



HAL
open science

Adaptation accessible par l'IA : compréhension de l'acteur-réseau et exploration de la volonté de délégation

Maximiliano Jeanneret Medina, Cédric Baudet

► To cite this version:

Maximiliano Jeanneret Medina, Cédric Baudet. Adaptation accessible par l'IA : compréhension de l'acteur-réseau et exploration de la volonté de délégation. AIM 2024, Association Information et Management, May 2024, Montpellier, France. hal-04594769

HAL Id: hal-04594769

<https://hal.science/hal-04594769>

Submitted on 30 May 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



29^e Conférence de l'Association Information et Management
27-29 mai 2024 à Montpellier - La Grande-Motte

**Adaptation accessible par l'IA : compréhension de
l'acteur-réseau et exploration de la volonté de délégation**

Maximiliano JEANNERET MEDINA, HEG Arc, HES-SO // University of Applied Sciences
Western Switzerland, Neuchâtel, Switzerland

Cédric BAUDET, HEG Arc, HES-SO // University of Applied Sciences Western Switzerland,
Neuchâtel, Switzerland

Résumé

L'accès aux apprentissages et à la formation des personnes malvoyantes et aveugles passe par un matériel pédagogique numérique accessible. Toutefois, le critère d'accessibilité peine à être intégré dans les pratiques des éditeurs et des enseignants. De plus, ce travail reste chronophage pour les spécialistes en adaptation. Dans le cadre du développement d'un artefact qui s'appuie sur de l'intelligence artificielle, nous questionnons comment la délégation de l'adaptation du matériel pédagogique vers et depuis un artefact SI agentique peut-elle se produire ? En nous appuyant sur la sociologie de l'acteur-réseau nous restituons un riche écosystème d'acteurs et le rôle de régulateur de l'apprenant malvoyant ou aveugle. Enfin, nous analysons les interactions entre l'apprenant, le spécialiste en adaptation et l'artefact SI agentique sous le prisme de la volonté de délégation.

Mots clés

Accessibilité ; intelligence artificielle ; acteur-réseau ; délégation ; agence

AI-Accessible Adaptation: understanding the actor-network and exploring the willingness to delegate

Abstract

Providing accessible digital educational materials is one of the cornerstones of a system that promotes access to learning and training for blind and low vision people (BLV). However, the accessibility criterion has yet to be integrated into the practices of publishers and teachers. Moreover, this work remains time-consuming for adaptation specialists. In the context of the development of an artifact that relies on artificial intelligence, we question how the delegation of the adaptation of educational material to and from an agentic IS artifact can occur? Drawing firstly on the actor-network theory, we outline a rich ecosystem of actors and the regulating role of the BLV learner. Secondly, we investigate the interactions between the BLV learner, the adaptation specialist and the agentic IS artifact under the prism of the conceptual model of the willingness to delegate.

Keywords

accessibility; artificial intelligence; actor-network; delegation; agency

Adaptation accessible par l'IA : compréhension de l'acteur-réseau et exploration de la volonté de délégation

1. Introduction

Lenny (nom d'emprunt) est un élève de 11 ans atteint d'une malvoyance sévère et scolarisé dans une école primaire ordinaire (inclusive). Son enseignante lui demande, ainsi qu'à ses camarades de classe, de lire un chapitre d'un manuel scolaire. Ce chapitre, disponible au format PDF, n'est pas accessible en raison d'un contenu disposé en deux colonnes, avec des images décoratives et mises en forme avec de nombreux styles. Pris au dépourvu, Lenny ne peut pas bénéficier des services d'une institution spécialisée dans l'adaptation accessible. Sans vouloir déranger ses camarades de classe, Lenny n'a pas d'autres solutions que d'utiliser sa synthèse vocale. Pour finir, il n'a pu lire qu'une partie du document en y ayant consacré quatre fois plus de temps que ses camarades sans handicap visuel (cf. Annexe A).

Ce récit authentique (Jonsen et al., 2018), vise à illustrer que le maintien de l'accessibilité dans le milieu scolaire n'est pas le produit d'un seul acteur, mais plutôt d'un écosystème, d'un réseau complexe de parties prenantes (Mack et al., 2023; Yıldız & Subaşı, 2023). Les principales causes de ces barrières d'accès ont été rapportées par les disciplines de l'interaction humain-machine (IHM), de l'accessibilité, de l'enseignement inclusif ou spécialisé, du handicap visuel ou encore de l'édition. Les éditeurs scolaires (Mrva-Montoya, 2022), ainsi que le corps enseignant (Fichten et al., 2009; Kennel et al., 2021) peinent à intégrer les pratiques d'accessibilité par manque de temps, de compétences et/ou de connaissances. De leur côté, les agents des centres spécialisés en accessibilité, qui produisent un matériel pédagogique accessible/adapté (MPA) à partir du document source initialement non accessible, ne peuvent prendre en charge les demandes dans un bref délai, pour cause de longues et fastidieuses opérations manuelles (Calabrò et al., 2009).

Dans ce contexte, notre équipe de recherche et un centre spécialisé en adaptation accessible se sont unis pour développer un artefact logiciel hautement automatisé et autonome (Rowe et al., 2023) qui s'appuie sur de l'intelligence artificielle (IA) visant à rendre des documents accessibles. Face à la nature changeante des artefacts SI (Ågerfalk et al., 2022; Baird & Maruping, 2021), la notion de délégation nous semble être un prisme idéal afin d'analyser plus en profondeur les usages de ces artefacts (Baird & Maruping, 2021; Rowe et al., 2023). Ainsi, et dans une approche s'étendant au-delà des frontières des organisations (Rowe & Markus, 2023), nous visons à répondre à la question suivante : *comment la délégation de l'adaptation du matériel pédagogique vers et depuis un artefact SI agentique peut-elle se produire ?*

Dans un premier temps, nous synthétisons trois thèmes d'une vaste littérature : les barrières à l'accessibilité du milieu scolaire, les remèdes à l'inaccessibilité des documents scolaires et les opportunités offertes par l'IA en faveur de l'accessibilité des documents numériques. Dans un deuxième temps, nous présentons la méthodologie de recherche mobilisée. Dans un troisième temps, nous restituons les résultats de cette recherche en deux temps : nous débutons par la restitution des niveaux macro et meso en mobilisant la sociologie de l'acteur-réseau (Akrich et al., 2006) ; puis, nous nous concentrons sur le niveau micro en analysant des cas de délégation vers et depuis les artefacts SI agentiques en nous appuyant sur le modèle conceptuel de la

volonté de délégation aux artefacts agentiques SI proposé par Baird & Maruping (2021). Finalement, nous discutons les résultats obtenus et présentons les voies de recherches futures.

2. Revue de la littérature

Dans le contexte des technologies de l'information et de la communication (TIC), l'(in)accessibilité du milieu scolaire pour les élèves en situation de handicap visuel est une thématique de recherche de premier plan des communautés de recherche en IHM et en accessibilité (Thoo et al., 2023). Il s'agit également de l'un des thèmes principaux de l'enseignement spécialisé ainsi que de l'enseignement inclusif (Moriña et al., 2023). En SI, et possiblement dû au contexte scolaire, il ne s'agit pas d'un thème porteur. Un regard avisé sur la bibliographie de la seule revue de littérature systématique publiée dans une revue SI portée à notre connaissance, centrée sur l'accessibilité des artefacts IT (Mäkipää et al., 2022), met en évidence l'intérêt de notre discipline quant aux usages dans le contexte de sites web cyberadministratifs. De plus, aucune référence de l'*AIS Senior Scholars' Basket of Journals* n'a été identifiée et seulement une poignée de travaux ont été publiés dans des revues SI de rang deux classées par la *Chartered Association of Business Schools*. Lorsque nous appliquons la même analyse bibliographique à une perspective encore plus large (Vassilakopoulou & Hustad, 2023), nous arrivons à la même conclusion.

Concernant l'accessibilité du matériel pédagogique, les perspectives d'analyses ont été nombreuses, donnant lieu à des imbrications complexes (multiples acteurs en interaction, Mack et al., 2023; Yıldız & Subaşı, 2023) et/ou examinant un phénomène de manière ciblée (p. ex. pour un degré d'étude).

2.1. Barrières à l'accessibilité du matériel pédagogique

Dans les disciplines de l'IHM et de l'enseignement, de nombreuses recherches s'intéressent aux expériences vécues par les élèves malvoyants ou aveugles et les relations complexes qu'ils entretiennent avec leurs camarades, le corps enseignant ainsi qu'avec les TIC (Moriña et al., 2023; Shinohara et al., 2021, 2022; Tamjeed et al., 2021).

Un axe de recherche s'intéresse plus particulièrement au degré d'accessibilité des dispositifs numériques (p. ex. sites web, systèmes de gestion des cours et de prise de notes, et documents) et à leur usage par les apprenants (Dorigo et al., 2011; Fichten et al., 2009; Wu & Sengupta, 2023) en mettant souvent l'accent sur les disciplines STEM (de l'anglais *science, technology, engineering, and mathematics*, Thoo et al., 2023). En raison de la disposition de l'information en plusieurs colonnes, du bruit graphique engendré par la présence d'images décoratives n'apportant pas d'intérêt pédagogique, ou encore un choix de polices et de faibles contrastes causant une perception difficile, le matériel pédagogique transmis aux élèves malvoyants ou aveugles au moyen de documents numériques (p. ex. PDF) comporte de nombreux problèmes d'accessibilité.

L'une des causes identifiées de ce problème concerne la production/édition du matériel pédagogique (Fichten et al., 2009; Mrva-Montoya, 2022; Pierrès & Darvishy, 2022; Zhang et al., 2020). Après avoir analysé les flux de travail de production des éditeurs scolaires australiens, Mrva-Montoya (2022) a rapporté une lente mise en œuvre de l'accessibilité. Bien que les éditeurs comprennent la nécessité de respecter les critères d'accessibilité, ils ont besoin

d'un soutien pratique et d'une formation supplémentaire. Les éditeurs souhaitent également déterminer les meilleurs flux de travail, délais et processus, ainsi que la manière la plus rentable de mettre en œuvre l'accessibilité. Dans la même veine, Pierrès & Darvishy (2022), qui ont interrogé des créateurs de ressources pédagogiques libres, mettent en évidence un manque de temps, de compétences et de sensibilisation à la production accessible.

Parmi les créateurs de contenus figure naturellement le corps enseignant. Dans ce contexte, Kennel et al. (2021) ont déployé, à l'université de Strasbourg, une traduction française du questionnaire reposant sur le modèle *Inventaire des stratégies d'enseignement inclusives (Inclusive Teaching Strategies Inventory, ITSI)*. Il en résulte que les dispositions particulières auxquelles les étudiants en situation de handicap peuvent prétendre sont acceptées par les enseignants-chercheurs interrogés, même si leur application pendant le cours n'est pas systématisée. Les répondants ont notamment rapporté leurs difficultés à adhérer à certaines pratiques pédagogiques comme l'accessibilité des supports et des ressources, des pratiques perçues comme trop chronophages en matière de gestion et de production.

Le point de vue des centres d'accessibilité (Tamjeed et al., 2021) et plus généralement du personnel a aussi été pris en considération (Lazar, 2022) pour corroborer les résultats susmentionnés. Ce n'est que récemment que les chercheurs ont analysé les relations complexes entretenues entre les acteurs humains, médiées par les TIC (Mack et al., 2023; Yıldız & Subaşı, 2023). Par exemple, Mack et al. (2023) ont étudié la communication et la collaboration entre les principales parties prenantes impliquées dans la création de l'accès dans les établissements d'enseignement supérieur.

2.2. Remèdes à l'inaccessibilité des documents scolaires

Présenter de l'information accessible aux personnes malvoyantes ou aveugles est un sujet vaste et en cours de recherche active tant au niveau des techniques d'adaptation à utiliser, des formats appropriés ou encore des modalités d'interaction (Thoo et al., 2023).

Deux remèdes à l'inaccessibilité se distinguent par la dimension temporelle de la prise en compte de l'accessibilité. La première approche, idéale, consiste à favoriser une édition accessible ou inclusive. Après avoir suivi les préceptes de conception universelle, souvent plébiscité en milieu scolaire, le matériel pédagogique est accessible, *a priori* et donc par défaut, pour tout apprenant (UNICEF, 2019). La seconde approche consiste à ré-éditer les documents pour les rendre accessibles. Cela correspond à une action de remédiation (Wang et al., 2021a) ou l'adaptation est effectuée *a posteriori*. Quelle que soit l'approche usitée, les documents sont ensuite centralisés dans des bibliothèques propres à l'université (Darvishy et al., 2023) ou plus largement diffusées au travers de bibliothèques accessibles. *In fine*, il est suggéré de donner la possibilité à l'utilisateur malvoyant d'adapter ou modifier l'interface utilisateur permettant d'interagir avec ces documents (Navarrete & Luján-Mora, 2018; W3C, 2021).

La production accessible, bien qu'elle soit au stade embryonnaire (Zhang et al., 2020), bénéficie de lignes directrices à l'intention des éditeurs (Hilderley, 2013), des ressources fournies par des associations au service de la population malvoyante ou aveugle (Pauls, 2017), des centres spécialisés régionaux ou nationaux ainsi que le soutien de la communauté scientifique. Il existe aussi des outils de conversion semi-automatique (Calabrò et al., 2009) et automatique (Christensen & Stevns, 2015). De nombreux établissements et université d'Amérique du Nord

et d'Europe emploient SensusAccess, une solution libre-service entièrement automatisée destinée permettant aux élèves de convertir du matériel pédagogique en format alternatif (Christensen & Stevns, 2015). Les créateurs de la solution mentionnent que la principale limitation réside dans l'incapacité de la technologie à traiter, identifier et décrire de manière adéquate les éléments structurels et le contenu des fichiers numériques de type STEM ainsi que des images (Christensen & Stevns, 2015).

Depuis quelques années, d'importants progrès dans le domaine de l'analyse automatique de documents ont été possibles par le recours au *deep learning*¹. À titre d'illustration, la grande majorité des équipes en lice pour la compétition de l'*International Conference on Document Analysis and Recognition* (ICDAR) en 2017 ont exploité cette technologie pour la détection des objets sur des pages de documents (Gao et al., 2017). L'écosystème technologique est aujourd'hui riche (Arkin et al., 2023; Nguyen et al., 2023). Il est possible de mentionner des jeux de données de grande envergure annotés automatiquement tels que PubLayNet (Zhong et al., 2019) ainsi que d'autres, annotés manuellement (p. ex. DocLayNet, Pfitzmann et al., 2022). Initialement préentraînés sur un domaine générique (p. ex. des images de la vie courante, voir ImageNet ou COCO), les modèles spécifiques à l'analyse et à la compréhension de documents fleurissent. Finalement, de nombreuses interfaces de programmation permettent de faciliter les efforts de développement.

Les personnes malvoyantes et aveugles peuvent maintenant bénéficier d'une remédiation automatisée du matériel pédagogique exploitant ces récentes avancées. Wang et al. (2021b, 2021a) ont développé un prototype nommé *Paper to HTML*, capable de transformer des publications scientifiques au format PDF vers le format HTML, tandis que Schmitt-Koopmann et al. (2022) ont mis au point un programme de recherche visant à remédier les PDF des disciplines STEM. Ce programme comprend le développement de modules permettant l'automatisation et l'évaluation par les créateurs de contenus ainsi que les utilisateurs finaux. Plus encore, des services en ligne mobilisant IA et spécialistes humains sont disponibles (accessiBe Inc., 2024).

En résumé, alors que la littérature a jusqu'à présent restitué les barrières et remèdes liés à l'accessibilité du matériel pédagogique, les acteurs ont, le plus souvent, été pris en compte individuellement ou en paires (p. ex. en IHM). Une analyse plus précise des acteurs et la structure du réseau semblent nécessaires afin d'explorer les lieux et conséquences de toute automatisation. De plus, les travaux les plus techniquement avancés en matière de MPA (Schmitt-Koopmann et al., 2022; Wang et al., 2021b, 2021a) placent l'apprenant malvoyant ou aveugle comme initiateur de l'adaptation. Dans un milieu scolaire complexe, un ancrage dans la discipline des SI, avec les notions d'agence et de délégation (Ågerfalk et al., 2022; Baird & Maruping, 2021), nous semble adéquate afin de répondre à notre double question de recherche.

¹ Le *deep learning* désignant l'apprentissage en profondeur est un sous-domaine du *machine learning* qui représente un champ d'études de l'intelligence artificielle. Le *deep learning* découvre automatiquement une structure complexe dans de grands ensembles de données brutes, à travers des couches successives, qui apprennent diverses formes de représentation des données (LeCun et al., 2015).

3. Méthodologie

Notre terrain de recherche se situe dans un service d'accessibilité au sein d'un centre pédagogique tous deux liés à un grand centre universitaire hospitalier. Ce service est à disposition des personnes en situation de handicap visuel en formation en Suisse romande. En collaboration avec ce service, nous avons développé un artefact logiciel qui s'appuie sur de l'IA afin de rendre des documents numériques pédagogiques plus accessibles de façon automatisée.

3.1. Cadre conceptuel : volonté de délégation aux artefacts SI agentiques soutenue par la sociologie de l'acteur-réseau

Dans ce travail, nous avons emprunté trois niveaux d'analyse successivement (macro, meso, micro) en mobilisant deux cadres théoriques (cf. Tableau 1).

Niveau d'analyse	Objet analysé	Cadre théorique
Macro	Acteur-réseau relatif à l'accessibilité des matériels pédagogiques	Sociologie de l'acteur-réseau
Meso	Réseau d'acteurs humains dans l'adaptation accessible de contenus numériques et leurs usages de technologiques numériques	Sociologie de l'acteur-réseau
Micro	Interactions entre l'apprenant, le spécialiste en adaptation et une IA adaptant des documents numériques pédagogiques de façon automatisée	Volonté de délégation aux artefacts agentiques SI

Tableau 1. Niveaux d'analyses, objets analysés et cadre théorique correspondant

Dans un premier temps, nous avons été attentifs au processus d'adaptation accessible des matériels pédagogiques. Compte tenu de la complexité du système, par nature sociotechnique, et du nombre important d'acteurs, cela nous a conduits à la nécessité de comprendre le phénomène en profondeur. Nous avons alors mobilisé la sociologie de l'acteur-réseau (SAR, en anglais *actor-network theory*-ANT, Akrich et al., 2006, p. 267) pour identifier les acteurs humains et non humains, puis analyser leurs relations (Meier et al., 2012 ; Spiel, Frauenberger, & Fitzpatrick, 2017; Spiel, Frauenberger, Hornecker, et al., 2017). Cette théorie, née dans les années 1970, permet d'appréhender « comment les choses agissent-elles ? » (Callon & Ferrary, 2006, p. 40). La notion d'acteur - ou actant - est quelque chose qui agit ou à qui l'activité est accordée par d'autres (Latour, 1996, p. 373). Étant donné qu'il y a ainsi une incertitude quant à la manière dont l'action est répartie entre les acteurs humains et non humains, les réseaux ne sont ni purement techniques ni purement sociaux, mais sociotechniques. Dans notre contexte également, les artefacts d'ordre technique ne sont pas exempts de composantes sociales. Par exemple, l'adaptation d'un document numérique par un logiciel spécialisé repose sur des principes d'adaptation souvent normés (p. ex. les *Web Content Accessibility Guidelines*). De plus, « cette hétérogénéité permet d'élever les objets au rang d'acteur » (Latour 1991, cité dans Meier et al., 2012, p. 13).

La SAR a connu un engouement croissant des chercheurs en SI depuis la fin des années 1990 (Missonier, 2008). Ce cadre théorique a également été mobilisé par de nombreux travaux publiés en IHM centrés sur des personnes en situation de handicap et notamment en

combinaison avec d'autres théories ou approches (p. ex. Spiel, Frauenberger, & Fitzpatrick, 2017; Spiel, Frauenberger, Hornecker, et al., 2017).

Dans un deuxième temps, nous nous sommes appuyés sur le modèle conceptuel de la volonté de délégation aux artefacts SI agentiques accompagné des cinq lignes directrices proposé par Baird & Maruping (2021). Dans ce cadre conceptuel, Baird & Maruping (2021) ont réexaminé les hypothèses traditionnelles d'usage des SI (p. ex. impliquant la facilité d'utilisation –*ease of use* ou l'utilité –*usefulness*) en s'appuyant sur trois concepts : 1) la présence d'au moins deux agents, 2) une tâche qui doit être accomplie ou un résultat qui est souhaité en tant qu'*occasion focale* réunissant les deux parties et 3) le transfert des droits et responsabilités liés à la tâche ou au résultat. L'unité primaire d'analyse est la dyade *humain-artefact SI agentique* où chacun peut prendre le rôle de déléguateur (*delegator*) et/ou de mandataire (*proxy*). La délégation se réfère « au transfert des droits et des responsabilités pour l'exécution d'une tâche et de ses résultats à un autre » (Baird & Maruping, 2021, p. 317).

La délégation est au cœur du discours en SI (Ågerfalk et al., 2022; Baird & Maruping, 2021). En effet, Grisold & Schneider (2023) ont exploré les dynamiques entre l'humain et l'IA dans les routines organisationnelles dans une simulation. Dans une étude qualitative, Guggenberger et al. (2023) ont analysé la délégation de tâches de l'IA aux humains sous le prisme de la théorie de l'agence. Plus récemment, Svensson & Keller (2024) se sont attardés sur les relations agentiques dans la collaboration entre l'humain et des IA génératives (ChatGPT et Copilot) dans un contexte scolaire.

3.2. Récolte des données

Les données récoltées proviennent de trois sources différentes (cf. Tableau 2). Compte tenu du périmètre d'action du centre d'accessibilité qui a fait l'objet d'observations, notre récolte de données ne cible pas un degré d'étude en particulier et ne tient pas compte de spécificités ou frontières géographiques strictes.

Période	Lieu	Méthode	Echantillon	# heures
01.22 – 09.22	N/A	Analyse	20 documents	N/A
01.23 – 06.23		documentaire	7 lois, traités/conventions	
09.20 – 06.23	Centre d'accessibilité	Observation participante	3 spécialistes en adaptation, échange de mails	18h
10.22 – 12.23	Université, au domicile	Entretien semi-directif	8 apprenants malvoyants/aveugles 1 parent	6h30

Tableau 2. Détails des périodes de collecte de données, y compris les lieux, les méthodes, l'échantillon et les heures investies par période de recherche

3.2.1. Données secondaires

Nous avons premièrement formé un corpus de recherche composé de littérature spécialisée, de littérature grise et de littérature scientifique. Ces données secondaires, répertoriées en Annexe B, donnent des indications sur les aspects politiques et légaux en lien avec l'accessibilité du système scolaire suisse ainsi que sur leur mise en pratique sur le terrain.

3.2.2. Observations du travail d'adaptation dans un service d'accessibilité

Deuxièmement, nous avons mené des observations participantes sur notre terrain de recherche (un service d'édition accessible associé à un grand centre universitaire hospitalier) qui emploie trois spécialistes produisant des documents adaptés pour environ 120 jeunes déficients visuels. L'observation participante est un dispositif de recherche cherchant à faire fonctionner, ensemble et sur le terrain, l'observation qui implique une certaine distance, ainsi que la participation qui suppose au contraire une immersion dans la population qu'il étudie (Lapassade, 2002). Par participation, « *il faut entendre le mode de présence du chercheur au sein du milieu observé* » (Peretz, 1998, cité dans Lapassade, 2002, p. 375). Le chercheur se fait dès lors l'étudiant d'acteurs sociaux, par l'entremise d'une interaction de longue durée avec eux (De Sardan, 2001, cité dans Bastien, 2007).

Durant une période de presque trois ans, nous avons observé, à quatre reprises, trois spécialistes durant leur travail d'adaptation de documents scolaires. Ce travail était effectué depuis leur poste de travail, sur une sélection de documents variés représentatifs du travail quotidien. L'observateur prenait des notes et pouvait intervenir pour demander des précisions ou des explications contextuelles. Les spécialistes ont également décrit le fonctionnement du service et ont donné des indications sur le volume de documents adaptés, la fréquence des demandes, leurs interactions avec les autres acteurs humains et les difficultés rencontrées. Les spécialistes nous ont également partagé un ensemble d'environ 900 pages de documents scolaires et leur version accessible obtenue après adaptation. Ces documents ont été analysés et classés par un membre de notre équipe de recherche.

Durant cette période, notre équipe de recherche a étudié la teneur théorique des principes d'adaptation dans un contexte d'accessibilité (Stephanidis & Savidis, 2001; W3C, 2021), les a communiqués aux spécialistes, ce qui a amené des échanges sur les techniques d'adaptation. Finalement, nos observations ont été complétées par des échanges téléphoniques et courriels. Les observations effectuées ont fait l'objet de synthèses (Annexe D).

3.2.3. Entretiens auprès d'apprenant·e·s malvoyant·e·s ou aveugles

Troisièmement, nous avons conduit huit entretiens semi-directifs, d'une durée de 35 à 60 minutes, auprès d'apprenants malvoyants ou aveugles, en situation de formation, utilisant des dispositifs numériques dans la consommation de documents (voir Annexe C). Pour atteindre ce public, nous avons fait appel à des relais actifs dans le domaine du handicap visuel. Étant soutenus par un guide d'entretien, les entretiens ont été structurés en trois temps : 1) difficultés et préférences relatives aux supports pédagogiques numériques, 2) présentation d'une proposition de solution logicielle sous la forme d'une maquette, et 3) attentes, fonctionnalités, interaction avec ce logiciel ou encore l'adaptation autonome.

3.3. Analyse des données

Dans un premier temps, nous nous sommes attelés à comprendre l'acteur-réseau relatif à l'adaptation du matériel pédagogique. Nous sommes partis de l'annuaire fourni par l'organisation faîtière du handicap visuel en Suisse dans laquelle figurent des écoles spécialisées, des bibliothèques et des centres régionaux de distribution de moyens auxiliaires (UCBA, 2023, Annexe B). Nous avons affiné cette liste par le protocole de réseau

interdisciplinaire en vue de l'octroi d'une mesure en milieu scolaire qui recense plus de 20 acteurs gravitant autour de l'élève (DGEO, 2019, Annexe B). Concernant l'apprenant malvoyant ou aveugle, l'entourage proche, le corps enseignant et les professionnels des centres spécialisés sont mis en avant par les directives du Centre suisse de pédagogie spécialisée (2021, Annexe B).

Les comptes-rendus des observations ainsi que les transcriptions des entretiens ont permis de renforcer l'acteur-réseau (voir Annexe B). Ces données ont donné lieu à un code de premier ordre (acteur) et huit codes de deuxième ordre (chaque code correspondant à un type d'acteur). Nous avons ensuite codé les relations entre les acteurs humains (13 nouveaux codes de deuxième ordre), puis avons développé un graphe à partir de la matrice des cas de délégation identifiés (Annexe D).

Ensuite, dans une approche déductive, nous avons mené un codage en nous appuyant sur le modèle conceptuel de la volonté de délégation (Baird & Maruping, 2021). Nos analyses de la volonté (*willingness*) ou le choix (Grisold & Schneider, 2023) de délégation se sont concentrées sur deux dyades : spécialiste en adaptation-artefact SI agentique et apprenants-artefact SI agentique. Cela a donné lieu à cinq codes de premier ordre (p. ex., tâche d'adaptation) et 15 codes de deuxième ordre (p. ex. domaine, complexité, décomposabilité) par dyade.

Notre unité de codage pouvait varier entre le paragraphe, la phrase ou une partie de phrase. Nos analyses de données ont été soutenues par NVivo que nous avons adopté en raison de sa flexibilité (Point et Baudet, 2022).

4. Résultats

Premièrement, nous détaillons l'acteur-réseau en faveur de l'accessibilité du matériel pédagogique en deux niveaux. Deuxièmement, pour comprendre les effets escomptés de l'introduction d'un artefact SI agentique, nous restituons les résultats obtenus, pour les deux publics interrogés, selon le modèle conceptuel de volonté de délégation et ses cinq lignes directrices (voir Baird & Maruping, 2021).

4.1. Acteur-réseau en faveur de l'accessibilité du matériel pédagogique numérique

Nous présentons ci-après les acteurs stables de l'acteur-réseau selon leur typologie et dans l'ordre suivant (cf. Figure 1) : 1) la gouvernance (p. ex. politique, lois et système éducatif), 2) les acteurs humains, et 3) les actants technologiques. Pour des raisons de concision, nous avons fait le choix de focaliser notre discours sur les acteurs humains au détriment des organisations.

4.1.1. Gouvernance

Le **système éducatif** est en cours de transformation numérique (Volland et al., 2021, Annexe B) et inclusive (CSRE, 2023, Annexe B). Il s'inspire du modèle *Réponse à l'intervention*, ayant pour objectif de fournir une intervention précoce à tous les enfants présentant un risque d'échec scolaire (de Chambrier & Dierendonck, 2022, Annexe B). La nature de l'intervention devient plus intensive d'un niveau à l'autre. Au sein de l'école obligatoire, degré le plus réglementé, il y a une séparation en trois niveaux : 1) différenciation pédagogique (sans mesure spécifique), 2) aménagements spécifiques (mesures ordinaires), et 3) adaptations (mesures renforcées). Au total, 15 variantes de scolarisation différentes sont possibles à partir de la combinaison de ces

mesures et des formes de scolarisation à disposition (CSRE, 2023, p. 39, Annexe B). La classe ou l'école spécialisée correspond au dernier échelon du troisième niveau. Le système scolaire obligatoire suisse prône l'inclusion (Mizrahi & Bolkensteyn, 2020, Annexe B). Actuellement, 4% des élèves de l'école obligatoire bénéficient de mesures renforcées de pédagogie spécialisée et près de la moitié est intégrée dans des classes ordinaires (CSRE, 2023, Annexe B). Concernant le matériel scolaire, la *Conférence intercantonale de l'instruction publique* est l'organisme faîtière qui s'occupe des documents et programmes scolaires.

Sur le **plan politique**, les quinze dernières années ont été marquées par de nombreux changements dont certains sont en cours (Jost & Schnyder, 2013; Mizrahi & Bolkensteyn, 2020, Annexe B). Parmi ceux-ci figure la mise en œuvre du *Concept 360°* pendant la période 2019-2023, par le canton de Vaud précurseur en la matière. Ce dispositif place l'élève au centre du dispositif d'enseignement tout en intégrant de manière transversale les intervenants du milieu scolaire ainsi que l'entourage de l'élève (DGEO, 2019, Annexe B).

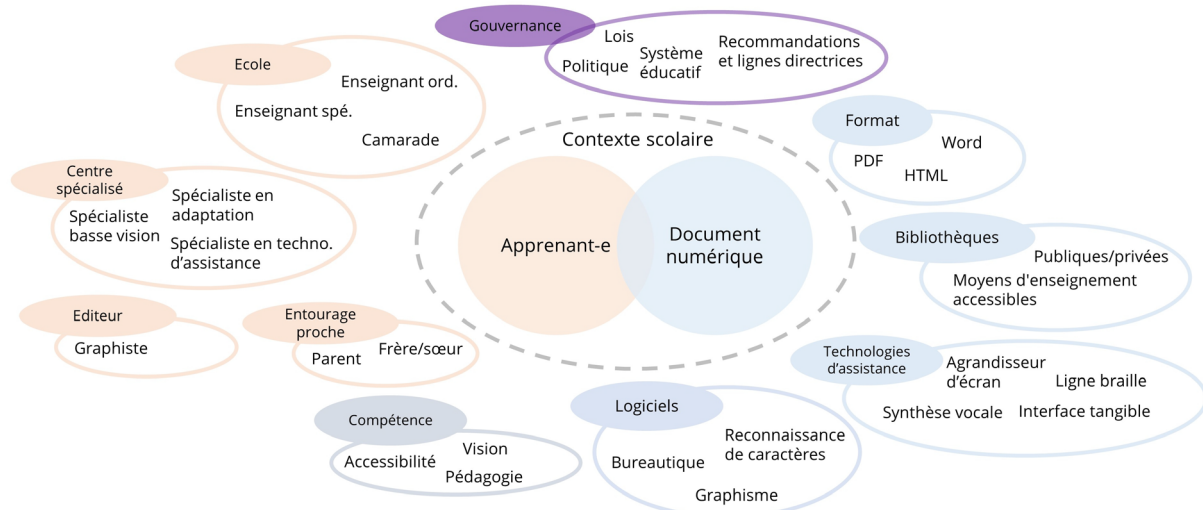


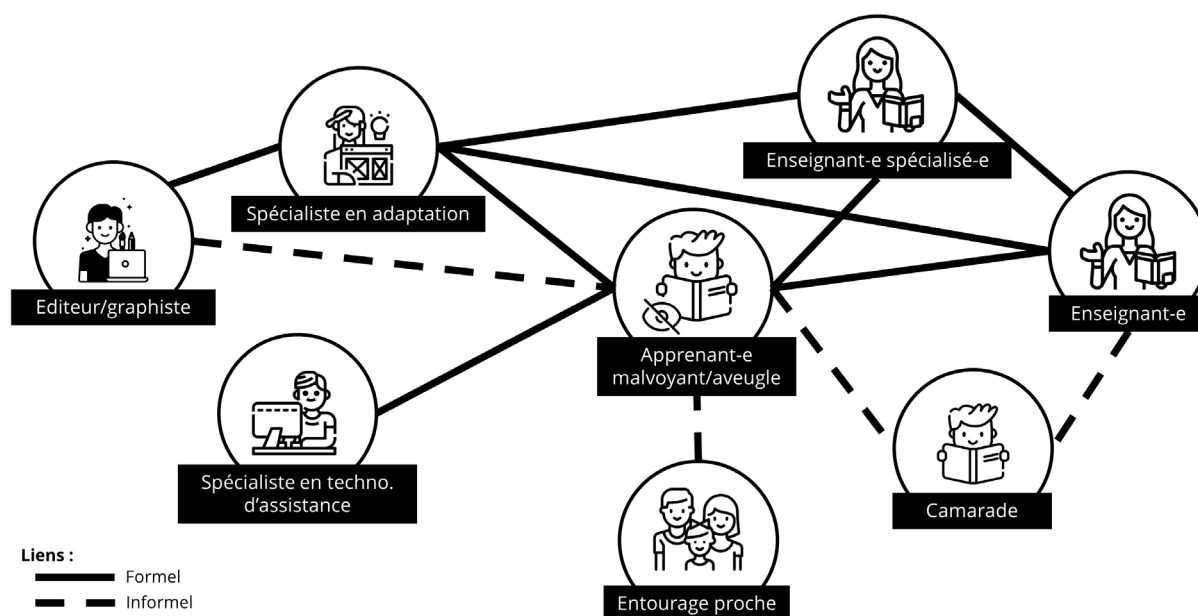
Figure 1. Acteur-réseau relatif à l'accessibilité des matériels pédagogiques

En matière de **cadre légal**, le droit à l'éducation, réparti en plusieurs niveaux (international, fédéral et cantonal), dispose de nombreuses instances responsables organisées par catégories d'apprenants (Kronenberg, 2021 ; Mizrahi & Bolkensteyn, 2020, Annexe B). Le niveau international s'inscrit dans la CDPH de l'ONU, avec un droit à l'éducation impliquant un droit à l'éducation inclusive. La Suisse a ratifié le *Traité de Marrakech* visant à faciliter l'accès des aveugles, des déficients visuels et des personnes ayant d'autres difficultés de lecture des textes imprimés aux œuvres publiées (Confédération suisse, 2020, Annexe B). Plus concrètement, ce traité établit une série de limitations et d'exceptions relatives au droit d'auteur traditionnel afin de faciliter la production et la diffusion internationale de livres dans des formats spécialement adaptés. Au niveau fédéral, des dispositions sont précisées dans les articles 8 et 19 de la Constitution fédérale ainsi que dans la Loi fédérale sur l'égalité pour les handicapés (LHand). De plus, la Loi fédérale sur l'assurance-invalidité (LAI) indique que les frais supplémentaires occasionnés aux personnes handicapées du fait des moyens auxiliaires dont ils ont besoin peuvent, à certaines conditions (p. ex. formation continue), être pris en charge par l'assurance-invalidité (Confédération suisse, 2023, art. 16, Annexe B). Toutefois, le droit cantonal joue un rôle prépondérant en matière de formation (p. ex. dans la révision de loi sur l'école obligatoire regroupant enseignement ordinaire et spécialisé, CSRE, 2023, p. 39, Annexe

B). Finalement, les établissements comme les services d'accessibilité disposent d'une accréditation pour adapter des documents : si l'éditeur ne fournit pas un format accessible, le service est en droit d'utiliser le document source puis l'adapter (Annexe D).

4.1.2. Acteurs humains

Notre analyse met en évidence sept acteurs humains qui agissent en faveur d'un MPA (voir Figure 2 et Tableau 2 de l'Annexe D). Chaque acteur est représenté par un nœud. Les liens pleins représentent des liens formalisés par le système éducatif *a contrario* des liens pointillés. Par exemple, ce n'est pas formellement aux parents ou aux camarades de l'apprenant de jouer un rôle dans l'adaptation de documents numériques.



L'apprenant malvoyant ou aveugle a des liens directs avec un nombre important d'acteurs pour pallier les conséquences de sa malvoyance ou cécité dans ses apprentissages. Ces liens se matérialisent premièrement sous la forme « d'une assistance personnelle d'un interlocuteur connu et de confiance » (CSPS, 2021, p. 13, Annexe B). Ces interlocuteurs, décrits plus loin, varient en fonction de la situation (p. ex. en classe, une enseignante spécialisée en déficience visuelle, un assistant à l'intégration scolaire ou une camarade ; lors d'évaluation, un enseignant ou une assistante ; à la maison, un proche aidant).

Quant aux matériels pédagogiques, les apprenants ont le plus souvent un accès indirect (via le corps enseignant) à un spécialiste en adaptation accessible. Ce service sur-mesure est fortement apprécié par les apprenants (score de satisfaction rapporté ≥ 4 sur 5). L'insatisfaction est causée par des problèmes de logistique ou de communication. Lorsque certains documents n'ont pas été adaptés à temps, les apprenants mentionnent un oubli, un envoi trop tardif de la part du corps enseignant ainsi qu'un manque de communication entre l'enseignant et le service d'adaptation. Lorsque survient cette situation, l'apprenant n'a pas d'autres choix que de « faire avec » et suit le cours sans support accessible.

L'apprenant malvoyant ou aveugle dispose de « *stratégies qui l'aide à mieux gérer les situations qui peuvent être difficiles pour lui et est en cela l'acteur principal de sa formation* » (CSPS, 2021, p. 9, Annexe B). Nos résultats mettent en évidence que les apprenants 1) ne demandent pas toujours une adaptation et font avec..., 2) effectuent de l'adaptation à leur manière (p. ex. Word, convertisseur logiciel). La principale raison d'une non-demande d'adaptation concerne son délai de traitement. Une participante en fin d'étude de niveau Bachelor souligne qu'il lui est impossible d'envoyer tous les articles scientifiques qu'elle doit lire au centre d'adaptation. Alors, elle se fatigue à faire un tri de ces documents non accessibles avec des moyens limités (p. ex. copier-coller du contenu d'un PDF vers Word). Le document résultant n'est généralement pas accessible. D'autres nous rapportent qu'ils cherchent à obtenir un maximum d'autonomie dans leur scolarité et souhaitent éviter de demander de l'aide. Ainsi certains apprenants utilisent des outils de conversion. Nous observons que l'apprenant joue un rôle de régulateur dans les flux d'adaptations de documents scolaires.

Le **corps enseignant** comprend deux types d'acteurs : l'enseignant qui a en charge les classes ordinaires et l'enseignant spécialisé qui intervient subsidiairement auprès des élèves ayant des besoins particuliers (Gouttefarde, 2022, Annexe B). L'enseignant doit créer les conditions d'un enseignement inclusif et effectuer une partie des aménagements nécessaires aux besoins des apprenants malvoyants/aveugles. Les enseignants spécialisés se chargent des aménagements plus spécifiques et plus importants. Le corps enseignant dispose de ressources pédagogiques numériques (p. ex. *Moyens d'Enseignements Romands*) et de ressources créées sur mesure à ses enseignements. Ils adaptent parfois les documents numériques de leur propre création.

L'**entourage proche** (parent, frère/sœur) et les **camarades de classe** jouent un rôle dans l'accessibilité des contenus numériques. Ces deux types d'acteurs se positionnent le plus souvent dans un rôle de « *pompier* », lorsque les conditions idéales n'ont pas pu être respectées. La différence entre ces deux acteurs que l'un d'entre eux agit hors des périodes de cours (entourage proche) alors que l'autre agit aussi durant le cours (camarade). Le ou la camarade de classe aide en l'apprenant·e malvoyante ou aveugle en apportant des compléments de manière orale. Parfois, les parents peuvent adapter des documents « pour dépanner ». Cela s'est notamment vu durant la période de pandémie COVID-19. Un apprenant malvoyant/aveugle peut se rendre en cours sans avoir à disposition une version accessible des documents pédagogiques nécessaires pour suivre le cours.

Le **spécialiste en adaptation accessible** œuvre en coulisse pour produire des ressources accessibles de manière personnalisée au besoin des apprenants. Selon la responsable du centre d'adaptation accessible, « *La priorité pour nous est d'apporter nos compétences pour soutenir l'autonomie de l'élève et pour faciliter l'accès aux apprentissages à toutes celles et ceux qui sont empêchés dans leur lecture. Cela peut être à cause de troubles dyslexiques, visuels, etc.* ». Ces spécialistes utilisent différentes techniques : braille, audiodescription, refonte complète du document. Ils produisent des contenus sur mesure de haute qualité. Dans certains cas, un spécialiste peut refuser l'adaptation d'un matériel scolaire de mauvaise qualité ou étant trop ancien.

Le **spécialiste en technologie d'aide/assistance** fournit les logiciels et le matériel permettant aux apprenants malvoyants et aveugles d'adapter eux-mêmes les interfaces numériques. Ils se chargent également de la mise à jour des technologies d'aide tout en prenant en compte

l'évolution de la déficience visuelle de l'apprenant. Ces spécialistes sont généralement affiliés à des organisations œuvrant pour le bien des personnes aveugles et malvoyantes.

Un **éditeur de matériel scolaire** est souvent à la source des problèmes d'accessibilité. Nos observations révèlent que les graphistes placent le critère esthétique au-dessus du critère d'accessibilité et cause des documents riches en couleurs et comprenant du bruit graphique.

4.1.3. Actants technologiques et leurs usages pour l'adaptation accessible

Deux types de **technologie d'assistance** sont généralement usités par les personnes en situation de handicap visuel : les agrandisseurs d'écran et la synthèse vocale. Il semble important de souligner que ces technologies ne sont pas aux frais des élèves et sont prises en charge par l'assurance invalidité (Annexe B). Il est également possible de prendre en considération dans cette catégorie des outils de lecture.

Concernant les **bibliothèques numériques**, notre périmètre de recherche met en évidence la plateforme Booxaa qui centralise et met à disposition des moyens d'enseignement romands accessibles aux élèves, au corps enseignant et éventuellement au thérapeute qui aurait besoin d'avoir accès à un fichier dans le cadre de son intervention auprès de l'élève (Annexe B). Cette plateforme propose deux types de fichiers PDF : les PDF de l'adaptation de l'ouvrage avec l'ajout de zones de réponse (ou zones formulaires) et les PDF sources non modifiés avec l'optimisation. Les élèves n'ont pas le droit de modifier le contenu des ouvrages, mais ils ont la possibilité d'apporter des réponses aux questions posées dans les manuels.

Finalement, l'actant « **logiciel d'adaptation** » regroupe les outils de type bureautique, de graphisme, de reconnaissance de caractère et de conversion. Ils sont utilisés par les spécialistes, mais aussi les apprenants. Word permet d'accueillir le presse-papier après un copier-coller du contenu d'un document PDF, pour ensuite modifier la taille de la police et y ajouter des styles plus facilement perceptibles. D'autres élèves utilisent des outils gratuits et payants pour obtenir un document plus accessible.

4.2. Volonté de déléguer l'adaptation accessible des documents à l'IA

Afin de faire évoluer la situation insatisfaisante concernant l'inaccessibilité des documents pédagogiques numériques, nous avons développé, en collaboration avec un service d'adaptation accessible, un prototype logiciel qui s'appuie sur de l'IA afin de permettre une adaptation accessible automatisée (Figure 3, Annexe E et F). Ce logiciel vise à réduire le travail d'adaptation manuel et les opérations techniques effectuées par les spécialistes afin qu'ils puissent se concentrer sur les aspects pédagogiques. A plus long terme, ce logiciel vise à absorber la charge de travail croissante du service d'adaptation tout en apportant davantage d'autonomie à l'apprenant.

4.2.1. Caractéristiques de la tâche

L'adaptation d'un document non accessible en une forme accessible est, dans sa forme la plus avancée et engendrant le résultat de la plus haute qualité, effectuée par un spécialiste d'un centre d'adaptation d'un centre d'accessibilité. Cette tâche a été décomposée en deux niveaux d'abstraction dont le niveau le plus concret comporte trois étapes : 1) la préparation d'un document, 2) l'extraction du contenu et 3) l'adaptation pédagogique personnalisée (voir

Annexe D). La tâche de préparation peut comprendre des actions physiques, par exemple la photocopie d'une page de livre, la recherche du même document en qualité supérieure sur le web, ou encore la communication avec d'autres acteurs pour obtenir le document source (corps enseignant, éditeur). Les deux tâches suivantes impliquent des opérations semi-automatiques effectuées par le spécialiste faisant usage de nombreux logiciels qui varie selon le format d'entrée (PDF source/d'origine, PDF, image). Nos entretiens rapportent que l'adaptation est aussi effectuée par l'élève malvoyant ou aveugle sans pour autant résulter d'un document accessible (détails en section 4.1.2).

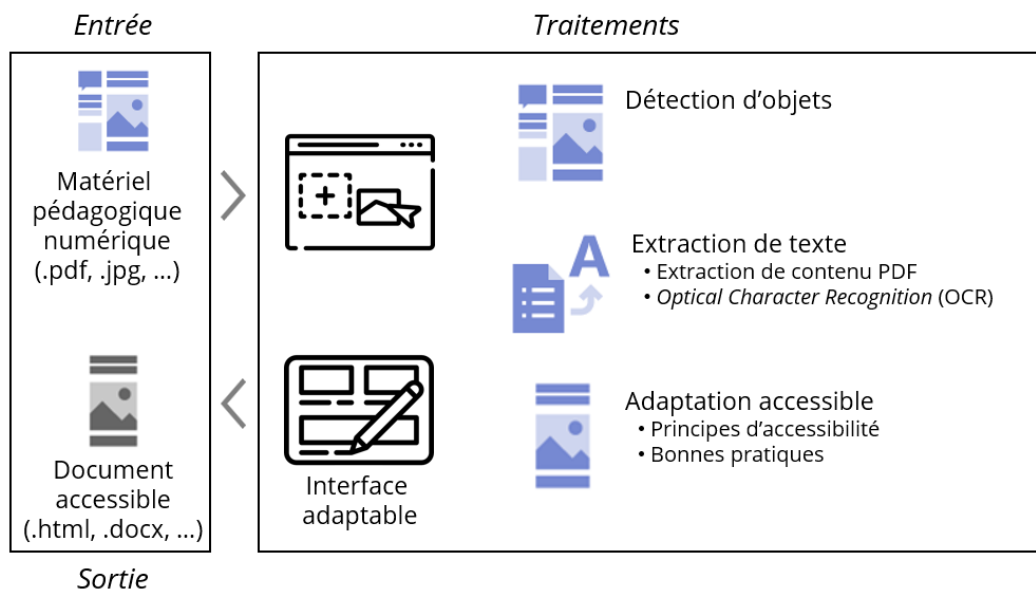


Figure 3. Adaptation accessible par l'IA selon le modèle « entrée-traitements-sortie »

4.2.2. Mécanisme de délégation

Nous avons identifié que les sous-tâches #2 et #3 peuvent être déléguées à un artefact SI agentique. Si l'on se concentre sur deux acteurs humains (le spécialiste et l'apprenant), cela donne lieu à trois cas de délégation et deux types d'agents selon la typologie de Baird & Maruping (2021). Le cas B1 vise à rendre l'apprenant autonome dans sa tâche d'adaptation.

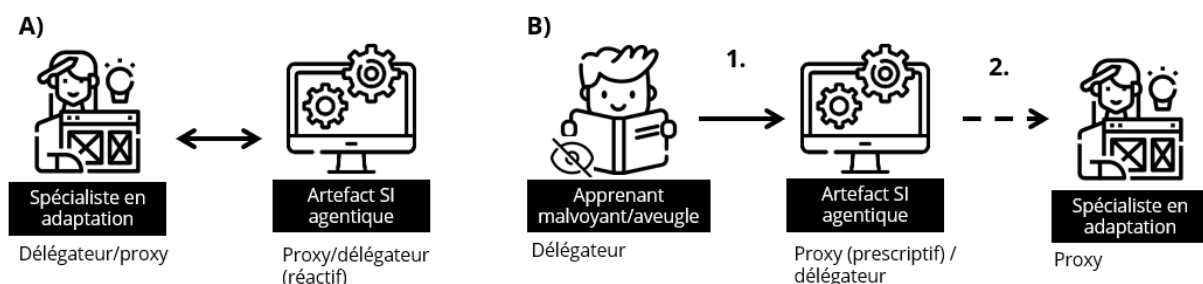


Figure 4. Trois cas de délégation, typologie et rôle des agents

Les spécialistes comme les apprenants évaluent l'artefact SI agentique en s'appuyant sur le résultat d'adaptation. Ce dernier, qui dépend fortement de la capacité du modèle de *deep learning* à détecter des objets (précision de ~85%) puis à extraire le contenu des documents, donne lieu à deux types d'artefacts SI agentiques. Le premier type facilite la tâche du spécialiste tandis que le second la substitue.

Dans le premier cas (A), les spécialistes sont ouverts à la délégation de leur tâche principale, mais souhaitent avoir des garanties sur la qualité du résultat (*confidence* et *reliability*) tout en souhaitant capitaliser sur leurs pratiques établies concernant l'agencement et le style de l'information (*compatibility*, voir Annexe D). Pour le spécialiste en adaptation le plus expérimenté, « *une adaptation automatique peut m'aider si elle détecte cinq types d'objets (titres en trois niveaux, les paragraphes, les images), mais elle doit le faire bien* ». Il est notamment pertinent pour eux de pouvoir clairement identifier les erreurs de l'agent afin de pouvoir y remédier (c.-à-d. reprise de contrôle). Ainsi, pour faciliter le travail du spécialiste, un agent *réflexif* ou réactif qui agit « *en réponse directe à des stimuli pertinents. Les décisions se limitent aux modèles qui définissent comment répondre aux stimuli attendus.* » (Baird & Maruping, 2021, p. 318) semble le plus approprié. Par exemple, pour restreindre les traitements effectués par l'artefact SI agentique, les spécialistes peuvent préparer une section d'un document qui sera ainsi détectée et transformée plus facilement. Les capacités actuelles d'un modèle de détection d'objet sont plus performantes lorsque celui-ci se consacre à détecter un nombre limité d'objets comme le tableau (>97% de précision, Smock et al., 2022).

Pour être autonomes dans leurs apprentissages et ne pas dépendre d'autres acteurs humains (B1), les apprenants ont besoin d'un agent *prescriptif* doté d'une plus grande latitude en matière de « *capacités de prise de décision et d'action autonome* » (Baird & Maruping, 2021, p. 318). Deux apprenants ont exprimé leur souhait d'éviter la lecture inutile, car lorsque la fatigue oculaire s'installe un temps de repos conséquent est nécessaire. Ainsi, il est important de pouvoir mesurer la qualité du résultat d'adaptation et de restituer cette mesure de manière synthétique. Le spécialiste en adaptation le plus expérimenté mentionne qu'« *une adaptation imparfaite ne doit pas être restituée à l'apprenant, mais corrigée par le spécialiste* ». Dans ce cas, la délégation de l'IA à l'humain spécialiste apparaît (B2).

Au cours du développement du prototype, les discussions avec les spécialistes ont fait émerger un autre cas de délégation : celui où l'enseignant se servirait de l'agent SI agentique. D'après la spécialiste responsable, « *ce qui est bien, c'est qu'il ne serait pas à nous de dire à l'enseignant que son document est inaccessible, c'est le logiciel qui le fait et qui y remédie, ou propose des pistes pour y remédier* ».

Concernant les droits d'intervention, l'artefact SI agentique se voit conféré du même droit que les spécialistes : l'adaptation accessible de tout moyen d'enseignements est possible dans le cadre du respect de l'égalité des chances en étant définie par la loi (détail en section 4.1.1). Les responsabilités peuvent être totalement déléguées à l'artefact SI agentique (cas B1).

4.2.3. Attributs des agents

Les spécialistes, dotés de connaissances multidisciplinaires (*endowments*), font preuve de flexibilité et d'abstraction (p. ex. comprendre les aspects pédagogiques). Leurs décisions se construisent selon leurs connaissances, leur expertise et une analyse coût-bénéfice (recherche d'efficacité dans le flux d'adaptation).

Quant à l'artefact SI agentique (figure 3), il a la capacité d'imiter le raisonnement humain du spécialiste (capacité perceptuelle de modèles de *deep learning* à détecter des objets et des caractères/lignes/paragraphes), puis à transformer le résultat en une forme accessible. Pour ce faire il bénéficie 1) d'un entraînement sur un jeu de données volumineux d'images de

documents (DocLayNet, Pfitzmann et al., 2022), et 2) de règles d'adaptation s'appuyant sur de bonnes pratiques du domaine et spécifiquement fournies par des spécialistes (voir Annexe D). Il a comme principaux actifs (*assets*) la rapidité de réponse (max. 10s par page), la puissance de traitement et la disponibilité en tout temps.

L'apprenant malvoyant ou aveugle a une connaissance générale du matériel pédagogique, mais a une acuité ou un champ visuel plus restreint ainsi qu'une fatigabilité visuelle. Il s'en remet à l'artefact SI agentique pour adapter des documents malgré eux lors d'une situation « d'urgence » ou lorsqu'ils ne souhaitent pas interagir avec un agent humain. Ils évaluent les résultats d'adaptation par bon sens.

4.2.4. Caractéristiques de la situation de délégation

Parmi les attributs situationnels pertinents, nous mettons en évidence l'urgence du besoin d'adaptation. Il s'agit des cas où l'élève se retrouve en classe sans le matériel adapté au préalable ou à la maison sans la possibilité de demander une adaptation accessible.

4.2.5. Boucles de rétroaction de la délégation

Selon un spécialiste en adaptation, le modèle d'apprentissage au cœur de l'artefact SI agentique doit pouvoir améliorer ses performances grâce au *feed-back* de l'agent humain (principe de *human-in-the-loop*). De son côté, l'apprenant pourra également donner un retour sur le résultat de l'adaptation.

5. Discussion

Dans un contexte scolaire où inclusion et numérique sont intimement liés, les bibliothèques accessibles, qui se cantonnent à stocker et à diffuser des documents, se voient mêlées aux artefacts SI agentiques servant une finalité d'accessibilité. Par la triangulation de trois types de données qualitatives, nous avons questionné la délégation vers et depuis un artefact SI agentique entraîné à une tâche d'adaptation accessible du matériel pédagogique numérique.

Dans un premier temps, nos résultats mettent en évidence que les élèves ne sont pas seuls face à leur handicap et tissent alors de nombreux liens avec différents acteurs humains pour pallier les difficultés qu'ils rencontrent. Nous soulignons le rôle de régulateur des apprenants dans l'adaptation accessible, qui font face aux situations d'urgence ou limitent leur dépendance aux acteurs humains (c.-à-d. souhait autonomie). En offrant une représentation de la morphologie du réseau, ce travail contribue à la littérature multidisciplinaire en accessibilité numérique, jusqu'alors souvent publiée en IHM (Mack et al., 2023; Yıldız & Subaşı, 2023).

Dans un deuxième temps et après avoir analysé deux dyades « *spécialiste en adaptation-artefact SI agentique* » et « *apprenant-artefact SI agentique* », nous relevons que deux types d'agents (réactif ou prescriptif) seraient plus à même de restituer un document accessible. De plus, lors d'une adaptation imparfaite initiée par l'apprenant, l'agent SI doit déléguer l'adaptation au spécialiste humain. L'artefact devient ainsi plateforme (Baird & Maruping, 2021, p. 335). De plus, et à l'image de la simulation effectuée par Grisold & Schneider (2023), nous identifions la variation/probabilité de l'IA à produire une erreur ainsi que sa capacité d'apprentissage comme facteur impactant la volonté de délégation initiale. Dans notre contexte, la variation dépend fortement de la qualité du document en entrée, de sa

complication en matière de contenu, de structure et de style ainsi que des possibilités d'adaptation dépendantes du format source. Ce travail contribue ainsi à la maigre littérature en SI en matière d'accessibilité numérique hors contexte cyberadministratif.

5.1. Implications théoriques

Bien que différente de l'IA générative, notre cas d'adaptation accessible du matériel pédagogique comporte toutefois une forte similitude. Un élève (voyant) dans l'incapacité d'évaluer le résultat de ChatGPT (p. ex. par manque de connaissance, Svensson & Keller, 2024) est similaire à un élève malvoyant ou aveugle dans l'incapacité de déterminer la qualité du résultat d'adaptation (Bigham et al., 2017). À l'image de ChatGPT explicitant son incapacité de réponse (Svensson & Keller, 2024), un artefact pouvant fournir un résultat d'adaptation non optimal à l'apprenant malvoyant ou aveugle doit prévoir des verrous. Jusqu'ici, les chercheurs en IHM ont, sans grand succès, tenté de prédire les problèmes majeurs d'extractions à partir des caractéristiques au niveau des éléments constitutifs des documents (Wang et al., 2021a). Ajouter des facteurs supplémentaires au modèle de prédiction a peu de chance de régler totalement le problème. Une voie déjà étudiée par le passé pour assister les personnes aveugles consisterait à actionner une série de modes d'adaptation, classés par niveau de qualité résultant, jusqu'à faire appel à la foule au niveau ultime (c.-à-d. aux contributeurs humains, Gleason et al., 2020). En mobilisant cette approche, la délégation de tâches de l'IA aux humains devient encore plus centrale (Guggenberger et al., 2023).

Deux voies futures de recherche nous semblent particulièrement prometteuses. La première, en lien avec le cadre théorique de délégation de tâches vers et depuis les artefacts SI agentiques, concerne la distribution des responsabilités (Baird & Maruping, 2021 ; Guggenberger et al., 2023) entre les acteurs humains et l'IA dans un contexte de production accessible de documents. La deuxième, en rapport à la théorie de l'acteur-réseau, consiste à étudier en profondeur les reconfigurations potentielles, puis effectives, de l'acteur réseau (Missonier, 2008; Meier et al., 2012) prenant en compte un nouveau type d'artefact.

5.2. Implications managériales

L'artefact questionné dans ce travail place l'apprenant comme initiateur et acteur de l'adaptation. Bien que des gains en autonomie soient attendus, ce repositionnement ne doit pas être pris à la légère, car dans un environnement inclusif, il n'est pas de la responsabilité de l'apprenant de pallier les barrières d'accès. Il serait d'ailleurs malvenu d'alourdir encore le *fardeau caché* des apprenants (Shinohara et al., 2021). De plus, tout artefact voué à la remédiation d'un problème ne doit pas brouiller les efforts importants dans la sensibilisation à la production de matériel accessible par défaut. Les organisations à l'origine de ses initiatives devront être suffisamment prudentes et précises dans la communication et la promotion de ces artefacts. Les récentes controverses liées aux surcouches visant à rendre un site web accessible (European Commission, 2023) peuvent servir d'exemples sur ce qu'il faut éviter de faire.

5.3. Limites

Bien que notre travail s'appuie sur de nombreuses données, il pourrait gagner en qualité en incluant des retours du corps enseignant. La mobilisation de l'acteur-réseau comme grille de lecture, nous ayant permis d'identifier les actants du réseau ainsi que leurs relations, pourrait

considérer l'intérêt des acteurs ainsi que le degré de convergence du réseau (Meier et al., 2012). Finalement, notre contribution pourrait être améliorée par un positionnement plus clair sur les respects des critères visant à renforcer les contributions en matière d'IA en SI (Ågerfalk et al., 2022).

Références

- accessiBe Inc. (2024). *Fast & Scalable File Accessibility Services*. <https://accessibe.com/accessservices/file-accessibility>
- Ågerfalk, P. J., Conboy, K., Crowston, K., Eriksson Lundström, J., Jarvenpaa, S. L., Ram, S., & Mikalef, P. (2022). Artificial Intelligence in Information Systems: State of the Art and Research Roadmap. *Communications of the Association for Information Systems*, 50(1), 420–438. <https://doi.org/10.17705/1CAIS.05017>
- Arkin, E., Yadikar, N., Xu, X., Aysa, A., & Ubul, K. (2023). A survey: object detection methods from CNN to transformer. *Multimedia Tools and Applications*, 82(14), 21353–21383. <https://doi.org/10.1007/s11042-022-13801-3>
- Baird, A., & Maruping, L. M. (2021). The next generation of research on is use: A theoretical framework of delegation to and from agentic is artifacts. *MIS Quarterly*, 45(1), 315–341. <https://doi.org/10.25300/MISQ/2021/15882>
- Bastien, S. (2007). Observation participante ou participation observante? Usages et justifications de la notion de participation observante en sciences sociales. *Recherches qualitatives*, 27(1), 127–140. <https://doi.org/https://doi.org/10.7202/1085359ar>
- Bigham, J. P., Lin, I., & Savage, S. (2017). The effects of “not knowing what you don’t know” on web accessibility for blind web users. *ASSETS 2017 - Proceedings of the 19th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, 101–109. <https://doi.org/10.1145/3132525.3132533>
- Calabrò, A., Contini, E., & Leporini, B. (2009). Book4All: A tool to make an e-book more accessible to students with vision/visual-impairments. In *Holzinger A., Miesenberger K. (eds) HCI and Usability for e-Inclusion. USAB 2009. Lecture Notes in Computer Science*. (Vol. 5889, pp. 236–248). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-10308-7_16
- Callon, M., & Ferrary, M. (2006). Les réseaux sociaux à l’aune de la théorie de l’acteur-réseau. *Sociologies Pratiques*, 13(2), 37. <https://doi.org/10.3917/sopr.013.0037>
- Christensen, L. B., & Stevns, T. (2015). Universal access to alternate media. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 9175, 406–414. https://doi.org/10.1007/978-3-319-20678-3_39
- Darvishy, A., Sethe, R., Engler, I., Pierrès, O., & Manning, J. (2023). The state of scientific PDF accessibility in repositories: A survey in Switzerland. *Learned Publishing*, 36(4), 577–584. <https://doi.org/10.1002/leap.1581>
- Dorigo, M., Harriehausen-Mühlbauer, B., Stengel, I., & Dowland, P. S. (2011). Survey: Improving Document Accessibility from the Blind and Visually Impaired User’s Point of View. In *Stephanidis C. (eds) Universal Access in Human-Computer Interaction. Applications and Services. UAHCI 2011. Lecture Notes in Computer Science* (Vol. 6768). Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-21657-2_14
- European Commission. (2023). *Accessibility overlays*. https://commission.europa.eu/resources-partners/europa-web-guide/design-content-and-development/accessibility/testing-early-and-regularly/accessibility-overlays_en

- Fichten, C. S., Asuncion, J. V., Barile, M., Ferraro, V., & Wolforth, J. (2009). Accessibility of e-Learning and computer and information technologies for students with visual impairments in postsecondary education. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, 103(9), 543–557. <https://doi.org/10.1177/0145482x0910300905>
- Gao, L., Yi, X., Jiang, Z., Hao, L., & Tang, Z. (2017). ICDAR2017 Competition on Page Object Detection. *Proceedings of the International Conference on Document Analysis and Recognition, ICDAR*, 1417–1422. <https://doi.org/10.1109/ICDAR.2017.231>
- Gleason, C., Pavel, A., McCamey, E., Low, C., Carrington, P., Kitani, K. M., & Bigham, J. P. (2020). Twitter A11y: A Browser Extension to Make Twitter Images Accessible. *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–12. <https://doi.org/10.1145/3313831.3376728>
- Grisold, T., & Schneider, J. (2023). Dynamics of Human-AI Delegation in Organizational Routines. *Forty-Fourth International Conference on Information Systems (ICIS)*.
- Guggenberger, T., Lämmermann, L., Urbach, N., Walter, A. M., & Hofmann, P. (2023). Task delegation from AI to humans : A principal-agent perspective. *Forty-Fourth International Conference on Information Systems (ICIS) 2023*.
- Hilderley, S. (2013). *Accessible Publishing: Best Practice Guidelines for Publishers*.
- Jonsen, K., Fendt, J., & Point, S. (2018). Convincing Qualitative Research: What Constitutes Persuasive Writing? *Organizational Research Methods*, 21(1), 30–67. <https://doi.org/10.1177/1094428117706533>
- Kennel, S., Guillon, S., Caublot, M., & Rohmer, O. (2021). La pédagogie inclusive : représentations et pratiques des enseignants à l'université. *La Nouvelle Revue - Éducation et Société Inclusives*, 2(3), 23–45. <https://doi.org/10.3917/nresi.090.0023>
- Lapassade, G. (2002). Observation participante. In *Vocabulaire de psychosociologie* (pp. 375–390). Érès. <https://doi.org/10.3917/eres.barus.2002.01.0375>
- Latour, B. (1996). On actor-network theory : A few clarifications. *Soziale Welt*, 47(4), 369–381.
- Lazar, J. (2022). Managing digital accessibility at universities during the COVID-19 pandemic. *Universal Access in the Information Society*, 21(3), 749–765. <https://doi.org/10.1007/s10209-021-00792-5>
- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521. <https://doi.org/10.1038/nature14539>
- Mack, K. A., Sidik, N. A., Desai, A., McDonnell, E. J., Mehta, K., Zhang, C., & Mankoff, J. (2023). Maintaining the Accessibility Ecosystem: a Multi-Stakeholder Analysis of Accessibility in Higher Education. *ASSETS 2023 - Proceedings of the 25th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*. <https://doi.org/10.1145/3597638.3614547>
- Mäkipää, J. P., Norrgård, J., & Vartiainen, T. (2022). Factors Affecting the Accessibility of IT Artifacts: A Systematic Review. *Communications of the Association for Information Systems*, 51(1), 556–591. <https://doi.org/10.17705/1cais.05129>
- Meier, O., Missonier, A. & Missonier, S. (2012). Analyse des systèmes d'interactions à l'œuvre au sein d'un projet TI : mise en évidence d'une perspective dynamique et relationnelle. *Systèmes d'information & management*, 17, 7-48. <https://doi.org/10.3917/sim.121.0007>
- Missonier, S. (2008). *Comprendre pour aider. Analyse réticulaire de projets de mise en œuvre d'une technologie de l'information: Le cas des espaces numériques de travail*. Université Nice Sophia Antipolis.
- Moriña, A., Carballo, R., & Castellano-Beltran, A. (2023). A Systematic Review of the Benefits


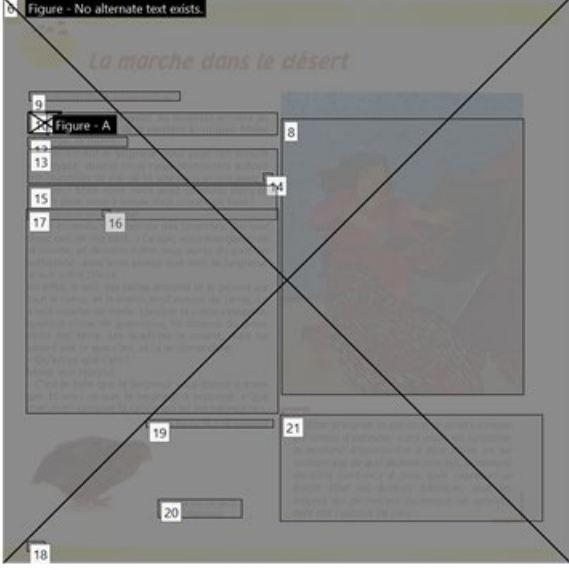
- and Challenges of Technologies for the Learning of University Students With Disabilities. *Journal of Special Education Technology*, 1–10. <https://doi.org/10.1177/01626434231175357>
- Mrva-Montoya, A. (2022). Towards “Born-Accessible” Educational Publishing. *Publishing Research Quarterly*, 38(4), 735–748. <https://doi.org/10.1007/s12109-022-09922-0>
- Navarrete, R., & Luján-Mora, S. (2018). Bridging the accessibility gap in Open Educational Resources. *Universal Access in the Information Society*, 17(4), 755–774. <https://doi.org/10.1007/s10209-017-0529-9>
- Nguyen, T. T., Le, H., Nguyen, T., Vo, N. D., & Nguyen, K. (2023). A brief review of state-of-the-art object detectors on benchmark document images datasets. *International Journal on Document Analysis and Recognition*, 26(4), 433–451. <https://doi.org/10.1007/s10032-023-00431-0>
- Pauls, J. (2017). Accessible Textbook Options for Students Who Are Blind or Visually Impaired. *AccessWorld*.
- Pfitzmann, B., Auer, C., Dolfi, M., Nassar, A. S., & Staar, P. (2022). DocLayNet: A Large Human-Annotated Dataset for Document-Layout Segmentation. *Proceedings of the ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 3743–3751. <https://doi.org/10.1145/3534678.3539043>
- Pierrès, O., & Darvishy, A. (2022). Gauging Awareness of Accessibility in Open Educational Resources. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics): Vol. 13342 LNCS*. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-08645-8_39
- Point, S. & Baudet, C. (2022). Pour une justification du choix d’adoption, de l’intention d’usage et de l’utilisation effective du logiciel NVivo. *Management international / International Management / Gestión Internacional*, 26(special), 279–294. <https://doi.org/10.7202/1098588ar>
- Rowe, F., Jeanneret Medina, M., Benoit Journé, Coëtard, E., & Myers, M. (2023). Understanding responsibility under uncertainty: A critical and scoping review of autonomous driving systems. *Journal of Information Technology*, 0(0), 1–29. <https://doi.org/10.1177/02683962231207108>
- Rowe, F., & Markus, M. L. (2023). Special Issue Editorial: Envisioning Digital Transformation: Advancing Theoretical Diversity. *Journal of the Association for Information Systems*, 24(6).
- Schmitt-Koopmann, F. M., Huang, E. M., & Darvishy, A. (2022). Accessible PDFs: Applying Artificial Intelligence for Automated Remediation of STEM PDFs. *ASSETS 2022 - Proceedings of the 24th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*. <https://doi.org/10.1145/3517428.3550407>
- Shinohara, K., McQuaid, M., & Jacobo, N. (2021). The Burden of Survival: How Doctoral Students in Computing Bridge the Chasm of Inaccessibility. *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. <https://doi.org/10.1145/3411764.3445277>
- Shinohara, K., Tamjeed, M., McQuaid, M., & Barkins, D. A. (2022). Usability, Accessibility and Social Entanglements in Advanced Tool Use by Vision Impaired Graduate Students. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, 6(CSCW2). <https://doi.org/10.1145/3555609>
- Smock, B., Pesala, R., & Abraham, R. (2022). PubTables-1M: Towards Comprehensive Table Extraction From Unstructured Documents. *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on*

- Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 4634–4642.
- Spiel, K., Frauenberger, C., & Fitzpatrick, G. (2017). Experiences of autistic children with technologies. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 11, 50–61. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2016.10.007>
- Spiel, K., Frauenberger, C., Hornecker, E., & Fitzpatrick, G. (2017). When Empathy Is Not Enough: Assessing the Experiences of Autistic Children with Technologies. *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2853–2864. <https://doi.org/10.1037/005436>
- Stephanidis, C., & Savidis, A. (2001). Universal Access in the Information Society: Methods, Tools, and Interaction Technologies. *Universal Access in the Information Society*, 1(1), 40–55. <https://doi.org/10.1007/s102090100008>
- Svensson, B., & Keller, C. (2024). Agentic Relationship Dynamics in Human-AI Collaboration: A Study of Interactions with GPT-based agentic Information Systems Artifacts. *Proceedings of the 57th Hawaii International Conference on System Sciences*, 1, 7292–7301.
- Tamjeed, M., Tibdewal, V., Russell, M., McQuaid, M., Oh, T., & Shinohara, K. (2021). Understanding Disability Services Toward Improving Graduate Student Support. *Proceedings of the 23rd International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*. <https://doi.org/10.1145/3441852.3471231>
- Thoo, Y.-J., Jeanneret Medina, M., Froehlich, J. E., Ruffieux, N., & Lalanne, D. (2023). A Large-Scale Mixed-Methods Analysis of Blind and Low-vision Research in ACM and IEEE. *ASSETS 2023 - Proceedings of the 25th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*. <https://doi.org/10.1145/3597638.3608412>
- UNICEF. (2019). *Accessible Digital Textbooks using Universal Design for Learning*.
- Vassilakopoulou, P., & Hustad, E. (2023). Bridging Digital Divides: a Literature Review and Research Agenda for Information Systems Research. *Information Systems Frontiers*, 25(3), 955–969. <https://doi.org/10.1007/s10796-020-10096-3>
- W3C. (2021). *Accessibility Requirements for People with Low Vision: W3C Editor's Draft 04 November 2021*. <https://w3c.github.io/low-vision-a11y-tf/requirements.html>
- Wang, L. L., Cachola, I., Bragg, J., Cheng, E. Y. Y., Haupt, C., Latzke, M., Kuehl, B., van Zuylen, M., Wagner, L., & Weld, D. (2021a). *Improving the Accessibility of Scientific Documents: Current State, User Needs, and a System Solution to Enhance Scientific PDF Accessibility for Blind and Low Vision Users*. <http://arxiv.org/abs/2105.00076>
- Wang, L. L., Cachola, I., Bragg, J., Cheng, E. Y. Y., Haupt, C., Latzke, M., Kuehl, B., van Zuylen, M., Wagner, L., & Weld, D. (2021b). SciA11y: Converting Scientific Papers to Accessible HTML. *ASSETS 2021 - 23rd International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*. <https://doi.org/10.1145/3441852.3476545>
- Wu, A., & Sengupta, A. (2023). Improving Accessibility of Educational Content - An Exploratory Data Analysis. *ICIS 2023 Proceedings*, 15. https://aisel.aisnet.org/icis2023/soc_impactIS/soc_impactIS/15
- Yıldız, Z., & Subaşı, Ö. (2023). An Institutional Perspective: How Gatekeepers on a Higher Education Interact for the Organization of Access. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, 32(3), 713–744. <https://doi.org/10.1007/s10606-023-09471-w>
- Zhang, X., Tlili, A., Nascimbeni, F., Burgos, D., Huang, R., Chang, T.-W., Jemni, M., & Khribi, M. K. (2020). Accessibility within open educational resources and practices for disabled learners: a systematic literature review. *Smart Learning Environments*, 7(1), 1. <https://doi.org/10.1186/s40561-019-0113-2>

Zhong, X., Tang, J., & Yepes, A. J. (2019). PubLayNet: Largest dataset ever for document layout analysis. *Proceedings of the International Conference on Document Analysis and Recognition, ICDAR*, 1015–1022. <https://doi.org/10.1109/ICDAR.2019.00166>

Annexes

Annexe A. Page d'un manuel scolaire inaccessible

Page du document en PDF	Problèmes d'accessibilité
	

Annexe B. Données secondaires collectées

Un nombre minimal de références sont citées dans la bibliographie.

Acteur	Type doc.	Degré	Référence
G	R	Tous	Centre suisse de coordination pour la recherche en éducation (CSRE). (2023). <i>L'éducation en Suisse – rapport 2023</i>
G	AR	Tous	de Chambrier, A.-F., & Dierendonck, C. (2022). Vers l'implémentation du modèle de Réponse à l'Intervention dans les systèmes éducatifs d'Europe francophone ? <i>L'Année psychologique</i> , 122(2), 301–337. https://doi.org/10.3917/anpsy1.222.0301
G	AR	Tous	Jost, M., & Schnyder, S. (2013). Compensation des désavantages : un pas vers l'école inclusive. <i>Revue Suisse de Pédagogie Spécialisée</i> , 3, 35–42.
G	AR	N/A	Fuchs, D., & Fuchs, L. S. (2006). Introduction to response to intervention: What, why, and how valid is it? <i>Reading Research Quarterly</i> , 41(1), 93–99. https://doi.org/10.1598/rrq.41.1.4
G	R	Tous	Kronenberg, B. (2021). <i>Pédagogie spécialisée en Suisse</i> .
G	O	Scolarité obligatoire	Direction générale de l'enseignement obligatoire et de la pédagogie spécialisée (DGEO). (2019). <i>Concept 360°</i> . https://www.vd.ch/themes/formation/enseignement-obligatoire-et-pedagogie-specialisee/concept-360
G	R	Tous	Volland, B., Wimmer, K., Weber, M., Buchser-Heer, N., Jeitziner, M., Klausung, A., Martin, I. Z., Ritz, E., Graber, S., Monney, S. B., Cattaneo, A., Von Erlach, E., Gerlings, A., Lüthi, S., & Trede, I. (2021). <i>La numérisation dans l'éducation</i> . https://www.educa.ch/fr/themes/utilisation-des-donnees/la-numerisation-dans-leducation
G	W	N/A	Union centrale suisse pour le bien des aveugles (UCBA). (2023). <i>Contact</i> . https://www.ucba.ch/contact
G ; H	O	Scolarité obligatoire	Centre suisse de pédagogie spécialisée (CSPS). (2021). <i>Déficience visuelle à l'école régulière : Informations à l'intention du corps enseignant sur la déficience, les mesures de différenciation pédagogiques et la compensation des désavantages</i> .
G	R	Tertiaire	Darvishy, A., Hedderich, Ingeborg Oberholzer, F., & Sethe, R. (2022). <i>Guide pour l'enseignement et la recherche accessibles à tout le monde</i> .
H	O	Scolarité obligatoire	DGEO. (2019). <i>BILAN ELARGI 360° : Protocole de réseau interdisciplinaire en vue de l'octroi d'une mesure en milieu scolaire</i> .
H	T	Scolarité obligatoire	Gouttefarde, A. M. (2022). <i>Pairs et experts ? La renormalisation de leur collaboration avec l'école ordinaire par quatre enseignants spécialisés chargés d'une formation dans leur établissement</i> [Université de Genève]. https://doi.org/10.13097/archive-ouverte/unige:159371
H	W	Obligatoire, Tertiaire	Fondation Asile des aveugles. (2023). <i>Centre technique en adaptation et accessibilité</i> . https://www.ophtalmique.ch/mal-voir/accessibilite/centre-technique-en-adaptation-et-accessibilite/
H	W	N/A	Centre d'Information et de Documentation Jeunesse (CIDJ). (2023). <i>Transcripteur-adaptateur / Transcriptrice-adaptatrice de documents</i> . https://www.cidj.com/metiers/transcripteur-adaptateur-transcriptrice-adaptatrice-de-documents
G	AR	Tous	Mizrahi, C., & Bolkensteyn, A. (2020). Compensation des désavantages : questions et aspects juridiques. <i>Revue Suisse de Pédagogie Spécialisée</i> , 10(2), 7–13.
G	AR	Tous	Lanners, R. (2020). Nouveaux regards sur la pédagogie spécialisée en Suisse Analyse de la récente statistique suisse. <i>Revue Suisse de Pédagogie Spécialisée</i> , 10(2), 39–46.
T	W	N/A	Des ouvrages scolaires accessibles pour soutenir l'école inclusive. (2023). https://www.booxaa.ch/
T	M	N/A	Fondation Asile des Aveugles. (2020). Booxaa.ch, des manuels d'enseignement romands accessibles et adaptés pour toutes et tous. Entretien. https://blog.ophtalmique.ch/2020/11/11/booxaa-manuels-enseignement-accessibles/
T	M	N/A	Lagrange, C. (2021). Tactuel 1/2021. Une bibliothèque numérique inclusive inédite. https://www.tactuel.ch/fr/une-bibliotheque-numerique-inclusive-inedite/
T	O	N/A	Forum (2020). Forum des Idées - Booxaa, le manuel scolaire pour les élèves malvoyants et en difficulté - Episode du 20 novembre 2020. https://www.rts.ch/audio-podcast/2020/audio/forum-des-idees-booxaa-le-manuel-scolaire-pour-les-eleves-malvoyants-et-en-difficulte-25163450.html

Acteur : gouvernance (G, p. ex. aspect politique et/ou sociétal, juridiques, compréhension du système éducatif), acteurs humains (H), actant technologique (T).

Type de document : rapport (R), article de revue (AR), acte de colloque (AC), site web (W), article de magazine (M), autres (O), thèse (T).

Degré de formation : obligatoire (primaire et secondaire), tertiaire (hautes études universitaires), tous

Bases légales relatives à la formation et au travail des personnes handicapées (adapté de Kronenberg, 2021).

Bases légales en lien avec la formation et/ou le travail	Principaux textes de loi
Droit international (Accords internationaux)	Convention de l'ONU relative aux droits des personnes handicapées (CDPH) Convention des Nations-Unies relative aux droits de l'enfant (CIDE-ONU) Pactes I et 11 de l'ONU Convention des droits de la femme Conventions de l'OIT N°111 et 159 Traité de Marrakech
Droit constitutionnel	Constitution fédérale (Cst.)
Droit de l'égalité	Loi sur l'égalité des personnes handicapées (LHand) Loi fédérale sur la statistique (LFS) Loi sur le droit d'auteur (LDA)
Droit des assurances sociales	Loi sur l'assurance-invalidité (LAI)
Droit de l'éducation et de la formation	Loi fédérale sur la formation continue (LFCo) Loi sur l'encouragement et la coordination des haute écoles (LEHE) Loi fédérale sur la formation professionnelle (LFPr) Concordat HarmoS Concordat sur la pédagogie spécialisée Convention intercantonale relative aux institutions sociales (CI15)
Droit du travail	Loi sur le travail (LTr) Code des obligations (CO) Loi fédérale sur les institutions destinées à promouvoir l'intégration des personnes invalides (LIPPI) Convention intercantonale relative aux institutions sociales (CI15)

Principales lois en faveur de l'inclusion dans un contexte de formation consultées :

Loi	Date (entrée en vigueur)	Niveau	Niveau scolaire	Référence
Convention sur les droits des personnes handicapées (CDPH) de l'ONU	15 mai 2014	International	Tous	(Mizrahi & Bolkensteyn, 2020)
Traité de Marrakech	11 mai 2020	International	Tous	(Confédération suisse, 2020)
Constitution fédérale : discriminations (art. 8 al. 2) et droit à l'enseignement de base (art. 19)	18 avril 1999	National	Tous	(Mizrahi & Bolkensteyn, 2020)
La loi fédérale sur l'égalité pour les handicapés (LHand ; RS 151.3) s'applique dans le domaine de la formation (art. 3 let. f).	1 ^{er} janvier 2004	National	Formation professionnelle, EPF et HES	(Mizrahi & Bolkensteyn, 2020)
Loi fédérale sur l'assurance-invalidité (LAI) : Formation professionnelle initiale (art. 16), moyens auxiliaires (art. 21)	1 ^{er} janvier 2001*	National	Formation professionnelle initiale Formation continue	(Confédération suisse, 2023, art. 16)
Accord intercantonal sur la collaboration dans le domaine de la pédagogie spécialisée (AICPS)	1 ^{er} janvier 2011	Cantonal	Scolarité obligatoire	(Mizrahi & Bolkensteyn, 2020)
Dispositions cantonales. Précisé dans la Constitution fédérale (art. 3, 43 et 62 al. 1)	Variable	Cantonal	Scolarité obligatoire, secondaire II, universités	(Mizrahi & Bolkensteyn, 2020)

Note : *Date la plus ancienne qui a pu être consultée.

Confédération suisse. (2020). *Traité de Marrakech visant à faciliter l'accès des aveugles, des déficients visuels et des personnes ayant d'autres difficultés de lecture des textes imprimés aux œuvres publiées (avec décl. communes)*. <https://www.fedlex.admin.ch/eli/oc/2020/186/fr>

Confédération suisse. (2023). *Loi fédérale sur l'assurance-invalidité (LAI), 1^{er} janvier 2023*. https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1959/827_857_845/fr

Annexe C. Apprenants malvoyants ou aveugles

Participant	A1	A2	A3	A4	A5 + P1	A6	A7	A8
Info. générales								
Genre	H	H	F	F	H	H	H	H
Groupe d'âge	40-49	40-49	30-39	30-39	10-19	20-29	30-39	10-19
Cap. visuelle	Malvoyant	Aveugle	Aveugle	Malvoyant	Aveugle	Malvoyant	Malvoyant	Aveugle
Type de scolarité	Ordinaire	Ordinaire	Spécialisée et ordinaire	Ordinaire	Spécialisée et ordinaire	Ordinaire	Ordinaire	Spécialisée et ordinaire
Emploi	Part.	Part.	Part.	N/A	N/A	N/A	Part.	N/A
Rôle	Apprenant (part.)	Apprenant (occ.)	Apprenant (occ.)	Apprenant	Apprenant	Apprenant	Apprenant (occ.)	Apprenant
Aide	Financement	Financement	Financement	Centre en adaptation	Centre en adaptation	Centre en adaptation	Centre en adaptation	Centre en adaptation
Technologie								
Périphérique	Smartphone ; ordinateur	Smartphone ; ordinateur	Smartphone ; ordinateur	Ordinateur	Ordinateur	Ordinateur ; tablette	Ordinateur ; smartphone	Ordinateur
Tech. d'assistance	Synthèse vocale ; Agrandisseur d'écran ; Appareil de lecture	Synthèse vocale ; Agrandisseur d'écran ; Appareil de lecture	Synthèse vocale ; Ligne Braille ; Scanner-Logiciel OCR	Synthèse vocale ; Agrandisseur d'écran	Synthèse vocale ; Ligne Braille	Appareil de lecture ; Synthèse vocale ; Scanner-Logiciel OCR	Agrandisseur d'écran	Agrandisseur d'écran ; Synthèse vocale

Légendes : *À* : apprenant ; *P* : parent

part. : partiel ; *occ.* : occasionnel. Formation dans le cadre professionnel.

Annexe D. Compte rendu du processus d'adaptation par acteur

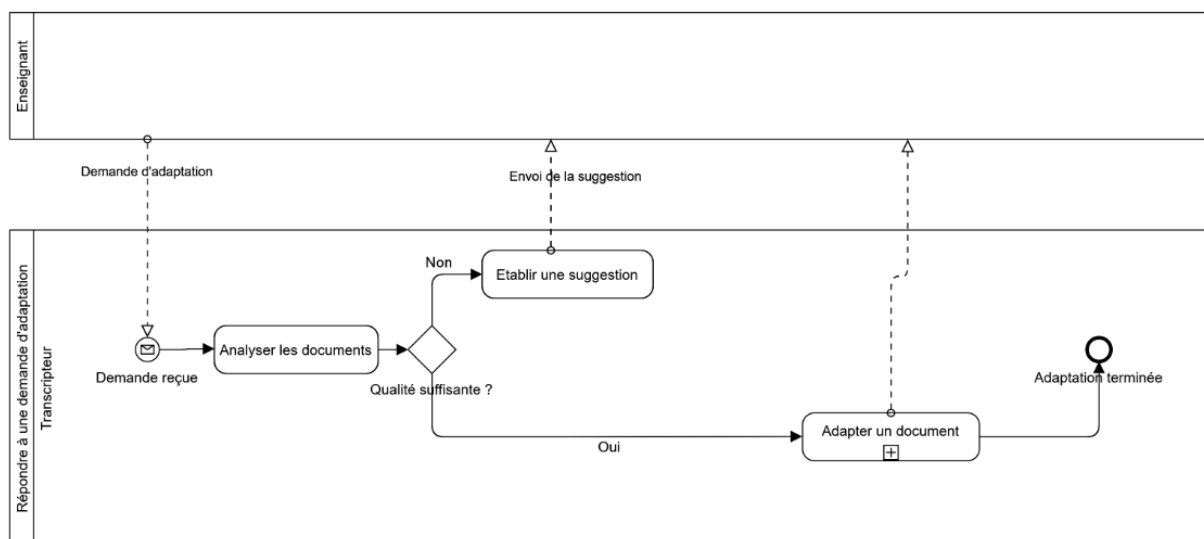
Compte-rendu des observations du processus d'adaptation effectuée par des spécialistes

Objectif, date et durée	Processus d'adaptation – 01.09.20 – 2h – 2 spé. Divergences d'adaptation (détection) – 15.12.20 – 2h – 3 spé. Utilisation et retour par échange de mails – 01.21 à 10.22 Limites (volonté de délégation) – 15.11.22 – 7h – 1 spé. Utilisation et retour par échange de mails – 12.22 à 05.23 Limites (volonté de délégation) et styles – 14.06.23 – 7h – 1 spé.
Heures	18
Participants	Spécialiste 1 (experimenté, FG) Spécialiste 2 (AF) Spécialiste 3 (MF) Spécialiste 4 (Responsable) – a participé aux discussions
Observateur	1 ^{er} auteur [anonyme], 2 ^{ème} auteur [anonyme]

Caractéristiques du centre d'adaptation : Le centre offre l'expertise d'une équipe de professionnels spécialisés dans les domaines : de la pédagogie, de la formation d'adultes, de l'édition adaptée de documents accessibles, des technologies d'aide, de l'informatique adaptée à la déficience visuelle et de la production de ressources pédagogiques adaptées. L'équipe de spécialistes en adaptation est au service des apprenants afin d'apporter des réponses personnalisées à leurs besoins individuels et uniques. L'essentiel des productions du centre est dédié aux apprenants atteints dans leur santé visuelle et suivant une formation en Suisse romande. Le service d'édition accessible fournit des documents, plans, schémas ou images adaptés à la déficience visuelle.

Caractéristiques des spécialistes en adaptation : Les spécialistes en adaptation peuvent être des graphistes formés sur le tas ou avoir effectué une formation de « *Transcripteur-adaptateur / Transcriptrice-adaptatrice de documents* » dispensé en France (CIDJ, 2023, Annexe B). Chaque spécialiste dispose d'une expertise sur quelques logiciels de type bureautique, de graphisme et de reconnaissance optique de caractères (*Optical Character Recognition, OCR*).

Description du processus (haut niveau d'abstraction) :



Le plus souvent, un enseignant ordinaire envoie un document (un chapitre, une unité, parfois un livre entier) pour une adaptation accessible quelque temps avant de donner son cours. Il est important de souligner que les spécialistes ont peu (voire pas) de contact direct avec les élèves et n'ont pas retour sur le résultat de l'adaptation. Le document est réceptionné par le service d'édition accessible qui le place dans une file d'attente (étape volontairement non représentée dans le diagramme). Le document est ensuite (auto-)attribué au spécialiste. Le flux de travail est lancé pour un document. Une première analyse du document est effectuée par le spécialiste. Si les fichiers réceptionnés sont de qualité suffisante, une adaptation peut être initiée. Dans certains cas, le spécialiste peut refuser l'adaptation d'un matériel scolaire de mauvaise qualité ou étant trop ancien.

Concernant les flux typiques d'adaptation, nous avons obtenu les informations suivantes :

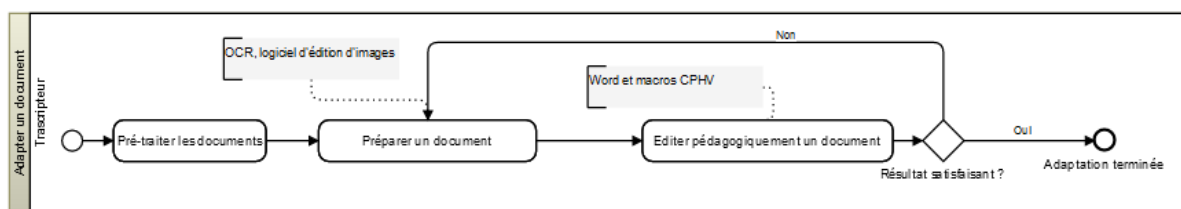
- ~50% des documents sont des PDF sources (fourni par l'éditeur) ou des documents Word du corps enseignant. Les PDF sources sont des documents scolaires du MER.
- ~50% des documents sont documents non source (p. ex. images scannées, PDF non-source)
- Un faible nombre de demandes concerne des documents variés (p. ex. slides Powerpoint), mais ce n'est pas représentatif d'un manuel scolaire.

Exemple de conversion de format durant le flux de travail :

- PDF Source → OCR → Word → PDF
- PDF Source → HTML → Word → PDF
- Scan → PDF → OCR (ABBYY ou OCR math.) → Paint/Illustrator → Microsoft Word → PDF

Description du sous-processus « Adapter un document » :

L'analyse des observations fait émerger trois étapes principales dans l'activité d'adaptation d'un document scolaire. La différence entre l'étape deux et l'étape trois est que la première prépare le contenu (information) tandis que la deuxième se concentre sur son affichage (agencement et style).



Pré-traiter les fichiers. Cette tâche consiste à convertir le ou les fichiers reçus en un format exploitable à l'édition. L'amélioration de la qualité d'un fichier (p. ex. rechercher le fichier en qualité supérieure sur le web ou demander le fichier source à l'éditeur) fait partie de cette étape. Si les documents reçus sont de qualité optimale, cette opération n'est pas réalisée.

Qualité perçue par le spécialiste	Faible	Moyenne	Haute
Format source	Scan de pages de documents (p. ex. .jpg, .png)	PDF Powerpoint avec un « tableau image »	PDF d'origine par l'éditeur Word (.docx)

Préparer le document. Le spécialiste analyse le document de manière précise. Il identifie la nature ses éléments constitutifs (lié à sa discipline scolaire : document textuel, exercices, mathématique), ses niveaux de titre, ou encore l’agencement de l’information. L’objectif consiste à déterminer la stratégie d’adaptation la plus appropriée pour chercher à optimiser son flux d’adaptation (*efficience*). Cela s’appuie sur une analyse coûts/bénéfices liés au temps et à la pénibilité des opérations. Le choix adopté dépend de deux facteurs principaux : la qualité de la source (document en entrée du processus) et l’expertise du spécialiste (flux de travail). Plus précisément, le spécialiste déploie une série d’opérations automatiques et manuelles – soutenues par des logiciels d’édition bureautique, de graphisme ou OCR – qui dépendent premièrement du format du document. Pour une image, un spécialiste emploie un OCR, construit un document accessible à partir des textes et des images nécessaires. Pour un document source (PDF, Word), le contenu est copié-collé vers le format de destination. Il se peut qu’une image soit modifiée ou recrée dans un logiciel de graphisme. Pour un même format en entrée, un spécialiste (S2) est adepte du copier-coller de l’éditeur OCR vers Word, tandis qu’un autre exploite le format HTML converti à partir du fichier PDF initial (S1). Une approche par « *essai-erreur* » est notamment appliquée par le spécialiste le plus expérimenté (S1). En finalité, le spécialiste vise à obtenir un document « propre » sans bruit graphique, avec tout le contenu pédagogique nécessaire à l’apprenant.

Adaptation pédagogique personnalisée à l’élève en situation de handicap visuel : Un modèle (*template*) Word muni de nombreux styles et macros, développées sur-mesure par l’équipe d’adaptation, est appliqué à chaque document. Ce modèle a été affiné au fil du temps pour prendre en compte toujours plus de nouveaux cas. À ce jour, 10 modules (utilitaire, typographie, langue, fonctions, tableau, image, mise en forme, conventions, listes, pagination) ont été développés pour agir sur trois dimensions : l’information (contenu), l’agencement et le style.

Le contenu préparé est ainsi réagencé et mis en forme pour répondre aux critères d’accessibilité. Au fil des opérations semi-automatiques, un spécialiste, habitué à la structure d’un document, acquiert une logique d’adaptation pour celui-ci. Il est important de souligner que plusieurs itérations sont nécessaires pour obtenir un document accessible. À la fin de cette étape, un document accessible en PDF est obtenu. Ce dernier dispose d’une représentation intelligible pour les élèves en situation de handicap visuel. Les documents adaptés peuvent être envoyés à l’enseignant.

Bien que la distinction entre les tâches 2 et 3 soit possible, en pratique la frontière est parfois plus floue selon le flux d’adaptation adopté par le spécialiste. Le document Word est au centre du flux de travail et il est souvent le seul document à subir des itérations. Par exemple, les projets de conversion effectués sur le logiciel OCR ne sont pas souvent sauvegardés.

Fréquents problèmes rencontrés et leur remédiation :

Dimension de l’interface utilisateur affectée : contenu, structure, style

#	Dim.	Problème	Détail/exemple	Remédié par
P-C1	Contenu	Contenu illisible	Page scannée très difficilement déchiffrable	R-C1
P-C2	Contenu	Texte image	Tableau ou schéma « capture-d’écran »/scan	R-C1
P-C3	Contenu	Images décoratives	Images à but esthétique non nécessaire à la réalisation de l’objet pédagogique (p. ex. exercice). P. ex. icône pour entourer le numéro de page.	R-C3

P-C4	Contenu	Contenus liés éloignés	Note de bas de page loin du texte ; explication loin de l'image	R-C4
P-C5	Contenu	Caractères spéciaux	Contenu mal détecté par l'OCR : lettre doubles 'ff'/'oe', lettres italiques, texte de biais, espaces multiples, caractères spéciaux, etc. Polices d'affichage OpenType/TrueType	R-C5
P-C6	Contenu	Contenu partiellement disparate	Tirets (p. ex. cadratin, semi-cadratin) non standardisés pour un même document	R-C5
P-C7	Contenu	Zone de texte à remplir	Zone de réponse marquée par des lignes ... ; ___	P-C7
P-C8	Contenu	Contenus non marqués	Un même paragraphe peut avoir du texte et une formule mathématique sans que la formule soit marquée comme telle	P-C2
P-S1	Structure	Mise en page compliquée	Disposition en plusieurs colonnes ; chevauchement entre des éléments (image de fond/texte au premier plan) ; page double en vis-à-vis (p. ex. magazine)	R-S1
P-S2	Structure	Ordre de lecture différent de l'ordre de disposition	Information non structurée en matière d'ordre de lecture	R-S2
P-S3	Structure	Disposition partiellement disparate	Entête et pied de page qui diffèrent d'emplacement sur les pages paires/impaires	R-S3
P-SY1	Style	Contrastes faibles	Fond/texte	R-SY1
P-SY2	Style	Police fantaisie / puce fantaisie	Police non reconnaissable par un OCR, car style « écrit à la main »	R-SY1
P-SY3	Style	Nombreux niveaux de styles	Trop de styles qui causent de l'incompréhension	R-SY2
P-F1	Format	Différents formats	Format paysage (slide Powerpoint) ou portrait non standard	R-F1

#	Remédiation	Détail/exemple	Phase
R-C1	Remplacement	Remplacement du document initial (scan) par un nouveau (p. ex. partition de musique numérique) ; retrouver l'original numérique du scan transmis par l'enseignante sur un site pédagogique (biceps.ch, mysticlolly.fr, tidou.fr...) ; demander l'original à l'éditeur	1
R-C2	Réédition	Re-production du schéma avec un logiciel d'édition graphique (p. ex. Paint), reproduction d'une formule de math. avec un éditeur math.	2
R-C3	Filtre	Suppression du contenu apportant du bruit	2
R-C4	Rapprochement	Positionnement de la note dans le corps de texte, à l'endroit où elle est mentionnée	3
R-C5	Standardisation du contenu	Application d'une macro qui remplace des caractères	3
R-C7	Zone de saisie	Création de zone de saisie	3
R-S1	Linéarisation	Disposition/agencement du contenu en une colonne	2 ; 3
R-S2	Repositionnement	Positionnement des éléments en un ordre qui fait sens/priorité. Numéro de page comme 1 ^{er} élément.	2 ; 3
R-S3	Standardisation de la structure	Présentation des types d'objets au même endroit (familiarité)	3
R-S4	Simpl. des niveaux de titre	Utilisation d'un nombre limité de titres	3
R-SY1	Templating	Utilisation d'une template à fond blanc, titres bien indiqués, police sans sérif	3
R-SY2	Simplification des styles	Mêmes styles et même police à travers tous les documents	3
R-F1	Format statique	Lisibilité sur format A4 principalement. Impression en A3 possible.	3

Matrice d'adjacence présentant les cas de délégation d'adaptation accessible

DEST SRC	A	E	ESP	SAA	ENT	C	STA ^a	ED
A	X ^b (A1-8)	X (A1-8)	X (A1, A5)	X (A1, A4, A6, OBS ^c)	X (A5)	X (A2, A4, A5, A8)	X (A5, A7, A8)	X ^d (A3)
E		-	X (A5)	X (A4, OBS ^c)	X ^e (A5)	0	0	0
ESP			-	X (OBS ^c)	0	0	0	0
SAA				-	0	0	0	X ^d (OBS)
ENT					-	0	0	0
C						-	0	0
ST							-	0
ED								-

Occurrence : X (oui), apprenant participant à notre étude (A), observation (OBS)

Acteur : Apprenant malvoyant ou aveugle (A), Camarade de classe (C), enseignant (E), enseignant spécialisé (ESP), entourage proche (ENT) ; spécialiste en adaptation accessible (SAA), spécialiste en technologie d'assistance (STA), éditeur/graphiste du document source (ED).

Complément :

- Généralement, les spécialistes en adaptation sont les seuls acteurs qui délivrent un document accessible sur le point de vue des normes.
- Correspond typiquement à l'apprenant qui effectue une tentative d'adaptation accessible par ses propres moyens ou « *fait avec* » sans le document accessible.
- Idéalement, le corps enseignant ordinaire ou spécialisé effectue une demande d'adaptation aux spécialistes en adaptation. Certains apprenants ont un contact direct avec un spécialiste.
- Les cas de délégation vers l'éditeur correspondent typiquement à la demande d'un document dans sa version source.
- Cas exceptionnel (p. ex. période COVID-19).

Règles générales :

- L'initiateur de la délégation peut être le corps enseignant ou l'apprenant.
- L'apprenant est l'ultime bénéficiaire du document adapté.
- Le spécialiste en adaptation ne peut pas déléguer plus loin, il s'agit du dernier niveau. Il peut toutefois refuser une adaptation (mauvaise qualité, délai impossible à tenir).
- L'entourage ou le camarade ne délègue pas l'adaptation, il s'agit du dernier niveau.
- Les acteurs humains utilisent généralement des technologies numériques pour adapter un document.

Annexe E. Adaptation accessible automatisée d'une page de manuel scolaire : 1) détection d'objets, 2) adaptation accessible et 3) interface de lecture adaptable



1) Détection intelligente sur le document initial



Objets détectés :

- Image
- Titre
- Texte
- Légende

1) Adaptation accessible

<p>p12 La marche dans le désert Une nourriture bienvenue</p> <p>Après la sortie d'Égypte, les Israélites arrivent au désert du Sinaï. Ils se mettent à critiquer Moïse et Aaron. Ils disent :</p> <p>— Si seulement le Seigneur nous avait fait mourir en Égypte, quand nous nous réunissions autour des marmites de viande et que nous avions assez à manger ! Mais vous nous avez conduits dans ce désert pour nous y laisser tous mourir de faim !</p> <p>Le Seigneur dit à Moïse :</p> <p>— J'ai entendu les plaintes des Israélites. Dis-leur donc ceci de ma part : « Ce soir, vous mangerez de la viande, et demain matin vous aurez du pain en suffisance ; ainsi vous saurez que moi, le Seigneur, je suis votre Dieu ».</p> <p>En effet, le soir, des cailles arrivent et se posent sur tout le camp ; et le matin, tout autour du camp, il y a une couche de rosée.</p> <p>→ Page suivante</p>	<p>Lorsque la rosée s'évapore, quelque chose de granuleux, fin comme du givre, reste par terre. Les Israélites le voient, mais ne savent pas ce que c'est, et ils se demandent :</p> <p>— Qu'est-ce que c'est ?</p> <p>Moïse leur répond :</p> <p>— C'est le pain que le Seigneur vous donne à manger. Et voici ce que le Seigneur a ordonné : « Que chacun en ramasse la ration qui lui est nécessaire ».</p> <p>D'après Exode 16,1 - 16 (extraits)</p> <p>La caille est un petit oiseau migrateur.</p> 	<p>La Bible présente la vie dans le désert comme un temps d'épreuve : c'est pour les Israélites le moment d'apprendre à être libres en ne sachant pas de quoi demain sera fait, le moment de faire confiance à Dieu, sans regretter le passé. Pour les auteurs bibliques, tous les moyens qui permettent au peuple de survivre sont des cadeaux de Dieu.</p> 
--	--	--

3) Interface adaptable

Paramétrage

Choix police: Arial - Taille du texte: 16 - Contrastes: Noir sur blanc

p12

La marche dans le désert

Une nourriture bienvenue

Après la sortie d'Égypte, les Israélites arrivent au désert du Sinaï. Ils se mettent à critiquer Moïse et Aaron. Ils disent :

— Si seulement le Seigneur nous avait fait mourir en Égypte, quand nous nous réunissions autour des marmites de viande et que nous avions assez à manger ! Mais vous nous avez conduits dans ce désert pour nous y laisser tous mourir de faim !

Annexe F. Modèle conceptuel de la volonté de délégation de deux dyades « spécialiste en adaptation-artefact SI agentique » et « apprenant-artefact SI agentique »

