agit là d'une tâche qui exige un certain degré de compétences en matière de visualisation spatiale. Une astuce pour aider à les relier est la covariation ou la liaison dynamique entre objets et vues: le cerveau humain sait pour détecter quand deux éléments varient simultanément. Dans la figure 7-3, TapaCarp montre les trois projections de l'objet complexe en bois placé dans le coin inférieur droit de l'espace de travail. Lors de la rotation de l'objet en bois, certains bords invisibles deviennent visibles tandis que d'autres deviennent invisibles. Si les apprenantes et apprenants devaient faire la même opération en dessinant le même bloc avant et après la rotation, cela ne prendrait pas trois secondes, mais trois heures. L'augmentation pédagogique est la liaison dynamique entre un objet en mouvement et ses projections orthogonales.



**Figure 7-3** - L'apprenante ou l'apprenant manipule l'objet en bois et la TinkerLamp met à jour en temps réel les trois projections orthogonales.

Dans l'une de nos études, nous nous sommes interrogés sur l'utilité du bloc en bois puisque sa représentation numérique peut facilement être tournée avec un dispositif d'entrée non figuratif comme une souris ou un jeton, par exemple. Afin de tester cette hypothèse, nous avons mené une étude où 44 apprenantes et apprenants devaient indi-

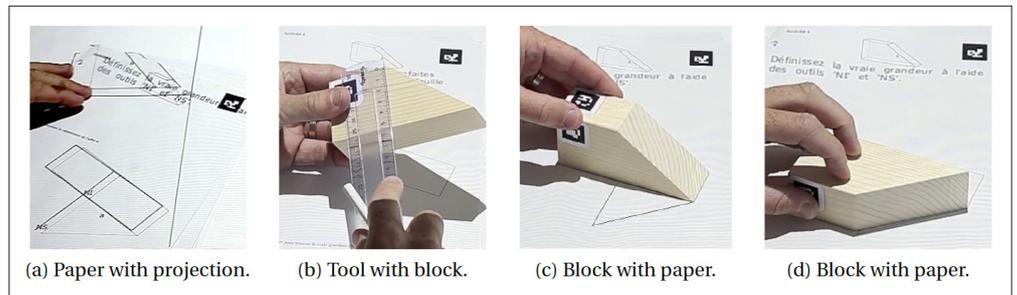
quer sur les 3 projections la ligne correspondant à un bord indiqué par l'enseignante ou l'enseignant. Les résultats montrent que l'avantage de l'objet figuratif n'était significatif que lorsqu'il fallait identifier un bord de la vue latérale (figure 7-4, à droite). Cela correspond à un résultat général de nos expériences: la visualisation mentale d'un objet de côté est toujours la tâche la plus exigeante pour les apprenantes et apprenants (et pour nous). En effet, dans cette expérience, les apprenantes et apprenants avaient un taux d'erreur de 15 % avec la vue latérale, comparativement à 6,8 % et 5,8 % pour la vue en plan et la vue frontale, respectivement.



**Figure 7-4** - Comparaison du nombre d'erreurs (à droite) dans différentes vues en utilisant un bloc 3D réel (en haut à gauche) par rapport à un simple jeton (en bas à gauche).

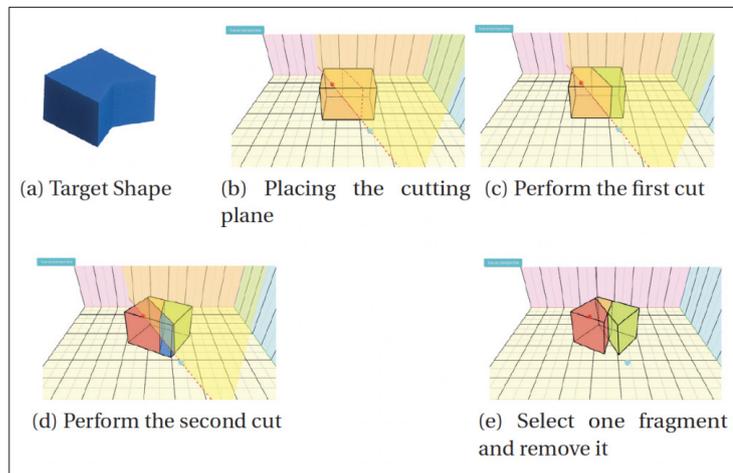
Pour amener TapaCarp dans les écoles, nous avons conçu un livret de 11 activités d'une durée de 50 minutes. Les apprenantes et apprenants devaient apprendre à calculer la longueur réelle d'un bord qui n'est perpendiculaire à aucune des trois vues, en utilisant la technique appelée «rabattement». Par rapport à la pédagogie exploratoire développée en logistique (voir chapitre 6), ce livret se rapproche davantage d'un plan de cours étape par étape comme dans l'approche d'apprentissage par la maîtrise. Au lieu d'afficher les informations sur la table, TapaCarp a projeté les projections orthogonales et d'autres éléments d'information directement sur le livret, en reconnaissant les marqueurs dans le coin supérieur droit (figure 7-5). Nous avons conçu un livret augmenté où les instructions de travail ont été imprimées à l'avance et les projections de blocs ont été ajoutées en temps réel. Ils ont également utilisé plusieurs petites cartes, comme les cartes d'orchestration de la TinkerLamp, pour faire des opérations comme afficher ou masquer les lignes de construction qui relient les projections orthogonales. Sous l'influence des enseignantes et enseignants, le livret comprenait également des activités de dessin (d'où les outils de dessin de la figure 7-5), ce qui est un avantage de la projection sur papier. Au final, le livret annoté pouvait être évalué par deux juges indépendamment de l'environnement TapaCarp.

Nous avons comparé 24 apprenantes et apprenants utilisant TapaCarp en binôme et 19 apprenantes et apprenants utilisant le livret et les blocs en bois mentionnés précédemment, mais sans l'augmentation. Le livret devait suffire à l'auto-apprentissage dans le cas du papier, mais il s'est avéré que l'enseignant dans le cas du papier, probablement interpellé par l'expérience, est beaucoup intervenu pendant le cours alors que le responsable de la situation en RA ne l'a pas fait. Par conséquent, les gains d'apprentissage étaient presque (marginale) beaucoup plus élevés dans le cas du papier. En termes de convivialité, nous nous sommes rendu compte que l'interface TapaCarp contenait trop de cartes papier pour différentes actions, ce qui faisait perdre du temps à trouver la bonne carte. Comme nous l'avons écrit dans les chapitres précédents, les cartes sont très utiles si les utilisatrices et utilisateurs n'en manipulent que quelques-unes. Les apprenantes et apprenants ont trouvé des façons créatives de combiner les feuilles de papier, l'information projetée, le bloc en bois et leurs outils, comme l'illustre la figure 7-5.



**Figure 7-5** • Intégration des composants d'interface – les feuilles (on peut voir le repère), les projections, le bloc et les outils.

Signalons aussi une expérience qui montre les limites d'un système RA tangible. Dans l'expérience précédente, la forme du bloc n'a pas évolué; il a été manipulé tel qu'il apparaît. Cependant, nous voulions aborder une compétence complexe que doivent avoir les apprenantes et apprenants, qui consiste, par exemple, à couper des fragments d'une poutre pour faire le joint avec une autre poutre. Nous avons mis en place cette activité dans TapaCarp. La logique est plus complexe que ce que nous avons vu jusqu'à présent, car les apprenantes et apprenants doivent définir des plans de coupe et ensuite couper partiellement le long de ces plans.



**Figure 7-6** • Pour terminer avec l'objet cible (a), l'apprenante ou l'apprenant définit deux plans de coupe, l'un en vert (c) et l'autre en rouge (d), afin de supprimer la partie bleue (d-e) (Lucignano et al., 2014).

Alors que les apprenantes et apprenants coupaient virtuellement l'objet virtuel, l'objet physique entre leurs mains n'évoluait pas. Très vite, l'objet physique et l'objet virtuel ne correspondaient plus. L'objet est alors devenu un simple jeton de manipulation, comme dans l'expérience rapportée précédemment. Il n'est donc pas surprenant que lorsque nous avons comparé les élèves utilisant le bloc comme entrée par rapport à un groupe témoin utilisant une souris, nous n'ayons obtenu aucune différence significative quant à la durée ou à la qualité des coupes (Lucignano et al., 2014). Nous avons envisagé d'utiliser un panneau Styrofoam comme matériau de manipulation et de le couper après chaque étape, mais il aurait été difficile de l'utiliser avec une classe de 15 apprenantes et apprenants. L'enseignement tiré est que l'utilisation d'un objet tangible comme dispositif d'entrée dans un système RA exige que l'objet physique reste visuellement proche de l'objet augmenté.

## La RA pour une compréhension intuitive de la statique

Alors que nous établissons une relation de confiance avec le comité de formation des charpentiers et charpentiers au niveau cantonal, les membres ont formulé une nouvelle demande. Une nouvelle ordonnance fédérale venait de paraître, qui comprenait l'enseignement d'une compréhension intuitive de la statique, à savoir l'équilibre des forces dans les structures de toiture. Le mot «intuitif» n'a aucune mesure scientifique, donc nous l'utilisons ici avec précaution. Cela signifie qu'il ne s'agit pas d'appliquer mathématiquement les lois de la physique comme pour la formation d'ingénieurs civils. Le raisonnement quotidien en statique d'une apprenante ou d'un apprenant concerne, par exemple, l'ordre de montage ou de démontage des éléments d'une structure. Une apprenante ou un apprenant de 15 ans peut se demander quelle pièce il est le plus important de réparer avant de quitter le chantier, alors qu'un vent fort est prévu pour la soirée. Lorsque les charpentiers et charpentiers ont des problèmes de statique plus difficiles (p. ex. la construction d'un chalet), ils utilisent des logiciels spécifiques, et lorsqu'ils ont des défis de statique, comme une salle de sport, ils font appel à des ingénieurs civils.

Lorenzo Lucignano a donc développé un nouvel environnement, l'application StaticAR. Les maquettes à petite échelle des structures de toiture constituent l'arrière-plan de l'augmentation. La RA affiche les forces axiales le long des poutres et la quantité de contraintes auxquelles elles sont soumises. Cette fois-ci, nous n'avons pas utilisé un système de caméra-projecteur comme la TinkerLamp, mais une approche transparente: l'apprenante ou l'apprenant regarde la réalité, une maquette de toit, via une tablette, qui ajoute l'information statique (figure 7-7). Idéalement, nous aurions aimé que l'apprenante ou l'apprenant porte simplement un visiocasque pour observer les structures de toiture à l'échelle réelle, mais il y avait des problèmes de vision par ordinateur: une structure de toiture est rarement visible de manière globale, car elle est très grande et présente de nombreuses occlusions et zones sombres.

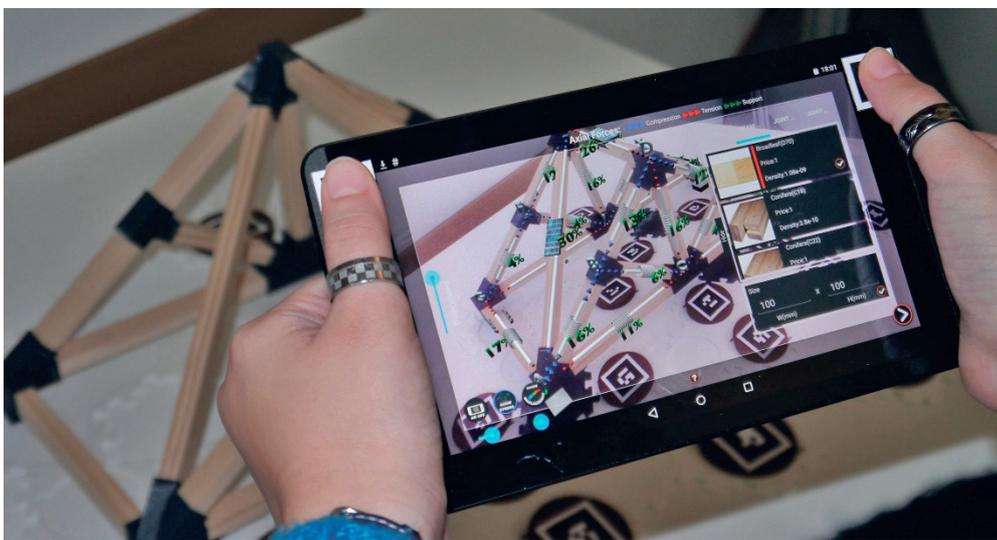


Figure 7-7 · RA avec une technique transparente

Les notions de transposition didactique et de transposition informatique décrites précédemment s'appliquent ici, car nous avons travaillé avec des modèles de ferme simplifiés. Les fermes sont les charpentes typiques qui soutiennent les toits. L'analyse d'une ferme consiste à comprendre la nature des forces axiales agissant sur ses éléments et comment toutes les pièces sont en équilibre pour créer une structure stable. Il y a plusieurs simplifications, comme le caractère abstrait des assemblages (par exemple, peu importe si deux pièces sont reliées par des clous ou des joints en bois), le fait de ne pas modéliser l'imperfection du grain de bois ou de ne pas tenir compte de l'effet des forces qui ne sont pas parallèles aux pièces de la ferme. Malgré ces simplifications, le modèle est bien adapté pour étudier si la ferme peut supporter les forces ou non, quelle taille ou quel bois utiliser pour les pièces ou ce qui se passe lors du remplacement d'une pièce.

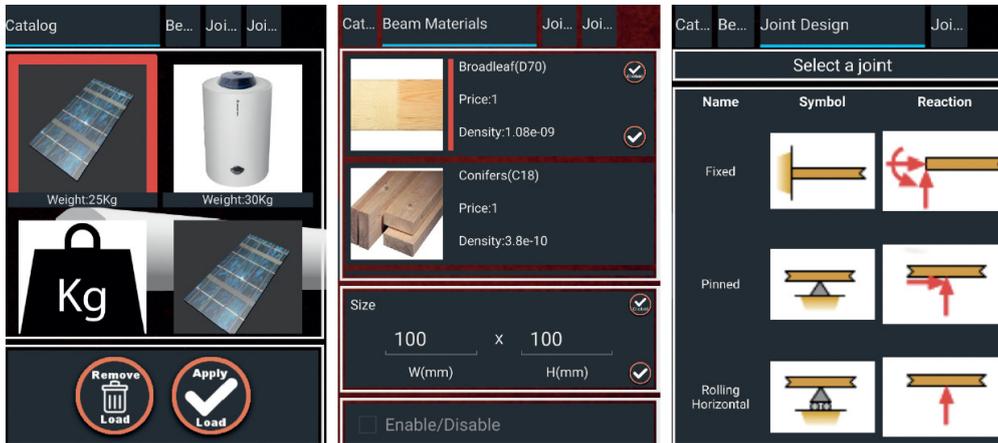
Le noyau informatique de l'analyse statique est une version personnalisée de Frame3DD, une application open source publiée sous la licence GPLv3. Les informations superposées indiquent en bleu ou en rouge si une poutre est en compression ou en tension. Le type de bois est décrit à l'aide de quelques paramètres connus des charpentiers et charpentiers (p. ex. classe de résistance standard). Cette description remplace les multiples paramètres qui caractérisent les modèles complexes de bois utilisés dans les classes d'ingénierie.

Nous avons discuté avec des expertes et experts de la meilleure façon de visualiser les forces, notamment lorsque les poutres sont en compression ou en tension (figure 7-8). Nous avons utilisé des ressorts et des flèches comme représentations complémentaires du même concept. Les ressorts transmettent l'effet de la force sur les poutres, tandis que les flèches transmettent la réaction des poutres sur les joints. La notion d'action et de réaction peut être considérée comme acquise par les scientifiques, mais le fait que «*lorsque la poutre est comprimée, elle pousse contre les joints pour maintenir l'équilibre*» n'est pas une question triviale et n'est pas un concept physique intuitif. En regardant un joint particulier, les flèches des poutres reliées forment un diagramme de quasi-force du nœud (bien que les forces non axiales soient négligées), à partir duquel il est possible d'observer comment l'équilibre est atteint.



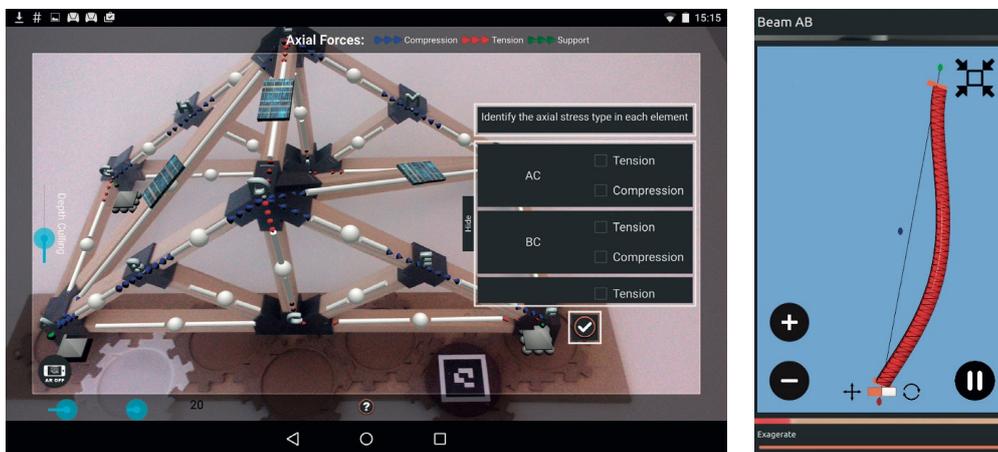
Figure 7-8 • Ajout d'informations statiques sur les poutres

Comme pour les applications RA précédentes, nous avons permis à l'apprenante ou l'apprenant d'étudier le phénomène en **manipulant** la réalité (figure 7-8, volet de droite). Les apprenantes et apprenants pouvaient manipuler trois ensembles de paramètres (figure 7-9). Tout d'abord, ils pouvaient placer des charges sur le toit, comme de la neige, des panneaux solaires, des réservoirs d'eau, ou tout simplement un poids important. Les panneaux solaires et la neige présentent un intérêt pour les charpentiers et charpentiers car ils produisent des charges asymétriques: les panneaux solaires sont placés sur des toitures orientées au sud (dans l'hémisphère nord), tandis que la neige fond plus lentement sur des toitures orientées au nord, ce qui crée un déséquilibre. Les apprenantes et apprenants peuvent également modifier eux-mêmes les poutres en optant, par exemple, pour un bois plus résistant ou des poutres plus grandes, ce qui, dans les deux cas, a un impact non négligeable sur les coûts. Enfin, ils pouvaient sélectionner un joint sur l'écran et préciser quel type de support était présent. Si la charge que les apprenantes et apprenants placent sur le toit dépasse ce que peut supporter la structure, toute la structure s'écroulera avec un bruit spectaculaire.



**Figure 7-9** - Paramètres que les apprenantes et apprenants peuvent manipuler

Pour développer la saisie intuitive, le système peut exagérer 500 fois la déformation des poutres (figure 7-10, à gauche) ou zoomer sur une poutre et visualiser la distorsion (figure 7-10, à droite).

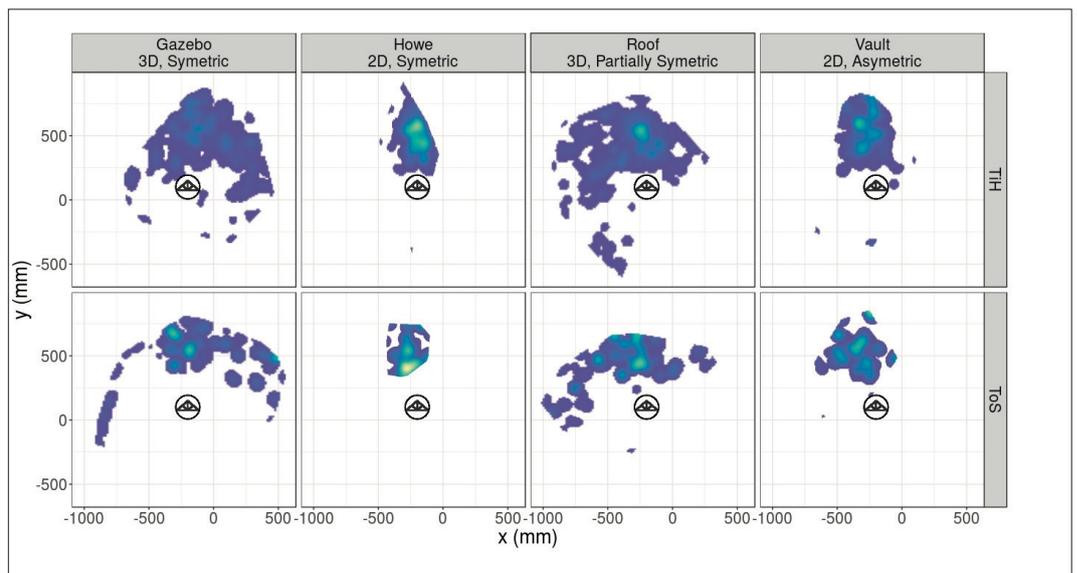
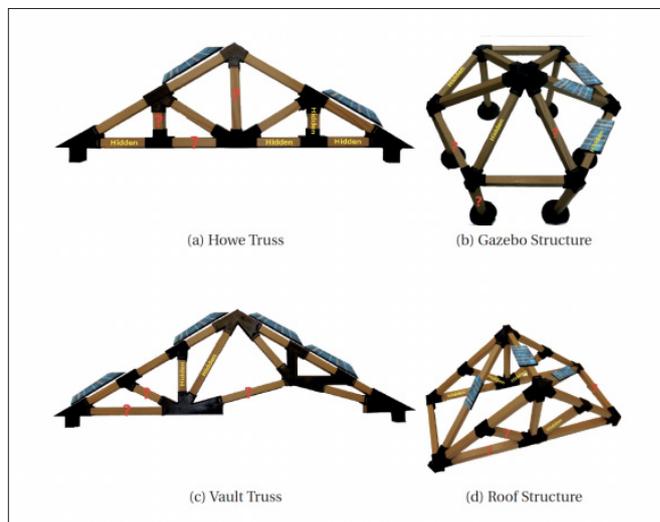


**Figure 7-10** - Une autre façon de visualiser les forces est d'exagérer la distorsion des poutres comme si les poutres n'étaient pas composées de bois.

Comme avec la TinkerLamp, nous ne nous attendions pas à ce que les apprenantes et apprenants découvrent par eux-mêmes les lois de la statique en jouant avec cette application exceptionnelle, même pendant une longue période. Il y a des limites au constructivisme. L'exploration par la manipulation doit s'inscrire dans un scénario pédagogique. Ici, comme la logistique, l'idée pédagogique sous-jacente était «un temps pour raconter». Les apprenantes et apprenants finissent par rencontrer des difficultés et ne connaissent pas vraiment les lois de la physique, mais ils peuvent prêter attention à certains éléments et se poser des questions qui seront abordées lors de la phase de débriefing. Une autre anecdote à laquelle nous pouvons nous rapporter est que lors de la dernière étude, le meilleur résultat a été obtenu par l'apprenant qui travaillait dans une entreprise de construction de rampes de ski. La physique intuitive jouait probablement un grand rôle dans son travail. L'un des pires résultats a été celui d'un employé d'une entreprise qui fabrique des portes.

Mais nous étions confrontés à une autre question. Puisque les apprenantes et apprenants n'ont pas manipulé physiquement la maquette en bois ou les poids placés dessus, quelle est la valeur ajoutée de la RA par rapport à la réalité virtuelle? Ils pouvaient tout faire sur une tablette ou un ordinateur standard, en changeant les paramètres avec leur doigt ou leur souris. Quelle a été la valeur ajoutée de déplacer la tablette autour de la maquette comme on déplace un objectif sur un champignon? Nous avons émis l'hypothèse que la réponse à cette question dépendrait de deux paramètres – si la structure était 2D ou 3D et si elle était symétrique ou non. Nous avons donc expérimenté

les quatre modèles illustrés à la figure 7-11 (en haut). Nous avons eu 25 élèves qui ont réussi le test, soit avec la tablette placée sur un trépied avec roues (donc mobile) soit dans leurs mains. Nous leur avons donné trois tâches à accomplir par structure. À l'aide d'oculomètres, nous avons constaté que dans les deux conditions, ils regardaient rarement directement la structure en bois: seulement 1,2 % des regards était directement dirigé vers la structure, ce qui remet en question la pertinence de sa présence. Cependant, nous avons constaté que pour la structure 3D, les utilisatrices et utilisateurs déplaçaient en fait la tablette autour des structures 3D plutôt qu'autour des structures 2D, comme l'illustrent les cartes thermiques de la figure 7-11 (en bas). De plus, notre analyse a révélé que dès que la personne change de position, elle est plus susceptible d'examiner la structure. Au cours des entretiens, six participantes et participants ont explicitement indiqué qu'ils avaient rapidement examiné la structure afin de décider des points de vue successifs. Le résultat principal est que le fait de regarder directement l'objet physique semble maintenir l'orientation spatiale de l'utilisatrice ou l'utilisateur dans l'espace physique lorsqu'il change d'emplacement. Cela facilite l'alignement du point de vue donné par la tablette avec le point de vue naturel de la personne. Par conséquent, cela se traduit par une navigation plus aisée de l'espace pendant l'expérience RA.



**Figure 7-11** • En haut, les 4 modèles de toiture utilisés dans l'expérience. En bas, les cartes thermiques montrent la position des tablettes autour de la structure (au milieu) pour les quatre modèles et dans les deux cas, les tablettes dans les mains des apprenantes et apprenants pour la rangée supérieure et les tablettes sur support pour la rangée inférieure.

## Réflexions sur notre approche de l'augmentation de la réalité

Nous avons développé plusieurs environnements RA pour la formation professionnelle initiale. Dans le chapitre précédent, nous avons présenté la TinkerLamp, que nous avons développée et utilisée pour les logisticiennes et logisticiens. Ce chapitre présente deux autres exemples de RA pour les charpentières et charpentiers, et le chapitre suivant aborde encore d'autres environnements RA – pour les horticultrices et horticulteurs et les fleuristes. Bien que bon nombre de chercheuses et chercheurs s'efforcent de développer des mondes de réalité virtuelle (RV) aussi semblables que possible à la réalité, les exemples RA que nous avons développés pour ce projet diffèrent de la réalité. Dans le monde réel, nous ne voyons pas de forces dans une structure de toit à moins qu'elle ne s'effondre. La valeur ajoutée de StaticAR a en effet été de **rendre visible quelque chose qui est normalement invisible**.

L'adjectif «augmenté» est assez technique. Il s'agit de la superposition d'informations numériques sur un objet réel ou une photo réelle prise par une caméra. Dans le premier cas, lorsque des objets réels augmentés peuvent être manipulés physiquement, comme dans la TinkerLamp, certains auteurs et autrices préfèrent utiliser le terme «réalité mixte» (RM). Ce terme évoque une caractéristique puissante partagée par différentes technologies RA et RM: la capacité de brouiller la frontière entre le monde physique et le monde numérique. Contrairement à la réalité virtuelle, où toute la scène visuelle est générée par l'ordinateur et où l'utilisatrice ou l'utilisateur est immergé dans l'environnement virtuel, la RA et la RM laissent à l'utilisatrice ou l'utilisateur sa vision du monde physique. Un lien bidirectionnel est créé entre l'entité numérique et l'entité physique, la première réagissant aux changements de la seconde laquelle s'enrichit de contenus générés par ordinateur.

Les étagères en plastique de la TinkerLamp étaient à la fois des objets physiques et des dispositifs d'entrée. Dans la TinkerLamp, la liaison physique-numérique est le résultat des progrès de la vision par ordinateur. Aujourd'hui, tout objet peut être une entrée/sortie s'il est enrichi de minuscules capteurs ou actionneurs: l'«Internet des objets» crée un continuum entre le monde physique et le monde numérique. Cela fait partie du flou entre le monde physique et le monde numérique. Alors que la TinkerLamp utilise une technologie ad hoc, la plupart des environnements RA utilisent des visiocasques ou des lunettes transparentes (l'utilisatrice ou l'utilisateur voit la vue normale à travers les lunettes, mais l'information numérique est ajoutée aux lunettes). Le principal défi technologique de la RA est d'aligner l'information numérique affichée et la scène visuelle, en combinant les techniques de vision par ordinateur et la localisation 3D. Malgré cette difficulté, les technologies RA occupent déjà le marché et des systèmes prêts pour l'entreprise ont été adoptés avec succès dans le milieu industriel.

Les applications professionnelles typiques de RA concernent la maintenance technique de machines complexes dans lesquelles des informations techniques sont ajoutées à différents éléments ou la procédure de réparation est suggérée étape par étape. Dans le cas de la modification d'un réglage d'une machine complexe, il est utile d'afficher les informations sur les éléments de la machine directement sur celle-ci plutôt que dans un manuel, par exemple, afin de préciser ce que doit faire la ou le machiniste et d'éviter ainsi des erreurs potentiellement coûteuses et dangereuses. D'autres applications apportent de la transparence: une travailleuse ou un travailleur qui doit percer un trou dans un mur ou une rue voit les tuyaux invisibles ce qui permet de les éviter. Ces exemples illustrent comment le mot «augmentation» peut être compris comme allant au-delà du sens technique de «superposition d'informations». Cela signifie aussi «augmenter» dans le sens d'enrichir la tâche accomplie par les utilisatrices et utilisateurs avec de nouvelles fonctionnalités. L'exemple du perçage apporte une valeur ajoutée nette à une situation professionnelle. Nous nous attendons à ce que les entreprises qui vendent de l'équipement à d'autres entreprises fournissent de plus en plus d'outils RA, car cela peut aider à prévenir les erreurs ou les accidents, ce qui peut, en retour, accroître la rentabilité. Mais quelle serait la fonctionnalité utile équivalente pour l'éducation? Si, par exemple, le système informait les apprenantes et apprenants du nom de chaque pièce d'un moteur de voiture, il pourrait les aider et éviter les accidents, mais il les empêcherait également d'apprendre le nom de ces pièces. Toute aide peut avoir un effet déqualifiant, comme une bouée qui empêche d'apprendre à nager

ou une liste de numéros de téléphone portable qui implique que l'on ne connaît pas les numéros de la plupart de ses contacts. Tel est le cas des dispositifs de diagnostic automobile, à savoir les tablettes que les mécaniciennes et mécaniciens branchent sur les voitures modernes: empêchent-ils les apprenantes et apprenants de développer des stratégies de diagnostic appropriées ou sont-ils simplement le reflet de la complexité croissante de l'électronique automobile? De toute évidence, notre Leading House ne s'intéresse pas à la RA en tant que technologie déqualifiante, mais en tant que moyen d'acquérir des compétences spécifiques, et l'environnement RA doit être conçu en ce sens, comme nous l'expliquons dans le présent chapitre.

### Immersion: perceptive ou cognitive?

Un des objectifs pédagogiques de la RV (plus que de la RA) est de créer des situations d'apprentissage où la réalité est inaccessible: elle peut être trop dangereuse pour l'apprenante ou l'apprenant (formation des pompières et pompiers) ou pour autrui (formation des infirmières et infirmiers); elle peut être trop chère (réparation d'un moteur de Rolls Royce), trop rare (accident de téléphérique), trop rapide (explosion), trop lente (croissance d'une plante) ou trop petite (à l'intérieur d'un moteur ou d'un bateau). Un facteur critique pour ces applications est la similitude avec la réalité: une pompière ou un pompier ou une ou un pilote réagirait-il, sur le plan émotionnel, comme si la situation était réelle? Aujourd'hui, les infirmières et infirmiers ont souvent recours à des patientes et patients physiques simulés: agiraient-ils de la même façon si la personne était réellement en danger? Des niveaux d'immersion supérieurs peuvent aller de pair avec des résultats d'apprentissage plus élevés, par exemple en termes de compréhension conceptuelle (Georgiou et Kyza, 2018). Ne confions-nous pas notre vie à des personnes entraînées avec des simulateurs d'avion hautement réalistes?

La RA et la RV apportent aux apprenantes et apprenants une nouvelle expérience, mais il faut un moyen de **réflexion sur ce qui s'est passé pour transformer l'expérience en connaissance**. Pendant la formation des pilotes, des pompières et pompiers ou des équipes d'urgence, cette réflexion est introduite lors des séances de débriefing appropriées. La réflexion ne doit pas être perçue comme une vague recherche sur le sens de la vie, mais comme un retour en arrière sur ce qui s'est passé pendant l'expérience RA/RV à des fins d'analyse et d'élaboration. Pour les logisticiennes et logisticiens, la réflexion est née d'activités concrètes, telles que la comparaison des performances des entrepôts, l'explication des différences de performances des diverses configurations d'entrepôts ou la prévision d'indicateurs de performance. Chez les charpentières et charpentiers, la réflexion résultait d'une rotation lente du bloc et de la prévision des différentes valeurs que la projection pourrait afficher en conséquence.

La recherche d'un sentiment d'immersion est pertinente pour les professions et est de plus en plus présente dans la formation professionnelle initiale en santé, mais ce n'était pas un objectif de notre travail. Les environnements RA/RV que nous avons expérimentés dans le cadre de la formation professionnelle initiale n'ont pas été conçus pour être immersifs, à l'exception de l'environnement VR des horticultrices et horticulteurs (voir chapitre suivant). Même pour cette RV, où les horticultrices et horticulteurs se promènent dans le jardin virtuel qu'ils ont conçu, nous avons en quelque sorte sacrifié le réalisme visuel pour utiliser des technologies RV gratuites (c'est-à-dire avec une résolution d'image plus faible). Cependant, l'immersion n'a pas besoin d'être pleinement perceptive; elle peut être cognitive. Nous avons en fait des preuves anecdotiques d'un certain sentiment d'immersion avec la TinkerLamp. Un apprenant a expliqué qu'ils avaient installé les étagères de son entrepôt de sorte à pouvoir fumer sans être vus par leurs responsables, et qu'ils ont reproduit cette configuration sur la TinkerLamp. Il semblait projeter sa propre expérience d'un véritable entrepôt dans cette maquette simplifiée avec quelques étagères. Une autre anecdote provient d'une classe de charpentières et charpentiers de Lucerne: ces derniers nous ont montré un modèle physique de toiture en acier, mais ils ont reconnu qu'ils avaient cessé de l'utiliser parce qu'ils avaient du mal à croire qu'une ferme métallique se comporterait de la même manière qu'une ferme en bois. Ils ont trouvé notre modèle en bois enrichi par l'information numérique plus acceptable.

Les anecdotes ne font pas les théories. Mais ce qui est intéressant, c'est que les étagères en plastique de la TinkerLamp ou les blocs en bois de TapaCarp n'ont aucune fidélité visuelle avec des objets réels, qui ont des formes, des dimensions et des couleurs différentes. **Nous avons sacrifié la fidélité perceptive pour les avantages cognitifs.** Pour être réaliste, une apprenante ou un apprenant doit démonter les étagères pour les déplacer, mais cela n'a aucun effet dans l'optimisation de l'aménagement des entrepôts. De même, les apprenantes et apprenants dans la simulation de charpentière ou charpentier ne pouvaient pas modifier la taille d'une poutre sans un effort énorme et coûteux.

Autrement dit, le réalisme perceptif qui mène à l'immersion peut s'avérer essentiel pour la formation où la gestion émotionnelle des situations critiques est un but d'apprentissage. Cela n'a pas été nécessaire pour déclencher les processus cognitifs qui conduisent à des résultats d'apprentissage dans l'optimisation de l'entrepôt ou dans les applications de charpentière ou charpentier qui suivent. Au lieu de susciter un sentiment d'immersion, nous avons observé une sorte de **projection**, les apprenantes et apprenants se projetant dans la maquette de l'entrepôt. En fin de compte, cela n'est pas surprenant. Si vous lisez un roman où le personnage est sur le flanc d'une montagne et a perdu ses gants et son piolet et qu'il réalise qu'une grosse tempête atteindra la crête en quelques minutes, ne vous projetez-vous pas sur cette crête? De simples mots peuvent effrayer les lectrices et lecteurs, les rendre anxieux, heureux ou amoureux: on se projette dans une situation lorsque notre cerveau est capable de créer ou de réinventer des décors visuels à partir de matériel verbal, de textes ou d'idées. Et cette création est individuelle: deux apprenantes et apprenants utilisant la TinkerLamp peuvent mettre en valeur des scènes visuelles différentes, en faisant correspondre la maquette abstraite avec l'entrepôt où ils travaillent, par exemple, certaines étant à l'extérieur (matériaux de construction), d'autres étant principalement constituées de réfrigérateurs. De la même manière, certains lecteurs et lectrices imaginent que l'alpiniste menacé est un vieil homme, d'autres une jeune femme.

## Transposition didactique et informatique

Lorsque nous avons montré la TinkerLamp aux logisticiennes et logisticiens professionnels, c'est-à-dire aux responsables de stockage des pharmacies d'un grand hôpital, ils ont manifesté leur intérêt à l'utiliser comme outil d'optimisation pour eux-mêmes plutôt que comme outil de formation pour leurs apprenantes et apprenants. Il fallait les décourager: la TinkerLamp est une simulation simplifiée, pas un outil professionnel. Nous verrons la même chose pour notre RA d'exploration de la statique destinée aux charpentières et charpentiers (StaticAR): des charpentières et charpentiers professionnels qui doivent, par exemple, concevoir une salle de sport, utilisent des logiciels très sophistiqués, coûteux et accrédités, et non nos outils didactiques. Nos outils RA apportent une certaine simplification de la réalité qui pourrait être utile à communiquer aux clientes et clients, mais ils ont surtout une fonction didactique appelée «transposition didactique».

La communauté éducative française comprend des «didacticiennes et didacticiens», c'est-à-dire des scientifiques spécialisés dans une discipline. Prenons les didacticiennes et didacticiens de la physique. Leur expertise en épistémologie des sciences a révélé les principales différences entre ce qui est enseigné à l'école et l'état des connaissances scientifiques. Cette différence est appelée «transposition didactique» (Bronckart & Plazaola Giger, 1998). Pour faire court, ce qui est enseigné n'est souvent qu'un sous-ensemble des connaissances scientifiques, la plupart du temps une simplification. La première fois que le mouvement d'un projectile est enseigné, la professeure ou le professeur de physique peut parler de l'angle, de la vitesse initiale et de la gravité, mais il oubliera probablement de mentionner le frottement de l'air et la force de Coriolis. De même, la TinkerLamp offre de nombreuses simplifications: toutes les étagères sont les mêmes, toutes les marchandises sont les mêmes (pas les marchandises fraîches, congelées ou fragiles).

La transposition didactique est censée être une décision explicite prise par l'enseignante ou l'enseignant ou la designer ou le designer. Lorsque le système comprend

une simulation, il y a aussi une transposition informatique (Balacheff, 1994). Cela fait référence au fait qu'un modèle informatique est toujours une approximation du phénomène réel. La TinkerLamp a un modèle simple d'entrepôt, dans lequel les chariots élévateurs roulent à la même vitesse indépendamment de la charge qu'ils transportent. Ils ne ralentissent pas quand ils tournent, ils prennent le même temps pour déposer un objet sur le niveau inférieur et le niveau supérieur d'une étagère, et ainsi de suite. Ces détails n'ont pas d'importance pour comprendre les principes de la logistique, mais il convient de les souligner lors de la formation des apprenantes et apprenants. Selon la profession et le sujet d'étude, cette prise de conscience peut se faire de différentes manières. Par exemple, il est possible de le faire en comparant des phénomènes réels et des modèles simulés. Dans l'approche proposée par Salzman, Gillet et Huguenin (2000), les étudiantes et étudiants ont pris conscience de l'approximation computationnelle en mettant en relation les mesures prises à partir d'un entraînement électrique réel avec celles provenant d'une simulation MatLab®. Les apprenantes et apprenants seront confrontés à un nombre croissant de modèles informatiques au cours de leur vie et devront donc être conscients des approximations fournies par ces outils et de leurs implications.

En résumé, les outils RA présentés dans cet ouvrage résultent à la fois d'une transposition didactique et d'une transposition computationnelle. Par exemple, StaticAR ne réalise pas l'analyse de l'état de contrainte des joints dans une structure de toiture. Les joints sont modélisés comme invulnérables pour deux raisons: cela semble une simplification raisonnable pour les apprenantes et apprenants qui abordent conceptuellement la statique; s'ils n'avaient pas été conçus de cette façon, StaticAR aurait exigé une modélisation complexe des assemblages et des fixations en bois.

## Et alors?

Les environnements que nous avons développés pour les charpentières et charpentiers complètent techniquement les activités d'apprentissage avec des informations visuelles liées aux objets en bois utilisés dans les activités. Compte tenu de la signification pédagogique du terme «augmentation», les expériences ont mis en évidence la valeur ajoutée (par ex. lien dynamique vers des projections orthogonales) ainsi que les limites (par ex. le bloc tangible ne change pas au fil du temps dans l'activité de coupe). Les expériences ont également montré que le diable réside dans le détail, par exemple, l'approche transparente est plus pertinente pour les structures 3D que pour les structures 2D.

Mais notre point principal concerne le terme «réalité» en RA. Bien que bon nombre de chercheuses et chercheurs s'efforcent de développer des mondes RV aussi semblables que possible à la réalité, les exemples RA développés jusqu'à présent diffèrent de la réalité. Dans le monde réel, nous ne voyons pas de forces dans une structure de toit à moins qu'elle ne s'effondre. La valeur ajoutée de StaticAR a en effet été de **rendre visible quelque chose qui est normalement invisible**. Dans le monde réel, vous ne voyez pas un objet en même temps depuis deux points de vue orthogonaux comme dans TapaCarp (sauf en utilisant des miroirs). Prenons maintenant la TinkerLamp. Dans le monde réel, on ne déplace pas 4 étagères avec deux doigts et on ne réorganise pas un entrepôt en 30 secondes. La valeur ajoutée est de rendre **possible quelque chose qui est normalement impossible** dans le monde réel.

Autrement dit, la conception d'une RA doit combiner deux propriétés. La première propriété est que la situation simulée doit avoir une plus grande plausibilité cognitive que le réalisme figuratif: les apprenantes et apprenants dans le cadre de la TinkerLamp ou de StaticAR manipulent des représentations simplifiées qui permettent néanmoins de déclencher l'activité cognitive ciblée. La seconde propriété pourrait être plus surprenante pour la lectrice ou le lecteur: **l'augmentation pédagogique offerte par ces environnements RA vient de leurs différences avec la réalité: voir l'invisible ou vivre quelque chose de réaliste (dans une certaine mesure) mais généralement inaccessible ou impraticable**. Cela concerne non seulement les différences de perception (rendre visible l'invisible) mais aussi les différences d'interaction: **ce qui peut être manipulé facilement en RA qui ne peut pas être facilement fait en réalité**. Toutes les choses

«impossibles» ne sont pas intéressantes du point de vue pédagogique (par exemple mettre deux éléphants sur un toit). Nous pensons que l'avenir de la RA pour l'éducation en général et la formation professionnelle initiale en particulier dépendra de la capacité des designers à inventer les différences entre la RA et la réalité et à montrer qu'il existe une valeur ajoutée pédagogique pour la tâche d'apprentissage à accomplir.

## Chapitre 8

# Elargir l'expérience: l'histoire des horticultrices et horticulteurs

Pierre Dillenbourg, Kevin Gonyop Kim

Au fur et à mesure de l'évolution de nos questions de recherche, nous avons également exploré différents domaines professionnels. Ce chapitre rend compte du travail que nous avons effectué avec les horticultrices et horticulteurs ainsi que les fleuristes. Il explore plus avant la valeur pédagogique de la RA, en continuant là où nous nous sommes arrêtés avec les charpentières et charpentiers. Dans les conclusions du chapitre précédent, nous avons souligné qu'une caractéristique pédagogique clé d'une RA pédagogique réside dans les différences d'interaction qu'elle offre par rapport à la réalité: ce qui peut être manipulé facilement en RA et qui ne peut pas être fait facilement dans la réalité. Avec les outils RA présentés dans ce chapitre, l'apprenante ou l'apprenant pourra en effet faire des actions que seuls des magiciennes et magiciens ou des déesses et dieux peuvent faire: changer la couleur des fleurs, déplacer le soleil ou voyager dans le futur. Ce que nous rapportons ici est principalement le travail de Kevin Gonyop, de Catharin Oertel et de Joseph Vavala.

### Elargissement de l'expérience

Les pratiques en milieu professionnel peuvent comprendre des routines saisonnières au cours desquelles les apprenantes et apprenants effectuent la même tâche de façon répétée. Les jeunes mécaniciennes et mécaniciens automobiles d'un garage suisse passeront probablement six semaines à l'automne à ne faire quasiment rien d'autre qu'installer des pneus hiver. Chaque propriétaire de voiture se précipite au garage dès les premiers signes de l'hiver. Ces multiples répétitions d'une même tâche renforcent les compétences des apprenantes et apprenants et contribuent largement à améliorer l'efficacité et la fiabilité des apprenantes et apprenants en mettant en place des routines dédiées, ce qui est très apprécié dans de nombreux métiers. Aucun propriétaire de voiture n'apprécierait qu'une apprenante ou un apprenant fasse preuve d'innovation dans l'accomplissement de ces tâches routinières. Dans d'autres professions, cependant, imaginer d'autres solutions et faire des propositions extraordinaires peut être davantage valorisé. Pourtant, même si les apprenantes et apprenants fleuristes passent des jours et des jours à ne rien faire d'autre que des bouquets de roses rouges à l'approche de la Saint-Valentin, personne n'apprécierait vraiment de voir toutes les décorations de table se ressembler ou les bouquets de chaque conjointe ou conjoint ressembler exactement à ceux de leurs frères, sœurs ou amis. De nombreuses PME sont spécialisées dans un certain type de produit, ce qui définit leur niche sur le marché ou leur style, mais limite l'expérience et la créativité qu'une apprenante ou un apprenant peut acquérir au cours de son apprentissage.

Cette situation crée une sorte de «déficit de créativité» où les apprenantes et apprenants ont peu d'occasions de développer leurs compétences en matière de pensée divergente dans leur domaine. Comme nous l'avons expliqué plus haut, les journées scolaires compensent en partie cet inconvénient, car les apprenantes et apprenants partagent leur expérience avec d'autres apprenantes et apprenants formés sur différents lieux de travail. La plateforme e-DAP (chapitre 3) et la plateforme Realto (chapters 4 et 5) encouragent explicitement ce partage d'expériences entre camarades. L'approche que nous avons adoptée dans le cadre de ce projet consistait à considérer la **RA comme une autre façon d'élargir l'expérience en milieu professionnel et de développer la créativité et l'imagination**. Élargir signifie partir d'une expérience réelle, c'est-à-dire d'un véritable bouquet ou d'un projet de jardin sur lequel l'apprenante ou l'apprenant a travaillé. C'est le R de la réalité augmentée. Le A consiste à produire une diversité d'objets dérivés du réel, en agrandissant virtuellement l'ensemble des objets rencontrés par les apprenantes et apprenants, en élargissant virtuellement l'expérience et en ouvrant leur esprit à d'autres solutions ou propositions.

En d'autres termes, **nous exploitons les possibilités des outils RA de générer d'innombrables objets virtuels susceptibles d'être des variations d'un objet réel initial**. Imaginez que la conception de l'objet est une séquence de dix choix avec cinq options chacun: type de fleur de un à cinq, couleurs de un à cinq, longueur de un à cinq. Si vous faites les combinaisons pour toutes les options pour tous les choix, cela représente un espace de 510 options, c'est-à-dire un espace de près de dix millions de conceptions possibles. Tout d'abord, cela peut conduire le futur designer à se perdre dans cet univers de grande dimension. Ensuite, cette vision combinée est une façon très abstraite et très académique de considérer la conception. Elle néglige la faisabilité de certaines configurations, ainsi que la culture, l'élégance, la fonctionnalité, les coûts, la durabilité et les attentes des clientes et clients. D'un point de vue pédagogique, la question demeure: une apprenante ou un apprenant pourrait-il bénéficier de la navigation dans un tel espace de conception, c'est-à-dire l'espace des variations possibles obtenues à partir d'un objet de base? La notion d'espace de conception n'est peut-être pas intuitive du tout.

## Exploration de l'espace de conception

Dans le modèle Erfahrungsraum (voir chapitre 2), les apprenantes et apprenants capturent leur expérience de travail par différents moyens, dont les photos et les vidéos. Nous voulions aller plus loin en capturant les expériences en tant qu'objets 3D. Les possibilités de traitement d'image des téléphones portables se sont tellement améliorées qu'il suffit de faire le tour d'un objet avec une caméra de téléphone portable pour créer un modèle 3D. Bien sûr, il est difficile de montrer des images 3D dans cet ouvrage, mais le bouquet de gauche de la figure 8-1 est un objet 3D qui peut être pivoté sur n'importe quel axe. La qualité du rendu est loin d'être parfaite, surtout pour les structures internes complexes, car nous avons utilisé des logiciels gratuits. Nous avons été inspirés par la possibilité d'appliquer une transformation visuelle des couleurs, comme si nous utilisions une palette différente, créant des bouquets comme ceux présentés sur la figure 8-1 à côté du bouquet original.



**Figure 8-1** • Le bouquet à gauche est un modèle 3D créé en faisant pivoter le bouquet réel à 360° avec une caméra de téléphone portable. Les deux bouquets suivants sont créés virtuellement en modifiant les couleurs du premier bouquet.

Ces premières tentatives sont à l'origine de l'idée centrale de ce chapitre: et si l'on permettait aux apprenantes et apprenants d'explorer virtuellement l'espace des variations de leur objet? Nous avons combiné notre conception générale de l'Erfahrungsraum avec la possibilité d'élargir l'expérience au concept de «Breiterfahrungsraum» (l'un d'entre nous aime inventer des mots).

L'espace de conception autour d'un objet a un nombre infini de dimensions et celles-ci ne sont pas les mêmes si l'on considère un bouquet, un jardin, une chaise ou un gâteau. Nous avons décidé d'explorer **trois dimensions d'expansion**, c'est-à-dire trois types de transformations qui peuvent être appliquées à un objet pour créer un autre objet dans l'espace.

- **Dimension paramétrique:** à partir d'un objet X, modifiez une ou plusieurs caractéristiques (par ex. couleur, texture) afin de produire un objet X', et itérativement X'', X''', etc.
- **Dimension temporelle:** à partir d'un objet X, calculez à quoi il ressemblerait à un moment différent: le matin et l'après-midi, au printemps et à l'automne, maintenant et dans cinq ans. Nous l'avons appliquée à la conception de jardin. Elle ne s'appliquerait pas à d'autres objets qui ne changent pas beaucoup avec le temps, comme une chaise, par exemple.
- **Dimension sociale:** à partir d'un objet X, conçu par une apprenante ou un apprenant A, et d'un objet Y, conçu par une apprenante ou un apprenant B, créez un nouvel objet qui mêle les caractéristiques de X et de Y, comme la combinaison des gènes de deux êtres humains pour concevoir un enfant.

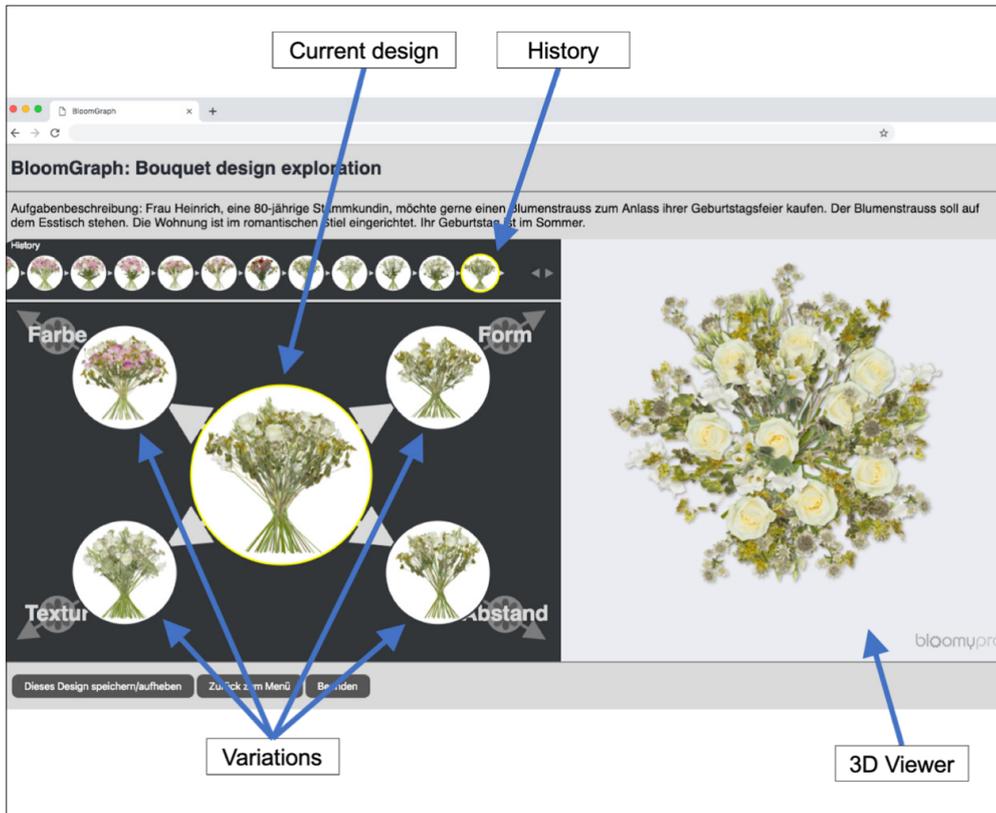
Le choix de ces axes parmi tant d'autres possibles découle de l'observation des difficultés rencontrées par les apprenantes et apprenants dans leur travail quotidien, comme l'imagination des variations d'un bouquet ou l'évolution future d'un jardin. Nous explorons ces axes dans les sections suivantes et rendons compte des expériences qui ont étudié la manière dont les apprenantes et apprenants naviguent le long de ces axes.

### La dimension paramétrique (avec les fleuristes)

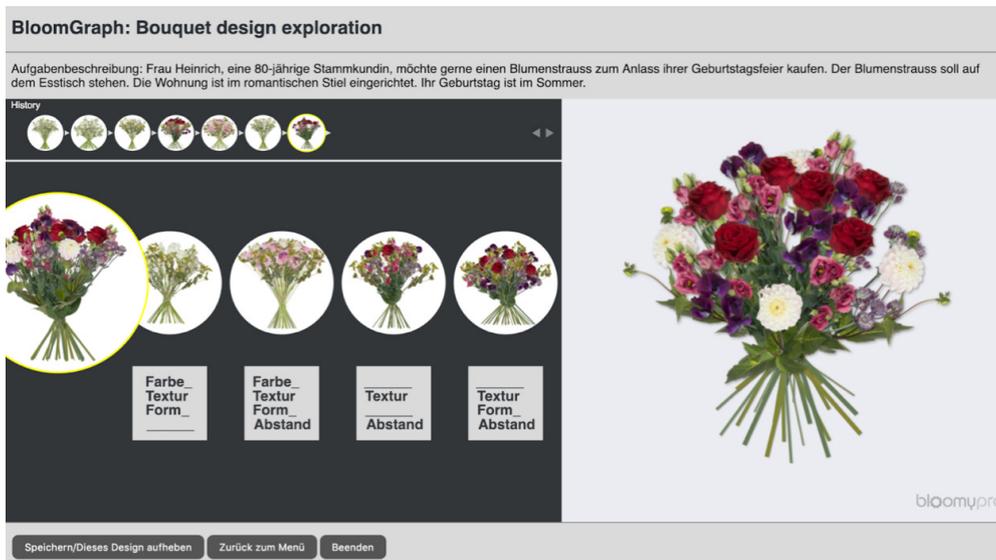
Outre la couleur, un bouquet de fleurs a de nombreuses caractéristiques modifiables, comme l'illustre la figure 8-1. Après avoir échangé avec les enseignantes et enseignants, nous avons exploré trois autres caractéristiques (voir la figure 8-2): la texture, la forme globale du bouquet et l'espacement entre les fleurs (Kim et al., 2021). Nous avons eu recours à BloomyPro, un progiciel actuellement utilisé par 300 écoles et développé par une société hollandaise éponyme qui a gracieusement collaboré avec nous. Cette plateforme utilise une bibliothèque de modèles 3D haute résolution de 3877 fleurs, présentés individuellement, ce qui permet aux utilisatrices et utilisateurs de les assembler dans n'importe quel arrangement possible.

Nous voulions savoir comment les apprenantes et apprenants exploreraient cet espace génératif autour d'un premier bouquet. Le premier bouquet (dans cette expérience que nous avons menée) est placé au centre de la partie gauche de l'écran (figure 8-2). L'apprenante ou l'apprenant peut visualiser une version plus grande sur la partie droite de l'écran, en effectuant n'importe quelle manipulation 3D. Autour du dessin actuel, le système propose quatre nouveaux dessins en changeant la couleur, la forme, la texture ou l'espacement. S'ils choisissent, par exemple, celui du haut à droite, il s'affiche au centre comme nouveau «dessin actuel» et quatre nouvelles variantes sont proposées. Pour éviter de perdre des apprenantes et apprenants dans ce cyberspace, la barre d'historique en haut dresse la liste chronologique des dessins précédents.

Cette interface proposait quatre directions de navigation dans l'espace de conception afin de favoriser une exploration structurée plutôt qu'aléatoire. Nous nous demandions si les apprenantes et apprenants se sentiraient à l'aise dans cet espace de conception structuré mais non linéaire. Nous l'avons donc comparé à quelque chose de plus familier, une interface linéaire (figure 8-3), en utilisant exactement le même ensemble de bouquets. Dans cette interface linéaire, quatre variantes aléatoires du dessin actuel sont proposées dans une formation linéaire. Cela ressemble à la façon dont les gens parcourent un catalogue ou les résultats d'une recherche. Afin de fournir la même quantité d'informations que dans la condition expérimentale, chaque variante dans la condition linéaire est accompagnée d'une étiquette indiquant quels attributs ont été modifiés par rapport au dessin actuel. Comme pour la condition graphique, les participantes et participants avaient accès à leur historique et à la visionneuse 3D. La différence entre les deux interfaces réside dans la façon dont nous présentons les mêmes données. Cela nous permet de voir si les apprenantes et apprenants peuvent naviguer dans l'espace de conception via une interface graphique. Le court texte en allemand en haut de la fenêtre explique qui est la cliente (une femme de 80 ans) et pourquoi elle achète des fleurs (un anniversaire). À la fin de leur exploration, les apprenantes et apprenants devaient choisir le bouquet le plus approprié pour la cliente en question.



**Figure 8-2** - Exploration de l'espace de conception (explications dans le texte) – mode non linéaire

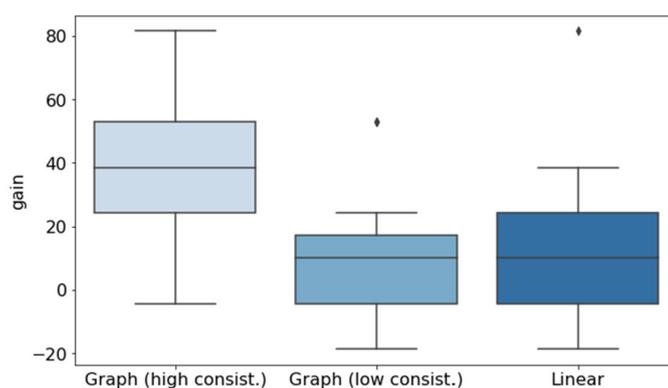


**Figure 8-3** - Exploration de l'espace de conception (explications dans le texte) – mode linéaire

Nous avons comparé les modes de navigation linéaire et graphique avec 44 apprenantes et apprenants fleuristes (43 femmes, contrairement aux études précédentes avec des logisticiennes et logisticiens et des charpentières et charpentiers). Les apprenantes et apprenants qui ont utilisé l'interface linéaire (la condition linéaire) ont exploré en moyenne plus de bouquets que les apprenantes et apprenants qui ont utilisé l'interface avec quatre directions d'exploration (la condition graphique). Cependant, nous avons observé de grandes variations dans la condition linéaire. Le temps d'exploration était également significativement plus long dans la condition graphique. Par conséquent, dans la condition graphique, les participantes et participants ont consacré plus de temps à moins de bouquets. Ces résultats peuvent rappeler à la lectrice ou au lecteur nos efforts pour rendre les utilisatrices et utilisateurs de la TinkerLamp plus réfléchis.

Afin de déterminer si c'était également le cas ici, nous avons poursuivi nos analyses statistiques.

Comme toujours, nous avons calculé le gain d'apprentissage au moyen d'un pré-test et d'un post-test, mais il n'y avait aucune différence significative. Nous ne nous attendions pas vraiment à une différence. Nous étions plus curieux de voir comment les apprenantes et apprenants naviguaient à l'aide des différentes interfaces. Pour les participantes et participants dans la condition graphique, nous avons comparé la cohérence de leur stratégie de navigation, c'est-à-dire s'ils explorent systématiquement une dimension, par exemple la couleur, ou s'ils changent parfois la couleur ou la distance entre les fleurs de façon non systématique. Le groupe avec la cohérence la plus élevée (N = 12) a enregistré des gains d'apprentissage significativement plus élevés que le groupe avec la cohérence la plus faible. La figure 8-4 montre les gains d'apprentissage des deux groupes ainsi que ceux du groupe linéaire. La différence entre le groupe avec une cohérence élevée et le groupe linéaire est également significative.



**Figure 8-4** • Comparaison des gains d'apprentissage pour les étudiantes et étudiants avec une cohérence plus élevée et une cohérence plus faible dans leur stratégie de navigation, rapportée à ceux des élèves confrontés au mode linéaire (Kim et al., 2021)

Les conclusions de cette étude convergent avec les observations antérieures des logisticiennes et logisticiens. L'apprentissage à partir d'un environnement exploratoire ouvert n'est pas acquis. Il faut une certaine cohérence dans la stratégie d'exploration. Dans l'étude des fleuristes, certains élèves semblent spontanément avoir eu une meilleure stratégie que d'autres. Dans l'étude des logisticiennes et logisticiens, nous avons conçu des cartes d'orchestration pour appliquer une bonne stratégie. Cela n'a pas surpris les scientifiques de l'apprentissage. Il est prouvé (De Jong et Van Joolingen, 1998) que l'apprentissage à partir d'une simulation dépend des compétences métacognitives de l'élève et que, par conséquent, les environnements d'apprentissage exploratoire doivent offrir des outils qui compensent les faibles compétences de régulation, c'est-à-dire une sorte d'aide métacognitive.

### La dimension temporelle (avec les hortultrices et horticulteurs)

Il y a certaines professions où il n'est pas facile de réparer une erreur. Si votre coiffeuse ou coiffeur vous coupe les cheveux trop courts, il n'y a pas de retour possible. Si, il y a quelques années, une hortultrice ou un horticulteur a placé un arbre de telle manière qu'il projette une ombre sur votre cuisine, il ne peut pas, à un coût raisonnable, déplacer l'arbre adulte. Ces métiers requièrent une compétence spécifique pour imaginer le résultat du travail non seulement à la fin du processus de conception, mais aussi quelques semaines ou quelques années plus tard pour les coiffeuses et coiffeurs et les hortultrices et horticulteurs respectivement. Les coiffeuses et coiffeurs et les hortultrices et horticulteurs utilisent des outils pour partager leur vision avec leurs clientes et clients (photos, croquis), mais ils n'en ont pas besoin eux-mêmes. **Les professionnels ont accumulé suffisamment d'expérience pour imaginer l'avenir.** Ce n'est pas le cas pour les apprenantes et apprenants. Bien sûr, pendant les premières

années de leur carrière, les apprenantes et apprenants ne décident pas quoi mettre et où dans un nouveau jardin; ils mettent seulement en œuvre le plan de jardin conçu par leurs responsables. Les responsables ne les paieraient pas pour replanter le même arbuste trois fois à un endroit différent. Nous avons toutefois exploré la possibilité que la RA permette aux apprenantes et apprenants d'aménager un jardin, de le visualiser en 3D et de le modifier aussi souvent qu'ils le souhaitent (Kim et al., 2021b).

Dans l'exploration de l'espace de tous les jardins possibles, nous partons de la réalité, d'un véritable jardin. La différence avec les fleurs est qu'il ne suffit pas d'en faire le tour avec une caméra de téléphone portable. Par conséquent, l'apprenante ou apprenant ou l'enseignante ou enseignant utilise un drone bon marché équipé d'une caméra qui couvre systématiquement tout l'espace du jardin (figure 8-5, à gauche). Les photos collectées sont transmises à un outil en ligne, tel que DroneDeploy ou Pix4D, qui reconstruit l'espace en 3D (figure 8-5, au centre). L'apprenante ou l'apprenant utilise ensuite un visiocasque pour traverser et explorer l'espace reconstruit (figure 8-5, à droite). L'application RV pour jardin a été développée pour l'Oculus Rift à l'aide du logiciel Unity 3D. Les modèles 3D des arbres ont été créés à l'aide de SpeedTree, une bibliothèque en ligne dans laquelle vous pouvez acheter des modèles 3D pour des centaines de plantes à différents stades de croissance et saisons.



**Figure 8-5** · Le drone arpente l'espace et prend des séquences vidéo (à gauche); l'espace 3D est reconstruit (au centre) et l'apprenant s'immerge dans l'espace 3D (à droite) avec un visiocasque (Kim et al., 2020).

Comparé aux environnements RA précédents que nous avons développés, celui-ci est immersif: l'apprenante ou l'apprenant peut avancer, tourner la tête, regarder vers le haut ou vers le bas; il y a même une petite brise qui frotte doucement les feuilles des arbres. Cependant, nous avons appris de l'histoire de la TinkerLamp que les apprenantes et apprenants doivent parfois prendre du recul par rapport à la réalité, alterner les moments de réflexion («heads in») et les moments de manipulation («heads out») pour favoriser l'analyse, la réflexion ou la comparaison. Nous avons donc prévu deux modes entre lesquels les apprenantes et apprenants peuvent basculer. Le mode exploration (figure 8-6, à droite) est immersif; il offre une **vue égocentrique**: les apprenantes et apprenants peuvent se promener dans le jardin qu'ils ont conçu. Le mode conception (figure 8-6, à gauche) offre une **vue exocentrique**: les apprenantes et apprenants voient le jardin du haut et peuvent y placer des éléments tels que des arbres. Cette perspective exocentrique a été inspirée par la façon dont les hortultrices et horticulteurs travaillent aujourd'hui avec des dessins sur papier. En basculant entre les deux modes, les apprenantes et apprenants peuvent avoir des perspectives différentes sur la conception. Comme l'illustre la figure 8-5 (à droite), les apprenantes et apprenants utilisent deux contrôleurs, un dans chaque main. Le contrôleur droit peut pointer vers un objet et interagir avec lui (avec un clic de souris). Le contrôleur gauche ouvre un menu qui affiche les fonctions disponibles. Dans le mode conception, le menu affiche les éléments qui peuvent être placés dans le jardin, et dans le mode exploration, il affiche les options pour explorer le jardin aménagé, y compris les changements de saison et les arbres au fur et à mesure de leur croissance. En mode exploration, on peut également se déplacer dans le jardin à l'aide de la manette du contrôleur gauche.

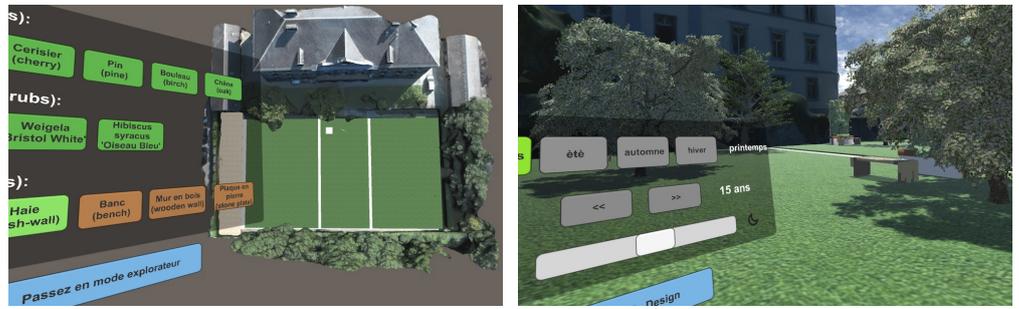


Figure 8-6 • Les vues exocentrique (à gauche) et égocentrique (à droite) d'un jardin

L'espace de conception suit une dimension paramétrique: à partir du jardin initial, les apprenantes et apprenants peuvent placer  $N$  éléments dans  $M$  positions, le produit  $NM$  étant extrêmement important. Mais nous voulions explorer la dimension temporelle, c'est-à-dire la possibilité de simuler l'aspect du jardin aménagé à différents moments dans le temps, comme l'illustre la figure 8-7:

- **Heure:** l'apprenante ou l'apprenant peut changer l'heure de la journée pour voir où les ombres tomberont à différents moments de la trajectoire du soleil, ce qui est important pour la position relative entre les plantes (une plante faisant une ombre sur une autre) ainsi que pour l'expérience client (les ombres projetées sur la terrasse, le balcon, la cuisine, etc.).
- **Saison:** l'apprenante ou l'apprenant peut basculer entre les quatre saisons pour visualiser à quoi ressemblerait le jardin aménagé (l'hiver paraît un peu déprimant car nous n'avons pas ajouté de neige).
- **Année:** l'apprenante ou l'apprenant peut changer l'année de croissance, du stade 1 à 5, ce qui est aussi important pour les plantes que pour le bâtiment. Cela donne une représentation imparfaite de ce qu'une professionnelle ou un professionnel pourrait visualiser.

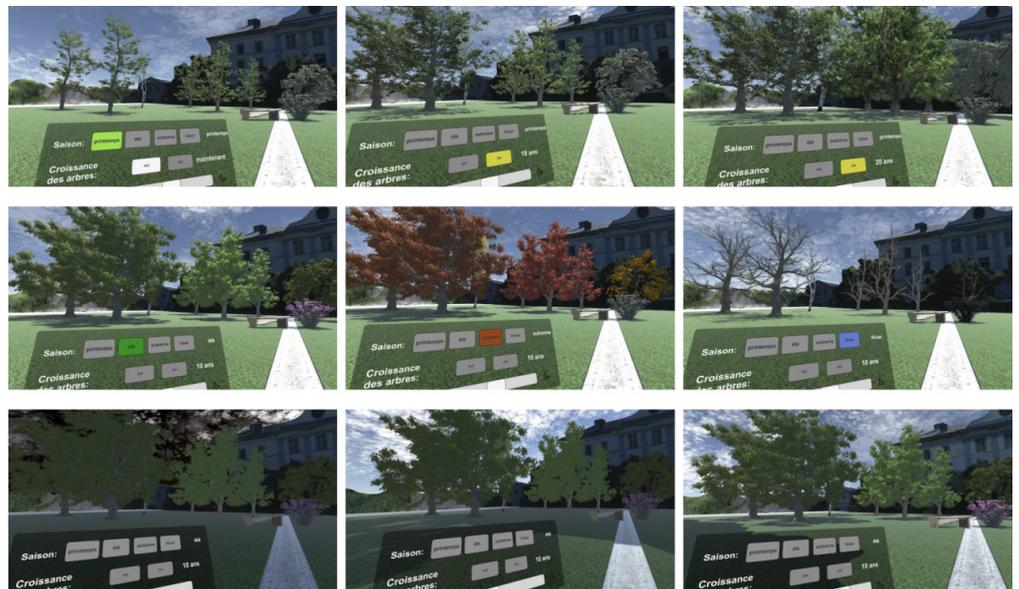
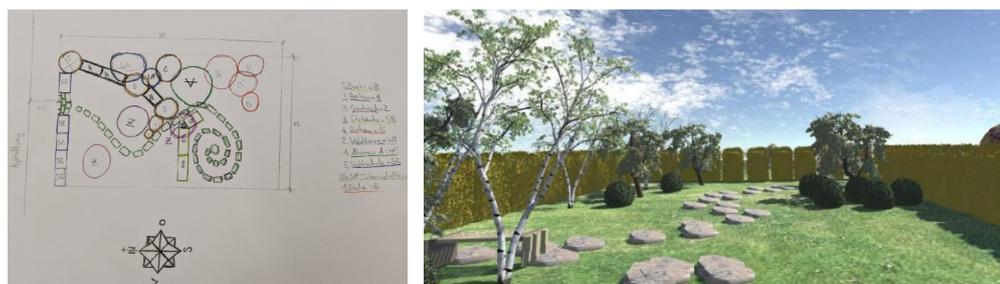


Figure 8-7 • Navigation dans le temps: changement de l'heure de la journée (rangée du bas), de la saison (rangée du milieu) et de l'âge du jardin (rangée du haut)

Ces fonctions de navigation temporelle illustrent les conclusions du chapitre précédent: un intérêt pédagogique des applications RA est de **rendre possible l'impossible**. Personne ne peut bouger le soleil (changer les heures), changer la saison ou voyager dans dans le futur! Il ne s'agit pas d'imiter la réalité, même si la RA a un certain réalisme visuel. Mais il s'agit d'**échapper à la réalité**.

Cela n'a de sens, bien sûr, que s'il y a un gain d'apprentissage pour les apprenantes et apprenants. Nous avons mené une expérience avec 30 apprenantes hortultrices et apprenants horticulteurs (26 hommes) de deux écoles de formation professionnelle initiale. Compte tenu de la pertinence de la tâche par rapport au programme d'études, nous n'avons recruté que des élèves spécialisés dans l'aménagement paysager, mais pas dans la production végétale. Nous avons également limité notre échantillon aux étudiantes et étudiants de deuxième année du cursus de trois ans afin d'assurer l'homogénéité de la population. Ils ont appris les règles d'aménagement de jardin pendant deux semestres, mais ont une expérience limitée en aménagement de jardin. Nous avons comparé leur dessin numérique (figure 8-8, à droite) avec les dessins traditionnels au crayon et sur papier (figure 8-8, à gauche) dans un plan expérimental à l'intérieur d'un sujet: 14 d'entre eux ont d'abord conçu un jardin sur papier, puis en RV, et 16 d'entre eux ont suivi le processus dans l'autre sens pour contrebalancer l'effet d'ordre.



**Figure 8-8** • Deux modes d'aménagement de jardin: crayon et papier versus RA

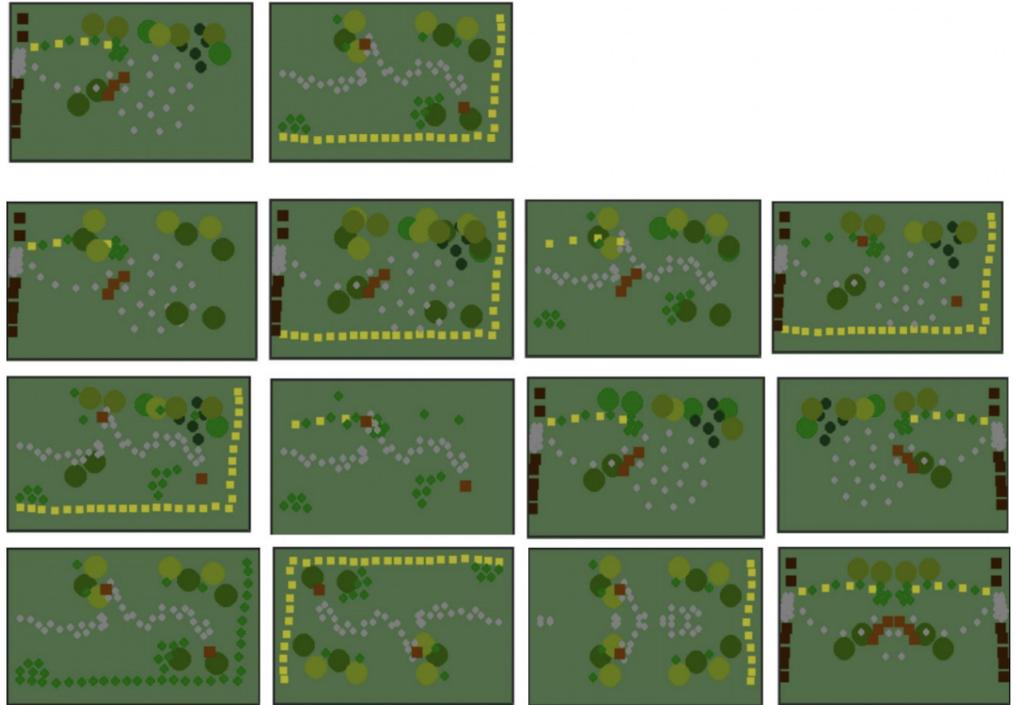
Nous avons demandé à deux professeurs d'aménagement de jardin d'évaluer la qualité des jardins aménagés en fonction de trois critères qu'ils ont proposés: composition, proportion et créativité. L'analyse statistique a révélé des résultats intéressants: (1) il n'y avait pas de différence significative en termes de «composition», (2) les dessins en RV ont reçu de meilleures notes par rapport à la «proportion» et (3) le crayon et le papier ont permis des dessins plus créatifs. Cependant, lors de l'analyse de l'effet d'ordre, dessiner d'abord sur le papier avant d'utiliser la RA a permis d'obtenir des dessins nettement meilleurs en termes de proportion et de composition. Lors de l'utilisation de la RA dans la seconde partie, les apprenantes et apprenants ont passé beaucoup plus de temps dans la vue exocentrique et le pourcentage de temps passé sur cette vue exocentrique était significativement corrélé (426) avec la qualité de la conception. C'est une constatation très intéressante pour deux raisons: la première est que, comme le dessin sur papier est davantage un moment de manipulation («heads out») que la vision exocentrique de la RA, la combinaison des deux semble avoir des effets significatifs, ce qui confirme nos résultats avec la simulation logistique.

Deuxièmement, nous avons tendance à comparer la performance des outils numériques avec l'utilisation de méthodes classiques reposant sur le papier, utilisées comme pratique de référence. Cette comparaison répond à la question que chaque enseignante ou enseignant, directrice ou directeur d'école ou décideuse ou décideur nous pose généralement. Mais dans la pratique quotidienne, il n'est pas nécessaire d'opposer papier et numérique. Cet ouvrage regorge d'histoires qui illustrent précisément leur complémentarité.

## La dimension sociale

Les deux sections précédentes présentaient des façons d'explorer numériquement l'espace de conception de leurs productions. Maintenant, imaginez que 20 hortultrices et horticulteurs dessinent un jardin sur papier et que les enseignantes et enseignants les affichent tous sur un mur. Ce mur offrirait également des visualisations intéressantes de l'espace de conception. L'enseignante ou l'enseignant pourrait demander à l'apprenante ou l'apprenant de redessiner un jardin qui combine deux des dessins exposés. Nous avons créé une application, en plus de l'application RV pour jardin, qui permet de combiner deux ou plusieurs jardins dessinés. Il y a quelques années, un membre de

laboratoire a contribué à DeepArt, un site Web populaire, où vous pouvez télécharger une photo et sélectionner une peinture célèbre, et le système applique ce style de peinture à votre photo, votre chien, par exemple, en étant revisité par Dali. Cette nouvelle peinture a été réalisée en utilisant des méthodes d'apprentissage machine appelées réseaux neuronaux profonds. Nous avons utilisé une méthode plus simple qui extrait les caractéristiques clés de deux jardins conçus pour la RA et les recombine (Kim et al., 2022). Cette méthode est appelée «algorithme génétique». Elle est utilisée en IA pour explorer des espaces de conception. On extrait l'ADN de chaque jardin comme une structure arborescente composée d'éléments (plantes, pierres, etc.), de leur position et de leur orientation. Lorsqu'il combine deux jardins, l'algorithme associe des gènes à l'aide d'opérateurs génétiques, tels que la mutation et le croisement. Les applications multiples donnent lieu à plusieurs «enfants», comme l'illustre la figure 8-9. Nous ne voulons pas entrer dans les détails techniques ici, mais l'élégance de cet algorithme mérite d'être mentionnée.



**Figure 8-9** • L'algorithme extrait l'ADN des deux «parents» de jardin de la rangée supérieure et les recombine via différents opérateurs génétiques pour produire, par exemple, n'importe lequel des 12 jardins situés en dessous.

Le processus est expliqué sur les figures 8-10 et 8-11. Comme cette expérience a été menée pendant la pandémie, nous n'avons utilisé que des technologies en ligne – pas de visiocasques. Tout d'abord, l'apprenant – appelons-le Louis – dessine son jardin (figure 8-10, en haut) de la même manière que dans la vue exocentrique de la RA du jardin. Une fois que Louis est satisfait de ses dessins, il peut passer à l'étape suivante. Le jardin de Louis apparaît alors dans l'espace graphique d'aménagement, la zone grise à gauche au bas de la figure 8-10, où il peut voir les jardins dessinés par ses camarades, Philip et Kevin. Cet espace graphique représente les jardins créés en combinant les deux autres jardins. Le processus de sélection et de combinaison de deux jardins pour en créer de nouveaux est illustré sur la figure 8-11. Louis peut sélectionner deux dessins à partir de l'espace graphique d'aménagement et, à l'aide de l'outil de combinaison de dessins, située dans la zone grise au centre, il peut créer d'autres dessins. La visualisation 3D du jardin est affichée en haut à droite de l'interface. Louis peut utiliser le curseur pour obtenir d'autres variantes. Il peut répéter cette opération plusieurs fois. Lorsqu'il est satisfait, il appuie sur le bouton «Ajouter le dessin sélectionné à l'espace de conception» et le nouveau jardin apparaît dans l'espace graphique de conception. Il peut ensuite être sélectionné et combiné avec un autre dessin de jardin. On peut facilement décrire ce processus en conservant la métaphore génétique: l'utilisatrice ou

l'utilisateur choisit deux «parents» dans l'espace graphique de conception. Ce processus indique la quantité de matériel génétique transmis par chaque parent à son enfant et, si l'apprenant ou l'apprenante est satisfait de ses critères de sélection, l'enfant est ajouté à l'espace graphique de conception.



**Figure 8-10** • Interface pour concevoir un jardin en ligne (en haut) et explorer de nouveaux jardins (en bas).

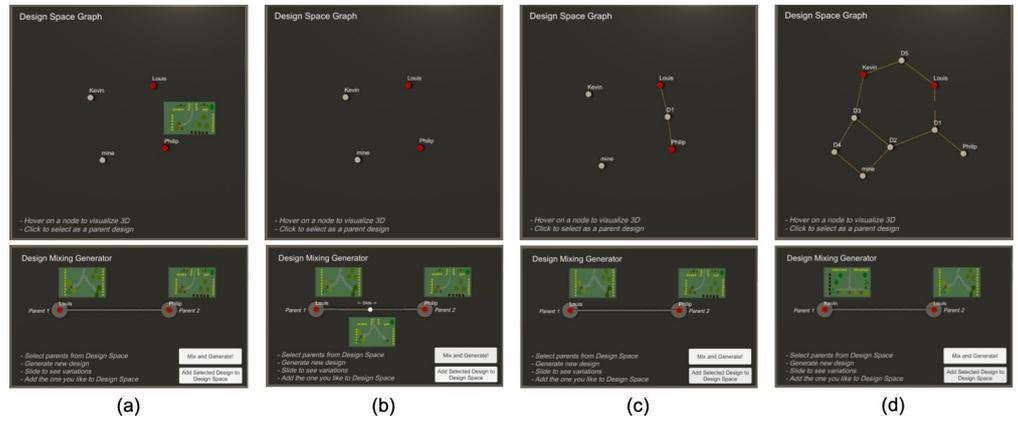


Figure 8-11 • Vue zoomée de l'interface montrant le processus de création de dessins

En nous basant sur nos expériences antérieures de travail avec des instructrices hortultrices et instructeurs horticulteurs, nous savions que cette application était différente des autres outils utilisés dans le programme d'aménagement de jardin. Cela signifiait qu'il y avait un risque réel que cette application ne soit pas adoptée par les instructrices et instructeurs parce qu'elle était trop nouvelle ou étrangère à leurs pratiques actuelles. Pour répondre à cette préoccupation, nous avons recruté six instructrices et instructeurs en aménagement de jardin issus d'écoles professionnelles pour participer à un entretien semi-structuré, axé sur les tâches, concernant cette application. Le but de l'entretien était d'en apprendre davantage sur la faisabilité de son utilisation dans un cadre pédagogique authentique avec des apprenantes et apprenants et d'examiner si elle pouvait soutenir la pensée divergente des élèves. Tous les instructeurs et instructrices ont déclaré qu'elle était intuitive et facile à utiliser, et tous étaient disposés à l'intégrer dans leurs cours. Ils ont également affirmé que l'outil de combinaison de dessins «aiderait à ouvrir l'esprit» des apprenantes et apprenants et à soutenir leur pensée divergente, leur permettant de développer une compétence précieuse pour leur profession.

Après les entretiens avec les instructrices et instructeurs, nous avons mené une expérience contrôlée en ligne avec des novices afin de comparer l'exploration de l'espace de conception avec combinaison de dessins à deux autres conditions, l'une sans exploration et l'autre avec exploration aléatoire. La condition sans exploration a fourni une base de référence pour la comparaison. La condition avec exploration aléatoire a fourni aux utilisatrices et utilisateurs des dessins de jardin créés aléatoirement sans l'interface de combinaison de dessins. Les participantes et participants ont d'abord conçu un jardin et ont exploré l'espace de conception à l'aide d'une interface donnée pour chaque condition. Puis ils ont eu une seconde chance de créer un dessin. Nous nous sommes intéressés à deux mesures: le soutien à la créativité de l'outil, mesuré par l'enquête sur l'indice de soutien à la créativité (CSI), et la nouveauté du résultat de la conception mesurée par la différence entre le dessin initial et le dessin final. À la suite de l'expérience, nous avons constaté que la combinaison de dessins peut fournir une aide beaucoup plus importante aux conceptrices et concepteurs novices, particulièrement en ce qui concerne les facteurs d'exploration et de collaboration. Nous avons également observé que les participantes et participants pouvaient produire des dessins plus originaux après avoir utilisé la fonctionnalité de combinaison de dessins. Enfin, nous avons montré que le fait de faciliter l'exploration et le suivi de nombreuses idées par les novices a une incidence directe sur la nouveauté des dessins qu'ils produisent. Nos résultats montrent l'importance d'étayer l'exploration créative pour les conceptrices et concepteurs novices et démontrent la faisabilité d'utiliser la combinaison de dessins à cette fin.

## Et alors?

Les environnements RA/RV décrits dans le présent chapitre et les chapitres précédents permettent des interactions qui n'existent pas en réalité, comme la manipulation de quatre étagères avec deux doigts ou la visualisation de forces normalement invisibles à l'œil humain. Le chapitre actuel va plus loin dans l'affranchissement de la réalité en permettant aux apprenantes et apprenants de déplacer des arbres, de changer de saison, de voyager dans le futur et d'avoir deux jardins qui donnent naissance à un bébé jardin. Nous avons souligné que ces différences avec la réalité peuvent être pédagogiquement plus intéressantes que l'adhésion à la réalité. Cependant, il faut aussi faire preuve d'un certain réalisme pour mettre l'apprenante ou l'apprenant en contact avec la réalité de son travail. Échapper à la réalité ne veut pas dire être fantaisiste ou original. Le but n'est pas de faciliter les manipulations pour le plaisir de la manipulation. **La logique pédagogique de l'évasion de la réalité est de faire participer les apprenantes et apprenants à des activités cognitives qui produisent des effets d'apprentissage**, comme nous le testons dans toutes les expériences.

La valeur pédagogique de ces environnements RA/RV va-t-elle au-delà du simple effet Wow? Oui, il y a un effet Wow; nous ne sommes pas naïfs à ce sujet. En soi, cet effet Wow ouvre des portes: comme toutes nos études empiriques requièrent de convaincre des professeures et professeurs et des réalisatrices et réalisateurs d'investir une partie de leur temps précieux avec nous, il ne s'agit pas d'un atout négligeable. Il aide également les parties prenantes à mieux comprendre les technologies d'apprentissage ou EdTech: elles peuvent être beaucoup plus riches qu'une application ou un site Web avec des textes, des quiz et des conférences vidéo. Ce n'est pas un crime si les enseignantes et enseignants et les apprenantes et apprenants s'enthousiasment à l'idée de nouvelles activités scolaires. Bien sûr, l'effet de nouveauté ne dure pas très longtemps. Ces trois derniers chapitres expliquent comment transformer cet engagement initial en résultats d'apprentissage. Être engagé, manipuler et explorer ne suffit pas; être trop engagé peut même être préjudiciable. C'est le cas pour le réaménagement rapide et aléatoire des entrepôts ainsi que pour l'exploration aléatoire de l'espace de conception des horticultrices et horticulteurs. Pour nos applications RA, les expériences révèlent la nécessité d'articuler l'action et la réflexion, l'exploration et l'abstraction, les comparaisons et les prédictions. Les apprenantes et apprenants sont comme nous: ils ne s'engagent pas spontanément dans ces activités de réflexion. Ils doivent être encouragés soit par l'environnement d'apprentissage, comme dans la vision exocentrique des jardins, soit par les enseignantes et enseignants, comme dans la TinkerLamp. D'ailleurs, il n'est pas anodin pour les enseignantes et enseignants d'organiser cette phase de réflexion, car leurs interventions sur les contributions des apprenantes et apprenants doivent être construites en temps réel. Par conséquent, les enseignantes et enseignants doivent également être soutenus par la technologie, comme dans les tableaux de bord TinkerLamp. En fin de compte, aucun de ces outils ne générera des connaissances formelles stables sans une séance de débriefing bien organisée par l'enseignante ou l'enseignant. **Il y a un temps pour raconter.**

## Chapitre 9

# Outils analytiques pour la formation professionnelle initiale

Richard Lee Davis, Son Do-Lenh, Mina Shirvani Boroujeni, Ramtin Yazdanian

Cet ouvrage met en lumière une variété de technologies numériques développées dans le cadre du projet Dual-T, de la RA aux plateformes de réseaux sociaux. L'une des caractéristiques communes de ces technologies était qu'elles généraient de nouveaux types de données. Dans certains cas, il s'agissait de traces détaillées des activités individuelles des élèves. Dans d'autres cas, ces données ont fourni des perspectives de niveau supérieur sur des établissements de formation professionnelle initiale ou des groupes d'établissements. Nous croyons que ces données constituaient un élément essentiel des technologies numériques que nous développons et nous avons déployé des efforts considérables pour trouver des façons de les utiliser dans notre travail.

La plupart de ces données n'étaient pas faciles à analyser ou à comprendre avec les méthodes statistiques standard. Pour comprendre ces données, il a fallu se tourner vers le monde de l'analyse de l'apprentissage. L'analyse de l'apprentissage est une approche interdisciplinaire qui rassemble des méthodes allant de l'apprentissage machine à l'exploration de données en passant par la statistique et l'IHM. Une définition largement utilisée de l'analyse de l'apprentissage est «la mesure, la collecte, l'analyse et la communication de données sur les apprenantes et apprenants et leurs contextes, afin de comprendre et d'optimiser l'apprentissage et les environnements dans lesquels il se déroule» (<https://tekri.athabascau.ca/analytics/>).

L'analyse de l'apprentissage permet d'atteindre divers objectifs, dont le suivi et l'analyse des activités des apprenantes et apprenants afin de mieux comprendre ce qui se passe en classe, la prévision des performances des élèves afin d'identifier et d'aider ceux qui ont besoin d'une attention particulière, l'évaluation des connaissances des élèves et leur utilisation comme source de retour pour les aider dans leurs études, la personnalisation et l'adaptation des instructions aux besoins des élèves. Parmi les méthodes utilisées pour atteindre ces objectifs, mentionnons la modélisation prédictive (p. ex., la régression), l'analyse des réseaux sociaux, le regroupement et la visualisation des données (les lectrices et lecteurs intéressés par une étude plus approfondie des objectifs et des méthodes de l'analyse de l'apprentissage dans la littérature pourraient se reporter à Baker (2010), Chatti et al. (2012) ou Clow (2013)).

Cette diversité de méthodes et d'objectifs peut être importante, et un certain nombre de taxonomies ont été proposées pour classer et organiser l'analyse de l'apprentissage. Un modèle que nous avons trouvé à la fois simple et utile a été élaboré par Chatti et al. (2012). Ce «modèle de référence» suggère d'organiser les projets d'analyse de l'apprentissage en fonction de quatre questions: Comment? Quoi? Pourquoi? Qui? Un projet donné utilise un ensemble spécifique de méthodes (Comment?) sur un ensemble de données (Quoi?) pour atteindre un objectif ou répondre à une question (Pourquoi?) posée par les parties prenantes (Qui?). Ce modèle de référence est utile lorsque l'on tente d'organiser et de comprendre les différents types d'analyses qui relèvent de l'analyse de l'apprentissage. Il est également utile pour délimiter le champ de l'analyse de l'apprentissage. Par exemple, si la réponse à la question «Pourquoi?» ne concerne pas directement l'apprentissage de l'élève, il ne s'agit pas d'analyse de l'apprentissage. De même, si la réponse à «Qui?» inclut des personnes qui ne font pas partie du système d'enseignement formel, comme les cadres d'une entreprise, il ne s'agit pas d'analyse de l'apprentissage.

Concrètement, cela signifie que bon nombre de manières d'utiliser les données dans le cadre du projet Dual-T ne relèvent pas techniquement de l'analyse de l'apprentissage. L'un des points de cet ouvrage (et du projet Dual-T) est que le système d'enseignement professionnel, en particulier le système dual de formation professionnelle, se distingue de manière unique des autres systèmes d'enseignement. Ses objectifs, ses parties prenantes et ses formes d'évaluation sont différents, et il est réparti sur plusieurs sites. Tout comme ces différences doivent être prises en compte lors de la

conception et de la mise en œuvre des technologies numériques pour la formation professionnelle initiale, elles doivent également être considérées lors de l'élaboration d'outils et de méthodes d'analyse. C'est pourquoi nous avons inventé un terme qui décrit notre travail: la construction d'outils d'analyse de la formation professionnelle initiale. L'analyse de la formation professionnelle initiale est la mesure, la collecte, l'analyse et la communication de données provenant de *l'ensemble du système de formation professionnelle initiale* afin de comprendre et d'optimiser *tous les aspects de la formation et de l'enseignement professionnels*. Il s'agit d'une définition plus large qui englobe un groupe plus grand de parties prenantes (par ex. apprenantes et apprenants, administratrices et administrateurs, instructrices et instructeurs, formatrices et formateurs en entreprise, associations d'employeurs) et un ensemble plus vaste de résultats (par ex. modes de communication entre les parties prenantes, modes de retour liés à la documentation pédagogique, changements dans les types de compétences valorisées par l'industrie).

Le système de formation professionnelle initiale et le secteur de l'industrie sont étroitement liés. Les associations d'employeurs jouent un rôle important dans l'élaboration du programme d'études de manière à ce que les apprenantes et apprenants acquièrent des compétences adaptées à leur secteur d'activité, et les entreprises assument une partie de la responsabilité de la formation des apprenantes et apprenants dans le cadre de programmes d'apprentissage. Cela signifie qu'une approche étroite de l'apprentissage en classe n'est pas appropriée pour la formation professionnelle initiale. Si cette approche étroite peut améliorer la compréhension des élèves en classe, elle ne tient pas compte des nombreux liens avec des points extérieurs à la classe, qui sont essentiels à la formation professionnelle initiale. Par exemple, elle ne tient pas compte du lien entre ce qui est appris en classe et les apprentissages des apprenantes et apprenants, ni de la pertinence de ce que les élèves apprennent pour leurs futurs employeurs et employeuses. L'analyse de la formation professionnelle initiale tient compte de tous ces facteurs. Elle se concentre non seulement sur l'amélioration de l'apprentissage des élèves, mais aussi sur l'optimisation de l'ensemble du système de formation professionnelle initiale.

Nous illustrons l'élaboration d'outils analytiques de la formation professionnelle initiale à l'aide de trois vignettes.

Dans la première vignette, nous décrivons comment l'analyse de l'apprentissage a été la clé pour débloquer la valeur pédagogique de la TinkerLamp. L'histoire de la TinkerLamp a été racontée en détail au chapitre 6, mais l'accent a été mis sur le co-développement de la technologie avec les parties prenantes de la formation professionnelle initiale et sur l'importance d'intégrer les outils d'orchestration de classe à la plateforme. Ici, nous nous concentrons davantage sur le TinkerBoard, le tableau de bord de visualisation des données qui a permis de débloquer la valeur pédagogique du système TinkerLamp en classe. Cette vignette illustre l'intérêt de «boucler la boucle», c'est-à-dire d'utiliser les données capturées par les technologies numériques comme source de retour d'information qui contribue à l'efficacité de l'utilisation des technologies. Le fait de boucler la boucle s'avère primordial dans les trois vignettes, et l'importance de boucler la boucle est l'un des principaux enseignements de ce chapitre.

Dans la deuxième vignette, nous évoquons l'analyse de Mina Shirvani Boroujeni sur les modes de communication entre les instructrices et instructeurs, les formatrices et formateurs en entreprise et les apprenantes et apprenants sur la plateforme Realto. Cette analyse a mis en évidence des modes de communication dysfonctionnels entre les différentes parties prenantes du système de formation professionnelle initiale, en particulier le fait que les instructrices et instructeurs et les formatrices et formateurs en entreprise ne répondaient pas de manière fiable aux demandes de retour d'information des apprenantes et apprenants. Plus nous enquêtons sur cette question, plus nous nous rendions compte qu'il s'agissait d'un problème généralisé. Il était également présent sur e-DAP et LearnDoc, des plateformes en ligne que nous avons développées respectivement pour les cheffes et chefs et les boulangères et boulangers. Avec Christian Gianneti, nous avons tenté de résoudre ce problème en organisant des ateliers pour les formatrices et formateurs en entreprise afin de leur montrer l'intérêt d'un retour d'information rapide aux apprenantes et apprenants sur la plateforme e-DAP

(voir chapitre 3) ou en les initiant à Realto lors d'ateliers auxquels les trois parties prenantes ont participé ensemble (voir chapitre 4).

La troisième et dernière vignette met l'accent sur les compétences acquises par les apprenantes et apprenants durant leur formation. Le système de formation professionnelle initiale est conçu pour fournir aux apprenantes et apprenants des ensembles de compétences qui les préparent à devenir des employées et employés efficaces et productifs. En Suisse, ces compétences sont formalisées dans des plans de formation actualisés tous les cinq ans en concertation avec les organisations sectorielles régionales et nationales. Il s'agit d'une approche descendante visant à maintenir le programme de formation professionnelle initiale en adéquation avec les besoins de l'industrie. Cependant, nous nous sommes rendu compte que de nouvelles formes de données avaient permis d'adopter une approche ascendante. Au cours de la dernière décennie, un grand nombre d'offres d'emploi en ligne ont été collectées dans diverses professions, y compris la plupart des professions de formation professionnelle initiale. Nous avons extrait les compétences du texte brut de chaque offre d'emploi et les avons utilisées pour suivre l'évolution des compétences recherchées sur le marché du travail. Nous nous sommes ensuite servis de ces données pour construire un modèle prédictif des compétences les plus susceptibles d'émerger au cours des années à venir. Notre travail sur ce projet se poursuit, mais nous pensons que lorsque ces informations seront utilisées pour boucler la boucle et aider à concevoir les futurs programmes d'études, elles permettront au système de formation professionnelle initiale de mieux répondre aux besoins du marché du travail.

## L'histoire du TinkerBoard

Dans le chapitre 6, nous avons présenté la TinkerLamp, un système RA tangible pour enseigner aux apprenantes logisticiennes et apprenants logisticiens l'optimisation du stockage. Il y a un aspect de cette histoire que nous n'avons abordé que brièvement, mais qui mérite plus d'attention pour ce qu'il peut nous apprendre sur l'analyse de la formation professionnelle initiale. C'est l'introduction du TinkerBoard dans le système TinkerLamp.

Le TinkerBoard est un tableau de bord de visualisation de données conçu par Son Do-Lenh. Il est destiné à être projeté en permanence sur un mur pendant toute la durée de l'activité TinkerLamp. Il s'agit d'un système interactif qui recueille, traite et affiche des informations tout en permettant à l'enseignante ou l'enseignant de manipuler l'affichage des informations et de contrôler les TinkerLamp. Dans les paragraphes qui suivent, nous présentons à nouveau le TinkerBoard en racontant comment Jacques Kurzo l'a utilisé dans son enseignement. Pour un aperçu plus complet du TinkerBoard, voir le chapitre 6.

Jacques avait divisé la classe en quatre groupes et avait demandé à chaque groupe de travailler avec une TinkerLamp. Après une brève introduction, les élèves ont commencé à créer et à tester différentes configurations d'entrepôt. Jacques a fait le tour de la classe, répondant aux questions et proposant son aide aux différents groupes. Une fois que les groupes ont créé et testé cinq configurations d'entrepôt, Jacques a appuyé sur un bouton du TinkerBoard pour mettre en pause toutes les lampes. La mise en pause des simulations a permis d'attirer l'attention des élèves sur Jacques qui se trouvait à côté de la projection TinkerBoard (voir figure 6-9 du chapitre 6).

Devant la classe, Jacques a sélectionné une configuration de chaque groupe et l'a ajoutée à la ComparisonZone du TinkerBoard. Pour chaque configuration, des statistiques sont présentées sur la surface brute, la surface brute de stockage, la surface nette de stockage, le nombre d'étagères, le degré d'utilisation de la surface et le temps moyen nécessaire pour déplacer une palette vers ou depuis les étagères. Jacques a mené une discussion sur chacun des projets, soulignant leurs points forts et leurs points faibles par rapport à ces statistiques. Cela lui a permis de clarifier le sens des différents termes, dont beaucoup étaient nouveaux pour les apprenantes et apprenants, et l'a aidé à expliquer les compromis entre maximiser l'utilisation de l'espace et minimiser le temps moyen par palette en contrastant les projets des différents groupes. Le TinkerBoard

a permis d'ancrer plus facilement l'explication du problème d'optimisation dans les projets réels des apprenantes et apprenants, et en confrontant différents exemples, Jacques a pu indiquer des stratégies de conception et des heuristiques que les apprenantes et apprenants pouvaient utiliser pour optimiser leurs configurations.

Rappelons que le TinkerBoard a été développé pour résoudre un problème: les élèves des classes de formation professionnelle initiale n'établissaient pas de liens entre l'activité TinkerLamp et les concepts que l'activité visait à enseigner. Pour déterminer si le TinkerBoard avait résolu ce problème, nous avons élaboré une expérience avec quatre classes sous la direction de deux enseignants différents. Comme nous avons déjà expliqué les détails de cette expérience au chapitre 6, nous n'en donnerons ici qu'un bref aperçu.

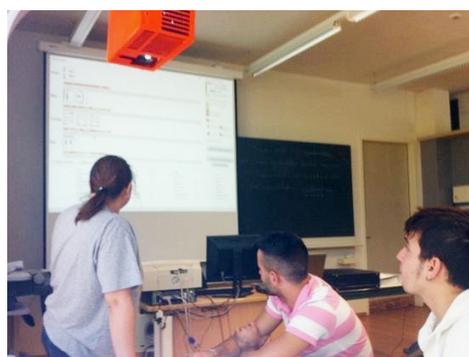
Certains élèves ont travaillé avec la TinkerLamp et le TinkerBoard tandis que d'autres ont travaillé uniquement avec la TinkerLamp. Lorsque nous avons évalué la compréhension conceptuelle des élèves et leur aptitude à résoudre un problème de configuration d'entrepôt, nous avons constaté que les élèves qui ont travaillé avec le TinkerBoard avaient obtenu des résultats plus élevés (voir tableau 6-1 du chapitre 6).

Pourquoi raconter cette histoire dans le cadre d'un chapitre sur l'analyse de la formation professionnelle initiale? **Parce qu'elle met l'accent sur la valeur et l'importance des données.** Les données capturées et générées par les TinkerLamp ont permis de révéler leur potentiel à aider les élèves à apprendre. Jusqu'à l'introduction du TinkerBoard, les données étaient recueillies mais n'étaient pas utilisées en classe. Le TinkerBoard a transformé ces données brutes en visualisations informatives et interactives qui ont été utilisées par les enseignantes et enseignants et les élèves pendant l'activité en classe.

L'une des principales raisons pour lesquelles le TinkerBoard a soutenu l'apprentissage de cette façon est que le TinkerBoard a «bouclé la boucle». Autrement dit, le TinkerBoard fournissait un mécanisme de retour d'information que l'enseignant et les élèves pouvaient utiliser pour surveiller et contrôler l'activité en classe. À différents moments de l'activité en classe, l'enseignant a vérifié le panneau LayoutHistory du TinkerBoard pour voir toutes les activités des groupes en temps réel et s'est servi de cette information pour identifier les groupes nécessitant une attention particulière (figure 9-1). Les élèves ont également consulté régulièrement le TinkerBoard pendant l'activité afin de comparer leur travail à celui des autres groupes et ont utilisé cette information pour modifier et améliorer leur propre configuration (figure 9-2). L'enseignant et les élèves ont utilisé l'information affichée sur le TinkerBoard pour maintenir l'activité sur la bonne voie et s'assurer que les TinkerLamp étaient utilisées de façon optimale.



**Figure 9-1** - L'enseignant a consulté le TinkerBoard pendant l'activité en classe pour voir le travail des élèves simultanément.



**Figure 9-2** - Les élèves ont régulièrement consulté le TinkerBoard pendant l'activité en classe.

Le TinkerBoard a également aidé l'enseignant à relier l'activité TinkerLamp à la discussion sur l'optimisation. Le TinkerBoard a facilité l'utilisation des configurations des élèves comme exemples pour expliquer les compromis entre maximiser l'utilisation de l'espace et minimiser le temps moyen par palette. Cela a aidé à ancrer les concepts

de la discussion dans les expériences des apprenantes et apprenants, transformant celle-ci en un «temps pour raconter».

Nous avons conçu le système TinkerLamp pour permettre de riches interactions avant de réaliser que les données de la TinkerLamp constituaient en fait un élément central de la technologie à exploiter pédagogiquement.

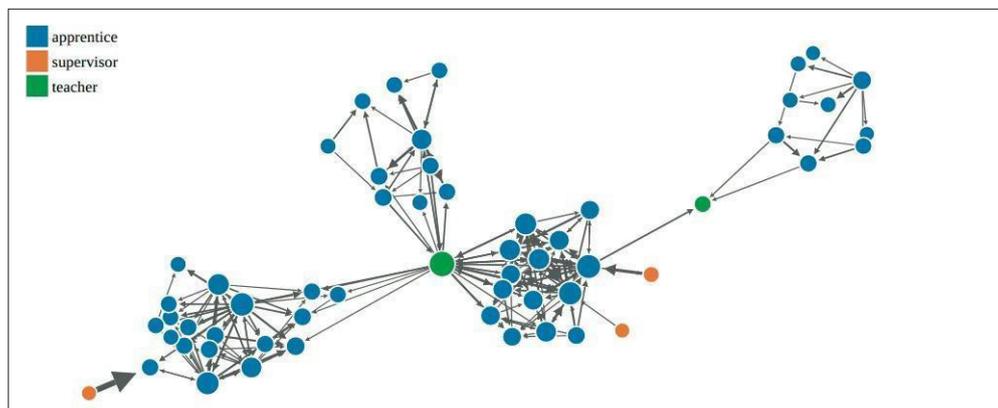
Lorsque des outils numériques sont introduits dans les salles de classe, il y a de nombreuses façons dont les choses peuvent mal tourner, et quelques façons dont les choses peuvent bien tourner. En raison de cette complexité accrue, il peut être difficile pour l'enseignant de vérifier si les élèves utilisent les outils comme prévu, et plus difficile pour les élèves de voir ce que font leurs camarades. Dans le cas de la TinkerLamp, les enseignantes et enseignants et les élèves pouvaient facilement voir la configuration actuelle de l'entrepôt de chaque groupe grâce aux étagères tangibles, mais l'information contenue dans la simulation projetée était plus difficile à voir et il n'y avait aucun moyen de voir l'historique de ce que les différents groupes avaient essayé. Cependant, toutes ces informations figuraient dans les données TinkerLamp. Le TinkerBoard a transformé ces données en une visualisation publique et interactive qui a redonné à chacun la capacité de surveiller et de comprendre ce qui se passait en classe, ce qui a contribué à maintenir l'activité sur la bonne voie et à faire en sorte que les élèves apprennent.

Cette histoire illustre un point important qui est particulièrement pertinent pour les designers de technologies d'apprentissage: les enseignantes et enseignants et les élèves ont besoin d'aide pour gérer la complexité des outils numériques, et les données qu'ils génèrent sont essentielles à cet égard. Les données ne doivent pas être traitées comme des éléments à analyser ultérieurement par des chercheuses et chercheurs ou des développeuses et développeurs. Les données devraient plutôt servir à montrer à l'enseignante ou l'enseignant et aux élèves ce qui se passe, ce qui s'est passé et ce qui pourrait se passer. Lorsque les données sont utilisées de cette façon, elles servent de mécanisme de retour d'information dont les enseignantes et enseignants et les élèves peuvent se servir pour s'assurer qu'ils utilisent correctement les outils. Dans ce chapitre, nous appelons cette façon d'utiliser les données «boucler la boucle», et nous verrons l'importance de cette idée dans chacune des histoires.

## L'histoire de l'analyse des réseaux sociaux

Realto a été développé pour faciliter la capture, le partage et la manipulation des expériences sur les différents sites du système de formation professionnelle initiale (stages en milieu professionnel et classe). L'un des principaux mécanismes de Realto est la capacité des enseignantes et enseignants en classe et des formatrices et formateurs en entreprise sur le lieu de travail à voir, évaluer et commenter ces expériences. Lorsque tout fonctionne bien, ces interactions permettent aux informations de circuler plus facilement entre les différents sites, ce qui permet aux enseignantes et enseignants et aux formatrices et formateurs en entreprise d'harmoniser les thèmes qu'ils enseignent (voir le chapitre 2 sur le modèle Erfahrungsraum pour plus d'informations).

Toutes ces interactions entre les parties prenantes sont préservées dans les données collectées par Realto. Chaque action, telle qu'une demande de retour d'information d'une étudiante ou d'un étudiant, une formatrice ou un formateur en entreprise qui laisse un commentaire ou quelqu'un qui aime ou commente un article, est enregistrée par Realto dans ses fichiers journaux. Nous avons réalisé que ces données pouvaient nous permettre de modéliser l'ensemble du réseau Realto. Pour ce faire, Mina Shirvani Boroujeni a créé un module d'analyse de réseau au sein de Realto (Boroujeni, 2018). Ce module construit automatiquement des graphiques, où chaque partie prenante est représentée comme un nœud et où les flèches entre les nœuds représentent différents types d'interactions. La figure 9-3 montre un exemple de un sous-réseau avec des nœuds pour les apprenantes et apprenants, les formatrices et formateurs en entreprise et les enseignantes et enseignants, et des flèches représentant la communication entre les parties prenantes.



**Figure 9-3** • Exemple de sous-réseau Realto d'enseignantes et enseignants, de formatrices et formateurs en entreprise et d'apprenantes et apprenants fleuristes

Realto a-t-il réellement contribué à établir des interactions entre les parties prenantes et à rapprocher les différents sites du système de formation professionnelle initiale? Pour répondre à cette question, nous avons analysé quatre sous-réseaux contenant des interactions entre (1) les apprenantes et apprenants, (2) les enseignantes et enseignants et les apprenantes et apprenants, (3) les formatrices et formateurs et les apprenantes et apprenants en entreprise et (4) les apprenantes et apprenants et une enseignante ou un enseignant et une formatrice ou un formateur en entreprise. Nous avons constaté que 80 % des apprenantes et apprenants utilisant Realto avaient des interactions avec une autre apprenante ou un autre apprenant, 47 % des apprenantes et apprenants avaient des interactions avec une enseignante ou un enseignant, 26 % des apprenantes et apprenants avaient des interactions avec une formatrice ou un formateur en entreprise, et seulement 1 % des apprenantes et apprenants avaient des interactions avec une enseignante ou un enseignant et une formatrice ou un formateur en entreprise (voir le nombre d'apprenantes et apprenants du tableau 9-1 de l'annexe).

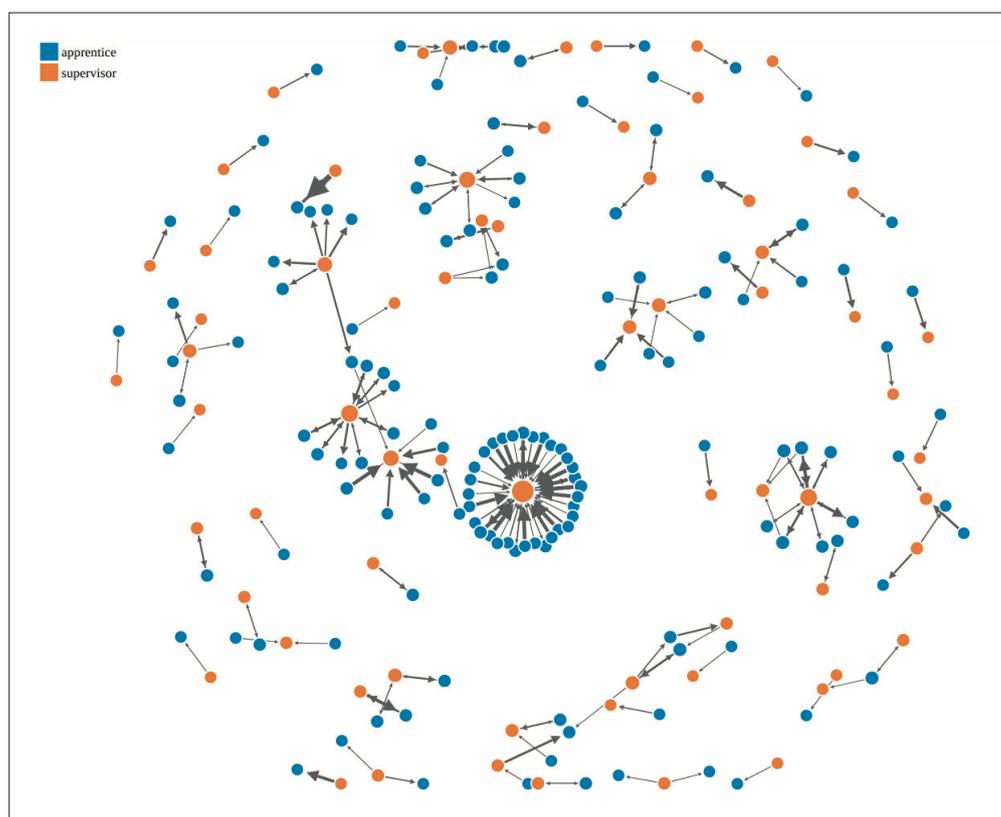
Bien que ces pourcentages suggèrent que de nombreux apprenants et apprenantes utilisant Realto n'interagissaient pas avec leurs enseignantes et enseignants ou leurs formatrices et formateurs en entreprise, ils ne rendent pas compte de l'ensemble de la situation. Par exemple, les interactions entre les enseignantes et enseignants, les apprenantes et apprenants et les formatrices et formateurs en entreprise qui ont eu lieu hors ligne n'étaient pas observables dans les données de Realto. Nous avons eu connaissance de nombreuses interactions de ce type, qui ont eu lieu en dehors de Realto et n'ont pas été prises en compte dans ces statistiques.

Cependant, il y avait une statistique que nous avons prise au sérieux. C'était la réciprocité binaire. La réciprocité binaire est un nombre compris entre 0 et 1, qui rend compte de la proportion d'interactions bidirectionnelles dans un graphique. Si une apprenante ou un apprenant mettait en ligne sa documentation pédagogique et demandait à une enseignante ou un enseignant ou à une formatrice ou un formateur en entreprise de lui faire part de ses commentaires, cela serait considéré comme une interaction unidirectionnelle. Si l'enseignante ou l'enseignant ou la formatrice ou le formateur en entreprise fournissait ensuite des commentaires à l'élève, la demande et la réponse seraient perçues comme une interaction bidirectionnelle.

Dans notre analyse, nous avons constaté que la réciprocité binaire était inférieure à 0,5 dans tous les cas (tableau 9-2). Cette constatation est troublante: dans tous les cas, la communication entre les parties prenantes est plus susceptible d'être unidirectionnelle que bidirectionnelle. Cela signifie qu'il était plus courant de contacter quelqu'un et de ne pas obtenir de réponse que d'obtenir une réponse. Cela est particulièrement troublant dans le cadre de la documentation pédagogique. Dans le système suisse de formation professionnelle initiale, les apprenantes et apprenants sont chargés de documenter leurs expériences d'apprentissage et de les associer à une liste de compétences. L'une des conditions pour obtenir un diplôme est de soumettre cette documentation pédagogique. Il est difficile pour les apprenantes et apprenants d'avoir une bonne documentation pédagogique. Les commentaires de leurs formatrices et formateurs en entreprise et de leurs instructrices et instructeurs sont d'une grande aide. En

fait, les formatrices et formateurs en entreprise sont tenus, en vertu de la réglementation fédérale, de donner un retour sur cette documentation pédagogique au moins une fois par semestre. Nos conclusions sur la réciprocité binaire sur Realto suggèrent que les apprenantes et apprenants recherchent ce retour d'information, mais que les instructrices et instructeurs et les formatrices et formateurs en entreprise ne le font souvent pas dans Realto.

La figure 9-4 livre une représentation graphique de ces réseaux de communication. Les interactions unidirectionnelles sont représentées par une flèche à tête unique, et les interactions bidirectionnelles sont représentées par des flèches à tête double. Le faible nombre de flèches à tête double permet de visualiser la rareté des communications réciproques sur Realto.



**Figure 9-4** • Sous-réseau de communication apprenante ou apprenant-formatrice ou formateur en entreprise. Le sens des flèches indique le sens de l'interaction (p. ex., de l'apprenante ou de l'apprenant à la formatrice ou au formateur), et la grosseur des flèches traduit le nombre de ces interactions.

Cette conclusion était contrariante, mais ce n'était pas la fin de l'histoire.

La situation était semblable avec les boulangères et boulangers et les cheffes et chefs. Chacune de ces professions dispose de sa propre plateforme de documentation pédagogique qu'elle utilise au lieu de Realto (les boulangères et boulangers utilisent une plateforme appelée LearnDoc et les cheffes et chefs, une plateforme appelée e-DAP). Toutes deux ont été créées dans le cadre du projet Dual-T et sont antérieures à Realto de plusieurs années. Les boulangères et boulangers et les cheffes et chefs continuent d'utiliser ces plateformes au lieu de Realto parce qu'elles ont été conçues spécifiquement pour leurs métiers et qu'elles répondent à leurs besoins et fonctionnent correctement.

Si ni LearnDoc ni e-DAP ne disposent d'un module d'analyse réseau comme celui intégré à Realto, il a néanmoins été possible d'analyser directement les fichiers journaux afin d'étudier les retours des formatrices et formateurs en entreprise des cheffes et chefs et des boulangères et boulangers. Comme pour Realto, nous avons constaté que de nombreux formateurs et formatrices en entreprise donnaient peu ou pas de retour

à leurs apprenantes et apprenants sur la plateforme. Et comme pour Realto, c'était préoccupant car l'une des principales raisons pour lesquelles la plateforme e-DAP a été développée était de solliciter et de recevoir les retours des formatrices et formateurs en entreprise.

Christian Gianneti, ancien chef et formateur en entreprise, aujourd'hui enseignant à plein temps, a trouvé une solution potentielle à ce problème. En 2019, Christian a invité les formatrices et formateurs en entreprise à un atelier où il a montré comment e-DAP pouvait être utilisé pour donner un retour et a souligné la valeur ajoutée de fournir un retour d'information sur la plateforme.

La surveillance continue des fichiers journaux a montré que deux choses ont commencé à changer à cette époque. Tout d'abord, le nombre de demandes de retour des apprenantes et apprenants et le nombre de réponses des formatrices et formateurs en entreprise ont augmenté de façon spectaculaire, atteignant leur niveau le plus élevé en près de dix ans. Deuxièmement, le délai moyen entre la demande de retour d'information d'une apprenante ou d'un apprenant et la réponse d'une formatrice ou d'un formateur en entreprise a diminué pour atteindre son point le plus bas jamais enregistré (voir la figure 3-8 du chapitre 3).

Un effet analogue a été observé avec Realto basé sur l'organisation des ateliers de formation (voir chapitre 4). La quantité de documents pédagogiques remplis par les apprenantes et apprenants était beaucoup plus élevée et plus soutenue lorsque tous les intervenants et intervenantes participaient à la même séance de formation, contrairement à ce qui se passait lorsque la formation était dispensée séparément. Comme nous l'avons vu au chapitre 3, les apprenantes et apprenants qui utilisaient la plateforme e-DAP en 2020 ont fait état d'un sentiment plus élevé de connectivité entre l'école et le lieu de travail que les apprenantes et apprenants qui n'utilisaient pas la plateforme. Bien qu'on ne puisse pas le dire avec certitude, les changements positifs dans le retour donné par les formatrices et formateurs en entreprise ont probablement contribué au sentiment de connectivité de ces apprenantes et apprenants.

Cette histoire illustre deux points. Le premier est celui que nous avons déjà rencontré, à savoir l'importance d'utiliser les données pour boucler la boucle. L'analyse est essentielle si l'on veut réussir à intégrer les technologies numériques dans la formation professionnelle initiale. À moins qu'il n'y ait une bonne raison, les données produites lorsque les parties prenantes utilisent les technologies numériques devraient être mises à profit pour garantir une utilisation optimale des outils. Le deuxième point concerne la valeur de l'analyse de la formation professionnelle initiale. Dans ce compte-rendu, nous avons montré comment l'analyse des données de l'école, du lieu de travail et des cours interentreprises a permis de mettre au jour de graves problèmes, et nous avons indiqué comment les résoudre une fois révélés. Une approche analytique purement didactique aurait très probablement manqué ces problèmes puisqu'elle n'aurait pas tenu compte des données provenant de l'extérieur de l'école. Le système de formation professionnelle initiale est fondamentalement différent des autres systèmes éducatifs, et cette histoire montre l'importance d'utiliser une approche analytique spécialement adaptée pour mieux comprendre ce qui se passe dans tous les secteurs du système.

## L'histoire des compétences émergentes

Notre troisième et dernière histoire porte sur le potentiel de l'analyse de la formation professionnelle initiale pour informer et façonner globalement l'ensemble du système de formation professionnelle initiale. L'objectif premier du système de formation professionnelle initiale est de doter les apprenantes et apprenants des compétences et de l'expertise qui leur permettront d'occuper un emploi qualifié dès l'obtention de leur diplôme. Il y a deux faces à cette équation. Les industries qui ont besoin de travailleuses et travailleurs qualifiés ont des postes à pourvoir qu'elles espèrent que les diplômés du système de formation professionnelle initiale seront en mesure d'occuper, tandis que le système de formation professionnelle initiale forme les apprenantes et apprenants à des compétences spécifiques qui, espèrent-elles, seront recherchées une fois qu'ils seront diplômés. Pour maintenir l'équilibre de cette équation, il faut que l'industrie et

le système de formation professionnelle initiale se coordonnent l'un l'autre. En Suisse, cette coordination a lieu tous les cinq ans lorsque les responsables du système de formation professionnelle initiale se réunissent avec les organisations sectorielles régionales et nationales. Au cours de cette réunion, les ensembles de compétences sont formalisés dans des plans de formation qui détermineront les programmes d'études dans l'ensemble du système de formation professionnelle initiale.

Il s'agit d'une approche descendante pour orienter le programme de formation professionnelle initiale. Les parties prenantes expérimentées et influentes font des prévisions éclairées sur les besoins futurs de l'industrie et adaptent les programmes de formation professionnelle initiale en fonction de ces besoins. Il s'agit d'une approche valable, qui fonctionne depuis des décennies, mais qui comporte des lacunes qu'il ne faut pas négliger.

L'une des lacunes les plus évidentes est la lenteur du cycle de mise à jour quinquennal. C'est particulièrement vrai aujourd'hui, avec la quatrième révolution industrielle alimentée par l'IA qui bat son plein. L'augmentation spectaculaire de l'automatisation et l'essor des nouvelles technologies ont rapidement transformé les compétences requises pour une grande variété d'emplois et d'industries. Les compétences hautement valorisées sont tombées en désuétude tandis que de nouvelles compétences ont pris de l'importance. Ces changements peuvent se produire rapidement, créant une situation où les apprenantes et apprenants du système de formation professionnelle initiale sont bloqués dans l'acquisition de compétences obsolètes ou ne parviennent pas à acquérir des compétences qui sont aujourd'hui très demandées. Une solution à ce problème consisterait à augmenter la fréquence de mise à jour des programmes de formation professionnelle initiale, mais il subsiste un problème que cette approche ne résoudra pas.

Ce problème est de prévoir l'avenir. Le paysage industriel est complexe et il n'est pas facile de prévoir quelles compétences seront précieuses dans les années à venir. Par exemple, peu de gens auraient pu prévoir que les banquières et banquiers auraient besoin de comprendre les réseaux peer-to-peer, le hachage cryptographique ou les grands livres publics, mais ce sont précisément les concepts impliqués dans quelque chose qui a profondément modifié le paysage bancaire au cours des dix dernières années: le Bitcoin et autres formes de cryptomonnaie. C'est le genre de changement que peu de gens auraient vu venir, peu importe leur niveau d'expertise ou d'influence.

Une façon de remédier à ces lacunes est d'introduire une approche ascendante dans le processus. Ce type d'approche fournirait également au système de formation professionnelle initiale des informations sur les compétences futures, mais ces informations proviendraient directement du marché du travail. Ramtin Yazdanian a exploré la faisabilité de cette approche dans son doctorat (Yazdanian, 2021). Son approche consistait à former des modèles prédictifs sur les données relatives au marché du travail afin de prévoir les compétences émergentes. Cette phrase n'est pas facile à comprendre, alors prenons-la terme par terme.

Premièrement, qu'est-ce qu'un modèle prédictif? La modélisation prédictive est une méthode qui utilise des modèles statistiques formés à partir de données historiques pour prédire les résultats futurs. Un exemple simple de modèle prédictif est une ligne ajustée aux données. Peut-être que vous voulez essayer de prédire le score final de votre équipe de basketball préférée pendant que vous êtes assis à regarder des publicités à la mi-temps. Vous pouvez tracer le score sur l'axe des y et le temps sur l'axe des x, puis ajuster une ligne aux données. Prolongez la ligne jusqu'à la fin du quatrième quart-temps, elle se situe directement sur une prédiction du score final. Bien que cette méthode soit simple, elle n'est généralement pas précise. Il existe des méthodes plus sophistiquées qui permettent d'obtenir de meilleures prévisions, mais elles nécessitent souvent de grandes quantités de données pour être efficaces.

Ramtin a pu utiliser ces méthodes plus sophistiquées parce qu'il a trouvé une source gigantesque et largement inexploitée de données sur le marché du travail: les offres d'emploi. Depuis 10-15 ans, les entreprises publient des offres d'emploi sur des sites tels que monster.com et linkedin.com. Ces sites possèdent d'immenses archives de données historiques sur les offres d'emploi, et ces archives contiennent des informa-

tions sur la dynamique des compétences sur le marché du travail. Selon l'hypothèse de Ramtin, les modèles prédictifs formés à apprendre ces dynamiques devraient pouvoir prévoir l'augmentation et la diminution des compétences sur le marché du travail.

Toutefois, la simple prédiction de l'augmentation et de la diminution des compétences n'a pas constitué le principal résultat d'intérêt. Rappelons que l'objectif de ce travail était de prévoir les compétences qui seront demandées lorsque les apprenantes et apprenants quitteront le système de formation professionnelle initiale et entreront sur le marché du travail. Ramtin a qualifié ces nouvelles compétences et les a définies comme des «compétences auparavant peu recherchées qui ont récemment connu une forte augmentation de la demande d'embauche». Il est particulièrement difficile de prédire avec succès les compétences émergentes à partir de données historiques parce qu'on ne peut pas les distinguer d'autres compétences peu demandées qui n'apparaissent jamais.

À titre de validation de principe, Ramtin a élaboré un modèle prédictif pour identifier les compétences émergentes dans le secteur des technologies de l'information. Il a commencé par un ensemble de données d'offres d'emploi, où chaque offre était représentée par la liste des compétences qu'elle contenait. Il s'est servi de ces données pour créer une série chronologique de la popularité de chaque compétence sur le marché du travail et en a extrait des centaines d'éléments. Ces derniers comprennent des statistiques sommaires (p. ex. moyenne, divers quantiles, variance), des tendances linéaires, des mesures de la non-linéarité et des pics et des coefficients FFT. Les caractéristiques les plus instructives ont été identifiées à l'aide d'une combinaison de méthodes et regroupées en un seul modèle de régression logistique. (Les détails techniques complets de ce modèle se trouvent dans Yazdanian et al., 2022.)

Ramtin a constaté qu'il était possible de prévoir les compétences émergentes. Son meilleur modèle a été capable de battre de façon constante un certain nombre de bases de référence solides, montrant que les données sur les offres d'emploi contiennent suffisamment d'informations pour prédire de nombreuses compétences qui apparaîtront à l'avenir.

Bien que cela ait fonctionné sur des données provenant du secteur informatique, il n'était pas évident qu'il fonctionnerait également dans les domaines de la formation professionnelle initiale. Le secteur informatique évolue à un rythme effréné, avec l'introduction de nouveaux langages de programmation, technologies, cadres et plateformes chaque jour. Il va sans dire qu'un domaine de la formation professionnelle initiale tel que la maçonnerie ne connaît pas une évolution aussi rapide.

Que s'est-il passé lorsque Ramtin a appliqué sa méthode aux données sur les offres d'emploi des industries de la formation professionnelle initiale? Les résultats n'étaient pas aussi clairs. Il a utilisé sa méthode pour les offres d'emploi de deux secteurs de la formation professionnelle initiale: la logistique et les soins de santé. Dans certains cas, son modèle a permis de produire des prédictions utiles, mais dans d'autres cas, il a échoué. L'une des raisons les plus probables est que cette méthode, qui a été développée à partir de données provenant du marché du travail informatique, n'est pas adaptée au marché du travail de la formation professionnelle initiale. Nous avons vu un problème similaire dans l'histoire sur l'analyse des réseaux sociaux. Là, les méthodes de Mina, qu'elle a développées à partir de données MOOC, n'ont pas fonctionné lorsqu'elles ont été appliquées aux données du domaine de la formation professionnelle initiale. Dans son cas, il a fallu développer de nouvelles méthodes spécifiquement adaptées à la formation professionnelle initiale. Une approche similaire est probablement nécessaire dans ce cas également. Plutôt que de considérer les résultats de Ramtin comme un échec, nous les voyons comme un rappel, une fois de plus, que la formation professionnelle initiale est un domaine unique qui nécessite des méthodes et des approches particulières. Avec de la persévérance et de la chance, nous (ou quelqu'un d'autre) trouverons un moyen d'utiliser les données sur les offres d'emploi du marché du travail de la formation professionnelle initiale pour aider à prévoir les compétences dont les apprenantes et apprenants auront besoin une fois qu'ils auront obtenu leur diplôme.

Quelle est la morale de cette histoire? Il y en a deux. Tout d'abord, cette histoire illustre pourquoi l'analyse de la formation professionnelle initiale doit avoir une portée plus large que l'analyse de l'apprentissage, qui ne vise qu'à optimiser l'apprentissage des apprenantes et apprenants. Il est important d'optimiser cet apprentissage. Toutefois, dans le système de formation professionnelle initiale, il est également important de s'assurer que les compétences acquises par les apprenantes et apprenants seront demandées au moment de l'obtention de leur diplôme. En d'autres termes, le programme doit également être optimisé. Une approche analytique de l'apprentissage permettrait d'optimiser l'apprentissage des apprenantes et apprenants sans se préoccuper du contenu du programme. Avec le temps, cette approche produirait des apprenantes et apprenants possédant d'excellentes compétences, mais obsolètes. Le champ plus large de l'analyse de la formation professionnelle initiale permet d'éviter cela en respectant la complexité et l'interconnexion du système de formation professionnelle initiale.

La seconde morale de cette histoire est celle dont vous êtes peut-être déjà lassés. C'est l'importance d'utiliser les données pour boucler la boucle et s'assurer que les choses fonctionnent comme prévu. Dans ce compte-rendu, la boucle est au maximum dézoo-mée, au niveau macro, et la technologie en question est l'ensemble du système de formation professionnelle initiale. Si nous parvenons un jour à utiliser les données générées par le système de formation professionnelle initiale (données sur le marché du travail) pour nous aider à prédire les compétences susceptibles de prendre de l'importance à l'avenir, cela fermera l'une des nombreuses boucles du système de formation professionnelle initiale. Cela contribuera, en retour, à rendre la formation professionnelle initiale plus agile, en veillant à ce que les apprenantes et apprenants sortant du système possèdent des compétences plus pertinentes.

## Et alors?

S'il y a seulement trois points à retenir de ce chapitre, ce sont les suivants:

**Premier point à retenir: l'analyse de la formation professionnelle initiale est une approche novatrice qui tient compte de la complexité du système de formation professionnelle initiale.** L'histoire des compétences émergentes montre pourquoi une approche analytique de l'apprentissage qui se concentre sur l'apprentissage des apprenantes et apprenants tout en ignorant d'autres aspects du système de formation professionnelle initiale n'est pas appropriée. Les différents éléments du système de formation professionnelle initiale ont des liens profonds qui les unissent. Ce que les apprenantes et apprenants apprennent en classe est déterminé par un programme qui a été conçu pour répondre aux besoins futurs des entreprises. Dans le cadre de la formation professionnelle initiale, il est absurde d'optimiser l'apprentissage des apprenantes et apprenants sans aussi optimiser le programme d'études. L'analyse de la formation professionnelle initiale repose sur une compréhension de la complexité et de l'interconnexion du système de formation professionnelle initiale, et reconnaît la nécessité de prendre en compte de multiples parties prenantes, contextes et résultats.

L'histoire de l'analyse des réseaux sociaux illustre également cette idée. Pour comprendre pourquoi, nous devons fournir un peu plus de contexte. Mina a été la pionnière de ses méthodes sur les données d'une CLOM (Boroujeni, 2017). Toutefois, elle n'a pas été en mesure d'appliquer directement ces méthodes aux données Realto en raison des différences entre la structure des CLOM et celle du système de formation professionnelle initiale. Elle devait modifier ses méthodes pour tenir compte des différences entre les parties prenantes, les formes d'interaction sociale et les modes de communication. Là encore, cela illustre l'inadéquation des approches analytiques existantes et la nécessité d'une nouvelle approche qui comprenne et s'adapte à la complexité de la formation professionnelle initiale.

L'histoire de TinkerBoard a montré que les méthodes issues de l'analyse de l'apprentissage occupent toujours une place centrale dans l'analyse de la formation professionnelle initiale. Cette histoire a montré comment l'introduction d'un tableau de bord de visualisation des données en classe a contribué à faire en sorte que la TinkerLamp ait

un impact positif sur l'apprentissage des élèves. Il s'agissait d'une utilisation simple et efficace de l'analyse de l'apprentissage dans une classe de formation professionnelle initiale. Cette histoire nous rappelle que l'analyse de la formation professionnelle initiale dispose de tous les outils d'analyse d'apprentissage. Les autres histoires nous montrent pourquoi il est important d'aller au-delà de ces outils si l'on veut que l'analyse de la formation professionnelle initiale optimise efficacement l'ensemble du système de formation professionnelle initiale.

**Deuxième point à retenir: les données sont un élément essentiel de la technologie, pas un effet secondaire.** Le deuxième point à retenir se résume à «*Faites attention aux données!*». Nous visons principalement les designers de technologies d'apprentissage. Les histoires de ce chapitre montrent que l'ignorance des données produites ne permet pas d'exploiter le potentiel des technologies d'apprentissage. Dans le cas de la TinkerLamp, la dissimulation des données d'interaction aux utilisatrices et utilisateurs a été l'une des principales raisons pour lesquelles les élèves n'apprenaient pas. Dans le cas de Realto, ce n'est qu'après avoir examiné les données que Mina s'est rendu compte que le problème des formatrices et formateurs en entreprise et des instructrices et instructeurs qui ne donnaient pas de retour d'information était plus généralisé et plus grave que nous ne l'avions imaginé.

Ce que nous retirons de ces histoires, c'est que les données générées et enregistrées par les technologies d'apprentissage ne sont pas un effet secondaire, mais un élément essentiel de la technologie. Les designers devraient en tenir compte et veiller à ce que les utilisatrices et utilisateurs puissent facilement accéder aux données et les comprendre. Fournir des moyens simples d'accéder aux données, de les filtrer et de les visualiser contribuera probablement à garantir une utilisation efficace de la technologie.

Nous avons appliqué ce principe à l'ensemble du système de formation professionnelle initiale dans l'histoire des compétences émergentes. Dans cette histoire, les utilisatrices et utilisateurs étaient les administratrices et administrateurs et les organisations industrielles qui décident du programme de formation professionnelle initiale tous les cinq ans, et les données qu'ils n'utilisaient pas étaient des données d'offres d'emploi contenant des informations sur les compétences sur le marché du travail. Nos recherches ont montré que ces données contenaient de l'information qui pouvait servir à prédire les compétences émergentes, mais nous n'avons pas encore fourni aux utilisatrices et utilisateurs un moyen d'utiliser cette information dans leur prise de décision. Si les autres faits sont révélateurs, une fois que ces données seront intégrées dans le processus décisionnel, elles contribueront à garantir que la «technologie» de l'ensemble du système de formation professionnelle initiale fonctionne comme prévu.

**Troisième point à retenir: pour améliorer le système de formation professionnelle initiale, l'analyse de la formation professionnelle initiale doit «boucler la boucle».** Notre dernier point à retenir concerne ce qu'il convient de faire des résultats de l'analyse de la formation professionnelle initiale. Tous les résultats ou informations devraient être utilisés pour «boucler la boucle». En d'autres termes, ils devraient être utilisés comme une source de retour d'information susceptible d'aider le système de formation professionnelle initiale à s'améliorer. Si les résultats de ces analyses n'aboutissent qu'à des rapports ou des documents, ils n'auront qu'un impact minime sur le système de formation professionnelle initiale. Ces informations doivent être réintroduites dans le système qui a généré les données afin que le système puisse se maintenir sur la bonne voie.

Dans l'histoire de TinkerLamp, les informations extraites des données d'interaction ont été visualisées sur le tableau de bord TinkerBoard. Les instructrices et instructeurs et les apprenantes et apprenants ont régulièrement consulté le tableau de bord pour mieux comprendre ce qui se passait en classe et les instructrices et instructeurs l'ont utilisé pour relier l'activité TinkerLamp aux concepts de la leçon. Sans le TinkerBoard, il était plus difficile pour les instructrices et instructeurs de repérer les élèves qui avaient dérapé ou pour les élèves de surveiller leurs propres activités par rapport à leurs camarades. Le TinkerBoard a fourni une source de retour d'information: ce n'est que lorsqu'elle a été introduite en classe que l'activité TinkerLamp a permis d'obtenir d'importants gains d'apprentissage.

Boucler la boucle n'a pas besoin d'être un exercice de haute technologie. Dans le cas de Realto, l'information selon laquelle les instructrices et instructeurs et les formatrices et formateurs en entreprise ne fournissaient pas suffisamment de retour d'information aux apprenantes et apprenants a été utilisée pour boucler la boucle sous la forme d'un atelier. Christian a montré aux enseignantes et enseignants et aux formatrices et formateurs en entreprise comment voir les demandes de retour d'information et comment y répondre et a expliqué l'importance de fournir un retour d'information via le système e-DAP. Après l'atelier, il y a eu une augmentation notable du feedback donné et une diminution du temps qu'il fallait à une formatrice ou un formateur en entreprise ou à une enseignante ou un enseignant pour fournir un feedback. Un effet analogue a été observé lors de la manipulation du cadre des ateliers (voir chapitre 4).

Nous devons encore savoir ce qui se passera lorsque nous utiliserons les données sur les compétences émergentes pour boucler la boucle du programme de formation professionnelle initiale. Nous espérons que cela contribuera à rendre le système de formation professionnelle initiale plus agile, à rendre le programme de formation professionnelle initiale plus pertinent et à doter les apprenantes et apprenants des compétences et des connaissances qui les prépareront à l'avenir de l'industrie.

## Annexe

Classrooms in Bulle		Classrooms in Yverdon	
No of Students	Condition	No of Students	Condition
15	No TinkerBoard	15	No TinkerBoard
17	TinkerBoard	16	TinkerBoard

**Tableau 9-1** • Étude de la configuration de la classe conçue pour évaluer le TinkerBoard

Sub-network type	Apprentices count (%)	Teachers count (%)	Trainers count (%)	Binary reciprocity
Apprentices	458 (80%)	NA	NA	0.44
Teachers to Apprentices	266 (47%)	54 (52%)	NA	0.21
In-company trainers to Apprentices	147 (26%)	NA	68 (86%)	0.49
Teachers to In-company trainers to Apprentices	53 (1%)	22 (21%)	15 (19%)	0.28

**Tableau 9-2** • Répartition des utilisatrices et utilisateurs et réciprocity des sous-réseaux Realto

## Chapitre 10

# Synthèse

Pierre Dillenbourg, Alberto Cattaneo, Jean-Luc Gurtner, Richard Lee Davis

Pour répondre de manière générale à notre question «*Quelles technologies numériques contribuent à améliorer la formation professionnelle (duale)?*», nous avons proposé le modèle *Erfahrraum*, que l'on peut décrire comme un flux circulaire, itératif et incrémentiel d'activités d'apprentissage, basées sur des expériences acquises numériquement, circulant dans les lieux d'apprentissage (sur le lieu de travail et à l'école). Bien sûr, un modèle constitue toujours une simplification de la réalité: parfois, le système de formation professionnelle initiale ne comporte pas deux espaces mais un seul (par exemple, lorsque des ateliers professionnels sont organisés dans les écoles) et, le plus souvent, trois lieux (c'est-à-dire l'entreprise, l'école et les cours interentreprises). Autre simplification de notre modèle: l'expérience professionnelle est plus facile à acquérir dans les métiers qui produisent des objets (charpentières et charpentiers, fleuristes, cuisinières et cuisiniers) que lorsque le cœur de la pratique quotidienne est la relation avec les clientes et clients (vendeuses et vendeurs, infirmières et infirmiers, par exemple). D'une part, ces simplifications constituent la force ou même la finalité d'un modèle: elles font de l'*Erfahrraum* un «outil de réflexion». Certaines simplifications peuvent en effet être considérées comme particulièrement utiles compte tenu de la complexité du système suisse de formation professionnelle initiale.

D'autre part, les simplifications ont pour corollaire qu'il est moins facile de faire correspondre le modèle à des situations réelles. C'est pourquoi nous avons présenté plusieurs histoires sur les technologies d'apprentissage dans différents métiers: cheffes et chefs, boulangères et boulangers, esthéticiennes et esthéticiens, stylistes, logisticiennes et logisticiens, charpentières et charpentiers, peintres et hortultrices et horticulteurs. Les technologies d'apprentissage développées dans ces contextes reposent sur le même modèle conceptuel, mais elles finissent par être très différentes précisément parce que la mise en œuvre d'un modèle conceptuel dans un contexte spécifique n'est pas un simple processus d'application. Il s'agit d'un processus de conception créative inspiré d'un cadre conceptuel. Nous concluons cet ouvrage en soulignant quatre concepts qui guident le processus de conception d'un environnement d'apprentissage de la formation professionnelle initiale.

- **Créer une passerelle.** Notre hypothèse principale est que les technologies peuvent remédier au déséquilibre entre les deux piliers d'un système dual, l'école et le lieu de travail. En discutant avec des enseignantes et enseignants, des apprenantes et apprenants et des superviseuses et superviseurs en entreprise, nous avons vite compris qu'il existait des «écart de compétences» entre ces deux lieux: ce que les apprenantes et apprenants apprennent à l'école n'est pas nécessairement perçu par les apprenantes et apprenants comme utile pour leur travail et ce qu'ils font sur le lieu de travail ne leur permet pas de donner un sens à ce qui est enseigné à l'école. Dans le même temps, nous avons également réalisé que l'articulation entre les lieux d'apprentissage est une opportunité puissante pour l'apprentissage profond et le développement des professionnelles et professionnels. Avec l'*Erfahrraum* (voir les chapitres 2 et 3), nous avons essayé de développer un modèle à valeur pédagogique pour mieux articuler les expériences riches vécues par les apprenantes et apprenants dans les deux contextes d'apprentissage à l'aide d'outils numériques. L'*Erfahrraum* est l'outil spécifique à la formation professionnelle initiale que les enseignantes et enseignants et les instructrices et instructeurs peuvent utiliser pour concevoir des activités d'apprentissage faisant appel à la technologie pour mettre ce principe en pratique.
- **Se mettre en réseau.** Comme nous l'avons mentionné à plusieurs reprises, le système suisse de formation professionnelle initiale n'est pas simplement dual, il est beaucoup plus complexe. Nous avons détaillé cette complexité au chapitre 1, ainsi que les tensions qui peuvent en résulter entre les différentes personnes qui interagissent avec les apprenantes et apprenants: enseignantes et enseignants, instructrices et instructeurs de cours interentreprises et formatrices et formateurs en entreprise. Le système suisse de formation professionnelle initiale repose sur un

réseau complexe de sous-réseaux professionnels, géographiques et linguistiques. Les technologies numériques étant intrinsèquement des technologies de communication, l'un de leurs avantages évidents est de mettre en réseau les parties prenantes de la formation professionnelle initiale, c'est-à-dire de favoriser des interactions riches et des flux d'informations fluides entre toutes les personnes participant à la formation d'une apprenante ou d'un apprenant. Les réseaux de formation professionnelle initiale se distinguent des réseaux sociaux bien connus, d'une part parce que leurs membres ont des rôles et des devoirs très différents et, d'autre part, parce qu'ils sont regroupés en sous-réseaux plutôt hermétiques (communautés) dotés d'une forte identité professionnelle. Le chapitre 4 a examiné les besoins et les solutions pour mettre en réseau toutes les parties prenantes impliquées dans la formation professionnelle initiale d'une apprenante ou d'un apprenant «commun».

- **Manipuler.** Une particularité des écoles de formation professionnelle initiale par rapport aux hautes écoles générales est qu'un grand nombre des activités d'apprentissage de ces programmes partagent la nécessité de manipuler des objets physiques ou d'accomplir des gestes professionnels, ce qui est plus rarement le cas dans les hautes écoles générales. Les programmes de formation professionnelle initiale bénéficient également des technologies numériques dans lesquelles les apprenantes et apprenants ont la possibilité de manipuler, physiquement ou au moins virtuellement, des objets professionnels réalistes. Lorsque nous avons commencé en 2006, les interactions entre une apprenante ou un apprenant et un environnement d'apprentissage se limitaient principalement à une souris et un clavier, du moins dans la pratique quotidienne. Pour enrichir l'apprentissage avec plus d'interactions physiques, nous avons été les pionniers du développement d'interfaces tangibles et de systèmes de RA (voir les chapitres 6 et 7). Aujourd'hui, avec le développement de l'Internet des objets et l'omniprésence de la fabrication additive, il n'est plus nécessaire de démontrer aux parties prenantes du système de formation professionnelle initiale la continuité entre les aspects numériques et physiques.
- **Surveiller.** La quatrième hypothèse est un corollaire de la deuxième. Comme nous l'avons prévu dans l'introduction, plus un système est complexe, plus il faut s'efforcer de surveiller son fonctionnement. Aujourd'hui, non seulement des machines comme nos voitures ou avions, mais aussi des structures sociales comme le système éducatif, sont équipées de capteurs internes et externes qui servent à les réguler. La technologie peut améliorer ces mécanismes de régulation en les rendant plus rapides et en soutenant des décisions plus éclairées et fondées sur des données probantes, ce qui les rendra plus adaptables, plus souples et plus proches du monde du travail. Le chapitre 9 a expliqué comment les analyses de l'apprentissage développées pour l'enseignement en formation professionnelle initiale sont beaucoup plus larges que celles développées pour l'enseignement général, car elles modélisent des processus qui vont bien au-delà de la salle de classe, impliquant toutes les parties prenantes du parcours des apprenantes et apprenants mais aussi, au-delà même des systèmes de formation professionnelle initiale, l'évolution du marché du travail, comme l'émergence de nouveaux besoins de compétences dans les entreprises.

En fin de compte, la contribution de cet ouvrage n'a pas été de démontrer l'existence d'une solution technologique magique pour répondre aux besoins des systèmes de formation professionnelle initiale. Ces 16 années d'expériences dans les écoles sont pavées de nombreuses réussites et d'autant d'échecs. Comme indiqué dans l'introduction, les technologies n'ont aucun effet intrinsèque. Leurs effets dépendent de la qualité des activités d'apprentissage que les apprenantes et apprenants et leurs éducatrices et éducateurs auront à faire tout en interagissant avec les technologies. Nous avons fourni à ces derniers un modèle pédagogique pour concevoir des activités d'apprentissage riches, intégrant des technologies de différents types et de différentes façons, et nous avons testé de manière récursive et itérative bon nombre de ces possibilités dans une interaction continue entre chercheuses et chercheurs et spécialistes. Nous avons produit des recherches, des outils et des applications technologiques, des plans de cours et des ensembles d'activités d'apprentissage. Nous avons introduit un modèle pédagogique et l'avons diffusé dans le cadre d'activités de formation formelles et informelles. Nous avons mis l'expérience des apprenantes et apprenants au cœur de nos préoccupations et nous avons appris que l'Erfahrungsraum peut fonctionner avec diffé-

rents types d'expériences, d'une expérience authentique à une expérience simulée, de mon expérience à celle des autres. Nous nous sommes rendu compte que cette approche localisée est également bien conforme et complémentaire au modèle officiel utilisé pour la formation des enseignantes et enseignants en formation professionnelle initiale en Suisse (voir Cattaneo & Boldrini, 2022). Parallèlement au modèle, nous avons également mis en évidence ses résultats sur les apprenantes et apprenants, les enseignantes et enseignants, la transformation numérique des écoles, le système de formation professionnelle initiale et sa connectivité entre les parties prenantes et les lieux d'apprentissage.

Bien que notre modèle fonctionne déjà bien, il peut, bien sûr, être amélioré, et il laisse place à de nouvelles recherches et à de nombreuses questions encore ouvertes, allant de celles liées à la durabilité des outils que nous avons produits, à l'évolutivité de notre approche, à l'interaction générative entre la recherche, la pratique et la politique. Mais nous pouvons résumer toute cette merveilleuse richesse par un slogan simple: **la conception est importante**. Nous avons co-conçu des technologies; nous avons co-conçu des activités d'apprentissage avec les enseignantes et enseignants; nous nous sommes rendu compte qu'il vaut parfois mieux combiner des technologies que de se concentrer sur certaines d'entre elles. Grâce à ces interactions, nous avons aussi, d'une manière ou d'une autre, redéfini les relations entre les parties prenantes de la formation professionnelle initiale. Nous avons ainsi modérément contribué à façonner la culture de la formation professionnelle initiale en essayant d'exploiter les possibilités offertes par les technologies numériques. Dans cet ouvrage, nous avons voulu résumer et partager ce parcours de 16 ans. Nous espérons qu'il inspirera la grande variété d'activités d'apprentissage qui peuvent être conçues compte tenu des outils numériques disponibles aujourd'hui.

# Épilogue

Tout au long du projet Dual-T, nous avons beaucoup bénéficié des conseils de notre comité consultatif. Cet épilogue, rédigé par eux, est une version adaptée de leur rapport final sur le projet.

## La signification de Dual-T

Friedrich Hesse, Etienne Wenger-Trayner, Jim Pellegrino, Mike Sharples, Ulrich Hoppe et P. Robert-Jan Simons

### Quelques réflexions du comité consultatif

Dans cet épilogue, le comité consultatif de Dual-T a apporté quelques réflexions sur l'importance de Dual-T en tant que projet de longue date. Nous considérons cet héritage selon deux axes:

1. En ce qui concerne les résultats de recherche, Dual-T a contribué à différentes disciplines et au système suisse de formation professionnelle initiale
2. En ce qui concerne ce que nous pouvons apprendre de Dual-T en tant que projet de démonstration de recherche à long terme basée sur la conception, motivé par l'innovation et l'engagement à transformer la pratique

### 1. L'héritage du modèle «Erfahrungsraum»

Afin d'éclairer la conception des technologies d'apprentissage de manière à combler le fossé entre l'apprentissage en milieu scolaire et l'apprentissage en milieu professionnel, l'équipe Dual-T a développé le modèle pédagogique Erfahrungsraum présenté au chapitre 2. Ce modèle a étayé la recherche et le développement tout au long du projet et est probablement le résultat le plus important de Dual-T. Sa signification théorique est de présenter l'apprentissage par l'expérience comme une perspective de la théorie de l'apprentissage (Dewey, Vygotsky, Engeström, Kolb) afin de conceptualiser les écarts entre l'apprentissage sur le lieu de travail et l'apprentissage à l'école. Son importance en tant que cadre découle de son ancrage dans un modèle de système dual de formation professionnelle initiale:

- Dégager les éléments conceptuels et pratiques inhérents au défi du système dual de formation professionnelle, y compris les parties prenantes et les lieux concernés (apprenantes et apprenants, enseignantes et enseignants à l'école et superviseuses et superviseurs au travail)
- Proposer un modèle dynamique de leur lieu et de leur rôle dans un cycle d'apprentissage dual typique du système suisse de formation professionnelle

En s'appuyant sur ce modèle du système dual la contribution essentielle de l'Erfahrungsraum est d'élargir la perspective éducative en incluant un «espace numérique», médiateur de la relation école-lieu de travail. Cet espace numérique intégré au modèle ouvre donc un domaine important pour la technologie éducative. Comme le montre clairement le graphique Erfahrungsraum, «l'espace numérique» constitue un compagnon pédagogique complet de «l'espace physique» de la formation professionnelle initiale (voir figure 2-1 au chapitre 2). Le diagramme montre comment cet élément supplémentaire a transformé la relation unidimensionnelle école-milieu professionnel en un espace bidimensionnel, dont les quatre quadrants forment un cycle, apportant ainsi des «degrés de liberté» supplémentaires au modèle. L'entreprise Dual-T peut être considérée comme l'exploration des nouveaux degrés de liberté produits par cette dimension supplémentaire.

Pour donner à ce modèle un caractère pédagogique, les efforts de développement technologique et d'application de Dual-T se sont concentrés sur deux aspects du modèle:

- Le rôle des représentations pour peupler l'espace numérique et permettre de nouvelles pratiques pédagogiques
- Les processus par lesquels les représentations contribuent au cycle d'apprentissage dual en raison de leur capacité à se déplacer dans le modèle et à se transformer dans le processus

### L'espace numérique: le rôle des représentations

Pour activer le modèle en tant qu'instrument de changement, l'objectif principal et le point de départ de Dual-T étaient l'introduction de nouveaux types de représentations, totalement ou partiellement numériques. Celles-ci ont été conçues et créées comme porteurs et initiateurs de transformations. Dans le modèle Erfahrungsraum, les exemples de ces représentations sont appelés artefacts dans l'espace numérique (quadrants II et III). Suivant la dynamique inhérente au modèle, ces artefacts servent de connecteurs entre les lieux de travail (I) et les écoles (IV).

Les fonctions pédagogiques des représentations créées dans le cadre de Dual-T vont de la capture au partage, à l'augmentation ou même à l'élargissement de l'expérience:

- **Capture et partage:** dans leur rôle le plus fondamental, les représentations numériques sont utilisées pour capturer et éventuellement échanger de l'information sous une forme structurée. C'est le cas d'un «journal d'apprentissage». Ici, la représentation computationnelle n'est pas destinée à ajouter des informations spécifiques au domaine, mais à créer et encapsuler du contenu de manière transportable.
- **Annotation:** la combinaison d'informations capturées (images, croquis) et d'annotations, comme dans le domaine du stylisme, introduit des éléments spécifiques au domaine. Ceux-ci superposent la représentation brute avec des annotations qui capturent la pratique professionnelle et servent de langages visuels.
- **Retour d'information:** certaines représentations sont utilisées pour créer une vision du monde qui donne un feedback sur les actions. Dans le domaine de la logistique, la simulation d'entrepôt sert de modèle dynamique et observable, remplaçant l'environnement professionnel réel et facilitant l'observation et l'expérimentation rapides. De même, le programme pour horticultrice ou horticulteur fournit un retour d'information sur une conception au fil des saisons. Ces représentations ont la caractéristique de «répondre» à l'apprenante ou apprenant (Fischer, 2001).
- **Augmentation:** une autre étape consiste à fournir des représentations qui permettent de comprendre le domaine. C'est le cas de l'application StaticAR, qui sert à la formation des charpentiers et charpentiers en augmentant des modèles physiques de structures de toiture avec des représentations visuelles explicatives et théoriques des forces en interaction. Notez que ces représentations peuvent également fournir un retour d'information, par exemple sur la probabilité de l'effondrement d'une structure conçue.
- **Élargissement:** certaines représentations élargissent l'espace d'apprentissage pour de nouvelles explorations selon différentes dimensions. L'application BloomGraph pour fleuristes élargit l'espace des arrangements possibles pour l'exploration et la sélection. L'application de jardinage Mixplorer élargit l'horizon temporel du design en permettant l'exploration de la croissance au fil du temps et des saisons.

Ces représentations prometteuses soulèvent des questions importantes qui n'ont pas encore été complètement abordées dans Dual-T. Les explorer contribuerait au développement ultérieur de la théorie de l'apprentissage basé sur la pratique. En voici quelques exemples:

- La conception d'annotations professionnelles en tant que langages visuels pourrait être étudiée plus avant théoriquement et combinée avec des idées issues de la conception de «langages dédiés à un domaine» (DSL) pour renforcer l'approche informatique. L'inclusion des principes de conception DSL pourrait conduire à standardiser l'utilisation de plugins spécifiques au domaine dans la plateforme d'apprentissage (qu'il s'agisse de Realto ou d'une application ultérieure).

- Un concept important dans le modèle Erfahrungsraum est celui de la réflexion sur l'expérience pour promouvoir l'apprentissage. Cependant, ce que l'on entend par réflexion reste sous-théorisé et se réalise principalement par le processus d'annotation et de commentaires dans les journaux d'apprentissage. L'articulation d'une théorie cohérente de la réflexion dans le modèle Erfahrungsraum donnerait plus de rigueur aux processus clés, comme la sélection des artefacts à capturer, leur partage pour la pensée collective et l'élaboration d'actes de réflexion qui favorisent l'apprentissage. Il s'agit notamment de décider ce qui est pertinent et qui est le mieux placé pour prendre la décision.

Dans l'état actuel des choses, cependant, Dual-T a sans aucun doute créé un riche inventaire de représentations numériques avec des applications convaincantes aux besoins de formation professionnelle initiale dans différents contextes. Cela est et devrait être une source d'inspiration pour les futures recherches sur les technologies, la formation professionnelle initiale et l'enseignement en général.

### **L'espace numérique: la dynamique du cycle d'apprentissage dual**

Le modèle Erfahrungsraum n'est pas seulement un ensemble de représentations et d'opérations, mais un processus dynamique dans le cycle dual, comme le suggère la flèche du diagramme. Cela a conduit à la notion théorique clé du flux: les représentations doivent être intégrées dans un parcours dynamique dans le modèle, transformé au cours du processus par les apprenantes et apprenants et d'autres personnes. L'application Realto lui a donné une concrétisation technologique. La plateforme Realto incarne la notion de flux en reprenant l'idée d'un journal d'apprentissage et en l'associant à des fonctions générales de capture, d'annotation et de partage des représentations.

L'objectif principal des flux d'apprentissage de Realto est d'approfondir l'expérience des apprenantes et apprenants en portant une représentation à travers les contextes, avec l'idée, à terme, de tirer pleinement parti du cycle dual de l'Erfahrungsraum: collecter les expériences, sélectionner celles qui sont pertinentes, les partager pour les rendre accessibles à tous, les confronter à la sienne ou à celle d'autrui, les annoter pour soi-même ou pour autrui (y compris les apprenantes et apprenants, les enseignantes et enseignants et les superviseuses et superviseurs). Realto crée ainsi un espace de représentation numérique pour gérer les expériences de différentes manières et concevoir des activités pédagogiques qui tirent parti des possibilités d'apprentissage du processus.

D'importantes questions demeurent:

- À ce stade, toutes les représentations ne contribuent pas au flux du modèle Erfahrungsraum. Par exemple, on ne sait pas très bien comment les représentations qui élargissent les expériences, comme celles qui explorent les arrangements floraux et l'aménagement de jardins, s'inscrivent dans le cycle de l'expérience et comment elles peuvent créer des flux significatifs et y participer.
- Ce que le projet de jardin commence à explorer, c'est l'apprentissage en tant que processus collectif en combinant des conceptions de jardin créées par différents étudiants et étudiantes. Reste à voir dans quelle mesure les flux de type Realto peuvent tenir les promesses de l'apprentissage collectif et dans quelle mesure cela doit être guidé par des activités conçues par les instructrices et instructeurs. L'exploration des possibilités d'apprentissage collectif est une voie importante pour la recherche future.
- Sur le plan pratique, on ne sait pas encore dans quelle mesure les flux de représentations numériques peuvent réellement les transporter entre le lieu de travail et l'école en tant qu'institutions. Même lorsque les représentations ont été utilisées avec succès d'un côté, il reste à démontrer qu'elles peuvent devenir une approche viable pour créer des passerelles pédagogiques solides entre les lieux d'apprentissage. Une attente plus modeste mais néanmoins intéressante serait peut-être que les apprenantes et apprenants utilisent les représentations dans leur processus individuel de création de sens et leurs interactions avec les autres, de sorte que la «passerelle» reste un mécanisme personnel ou collectif, et pas nécessairement un échange au niveau institutionnel.

Le modèle Erfahrungsraum et ses différentes incarnations technologiques ont constitué une importante infrastructure de recherche pour Dual-T. Être parvenu à un point où nous pouvons travailler de manière réaliste sur les questions et les défis soulevés ici en matière de représentations et de flux est en soi un accomplissement significatif. Cela est vrai pour le contexte de la formation professionnelle initiale et d'autres contextes. C'est pourquoi nous espérons que cet agenda sera poursuivi, tant dans le domaine de la recherche en formation professionnelle initiale que dans celui des sciences de l'apprentissage en général.

## 2. Défis et promesses d'une recherche axée sur l'innovation et la pratique

Les enseignements à tirer du projet Dual-T doivent être appréhendés dans le contexte de son engagement durable: une recherche à long terme radicalement engagée dans l'innovation technologique et pédagogique dans le monde réel.

Un enjeu constant pour Dual-T a été de savoir comment démontrer son succès. Le fait de situer le projet dans sa méthodologie permet de faire valoir les arguments. Dès sa première phase, le projet a appliqué une méthodologie de recherche basée sur la conception (DBR). Proposé pour la première fois au début des années 1990, la DBR est maintenant largement adoptée par les chercheuses et chercheurs en sciences de l'apprentissage et en technologies de l'éducation (Wang et Hannafin, 2005). Il s'agit d'une méthodologie systématique mais souple visant à améliorer la théorie et la pratique de l'éducation au moyen d'une série d'interventions pédagogiques conçues, élaborées et mises en œuvre en collaboration par des chercheuses et chercheurs et des spécialistes en situation réelle (Towne et Shavelson, 2002). Dans ce contexte, les travaux de Dual-T peuvent être reconnus comme un excellent exemple de «recherche stratégique inspirée par l'utilisation» (Stokes, 1997). Ces recherches se concentrent sur l'élaboration et la mise à l'essai théoriques tout en s'attaquant à des questions pratiques liées à la pédagogie et à la technologie telles que l'amélioration de l'apprentissage dans les domaines de l'enseignement professionnel.

Pour évaluer l'héritage de Dual-T en tant que projet de démonstration, il est important de souligner les défis de cette double orientation vers l'innovation et la pratique.

- Un projet DBR axé sur l'innovation doit être à cheval entre rigueur et pertinence. L'idéal est d'avoir une grande valeur externe en termes de contact direct, d'avoir des préoccupations au sujet de la pratique scolaire et professionnelle tout en faisant preuve d'une grande valeur interne en ce qui concerne les questions de contrôle, de causalité et de possibilité de généralisation (Cook et Campbell, 1979).
- L'orientation conceptuelle nécessite de s'impliquer dans la pratique et de modifier de façon prototypique les pratiques existantes, en commençant généralement par des interventions à petite échelle. Bien que de nombreuses études formelles de Dual-T aient montré des effets prometteurs, les échantillons étaient nécessairement de petite taille.
- En poursuivant des interventions axées sur l'innovation, les chercheuses et chercheurs de Dual-T ne sont pas restés dans leurs laboratoires pour concevoir des prototypes évalués dans des situations contrôlées. Ils sont allés sur le terrain: en classe, en milieu professionnel, dans les lieux de formation des associations professionnelles. Ils ont travaillé avec des enseignantes et enseignants, des employeuses et employeurs et des apprenantes et apprenants. En essayant de combler l'écart entre l'école et le travail avec des projets innovants, Dual-T a répondu à la réalité politique et institutionnelle de la séparation entre les deux cadres. Ils ont dû faire face à des questions telles que: Qui sont les intervenantes et intervenants? Quels sont leurs objectifs? Sous quelles structures de responsabilisation sont-ils? Comment pourraient-ils s'intéresser à l'expérimentation de l'innovation? Il convient donc de souligner que le monde de la pratique institutionnalisée est un endroit difficile pour les chercheuses et chercheurs axés sur l'innovation. La nécessité d'établir des partenariats avec les spécialistes exige beaucoup de travail qui, pour la plupart, reste invisible dans les formats acceptés. Dans ces conditions, la poursuite de la recherche et ses effets sur le monde dépendent de facteurs que les chercheuses et chercheurs ne maîtrisent pas totalement.

## **L'approche Dual-T: plusieurs explorations**

Compte tenu de la complexité de ces défis, le progrès ne vient pas d'une seule méthode de recherche évoluant selon une trajectoire linéaire, mais de la combinaison de plusieurs explorations. Cette approche soulève le double problème de l'élaboration d'une histoire cohérente pour la diversité des projets et de l'évaluation des progrès sur plusieurs fronts – avec de multiples critères d'évaluation et méthodes de mesure de la réussite. Nous considérons que la collecte d'explorations Dual-T a abordé les dimensions suivantes:

L'élaboration d'une histoire cohérente:

- Avoir un modèle théorique pour créer des passerelles pédagogiques entre l'école et le lieu de travail
- Intégrer l'innovation technologique au développement de ce modèle

Conception d'artefacts technologiques innovants pouvant servir à l'apprentissage de nouvelles façons:

- Nouvelles technologies éducatives (par ex. la Tinkerlamp pour les logisticiennes et logisticiens, le logiciel Mixplorer pour l'aménagement social des jardins, ou la détection des compétences émergentes)
- Expériences de conception itérative avec une série de prototypes affinés par l'utilisation (p. ex. prototypes successifs de Tinkerlamp testés avec des apprenantes logisticiennes et apprenants logisticiens)

Création et évaluation de modèles d'apprentissage pour tirer parti du développement de nouveaux artefacts:

- Expérimentation d'innovations pédagogiques liées aux nouvelles technologies (p. ex. modèles d'activités pour Realto)
- Évaluation détaillée des processus d'apprentissage et des résultats (p. ex. études oculaires des annotations d'images)

La réalisation de projets de démonstration dans des situations réelles:

- Adoption de nouvelles approches dans des contextes de démonstration spécifiques (par ex., techniques d'orchestration de classe pour tirer parti de la TinkerLamp, journaux d'apprentissage pour les cheffes pâtissières et chefs pâtisseries ou simulations pour les employées et employés de bureau)
- Améliorations de la performance (p. ex. cheffes et chefs utilisant des vidéos prises sur le lieu de travail comme outils de formation en classe pour améliorer leur pratique ou hortultrices et horticulteurs utilisant la RA pour la conception et éventuellement pour intéresser les clientes et clients)

L'adoption de l'innovation à grande échelle:

- L'intensification des interventions grâce au déploiement de technologies et de pratiques innovantes (par ex., l'adoption de plateformes Dual-T avec des apprenantes et apprenants de plusieurs métiers)
- Partenariats permettant d'adopter l'innovation à grande échelle (par ex., travailler avec des associations professionnelles pour numériser les journaux pédagogiques)

La complexité de ces explorations diversifiées et interdépendantes témoigne de l'ambition d'un projet DBR axé sur l'innovation, tel que Dual-T. Il est donc utile d'examiner chacune de ces dimensions pour réfléchir à ce qui a été réalisé et à ce qu'il est possible d'apprendre de ce travail.

## **Créer une histoire cohérente: co-évolution de la technologie et de la pédagogie**

Fournir un cadre général pour Dual-T est une étape clé, que nous avons fortement encouragée dès le début. Ici, la question d'évaluation est la suivante:

- Un modèle pédagogique peut-il ancrer une grande diversité de projets dans une discipline théorique partagée qui aide à comprendre leur contribution à l'objectif global?

Le développement de l'Erfahrraum est représentatif de cette tentative. L'approche de Dual-T se distingue par le fait que le modèle Erfahrraum et les technologies éducatives ont évolué en tandem à travers une série de projets interconnectés. Il ne s'agit pas d'une séquence unique d'expériences de conception. Au contraire, les projets se sont renforcés mutuellement, ont fait progresser le modèle Erfahrraum, ont éclairé la conception des plateformes et ont abordé la question fondamentale de la recherche à travers un processus de co-évolution.

Ainsi, le modèle Erfahrraum original de 2012 comportait trois phases: collecte (des artefacts du lieu de travail), exploitation (des artefacts comme ressources d'apprentissage), validation (des connaissances élargies comme activité professionnelle). En 2022, à la suite de l'instanciation du modèle sur des plateformes technologiques et de sa mise à l'essai pratique, le modèle est devenu plus riche et plus complexe, avec de multiples phases (exécution, présélection, capture, post-sélection, augmentation, regroupement, pratique/simulation) et des niveaux et rôles supplémentaires.

De même, la technologie a évolué en puissance et en complexité, depuis les outils LearnDoc originaux pour les boulangères et boulangers et les cheffes et chefs jusqu'aux plateformes intégrées Realto 1, 2 et 3. Ces développements technologiques ont été éclairés par le modèle Erfahrraum, des expériences en laboratoire et des études en milieu professionnel et en classe.

- Au niveau micro, des améliorations ont été apportées pour que Realto supporte le modèle Erfahrraum élargi (par exemple, pour l'annotation d'images).
- Au niveau méso, chaque itération de Realto doit prendre en charge les mises à jour logicielles pour faire face à une échelle de déploiement élargie tout en restant en phase avec l'Erfahrraum.
- Au niveau macro, l'expérience récente a montré qu'il est possible (dans une certaine mesure) de mettre en œuvre l'Erfahrraum sans Realto, en utilisant des technologies commerciales telles que Microsoft Teams.

Au cours de Dual-T, il a été possible de demander à chaque projet où il s'insère dans le modèle Erfahrraum et ce qu'il y contribue (une question difficile que nous nous posons sans cesse). Certes, tous les projets ne s'inscrivent pas parfaitement dans cette interaction modèle/technologie. Par exemple, nous avons remarqué que l'élargissement des espaces de recherche ou la découverte automatisée de compétences émergentes peuvent être difficiles à placer dans l'Erfahrraum en l'état actuel. Mais c'est la nature même de la co-évolution de la technologie et du modèle pédagogique, axée sur l'innovation, que de lancer des projets qui vont au-delà du modèle actuel – avec le potentiel de le faire évoluer.

Cependant, la discipline de co-évolution de la théorie et de la pratique a été une caractéristique de Dual-T. Elle a produit un modèle et une base pour de nouvelles recherches qui devraient rester au cœur des nouveaux programmes. Elle facilitera l'ancrage de nouvelles recherches dans le domaine de la formation professionnelle initiale sur une base théorique. En effet, nous pensons que les objectifs de Dual-T – utiliser l'innovation technologique pour améliorer le lien entre l'apprentissage sur le lieu de travail et l'apprentissage en milieu scolaire – ne peuvent réussir sans l'Erfahrraum et ses instanciations ultérieures. Les travaux futurs devraient reconnaître cette réussite et examiner comment intégrer de nouvelles versions du modèle Erfahrraum dans l'enseignement et la pratique en formation professionnelle initiale.

## **Innovation technologique**

Dual-T a produit un grande variété d'artefacts innovants au fil des ans. La question d'évaluation est la suivante:

- Les nouveaux artefacts font-ils quelque chose d'utile ou de prometteur qu'il n'était pas possible de faire auparavant?
- Ouvrent-ils de nouvelles pistes d'expérimentation?

À cet égard, nous pensons que Dual-T a connu un succès inhabituel. Même si nous avons parfois eu l'impression qu'il allait dans toutes sortes de directions, nous savons que la prolifération des explorations est la source de l'inventivité. Les démonstrations ont toujours été une partie inspirante de nos réunions, et nous avons entendu de nombreux témoignages d'enseignantes et d'enseignants de la formation professionnelle initiale qui ont réagi avec enthousiasme. Certes, il s'agit d'une évaluation subjective, mais l'innovation technologique est autant un art qu'une science. Et il n'est pas anodin qu'un groupe d'enseignantes et enseignants et d'éducatrices et éducateurs chevronnés comme nous ait trouvé la technologie intéressante, tout comme les prix de l'académie du cinéma ne sont pas anodins parce qu'ils impliquent l'évaluation subjective des chefs de file de l'industrie. Comme nous l'avons mentionné, l'ampleur et la diversité de l'inventaire des innovations devraient inciter la communauté des technologies de l'éducation à s'engager dans la recherche et le développement.

## **Interventions axées sur l'innovation dans la pratique avec évaluations détaillées**

Pour voir si l'innovation technique est à la hauteur de ses promesses, il faut concevoir des activités pour en étudier les effets dans l'utilisation. Ici, la question d'évaluation est la suivante:

- L'utilisation d'un nouvel artefact dans des activités bien conçues a-t-elle une incidence significative sur les processus et les résultats d'apprentissage?

Dans ce contexte, Dual-T s'est efforcé de concevoir des évaluations formelles des effets pédagogiques des innovations au moyen de conceptions expérimentales et quasi expérimentales bien contrôlées, avec affectation aléatoire de personnes aux traitements. D'après les études publiées sur les résultats des projets, il existe des preuves empiriques préliminaires de la facilité d'utilisation et de l'incidence sur un ensemble de résultats d'apprentissage, y compris la compréhension, les compétences d'observation, l'élaboration de stratégies métacognitives et l'acquisition de connaissances déclaratives en ce qui concerne le développement des compétences de réflexion. Les preuves recueillies dans les études empiriques demeurent préliminaires compte tenu du petit nombre de cas utilisés pour l'évaluation.

Significatives également les réactions qualitatives et les témoignages des utilisatrices et utilisateurs (principalement des enseignantes et enseignants et des apprenantes et apprenants, mais peu d'employeuses et d'employeurs) qui ont été recueillis dans certains cas (par exemple des apprenantes logisticiennes et apprenants logisticiens et des instructrices hortultrices et instructeurs horticulteurs).

## **Adoption dans les projets de démonstration: la nécessité d'une collaboration**

Le déploiement de nouveaux artefacts dans des situations réelles nécessite le développement de nouvelles pratiques. Dans les écoles, cela comprend de nouvelles pratiques en matière de conception d'activités, d'enseignement et d'orchestration de classe. En milieu professionnel, de nouvelles activités doivent être élaborées pour capturer les moments de pratique et fournir du feedback. (Cela comprend le respect des exigences locales, comme la crainte exprimée par certains employeurs et employeuses que des secrets concurrentiels soient divulgués.) Ici, la question d'évaluation est la suivante:

- Dans quelle mesure les projets de démonstration spécifiques ont-ils été pertinents et utiles dans leur contexte?
- Quel est le niveau global de généralité de ces projets de démonstration?

Quelques projets de démonstration ont inclus suffisamment d'apprenantes et d'apprenants pour démontrer de manière fiable des effets significatifs, par exemple dans le cas des employés de bureau. Même si les chiffres sont pour la plupart demeurés faibles, il existe des données préliminaires selon lesquelles l'utilisation de présentations tout au long du cycle dual influe sur le feedback en milieu professionnel: lorsqu'il s'appuie sur des données probantes et se rapporte plus particulièrement à des situations particulières, le retour d'information tend à devenir moins correctif et prescriptif et plus favorable. Les présentations et les annotations peuvent également modifier le style de communication, ce qui lui permet de devenir plus orienté vers l'étudiante ou l'étudiant et le dialogue plutôt que vers l'affirmation de soi et le tutorat. Cette communication de feedback est mieux acceptée et intégrée par les apprenantes et apprenants qui peuvent alors passer de l'hétéroévaluation à l'autoévaluation.

Au fil des ans, les projets de démonstration se sont déroulés dans suffisamment de contextes pour en indiquer la faisabilité. Une preuve convaincante de la généralité de l'approche découle de son introduction dans un large éventail de professions, des boulangères et boulangers et cheffes cuisinières et chefs cuisiniers aux charpentières et charpentiers et peintres, en passant par les hortultrices et horticulteurs et les fleuristes, les stylistes et les employées et employés de bureau. Bien que le niveau d'utilisation ait varié dans la pratique, la pertinence perçue a été générale. Trouver des spécialistes disposés à s'associer pour développer de nouvelles pratiques est toujours un défi pour les projets de démonstration, mais les enseignantes et enseignants qui ont participé à Dual-T en tant que partenaires ont généralement été très positifs.

### **Adoption à grande échelle dans la pratique institutionnalisée**

L'équipe Dual-T s'est efforcée d'encourager son adoption dans le système suisse de formation professionnelle initiale. Ici, la question d'évaluation est la suivante:

- Dans quelle mesure les innovations fondées sur la recherche sont-elles adoptées dans des professions spécifiques ou à l'échelle du système?

Cela a été une tâche beaucoup plus difficile. Dual-T a eu un impact modeste sur l'enseignement en formation professionnelle initiale en Suisse. Realto ne compte que 1500 utilisatrices et utilisateurs dans plusieurs professions, mais un centre de formation en soins de santé s'intéresse à l'adoption du modèle Erfahrungsraum pour orienter sa pédagogie; les plateformes LearnDoc et e-Dap ont été utilisées de manière soutenue tout au long du projet, et plusieurs écoles sont désormais équipées de la Tinkerlamp, mais il n'existe pas de stratégie claire pour soutenir la technologie ou la pédagogie au-delà du projet.

Si une telle adoption a été limitée, ce n'est pas faute d'avoir essayé. L'équipe Dual-T s'est entretenue avec des représentantes et représentants de nombreuses écoles et associations professionnelles. Ils ont même créé un poste à temps plein pour aider à l'adoption de Realto. L'impact limité du projet a été décevant tant pour les chercheuses et chercheurs que pour nous en tant que conseillères et conseillers. Dans une certaine mesure, il s'agit d'une limite de la DBR, qui est une méthodologie pour les interventions de conception, et non un changement systémique. Peu de projets de recherche dans le domaine des technologies de l'éducation ont atteint une envergure et une durabilité durables, et la plupart d'entre eux ont nécessité des décennies de recherche continue et le soutien d'institutions et d'entreprises prospères.

L'un des enseignements de ce parcours d'apprentissage a été de reconnaître pleinement à quel point l'adoption à grande échelle est hors de portée de ce que les chercheuses et chercheurs peuvent faire – ou même influencer – par eux-mêmes. Le fait que tant de choses échappent à leur contrôle pourrait exiger des professionnelles et professionnels et des agences fédérales qu'ils s'engagent plus tôt en faveur du projet et de ses aspirations. De tels engagements, au-delà du financement de la recherche, peuvent accroître la probabilité d'incorporer des innovations dans la pratique quotidienne, mais avec le risque que des tendances conservatrices dans les structures existantes entravent la production et l'essai prolifiques d'innovations radicales.

## **Effets systémiques: une culture de l'innovation**

Il faut tenir compte d'un effet plus large lorsqu'on évalue l'héritage de Dual-T. Lorsque les chercheuses et chercheurs entreprennent des recherches axées sur l'innovation et la pratique sur une longue période, comme l'ont fait les chercheuses et chercheurs Dual-T, ils interagissent avec différentes parties du système, créent des réseaux, créent des conversations et exposent les gens à de nouvelles façons de penser. Lors de nos réunions, nous avons entendu des rapports formels et informels cohérents sur les relations et les discussions avec les principales parties prenantes de la formation professionnelle initiale, tels que les enseignantes et enseignants, les cheffes et chefs d'établissement, les formatrices et formateurs d'enseignantes et enseignants et les professionnelles et professionnels. Certains responsables de Dual-T ont été invités à faire des présentations devant des associations professionnelles. Avec le temps, un tel processus influence les gens, même si certains ont des raisons de résister à une innovation spécifique. En d'autres termes, ces interactions ne cessent d'élargir l'horizon du possible – la première étape de la créativité et du changement culturel. Ici, la question d'évaluation est la suivante:

- Dans un système traditionnel tel que la formation professionnelle initiale duale, quel est l'effet de l'injection persistante et incessante de l'inventivité?
- Comment cela influe-t-il sur la capacité à long terme d'un système aussi complexe d'évoluer, de s'adapter et d'apprendre?

Lorsque nous considérons l'évolution de Dual-T et son héritage, il est important d'inclure des considérations allant dans ce sens. Un effet aussi diffus est certes très difficile à évaluer avec certitude, et nous n'avons pas de réponse définitive. Mais d'après les rapports cohérents des responsables de Dual-T, nous soupçonnons fortement qu'il s'agit d'un résultat émergent. Le cas de Dual-T a montré que cette inventivité soutenue peut être réalisée par des chercheuses et chercheurs imprégnés de traditions créatives et rigoureuses et extérieurs au système – à condition qu'ils aient la patience et le soutien nécessaires pour s'engager dans le système sur une longue période. Cet effet culturel pourrait, en dernière analyse, avoir plus d'importance pour l'avenir de la formation professionnelle initiale suisse que le niveau actuel d'adoption d'idées ou de technologies spécifiques.

### **Et maintenant?**

Toute transformation systémique nécessite de jouer sur le long terme et nous félicitons le gouvernement fédéral suisse de soutenir ce projet depuis tant d'années. Un tel engagement durable est extrêmement rare pour les projets de recherche en sciences sociales. Mais si nous avons raison sur les efforts pionniers de Dual-T en matière de transformation pédagogique, culturelle et institutionnelle, il sera important de trouver des moyens d'aller de l'avant. Nous terminons par quelques réflexions sur l'avenir.

### **La plateforme Realto**

Une technologie pratique et théorique, telle que la plateforme Realto, s'est révélée utile dans différentes professions ainsi que dans la recherche. Toutefois, sa longévité est préoccupante compte tenu de la nécessité d'une maintenance et d'un soutien continu de la part d'entités fédérales et/ou d'entreprises suisses. Nous applaudissons les efforts déployés pour trouver un partenaire pour la prendre en charge, mais les écoles et les associations professionnelles hésitent à l'adopter pour la formation professionnelle initiale sans perspectives claires à long terme. Nous avons longtemps été préoccupés par les difficultés de soutenir un prototype basé sur la recherche et de l'introduire dans le monde de la pratique institutionnalisée à grande échelle. Peut-être aurions-nous dû insister davantage sur ce défi et Dual-T aurait peut-être envisagé d'autres solutions plus tôt. Cela dit, Dual-T est en train de créer une série de scénarios pour inciter les éducatrices et éducateurs à adopter l'approche du modèle Erfahrungsraum/Realto, en utilisant des plateformes technologiques largement disponibles et supportées. Nous pensons qu'il s'agit là d'une excellente évolution pour un héritage plus durable.

## **Le modèle Erfahrungsraum**

Modèle conceptuel des liens entre le lieu de travail et l'école, l'Erfahrungsraum s'est avéré essentiel pour orienter un programme de recherche diversifié axé sur la pratique en formation professionnelle initiale. En tant que cadre heuristique de recherche et pédagogique, il modélise des aspects clés du système suisse de formation professionnelle initiale en accordant une place claire aux technologies numériques. Il a le potentiel de servir de base pour orienter les explorations actuelles et futures en matière de recherche et de développement, technologiques ou non, liées à l'amélioration de la formation duale où, comme en Suisse, l'apprentissage et l'enseignement sont censés se dérouler à la fois à l'école et sur le lieu de travail. En tant que tel, le modèle Erfahrungsraum constitue un grand pas en avant.

La valeur du modèle est réelle, même si l'on reconnaît que l'ensemble des travaux actuels de Dual-T ne peut pas encore être considéré comme «instanciant» ou «validant» toutes les hypothèses et dimensions du modèle. Certaines questions demeurent quant à la nature théorique du modèle. Selon les définitions de Becker (2015), s'agit-il d'une théorie de l'apprentissage (sur la façon dont les gens apprennent), d'une théorie de l'enseignement (comment les gens devraient enseigner) ou d'un modèle de conception de l'enseignement (une recette pour créer des interventions pédagogiques)? Il n'en est rien, mais il contient des éléments de chacun. Il conviendrait de réfléchir à la question de savoir s'il est nécessaire d'adopter une version plus prescriptive pour être utile aux conceptrices et concepteurs de programmes de formation professionnelle initiale. Tout cela doit faire l'objet de recherches supplémentaires.

## **Formation des enseignantes et enseignants de la formation professionnelle initiale**

L'une des voies les plus prometteuses pour tirer parti de l'héritage de Dual-T est l'enseignement en formation professionnelle initiale et la recherche professionnelle. La formation des futures générations d'enseignantes et d'enseignants de la formation professionnelle initiale devrait inclure l'étude du modèle Erfahrungsraum et des exemples d'utilisation innovante de la technologie du type proposé par Dual-T. Cela permettrait aux futurs enseignants et enseignantes d'avoir une vision plus large de ce qu'ils font et d'ouvrir leur imagination à de nouvelles possibilités. Exposer les spécialistes et les responsables à l'innovation et à l'expérimentation ouvrirait la voie à l'introduction continue de l'innovation dans la culture suisse de la formation professionnelle initiale.

## **Le livre comme stratégie de diffusion**

Enfin, la clôture du projet par la publication d'un ouvrage est un moyen efficace de diffuser son héritage au-delà de la publication dans des revues. En effet, les contributions et l'héritage de Dual-T sont mieux compris dans un ensemble que séparément. Un livre peut montrer l'étendue de l'inventivité qui est possible tout en offrant un cadre théorique pour en donner un sens. Il peut servir de source d'inspiration, non seulement pour les conceptrices et concepteurs de programmes de formation professionnelle initiale, mais aussi pour les chercheuses et chercheurs, les enseignantes et enseignants, les législatrices et législateurs et d'autres parties prenantes souhaitant améliorer l'apprentissage de la formation professionnelle initiale.

## Conclusion

Ce fut un honneur et un plaisir pour nous d'être impliqués dans Dual-T. Nous avons pu être témoins – et parfois y contribuer – du travail de chercheuses et chercheurs animés par la volonté d'utiliser leurs talents, leurs compétences et leurs positions privilégiées pour faire une réelle différence dans la pratique. Il s'agit là d'un principe fondamental de l'ensemble du projet et c'est une des raisons pour lesquelles nous avons été heureux de continuer à siéger au comité consultatif pendant si longtemps. Nous sommes reconnaissants de l'opportunité qui nous a été offerte.

## Références

- Akkerman, S. F., & Bakker, A. (2011). Boundary crossing and boundary objects. *Review of educational research*, 81(2), 132-169.
- Alavi, H. S., Dillenbourg, P., & Kaplan, F. (2009). Distributed awareness for class orchestration. In *European Conference on Technology Enhanced Learning* (211-225). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Apra, C., Sappa, V., & Tenberg, R. (2020). Connectivity and integrative competence development in vocational and professional education and training (VET/PET): an introduction to the special issue. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik: ZBW. Beiheft*, 2020(29), 13-16.
- Baker, R. S. J. D. (2010). Data mining for education. *International encyclopedia of education*, 7(3), 112-118.
- Bakker, A., & Akkerman, S. (2019). The learning potential of boundary crossing in the vocational curriculum. In D. Guile, & L. Unwin (Eds.), *The Wiley handbook of vocational education and training*, 349-372.
- Balacheff, N. (1994). La transposition informatique. Note sur un nouveau problème pour la didactique. *Vingt ans de didactique des mathématiques en France*, 2, 132-138.
- Basile, O. (2020). Gonna a teli e le sue varianti: ricerca e sviluppo. *Lavoro di certificazione CAS Formatore/Formatrice digitale*. Lugano: SFUVET.
- Boldrini, E., & Cattaneo, A. (2014). Scaffolding collaborative reflective writing in a VET curriculum. *Vocations and learning*, 7(2), 145-165.
- Bonnard, Q., Verma, H., Kaplan, F., & Dillenbourg, P. (2012a). Paper interfaces for learning geometry. In *European Conference on Technology Enhanced Learning* (pp. 37-50). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Bonnard, Q., Jermann, P., Legge, A., Kaplan, F., & Dillenbourg, P. (2012b). Tangible paper interfaces: interpreting pupils' manipulations. In *Proceedings of the 2012 ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces* (pp. 133-142).
- Boroujeni, M. S. (2018). *Discovering Interaction Patterns in Online Learning Environments* (No. 8238). Unpublished PhD Thesis EPFL.
- Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (2000). *How people learn* (Vol. 11). Washington, DC: National academy press.
- Breslin, F. C., Polzer, J., MacEachen, E., Morrongiello, B., & Shannon, H. (2007). Workplace injury or "part of the job"? Towards a gendered understanding of injuries and complaints among young workers. *Social Science & Medicine*, 64(4), 782-793.
- Bronckart, J. P., & Plazaola Giger, M. I. (1998). La transposition didactique. Histoire et perspectives d'une problématique fondatrice. *Pratiques*, (97-98), 35-58.
- Caruso, V., Cattaneo, A., & Gurtner, J. L. (2017). Creating technology-enhanced scenarios to promote observation skills of fashion-design students. *Form@ re-Open Journal per la formazione in rete*, 17(1), 4-17.
- Caruso, V., Cattaneo, A., & Gurtner, J-L. (2020). Exploring the potential of learning documentation as a boundary object in the Swiss vocational education and training system. In: C. Apra, V. Sappa, & R. Tenberg (Eds.), *Connectivity and integrative competence development in vocational and professional education and training (VET/PET)* (pp. 213-231). Stuttgart: Franz Steiner Verlag.
- Cattaneo, A., & Boldrini, E. (2016). Individual and collaborative writing-to-learn activities in vocational education: An overview of different instructional strategies. In G., Ortoleva, M., Bétrancourt, M., S., Billett, S. (Eds), *Writing for professional development*, 188-208.
- Cattaneo, A., & Boldrini, E. (2017). Learning from errors in dual vocational education: Video-enhanced instructional strategies. *Journal of Workplace Learning*, 29(5), 357-373.
- Cattaneo, A., & Boldrini, E. (2022). Erfahrungsraum und Situationsdidaktik. Analogien, Unterschiede und Herausforderungen. In G. Ghisla, E. Boldrini, C. Gremion, F. Merlini, & E. Wüthrich (Eds.), *Didaktik und Situationen. Ansätze und Erfahrungen für die Berufsbildung* (pp. 119-130). Bern: hep.
- Cattaneo, A., Felder, J. & Gurtner, J-L. (2021). Digital tools as boundary objects to support connectivity in dual vocational education. In E. Kyndt, S. Beausaert and I. Zitter (Eds.), *Developing connectivity between education and Work. Principles and Practices* (pp. 137-157). New York: Routledge.
- Cattaneo, A., & Motta, E. (2021). "I Reflect, Therefore I Am... a Good Professional". On the Relationship between Reflection-on-Action, Reflection-in-Action and Professional Performance in Vocational Education. *Vocations and Learning*, 14(2), 185-204.
- Cattaneo, A., Motta, E., & Gurtner, J. L. (2015). Evaluating a mobile and online system for apprentices' learning documentation in vocational education: Usability, effectiveness and satisfaction. *International Journal of Mobile and Blended Learning (IJMBL)*, 7(3), 40-58.

- Cattaneo, A., van der Meij, H., Aprea, C., Sauli, F., & Zahn, C. (2018). Designing instructional activities integrating hypervideo: An operative model. *Interactive learning environments*, 27(4), 508-529.
- Cattaneo, A., Boldrini, E., & Lubinu, F. (2020). "Take a look at this!". Video annotation as a means to foster evidence-based and reflective external and self-given feedback: A preliminary study in operation room technician training. *Nurse Education in Practice*, 44, 102770.
- Cattani, P. (2020). *Lavoro di certificazione CAS Formatore/Formatrice digitale*. Lugano: SFUVET.
- Chatti, M. A., Dyckhoff, A. L., Schroeder, U., & Thüs, H. (2012). A reference model for learning analytics. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 4(5-6), 318-331.
- Clow, D. (2013). An overview of learning analytics. *Teaching in Higher Education*, 18(6), 683-695.
- Cook, T. D., & Campbell, D. T. (1979). *Quasi-experimentation: Design and analysis issues for field settings*. Boston, MA: Houghton Mifflin Company.
- Coppi, A. E., & Cattaneo, A. (2021). Fostering Apprentice Beauticians' Visual Expertise Through Annotations: A Design Experiment Using the Platform Realto. *RedFame*, 9(7), 27-40.
- Coppi, A. E., Oertel, C., & Cattaneo, A. (2021). Effects of Experts' Annotations on Fashion Designers Apprentices' Gaze Patterns and Verbalisations. *Vocations and Learning*, 14(3), 511-531.
- Coppi, A. E. (2021). The Potential of Using Annotations to Foster Visual Expertise. *Unpublished PhD Thesis*. University of Fribourg.
- De Jong, T., & Van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of educational research*, 68(2), 179-201.
- Dillenbourg, P., & Jermann, P. (2010). Technology for classroom orchestration. In M. S. Khine & I. M. Saleh (Eds.), *New Science of Learning*, (pp. 525-552). Springer, New York, NY.
- Dillenbourg, P., Zufferey, G., Alavi, H., Jermann, P., DoLenh, S., Bonnard, Q., Cuendet, S. and Kaplan, F. (2011) Classroom orchestration: The third circle of usability. *Proceedings of the 9th Computer-Supported Collaborative Learning Conference*, Hong Kong, July 4-8, 2011.
- Do-Lenh, S., Jermann, P., Cuendet, S., Zufferey, G., & Dillenbourg, P. (2010). Task performance vs. learning outcomes: a study of a tangible user interface in the classroom. In *European Conference on Technology Enhanced Learning* (pp. 78-92). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Do-Lenh, S., Jermann, P., Legge, A., Zufferey, G., & Dillenbourg, P. (2012). TinkerLamp 2.0: designing and evaluating orchestration technologies for the classroom. In *European Conference on Technology Enhanced Learning* (pp. 65-78). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Evi-Colombo, A., Cattaneo, A., & Bétrancourt, M. (2020). Technical and pedagogical affordances of video annotation: A literature review. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 29(3), 193-226.
- Faucon, L., Olsen, J. K., Haklev, S., & Dillenbourg, P. (2020). Real-Time Prediction of Students' Activity Progress and Completion Rates. *Journal of Learning Analytics*, 7(2), 18-44.
- Fischer, G. (2001). Articulating the task at hand and making information relevant to it. *Human-Computer Interaction*, 16(2-4), 243-256.
- Furlan, N. (2017). Feedback im Kontext von Lehrbetrieben. *Unpublished PhD Thesis*, University of Fribourg. <http://doc.rero.ch/record/305058>.
- Gianetti, C. (2021). *Cuochi AFC, apprendere con le nuove tecnologie e nuovo ruolo del docente*. Lugano: SFUVET.
- Georgiou, Y. & Kyza, E. (2018) Relations between student motivation, immersion and learning outcomes in location-based augmented reality settings, *Computers in Human Behavior*, 89, pp. 173-181.
- Goodwin, C. (2015). Professional vision. In S. Reh, K. Berdelmann, & J. Dinkelaker (Eds.), *Aufmerksamkeit* (pp. 387-425). Springer VS, Wiesbaden.
- Griffiths, T., & Guile, D. (2003). A connective model of learning: The implications for work process knowledge. *European educational research journal*, 2(1), 56-73.
- Guile, D., & Griffiths, T. (2001). Learning through work experience. *Journal of education and work*, 14(1), 113-131.
- Guile, D; (2020) Rethinking connectivity as recontextualisation: issues for research and practice. In C. Aprea, V. Sappa & R. Tenberg (Eds.), *Konnektivität und lernortintegrierte Kompetenzentwicklung in der beruflichen Bildung* (pp. 35-54). Franz Steiner Verlag Wiesbaden GmbH: Stuttgart, Germany.
- Hämäläinen, R., & Cattaneo, A. (2015). New TEL environments for vocational education—teacher's instructional perspective. *Vocations and learning*, 8(2), 135-157.

- Illeris, K. (2011). *The Fundamentals of Workplace Learning. Understanding How People Learn in Working Life*. New York: Routledge.
- Kapur, M. (2008). Productive failure. *Cognition and Instruction*, 26(3), 379-424.
- Kim, K. G., Oertel, C., & Dillenbourg, P. (2021). How florist apprentices explore bouquet designs: Supporting design space exploration for vocational students. *International Journal for Research in Vocational Education and Training*, 8(1), 65-86.
- Kim, K. G., Oertel, C., Dobricki, M., Olsen, J. K., Coppi, A. E., Cattaneo, A., & Dillenbourg, P. (2020). Using immersive virtual reality to support designing skills in vocational education. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 2199-2213.
- Kim, K. G., Davis, R. L., Coppi, A., Cattaneo, A., & Dillenbourg, P. (2022). Mixplorer: Scaffolding Design Space Exploration through Genetic Recombination of Multiple Peoples' Designs to Support Novices' Creativity. In *Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'22)*.
- Kyndt, E., Beausaert, S., & Zitter, I. (2021). *Developing Connectivity Between Education and Work: Principles and Practices*. London: Routledge.
- Lave, J., & Wenger, E. (2001). Legitimate peripheral participation in communities of practice. In J. Clarke, A. Hanson, R. Harrison, & F. Reeve (Eds.), *Supporting lifelong learning* (pp. 121-136). London: Routledge.
- Lucchi, A., Jermann, P., Zufferey, G., & Dillenbourg, P. (2010, January). An empirical evaluation of touch and tangible interfaces for tabletop displays. In *Proceedings of the fourth international conference on Tangible, embedded, and embodied interaction*, (pp. 177-184).
- Lucignano, L., Cuendet, S., Schwendimann, B., Shirvani Boroujeni, M., Dehler, J. et al. (2014) My Hands or my Mouse: Comparing a Tangible and Graphical User Interface using Eye-Tracking Data. Fablearn, 2014, Stanford, CA USA, October 25-26, 2014.
- Martín-Gutiérrez, J., Navarro, R. E., & González, M. A. (2011, October). Mixed reality for development of spatial skills of first-year engineering students. *Frontiers in Education Conference (FIE)*. IEEE.
- Mauroux, L., Dehler Zufferey, J., Jimenez, F., Wehren, R., & Gurtner, J. L. (2013). Autorégulation des apprentissages et dossiers de formation en formation professionnelle. *L'apprentissage autorégulé: Perspectives théoriques et recherches empiriques*, 195-227.
- Mauroux, L., Könings, K. D., Zufferey, J. D., & Gurtner, J. L. (2014). Mobile and online learning journal: Effects on apprentices' reflection in vocational education and training. *Vocations and Learning*, 7(2), 215-239.
- Mauroux, L., Zufferey, J. D., Rodondi, E., Cattaneo, A., Motta, E., & Gurtner, J. L. (2016). Writing reflective learning journals: Promoting the use of learning strategies and supporting the development of professional skills. In G., Ortoleva, M., Bétrancourt, M., S., Billett, S. (Eds), *Writing for professional development* (pp. 107-128). Brill.
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (Ed.) (2014). *The Cambridge handbook of multimedia learning* (2nd ed.). New York: Cambridge University Press.
- Meier, A., Spada, H., & Rummel, N. (2007). A rating scheme for assessing the quality of computer-supported collaboration processes. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 2(1), 63-86.
- Motta, E., Boldrini, E., & Cattaneo, A. (2013). Technologies to "bridge the gap" among learning contexts in vocational training. In P. M. Pumilia-Gnarini, E. Favaron, E. Pacetti, J. Bishop, & L. Guerra (Eds.), *Handbook of research on didactic strategies and technologies for education: Incorporating advancements* (pp. 247-265). IGI Global.
- Motta, E., Cattaneo, A., & Gurtner, J. L. (2014). Mobile devices to bridge the gap in VET: Ease of use and usefulness as indicators for their acceptance. *Journal of Education and Training Studies*, 2(1), 165-179.
- Motta, E., Cattaneo, A., & Gurtner, J. L. (2017). Co-regulations of learning in small groups of chef apprentices: when do they appear and what influences them?. *Empirical Research in Vocational Education and Training*, 9(1), 1-20.
- Müller, B., & Schweri, J. (2015). How specific is apprenticeship training? Evidence from inter-firm and occupational mobility after graduation. *Oxford Economic Papers*, 67(4), 1057-1077.
- Nova, N., Girardin, F., & Dillenbourg, P. (2005, November). 'Location is not enough!': An empirical study of location-awareness in mobile collaboration. In *IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education (WMTE'05)* (pp. 21-28). IEEE.
- Peter, K. (2014). Der Einfluss von Online-Plattformen auf Lernortkooperation: Fallanalyse in zwei Kantonen anhand ausgewählter Berufe (Doctoral dissertation, University of Zurich). [www.zora.uzh.ch/id/eprint/164362/1/20142140.pdf](http://www.zora.uzh.ch/id/eprint/164362/1/20142140.pdf)

- Resnick, L. B., & Science National Research Council (US). Committee on Research in Mathematics. (1987). Education and learning to think.
- Salzmann, C., Gillet, D., & Huguenin, P. (2000). Introduction to real-time control using LabVIEW™ with an application to distance learning. *International Journal of Engineering Education*, 16(5), 372-384.
- Sappa, V., & Aprea, C. (2014). Conceptions of connectivity: How Swiss teachers, trainers and apprentices perceive vocational learning and teaching across different learning sites. *Vocations and Learning*, 7(3), 263-287.
- Sauli, F., Cattaneo, A., & van der Meij, H. (2018). Hypervideo for educational purposes: a literature review on a multifaceted technological tool. *Technology, pedagogy and education*, 27(1), 115-134.
- Schneider, B., Jermann, P., Zufferey, G., & Dillenbourg, P. (2010). Benefits of a tangible interface for collaborative learning and interaction. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 4(3), 222-232.
- Schneider, B., Sharma, K., Cuendet, S., Zufferey, G., Dillenbourg, P., & Pea, R. (2018). Leveraging mobile eye-trackers to capture joint visual attention in co-located collaborative learning groups. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 13(3), 241-261.
- Schön, D. A. (1987). *Educating the reflective practitioner: Toward a new design for teaching and learning in the professions*. Jossey-Bass.
- Schwartz, D. L., & Bransford, J. D. (1998). A time for telling. *Cognition and Instruction*, 16(4), 475-5223.
- Schweizerische Koordinationsstelle für Bildungsforschung (Ed.). (n.d.). *L'éducation en Suisse: Rapport 2018*. CSRE.
- Schwendimann, B. A., Cattaneo, A. A., Dehler Zufferey, J., Gurtner, J. L., Bétrancourt, M., & Dillenbourg, P. (2015). The 'Erfahrraum': A pedagogical model for designing educational technologies in dual vocational systems. *Journal of Vocational Education & Training*, 67(3), 367-396.
- Schwendimann, B. A., De Wever, B., Hämäläinen, R., & Cattaneo, A. A. (2018). The state-of-the-art of collaborative technologies for initial vocational education: A systematic literature review. *International Journal for Research in Vocational Education and Training (IJRVET)*, 5(1), 19-41.
- Seidel, T., & Stürmer, K. (2014). Modeling and measuring the structure of professional vision in preservice teachers. *American educational research journal*, 51(4), 739-771.
- Sherin, M. G., & Russ, R. S. (2011). Accessing mathematics teachers' in-the-moment noticing. In M. G. Sherin, V. R. Jacobs, & R. A. Philipp (Eds.), *Mathematics teacher noticing* (pp. 109-124). Routledge.
- Stokes, D.E. (1997). *Pasteur's Quadrant – Basic Science and Technological Innovation*. Washington, DC: Brookings Institution Press.
- Strupler Leiser, M., & Wolter, S. (2013). Kann man mit dem öffentlichen Beschaffungswesen Lehrstellen fördern? (No. 0085). University of Zurich, Department of Business Administration (IBW).
- Stürmer, K., Könings, K. D., & Seidel, T. (2013). Declarative knowledge and professional vision in teacher education: Effect of courses in teaching and learning. *British Journal of Educational Psychology*, 83(3), 467-483.
- Taylor, A., & Freeman, S. (2011). 'Made in the trade': youth attitudes toward apprenticeship certification. *Journal of Vocational Education & Training*, 63(3), 345-362.
- Towne, L., & Shavelson, R. J. (2002). *Scientific research in education*. National Academy Press Publications Sales Office.
- Tynjälä, P., Heikkinen, H., & Kallio, E. (2021). Integrating work and learning in higher education and VET: Theoretical point of view. *The SAGE Handbook of Learning and Work*, 62.
- van Es, E. A., Cashen, M., Barnhart, T., & Auger, A. (2017). Learning to notice mathematics instruction: Using video to develop preservice teachers' vision of ambitious pedagogy. *Cognition and Instruction*, 35(3), 165-187.
- Wang, F., & Hannafin, M. J. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 53(4), 5-23.
- Wuttke, E., & Seifried, J. (2012). *Evaluation in der Lehrer/-innen-Bildung–Diskussionslinien und exemplarische Umsetzung*.
- Yazdaniyan, R. (2021). Predicting labour market needs using machine learning. (No. Thesis: 8998). EPFL.
- Yazdaniyan, R., Davis, R. L., Guo, X., Lim, F., Dillenbourg, P., & Kan, M. Y. (2022). On the radar: Predicting near-future surges in skills' hiring demand to provide early warning to educators. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3.

Zuckerman, O., Arida, S., & Resnick, M. (2005, April). Extending tangible interfaces for education: digital Montessori-inspired manipulatives. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (pp. 859-868).

Zufferey, G. (2010). The complementarity of tangible and paper interfaces in tabletop environments for collaborative learning (doctoral dissertation), <https://infoscience.epfl.ch/record/149389?ln=fr>.

Zürich, B. K. (2018). Entwicklung der Berufsbildung im Kanton Zürich 2008–2017. ([www.zh.ch/content/dam/zhweb/bilder-dokumente/themen/bildung/bildungssystem/studien/entwicklung\\_der\\_berufsbildung\\_2008bis2017.pdf](http://www.zh.ch/content/dam/zhweb/bilder-dokumente/themen/bildung/bildungssystem/studien/entwicklung_der_berufsbildung_2008bis2017.pdf))