

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

MISE EN PLACE D'UN SYSTÈME DE FORMATION LIÉ À L'UTILISATION D'UN MICROSCOPE

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ(E.)

COMME EXIGENCE PARTIELLE

MAÎTRISE EN INFORMATIQUE DE GESTION

PAR

WILLY AMSTRONG CHIMI TENADJANG

JANVIER 2023

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.04-2020). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

Ce fut un énorme privilège pour moi d'avoir pu mener à bien ce mémoire sous la tutelle du Pr Roger NKAMBOU. Son souci du détail, positivité, ainsi que ses conseils précieux ont été pour moi un énorme atout pour moi. Nous avons pu partager des conversations d'un niveau intellectuel toujours plus élevé à chaque reprise, ce qui m'a permis de toujours chercher à me surpasser et aller au-delà de mes limites.

Un grand merci à l'équipe de Beam Me Up Labs, notamment son PDG Yan Cyr dont les conseils et récits m'ont permis de peaufiner le cheminement de ce processus. Le Dr Sahbi Benlamine pour son encadrement professionnel et sa disponibilité en toute heure lorsqu'il s'agissait de m'aider à répondre à certaines questions.

À mon beau-père le Dr Emmanuel Kengne pour tout le support dont j'ai pu bénéficier par son expérience dans la recherche.

Ma tante Evelyn Kamako pour m'avoir donné l'opportunité de faire des études au sein de cette prestigieuse institution.

À mon équipe de l'Université de McGill, notamment Dr Claire Brown et Dr Philippe Kesner pour leurs conseils, ainsi qu'au Dr Barbara Da Rocha pour son support technique et conceptuel.

À toute ma famille, et tout particulièrement ma femme Cris-Carelle pour un support constant et indéfectible durant ce processus.

DÉDICACE

Ce mémoire est dédié à mes parents Marie Madeleine Tenadjang et Emmanuel Tenadjang pour des années de sacrifices indescriptibles sans jamais rien demander en retour, ainsi que pour cette éducation basée sur la notion de responsabilité que j'ai reçue d'eux.

AVANT-PROPOS

La formation des utilisateurs est un sujet crucial dans l'industrie des technologies de l'information et de la communication. Avec l'augmentation de la complexité des systèmes informatiques et des applications, il est de plus en plus important de s'assurer que les utilisateurs sont capables de les utiliser de manière efficace. Cependant, les méthodes de formation traditionnelles ne sont souvent pas adaptées aux besoins des utilisateurs modernes, qui ont des attentes et des exigences spécifiques. En ce qui concerne la formation des utilisateurs, plus le temps avance et plus les méthodes et les utilitaires requis se complexifient. En réponse à ces challenges, les prérequis en matière de bagage intellectuel et compétences demandés aux utilisateurs grandissent de façon exponentielle. Au vu de ceci, le besoin de formation des utilisateurs liés à l'utilisation des systèmes d'information devient incontournable au sein des entreprises. Ces formations peuvent être à caractère individuel ou en groupe en fonction des buts et objectifs établis.

Étant donné la complexité en matière d'utilisation des produits ZEISS¹, plus précisément le microscope, il est important d'avoir une formation dans le but de faciliter son utilisation et aussi améliorer les conditions de travail des utilisateurs. Avec ce travail, à travers de différentes recherches théoriques et la littérature exhaustive que nous allons rencontrer, nous allons pouvoir établir une méthodologie bien adaptée au problème auquel nous faisons face.

Cette thèse examine l'importance de la formation des utilisateurs pour une utilisation efficace et efficiente des systèmes informatiques. À l'ère numérique d'aujourd'hui, il est essentiel de doter les individus des compétences nécessaires pour naviguer et utiliser diverses fonctionnalités des applications technologiques. Des chercheurs tels que Carroll et Rosson (1992) soulignent l'importance de la formation pour combler l'écart entre les connaissances actuelles de l'utilisateur et les compétences requises pour utiliser efficacement un système informatique. De plus, des études, comme celle de Bevan et al., 2003, prouvent qu'une interface utilisateur bien conçue favorise une meilleure interaction et utilisation du système. Il est essentiel que ce document serve de base pour comprendre l'importance de la conception de l'interface utilisateur et de la formation des utilisateurs

¹ Entreprise fondée par Carl Zeiss en Allemagne en 1846 spécialisé dans les systèmes optiques à usage médical.
<https://www.zeiss.com/microscopy/us/home.html>

dans l'utilisation efficace des applications technologiques. Je souhaite que ce travail apporte une contribution significative dans ce domaine d'étude.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	II
DÉDICACE	III
AVANT-PROPOS	IV
TABLE DES MATIÈRES	VI
LISTE DES FIGURES	VIII
LISTE DES TABLEAUX	X
LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES	XI
RÉSUMÉ	XII
ABSTRACT	XIII
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 PROBLÈME, QUESTIONS DE RECHERCHE ET OBJECTIFS	2
1.1 ÉTUDE DU PROBLÈME	2
1.2 QUESTIONS DE RECHERCHE	3
1.3 OBJECTIFS	3
CHAPITRE 2 REVUE DE LA LITTÉRATURE	4
2.1 ÉTAT DE L'ART	4
2.2 ÉVOLUTION ET MODÈLES DE FORMATION	7
2.2.1 ÉVOLUTION DE LA FORMATION DES UTILISATEURS	7
2.2.1.1 Le modèle ADDIE (Analyse, Design, Développement, Implémentation et Évaluation)	7
2.2.1.2 Le modèle de formation en situation de travail (sur le tas)	9
2.2.1.3 Le modèle de formation par la découverte	11
2.2.1.4 Le modèle de formation en ligne	13
2.2.2 MODÈLES DE FORMATION	15
2.3 ÉVALUATION DE LA FORMATION	19
CHAPITRE 3 MÉTHODOLOGIE ET RÉSULTATS	22
3.1 GÉNÉRALITÉS	22
3.2 LES ACTIONS	27
3.2.1 LES ACTIONS DE BAS NIVEAU	28
3.2.1.1 Les nœuds	28

3.2.1.2	Les Arcs	29
3.2.2	<i>LES ACTIONS DE HAUT NIVEAU</i>	29
3.2.2.1	La dépendance directe	29
3.2.2.2	L'exclusion mutuelle	30
3.2.2.3	L'exécution parallèle	31
3.3	ANALYSE DES BESOINS	33
3.3.1	<i>SPÉCIFICATIONS DU SYSTÈME</i>	33
3.3.1.1	Spécifications fonctionnelles	33
3.3.1.2	Spécifications non fonctionnelles	33
3.3.2	<i>LES BESOINS DU SYSTÈME</i>	34
3.3.2.1	Besoins matériels	34
3.3.2.2	Besoins Logiciels	34
3.3.2.3	Librairies	34
3.4	ÉLABORATION DE LA FORMATION	35
3.4.1	<i>LES TÂCHES</i>	35
3.4.2	<i>LES INTERFACES</i>	36
3.4.3	<i>LES MÉTRIQUES DE PERFORMANCES</i>	40
3.4.3.1	Les Métriques préétablies	40
3.4.3.2	Les métriques à obtenir	41
3.5	LIAISON CLIENT-SERVEUR	42
3.6	RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION	44
CONCLUSION		48
RÉFÉRENCES		50
ANNEXE A		58
ANNEXE B		59
ANNEXE C		60
ANNEXE D		61
ANNEXE E		62

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Grille Stratégique EUC.....	5
Figure 2 : Cube utilisateur.....	7
Figure 3 : Original Air Force Addie Model.....	8
Figure 4 : Modèle de formation utilisateur.....	15
Figure 5 : Processus d'apprentissage significatif	16
Figure 6 : Cadre de formation.....	17
Figure 7 : Relation comportement et attitude utilisateur	18
Figure 8 : Cycle de vie d'un programme de formation	18
Figure 9 : Modèle d'évaluation de formation	21
Figure 10 : Exemple de capture de formation	23
Figure 11 : Session en direct de formation	24
Figure 12 : Menu de formation au choix	25
Figure 13 : Aperçu des modules et étapes.....	26
Figure 14 : Le contenu	27
Figure 15: Un graphe à 6 nœuds et 7 arcs	29
Figure 16 : Graphique d'état pour un exemple d'exclusion mutuelle	31
Figure 17 : Menu principal.....	37
Figure 18 : Interface Superviseur.....	38
Figure 19 : Interface Superviseur — vue en direct	39
Figure 20 : Interface du microscope	40
Figure 21 : Contrôle du temps de la formation.....	42
Figure 22 : Résultats sous forme graphique	46
Figure 23: Annexe A — Fichier JSON.....	58
Figure 24 : Code pour tracer le graphe des résultats.....	59

Figure 25 : Microscope — Acquisition multidimensionnelle 60

Figure 26 : TCP/IP — Émetteur 61

Figure 27 : TCP/IP — Receveur 62

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Actions de bas niveau..... 28

Tableau 2 : Hiérarchisation des tâches 36

Tableau 3: Résultats..... 45

LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES

BD :	Base de Données
DL:	Deep Learning
EUC:	End-User Computing
IP:	Internet Protocol
JSON:	JavaScript Object Notation
ML:	Machine Learning
OpenCV:	Open-Source Computer Vision Library
ROI:	Return on Investment
SGBD :	Système de Gestion de Base de Données
SI :	Système d'Information
STI :	Système de Tutorat Intelligent
TCP:	Transmission Control Protocol
UDP:	User Datagram Protocol
UI :	User Interface
UX :	User Experience

RÉSUMÉ

La formation des utilisateurs fait référence à l'ensemble des méthodes et des techniques utilisées pour aider les utilisateurs à comprendre et à utiliser efficacement un système ou une application. Il peut inclure des documentations, des guides d'utilisation, des vidéos de formation, des sessions de formation en direct et des exercices interactifs (Clark et al., 2003).

Il existe plusieurs techniques de formation utilisateur (Albano et al., 2020):

- La formation par la démonstration qui consiste à montrer aux utilisateurs comment utiliser un système ou une application en utilisant des captures d'écran et des vidéos.
- La formation par la pratique qui consiste à donner aux utilisateurs l'occasion de mettre en pratique ce qu'ils ont appris en utilisant un système ou une application dans un environnement de simulation.
- La formation à la lecture consiste à donner aux utilisateurs des documentations écrites, tels que des guides d'utilisation, des manuels d'utilisateur, pour comprendre comment utiliser un système ou une application.

Les systèmes d'information sont ce qui nous permet de créer des formations pour nos utilisateurs. La formation des utilisateurs à l'utilisation de ces systèmes est généralement le chaînon manquant entre les besoins des utilisateurs et les solutions à ces besoins (Silvestri et al., 1987). Malheureusement, les mesures de soutien disponibles dans le cadre de la formation en informatique se limitent généralement aux types de formation visés. Ce travail s'appuie sur une solide littérature et vise à établir une solution de formation des utilisateurs adaptée au microscope. Il s'agit ici de savoir comment établir les différentes tâches à exécuter lors de la formation.

Mots clés : formation, formation, utilisateur, tâche, microscope, SI

ABSTRACT

User training refers to the set of methods and techniques used to help users understand and use a system or application effectively. It may include documentation, user guides, formation videos, live formation sessions and interactive exercises (Clark et al., 2003).

There are several user formation techniques (Albano et al., 2020):

- Demonstration formation which involves showing users how to use a system or application using screenshots and videos.
- Training by “practice”, which consists of giving users the opportunity to practise what they have learned by using a system or application in a simulation environment.
- Training by “reading” which consists of giving users written documentation, such as user guides, user manuals, to understand how to use a system or an application.

Information systems are what allows us to create formation for our users. User formation in the use of these systems is generally the missing link between user needs and the solutions to these needs (Silvestri et al., 1987). Unfortunately, the supports available through computer formation are generally limited to the types of formation targeted. This work is based on a solid literature and aims to establish a user formation solution adapted to the microscope. This is to know how to establish the different tasks to be performed during the formation.

Keywords: formation, user, microscope, task, IS

INTRODUCTION

Avec l'évolution rapide des technologies, il est de plus en plus important pour les entreprises de s'assurer que leurs employés sont formés efficacement à l'utilisation des outils numériques. La formation des utilisateurs est donc devenue un enjeu clé pour améliorer la productivité et la performance des employés. Ce mémoire a pour objet d'explorer les différentes méthodes et techniques utilisées pour former les utilisateurs d'un système ou d'une application. Nous verrons comment concevoir des programmes de formation efficaces et les évaluer, comment les tendances émergentes affectent les méthodes de formation, et quels sont les défis liés à la formation des utilisateurs ? Le but de ce mémoire est de donner un aperçu des meilleures pratiques en matière de formation des utilisateurs et de montrer comment les entreprises peuvent améliorer leur efficacité en formant efficacement leurs employés.

Ce travail est réalisé dans le cadre d'un projet de recherche au sein de l'entreprise BMU (Beam Me Up) Labs à Montréal, en collaboration avec l'Université de McGill. Ce projet vise à construire la formation pour le microscope. En avançant dans ce travail, nous allons pouvoir établir de façon chronologique et séquentielle les différentes étapes dont nous avons besoin. Ce travail sera divisé en trois chapitres majeurs qui sont :

Les objectifs et les questions de recherche en premier chapitre où nous allons voir le problème auquel nous faisons face, ainsi que les différentes questions générées.

Dans le deuxième chapitre, un état de la littérature de façon exhaustive est réalisé en fonction des objectifs établis.

Le troisième chapitre traite la méthodologie utilisée et analyse les résultats. Il est question ici de voir les différentes étapes de la résolution du problème.

CHAPITRE 1

PROBLÈME, QUESTIONS DE RECHERCHE ET OBJECTIFS

1.1 ÉTUDE DU PROBLÈME

Bien que la recherche ait montré que la formation des utilisateurs peut améliorer la performance et la satisfaction des utilisateurs, peu d'études ont été menées pour comprendre les méthodes d'entraînement les plus efficaces pour le type de système que nous avons en place. En particulier, il n'y a pas de consensus sur les meilleures pratiques pour la formation des utilisateurs en la matière.

La nécessité de la formation des utilisateurs en ce qui concerne les systèmes d'information est de plus en plus grandissante avec le passage du temps. Selon David et Bostrom, la complexité liée à la formation sur l'utilisation des systèmes d'information est due à la quantité de non-professionnels² devant dépendre des systèmes et aussi aux besoins de plus en plus spécifiques de ces systèmes. La transformation digitale opérée par les organisations s'accroît à grande vitesse au fil du temps, ce qui n'est pas le cas des formations liées à cela. Nous devons noter ici que la formation des utilisateurs varie en fonction des rôles organisationnels qu'ils occupent. Un exemple assez simple est le fait que des utilitaires utilisés pour le traitement de textes, feuille de calculs et traitement graphiques sont utilisés dans les architectures organisationnelles, mais la profondeur des formations est liée uniquement au rôle des individus (Desai et al., 1999).

Dans le cas de l'Université de McGill la nécessité d'établir une formation par SI pour l'utilisation du nouveau microscope vient du fait de la demande par Zeiss et aussi du fait de la présence de la pandémie de Covid-19³. Il existait des étapes à suivre, mais pas de liaison entre cela et la performance de l'utilisateur, ou encore une sorte de supervision de la formation. Il est primordial dans ce contexte non seulement de former l'utilisateur, mais aussi de voir sa performance dans le cadre de cette formation en fonction des étapes et aussi du temps passé. Il existe d'autres métriques de performances que nous allons analyser dans la méthodologie de ce travail.

² Le terme ici est utilisé pour désigner ceux dont les compétences primaires ne sont pas liées aux technologies de l'information.

³ Durant la pandémie il était crucial de former les utilisateurs à distance et sans contact.

1.2 QUESTIONS DE RECHERCHE

Dans le cadre de cette recherche, il existe une pléthore de question qui nous permettra d'être fixés sur ce que nous devons faire. Les questions de recherches sont :

- Quelle est l'évolution des modèles de formation des utilisateurs avec le temps ?
- Quelles sont les limites de ces modèles ?
- Quelles sont les méthodes d'évaluation de la formation ?
- Quelles sont les limites de ces méthodes d'évaluation ?

1.3 OBJECTIFS

Le but de ce mémoire est de mettre en place un système de formation centré sur l'utilisation d'un microscope. Avec ce système en place, nous allons lancer la formation de façon modulaire. Le temps passé pour compléter chaque module est la variable que nous allons étudier.

CHAPITRE 2

REVUE DE LA LITTÉRATURE

Dans cette section, nous ferons une revue de la littérature existante concernant notre sujet de recherche en les contours théoriques du sujet et ce qui l'entoure. Cette section examinera les différentes études et recherches passées dans le cas de la formation des utilisateurs. Dans cette section, nous allons traiter l'évolution des modèles de formations, ainsi que les différents modèles de formation existants.

2.1 ÉTAT DE L'ART

La vulgarisation des services TI au sein des entreprises rend l'inexpérience dans le domaine quasi impossible (Mahapatra et al., 2005). La formation des utilisateurs est un domaine de recherche qui vise à améliorer les compétences des utilisateurs en ce qui concerne l'utilisation d'un système ou d'une application spécifique (Silvestri et al., 1987). Mettre en place une formation pour les utilisateurs nécessite l'implication de toute la chaîne managériale, ainsi que les utilisateurs et superviseurs (Nelson et al., 1995). Il y a eu de nombreuses études effectuées dans ce domaine au fil des ans, qui ont porté sur des sujets tels que la conception de programmes de formation, les méthodes d'évaluation de l'apprentissage et les stratégies d'intervention pour améliorer les compétences des utilisateurs. L'introduction d'un système d'information amorce un changement comportemental, ce qui peut souvent être vu comme envahissant et distrayant (Dwivedi et al., 2012). Avant d'avancer nous allons définir un utilisateur final. Cotterman et al., 1989 définissent les utilisateurs finaux comme des personnes qui interagissent avec des systèmes informatiques ou en tant que consommateurs d'informations. Turban, 1993, inclut dans sa définition tous les managers et professionnels utilisant un PC. Moore et al., 2007 abordent la notion de satisfaction des utilisateurs en utilisant la Grille Stratégique EUC développée par Munro et al., 1987. Il est question ici d'explorer les problèmes du management EUC en examinant : la relation entre la stratégie EUC et la satisfaction des utilisateurs ; l'influence de la satisfaction des utilisateurs sur la satisfaction organisationnelle. Baashar et al., 2022 donnent un éclaircissement sur les quatre différentes stratégies EUC qui sont : laissez-faire, accélération (ici il s'agit de laisser chaque utilisateur avoir l'opportunité de prendre ses propres décisions), endiguement (une évolution lente et contrôlée, déterminée par le management avec un minimum de ressources) et progression contrôlée (évolution rapide, mais dans un environnement restreint avec un maximum de ressources).

EXPANSION	High	Acceleration	Controlled Growth
	Low	Laissez-faire	Containment
		Low	High
		CONTROL	

Figure 1 : Grille Stratégique EUC⁴

La formation des utilisateurs est un aspect crucial d'une implémentation réussie de nouveaux systèmes d'information (Gjestland et al., 1997). Cependant, il existe un grand nombre de méthodes d'entraînement différentes qui peuvent être utilisées, et il n'y a pas de consensus sur les méthodes les plus efficaces. Garrod, 2001 donne une liste des méthodes d'entraînement les plus courantes qui incluent les cours en classe, les tutoriels en ligne, les vidéos d'entraînement et les sessions de mentorat. Le but selon Garrod est de se questionner sur comment insérer un changement de comportement de l'utilisateur. Il est à noter ici qu'en fonction du système en place, parfois la combinaison de ces différentes méthodes peut être requise.

Un programme efficace de formation des utilisateurs doit avoir la capacité de fournir quatre caractéristiques principales qui sont : un apprentissage opportun, efficace, efficient et une expérience agréable aux utilisateurs finaux (Qiu et al., 2007). La formation des utilisateurs varie en fonction du contenu et aussi du niveau d'assimilation des informations de chaque utilisateur. Le but d'une formation est de produire un utilisateur motivé ayant les capacités basiques nécessaires, pour appliquer ce qui a été enseigné¹. Selon Compeau, le cadre de formation établie à 3 phases qui sont :

- L'initiation
- L'entraînement formel et l'apprentissage

⁴ Source : Munro et al., 1987

- Post-formation

Durant la formation, les effets de l'information sont étudiés à différentes étapes. Les deux types d'informations nécessaires à une formation sont : les informations concrètes et abstraites. Ils ont de l'impact sur les utilisateurs (Swider et al., 1996). Historiquement, lorsqu'il s'agit de formation pour les utilisateurs, la devise a toujours été de jumeler les connaissances disponibles et la capacité d'absorption des différents utilisateurs dans le but d'améliorer le procédé avec le temps.

La formation des utilisateurs se fait généralement par l'intermédiaire d'un système d'information mise en place dans ce but. Il est alors possible suivant Matins et al., 2008, de catégoriser le profil d'un utilisateur du système en profile générique (information personnelle, qualifications, expérience académique, etc.) et profile psychologique (style d'apprentissage, capacité cognitive, personnalité, etc.). Au travers de la littérature, la définition proprement dite d'un SI varie en fonction des auteurs. Boell et al., 2015, dans le but de regrouper les différentes définitions existantes des SI les catégorisent sur quatre vues majeures :

- i. **Vue technologique** : Ce qui inclut l'utilisation des ressources physique et logiciel, ainsi que les procédures manuelles dans le but d'analyser, planifier et contrôler la prise de décision.
- ii. **Vue sociale** : L'argument mis en place est l'utilisation sociale des SI. Il serait impossible d'élaborer un SI robuste et efficace, incorporant une quantité technologique significative sans l'orienter vers le social.
- iii. **Vue sociotechnique** : Les systèmes n'examinent pas juste l'aspect technologique ou social, mais se préoccupent aussi de l'interaction entre les deux.
- iv. **Vue Processus** : Un SI contient des processus et activités dédiés au traitement de l'information qui est capturée, transmise et sauvegardée.

Lorsqu'on aborde la formation, un aspect important est de définir les différents rôles en place. Les utilisateurs d'un SI sont catégorisés. Cette catégorisation nécessite une définition du mot « utilisateur ». Cotterman et al., 1989 ont travaillé sur une définition des utilisateurs par classification sous les catégories : **opération** (exécution des tâches manuelles nécessaires à l'opération), **développement** (exécution de toutes les tâches et processus et spécification des besoins), **contrôle** (pouvoir décisionnel et autorité sur le déploiement des ressources). L'utilisateur parfois n'appartient pas juste à une de ces catégories, mais parfois deux, et voir même trois comme illustre le cube utilisateur dans la figure ci-dessous.

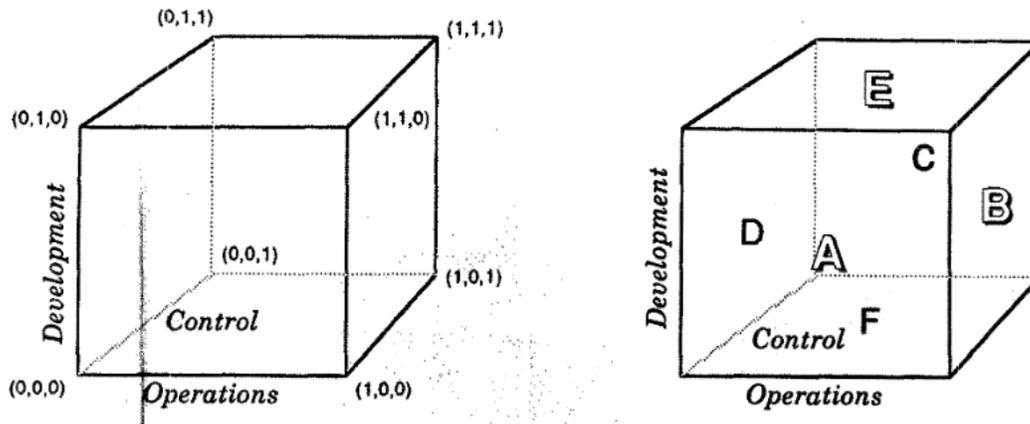


Figure 2 : Cube utilisateur⁵

2.2 ÉVOLUTION ET MODÈLES DE FORMATION

2.2.1 ÉVOLUTION DE LA FORMATION DES UTILISATEURS

Il existe différents modèles de formation pour les utilisateurs de systèmes d'information, qui ont évolué au fil du temps en fonction des besoins et des tendances du marché. Certains des modèles les plus couramment utilisés au travers du temps sont les suivants :

2.2.1.1 Le modèle ADDIE (Analyse, Design, Développement, Implémentation et Évaluation)

Ceci est un modèle de cycle de vie de la formation qui définit les étapes nécessaires pour concevoir, développer et évaluer une formation. Il a été initialement développé pour les systèmes de formation en milieu professionnel, mais est également utilisé pour les systèmes d'information.

⁵ Source : Cotterman et al., 1989

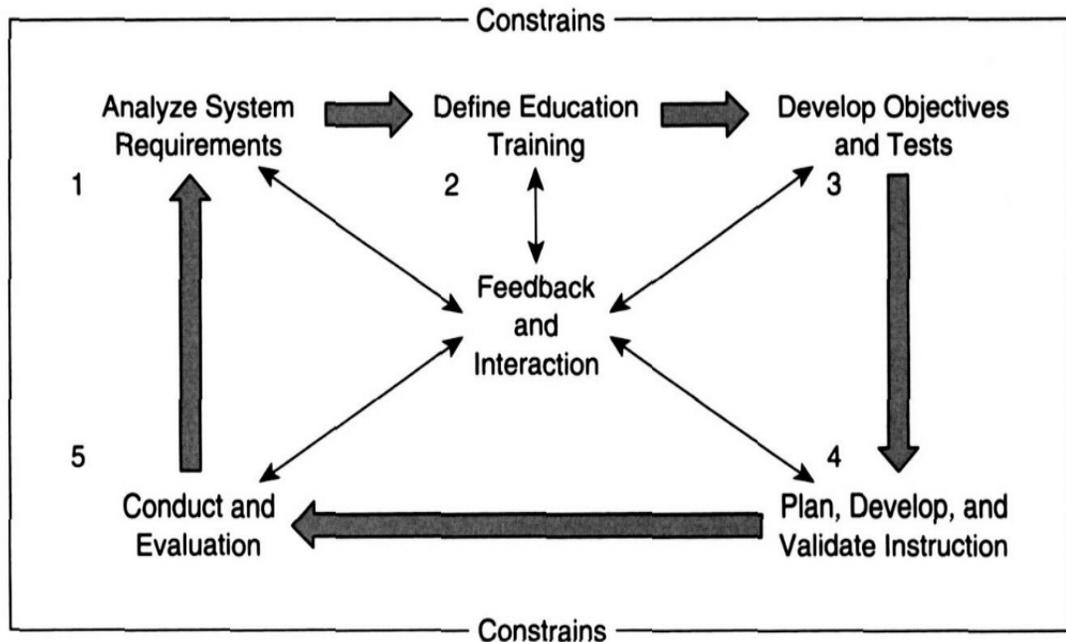


Figure 3 : Original Air Force Addie Model⁶

Un aperçu de ce modèle dans la littérature donne les suivants :

- Analyse des besoins en formation : Cette étape consiste à identifier les besoins de formation et les objectifs d'apprentissage et le public cible. Une évaluation minutieuse des exigences de formation est effectuée pour déterminer ce qui doit être enseigné et appris (Molenda, 2003).
- Design (Conception pédagogique) : À cette étape, le contenu de la formation est structuré et organisé. Les concepteurs pédagogiques créent des plans de cours, choisissent les méthodes d'enseignement et élaborent les stratégies d'évaluation (Smith et al., 2005).
- Développement : C'est l'étape où les matériels pédagogiques sont élaborés. Les supports de cours, les vidéos, les modules d'apprentissage en ligne, etc., sont créés en fonction des plans élaborés à l'étape de conception (Gustafson et al., 2002).
- Implémentation : À ce stade, la formation est délivrée aux apprenants. Cela peut se faire par des sessions en classe, des formations en ligne, des ateliers, etc. (Rosenberg, 2006.)

⁶ Source: University of Maintenance (1990, p. iii)

- Évaluation : L'étape finale consiste à évaluer l'efficacité de la formation. Les performances des apprenants sont mesurées par rapport aux objectifs d'apprentissage et des ajustements sont apportés au programme de formation si nécessaire. (Faletta et al., 1996.)

En feuilletant la littérature sur le modèle ADDIE, on se rend compte qu'aussi excellent qu'il soit, comme tout système, des limites existent. Voici certains de ces limites :

- Rigidité et linéarité : Selon Molenda, 2003, ADDIE suggère l'utilisation d'un flux de processus séquentiel, ce qui peut être limitant lorsque des adaptations ou révisions sont nécessaires pendant le processus de développement.
- Flexibilité : La technologie est en changement constant et rapide et il existe des cas où ce changement n'est pas assez flexible pour les besoins d'apprentissage. (Gustafson et al., 2002.)
- Exigences élevées en ressources et en temps : Les phases d'analyse, de conception et de développement approfondis sont demandant en matière de ressources (humaines et matérielles) et en temps. (Branch et al., 2015.)
- Manque de focus sur l'apprenant : Reiser, 2001 aborde le fait que ce modèle n'est pas assez centré sur l'apprentissage individuel.
- Itération limitée : La structure linéaire du modèle ADDIE peut entraver la conception itérative, important pour s'adapter aux commentaires des apprenants et au contenu évolutif (Kemp et al., 1985).
- Limitations de l'évaluation : La phase d'évaluation du modèle ADDIE pourrait ne pas suffisamment aborder l'évaluation de l'engagement des apprenants, de la motivation et du transfert des compétences dans des contextes du monde réel (Morrison et al., 2019)

2.2.1.2 Le modèle de formation en situation de travail (sur le tas)

Ceci consiste à former les utilisateurs sur le lieu de travail, en utilisant des méthodes telles que la formation par les pairs et la formation par les utilisateurs. Il est souvent utilisé pour les systèmes d'information, car il permet aux utilisateurs de découvrir les fonctionnalités du système dans un environnement réel. À travers la littérature, nous pouvons avoir un aperçu de ce modèle. Un aperçu selon la littérature nous donne les différents aspects suivants :

- Apprentissage en exécutant : La formation sur le tas repose sur l'apprentissage en exécutant. Les employés s'engagent dans des activités pratiques liées directement à leurs responsabilités professionnelles (Eraut, 2000). Cette expérience pratique leur permet d'acquérir des compétences et des connaissances pertinentes pouvant être appliquées immédiatement.
- Exécution des tâches : dans ce contexte, les employés apprennent en exécutant des tâches professionnelles réelles (Billet, 2001), ce qui permet de mieux comprendre le contexte, les défis et les subtilités de leurs rôles.
- Mentorat et guidage : Ceci implique généralement un mentor ou un collègue plus expérimenté qui guide et encadre le stagiaire (Megginson et al., 2006). Ce guidage personnalisé facilite le développement des compétences et le transfert des connaissances.
- Retour d'information immédiat : La supervision et l'interaction directe pendant la formation permettent un retour d'information immédiat. Les stagiaires peuvent recevoir des conseils et des corrections en temps réel, contribuant à un apprentissage efficace.
- Apprentissage contextuel : Ceci favorise l'apprentissage dans le contexte du lieu de travail réel, ce qui garantit que la formation est étroitement alignée sur les exigences de l'emploi et les situations du monde réel (Lave et al., 1991).
- Maîtrise des compétences : Aide les employés à développer leur maîtrise de leurs rôles en travaillant progressivement sur des tâches de complexité croissante, contribuant à une meilleure performance professionnelle.
- Transfert des connaissances : Par l'observation directe, l'interaction et la participation, les stagiaires peuvent absorber des connaissances tacites et les meilleures pratiques auprès de collègues expérimentés (Wenger-Trayner et al., 2015).
- Flexibilité et adaptabilité : La formation peut être adaptée aux besoins spécifiques des stagiaires et de l'organisation, permettant des expériences d'apprentissage personnalisé (Tannenbaum et al., 2013).

Comme tout modèle existant, certaines limites existent dans le cas du modèle de formation sur le tas. (Eraut, 2000) fait ressortir certaines de ces limites.

- Manque de structuration : La formation sur le tas peut manquer de structure formelle, ce qui peut rendre difficile la garantie d'une séquence pédagogique claire et organisée.

- Dépendance à l'expertise : La formation sur le tas repose souvent sur la disponibilité d'experts ou de mentors. Cela peut créer une dépendance et rendre difficile la formation en l'absence de tels mentors.
- Transmission incomplète des connaissances : Les mentors peuvent involontairement omettre des informations clés ou des méthodes alternatives lors de la transmission des compétences, ce qui peut affecter la qualité de la formation.
- Manque de normalisation : L'absence de normes peut entraîner des variations dans la qualité et la cohérence de la formation dispensée par différents mentors.
- Apprentissage limité par les tâches disponibles : Cette formation dépend des tâches réelles disponibles au moment de la formation, ce qui peut limiter l'exposition du stagiaire à l'ensemble des compétences nécessaires.
- Manque de théorie : Cette formation peut manquer d'explications théoriques approfondies, ce qui pourrait affecter la compréhension conceptuelle des apprenants.
- Transmission incohérente des normes et de la culture : La formation sur le tas peut ne pas transmettre de manière cohérente les normes et la culture organisationnelle, ce qui pourrait conduire à des différences d'interprétation et de comportement chez les apprenants.

2.2.1.3 Le modèle de formation par la découverte

Ce modèle consiste à laisser les utilisateurs explorer et découvrir les fonctionnalités du système par eux-mêmes, plutôt que de leur fournir une formation structurée. Il est souvent utilisé pour les systèmes d'information, car il permet aux utilisateurs d'apprendre de manière autonome. Nous pouvons avoir un aperçu du modèle comme ci-dessous :

- Exploration active : La formation par découverte implique une exploration active et une investigation de concepts, souvent à travers des scénarios du monde réel et des activités pratiques (Bruner, 1961).
- Résolution de problèmes : Les apprenants s'engagent dans des tâches de résolution de problèmes qui les encouragent à penser de manière critique, à analyser l'information et à développer des solutions innovantes (Jonassen, 2000).
- Apprentissage autodirigé : Le modèle de découverte favorise l'apprentissage autodirigé, où les apprenants prennent en charge leur processus d'apprentissage et explorent les connaissances (Knowles, 1975).

- **Expérience pratique** : Les apprenants acquièrent des connaissances grâce à des expériences pratiques, des expérimentations et des applications concrètes, ce qui améliore la compréhension et la rétention.
- **Apprentissage fondé sur l'enquête** : Le modèle de formation par découverte est en accord avec l'apprentissage basé sur l'enquête, où les apprenants posent des questions, enquêtent et recherchent des réponses pour approfondir leur compréhension (Cooper, 1973).
- **Engagement cognitif** : Les apprenants sont engagés cognitivement dans le processus d'apprentissage, car ils recherchent activement de l'information et établissent des liens entre les nouvelles et celles qui sont existantes.
- **Autonomie et motivation** : Le modèle de formation par découverte renforce l'autonomie et la motivation des apprenants, car ils sont poussés par leur curiosité suscitée à explorer et à apprendre (Deci et al., 1991).

Le modèle de formation par découverte favorise l'engagement actif, la réflexion critique et l'apprentissage autodirigé. Il s'aligne sur les principes de l'apprentissage constructiviste et expérientiel, offrant aux apprenants la possibilité d'explorer et de construire des connaissances à travers des expériences personnelles. Les limites du modèle sont :

- **Manque de temps et d'efficacité** : Le modèle de formation par découverte peut nécessiter plus de temps pour permettre aux apprenants d'explorer et de découvrir des concepts par eux-mêmes, ce qui pourrait affecter l'efficacité de la formation (Kirschner et al., 2006).
- **Possibilité de confusion et de frustration** : Les apprenants peuvent se sentir dépassés par la liberté et la responsabilité de découvrir par eux-mêmes, ce qui peut entraîner de la confusion et de la frustration (Mayer, 2004).
- **Variabilité de la qualité des découvertes** : Les apprenants peuvent arriver à des conclusions ou des découvertes inexactes ou incomplètes, ce qui peut entraîner une variabilité de la qualité des connaissances acquises.
- **Manque de fondements théoriques** : Le modèle de formation par découverte peut parfois manquer de bases théoriques solides, ce qui peut rendre difficile l'intégration des nouvelles découvertes dans un contexte conceptuel.

2.2.1.4 Le modèle de formation en ligne

Ce modèle consiste à utiliser des technologies telles que le cyber apprentissage pour offrir une formation à distance. Il est de plus en plus utilisé pour les systèmes d'information, car il permet une formation à grande échelle et est souvent plus abordable que les méthodes de formation traditionnelles. Un aperçu du modèle de formation en ligne donne :

- Livraison numérique : La formation en ligne exploite les plateformes numériques, les sites Web et les systèmes de gestion de l'apprentissage pour délivrer un large éventail de contenus éducatifs, comprenant du texte, des médias, des modules interactifs et des évaluations (Siemens, 2008).
- Flexibilité et accessibilité : Les apprenants peuvent accéder aux matériaux de formation en ligne de n'importe où et à tout moment, ce qui leur permet d'apprendre à leur propre rythme et d'adapter l'apprentissage à leur emploi du temps (Seaman et al., 2018).
- Personnalisation : La formation en ligne peut être adaptée aux besoins individuels des apprenants, à leurs préférences et à leurs styles d'apprentissages, offrant ainsi une expérience d'apprentissage plus personnalisée (Brusilovsky, 2001).
- Mise à l'échelle : La formation en ligne peut accueillir simultanément un grand nombre d'apprenants, la rendant adaptée aussi bien aux apprenants individuels qu'aux programmes de formation d'entreprises (Clark et al., 2016).
- Évaluation et analyse : Les outils numériques permettent de suivre en temps réel les progrès et les performances des apprenants, permettant aux instructeurs de fournir des commentaires opportuns et d'améliorer la conception pédagogique (Siemens et al., 2011).
- Portée globale : La formation en ligne transcende les frontières géographiques, permettant aux apprenants de différentes régions d'accéder au même contenu éducatif (Anderson, 2008).

Les limites de ce modèle sont nombreuses selon les différents points de vue existant dans la littérature et ceci inclut :

- Isolement de l'apprenant : L'apprentissage en ligne peut entraîner un sentiment d'isolement chez les apprenants, en raison de l'absence d'interactions en face à face avec les instructeurs et les binômes (Shea et al., 2010).

- Problèmes techniques : Les problèmes techniques tels que les pannes de connexion, les bogues logiciels et les problèmes de compatibilité peuvent perturber l'expérience d'apprentissage en ligne (Barak et al., 2006).
- Manque de discipline : L'apprentissage en ligne exige une discipline et une gestion du temps accumulé de la part des apprenants, ce qui peut être un défi pour certains (Boettcher et al., 2016).
- Manque d'interaction sociale : L'apprentissage en ligne peut limiter les opportunités d'interaction sociale et de collaboration entre les apprenants, ce qui peut nuire au développement de compétences sociales (Swan, 2001).

Compte tenu de l'avancée technologique, les méthodes de formation au fil du temps ont été créées, améliorées, modifiées et voir même supprimées ou abandonnées. Ces méthodes prennent en compte non seulement le contenu de la formation, mais aussi la réceptivité de cette formation. Il est important de prendre en compte les comportements des différents utilisateurs qui peuvent altérer la formation (Compeau, 2002). Il en ressort six comportements différents qui sont :

- Participation active : Les apprenants qui présentent le comportement de participation active s'impliquent dans la formation en ligne en participant activement aux activités d'apprentissage et en portant attention au contenu du cours.
- Contribution : Les apprenants ayant le comportement de contribution participent activement aux discussions, partagent leurs idées et contribuent à la communauté d'apprentissage en ligne.
- Faire le minimum : Les apprenants accomplissent les tâches requises, mais peuvent ne pas s'impliquer profondément dans le contenu du cours ou contribuer de manière significative aux discussions.
- Observation passive : Ceci implique une participation passive, où les apprenants observent les discussions et les activités sans y contribuer activement.
- Désengagement : Les apprenants se détachent de l'environnement d'apprentissage en ligne, peut-être en raison de défis ou d'un manque d'intérêt.
- Évitement : Ceci implique d'éviter ou de sauter complètement les activités de formation en ligne.

L'étude de Compeau a mis en évidence ces différents comportements pour comprendre comment les apprenants interagissent avec la formation en ligne. Ces comportements fournissent des informations sur

les différentes façons dont les individus abordent et participent aux environnements d'apprentissage en ligne.

En évoluant au fil des années, la formation est devenue de plus en plus multidirectionnel, car non seulement il faut prendre en compte son contenu, mais aussi l'état réceptif des utilisateurs et ainsi que leur niveau de compréhension (Shepherd 2021.)

2.2.2 MODÈLES DE FORMATION

Il existe dans la littérature une pléthore de modèles de formation qui s'adaptent en fonction des besoins du projet qu'on a en face. De la formation, les différentes parties du système interagissent entre eux et cela permet de créer un modèle issu de cela (Bostrom et al., 1990.).

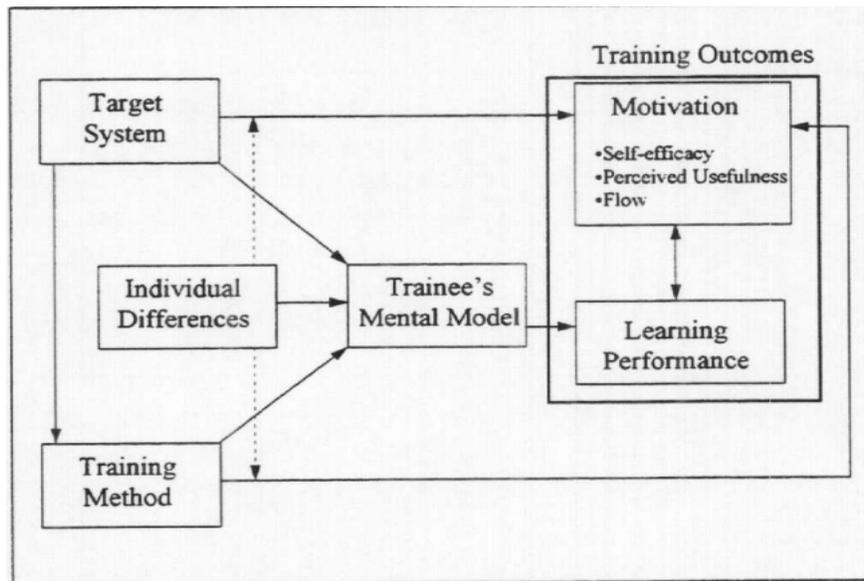


Figure 4 : Modèle de formation utilisateur⁷

Les informations entrant dans le système cognitif humain sont traitées suivant deux étapes principales (Mayer, 1981) qui sont : réception (l'utilisateur doit prêter attention à l'information reçue pour qu'elle s'immerge dans la mémoire à court terme) et disponibilité (assimilation à long terme de l'information).

⁷ Source: Bostrom et al., 1990

Lors de l'apprentissage ici, les utilisateurs font face au souci de rétention des connaissances. Cela nécessite parfois une impulsion pour être capable d'accéder à nos connaissances acquises qui sont implantées dans la mémoire à long terme. Ceci peut être illustré sur la figure 7 ci-dessous.

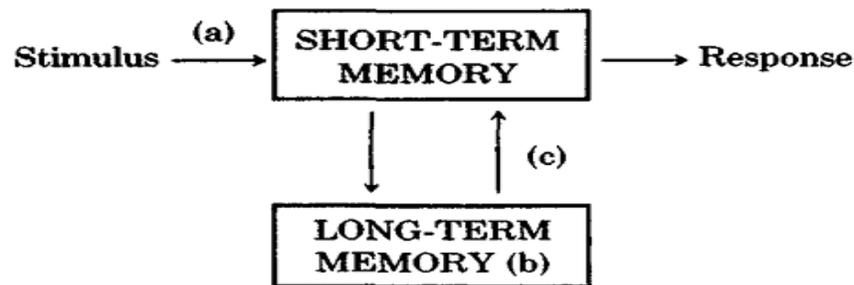


Figure 5 : Processus d'apprentissage significatif⁸

Les environnements informatiques aujourd'hui ont trois types majeurs : environnement de commandes⁹, manipulation directe¹⁰ et menu utilisateur¹¹ (Davis et al., 1993). Cette hiérarchisation environnementale est utilisée au travers des années et en fonction du système demandé, chacun ou un ensemble de tout cela peut être utilisé. Davis sort avec un cadre basé sur le système ciblé, les approches de formation et les résultats, ainsi que les interactions optimales entre ces différents aspects. Ici, il est question de développer la formation sur des fonctionnalités qui sont :

- i. Le processus de raisonnement : Ceci implique l'induction (l'utilisateur apprend des exemples et déductions (apprentissage basé sur les instructions)).
- ii. Niveau de programmation : La structure incorporée dans le processus de formation permettant à l'utilisateur d'explorer.

⁸ Source: Mayer, Richard E. The Psychology of How Novices Learn Computer Programming. *Department of Psychology, University of California, Santa Barbara, California 931 1981*.

⁹ Des environnements tel que DOS.

¹⁰ Permet aux utilisateurs d'entrer des commandes en pointant sur des icônes, objets ou cellules sur l'écran.

¹¹ Requier aux utilisateurs de sélectionner des commandes provenant des listes ou menus.

- iii. Contrôle de l'apprentissage : Ceci est transféré à l'utilisateur et détermine comment s'adapter face au système.
- iv. Niveau de complétude : Ceci fait référence à la quantité de tâches pertinentes à l'apprentissage fourni par le système.
- v. Orientation d'apprentissage : Pour l'utilisateur, il est question d'explorer le cursus d'apprentissage.

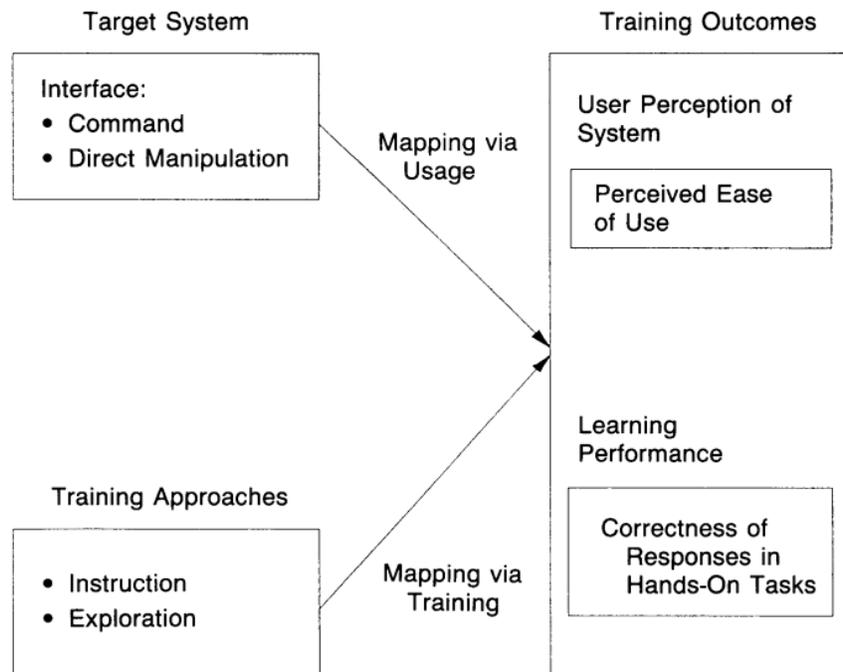


Figure 6 : Cadre de formation¹²

Kappelman et al., 1995, ouvrent les portes aux systèmes de formation client-serveur, où sont élaborés les implications, avantages et préoccupations liés à la formation. Ceci est basé sur l'autonomisation, participation, motivation et satisfaction de l'utilisateur durant l'apprentissage. Ces facteurs sont liés et permettent d'établir une meilleure compréhension du modèle établi comme élaboré sur la figure ci-dessous.

¹² Source: Davis, S. A., & Bostrom, R. P. (1993). Training end users: An experimental investigation of the roles of the computer interface and formation methods.

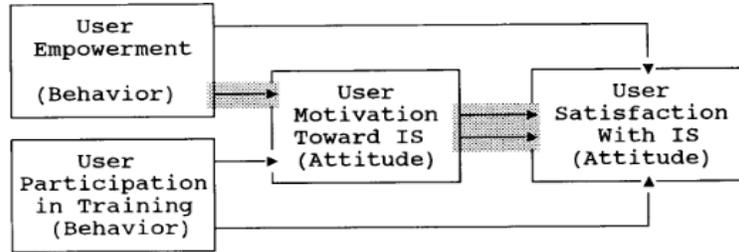


Figure 7 : Relation comportement et attitude utilisateur¹³

Finogeev et al., 2018 viennent avec un modèle éducatif qui implique la convergence des compétences et des normes de formation avec les exigences de l'employeur. À partir de cela, ils créent un cycle de vie basé sur l'analyse, planning, développement, évaluation et l'implémentation. Ceci peut être observé dans la figure ci-dessous.

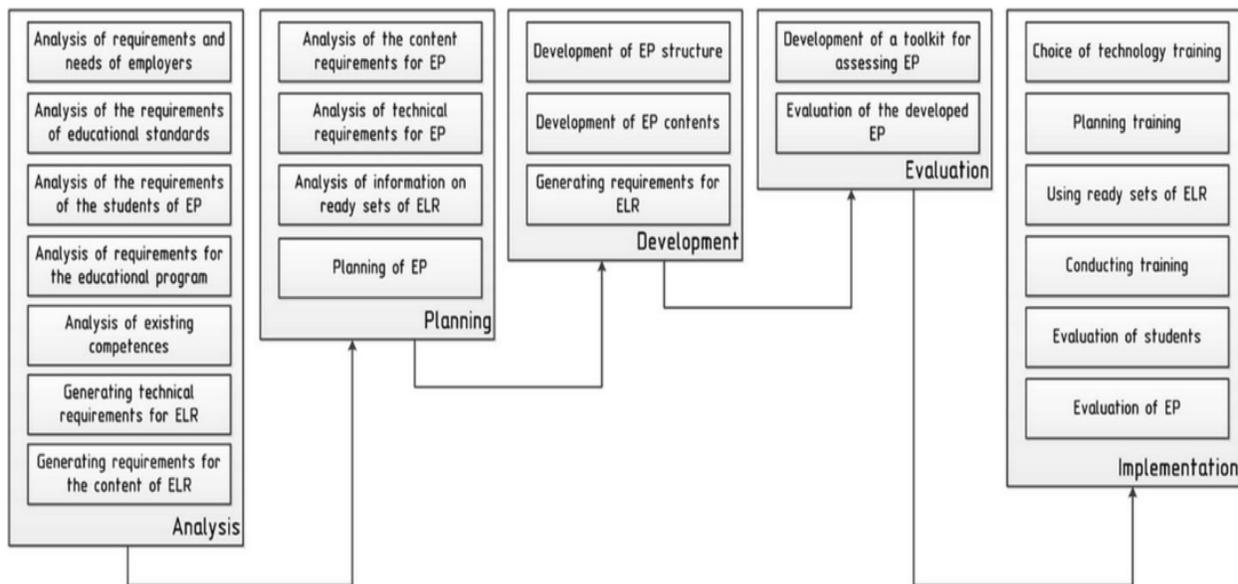


Figure 8 : Cycle de vie d'un programme de formation¹⁴

¹³ Source : Kappelman et al., 1995, pg 38

¹⁴ Source : Finogeev et al., 2018, pg 7

Shani et al., 2019 met en place le concept de formation cognitif personnalisé basé sur l'apprentissage profond. Un organigramme est établi qui est basé sur trois aspects qui sont :

- Collection des caractéristiques personnelles
- Sélection de la formation basée sur les algorithmes d'apprentissage profond.
- Adaptation continue pendant la formation.

2.3 ÉVALUATION DE LA FORMATION

L'évaluation des méthodes de formation pour les utilisateurs de systèmes d'information est importante pour déterminer si la formation a été efficace et pour identifier les domaines qui nécessitent des améliorations (Nelson et al. 1995). Il existe différentes méthodes d'évaluation qui peuvent être utilisées, chacune ayant ses propres avantages et limites :

- L'évaluation de la performance est une méthode courante pour évaluer l'efficacité de la formation. Elle consiste à mesurer les résultats obtenus par les utilisateurs après la formation, tels que la vitesse d'exécution des tâches ou la précision des résultats. Cette méthode permet de mesurer les résultats immédiats de la formation et demeure l'une des méthodes les plus utilisées.
- L'évaluation formative est une méthode d'évaluation utilisée pendant le processus de formation pour identifier les domaines qui nécessitent des améliorations. Elle peut inclure des tests de compréhension, des enquêtes ou des entretiens avec les utilisateurs pour identifier les difficultés rencontrées et les besoins en matière de formation.
- L'évaluation sommative est une méthode d'évaluation utilisée après la formation pour évaluer l'efficacité globale de la formation. Elle peut inclure des tests de compréhension, des enquêtes ou des entretiens avec les utilisateurs pour évaluer la compréhension globale des utilisateurs, la satisfaction des utilisateurs et l'application de la formation dans leur travail quotidien.
- L'analyse de la qualité est une méthode d'évaluation qui vise à améliorer la qualité de la formation en identifiant les domaines qui nécessitent des améliorations. Il peut utiliser des techniques telles que la revue de la formation par les pairs, les enquêtes de satisfaction des utilisateurs et les indicateurs de performance pour identifier les domaines à améliorer.

L'évaluation de la formation est le processus visant à évaluer l'efficacité et l'impact d'un programme de formation sur les performances, les compétences, les connaissances et les résultats globaux des

apprenants et de l'organisation. Elle implique de recueillir et d'analyser systématiquement des données pour déterminer si les objectifs de formation ont été atteints et si la formation a entraîné les résultats souhaités. Certains modèles d'évaluation existent dans la littérature et nous allons passer brièvement dessus :

- Le modèle en quatre niveaux de Kirkpatrick : Ce modèle établit quatre niveaux d'évaluation de formation, réaction, apprentissage, comportement et résultats. Il propose une approche structurée pour évaluer l'efficacité de la formation, en commençant par les réactions des participants pour mesurer l'impact sur les résultats organisationnels (Kirkpatrick, 1996).
- Le modèle de Retour sur Investissement (ROI) de Phillips : Ce modèle se concentre sur le calcul de l'impact financier de la formation. Il s'agit de mesurer les coûts de formation par rapport aux avantages tangibles qu'elle apporte à l'organisation (Phillips et al., 2008).
- La méthode des cas de réussite de Brinkerhoff : Cette méthode consiste à identifier à la fois les apprenants qui ont réussi et ceux qui ont échoué, et à étudier leurs expériences pour comprendre les facteurs contribuant au succès ou à l'échec. Cette approche fournit des informations précieuses pour améliorer l'efficacité de la formation (Brinkerhoff, 2005).
- Les cinq niveaux d'évaluation de Kaufman : Le modèle de Kaufman élargit le modèle de Kirkpatrick en ajoutant un cinquième niveau axé sur l'impact sociétal. Il met l'accent sur l'alignement des objectifs de formation avec les objectifs plus larges de l'organisation et de la société (Kaufman et al., 1994).
- Analyse de l'apprentissage : Avec l'avancée de la technologie, l'analyse de l'apprentissage consiste à utiliser des données et des outils d'analyse pour suivre en temps réel la progression, l'engagement et les performances des apprenants. Cette approche aide à prendre des décisions basées sur les données pour améliorer la formation (Siemens et al., 2011).
- L'évaluation formative et sommative : L'évaluation formative a lieu pendant le développement des supports de formation pour en assurer la qualité, tandis que l'évaluation sommative a lieu après la formation pour évaluer son impact global (Scriven, 1991).

L'évaluation de la formation est une étape cruciale du processus de formation, permettant aux organisations de mesurer le retour sur investissement de leurs formations, d'améliorer la conception de la formation et d'aligner la formation sur les objectifs stratégiques.

La pertinence d'une méthode de formation est acquise à travers une évaluation des différents composants de celle-ci lorsqu'elle est administrée. Desai et al., en 1999 propose une figure d'évaluation sur quatre niveaux basés sur : les caractéristiques des tâches, le procédé de formation, l'utilisateur et les résultats. De cette évaluation issue de son modèle, des métriques en sortent et sont utilisées pour la performance. Ce modèle permet de mettre en valeur chaque étape de la formation, ainsi que des acteurs de ce système. Un organigramme est créé à partir de cela.

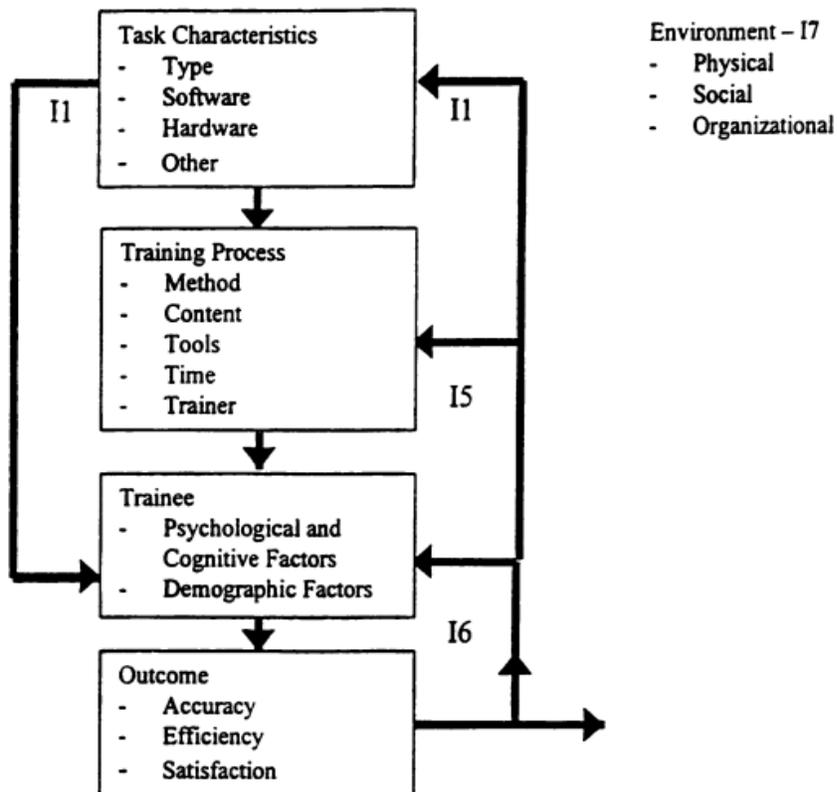


Figure 9 : Modèle d'évaluation de formation¹⁵

¹⁵ Source : Desai, M. S., Richards, T., & Eddy, J. P. (1999). End-user formation: A meta model. Journal of Instructional Psychology, 26(2)

CHAPITRE 3

MÉTHODOLOGIE ET RÉSULTATS

3.1 GÉNÉRALITÉS

Lors d'une formation utilisateurs, il existe différents aspects quantifiables que l'on peut prendre en compte. Selon Maity, 2019, ces points sont centrés aux alentours de :

- i. **Gestion des connaissances** : La gestion des connaissances est un domaine qui s'intéresse à la collecte, la gestion et la diffusion des connaissances au sein d'une organisation ou d'un système d'information (Martins et al., 2008). Les études de gestion des connaissances se concentrent généralement sur trois aspects : les individus, les groupes et les organisations. Les chercheurs étudient comment les individus acquièrent, utilisent et partagent les connaissances, comment les groupes collaborent pour résoudre des problèmes et prendre des décisions, et comment les organisations peuvent créer des structures et des pratiques qui favorisent la gestion efficace des connaissances. Un aperçu de la gestion des connaissances pendant la formation des utilisateurs donne :
 - Capturer les connaissances tacites : les connaissances tacites font référence aux connaissances expérientielles que les individus possèdent, mais qu'ils ne peuvent pas toujours articuler facilement. Pendant la formation des utilisateurs, des techniques telles que le récit, les journaux réflexifs et les discussions collaboratives peuvent être utilisées pour capturer et documenter les connaissances tacites (Nonaka et al., 1995).
 - Organisation des ressources de formation : Une gestion efficace des connaissances implique d'organiser les matériaux de formation, les ressources et la documentation de manière structurée et facilement accessible. Les référentiels en ligne, les bases de connaissances et les systèmes de gestion de contenu peuvent faciliter cette organisation (Leidner et al., 2001).
 - Partager les meilleures pratiques : la formation des utilisateurs implique souvent le partage des meilleures pratiques et des réussites. Les pratiques de gestion des connaissances peuvent faciliter le partage des stratégies et des techniques réussies entre les apprenants, favorisant ainsi une culture d'amélioration continue (Davenport et al., 1998).

- Apprentissage collaboratif : La gestion des connaissances encourage l'apprentissage collaboratif, où les apprenants peuvent partager des idées, collaborer sur des projets et résoudre des problèmes collectivement. Les forums de discussion en ligne, les communautés virtuelles et les plateformes collaboratives soutiennent cette approche (Wenger et al., 2002).
- Amélioration continue : Les connaissances acquises lors de la formation des utilisateurs doivent contribuer aux efforts d'amélioration continue. Les boucles de rétroaction et les mécanismes permettant aux apprenants de contribuer à l'affinement du contenu de formation peuvent améliorer la qualité des supports de formation au fil du temps (Argote, 2011).
- Exploitation de l'expertise : La gestion des connaissances facilite l'identification et l'utilisation des experts dans l'organisation. Les experts peuvent fournir des orientations, répondre aux questions et contribuer au développement continu des supports de formation (Holsapple et al., 2000).

Dans le cas du projet Microscope, les connaissances ici sont sous formes manuscrites apposées sur des captures d'écran ou encore sous forme de petite vidéo d'illustrations.

Nous disposons d'exactly 538 images et 14 vidéos. Ci-dessous est une illustration via capture d'écran d'une étape de la formation.

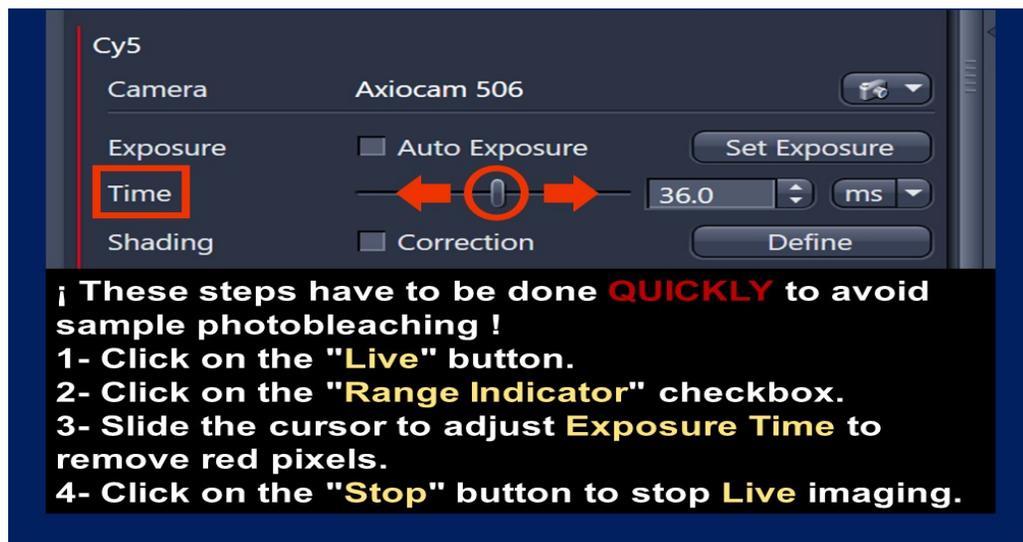


Figure 10 : Exemple de capture de formation

ii. L'engagement de l'utilisateur : Ceci est un facteur crucial pour la réussite de la formation et de l'utilisation d'un système d'information. Les utilisateurs qui sont engagés pendant la formation selon Maity, 2019 sont plus susceptibles d'apprendre efficacement, d'adopter le système et d'avoir une performance accrue.

- Personnalisation : Adapter le contenu de la formation aux besoins et aux préférences individuels des apprenants peut améliorer l'engagement. Des parcours d'apprentissage personnalisés et des recommandations accroissent la pertinence et motivent les apprenants (Prince, 2004).

Le diagramme ci-dessous nous montre une illustration de la personnalisation de la formation sur le microscope en environnement réel. Cette personnalisation est rendue possible à travers une supervision (par flux en direct) de l'utilisateur à de différentes étapes de la formation.

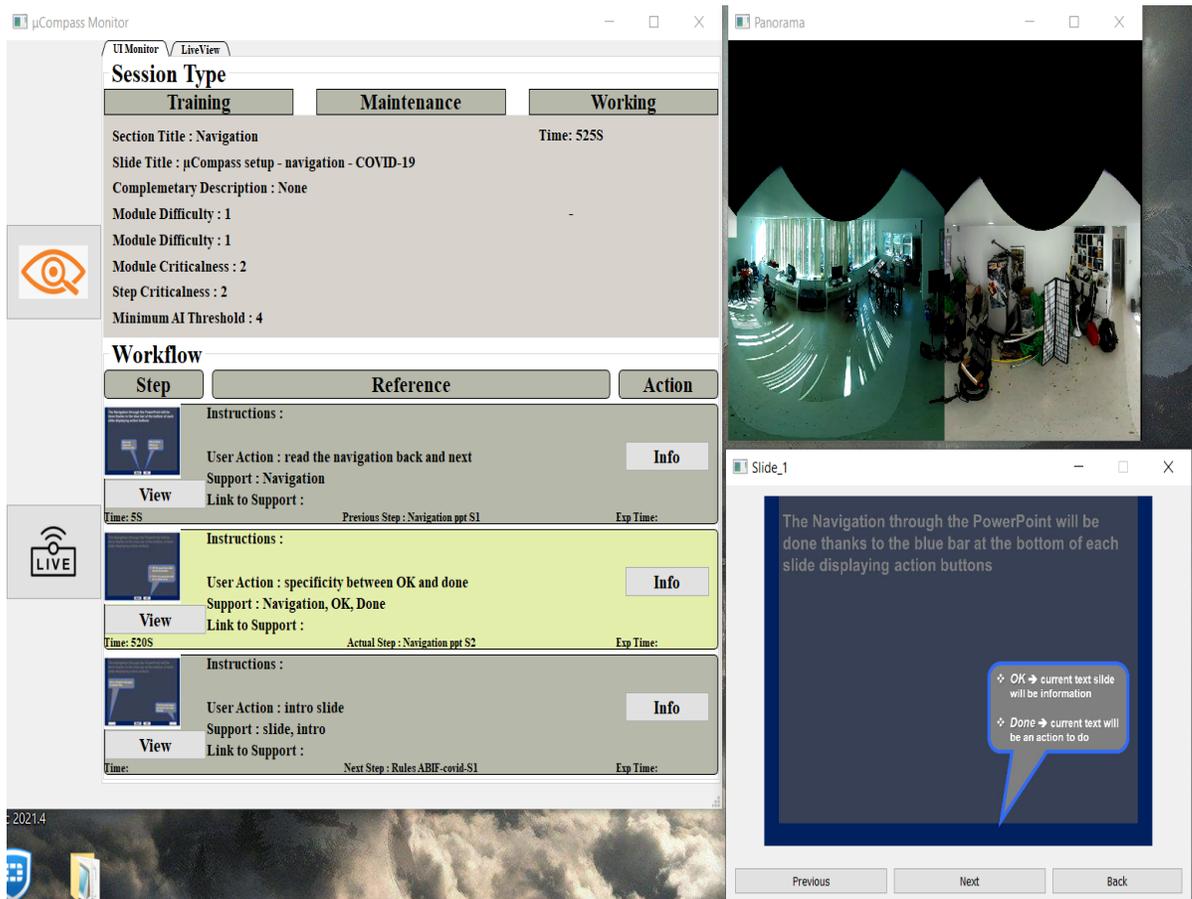


Figure 11 : Session en direct de formation

- Choix et autonomie : Permettre aux apprenants de choisir les sujets, les activités ou les parcours au sein du programme de formation les responsabilise et accroît leur sentiment d'appartenance et d'engagement (Deci et al., 1991). Cet aspect enlève un cheminement obligatoire lors de la formation de l'utilisateur et permet d'avoir le choix en fonction des lacunes. L'image ci-dessous montre les menus de formation, sous lesquels existent des sous-menus, puis du contenu.

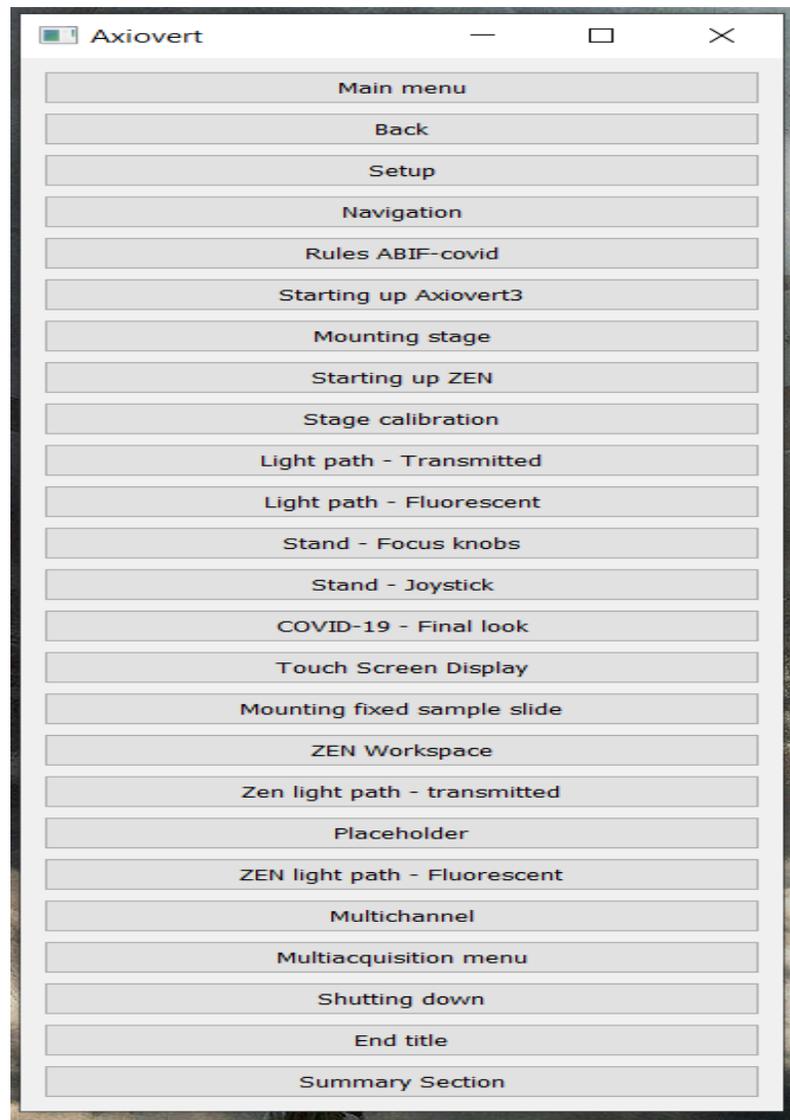


Figure 12 : Menu de formation au choix

- iii. La mise à jour continu : La mise à jour du contenu de la formation utilisateur implique l'évaluation continue, la révision et l'amélioration des matériaux de formation afin de les

maintenir actuels et pertinents. Rester à jour avec les tendances de l'industrie, les avancées technologiques et les changements organisationnels garantit que le contenu de la formation reste efficace pour fournir des informations précises et améliorer les compétences des apprenants. Voici un aperçu des principaux aspects des mises à jour du contenu de la formation utilisateur lié au microscope :

- Conception modulaire : Structurer le contenu de la formation de manière modulaire, permettant des mises à jour plus faciles des modules individuels sans avoir à réviser l'ensemble du programme (Horton, 2011). Cette approche simplifie le processus de mise à jour du contenu. La formation sur l'utilisation du microscope est structurée en section > module > étape (tâche). Dans l'image ci-dessous, D représente la difficulté du module ou de l'étape (varié entre 1 et 3, qui représente facile, moyen et difficile respectivement), tandis que C représente le niveau critique.

	PreviousModule	D-1	C-1
	Previous Step : Navigation ppt S1	D-1	C-1
	Actual Module : Navigation	D-1	C-1
	Actual Step : Navigation ppt S1	D-1	C-1
	Next Module : Navigation	D-1	C-1
	Next Step : Navigation ppt S3	D-1	C-1
User Action : read the navigation back and next			
Complementary Description : None			
Link to Support : None			
Support : Navigation			

Figure 13 : Aperçu des modules et étapes

- Le contenu : Structurer le contenu de la formation de manière modulaire, permettant des mises à jour plus faciles des modules individuels sans avoir à réviser l'ensemble du programme. Cette approche simplifie le processus de mise à jour du contenu. Pour un début et pour faciliter la modification du contenu, il a été décidé que ce contenu devrait être dans un dossier et se faire appeler dans le programme. Ceci permet une modification par l'équipe de McGill sans passer par des procédés de base de données.

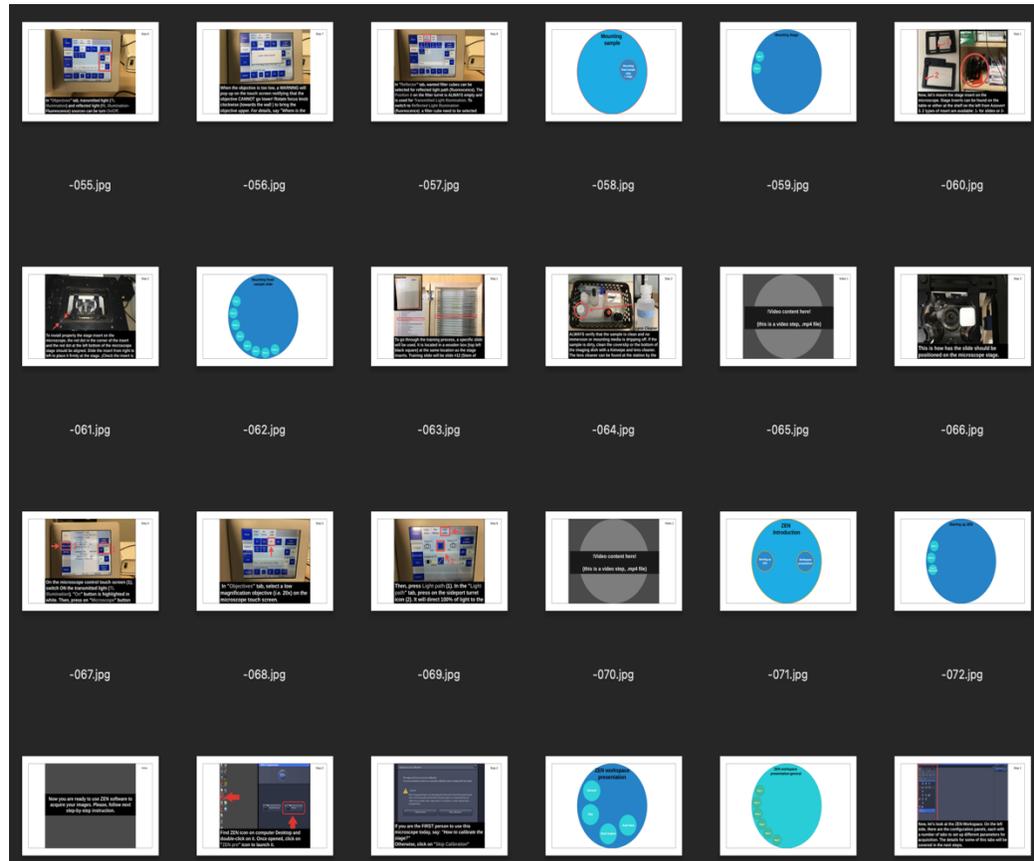


Figure 14 : Le contenu

3.2 LES ACTIONS

Les actions dans le cadre de ce travail sont les différentes tâches à exécuter soit par l'utilisateur ou tout simplement par le superviseur. Une bonne exécution de ces actions repose entièrement sur des protocoles préétablis par des experts sur l'utilisation du microscope. Les actions sont classifiées en deux groupes.

3.2.1 LES ACTIONS DE BAS NIVEAU

Les actions de bas niveau font référence aux tâches ou comportements spécifiques et détaillés que les individus entreprennent pour atteindre des objectifs ou des buts plus larges. Ces actions sont granulaires et observables, ce qui en fait un élément essentiel pour décomposer des tâches complexes en étapes gérables. Dans divers domaines tels que l'éducation, la psychologie et l'interaction personne-machine, comprendre et analyser les actions de bas niveau peut fournir des informations précieuses sur l'apprentissage, la prise de décision et le comportement des utilisateurs. Anderson, 1993 parlait des actions cognitives de bas niveau telles que la reconnaissance des modèles et la récupération d'information. Les actions de bas niveau jouent un rôle dans les processus de prise de décision (Payne et al., 1993). En analyse du comportement, les actions de bas niveau contribuent à la compréhension des chaînes de comportement et des relations antécédent-conséquent. Observer des comportements spécifiques aide à concevoir des interventions efficaces (Eysenck, 1970).

Types d'action de bas niveau	Description
Action simple	Exécution sans mesure de paramètre. Une seule alternative
Action composée	Ici, la mesure d'un paramètre décide de la suite alternative à prendre. Par exemple, l'état détermine le niveau de désinfection.

Tableau 1 : Actions de bas niveau

Une action de bas niveau peut être représentée et définie sur un arbre décisionnel comportant des nœuds et des arcs tels que décrit ci-dessous :

3.2.1.1 Les nœuds

Dans le cas, les actions représentent l'ensemble des nœuds de l'arbre. Dans un arbre de décision, les nœuds représentent des points de décision ou des points de test pour des attributs d'un ensemble de données. Chaque nœud dans l'arbre contient une condition de test qui est utilisée pour séparer les

données en branches. Les branches qui en résultent sont ensuite utilisées pour décider où les données doivent être dirigées dans l'arbre.

3.2.1.2 Les Arcs

Ils représentent la notion de successeur, ainsi $a \rightarrow b$ est traduit par le fait que l'action b vienne à la suite de l'action a dans le processus d'exécution, ainsi l'ensemble des arcs noté $A = \{(a, b) \text{ avec } a, b \in N\}$

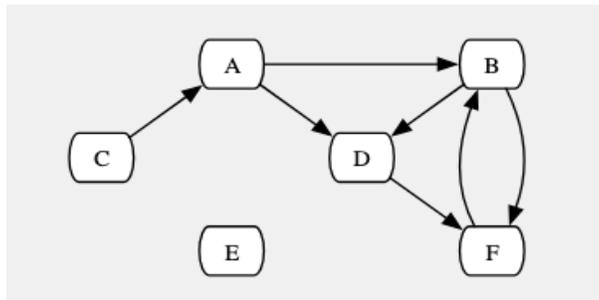


Figure 15: Un graphe à 6 nœuds et 7 arcs

3.2.2 LES ACTIONS DE HAUT NIVEAU

Il est question ici de mettre en interaction plusieurs utilisateurs du SI pour la résolution de façon collaborative de certaines tâches. Étant donné qu'ici la résolution est collaborative, plusieurs structures peuvent être définies.

3.2.2.1 La dépendance directe

La dépendance directe est un concept utilisé pour décrire la relation entre différents éléments d'un système ou d'un processus. Cela signifie qu'un élément ou une tâche dépend directement de l'existence ou de la performance d'un autre élément ou tâche pour pouvoir être achevé. En d'autres termes, une dépendance directe signifie qu'une tâche ne peut pas être accomplie sans une autre tâche préalable. Soient a_i et a_j deux acteurs, on dira que l'action $w_{ik} \in W_i$, $1 \leq k \leq \text{card}(W_i)$ et l'action $w_{jp} \in W_j$, $1 \leq p \leq \text{card}(W_j)$ sont en dépendance directe si l'exécution de w_{jp} suit directement celle de w_{ik} dans la chaîne d'exécution du protocole.

3.2.2.2 L'exclusion mutuelle

L'exclusion mutuelle est un concept fondamental en informatique et dans les systèmes concurrents, assurant qu'un seul processus ou fil d'exécution peut accéder à une ressource partagée à un moment donné. Cela évite les conflits et la corruption des données pouvant survenir en raison d'accès simultanés. Sur le plan mathématique, l'exclusion mutuelle implique de formaliser les conditions et garanties nécessaires pour obtenir un accès exclusif (Tanenbaum et al., 2014). L'exclusion mutuelle est un concept crucial dans les systèmes distribués et les systèmes répartis, où des nœuds d'un système doivent accéder à des ressources partagées sur un réseau. Il est utilisé pour éviter les conflits d'accès réseau et garantir l'intégrité des données dans les systèmes distribués. Deux actions s'excluent mutuellement si leur exécution simultanée dans le SI bloque la poursuite de l'exécution des tâches. L'exclusion mutuelle est attachée à des concepts qui sont :

- Conditions de contrôle de la concurrence : Les conditions d'exclusion mutuelle comprennent des propriétés de sécurité et de vivacité. La sécurité garantit qu'aucuns deux processus n'accèdent simultanément à une section critique, tandis que la vivacité garantit qu'un processus pourra éventuellement entrer dans la section critique (Lynch, 1996).
- Algorithme de Peterson : L'algorithme de Peterson est une solution classique au problème de l'exclusion mutuelle pour deux processus. Il utilise des variables partagées et l'alternance pour obtenir l'exclusion mutuelle mathématiquement (Peterson, 1981).
- Vérification formelle : La vérification de modèle et les méthodes formelles sont utilisées pour vérifier mathématiquement la correction des algorithmes d'exclusion mutuelle. Ces méthodes impliquent la spécification de propriétés et l'utilisation d'outils automatisés pour les vérifier (Clarke et al., 2001).

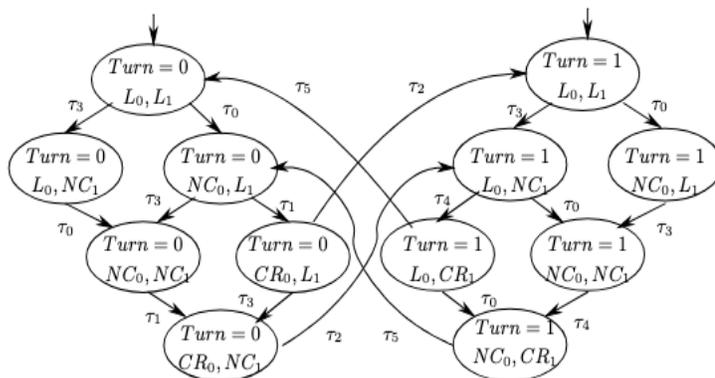


Figure 16 : Graphique d'état pour un exemple d'exclusion mutuelle¹⁶

- Exclusion mutuelle distribuée : Dans les systèmes distribués, atteindre l'exclusion mutuelle est plus complexe en raison de l'absence de mémoire partagée. Les algorithmes distribués, comme l'algorithme de Ricart-Agrawala, coordonnent mathématiquement l'accès aux ressources partagées (Ricart et al., 1981).

En utilisant le formalisme mathématique, l'exclusion mutuelle est analysée rigoureusement et implémentée dans les systèmes concurrents pour garantir l'intégrité des données et une gestion appropriée des ressources. En ce qui concerne le microscope, il existe des actions dans la formation qui sont mutuellement exclusives et qui doivent être prises en considérations.

3.2.2.3 L'exécution parallèle

Deux actions s'exécutent en parallèle si elles ne sont pas mutuellement exclusives et si elles peuvent s'exécuter de façon simultanée. L'exécution parallèle dans la formation des utilisateurs fait référence à l'approche consistant à mener simultanément plusieurs activités ou sessions de formation pour optimiser le processus d'apprentissage et améliorer l'efficacité. Cette méthode est utilisée pour rationaliser les efforts de formation, répondre aux besoins variés des apprenants et accélérer l'acquisition de nouvelles

¹⁶ Source : Clarke et al., 2001, pg 5

compétences ou connaissances. Un aperçu de l'exécution parallèle dans la formation des utilisateurs, ainsi que ses avantages et considérations sont présentés ci-dessous :

- Diversité des formats de formation : L'exécution parallèle permet aux organisations d'offrir une formation dans divers formats simultanément, telle que des sessions dirigées par un formateur, des modules d'apprentissage en ligne, des ateliers et des tutoriels en autonomie. Cela répond aux préférences et aux emplois du temps différents des apprenants (Gagne et al., 2005).
- Parcours d'apprentissage accélérés : En offrant des parcours de formation parallèles, les apprenants peuvent choisir entre des cours intensifs pour une acquisition rapide des compétences ou des programmes plus longs pour une compréhension approfondie. Cette flexibilité convient tant aux apprenants pressés qu'à ceux souhaitant approfondir leurs connaissances (Clark et al., 2003).
- Personnalisation et adaptation : L'exécution parallèle permet d'adapter les expériences de formation à différents groupes d'apprenants. Par exemple, les novices et les utilisateurs expérimentés peuvent assister à des sessions distinctes, garantissant que le contenu correspond à leur niveau de compétence (Horton, 2011).
- Optimisation des ressources : Les organisations peuvent allouer efficacement les ressources de formation en menant plusieurs sessions en parallèle. Cela réduit les coûts liés à la planification, à la réservation des lieux et à la disponibilité des formateurs (Rosenberg, 2006).
- Consistance dans la diffusion du contenu : L'exécution parallèle maintient une cohérence du contenu dans différents formats de formation. Les concepts clés, les matériaux et les évaluations peuvent être normalisés, garantissant une expérience d'apprentissage cohésive (Piskurich, 2015).
- Collaboration et interaction en temps réel : Dans les environnements de formation virtuelle, l'exécution parallèle facilite l'apprentissage collaboratif en permettant à des participants de différentes régions de rejoindre les mêmes sessions. Cela encourage l'interaction en temps réel et le partage des connaissances.
- Suivi de la progression et évaluation : L'exécution parallèle permet un suivi efficace de la progression des apprenants dans différents parcours de formation. Les résultats des évaluations peuvent être normalisés et comparés pour mesurer l'efficacité des différents formats.
- Considérations logistiques : Bien que l'exécution parallèle offre des avantages, elle nécessite une planification logistique minutieuse pour gérer efficacement les emplois du temps, les ressources

et les groupes d'apprenants. Une communication claire et une coordination sont essentielles pour éviter toute confusion.

En mettant en œuvre l'exécution parallèle dans la formation des utilisateurs, les organisations peuvent répondre à un public diversifié, optimiser l'utilisation des ressources et créer un environnement d'apprentissage plus souple et plus efficace.

3.3 ANALYSE DES BESOINS

Dans cette section, il est question de présenter l'analyse du problème de formation notamment en présentant les spécifications fonctionnelles et non fonctionnelles, ainsi que la liste des cas d'utilisation.

3.3.1 SPÉCIFICATIONS DU SYSTÈME

3.3.1.1 Spécifications fonctionnelles

Les spécifications fonctionnelles du système varient en fonction de qui est entrain de l'utiliser. Dans ce cas, les spécifications sont :

- Ouverture de session ou création de comptes.
- Sélection des menus.
- Modification de la base de connaissances.
- Répertoire des métriques de performances.

3.3.1.2 Spécifications non fonctionnelles

Les spécifications non fonctionnelles de la plateforme sont :

- L'accès doit se faire par authentification.
- Les paquets qui transitent à travers le réseau doivent être sécurisés.
- Machine utilisateur et superviseur doivent être dans le même réseau (ils doivent communiquer entre eux).
- Seul le superviseur a accès à la base de connaissances
- Un serveur DNS
- Un serveur TURN et COTURN (Streaming Google glass)

3.3.2 LES BESOINS DU SYSTÈME

Pour avancer dans ce travail, nous avons certains besoins matériels et logiciels qui doivent être satisfaits de prime à bord.

3.3.2.1 Besoins matériels

Caméra BLK 247 : Ceci est une caméra Lidar de Leica Geosystems et est utilisé pour la supervision de la pièce de formation. Elle permet d'avoir une vue en 3D de la pièce et ainsi nous sommes capables de retranscrire cela à travers le réseau pour une meilleure vue.

Google Glass : Pour une vue encore plus détaillée de l'utilisation du microscope, ce Google Glass nous sera utile du côté de l'utilisateur. Ceci est une forme de supervision visuelle additionnelle.

Microscope : Ceci est l'outil utilisé pour lequel les utilisateurs ont besoin de formation. Cet outil est fourni par l'université de McGill. Le microscope en lui-même comporte déjà une pléthore d'outils.

3.3.2.2 Besoins Logiciels

Lors de l'exécution de ce travail, le choix d'utiliser le langage de programmation Python a été adopté pour deux raisons majeures :

- Par affinité d'utilisation.
- Par souci d'évolution vers l'intelligence artificielle.

Dans le but de satisfaire le côté UI/UX, la librairie python PyQt5 sera donc principalement utilisée au cours de ce projet avec plusieurs autres petites librairies.

3.3.2.3 Librairies

Nous avons utilisé quasiment toutes les mêmes bibliothèques que celles utilisées dans les problèmes normaux de ML/DL, à savoir Pandas, Numpy, Matplotlib, Sklearn, etc. Mais ici, nous soulignerons trois bibliothèques en particulier.

- i. OpenCV : Il peut être utilisé pour un large éventail de tâches notamment la détection de visages, la reconnaissance de formes, la reconnaissance de mouvement, la segmentation d'images, le traitement d'images et le traitement vidéo.
- ii. Keras : Il s'agit de l'une des bibliothèques utilisées pour coder des modèles d'apprentissage profond. Dans son backend, elle utilise Tensorflow.
- iii. PyQt : Ceci est basé sur le Framework Qt, qui est également utilisé en C++ pour créer des applications multiplateformes. PyQt est considéré comme étant l'un des meilleurs choix pour créer des applications desktop, car il offre une grande flexibilité et une grande richesse de fonctionnalités.

3.4 ÉLABORATION DE LA FORMATION

Mettre en place un système de formation requiert une mise en place de tâche à effectuer de façon séquentielle ou en parallèle. Il est aussi question de mettre en place des paramètres pour pouvoir jauger les performances de chaque utilisateur. Ici, nous verrons également le concept UDP serveur client pour la communication entre utilisateur et superviseur.

3.4.1 LES TÂCHES

Le design des tâches dans le cadre de cette formation est hiérarchisé. Il existe des sections, des sous-sections, et enfin des tâches. Cette hiérarchisation est démontrée sous le tableau ci-dessous.

Super module	Module	Tâche	Instructions	Action utilisateur	Action complémentaire
LP-Hardware Control-Sample Focus	Mounting fixed sample slide	Mounting fixed sample slide – S1	Locate slide on wooden box	Description features	Move slide
LP-Hardware Control-Sample Focus	Mounting fixed sample slide	Mounting fixed sample slide – S2	Verify stage is clean	Potential cleaning step	Look at lens cleaning bracket

ZEN Multichannel Acquisition	Multichannel- general explanation	Multichannel- general explanation- S9	Step to be done as fast as possible	Warning on going fast	N/A
ZEN Multichannel Acquisition	Multichannel- general explanation	Multichannel- general explanation- S10	Use the live button	Click live and screen sample	Goal is to brighten up cellular structure

Tableau 2 : Hiérarchisation des tâches

3.4.2 LES INTERFACES

Il est question ici d'élaborer les interfaces bien distinguées. Une servira pour la formation et sera utilisée par la personne nécessitant la formation, tandis que l'autre sera utilisée par le manageur en guise de supervision. Il existe aussi l'interface du microscope.

3.4.2.1 Interface de l'utilisateur

C'est ici que l'utilisateur pourra s'exercer dans l'apprentissage du fonctionnement du système. Il est composé de menus et sous-menus donnant accès aux connaissances de la formation. L'interface ci-dessous démontre le menu principal lorsque la formation est lancée, tandis que la figure 12 illustre les différents menus disponibles lorsque l'utilisateur débute la formation.

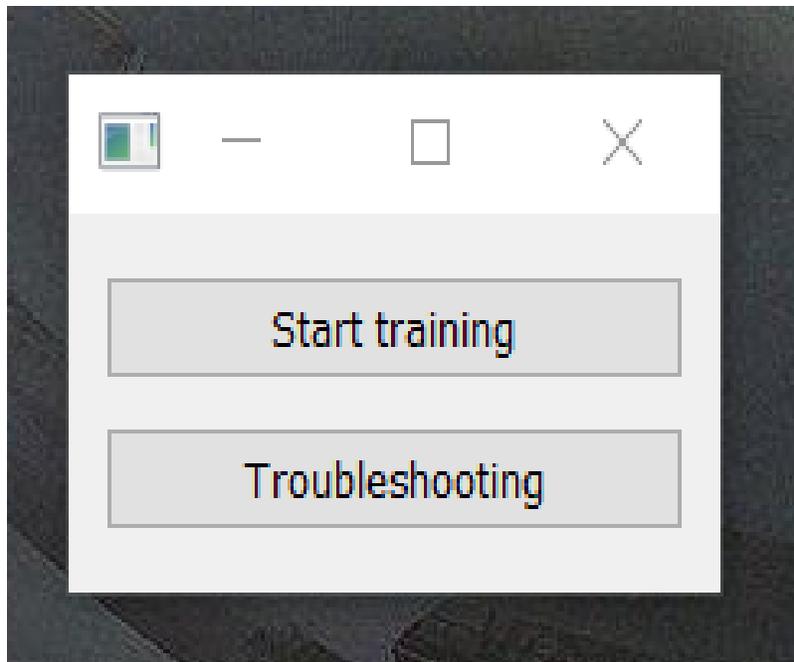


Figure 17 : Menu principal

3.4.2.2 Interface de supervision

Ceci reflète l'état d'avancement de l'utilisateur de la formation. Il affiche exactement les modules et les étapes où se trouvent les utilisateurs. Nous avons également à notre disposition des dispositifs visuels pour observer la formation.

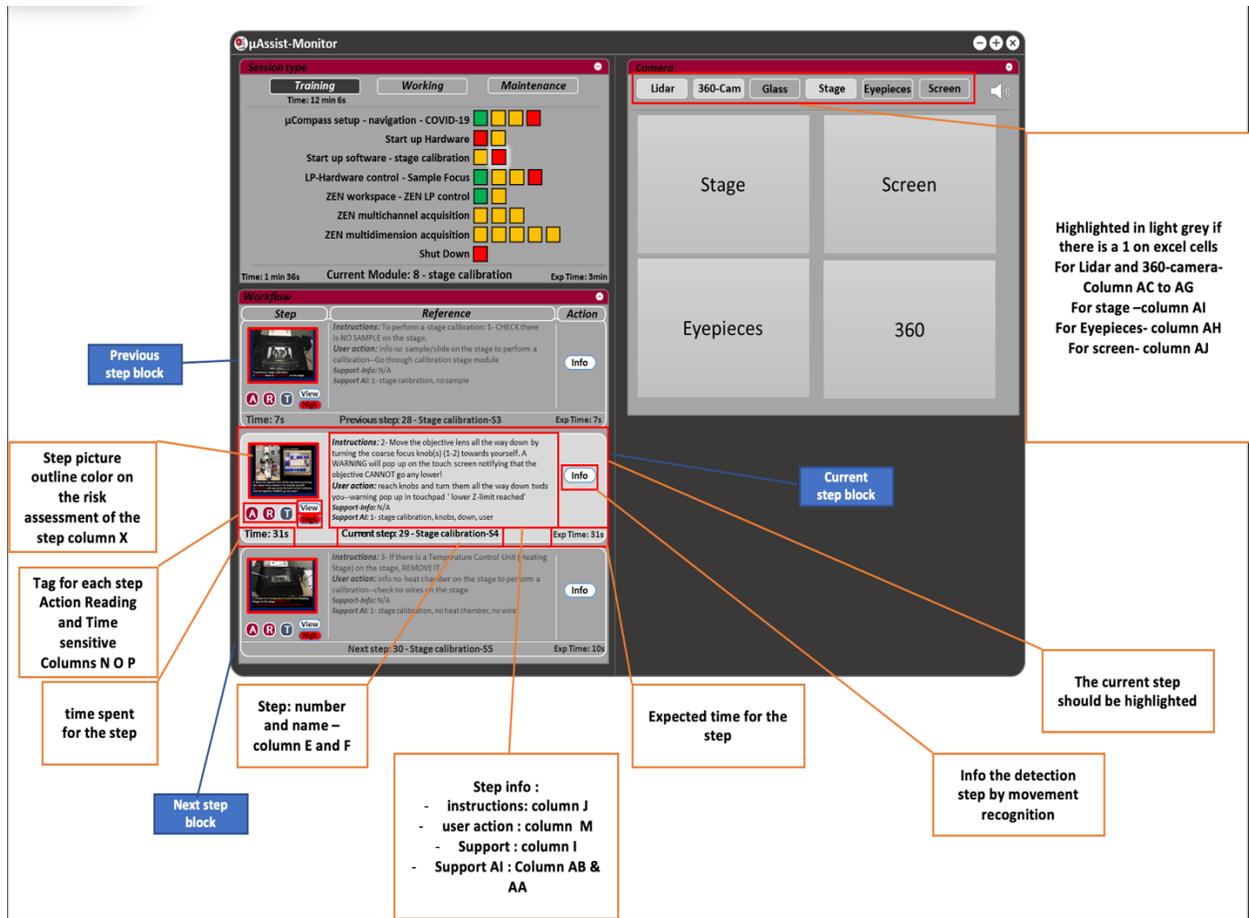


Figure 18 : Interface Superviseur

Cette interface dispose un panneau de supervision en direct lié à une caméra 360 BLK intégrée au plafond de la salle de formation.

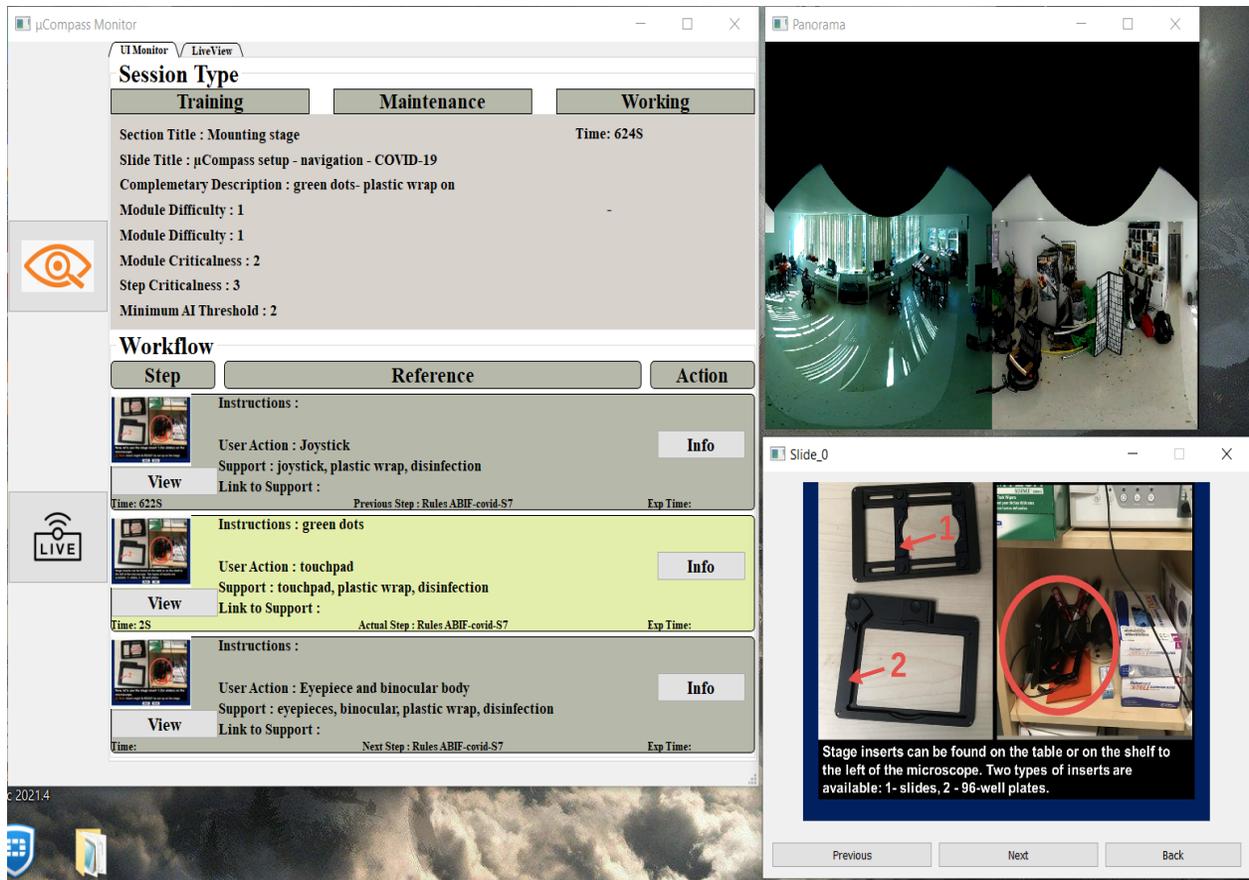


Figure 19 : Interface Superviseur — vue en direct

3.4.2.3 Interface du microscope

Il s'agit ici de l'interface sur le microscope sur lequel l'utilisateur pourra effectuer sa formation. À noter ici que c'est sur cette interface que les instructions sur l'interface utilisateur sont exécutées. C'est une interface tactile.

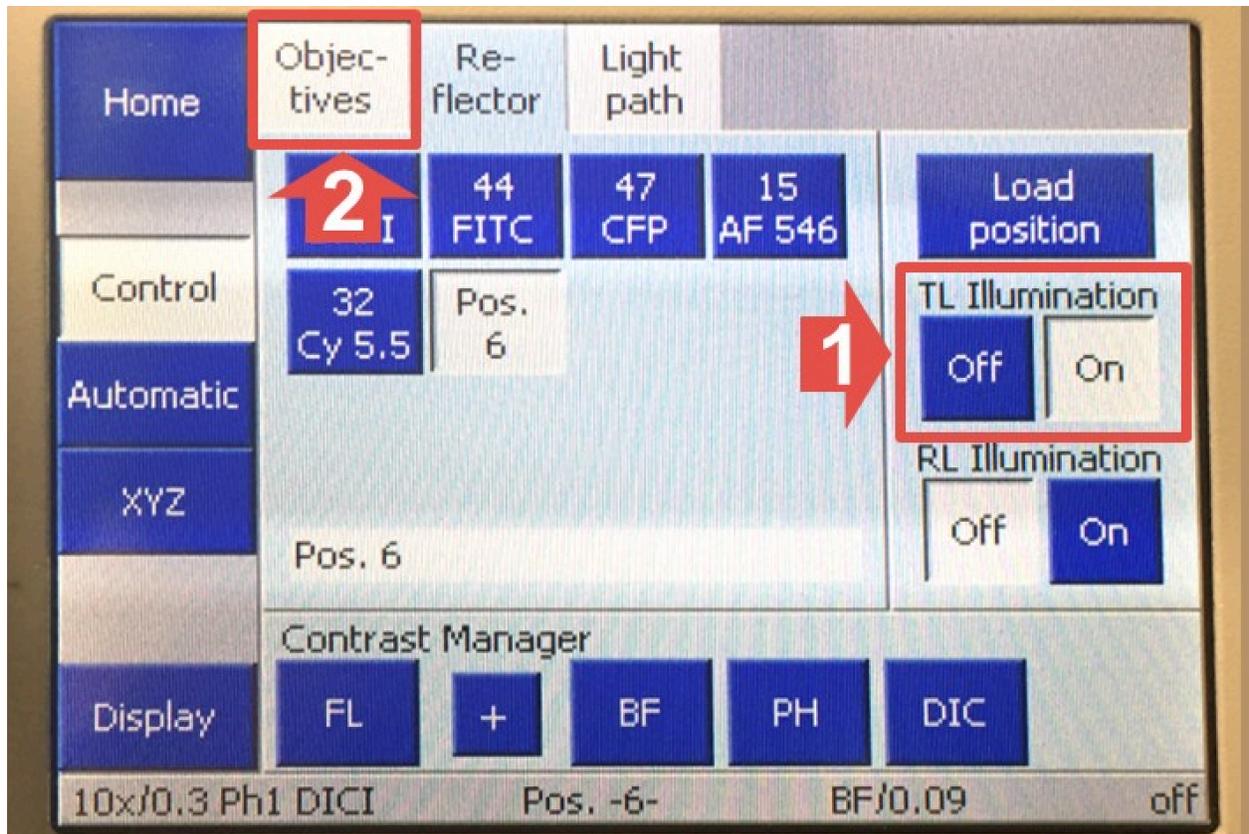


Figure 20 : Interface du microscope

3.4.3 LES MÉTRIQUES DE PERFORMANCES

3.4.3.1 Les Métriques préétablies

Bien avant toute forme de formation, un expert du microscope passe dessus et est capable d'établir à travers l'expérience les difficultés de chaque module, section et tâche. Une évaluation du risque en matière de dommage au microscope est mise en place vu sa caractéristique onéreuse.

Ces métriques nous montrent aussi qu'il existe des tâches ayant une corrélation très forte avec le temps lorsqu'il s'agit de performances. Les difficultés sont quantifiées, mais en réalité représente tel que : 1 — facile, 2 — moyen et 3 — difficile. Il existe aussi des valeurs quantifiées sur d'autres critères. Ceci est converti et déposé dans un fichier JSON qui sera lu par le programme.

Step tag			difficulty		criticalness		risk assesment		risk assesment step norm		risk assesment module norm	
reading	action	time sensitive	step	module	step	module	step	module	step	step	module	module
1			1	1	1	2	3	4	0	low	0	low
1			1	1	1	2	3	4	0	low	0	low
1			1	1	2	2	5	4	40	med	0	low
1			1	1	2	2	5	4	40	med	0	low
1	1		2	2	3	2	8	6	100	high	100	high
1	1		1	2	1	2	3	6	0	low	100	high
1			1	2	1	2	3	6	0	low	100	high
1			1	2	1	2	3	6	0	low	100	high
1			1	2	2	2	5	6	40	med	100	high
1	1	1	2	2	3	2	8	6	100	high	100	high
1	1	1	2	2	3	2	8	6	100	high	100	high
1	1		2	2	3	2	8	6	100	high	100	high
1	1		1	2	1	2	3	6	0	low	100	high
1	1		2	2	2	2	6	6	60	med	75	high
1			1	1	1	2	3	4	0	low	0	low
1			1	1	3	2	7	4	80	high	0	low
1	1		1	1	1	2	3	4	0	low	17	low
1			1	1	1	2	3	5	0	low	50	med
1	1		1	1	1	2	3	5	0	low	50	med
1	1		1	1	2	2	5	5	40	med	50	med
1	1	1	2	1	2	2	6	5	60	med	50	med

Figure 7 : Métriques préétablies

3.4.3.2 Les métriques à obtenir

Dans le cadre de formation, il existe des métriques à obtenir. Ces différentes métriques permettent d'établir des indices de performance utilisateurs. Ces métriques sont :

- i. **Le temps de formation** : Il est question ici de récupérer non seulement le temps total de la formation, mais aussi les différents temps passés au travers des différents modules existants. Pour chaque module, il existe un temps réel à gauche et un temps optimal à droite. Dans l'idéal :

$$\text{Temps réel} \leq \text{Temps optimal}$$

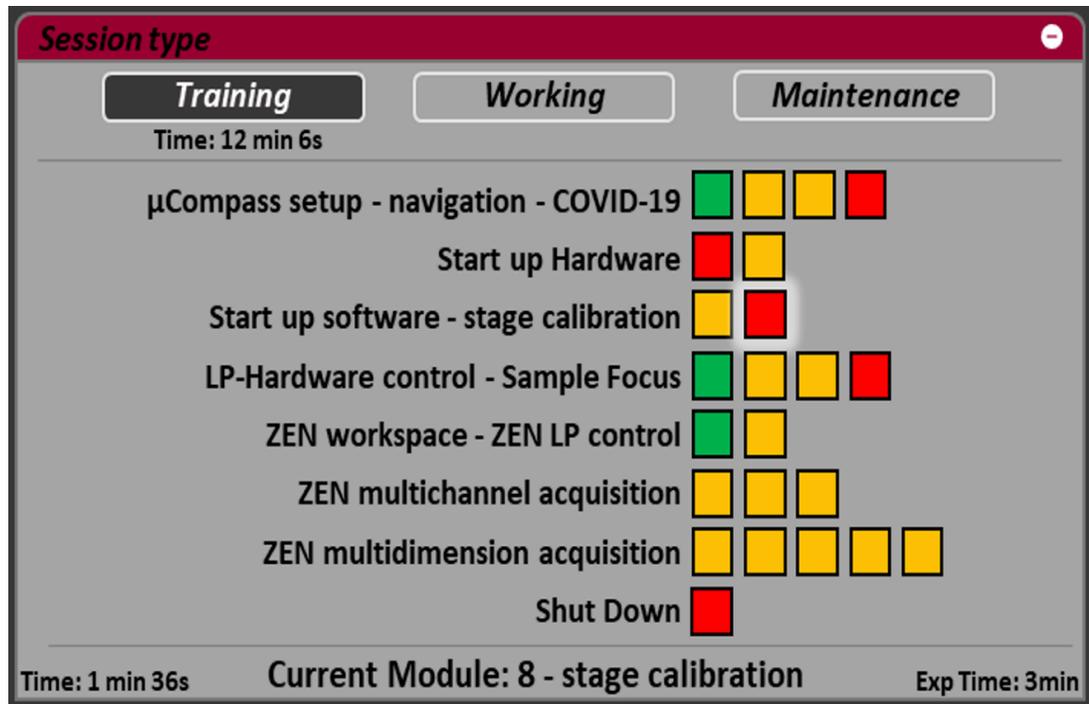


Figure 21 : Contrôle du temps de la formation

- ii. **Feedback des utilisateurs** : Mesure l'évaluation des utilisateurs sur la qualité de la formation, y compris la clarté de l'enseignement, les supports, l'interactivité de l'interface, etc. Ceci n'a pas pu être réalisé du au temps imparti et au peu d'utilisateurs disponible pour les phases tests.

3.5 LIAISON CLIENT-SERVEUR

La liaison client-serveur TCP/IP est un modèle de communication réseau qui permet à des ordinateurs de communiquer entre eux via le protocole TCP. Dans ce modèle, l'ordinateur qui initie la communication est appelé le client, tandis que l'ordinateur qui reçoit la communication est appelé le serveur. La communication entre le client et le serveur se fait en utilisant des sockets TCP, qui sont des points d'entrée pour les données à transmettre. Le client envoie une demande au serveur en utilisant un socket, et le serveur répond en utilisant un autre socket. L'architecture client-serveur utilisant le protocole TCP/IP est un modèle fondamental de communication dans les réseaux informatiques. Elle implique une division des

rôles entre les clients (demandeurs de ressources ou de services) et les serveurs (fournisseurs de ressources ou de services) via le protocole TCP/IP. Le modèle client-serveur sépare les applications en deux catégories : les clients, qui initient les demandes, et les serveurs, qui satisfont ces demandes. Ce modèle permet un traitement distribué et un partage efficace des ressources (Tanenbaum et al., 2021).

L'architecture client-serveur utilisant le protocole TCP/IP est un modèle fondamental de communication dans les réseaux informatiques. Elle implique une division des rôles entre les clients (demandeurs de ressources ou de services) et les serveurs (fournisseurs de ressources ou de services) via le protocole TCP/IP. Voici un aperçu de l'architecture client-serveur TCP/IP, de ses composants, avantages et de la littérature pertinente étayée par des citations :

La liaison entre l'interface superviseur et l'interface de formation est faite à travers un lien TCP/IP client-serveur. Cette connexion permet l'envoi des données du client (interface de formation) au serveur (interface superviseur). Cet envoi de données permet d'avoir des informations sur les différentes étapes de la formation effectuée par l'employé. Des informations telles que le temps, niveau actuel, exactitude des étapes, ainsi de suite sont envoyées sur l'interface du superviseur.

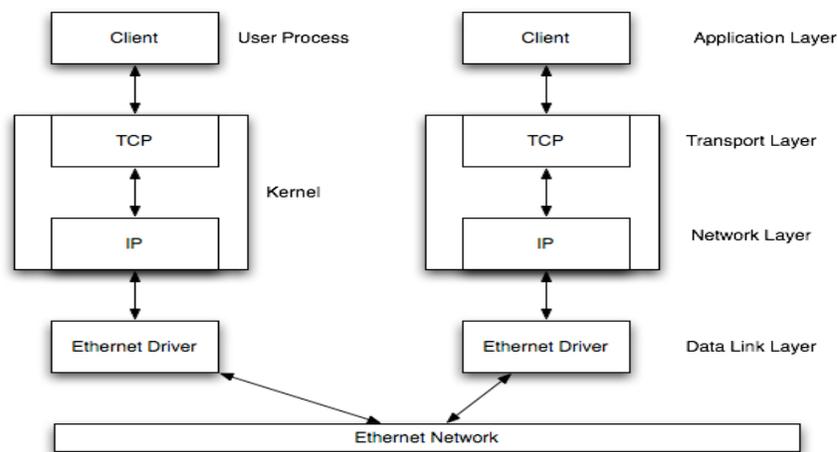


Figure 8 : Architecture client-serveur TCP/IP¹⁷

¹⁷ Source: <https://www.cs.dartmouth.edu/~campbell/cs60/socketprogramming.html>

La liaison entre l'utilisateur et le superviseur étant basé sur l'architecture ci-dessus fonctionne sur une séquence d'appel client-serveur décrite en dessous.

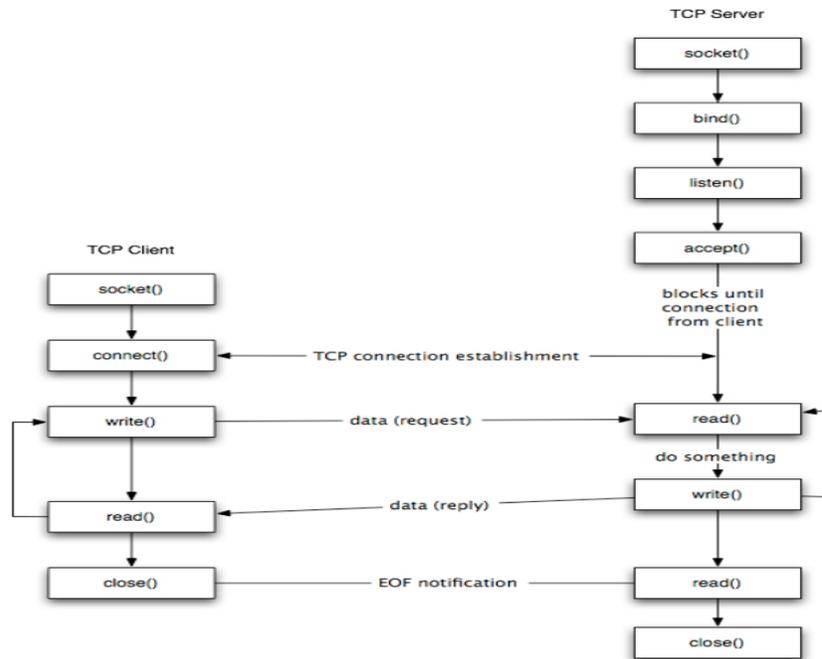


Figure 9 : Communication client/serveur¹⁸

Macfarlane et al., 2022 élabore parfaitement la notion de client/serveur. Il est ici question de donner un contrôle total au client (émetteur) et appliquer la notion de confidentialité en ce qui concerne le serveur (récepteur).

3.6 RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

Dans l'étude menée sur la formation des utilisateurs, l'accent principal a été mis sur l'analyse du temps passé par les participants dans chaque module de formation tout en effectuant différentes tâches. Ces données éclairent l'efficacité et l'efficacité du programme de formation en matière de temps de réalisation des tâches. Pour cette phase, nous avons choisi dix modules et chacun de ces modules comporte des tâches devant être effectuées. Pour chacun de ces modules, nous présenterons le parcours de trois utilisateurs, ainsi que le temps.

¹⁸ <https://www.cs.dartmouth.edu/~campbell/cs60/socketprogramming.html>

User ID	User 1	User 2	User 3
Module 1 (Minutes)	25	20	30
Module 2 (Minutes)	18	22	25
Module 3 (Minutes)	30	28	20
Module 4 (Minutes)	22	25	18
Module 5 (Minutes)	28	22	25
Module 6 (Minutes)	15	30	28
Module 7 (Minutes)	20	18	22
Module 8 (Minutes)	35	25	28
Module 9 (Minutes)	28	20	22
Module 10 (Minutes)	30	24	20

Tableau 3 : Résultats

C'est à noter ici qu'il existe plus de vingt modules, mais au moment de faire des tests, tous ne pouvaient pas être pris en compte. Nous avons choisi les dix modules les plus longs et comportant le plus de tâches. Certains de ces modules comportent plus de 35 tâches à exécuter. La figure 22 nous donne une représentation graphique.

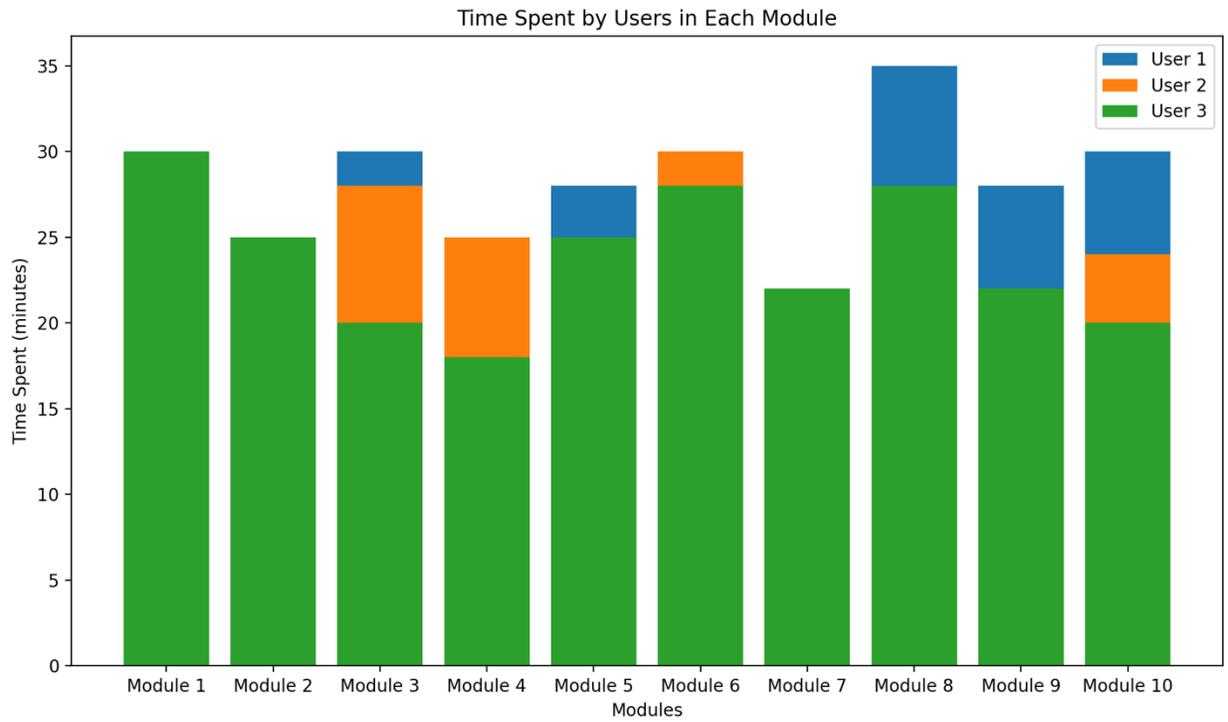


Figure 22 : Résultats sous forme graphique

Dans l'étude menée sur la formation des utilisateurs pour l'utilisation du microscope, l'analyse s'est concentrée sur le temps passé par trois utilisateurs, à savoir Utilisateur 1, Utilisateur 2 et Utilisateur 3, dans chacun des dix modules de formation. Les résultats ont révélé des perspectives intéressantes sur l'engagement et le rythme du programme de formation pour chaque utilisateur.

- Répartition du temps par module : Les données ont montré des allocations de temps variables pour chaque utilisateur à travers les dix modules de formation. Différents utilisateurs ont présenté des schémas uniques d'allocation de temps, indiquant leurs préférences, leur engagement et leur familiarité avec le contenu.
- Variation de l'engagement des utilisateurs : Les utilisateurs ont manifesté des niveaux d'engagement différents à travers les modules. Par exemple, l'utilisateur 1 a alloué un temps significatif aux modules 3 et 8, suggérant un accent sur les exercices pratiques et un contenu spécifique. En revanche, l'utilisateur 2 a investi davantage de temps dans le module 6, ce qui pourrait indiquer un degré plus élevé d'engagement avec le contenu de ce module.

- Engagement équilibré : L'Utilisateur 3 semblait répartir son temps de manière relativement uniforme à travers les modules, indiquant un engagement équilibré avec l'ensemble du programme de formation. Cet utilisateur aurait pu être attentif à tous les modules, assurant une couverture complète.
- Identification des Modules Critiques : En analysant la répartition du temps passé, les modules critiques du programme de formation peuvent être identifiés. Les modules dans lesquels les utilisateurs ont passé relativement plus de temps pourraient indiquer des sujets difficiles ou des domaines où les participants ont ressenti le besoin d'investir des efforts supplémentaires.
- Potentiel de personnalisation : Les résultats suggèrent la possibilité de personnaliser le programme de formation en fonction des préférences des utilisateurs et des schémas d'engagement. Les modules nécessitant plus de temps ou traitant de sujets d'intérêt particulier peuvent être adaptés pour améliorer les résultats d'apprentissage globaux.

CONCLUSION

Tout au long de l'histoire, le paysage de la formation des utilisateurs a connu une transformation significative, stimulée par les avancées technologiques, les évolutions des théories pédagogiques et la nature dynamique des lieux de travail modernes. Les méthodes traditionnelles de formation « taille unique » ont cédé la place à des approches plus personnalisées et centrées sur l'apprenant, qui reconnaissent les styles d'apprentissages et les préférences diverses des individus (Rosenberg, 2006). L'avènement de l'apprentissage en ligne, des technologies mobiles et de la réalité virtuelle a révolutionné la manière dont la formation est dispensée, permettant aux apprenants d'accéder à l'information et de participer à des expériences d'apprentissage interactives en tout lieu et à tout moment (Smith & Ragan, 2005).

Assurer l'efficacité des programmes de formation demeure essentielle dans ce paysage en évolution. Des méthodes d'évaluation rigoureuses sont indispensables pour mesurer l'impact des interventions de formation sur les résultats d'apprentissage et les performances professionnelles. Les quatre niveaux d'évaluation de Kirkpatrick, englobant les réactions, l'apprentissage, les comportements et les résultats, offrent un cadre complet pour évaluer l'efficacité de la formation (Kirkpatrick et al., 2006). Plus récemment, la méthodologie du ROI de Phillips va au-delà des évaluations traditionnelles en quantifiant le retour sur investissement et l'impact organisationnel des initiatives de formation (Phillips & Phillips, 2016).

Bien que la recherche actuelle explore divers aspects de la formation des utilisateurs, plusieurs axes d'exploration future émergent. Premièrement, l'intersection de la psychologie cognitive et de la technologie offre des opportunités pour développer des systèmes de formation adaptative personnalisés qui ajustent dynamiquement le contenu en fonction de la performance et des préférences des utilisateurs (Compeau et al., 1999). Deuxièmement, l'intégration de l'IA et de l'apprentissage automatique dans les environnements de formation pourrait améliorer la recommandation de contenu, l'évaluation et les parcours d'apprentissage adaptatifs.

De plus, comprendre les effets à long terme de la formation sur la performance au travail et la rétention des compétences nécessite des études longitudinales qui suivent les participants au-delà de la période de formation. L'avancement des technologies de réalité mixte ouvre également la voie à des expériences de

formation immersives, où les employés peuvent pratiquer des tâches complexes dans des environnements simulés (Mayer, 2004).

Alors que le lieu de travail continue d'évoluer et de s'adapter aux défis émergents, la recherche en formation des utilisateurs reste essentielle pour que les organisations puissent exploiter pleinement le potentiel de leur main-d'œuvre. En adoptant la nature dynamique de la technologie et des théories de l'apprentissage, les organisations peuvent encourager une culture d'apprentissage continu, d'innovation et de croissance.

RÉFÉRENCES

- (1) Compeau, D. ; Olfman, L. ; Sei, M.; Webster, J. End-User Training and Learning. *Association for Computing Machinery. Communications of the ACM* **1995**, 38 (7), 24.
- (2) Garrod, P. Staff Training and End-user Training Issues within the Hybrid Library. *Library Management* **2001**, 22 (1/2), 30–36.
- (3) MacFarlane, A. ; Missaoui, S. ; Makri, S.; Lopez, M. G. Sender vs. Recipient-Orientated Information Systems Revisited. *Journal of Documentation* **2022**, 78 (2), 485–509.
- (4) Baashar, Y.; Alkaws, G.; Ahmad, W. N. W.; Alhussian, H.; Effectiveness of Using Augmented Reality for Training in the Medical Professions: Meta-Analysis. *JMIR Serious Games* **2022**, 10 (3), e32715.
- (5) Finogeev, Alexey; Kravets, Alla; Deev, Michael; Bershinsky, Alexandr; Gamidullaeva, Leyla. Life-Cycle Management of Educational Programs and Resources in a Smart Learning Environment. **2018**, 1–14.
- (6) Shani, R.; Tal, S.; Zilcha-Mano, S.; Okon-Singer, H. Can Machine Learning Approaches Lead Toward Personalized Cognitive Training? **2019**.
- (7) Martins, A. C.; Faria, L.; Vaz de Carvalho, C. ; Carrapatoso, E. User Modeling in Adaptive Hypermedia Educational Systems. **2008**, 194–207.
- (8) Clark, R.; Mayer, R.; Thalheimer, W. E-Learning and the Science of Instruction: Proven Guidelines for Consumers and Designers of Multimedia Learning. *Performance Improvement* **2003**, 42.
- (9) Boell, S.; Cecez-Kecmanovic, D. *What Is an Information System?* **2015**.
- (10) Albano, R. ; Curzi, Y.; Fabbri, T. *System, Actor, and Process: Keywords in Organization Studies*; **2020**.

- (11) Kappelman, L. A.; Guynes, C. S. End-User Training & Empowerment. *Journal of Systems Management* **1995**, *46* (5), 36.
- (12) Dwivedi, A.; Clarke, S.; Oinas-Kukkonen, H.; Hohtari, S.; Pekkola, S. Organizing End-User Training; **2012**; pp 335–353.
- (13) Turban, D.; Keon, T. Organizational Attractiveness: An Interactionist Perspective. *Journal of Applied Psychology* **1993**, *78*, 184–193.
- (14) Cotterman, William; Kumar, Kuldeep. User Cube: A Taxonomy of End Users. *Communications of the ACM* **1989**, *32* (11).
- (15) Moore, R.; Jackson, M. J.; Wilkes, R. B. End-User Computing Strategy: An Examination of Its Impact on End-User Satisfaction. *Academy of Strategic Management Journal* **2007**, *6*, 69–89.
- (16) Davis, S. A.; Bostrom, R. P. Training End Users: An Experimental Investigation of the Roles of the Computer Interface and Training Methods. *MIS Quarterly* **1993**, *17* (1), 61.
- (17) Mayer, Richard E. The Psychology of How Novices Learn Computer Programming. *Department of Psychology, University of California*, **1981**.
- (18) Nelson, R. R.; Whitener, E. M.; Philcox, H. H. The Assessment of End-User Training Needs. *Association for Computing Machinery. Communications of the ACM* **1995**, *38* (7), 27.
- (19) Mahapatra, R.; Lai, V. S. Evaluating End-User Training Programs. *Association for Computing Machinery. Communications of the ACM* **2005**, *48* (1), 66–70.
- (20) Cathy B. Swider; Ye, N. Effect of Information at Different Stages of Users' Training. *Perceptual and Motor Skills* **1996**, *83* (3), 747–754.
- (21) Gjestland, C.; Van Slyke, C.; Collins, R.; Cheney, P. *End User Training: A Decade of Research*; **1997**.
- (22) Aggarwal, A. K. End User Training – Revisited. *Journal of End User Computing* **1998**, *10* (3), 32–33.

- (23) Adams, V. M.; Plosker, G. R. Concepts in End-User Training: How to Convert End Users into Effective Searchers. *Searcher* **1997**, 5 (5), 8.
- (24) Silvestri, J. Tailoring End-User Training to Solve End-User Problems. *Computerworld* **1987**, 21 (14), 78.
- (25) Buhari, B. A.; Muhammad, B. S.; Bodinga, B. A.; Sifawa, M. D. Adoption of Cloud Computing by IT Based Small and Medium Scale Enterprises in north-western Nigeria. *International Journal of Advanced Networking and Applications* **2022**, 13 (5), 5119–5127.
- (26) Wang, H.; Wang, S. Improving Student Performance by Introducing a No-Code Approach: A Course Unit of Decision Support Systems. *Journal of Information Systems Education* **2022**, 33 (2), 127–134.
- (27) Desai, M. S.; Richards, T.; Eddy, J. P. End-User Training: A Meta Model. *Journal of Instructional Psychology* **1999**, 26 (2), 74–84.
- (28) Song, J.; Zhu, S. Train Your Frontline Personnel from Newbie to Master IT Users: A Three-Phase Longitudinal Experiment Focusing on Technology Compatibility. *Pacific Asia Journal of the Association for Information Systems* **2021**, 13 (3), 1.
- (29) Compeau, D. The Role of Trainer Behavior in End User Software Training. *Journal of End User Computing* **2002**, 14 (1), 23–32.
- (30) Compeau, D.; Olfman, L.; Sei, M.; Webster, J. End-User Training and Learning. *Association for Computing Machinery. Communications of the ACM* **1995**, 38 (7), 24.
- (31) Carroll, J.; Rosson, M. B. Paradox of the Active User; 1987; pp 80–111.
- (32) Bevan, N.; Nigel; Barnum, C. ; Carol; Cockton, G.; Gilbert; Nielsen; Jakob; Spool, J.; Jared; Wixon, D.; Dennis. The 'Magic Number 5': Is It Enough for Web Testing? **2003**.
- (33) Molenda, M. In Search of the Elusive ADDIE Model. *Performance Improvement* **2003**, 42, 34–36.

- (34) Smith, P. L.; Ragan, T. J. *A framework for instructional strategy design* **2005**.
- (35) Gustafson, K. L.; Branch, R. M. *Survey of Instructional Development Models. Fourth Edition*; ERIC Clearinghouse on Information & Technology, **2002**.
- (36) Rosenberg, M. J. *Beyond e-learning; approaches and technologies to enhance organizational knowledge, learning, and performance*, **2006**.
- (37) Falletta, S. Evaluating Training Programs: The Four Levels: Donald L. Kirkpatrick, Berrett-Koehler Publishers, San Francisco, CA, 1996, 229 Pp. *The American Journal of Evaluation* **1998**, 19, 259–261.
- (38) Branch, R.; Dousay, T. *Survey of Instructional Design Models*; **2015**.
- (39) Reiser, R. A. A History of Instructional Design and Technology: Part II: A History of Instructional Design. *Educational Technology Research and Development* **2001**, 49 (2), 57–67.
- (40) Morrison, G. R.; Ross, S. J.; Morrison, J. R.; Kalman, H. K. *Designing Effective Instruction*, 8th ed.; Wiley, **2019**.
- (41) Kemp, J. E.; Dayton, D. K. *Planning and Producing Instructional Media*, 5th ed.; Harper & Row: New York, 1985.
- (42) Eraut, M. Non-Formal Learning and Tacit Knowledge in Professional Work. *British Journal of Educational Psychology* **2000**, 70 (1), 113–136.
- (43) Billett, S. *Learning in the Workplace: Strategies for Effective Practice*. **2001**.
- (44) Megginson, D.; Clutterbuck, D. Creating a Coaching Culture. *Industrial and Commercial Training* **2006**, 38, 232–237.
- (45) Lave, J.; Wenger, E. *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*. Higher Education from Cambridge University Press, 1991.

- (46) Wenger-Trayner, E.; Wenger-Trayner, B. *Introduction to communities of practice*, **2015**.
- (47) Tannenbaum, S. I.; Cerasoli, C. P. Do Team and Individual Debriefs Enhance Performance? A Meta-Analysis. *Hum Factors* **2013**, *55* (1), 231–245.
- (48) Bruner, J. S. The Act of Discovery. *Harvard Educational Review* **1961**, *31*, 21–32.
- (49) Jonassen, D. H. Toward a Design Theory of Problem Solving. *ETR&D* **2000**, *48* (4), 63–85.
- (50) Knowles, M. S. *Self-Directed Learning: A Guide for Learners and Teachers*; Association Press, **1975**.
- (51) Cooper, W. F. Book Reviews: Harrow, Anita J. A Taxonomy of the Psychomotor Domain: A Guide for Developing Behavioral Objectives. New York: David McKay Co., 1972. 190. *American Educational Research Journal* **1973**, *10* (4), 325–327.
- (52) Deci, E. L.; Vallerand, R. J.; Pelletier, L. G.; Ryan, R. M. Motivation and Education: The Self-Determination Perspective. *Educational Psychologist* **1991**, *26* (3–4), 325–346.
- (53) Kirschner, P. A.; Sweller, J.; Clark, R. E. Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist* **2006**, *41* (2), 75–86.
- (54) Mayer, R. Should There Be a Three-Strikes Rule Against Pure Discovery Learning? *The American psychologist* **2004**, *59*, 14–19.
- (55) Siemens, G. Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age, **2008**.
- (56) Seaman, J. E.; Allen, I. E.; Seaman, J. *Grade Increase: Tracking Distance Education in the United States*; Babson Survey Research Group, **2018**.
- (57) Brusilovsky, P. Adaptive Hypermedia. *User Modeling and User-Adapted Interaction* **2001**, *11* (1), 87–110.

- (58) Siemens, G.; Long, P. Penetrating the Fog: Analytics in Learning and Education. *EDUCAUSE Review* **2011**, *5*, 30–32.
- (59) Anderson, T. *The Theory and Practice of Online Learning*, 2nd ed.; AU Press, **2008**.
- (60) Shea, P.; Bidjerano, T. Learning Presence: Towards a Theory of Self-Efficacy, Self-Regulation, and the Development of a Communities of Inquiry in Online and Blended Learning Environments. *Computers & Education* **2010**, *55*, 1721–1731.
- (61) Barak, M.; Lipson, A.; Lerman, S. Wireless Laptops as Means for Promoting Active Learning in Large Lecture Halls. *Journal of Research on Technology in Education* **2006**, *38*, 245–264.
- (62) Boettcher, J. V.; Conrad, R.-M. *The Online Teaching Survival Guide: Simple and Practical Pedagogical Tips, 3rd Edition* | Wiley, **2021**.
- (63) Swan, K. Virtual Interaction: Design Factors Affecting Student Satisfaction and Perceived Learning in Asynchronous Online Courses. *Distance Education – DISTANCE EDUC* **2001**, *22*, 306–331.
- (64) Kirkpatrick, D. Great Ideas Revisited. Techniques for Evaluating Training Programs. Revisiting Kirkpatrick's Four-Level Model. *Training and Development* **1996**, *50* (1), 54–59.
- (65) Phillips, P. P.; Philips, J. J. *ROI Fundamentals : Why and When to Measure Return on Investment* | Wiley, **2008**.
- (66) Brinkerhoff, R. O. The Success Case Method: A Strategic Evaluation Approach to Increasing the Value and Effect of Training. *Advances in Developing Human Resources* **2005**, *7* (1), 86–101.
- (67) Kaufman, R.; Keller, J. M. Levels of Evaluation: Beyond Kirkpatrick. *Human Resource Development Quarterly* **1994**, *5* (4), 371–380.
- (68) Scriven, M. *Evaluation Thesaurus*. SAGE Publications Inc, **1991**.

- (69) Nonaka, I.; Takeuchi, H. *The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*; Oxford University Press: Oxford, New York, **1995**.
- (70) Leidner, D.; Alavi, M. Review: Knowledge Management and Knowledge Management Systems: Conceptual Foundations and Research Issues. *MIS quarterly* **2001**, *1*, 107.
- (71) Davenport, T. H.; Long, D. W.; Beers, M. Successful Knowledge Management Projects. *Sloan Management Review* **1998**, *2*, 43.
- (72) Wenger, E.; McDermott, R.; Snyder, W. M. *Cultivating Communities of Practice: A Guide to Managing Knowledge – Seven Principles for Cultivating Communities of Practice*. HBS Working Knowledge, **2002**.
- (73) Argote, L. Organizational Learning Research: Past, Present and Future. *Management Learning* **2011**, *42*, 439–446.
- (74) Holsapple, C. W.; Joshi, K. D. An Investigation of Factors That Influence the Management of Knowledge in Organizations. *The Journal of Strategic Information Systems* **2000**, *9* (2), 235–261.
- (75) Prince, M. Does Active Learning Work? A Review of the Research. *Journal of Engineering Education* **2004**, *93*, 223–231.
- (76) Horton, W. *e-Learning by Design, 2nd Edition* | Wiley, **2011**.
- (77) Anderson, J. R. *Rules of the Mind; Rules of the mind*; Lawrence Erlbaum Associates, Inc: Hillsdale, NJ, US, 1993; pp ix, 320.
- (78) Payne, J. W.; Bettman, J. R.; Johnson, E. J. *The Adaptive Decision Maker; The adaptive decision maker*; Cambridge University Press: New York, NY, US, 1993; pp xiii, 330.
- (79) Eysenck, H. J. *Contingencies of Reinforcement: A Theoretical Analysis*; Skinner, B. F., New York: Appleton-Century-Crofts, 1969.

- (80) Tanenbaum, A. S.; Bos, H. *Modern Operating Systems*, **2014**.
- (81) Lynch, N. A. *Distributed Algorithms*; Morgan Kaufmann Publishers Inc.: San Francisco, CA, USA, 1996.
- (82) Peterson, G. L. Myths about the Mutual Exclusion Problem. *Information Processing Letters* **1981**, *12* (3), 115–116.
- (83) Clarke, E.; Grumberg, O.; Peled, D. *Model Checking*; 2001.
- (84) Ricart, G.; Agrawala, A. K. An Optimal Algorithm for Mutual Exclusion in Computer Networks. *Communications of the ACM* **1981**, *24* (1), 9.
- (85) Gagne, R. M. ; Wager, W. W.; Golas, K. C.; Keller, J. M.; Russell, J. D. Principles of Instructional Design, 5th Edition. *Performance Improvement* **2005**, *44* (2), 44–46.
- (86) Piskurich, G. M. *Rapid Instructional Design: Learning ID Fast and Right*, 3rd ed.; Wiley, **2015**.
- (87) Tanenbaum, A. S.; Feamster, N.; Wetherall, D. *Computer Networks*, **2021**.

ANNEXE A

```
{
  "action": "intro slide",
  "criticalness": 1,
  "description": null,
  "difficulty": null,
  "link_support": null,
  "slide": 7,
  "step": "Rules ABIF-covid-S1",
  "support": "slide, intro"
},
{
  "action": "read no food or drink in the room rules",
  "criticalness": 2,
  "description": "reminder",
  "difficulty": null,
  "link_support": null,
  "slide": 8,
  "step": "Rules ABIF-covid-S2",
  "support": "Rules, No Food, No drinks"
},
{
  "action": "read data saving rules",
  "criticalness": 2,
  "description": "on server at the platform",
  "difficulty": null,
  "link_support": null,
  "slide": 9,
  "step": "Rules ABIF-covid-S3",
  "support": "rules, Saving, Z drive"
},
}
```

Figure 23: Annexe A — Fichier JSON

ANNEXE B

```
import matplotlib.pyplot as plt

# Sample User Time Data
users = ['Utilisateur 1', 'Utilisateur 2', 'Utilisateur 3', 'Utilisateur 4', 'Utilisateur 5']
module1_times = [12, 8, 15, 10, 20]
module2_times = [15, 10, 18, 12, 25]
module3_times = [20, 25, 15, 22, 10]
module4_times = [18, 22, 20, 19, 14]
module5_times = [10, 12, 15, 8, 18]

# Create a Bar Graph
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.bar(users, module1_times, label='Module 1')
plt.bar(users, module2_times, bottom=module1_times, label='Module 2')
plt.bar(users, module3_times, bottom=[i+j for i,j in zip(module1_times, module2_times)], label='Module 3')
plt.bar(users, module4_times, bottom=[i+j+k for i,j,k in zip(module1_times, module2_times, module3_times)], label='Module 4')
plt.bar(users, module5_times, bottom=[i+j+k+l for i,j,k,l in zip(module1_times, module2_times, module3_times, module4_times)], label='Module 5')

# Add Labels and Title
plt.xlabel('Utilisateur')
plt.ylabel('Temps Passé (minutes)')
plt.title('Temps Passé par Utilisateur dans Chaque Module')
plt.legend()

# Show the Graph
plt.tight_layout()
plt.show()
```

Figure 24 : Code pour tracer le graphe des résultats

ANNEXE C

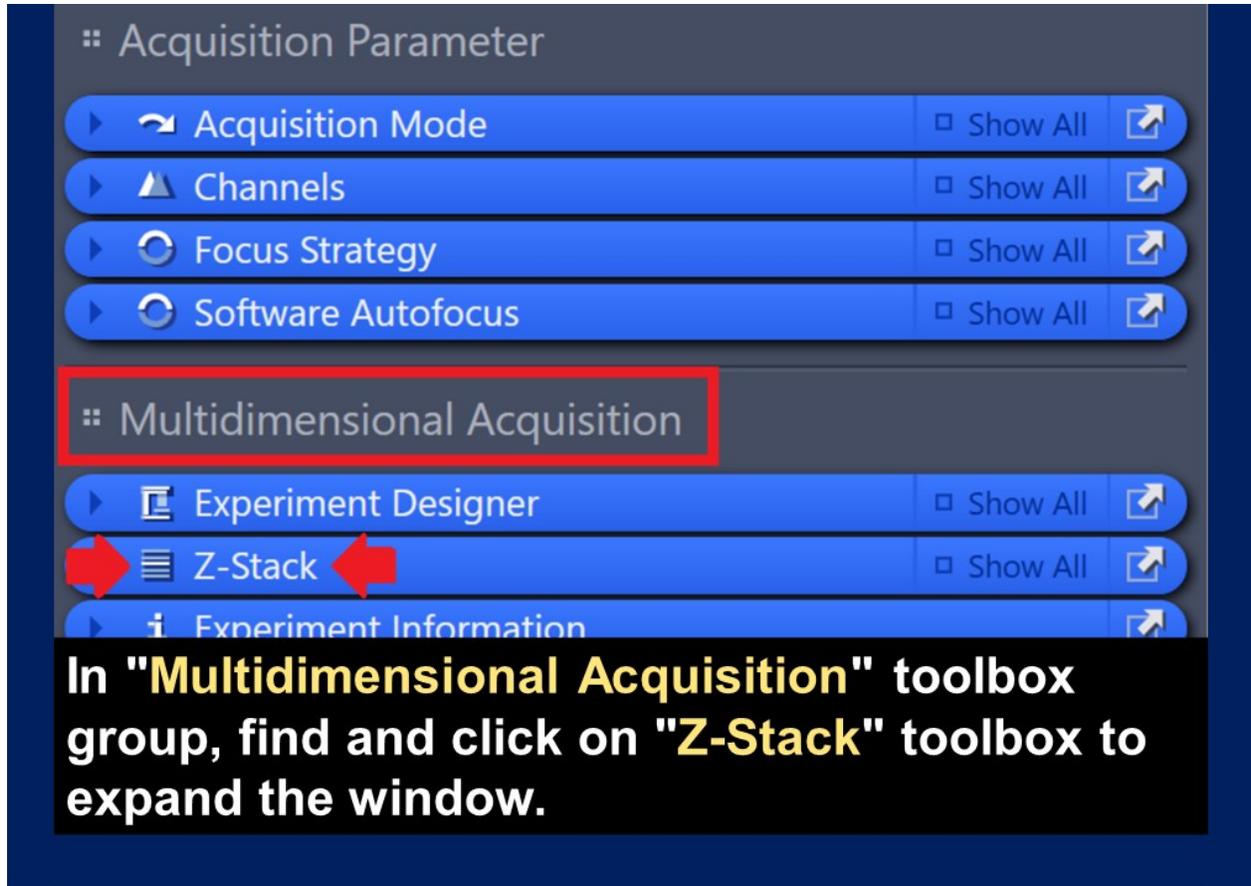


Figure 25 : Microscope — Acquisition multidimensionnelle

ANNEXE D

```
import pickle
import logging
import logging.handlers
import socketserver
import struct

class LogRecordStreamHandler(socketserver.StreamRequestHandler):
    def handle(self):

        while True:
            chunk = self.connection.recv(4)
            if len(chunk) < 4:
                break
            slen = struct.unpack('>L', chunk)[0]
            chunk = self.connection.recv(slen)
            while len(chunk) < slen:
                chunk = chunk + self.connection.recv(slen - len(chunk))
            obj = self.unPickle(chunk)
            record = logging.makeLogRecord(obj)
            self.handleLogRecord(record)

    def unPickle(self, data):
        return pickle.loads(data)

    def handleLogRecord(self, record):

        if self.server.logname is not None:
            name = self.server.logname
        else:
            name = record.name
        logger = logging.getLogger(name)

        logger.handle(record)
```

Figure 26 : TCP/IP — Émetteur

ANNEXE E

```
class LogRecordSocketReceiver(socketserver.ThreadingTCPServer):
    """
    Simple TCP socket-based logging receiver suitable for testing.
    """

    allow_reuse_address = True

    def __init__(self, host='localhost',
                 port=logging.handlers.DEFAULT_TCP_LOGGING_PORT,
                 handler=LogRecordStreamHandler):
        super(LogRecordSocketReceiver, self).__init__((host,port), handler)
        # socketserver.ThreadingTCPServer.__init__(self, (host, port), handler)
        self.abort = 0
        self.timeout = 1
        self.logname = None

    def serve_until_stopped(self):
        import select
        abort = 0
        while not abort:
            rd, wr, ex = select.select(
                [self.socket.fileno()],
                [],
                [],
                self.timeout
            )
            if rd:
                self.handle_request()
            abort = self.abort
```

Figure 27 : TCP/IP — Receveur