Assistant en accessibilité, rendre accessible une activité d'analyse d'article

Gérard Uzan
CHArt EA4004
Université Paris 8,
Saint-Denis, France
gerard.uzan@univ-paris8.fr

Alexis Culpin
Licence Frontières du Vivant,
Université Paris Cité,
Paris, France

Estelle Dupré
Licence Frontières du Vivant,
Université Paris Cité,
Paris, France

Juliette Gaetan
UMR 7590
UPMC/CNRS/IRD/MNHN
Paris, France

Antoine Taly
Laboratoire de Biochimie Théorique,
CNRS, Université Paris Cité,
Paris, France
taly@ibpc.fr

***Résumé*—Le point de départ de cet article est une activité de description de figures qui trouve sa place dans un objectif plus global d'enseigner la lecture d'articles scientifiques à des étudiants. Nous décrirons une adaptation de l'activité menée pour un étudiant en situation de handicap (cécité totale). Notre projet visait donc à 1) aider l'étudiant en situation de handicap à améliorer son expérience d'apprentissage et son assistante en accessibilité, à mieux l'accompagner, 2) documenter notre parcours pour partager les progrès réalisés grâce à cette opportunité, 3) proposer une activité utile pour tous. Nous présenterons d'abord la place des figures dans la lecture d'un article; Nous analyserons ensuite des stratégies de description des figures utilisées par l'assistante en accessibilité et relaterons les interactions sous forme de dialogue avec l'étudiant-chercheur; Nous proposerons ainsi une activité qui formalise le dialogue; Nous présenterons enfin une évaluation du dispositif**.

Mots Clefs*—Accessibilité, Assistant, Article, Figure, Littératie visuelle

I. Introduction

A. Contexte

La littératie informationnelle est une compétence importante pour les étudiants, et pour les étudiants en biochimie elle inclut une composante significative de littératie visuelle [1]. Ces éléments font donc partie des objectifs pédagogiques du cours de biologie, au premier semestre de la deuxième année de la licence Frontières du vivant. Pour atteindre ces objectifs une activité de description de figures est réalisée. En effet, un article étant un document composé d'items dont certains sont textuels et d'autres des figures [2], les étudiants doivent apprendre à tirer les informations de ces deux sources. Les articles analysés sont en lien direct avec les chapitres étudiés et sont issus de journaux généralistes: *Science* (trois articles tirés du site 'science in the classroom'), *P.N.A.S.* (deux articles) et *P.L.O.S.* (un article).

Nous décrirons une adaptation de l'activité menée pour un étudiant étant en situation de handicap (aveugle). Notre intention pédagogique est d'entrer dans une démarche inclusive cohérente avec l'objectif didactique initial. Nous avons donc regroupé une équipe constituée des enseignants (AT et JG), l'étudiant en situation de handicap (AC), l'étudiante qui l'assiste en termes d'accessibilité (ED) et un spécialiste des questions de handicap et d'accessibilité (GU).

Notre projet visait à 1) aider l'étudiant en situation de handicap à améliorer son expérience d'apprentissage et son assistante en accessibilité, à mieux l'accompagner, 2) documenter notre démarche, 3) proposer une activité utile pour tous les étudiants.

B. Démarche de conception et recherche

Nous avons adopté la démarche THEDRE qui permet de structurer le travail de conception mais aussi de recherche sur des systèmes d'information [3]. Dans notre cas, les acteurs internes sont AT, JG et GU et ils sont responsables de la recherche (AT, JG et GU), du développement (AT) et de la méthodologie (GU). Les étudiants, pleinement associés à la démarche, endossent le rôle d'"utilisateurs" de la méthode.

Une des propriétés de la méthode THEDRE est de structurer un travail par cycles successifs, chaque cycle étant constitué de quatres étapes: planification, expérimentation, contrôle et décision. La décision consiste soit à communiquer les résultats soit à initier un nouveau cycle permettant d'améliorer le protocole de recherche, depuis la question jusqu'au dispositif technique. Dans notre cas il y a deux cycles réalisé sur deux années, avec deux promotions différentes:

- Au cours de la première année le dispositif utilisé les années antérieures a été adapté pour AC. Au cours des premières semaines plusieurs entretiens ont été organisés avec AC et ED pour identifier les difficultés rencontrées et adapter le dispositif. Une première analyse est également réalisée après le semestre [4].
- L'année suivante une expérience est mise en place avec la promotion suivante. Une nouvelle version des

documents fournis aux étudiants est réalisée pour permettre les observations.

Le plan de l'article est le suivant:

- L'étape de planification se base sur l'état de l'art, qui sera présenté dans la section II qui traite de la place des figures dans la lecture d'un article.
- Les observations initiales réalisées au début du semestre, au cours d'entretiens avec ED et AC, sont présentées dans la section III qui analyse les stratégies de description des figures.
- L'activité proposée suite à ces observations est détaillée dans la section IV.
- L'évaluation initiale de la démarche est présentée dans la section V.
- Une expérimentation réalisée l'année suivante est présentée dans la section VI.

C. Forme du document

Le présent document est rendu accessible par le choix de remplacer les figures par une description sous forme de texte, aussi proche que possible de celle que pourrait faire un assistant en accessibilité. Nous faisons le pari qu'en plus de faciliter le travail de notre équipe et la lecture pour les personnes en situation de handicap avec une cécité partielle ou totale, cela permettra aux autres lecteurs d'avoir un aperçu de la difficulté liée à un empêchement d'accès aux figures. Par souci de clarté dans le reste du document les étudiant seront désignés en fonction de leur rôle: l'étudiant en situation de handicap sera désigné « chercheur », et l'étudiante qui est son assistante en accessibilité « assistante ».

II. La Place des Figures dans la Lecture d'un Article

L'analyse de la façon dont chacun des agents, chercheur et assistante, intervient peut-être formalisée via une approche ergonomique. Nous considérons ici la notion de compatibilité de la tâche, c'est-à-dire d'accord des caractéristiques des tâches avec celles des utilisateurs [5]. Dans notre cas, a priori toutes les étapes conceptuelles sont accessibles par le chercheur, seule l'étape visuelle lui étant inaccessible. Un aspect à déterminer est celui de l'étendu de la contribution de l'assistante vis-à-vis des autres étapes. Nous discuterons également de la notion d'utilisabilité [6], en particulier la possibilité pour le lecteur de trouver l'information pertinente.

A. Connaissances présentées dans un article scientifique

Les principales informations que l'on peut trouver dans un article sont liées à la démarche scientifique elle-même: Objectif, Hypothèses, Design et Résultats [7]. Ces éléments sont déjà présents dans le résumé de l'article et peuvent donc être anticipés [8]. Dans le corps de l'article les informations peuvent être présentées via des expressions formelles (texte) et des diagrammes (figures) [9]. Pour la conception de notre dispositif, nous nous concentrons sur l'articulation entre les informations présentes dans le texte, accessible, et les figures, pour lesquelles une mise en accessibilité est nécessaire. Nous nous concentrons en particulier sur l'utilisation des figures pour représenter les résultats.

B. Visualisation des connaissances scientifiques

Nous utilisons l'ontologie proposée pour la visualisation des connaissances scientifiques [9]. Cette formalisation est basée sur quatre étapes: 1) les connaissances à visualiser, 2) le modèle abstrait de ces connaissances, 3) le modèle visuel abstrait, 4) la visualisation. Nous notons que trois étapes apparaissent dans l'article sous forme de texte, et sont donc accessibles, alors que la dernière est inaccessible. Le rôle de l'assistante sera de partager cette étape visuelle, mais la description de la figure implique de travailler sur la présence implicite des autres étapes. C'est pour cette raison que le protocole proposé dans ce document vise à favoriser le dialogue entre le chercheur et son assistante et à le rendre aussi explicite que possible.

III. Analyse des Stratégies de Description des Figures

A. Profil de l'assistante en accessibilité

L'assistante en accessibilité est une étudiante de la même promotion que l'étudiant en situation de handicap. Elle a donc toutes les compétences scientifiques requises pour le travail demandé. Il est probable que cet aspect soit important pour les étapes non visuelles présentées en section II.

Il est notable que c'est un profil différent de celui des accompagnants d'élèves en situation de handicap (AESH) auquel AC a été confronté dans le secondaire. En effet, les AESH sont souvent peu qualifiés [10]. Par ailleurs, il n'y a pas dans notre cas de tension entre enseignants et AESH comme cela à été observé dans le secondaire [11]. Enfin le rôle de ED est strictement tourné vers les apprentissages dans une logique d'accessibilité et pas vers les missions de compensation qui peuvent aussi être assignées aux AESH [12].

B. Description de la stratégie de l'assistante en accessibilité

La stratégie que nous avons pu identifier s'appuie sur plusieurs étapes:

- Tout d'abord, elle donne le titre des figures, ce qui aide à avoir une idée du contenu.
- Ensuite, si la figure est composée de plusieurs parties, elle l'indique et décrit rapidement chaque partie: par exemple la première partie est un graphique, la deuxième un dessin. Elle donne ainsi une idée de ce à quoi ressemble la figure.
- Ensuite, elle détaille chaque partie, en essayant de trouver une analogie si besoin.
- Elle ajoute l'indication donnée par les légendes, et commence l'interprétation.

On remarque que cette stratégie de description est de type constructive, c'est-à-dire qu'elle permet une reconstruction

mentale de la figure [13]. C'est une stratégie qui a déjà été décrite comme efficace par une chercheuse en chimie computationnelle [14]. Par ailleurs, cette stratégie permet au chercheur de poser des questions [15].

On note aussi l'utilisation d'analogies lorsqu'il ne s'agit pas d'une forme bien connue. En effet, la description des formes basiques peut être réalisée en utilisant des références en géométrie simple, mais certaines caractéristiques, comme la présence de formes non closes, rendent très vite l'exercice difficile à réaliser voire impossible justifiant l'utilisation d'analogies [16].

B. Dialogue entre le chercheur et l'assistante et mise en place d'un langage opératif

La structure de l'activité proposée (section IV) est conçue pour forcer un dialogue pas à pas entre chercheur et assistante. L'objectif est la mise en place d'un langage opératif [17]. En effet, comme nous l'avons déjà noté, la visualisation des connaissances scientifiques est basée sur quatre étapes dont seule la dernière est visuelle, mais le rôle de l'assistante nécessite de prendre en compte la totalité du processus. Un point important dans notre cas est que l'assistante possède des compétences scientifiques. Elle peut donc répondre aux questions [15]. Il se crée ainsi un dialogue entre deux scientifiques.

Il est notable que les compétences scientifiques de l'assistante permettent un accompagnement plus efficace [18]. On observe ainsi une différence avec le travail réalisé par une AESH, sans bagage scientifique, au lycée.

C. Stratégie et intentionnalité de communication

Un point important dans cette activité est d'aborder la question de l'intentionnalité de communication de celui qui décrit la figure. Deux niveaux de description peuvent ainsi être comparés: un niveau descriptif et fidèle et un niveau qui va plus directement à l'information essentielle par analogie avec les images cognitives et les images opératives introduites par Ochanine [19]. Il nous a semblé intéressant de faire travailler les étudiants sur ces deux niveaux, de manière successive. Ainsi la partie D amène une description opérative alors que la partie F amène elle une description détaillée.

Il nous semble intéressant de connaître ces deux modes de communication pour les deux étudiants:

- Pour le chercheur, ces deux types de description permettent d'accéder à des informations différentes. La description opérative permet d'avoir une perception globale de la figure, voire de l'intention de communication de l'auteur. La description détaillée peut lui permettre d'accéder aux détails des expériences et, via un dialogue avec l'assistante, à l'intentionnalité de cette dernière.
- Pour l'assistante, cela permet de décomposer de manière explicite la source des informations, texte et/ou figure.

De plus, le chercheur est confronté à deux interprétations, celle de l'auteur (texte) et celle de l'assistante (description de l'image). Dans notre cas, le chercheur analyse l'intentionnalité de manière consciente, pour se faire une opinion/trouver les points à creuser. Par exemple, le titre d'une figure donne des informations sur ce qui est pertinent, mais ne permet pas de savoir si on est en accord avec l'interprétation de l'auteur. Les questions posées à l'assistante auront alors pour but d'interroger cette interprétation.

Il est probable que le profil scientifique de l'assistante influe sur le choix des informations présentées. Ainsi, il est possible d'utiliser les informations présentes dans la légende d'une figure, mais on est rapidement confronté au trop plein d'informations. L'assistante est donc amenée à filtrer les informations pour permettre au chercheur d'interroger l'interprétation des données, par exemple, changement de niveaux graphique, sémantique ou conceptuel, recours à l'analogie ou la métaphore, ou encore focus sur un ou plusieurs éléments figurés ou interprétatifs. Ce choix est en partie fait via un dialogue avec le chercheur, en lui demandant de confirmer que certaines informations sont non essentielles. L'assistante note par ailleurs que cette étape est compliquée dès lors que la figure est plus difficile d'accès pour elle, par exemple dans le cas d'une représentation atypique.

IV. L'activité Proposée

L'activité est une analyse d'article centrée sur le décryptage des figures et est réalisée avec deux protagonistes:

- Un qui prend le rôle d'assistant et décrit les figures. Dans ce rôle, l'étudiant doit pouvoir faire une description précise mais aussi réaliser une description opérative;
- Un qui prend le rôle de récepteur de l'information, qu'il soit lui-même en situation de handicap ou pas. Dans ce rôle, l'étudiant doit pouvoir guider la lecture, notamment en précisant ses intentions et donc les informations sur lesquelles son partenaire devra insister.

A. Mise en place

Un article peut être fourni aux étudiants en deux versions:

- Pour l'assistant, une version sans résumé, ce qui a pour but de renforcer le rôle du chercheur.
- Pour le chercheur, une version sans figure, ce qui permet aux étudiants qui ne sont pas en situation de handicap d'avoir une situation approchante.

Pour l'étudiant en situation de handicap, il est nécessaire de fournir le document en avance. En effet, la prise de connaissance du texte en amont peut faciliter la démarche d'accessibilité [15], parce que, parmi les difficultés que doit surmonter un chercheur en situation de handicap visuel, on trouve la nécessité d'opérer une lecture linéaire du texte [14].

B. Détail des questions

Une série de questions est également proposée pour structurer le travail. Les documents proposés aux étudiants sont ici fournis directement dans le texte, mais existent sous forme de figure en ligne [20].

- Partie A (chercheur)
  La consigne est: Que peut-on attendre des figures ? Sur la base du résumé, choisissez les trois principaux résultats que vous attendez des figures.
- Partie B (assistante d'accessibilité) - Choix des figures?
  La consigne est: Sur la base des résultats attendus par le chercheur, proposez des figures qui répondent aux attentes.
- Partie C (chercheur) - En fonction des résultats attendus, anticipez le contenu de chaque figure.
  La consigne est: Pour chaque figure répondez aux questions: Quel est l'objectif ? Quel est le principe/la méthode de l'expérience ?
- Partie D (assistante d'accessibilité) - Décrivez chaque figure.
  La consigne est: Pour chaque figure: décrivez la figure. Décrivez brièvement les résultats. Quelle est la conclusion ?
  Ici on demande une description synthétique de chacune des trois figures.
- Partie E (chercheur)- Parmi les figures décrites, choisissez celle pour laquelle vous avez besoin de tous les détails
  La consigne est alors: Expliquez pourquoi cette figure nécessite plus de détails
- Partie F (assistante d'accessibilité)- Décrivez la figure.
  La consigne est alors: Décrivez en détail la figure choisie.
  Cette description va donc être différente de la description synthétique précédente, ici tous les détails devront être transmis.

C. Memento proposé à l'assistant en accessibilité

Pour aider à décrire les figures nous proposons de fournir aux étudiants une carte mentale qui regroupe tous les types de figures. Les 28 catégories identifiées par Jobin [21] semblaient être un bon point de départ. L'idée a ensuite été d'identifier les catégories pertinentes. Une catégorie assez évidente était celle des photographies [22], qui contient des images naturelles, des images médicales et des objets en 3D. Ensuite, les autres types de figures ont été regroupés par type de représentation des données :

- Graphiques en 2D (nuage de points, graphique linéaire, histogramme, diagramme polaire),
- Graphiques 3D (carte thermique, graphique de surface, graphique vectoriel, graphique de contour, graphique à bulles),
- Les données montrant la relation entre les données (diagramme de Venn, matrice de confusion, diagramme en arbre),
- Représentation des procédures (organigramme, algorithme, schéma fonctionnel),
- Données sur les séries (diagramme à barres, diagramme de Pareto, carte de zone, box plot, diagramme circulaire, carte radar)
- Autres types (carte géographique, croquis, masque).

Une version visuelle de la carte mentale peut être trouvée en ligne [23].

V. Évaluation Initiale de la Démarche

A.Bénéfices pour les étudiants impliqués

Le travail d'assistante est associé au développement de la compétence de décrire les figures de manière didactique. La progression dans cette compétence est explorée plus en détail dans la section VI.

La lecture des figures est un élément important de l'appropriation d'un article scientifique et peut être utilisé au moment du choix d'inclure ou pas un article dans un corpus bibliographique. L'enseignant présente ainsi aux étudiant une stratégie de criblage des articles en trois étapes au niveau du titre, puis du résumé et enfin des figures. ED note que le travail d'assistante lui a permis de s'approprier cette démarche qui implique la capacité à juger un jeu de figures sans avoir lu le texte correspondant.

B. Réfléchir l'accessibilité: plutôt une opportunité qu'une contrainte pour l'enseignant

Il est généralement reconnu dans le monde du design que les contraintes ne sont pas un frein à la créativité mais une opportunité [24], [25]. Ici, la présence d'un étudiant en situation de handicap nous a amené à repenser la situation d'apprentissage. Nous avons adopté une approche centrée sur l'utilisateur [26] en décomposant le travail en sous tâches et tenté d'analyser séparément perception et conceptualisation/représentation pour chaque sous tâche. Cette décomposition était nécessaire pour répartir les tâches entre le chercheur et son assistante, tout en maximisant la part du travail réalisée par le chercheur, et donc ses compétences. Mais cette décomposition nous a aussi conduit à identifier toutes les sous-tâches d'un point de vue cognitif. L'activité résultante est beaucoup plus détaillée et décrit de manière explicite les différentes étapes. Ainsi l'intention, initialement implicite, de développer la compétence de recherche d'information dans les figures est devenu un objectif explicite ce qui est probablement, en soi, favorable à tous les étudiants.

L'opportunité d'écrire ce document s'est également révélée être une occasion de formaliser la réflexion et constitue un avantage *per se*, sans compter les possibilité de recevoir des retours [27].

VI Expérience du Second Cycle Thedre

L'activité proposée plus haut a été réalisée avec tous les étudiants de l'année suivante. Il s'agit de mesurer les bénéfices pour les étudiants de l'activité, même si le groupe d'étudiants ne comporte pas d'étudiant en situation de handicap.

Un point important de la méthodologie THEDRE est de permettre de préciser la question de recherche à chaque cycle. Notre expérimentation étant initialement orientée vers le service rendu à l'étudiant en situation de handicap a été initiée avec des questions vagues: est-ce que le dispositif permet à l'étudiant en situation de handicap d'atteindre les objectifs pédagogiques? Est-ce qu'il y a des bénéfices pour les autres acteurs, i.e. l'assistante en accessibilité, l'enseignant et les autres étudiants?

Pour cette expérience, la question concerne le bénéfice pour tous les étudiants. L'évaluation est centrée sur un aspect qui n'est pas réalisé spontanément par les étudiants: la description du modèle visuel abstrait. Nous nous sommes ainsi demandé si les annexes fournies avec le document initial permettaient de structurer la description des figures, i.e. en facilitant l'appellation du modèle visuel abstrait.

Au cours du semestre 6 séances d'analyse d'article ont été réalisées avec les documents et annexes. L'analyse est réalisée en observant l'utilisation des éléments du memento en tant qu'indice de l'effet de la formation [28]. Cette observation a été réalisée sur les copies de l'examen de fin de semestre alors que celui-ci ne contenait pas le memento et que la consigne ne mentionnait pas son utilisation. Une utilisation spontanée des éléments du memento est alors interprétée comme une indication d'une compétence acquise dans le cadre de l'exercice.

Nous constatons que 18/25 étudiants l'ont utilisé spontanément. Quoique le niveau de preuve soit limité, cette observation est cohérente avec l'acquisition de la compétence entraînée par au moins une partie des étudiants.

VII Conclusion

Notre travail peut s'analyser dans un contexte d'ergonomie [18], [29]. Brangier propose notamment une matrice d'analyse à double entrée (tableau 2). Dans la première dimension, il place les différents niveaux d'analyse (technologie, homme et organisation). Dans la deuxième dimension, il définit trois éléments du processus de symbiose (fonctionnalité, utilisabilité et accommodement).
Dans ce cadre on pourrait placer les interventions déjà réalisées:

- Au niveau du contexte organisationnel, nous avons mis en place un accompagnement par une assistante.
- Au niveau fonctionnalité/contexte, l'enseignant a réalisé une modification de l'activité en décomposant les tâches du chercheur et de l'assistante.
- Au niveau technologie/accommodement, nous avons proposé des documents ressources permettant la mise en place d'un langage commun (cf Memento).

On peut aussi proposer comme perspectives, au niveau humain/Accommodement, de réaliser des documents de formation, le présent document étant un point de départ.

L'enseignement des sciences représente un défi en termes d'inclusivité, si bien que cette voie est parfois déconseillée à un étudiant en situation de handicap [15]. L'activité que nous proposons pourrait participer à réduire un peu ce défi. D'autre part, dans une perspective d'accessibilité universelle, il nous semble pertinent d'analyser les bénéfices plus largement que pour les étudiants initialement concernés [30]–[32]. Nous imaginons ainsi plusieurs leviers:

- On voit ici que le rôle d'assistant revêt un intérêt pédagogique pour l'étudiant qui joue ce rôle. Il est donc envisageable que ce rôle soit démultiplié par exemple via les UEs libres.
- Ce type d'activité peut être proposé qu'un étudiant en situation de handicap soit présent ou pas.

Remerciements

Nous remercions Charlotte Tempier, Mathieu Vermeulen et Jérôme Dupire pour leur discussion/relecture.

References

[1] D. L. Evans, S. G. Bailey, A. E. Thumser, S. L. Trinder, N. E. Winstone, and I. G. Bailey, "The Biochemical Literacy Framework: Inviting pedagogical innovation in higher education," *FEBS Open Bio*, vol. 10, no. 9, pp. 1720–1736, 2020, doi: 10.1002/2211-5463.12938.

[2] A. Constantin, S. Peroni, S. Pettifer, D. Shotton, and F. Vitali, "The Document Components Ontology (DoCO)," *Semantic Web*, vol. 7, no. 2, pp. 167–181, Jan. 2016, doi: 10.3233/SW-150177.

[3] N. Mandran and S. Dupuy-Chessa, "Supporting experimental methods in information system research," in *2018 12th International Conference on Research Challenges in Information Science (RCIS)*, May 2018, pp. 1–12. doi: 10.1109/RCIS.2018.8406654.

[4] G. Uzan, E. Dupré, A. Culpin, and A. Taly, "Assistant en accessibilité, rendre accessible une activité d'analyse d'article," Zenodo, Apr. 2021. doi: 10.5281/zenodo.4730470.

[5] C. Bach, D. Scapin, and E. Brangier, "Comment s'assurer de la facilité d'utilisation d'une nouvelle technologie," 2006, pp. 413–428.

[6] J. M. C. Bastien and A. Tricot, *L'évaluation ergonomique des documents électroniques*. Presses Universitaires de France, 2008. Accessed: Feb. 13, 2021. [Online]. Available: https://www.cairn.info/ergonomie-des-documents-electroniques–9782130559924-page-205.htm

[7] L. N. Soldatova and R. D. King, "An ontology of scientific experiments," *J. R. Soc. Interface*, vol. 3, no. 11, pp. 795–803, Dec. 2006, doi: 10.1098/rsif.2006.0134.

[8] L. Ermakova, F. Bordignon, N. Turenne, and M. Noel, "Is the Abstract a Mere Teaser? Evaluating Generosity of Article Abstracts in the Environmental Sciences,"

Front. Res. Metr. Anal., vol. 3, 2018, doi: 10.3389/frma.2018.00016.

[9] V. Daponte and G. Falquet, "Une ontologie pour la formalisation et la visualisation des connaissances scientifiques," in *29es Journées Francophones d'Ingénierie des Connaissances, IC 2018*, 2018, pp. 129–136. Accessed: Feb. 13, 2021. [Online]. Available: https://archive-ouverte.unige.ch/unige:138011

[10] V. Jendoubi, F. Benninghoff, P.-A. Wassmer, and Genève (canton). Service de la recherche en éducation, Eds., *Evaluation du dispositif d'assistants à l'intégration scolaire (AIS)*. Genève: SRED.

[11] A. Ployé and V. Barry, "Étude des ressorts et obstacles de la coopération entre professeurs, enseignants spécialisés et auxiliaires de vie scolaire dans le cadre de la scolarisation d'élèves handicapés," Paris, France, Jun. 2015. Accessed: May 10, 2022. [Online]. Available: https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01184734

[12] J.-M. Perez and T. Assude, *Pratiques inclusives et savoirs scolaires*. Presses universitaires de Nancy : Éditions universitaires de Lorraine, 2013. Accessed: May 10, 2022. [Online]. Available: https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01443840

[13] D. Chambers and D. Reisberg, "Can Mental Images Be Ambiguous?," p. 12.

[14] M. S. Minkara, "Dr. Mona Minkara | Access Assistants." https://monaminkara.com/access-assistants/ (accessed Feb. 25, 2021).

[15] M. S. Minkara, M. N. Weaver, J. Gorske, C. R. Bowers, and K. M. Merz, "Implementation of Protocols To Enable Doctoral Training in Physical and Computational Chemistry of a Blind Graduate Student," *J. Chem. Educ.*, vol. 92, no. 8, pp. 1280–1283, Aug. 2015, doi: 10.1021/ed5009552.

[16] D. Sperber and D. Wilson, "A Deflationary Account of Metaphors," *Camb. Handb. Metaphor Lang. Thought*, pp. 84–105, 2008.

[17] P. Falzon, "Langages opératifs et compréhension opérative," *Trav. Hum.*, vol. 50, no. 3, pp. 281–286, 1987.

[18] E. Brangier, "Psychologie ergonomique de l'assistance technique: Approche symbiotique des relations homme-technologie-organisation," HDR, Université Paris-V., 2000.

[19] P. Pastré, "Apprendre à faire.," in *Apprendre et faire apprendre*, Etienne Bourgeois, Gaëtane Chapelle., P.U.F., 2006, pp. 109–121.

[20] A. Taly, "Accessibility assistant exercise," *figshare*, Feb. 27, 2021. /articles/figure/Accessibility_assistant_exercise/14129939/1 (accessed Feb. 27, 2021).

[21] K. V. Jobin, A. Mondal, and C. V. Jawahar, "DocFigure: A Dataset for Scientific Document Figure Classification," in *2019 International Conference on Document Analysis and Recognition Workshops (ICDARW)*, Sep. 2019, vol. 1, pp. 74–79. doi: 10.1109/ICDARW.2019.00018.

[22] X. Yuan and D. Ang, "A novel figure panel classification and extraction method for document image understanding," *Int. J. Data Min. Bioinforma.*, vol. 9, no. 1, pp. 22–36, Dec. 2013, doi: 10.1504/IJDMB.2014.057779.

[23] A. Taly, "Figures' types Mindmap," *figshare*, Feb. 23, 2021. /articles/figure/Figures_types_Mindmap/14095601/1 (accessed Feb. 25, 2021).

[24] C. P. Moreau and D. W. Dahl, "Designing the Solution: The Impact of Constraints on Consumers' Creativity," *J. Consum. Res.*, vol. 32, no. 1, pp. 13–22, Jun. 2005, doi: 10.1086/429597.

[25] P. D. Stockes, *Creativity from Constraints: The Psychology of Breakthrough*. Springer Publishing Company, 2005.

[26] I. Luka, "Design Thinking in Pedagogy," *J. Educ. Cult. Soc.*, vol. 5, no. 2, pp. 63–74, 2014.

[27] P. Poulain, M. Bertrand, H. Dufour, and A. Taly, "Ten Simple Rules for Implementing a Flipped Classroom." Preprints, 2020. [Online]. Available: doi: 10.20944/preprints202007.0030.v1

[28] L. Martin, J. Alvarez, and A. Taly, "Serious Games for Vocational Training: From Emotional Labor to Knowledge Transfer," in *Digital Transformations in the Challenge of Activity and Work*, John Wiley & Sons, Ltd, 2021, pp. 57–70. doi: 10.1002/9781119808343.ch5.

[29] C. Delgoulet, C. Vidal-Gomel, P. Falzon, and C. Teiger, "Ergonomie, formation et développement," in *Traité des sciences et des techniques de la formation. Quatrième édition entièrement revue et augmentée.*, P. Carré (dir.) and P. Caspar (dir.), Eds. Dunod, 2017, pp. 175–191. Accessed: Apr. 30, 2021. [Online]. Available: https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01895383

[30] M. Barile, M. N. Nguyen, A. Havel, and C. S. Fichten, "L'accessibilité universelle en pédagogie : des avantages pour toutes et pour tous!," 2012, Accessed: Feb. 11, 2021. [Online]. Available: https://eduq.info/xmlui/handle/11515/21864

[31] D. L. Edyburn, "Would You Recognize Universal Design for Learning if You Saw it? Ten Propositions for New Directions for the Second Decade of UDL," *Learn. Disabil. Q.*, vol. 33, no. 1, pp. 33–41, Feb. 2010, doi: 10.1177/073194871003300103.

[32] S. Iwarsson and A. STÅHL, "Accessibility, usability and universal design—positioning and definition of concepts describing person-environment relationships," *Disabil. Rehabil.*, vol. 25, no. 2, pp. 57–66, Jan. 2003, doi: 10.1080/dre.25.2.57.66.