



**UNIVERSITÉ
DE GENÈVE**

FACULTÉ DE PSYCHOLOGIE
ET DES SCIENCES DE L'ÉDUCATION

Une blockchain pour les compétences et connaissances certifiées ouvertes et libres ?

Analyse d'une blockchain pour authentifier des diplômes universitaires au sein du
Centre pour la Formation pour la formation Continue et à Distance

**Mémoire réalisé en vue de l'obtention de la Maîtrise Universitaire
en Sciences et Technologies de l'Apprentissage et de la
Formation**

par

Sandrine Favre

Directrice du mémoire

Barbara Class, TECFA, Université de Genève

Jury

Nicolas Szilas, TECFA, Université de Genève

Sophie Huber, CFCD, Université de Genève

Jörn Erbguth, ISS, Université de Genève

Genève, le 25 août 2021

**Université de Genève
Faculté de Psychologie et des Sciences de l'éducation**

RESUME

Les compétences et connaissances certifiées ouvertes et libres (Open Credentials) sont actuellement accréditées avec des badges ouverts. Une solution qui est répandue pour l'accréditation de compétences et connaissances dans le milieu non formel de l'apprentissage. Toutefois, les institutions formelles adhèrent difficilement à cette pratique. C'est pourquoi, d'autres pistes pour accréditer les compétences et connaissances certifiées ouvertes et libres sont nécessaires. Une piste consiste à adosser les compétences et connaissances certifiées ouvertes et libres à une blockchain. L'objectif de cette recherche est de donner des recommandations pour la conception d'un système qui utilise une blockchain. Pour cela, une revue de littérature est réalisée et une preuve de concept blockchain est analysée à l'aide du premier cycle d'une recherche de développement, conduit à l'aide d'une analyse qualitative. Les données sont issues d'entretiens ainsi que de la documentation du projet de certification électronique du Centre pour la Formation Continue et à Distance. Les résultats de la recherche montrent que plusieurs facteurs sont à prendre en considération lors de la conception d'une blockchain. Au niveau macro, le cadre légal, le cadre social, les critères donnés pour respecter les directives des compétences et connaissances ouvertes et libres ainsi que la qualité des services proposés par des entreprises externes sont à prendre en compte. Au niveau méso, le workflow, le règlement de l'organisation, les aspects financiers doivent être pris en compte. Au niveau micro, l'ergonomie de la solution et l'autonomie de l'apprenant-e sont à favoriser. Ce travail s'adresse aux personnes, aux institutions et aux chercheurs/-euses qui souhaitent mettre en place une blockchain pour l'accréditation.

Mots-clés : Blockchain - Education ouverte et libre - Apprentissage ouvert - Compétences et connaissances certifiées ouvertes et libres



**UNIVERSITÉ
DE GENÈVE**


**FACULTÉ DE PSYCHOLOGIE
ET DES SCIENCES DE L'ÉDUCATION**

Déclaration sur l'honneur

Je déclare que les conditions de réalisation de ce travail de mémoire respectent la charte d'éthique et de déontologie de l'Université de Genève. Je suis bien l'auteur-e de ce texte et atteste que toute affirmation qu'il contient et qui n'est pas le fruit de ma réflexion personnelle est attribuée à sa source ; tout passage recopié d'une autre source est en outre placé entre guillemets.

Genève, le ... 24.08.2021

Prénom, Nom ... Sandrine Favre

Signature ... 

Remerciements

Un grand merci à Barbara Class qui a su m'accompagner tout au long de ce travail. Elle m'a fourni de précieux conseils et donné des retours constructifs qui m'ont aidée à me projeter vers l'avenir et à finaliser ce mémoire.

Je remercie également le **C**entre pour la **F**ormation **C**ontinue et à **D**istance de m'avoir offert la possibilité d'analyser le projet blockchain sans lequel ce mémoire n'aurait pas pu être réalisé.

Un merci également aux groupes « shut up and write » de Copenhague et Berlin qui m'ont fourni un cadre d'écriture et avec qui j'ai partagé des instants enrichissants et passionnants autour de l'écriture.

Merci à mes amis, à ma famille et à mon chéri qui ont su trouver les bons mots pour m'encourager dans le processus d'écriture de mon mémoire.

Et finalement, un grand merci aux étudiant-es de la volée Zelda sur qui je pouvais toujours compter et obtenir des conseils et avec qui j'ai partagé des moments mémorables.

Table des matières

1. Introduction	7
2. Revue de littérature	10
2.1 L'éducation ouverte et libre.....	10
2.1.1 Origine de l'éducation ouverte et libre	10
2.1.2 Définition de l'éducation ouverte et libre	13
2.1.3 Les 6 composantes de l'éducation ouverte et libre.....	15
2.2 Les compétences et connaissances certifiées	18
2.2.1 L'apprentissage formel, non formel et informel	18
2.2.2 Définition de compétences et connaissances certifiées (attestation numérique) ...	19
2.3 Les technologies envisageables pour les compétences et connaissances certifiées ouvertes et libres	20
2.3.1 Certificats en papier	20
2.3.2 Certificats numériques.....	21
2.3.3 Les badges ouverts.....	23
2.3.4 Blockchain.....	27
2.3.5 Certificats avec signatures électroniques, (open) badges et blockchain	34
3. Cadre théorique.....	37
3.1 L'OpenED Quality Framework	37
3.2 Autonomie de l'apprenant-e et les compétences et connaissances dans l'EOL	40
3.3 Un modèle pour évaluer la qualité d'une technologie de certification en EOL	42
4. Méthodologie.....	43
4.1 Objectif et question de recherche.....	43
4.2 Conjectures	44
4.3 Participants et instruments.....	45
4.3.1 Recueil des données.....	45
4.3.2 La solution du projet ECERT	46
4.4 Procédures	48
4.4.1 Élaboration du code-book.....	48
4.4.2 Analyse des données.....	49
4.5 Limites.....	49
4.6 Terrain de l'étude	50
5. Résultats.....	50
5.1 Réponse à la question de recherche et aux trois sous-questions.....	50
6. Discussion	54
6.1 Recommandations pour la suite de l'étude	57

7. Conclusion	58
8. Glossaire.....	61
9. Bibliographie	64
10. Annexes.....	78
10.1 Annexe 1 : Guide d'entretien exploratoire pour la partie prenante.....	78
10.2 Annexe 2 : Guide d'entretien pour l'expert blockchain	79
10.3 Annexe 3 : Code book version du premier cycle	82
10.4 Annexe 4 : Code book version du deuxième cycle	85
10.5 Annexe 5 : Comparaison codage	90
10.5.1 Entretiens	90
10.5.2 Documentation.....	91
10.6 Annexe 6 : Network environnement macro et institutionnel.....	92
10.7 Annexe 7 : Les 5 possibilités de vérification.....	93
10.8 Annexe 8 : Codes d'environnement technique, vérifiabilité et ergonomie	94
10.9 Annexe 9 : Codes de pérennité, indépendance, non-indépendance et environnement financier	95
10.10 Annexe 10 : Codes de contrôlabilité, non-contrôlabilité et transparence	96
10.11 Annexe 11 : Codes d'environnement social et transparence.....	97
10.12 Annexe 12 : Codes autodirection et contrôlabilité.....	98
10.13 Annexe 13 : Formulaire de consentement de participation.....	99
10.14 Annexe 14 : Le système d'enseignement supérieur suisse.....	101

1. Introduction

Ce travail s'intéresse à l'Éducation Ouverte et Libre (EOL)¹, (*Open Education*), plus précisément à un domaine spécifique de l'EOL : les Compétences et Connaissances Certifiées Ouvertes et Libres (CCCOL)², (*Open Credentials*). L'EOL part du constat que le savoir est une chose que toute personne peut partager, sans jamais perdre ses connaissances en le transmettant (Wiley, 2010, avril). L'éducation et la formation sont un droit fondamental des êtres humains. L'EOL se « bat » pour que ce droit soit respecté (Mc Gowan, 2013, cité par Blessinger & Bliss, 2016). Par exemple aux États-Unis, des sommes exorbitantes sont demandées pour suivre des études, capital que toute personne ne possède pas. Dans cet exemple, les personnes ayant des moyens financiers faibles sont dans l'impossibilité d'étudier au niveau supérieur, ce qui constitue une barrière à l'éducation. Pour économiser des frais universitaires, des centaines de milliers d'étudiant-es et d'enseignant-es utilisent les Ressources Educatives Libres (REL)³, (*Open Educational Resources*) (Hoffman & Olmsted, 2016). L'utilisation des REL donne la possibilité aux étudiant-es d'économiser les frais de manuels de cours (Hilton, 2016). Ils ou elles apprennent de manière indépendante dans un contexte d'Apprentissage Ouvert et à Distance (AOD)⁴, (*Open Learning*) à l'aide des REL. L'apprentissage à faible coût, permet d'abolir la barrière financière d'accès à l'éducation. La promesse de l'EOL est de donner un moyen d'émancipation ; l'éducation est considérée en tant que droit humain fondamental et essentiel à l'exercice de tous les autres droits de l'homme (Lane, 2016).

Après avoir étudié à l'aide des REL, ces mêmes étudiant-es passent un test standardisé (Hoffman & Olmsted, 2016). Selon Weller (2020), le contenu d'apprentissage constitue une seule partie de l'EOL. Pour obtenir un tout, l'enseignement (e.g. rythme, moment, format) ainsi que la reconnaissance des apprentissages à travers l'évaluation et la certification doivent être pris en considération. Des solutions dans les CCCOL sont recherchées, car l'utilisation de tests standardisés ne s'insèrent pas dans la pratique de l'EOL. Les tests standardisés ne sont pas adaptés car ils sont utilisés à large échelle et ne permettent pas de s'adapter à l'apprentissage d'un individu en particulier (Hoffman & Olmsted, 2016).

Les solutions utilisées pour les attestations numériques, (AN)⁵, (*Credentials*) sont multiples : certificats numériques, titres vérifiables, micro-diplômes, badges numériques et badges ouverts (West et al., 2020). Des solutions énoncées, les certificats et les badges sont les plus

¹ Traduction reprise de la littérature, utilisée par Class et Akkari (2021).

² Traduction reprise de la littérature, utilisé par Minichiello (2018).

³ Traduction reprise de UNESCO (2018).

⁴ Traduction de la littérature, utilisée par Depover et Quintin (2011).

⁵ Traduction de la littérature, utilisée par De Coëtlogon (communication personnelle)

utilisés pour la reconnaissance des apprentissages (Grech & Camilleri, 2017). Toutefois, une grande diversité existe dans le monde concernant l'accréditation, les exigences ou les résultats (Hoffman & Olmsted, 2016). Les **compétences et connaissances certifiées ouvertes et libres** (CCCOL)⁶, (*Open Credentials*) s'adressent à cette problématique en exigeant une transparence quant à ses critères (Ehrenreich et al., 2020). Les solutions existantes des CCCOL sont les certificats papier ou numériques ainsi que les badges ouverts (Ehrenreich et al., 2020). Pour diverses raisons, de nouvelles pistes sont à explorer. Par exemple, les badges ouverts sont dépendant de l'hébergeur (Jirgensons & Kapenieks, 2018) et ne sont pas utilisés pour l'attestation des compétences et connaissances dans les institutions (Ehrenreich et al., 2020). Les certificats papier possèdent des délais d'exécution de quelques semaines (Jirgensons & Kapenieks, 2018). Une autre solution serait d'utiliser une blockchain pour y valider des attestations (Schmidt, 2017). Selon Schmidt (2017), la blockchain est une solution qui donne une infrastructure technique fiable pour une validation. Cette technologie est relativement neuve et doit encore être explorée (Jirgensons & Kapenieks, 2018). Des pistes avec une blockchain dans le milieu éducatif ont déjà été analysées, notamment pour la vérification de diplômes et l'attestation de compétences ou d'acquis d'apprentissage (Alammary et al., 2019). En effet, les règlements d'un pays à l'autre changent et peuvent impacter la solution mise en place. Les solutions blockchain proposées dans la littérature sont différentes, il s'agit souvent d'une description de la technologie utilisée.

C'est pourquoi, ce travail s'intéresse à la validation, à la manière de la transmettre ainsi qu'à la manière dont celle-ci est stockée. Il se penche sur une technologie blockchain développée au sein de l'Université de Genève (UNIGE), plus précisément au **Centre pour la Formation Continue et à Distance (CFCD)**. Cette solution est une preuve de concept (POC)⁷, (*proof-of-concept*) qui permet de vérifier les diplômes des étudiant-es rattaché-es aux programmes proposés par le CFCD. Si par exemple, un employeur souhaitait contrôler la validité d'un diplôme, il se pourrait se diriger sur le site Web de l'UNIGE conçu pour la vérification du diplôme. Il ne lui resterait plus qu'à suivre la procédure de vérification et serait ensuite informé du statut de validité du diplôme. Le POC a été conçu afin de valider les diplômes obtenus via l'institution. Le CFCD propose également des formations favorisant les certificats d'études ouvertes, (COS)⁸, (*Certificate of Open Studies*) (Université de Genève, 2020).

⁶ Traduction propre de « Open Credentials ». Les variations trouvées dans les textes francophones sont attestation numérique vérifiable (De Coëtlogon, communication personnelle), reconnaissance ouverte (Minichiello, 2018), mais aucune ne convenait, car « attestation numérique vérifiable » ne comporte aucune précision sur l'aspect ouvert, tandis que reconnaissance ouverte englobe également l'évaluation ouverte.

⁷ Traduction issue de la littérature, utilisée par Gilliot et al. (2013).

⁸ Traduction issue du Statut de l'Université de Genève (Université de Genève, 2020).

Le POC a été installé dans l'idée de vérifier la faisabilité d'une blockchain au sein de toute l'UNIGE. Ce travail s'intéresse donc à cette blockchain et cherche à approfondir la faisabilité de cette technique pour la certification ouverte et libre des compétences et connaissances permettant d'ajouter certains critères différents des certificats obtenus par la formation structurée Bachelor et Master. L'intérêt d'une telle analyse est issu de l'entretien exploratoire qui a suscité de mener une analyse du POC afin de l'élargir aux CCCOL dans le contexte du COS. Les critères à prendre en compte pour la mise en place des CCCOL sont la vérifiabilité, la contrôlabilité, l'inviolabilité, la pérennité, la transparence et l'indépendance. Lors de l'avancement dans le travail, l'entretien avec l'expert en blockchain, contrats intelligents et sécurité a démontré un décalage entre les CCCOL et le POC. En effet, la préoccupation du POC n'est pas l'EOL. Ce travail s'insère tout de même dans le premier cycle d'une recherche de développement car il part du problème initial concernant le COS et l'adossement des CCCOL à la solution.

La blockchain est une technologie qui semble offrir la possibilité de stocker toutes sortes d'informations et qui assure pérennité, sécurité, validité et vérifiabilité (Grech & Camilleri, 2017). Comme les CCCOL sont des attestations numériques et qu'en théorie, la blockchain peut stocker toutes sortes d'informations, il devrait être possible d'adosser les CCCOL à une blockchain. L'objectif de cette étude est de décrire la mise en place du POC afin d'en tirer des conclusions pour la mise en place d'une solution pour les CCCOL. L'approche théorique utilisée pour atteindre cet objectif combine le cadre de travail (*framework*)⁹ pour l'analyse de la qualité de l'EOL (Stracke, 2019) qui permet d'analyser la qualité de l'EOL et le modèle d'environnement personnel d'apprentissage (EPA)¹⁰, (*Personal Learning Space*). L'EPA explique les facteurs qui influencent l'autonomie de l'apprenant-e (Felder, 2019). L'autonomie est un critère central de l'EOL, car elle donne une grande flexibilité à l'apprenant-e (Alenezi, 2019).

Dans un premier temps, ce travail explique la notion de l'EOL et se penche sur les possibilités de certification des compétences et connaissances ouvertes et libres. Les différentes possibilités seront présentées avec leurs avantages et inconvénients. Puis, le modèle qui combine le cadre de travail afin de mesurer la qualité de l'EOL et l'EPA est expliqué et la valeur ajoutée de ce modèle sera montrée. Par la suite, le contexte et la méthodologie utilisés pour l'analyse de la documentation et des entretiens seront décrits et seront suivis par les résultats de l'analyse. À la fin de ce travail, les résultats obtenus seront commentés. Finalement, un glossaire est mis à disposition pour guider le lecteur ou la lectrice tout au long du travail, car

⁹ Traduction issue de la littérature, utilisée par Class et Akkari (2021).

¹⁰ Traduction issue de la littérature, utilisée par Felder (2019).

souvent, des acronymes sont utilisés. Il garantit que le lecteur ou la lectrice ait toutes les clés en main pour comprendre et apprécier la lecture de ce travail.

2. Revue de littérature

2.1 L'éducation ouverte et libre

2.1.1 Origine de l'éducation ouverte et libre

L'EOL n'est pas nouvelle. A la fin du Moyen Âge central, des microformes de l'EOL existaient avant l'institutionnalisation de l'éducation (Peter & Deimann, 2013). Les améliorations sociotechnologiques et l'augmentation des possibilités d'enseignement et d'apprentissage ont permis la naissance de ces microformes (Peter & Deimann, 2013). À la fin du Moyen Âge, les villes médiévales étaient en pleine croissance due l'urbanisation de la société. Des écoles cathédrales ont commencé à émerger, elles ont permis de placer l'éducation dans la sphère publique (Riddle, 1993). Lors de cette période, les connaissances étaient recherchées par tous les citoyens, cette demande a poussé les étudiant-es à rechercher des universitaires pour partager leurs connaissances. Par manque de place, les groupes d'étudiant-es louaient des sites privés pour accueillir les universitaires afin de donner des conférences écoutées gratuitement par des personnes de toute classe sociale. Au Moyen Âge, « l'open » repose sur une curiosité croissante et un élargissement des possibilités d'éducation (Peter & Deimann, 2013). Entre le 14^e et 15^e siècle, lorsque le fondement d'une université était lié à une autorité papale ou impériale, les partages de connaissances à travers des conférences gratuites ont été interdites. L'accès à la formation se restreint et est contrôlé par le pape et le roi (Riddle, 1993).

Au 17^{ème} siècle, à la Renaissance, des cafés offraient un espace d'apprentissage ouvert aux citoyens. Les client-es de tous les horizons y avaient accès pour participer à des discussions, lire des livres, des brochures sur différents thèmes comme la science, la religion ou la littérature (Ellis, 1956 et Kelly, 1992, cité par Peter & Deimann, 2013).

Au 18^{ème} siècle, durant l'industrialisation, des sociétés d'autoéducation ont été constituées dans lesquelles les artisans et la nouvelle classe ouvrière apprenaient mutuellement à lire (Ohmann, 1985).

L'intérêt pour l'autoéducation continue à croître à la fin du 19^e siècle jusqu'à la fin de la Deuxième Guerre mondiale (Peter & Deimann, 2013). En France par exemple, le **C**entre **N**ational d'**E**nseignement à **D**istance (CNED) est créé en 1939 afin de faire face à la désorganisation de l'enseignement due à la guerre (CNED, 2021). Les villes et villages à industrie charbonnière avaient un bâtiment comprenant une salle de lecture et une

bibliothèque. À partir de 1960, des universités ouvertes ont commencé à voir le jour en Europe (Peter & Deimann, 2013).

L'EOL existait sous des formes et de diverses définitions tout au long de l'histoire. Peter et Deimann (2013) décrivent différentes formes d'éducation ouvertes dès le 12^e siècle. D'autres formes d'éducation ouvertes ont même existé avant le 12^e siècle, il suffit d'évoquer les récits sur l'enseignement de Socrate dans les rues d'Athènes (Vlastos & Dalimier, 1996). Ces microformes ne sont pas toutes abordées, car elles servent d'illustrations pour la compréhension de l'évolution des pratiques ouvertes et libres en éducation, pratiques qui évoluent encore en 2021.

L'interprétation de l'EOL aujourd'hui (2021) trouve ses débuts lors de la création de l'Université « United Kingdom Open University » (UKOU) en 1969. L'objectif de l'UKOU était de retirer les barrières d'accès à l'enseignement supérieur en donnant la possibilité de suivre une formation aux personnes exclues : les personnes n'ayant pas les qualifications nécessaires pour accéder aux programmes universitaires ou celles qui ne pouvaient pas s'engager dans leur formation à plein temps (Weller, 2014). Le modèle de l'université ouverte (OU)¹¹, (*Open University*) du Royaume-Uni se base sur l'accessibilité, l'égalité des chances, la transparence sur les objectifs d'évaluation et la motivation comme seule exigence d'entrée (Cormier, 2013). Le modèle de l'OU a rencontré du succès et plusieurs OU se sont créées dans d'autres pays, comme par exemple en Europe «The Intercultural Open University Foundation» en 1981, « The Open University of Netherland » en 1984, « The Hellenic Open University» en 1992. Les formations des OU sont accessibles à un prix abordable, partiellement financées par le Gouvernement. À cette époque, l'élément de la gratuité en tant que composante de l'EOL n'était pas encore discuté (Weller, 2014).

L'invention du World Wide Web a représenté une étape importante pour le mouvement de la science ouverte. La science ouverte partage les résultats et données de recherche afin d'augmenter l'efficacité de la recherche. Lors de la création du World Wide Web, le partage rapide entre les universités du monde entier a été facilité (CERN, s.d., cité par Class, de Bruyne, Wuillemin, Donzé et Claivaz, 2021). La tradition de partage public des travaux de communautés scientifiques a pu être rétablie, elle avait été compromise par des lois de droits d'auteur dans les années 1900 (Dulong de Rosnay & Langlais, 2017 et Langlais, 2015, cité par Class et al., 2021).

En 1997, Wiley (2017) réalisa que théoriquement toute personne dans le monde avec une connexion Internet pouvait accéder sur le Web simultanément à la même publication. Par

¹¹ Traduction issue de la littérature, utilisée par Noûs (2019)

contre, une publication au format papier engendre des coûts additionnels à chaque exemplaire. Le Web 2.0 a créé un contexte dans lequel les contenus partagés étaient librement accessibles. Le Web 2.0 est conçu de manière plus simple et interactive que le Web 1.0. Il a permis aux enseignant-es de devenir libres de partager du contenu avec autrui et de ne plus avoir besoin de passer par des maisons d'édition pour partager leurs connaissances. Les sites Web, blogs ou encore des plateformes de partage comme YouTube étaient et sont toujours à portée de main : en quelques clics, le compte est créé et le contenu peut être partagé. Dès lors, les utilisateurs et utilisatrices considèrent l'ouverture et la gratuité comme une caractéristique indispensable du matériel en ligne (Weller, 2014).

Les supports éducatifs accessibles gratuitement sur le Web, et qui possèdent une licence ouverte sont nommés REL (Wiley et al., 2014). La licence ouverte (p. ex Creative Commons) définit les droits de réutilisation, révision, modification ou redistribution de la ressource. Wiley (2010 ; 2014) définit les REL par la règle des 5 permissions (5R) :

- Retain (récupérer) : le droit de réaliser, de posséder et de contrôler des copies du contenu
- Reuse (réutiliser) : le droit sur le contenu permet de l'utiliser sous sa forme originale
- Revise (réviser) : le droit sur le contenu permet d'adapter, d'ajuster, de modifier ou de changer le contenu (ex. traduction)
- Remix (remixer) : le droit sur le contenu permet d'ajouter du nouveau contenu au contenu déjà existant ou modifié, pour créer quelque chose de nouveau
- Redistribute (redistribuer) : le droit de partager le contenu original, adapté ou remixé avec d'autres personnes (ex. donner une copie).

La règle des "5R" met l'accent sur la modification et le partage du contenu. Les REL donnent l'opportunité aux étudiant-es et aux enseignant-es de personnaliser le matériel pédagogique. Cette manière de faire garantit que les supports d'apprentissage répondent aux besoins et objectifs des cours (DeRosa & Robison, 2017). Le partage est central à l'identité du mouvement de l'EOL. Les ressources pédagogiques ont toujours été créées par les enseignant-es mais ce qui définit l'EOL, c'est l'impératif de les partager. L'Internet fournit un moyen d'échange et la licence Creative Commons garantit l'échange attribué et sans entrave du producteur au consommateur ce qui permet de surmonter le goulot d'étranglement de la négociation individuelle sur l'utilisation appropriée de la ressource. Grâce à l'utilisation des licences Creative Commons comme norme légale d'échange, la circulation des REL sur Internet peut se faire à grande vitesse (Winn, 2012). Le partage des REL permet une amélioration constante du matériel en ligne à l'aide de la cocréation avec disponibilité quasiment immédiate après correction. Les REL existantes peuvent être utilisées dans le

cadre de l'enseignement, être améliorées et remises à disposition du public dans les mêmes conditions de partage (Hilton, 2016). Lorsque les apprenant-es et enseignant-es modifient ou créent de nouvelles REL, ils ou elles partagent leurs connaissances. Cette pratique est nommée pratique éducative libre, (PEL)¹², (Open Educational Practice) et regroupe toutes les pratiques politiques au niveau académique qui soutiennent la (ré)utilisation et la production de ressources ouvertes. L'EduTech Wiki (<http://edutechwiki.unige.ch/>) fait par exemple partie des PEL, car les étudiant-es du master en sciences et technologies de l'apprentissage et de la formation sont invités à y contribuer (EduTech Wiki, 2021). Cette approche respecte et responsabilise les apprenant-es. Elle donne la possibilité aux apprenant-es de co-construire leur savoir à travers le partage de connaissances (Cronin, 2017).

L'idée de l'EOL ou plutôt deux de ses composantes les REL et les PEL se rapprochent du mouvement du code source libre (Open Source)¹³. Le mouvement du code source libre se base sur la méthode de programmation où le développement d'un logiciel se réalise en communauté. La communauté existe, car le groupe a un intérêt collectif à travailler sur le logiciel (Aperero Foundation Board, 2019). Les développeurs et développeuses sont motivé-es par leurs ambitions de faire progresser la communauté et de devenir un héros ou une héroïne aux yeux des autres. Ils et elles produisent un code source de haute qualité (Bergquist & Ljungberg, 2001) et se soutiennent mutuellement pour améliorer le logiciel qu'ils et elles utilisent (Aperero Foundation Board, 2019). Souvent, les personnes travaillent sur le code pendant leur temps libre et sans rétribution financière (Weller, 2014). En effet, le code source libre part du principe que de meilleurs logiciels sont développés lorsque le code est ouvert (Weller, 2014).

En résumé, grâce aux formats numériques, le Web 2.0 facilite le partage de matériel éducatif (Weller, 2014 ; Wiley, 2017). Les communautés créées autour du code source libre ont démontré un fonctionnement efficace du partage de matériel éducatif (Wiley, 2017). L'accès gratuit aux ressources via le Web 2.0 et la création de communautés de pratiques créent un contexte propice pour l'EOL (Weller, 2014).

2.1.2 Définition de l'éducation ouverte et libre

L'EOL englobe toutes les théories et pratiques visant à offrir un accès à l'éducation à tous les groupes de la société (Weller et al., 2018) et aspire également à démocratiser l'enseignement supérieur. Elle est issue du constat de l'existence d'un système de formation dit « fermé » qui restreint l'accès et les libertés requises par les droits de l'homme (Lane, 2016) et voit l'éducation comme un bien public (Weller, 2014). L'article 26.1 de la Déclaration universelle

¹² Traduction reprise de la littérature, utilisée par Massou et al. (2020).

¹³ Traduction reprise de la littérature, utilisée par Boyer & Robert (2005).

des droits de l'homme joue un rôle fondamental dans le mouvement de l'EOL (Mc Gowan, 2013, cité par Blessinger & Bliss, 2016) :

1. Toute personne a droit à l'éducation. L'éducation doit être gratuite, au moins en ce qui concerne l'enseignement élémentaire et fondamental. L'enseignement élémentaire est obligatoire. L'enseignement technique et professionnel doit être généralisé ; l'accès aux études supérieures doit être ouvert en pleine égalité à tous en fonction de leur mérite (United Nations, 2015).

L'éducation est vue comme un droit légitime pour tout être humain et contribue aux droits de l'homme (Mc Gowan, 2013, cité par Blessinger & Bliss, 2016). L'EOL "*renvoie à une éducation flexible, gratuite, libre, accueillante, impartiale, illimitée et inconditionnelle*" (Class & Akkari, 2020, p. 197). Stracke définit l'EOL (2019, p. 184) en tant que "*conception, réalisation et évaluation des opportunités d'apprentissage avec une ouverture visionnaire, opérationnelle et juridique afin d'améliorer la qualité de l'apprentissage pour les apprenants*"¹⁴. Cette définition met l'expérience de l'apprenant-e au centre de l'EOL. Les apprenant-es sont vu-es en tant qu'agent-e de leurs apprentissages, ils ou elles sont autonomes, responsables et ont une liberté d'action. L'EOL accepte la nature non linéaire de l'apprentissage et met un accent particulier sur l'apprentissage à travers les communautés (Zawacki-Richter et al., 2020). L'EOL est proche de l'apprentissage ouvert. L'apprentissage ouvert et à distance (AOD)¹⁵, (*Open Learning*), rejoint l'EOL dans l'objectif d'enlever des barrières aux apprenant-es (Lewis, 1986). Les deux termes désignent des théories et des approches pédagogiques qui considèrent que les apprenant-es ne peuvent pas être forcé-es à apprendre, que les apprenant-es doivent explorer et créer leurs propres connaissances, aptitudes et compétences et que les enseignant-es sont des facilitateurs et facilitatrices du processus d'apprentissage autodirigé (Stracke, 2019). L'AOD place les apprenant-es au centre : ils ou elles ont le choix d'apprendre ce qu'ils ou elles souhaitent, quand ils ou elles le souhaitent, de la manière qu'ils ou elles souhaitent (Lewis, 1986) et où ils ou elles le souhaitent (Fraser & Deane, 1997). En EOL, l'apprenant-e est également placé-e au centre. La différence entre les deux est que le terme EOL englobe l'apprentissage formel et non formel. Généralement, un-e enseignant-e est présent-e pour faciliter l'apprentissage. Le terme AOD est utilisé pour les apprentissages non formels ou informels dans lesquels les apprenant-es étudient sans l'accompagnement d'un-e enseignant-e (Stracke, 2019). L'AOD est souvent confondu avec l'apprentissage à distance. L'apprentissage à distance favorise la flexibilité de l'apprenant-e mais un dispositif à distance n'est pas forcément de nature ouverte

¹⁴ Propre traduction de Stracke (2019, p. 184): « *Open Education is designing, realizing, and evaluating learning opportunities with visionary, operational, and legal openness to improve learning quality for the learners* »

¹⁵ Traduction de la littérature, utilisée par Depover et Quintin (2011).

(Rowntree, 1992, cité par Biao et Biaoldowu, 2012). C'est pourquoi, Zawacki-Richter et ses collègues (2020) utilisent le terme « *Open and Distance Learning* » et le terme « *Open and Distance Education* » pour souligner le fait que l'accès à l'éducation est indépendant du lieu géographique de l'apprenant-e.

2.1.3 Les 6 composantes de l'éducation ouverte et libre

L'EOL englobe six composantes interdépendantes qui garantissent le fonctionnement d'une telle infrastructure intellectuelle (Figure 1) (Cronin, 2017; Wiley, 2017). Les deux premières composantes ont déjà été nommées : PEL et les REL. À celles-ci s'ajoutent les **admissions universelles**, (AU)¹⁶, (*Open Admission*) (Cronin, 2017), les **compétences et connaissances ouvertes et libres** (CCOL)¹⁷, (*Open Competencies*), les **évaluations ouvertes**, (EVO)¹⁸, (*Open Assessments*), et les **connaissances et compétences certifiées ouvertes et libres** (CCCOL) (Wiley, 2017).

Les AU se concentrent sur la politique académique de l'université. Elles partent du principe que l'éducation formelle au niveau supérieur devrait être accessible à tous, même sans requis de formation préalable (Cronin, 2017).

Les CCOL englobent l'idée de créer un catalogue universel de compétences ouvert. L'idée est de définir et de regrouper les compétences, que les personnes devraient atteindre dans chaque discipline, à chaque niveau et de montrer la relation des compétences entre elles pour ensuite pouvoir les valider à travers des EVO (Wiley, 2017).

Le rôle des EVO est, entre autres, de faire valoir le savoir acquis en utilisant des REL à travers des évaluations sommatives (Conrad et al., 2013). Les EVO regroupent tous les modèles de reconnaissance de l'apprentissage informel (The Saylor Foundation, 2013). Les évaluations ne sont pas uniquement sommatives (assessment of learning), mais s'étendent aux évaluations formatives (assessment for learning) et transformatives (assessment as learning) (Hickey, 2012).

Les CCCOL sont des certifications délivrées par un organisme responsable et autorisé sur lesquels les apprenant-es ont entièrement le contrôle. Les certifications sont, soit des diplômes traditionnels ou des certifications de compétences. Ces certifications peuvent être redistribuées et utilisées sans impliquer une entité tierce et doivent impérativement être inviolables afin de garantir la validité et la confiance en son origine (Wiley, 2017). L'objectif des titres délivrés après l'accomplissement d'un cours est de documenter les réalisations, les

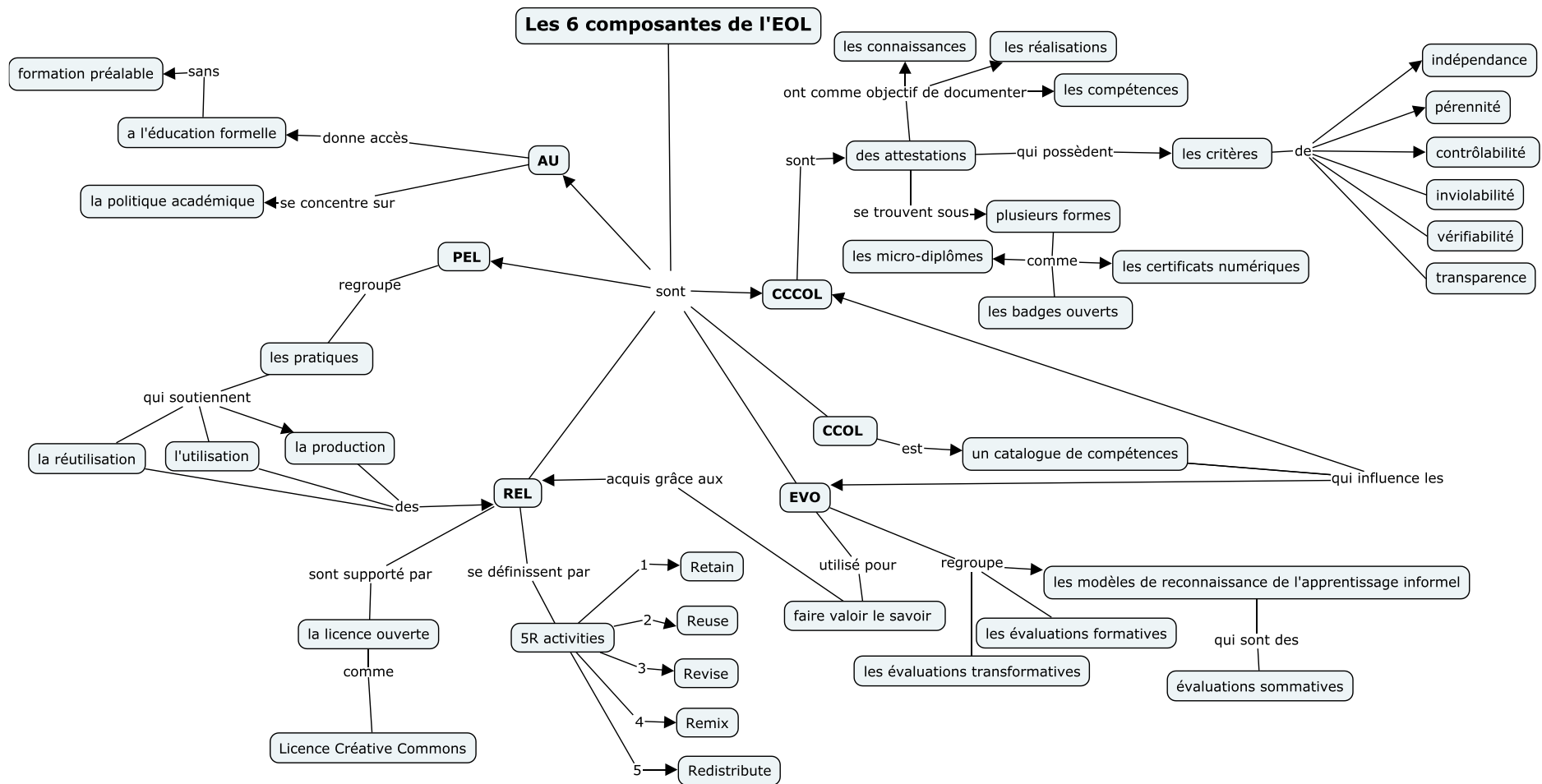
¹⁶ Traduction de la littérature, utilisée par Maniantis (2019).

¹⁷ Traduction propre de Open Competencies, en analogie à CCCOL.

¹⁸ Traduction de la littérature, utilisée par Mottier Lopez et al. (2021).

connaissances et les compétences d'un-e apprenant-e. Les certifications se trouvent sous différentes formes notamment les certificats numériques, les titres vérifiables, les micro-diplômes, les badges numériques et les badges ouverts (West et al., 2020).

Ce travail est axé sur les CCCOL. Plus de précisions concernant les CCCOL seront donnés dans le chapitre suivant.



Légende

AU : Admission universelle
 CCOL : Compétences et connaissances ouvertes et libres
 CCCOL : Compétences et connaissances ouvertes et libres certifiées
 EOL : Education ouverte et libre
 EVO : Evaluation ouverte
 PEL : Pratiques éducatives libres
 REL : Ressources éducatives libres

Figure 1: Les 6 composantes de l'EOL

2.2 Les compétences et connaissances certifiées

2.2.1 L'apprentissage formel, non formel et informel

L'apprentissage a lieu dans différents contextes : formel, non formel et informel. L'apprentissage formel se déroule dans un contexte organisé et structuré et peut conduire à une reconnaissance formelle comme un diplôme ou un certificat ; par exemple, un certificat d'études supérieures¹⁹. L'apprentissage non formel englobe toute activité planifiée qui n'est pas désignée en tant qu'apprentissage mais qui contient des éléments d'apprentissage importants ; par exemple, la lecture d'un livre sur un sujet qui intéresse la personne. Cet apprentissage n'est généralement pas certifié. L'apprentissage informel est non intentionnel, c'est un apprentissage atteint grâce aux activités quotidiennes liées au travail, à la famille ou aux loisirs. Ces apprentissages ne sont pas certifiés ; par exemple, l'apprentissage d'un nouveau mot lors d'une discussion entre collègues (Cedefop, 2010).

Les personnes qui sont privées de l'enseignement formel ou qui sont confrontées à un accès inégal à l'enseignement supérieur réalisent leur apprentissage surtout de manière non formelle ou informelle (Werquin, 2009 cité par Ahn & al., 2014). De plus en plus d'étudiant-es suivent des formations en dehors de leur cursus traditionnel comme des ateliers à distance ou en direct, des cours ouverts massifs en ligne (MOOCs), des tutoriels vidéo, des conférences, etc. (Bartolomé & al., 2017, cité par Lizcano et al., 2020). Les sources de connaissances, ainsi que la pratique professionnelle représentent un vaste éventail de possibilités pour acquérir des compétences utiles dans le monde du travail. Cela reste compliqué de quantifier, d'évaluer et de valider ces connaissances lorsqu'elles ne proviennent pas d'institutions d'apprentissage formel (Cano & Cabrera, 2016, cité par Lizcano et al., 2020). Les compétences et connaissances acquises lors d'études réglementées possèdent aussi une variance élevée. Les étudiant-es sont amené-es à collectionner des documents écrits, à passer des examens d'entrée ou encore à se présenter lors d'entretiens avec les représentant-es de l'administration pour prouver leurs compétences (Lizcano et al., 2020). Comme indiqué dans l'introduction, il existe des tests standardisés pour valider les acquis. Aux États-Unis par exemple, les tests standardisés sont utilisés pour mesurer les apprentissages des étudiant-es. Les apprenant-es acquièrent la matière de manière autonome pour faire valoir ensuite des crédits universitaires pour l'obtention de leur diplôme à travers ces tests (Hoffman & Olmsted, 2016). Néanmoins, les tests standardisés ne sont pas compatibles avec le mouvement de l'EOL car les parcours individuels de chaque apprenant-e ne sont pas pris en compte. Des systèmes alternatifs

¹⁹

Un certificat d'études supérieures est un certificat issu d'un CAS, DAS ou MAS. Le schéma en annexe ([Annexe 14](#)) montre le fonctionnement du système d'études supérieures en Suisse (Swissuniversities, 2019). Plus d'informations sur les certificats peuvent être obtenus à l'adresse : <https://www.swissuniversities.ch/fr/themes/etudes/cadre-de-qualifications/formation-continue>

d'accréditation, plus flexibles qui attestent l'acquisition de compétences plus modestes et ouvertes sont donc recherchés (Janzow, 2014, cité par West & al., 2020). Lors d'un apprentissage formel, les diplômes universitaires obtenus par les étudiant-es sont valorisés parce qu'ils signalent les compétences acquises aux employeurs potentiels (Meyer, 1969, cité par Olneck, 2012). Les systèmes alternatifs d'accréditation comme les badges ou les micro-diplômes donnent la possibilité aux personnes d'être affectées à un poste sur la base de compétences vérifiées et acquises en dehors de l'enseignement supérieur (Meyer et al., 2005 cités par Olneck, 2012). Il existe un besoin croissant des titres de compétences alternatifs qui pourraient mieux documenter, tout au long de la vie, l'apprentissage effectué en ligne ainsi que les compétences et les connaissances acquises dans les cadres informels, voir formels (Janzow, 2014, cité par West et al., 2020). Les diplômes restent toutefois importants sur le marché du travail (Janzow, 2014, cité par West et al., 2020) mais les accréditations alternatives, comme les CCCOL pourraient apporter une solution pour les titres de compétences alternatifs.

2.2.2 Définition de compétences et connaissances certifiées (attestation numérique)

Les attestations regroupent tous les types de documents qui attestent des compétences ou des qualifications délivrées à une personne. Ces documents regroupent par exemple un permis de conduire, des diplômes d'études supérieurs, des certificats ou une référence professionnelle qui décrivent les performances professionnelles et l'attitude de la personne (Cambridge Dictionary, s. d.; Camilleri et al., 2018). Les attestations prouvent à une tierce personne que leur détenteur ou détenteur est qualifié-e dans un domaine. Elles attestent que la personne a atteint des résultats spécifiques d'apprentissage à un niveau défini de connaissances ou de compétences par rapport à une norme donnée (Morrison, 2016). En EOL, la reconnaissance est donc garantie par le biais de certificats. Elle est ouverte parce qu'elle suggère des titres de compétences entièrement transparents utilisés à des fins multiples (accréditation, attestation, CVs, ...) (Ehrenreich et al., 2020). L'élément de la transparence exige que l'institution certifiante prenne des mesures pour accroître la visibilité de ses pratiques comme des informations détaillées sur les compétences développées lors d'un module, le processus de conception de cours, les syllabus ou encore les procédures d'évaluation (Dos Santos Andreia et al., 2016). A l'élément de la transparence s'ajoute la confiance qui est, entre autres, liée aux relations, à la réputation, au réseautage de l'institution qui propose la formation. Plus les objectifs, les valeurs ainsi que les procédures sont transparents, plus la confiance croît (Dos Santos Andreia et al., 2016). Une critique qui concerne l'absence de transparence de certains diplômes est liée au manque d'informations des formations suivies comme la description des compétences acquises, le niveau de maîtrise

et les activités extrascolaires (stages, études à l'étranger, volontariat, activités associatives, ...). Cependant, ces informations contribuent au développement de l'étudiant-e (Jirgensons & Kapenieks, 2018) plus particulièrement lorsque le parcours des apprenant-es est individualisé dans le cadre de l'EOL et parce que chaque apprenant-e est amené-e à choisir son parcours de cours (Stracke, 2019). L'apprenant-e doit prouver ses compétences et connaissances acquises à travers différentes options. Ces preuves d'acquis sont souvent dépendantes de tierces personnes comme une université ou d'anciens employeurs. Toutefois, ces compétences pourraient figurer sur une certification afin de supprimer cette dépendance à une entité tierce (Jirgensons & Kapenieks, 2018). Les CCCOL donnent la possibilité à l'apprenant-e de montrer son propre bagage de compétences à des tiers. De cette manière, l'apprenant-e choisit lui-même ou elle-même, selon le contexte, quelles compétences mettre en avant lorsqu'il ou elle se présente. Les CCCOL sont donc modulables, car elles peuvent être regroupées et remixées par l'apprenant-e pour qu'il ou elle puisse accentuer son domaine d'expertise (Wiley, 2017). Les CCCOL prouvent l'éligibilité de l'apprenant-e dans un domaine particulier et suivent trois objectifs : les compétences et connaissances doivent agir en tant qu'unité de compte, moyen d'échange et comme une réserve de valeur (Camilleri et al., 2018). Le critère de l'inviolabilité garantit la validité des CCCOL et donc la réserve de valeur (Wiley, 2017 ; Camilleri et al., 2018). Les CCCOL les plus répandues sont les certificats et les badges (Camilleri et al., 2018) qui ne certifient pas elles seules les compétences et connaissances (Wiley, 2017).

Les CCCOL peuvent soutenir l'apprentissage tout au long de la vie parce qu'elles permettent une formation permanente et la possibilité de vérifier les compétences et connaissances certifiées (Jirgensons & Kapenieks, 2018). C'est pourquoi, les différentes possibilités pour les CCCOL sont présentées dans la prochaine partie de ce travail.

2.3 Les technologies envisageables pour les compétences et connaissances certifiées ouvertes et libres

2.3.1 Certificats en papier

Les certificats en papier représentent le type de certificats les plus répandus pour attester les compétences. Ils sont souvent enregistrés sous forme électronique dans des bases de données. Les certificats en papier difficiles à falsifier possèdent généralement des caractéristiques de sécurité dans le certificat lui-même, ils se trouvent chez le ou la titulaire, peuvent être facilement conservés et peuvent être présentés à des tiers (Ehrenreich et al., 2020). Le certificat en papier a donc tous les critères nommés par Wiley (2017) : inviolable, le ou la titulaire a le contrôle, il ou elle peut le montrer à des tiers et peut conserver son certificat

en lieu sûr. Néanmoins, le certificat en papier n'est pas à l'abri de falsifications, l'émetteur ou l'émettrice de certificats doit donc conserver un registre des certificats émis pour vérifier leur authenticité. Pour contrôler les certificats, des ressources humaines et du temps sont nécessaires car la vérification est manuelle (Ehrenreich et al., 2020). La lenteur des délais d'exécution est également un problème. Des semaines peuvent passer entre le moment où la demande initiale est faite et celui où le demandeur ou la demandeuse reçoit la confirmation de validation (Jirgensons & Kapenieks, 2018). Si les registres ont des points de défaillances, l'émetteur ou l'émettrice pourrait perdre la capacité à vérifier les certificats. Une défaillance du système ne permettrait plus de contrôler si un certificat papier est révoqué ou non (Ehrenreich et al., 2020). Les nouvelles technologies demandent d'acquérir des compétences de manière permanente et donnent un contexte dans lequel l'apprentissage devient possible à chaque instant. Il n'est plus possible de se permettre des délais de vérification d'une durée de plusieurs semaines (Jirgensons & Kapenieks, 2018).

2.3.2 Certificats numériques

Les certificats numériques existent sous différentes formes : des certificats scannés et enregistrés en tant que PDF, des certificats numériques avec signature numérique et des certificats avec une signature électronique. Les certificats scannés mis à disposition en tant que PDF ne seront pas discutés dans ce travail. Ces types de certificats sont considérés comme des certificats papier (Ehrenreich et al., 2020). Les certificats numériques avec signature numérisée sont des documents qui comportent une signature traditionnelle écrite avec un stylo électronique ou une signature scannée (Grech & Camilleri, 2017). Ces certificats sont donc créés avec un logiciel de traitement de texte, une signature y est ajoutée et le certificat est ensuite transformé en PDF (Ehrenreich et al., 2020). Les signatures numérisées sont facilement copiées ou falsifiables et ne fournissent aucun mécanisme de vérification. C'est pourquoi les certificats avec signature numérisée ne peuvent être utilisés pour des applications basées sur la confiance (Ehrenreich et al., 2020; Grech & Camilleri, 2017). Les certificats numériques avec signature électronique sont presque inviolables. Pour signer un document avec une signature électronique, l'auteur-e doit tout d'abord générer une clé. Lorsque l'auteur-e se fait générer une clé, il ou elle obtient une clé privée et une clé publique. La clé privée permet à l'auteur-e de générer une signature électronique. Seul l'auteur-e a accès à la clé privée qui lui donne la possibilité d'ajouter la signature électronique sur n'importe quel document (Dzhangarov & Suleymanova, 2020). La signature est réalisée en combinant le hachage (hash)²⁰ d'un document numérique avec la clé privée du signataire. Pour vérifier

²⁰ Le hachage est un code de chiffres et de lettres uniques créé à l'aide d'un algorithme. Le processus est appelé hachage et permet de créer une empreinte unique. Chaque empreinte est différente et change selon l'entrée utilisée. Le calcul de l'algorithme se fait uniquement dans un sens, il est impossible de retrouver le fichier de départ à partir du hachage (Zellagui et al., 2021).

qu'un document signé possède une signature électronique valide, la clé publique du signataire doit être connue. Les clés publiques peuvent être consultées dans une infrastructure à clés publiques. Ensuite, le document et la clé publique du signataire doivent être ajoutés dans un logiciel de vérification. Cette fonctionnalité peut être intégrée dans des logiciels permettant la lecture de PDF. Le logiciel vérifie si la signature du document correspond au hachage du document original et vérifie que la signature sur le document correspond mathématiquement à la clé publique du signataire. Si ces deux conditions sont remplies, le document est valide (Figure 2). La clé privée du signataire n'est jamais révélée lors du processus de vérification (Grech & Camilleri, 2017).

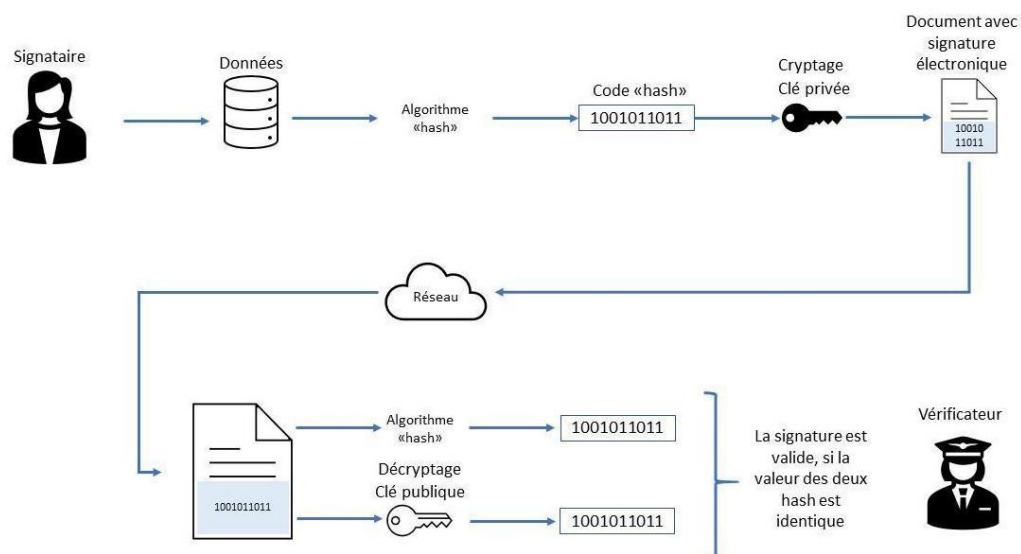


Figure 2: Processus signature électronique, adapté de Grech et Camilleri, 2017, p. 47

La restriction d'accès grâce à une clé privée garantit que la signature appartient réellement à la personne qui signe le document. De plus, le document ne peut être modifié ou corrigé après avoir été signé, car la signature électronique est créée sur la première version du document signé. Lorsque le document est modifié, la signature électronique devient automatiquement invalide (Dzhangarov & Suleymanova, 2020). La signature électronique équivaut à la signature manuscrite sur un document papier, mais ces documents ont uniquement une valeur juridique si des lois sont établies (Dzhangarov & Suleymanova, 2020; Grech & Camilleri, 2017). La signature numérique, appelée signature électronique dans la loi fédérale suisse, et la signature manuscrite sont considérées en tant qu'équivalentes sous certaines conditions : « Seules les signatures électroniques qualifiées avec horodatage électronique qualifié sont assimilées aux signatures manuscrites (art. 14, al. 2bis, CO) ». La signature doit être délivrée par un fournisseur de services de certification reconnu (E-Government Suisse, 2017). La liste peut être trouvée sur le site de la Confédération suisse, sous le service d'accréditation suisse (<https://www.sas.admin.ch/sas/fr/home/akkreditiertestellen/akkrstellensuchesas/pki1.html>) et

est téléchargeable en tant que PDF. Pour créer une signature électronique, il suffit de télécharger un logiciel reconnu et d'ajouter sa signature au document (KPMG, 2021). En Europe, il existe depuis 2016 un règlement appelé eIDAS (Electronic IDentification And Trust Services) qui permet de signer électroniquement des certificats et qui règle la validité des signatures électroniques dans l'Union Européenne (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, s.D.)

En conclusion, la signature électronique, reconnue par la loi comme signature électronique avancée ou signature électronique qualifiée offre une preuve sur l'identité de l'auteur de la signature et l'intégrité du document signé. Elle est déjà utilisée dans les systèmes bancaires, les marchés publics, l'enregistrement de biens immobiliers, etc. (Dzhangarov & Suleymanova, 2020). Les documents avec une signature électronique sont lisibles par un ordinateur et infalsifiables. La sécurité du certificat découle de la sécurité des protocoles cryptographiques, qui garantit que le certificat est extrêmement cher, en termes de puissance de calcul à reproduire par quiconque à l'exception de l'émetteur ou émettrice (Ehrenreich et al., 2020).

Selon les critères nommés par Wiley (2017), le certificat avec signature électronique est inviolable, donne le contrôle à la personne qui le détient, qui elle-même décide à qui elle souhaite le montrer et si elle le souhaite, le conserver. Le lieu sûr de conservation n'est pas garanti, car l'apprenant-e s'expose au risque de perdre le certificat si il ou elle ne prend pas de précautions de sauvegarde (Ehrenreich et al., 2020).

Les certificats ne sont pas les seules manières d'octroyer des titres de compétences ; un autre moyen répandu est l'utilisation de badges (Camilleri et al., 2018). Le fonctionnement, les avantages et les critiques des badges (numériques ouverts) sont abordés dans le sous-chapitre qui suit.

2.3.3 Les badges ouverts

Les badges numériques sont des badges obtenus en ligne qui enregistrent les réalisations de chaque personne (Intro to Open Badges | Open Badges Help, s. d.). Les badges ont plusieurs fonctions, ils peuvent être utilisés pour motiver les apprenant-es, comme outil pédagogique ou pour certifier un titre ou une compétence (Ahn et al., 2014). Ils peuvent être obtenus dans divers environnements d'apprentissage et valident un accomplissement, une compétence, une qualité ou un intérêt. Dans le contexte des compétences et connaissances certifiées, le badge est une représentation en ligne d'une compétence qu'un-e apprenant-e a acquis-e et signale les réalisations d'un-e apprenant-e au sein d'une communauté ou entre les communautés et institutions (Intro to Open Badges | Open Badges Help, s. d.). En d'autres mots, ils attestent des apprentissages ou des compétences (Baldi et al., 2019). Les badges numériques ouverts

(OB)²¹, (Open Badges) vont plus loin que les badges numériques : les apprenant-es peuvent faire vérifier leurs compétences, intérêts et réalisations par des organisations tierces. Pour ce faire, des métadonnées sont enregistrées dans le fichier de l'image du badge. Les métadonnées donnent des informations sur l'organisation qui délivre le badge, l'identité du récepteur ou de la réceptrice du badge, les critères d'attribution, la date de délivrance et la preuve de réalisation (Jovanovic & Devedzic, 2014; Ravet, 2017). Ces métadonnées permettent à des tiers de vérifier numériquement que le badge a été obtenu par un-e destinataire particulier-ère et de donner une idée précise des compétences réelles que possède le détenteur ou la détentrice du badge (Clements et al., 2020). Les badges sont attrayants par «*la combinaison de la simplicité du médium (une image) avec la richesse informationnelle qu'il[s] véhicule[nt] (les métadonnées) (p.1) »*. Cette combinaison fait en sorte que le badge est un objet numérique résilient et aisé à manipuler. Le badge ne dépend pas d'une plateforme ou d'un logiciel pour exister. L'apprenant-e a le contrôle sur ses badges et décide s'il ou elle souhaite le partager ou l'afficher (Ravet, 2017). Les badges donnent la possibilité aux apprenant-es de développer et de maintenir leurs portfolios d'apprentissage tout au long de leur vie (Devedžić & Jovanović, 2015). Pour réaliser un OB, l'infrastructure ouverte développée par la Fondation Mozilla appelée *Open Badge Infrastructure* doit être suivie. Cette infrastructure est actuellement administrée par IMS Global (Clements et al., 2020; Devedžić & Jovanović, 2015). En résumé, le processus de réalisation d'un OB consiste à réaliser l'image, l'enrichir de métadonnées pour ensuite les télécharger sur une plateforme qui délivre des badges. Les badges sont transmis aux apprenant-es qui ont réussi le parcours par courriel, par exemple. Ensuite, les apprenant-es voient, partagent et stockent leurs badges dans un sac à badge numérique (backpack)²² (Figure 3) (Clements et al., 2020). Un sac à badge numérique est un logiciel qui stocke, catégorise et vérifie l'authenticité des badges lorsqu'ils y sont déposés. Le sac à badge numérique lit également les métadonnées incluses dans l'image et les affiche à l'écran lorsque le badge a été vérifié et facilite le partage des OB (Clements et al., 2020; Ravet, 2017).

²¹ Traduction issue de la littérature, utilisée par Titone (2014)

²² Traduction issue de la littérature, utilisée par Ravet (2017)

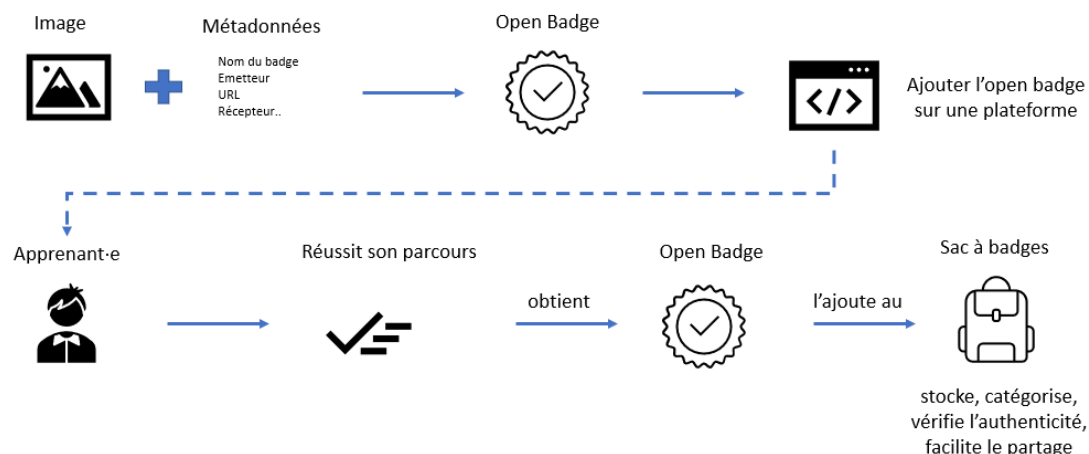


Figure 3 : Fonctionnement des open badges

L'utilisation de badges pour certifier les apprentissages est intéressante pour refléter différents parcours d'apprentissage et permettre ainsi une analyse de parcours fréquemment suivi ou évité. L'analyse de parcours d'apprentissage permettrait de définir des cours ayant un intérêt et de faire ressortir ceux qui auraient besoin d'une refonte (Casilli, 2013 cité par Devedzic & Jovanovic, 2015). Plusieurs étapes seraient à suivre au niveau institutionnel pour mettre en place un système de badge : le système de badge doit prendre en compte l'âge, la qualification des apprenant-es ainsi que le contexte institutionnel. L'institution doit également spécifier la manière dont les examens seront réalisés, assurer que les données des étudiant-es sont protégées ainsi que garantir la pérennité du système de badge (Devedžić & Jovanović, 2015). Lors de la mise en place d'un système de badge, la technologie choisie doit être capable d'assurer la mise à l'échelle. Le système doit également suivre les méthodes de reconnaissances et les normes de certifications existantes. La reconnaissance des badges doit être assurée en amont auprès d'autres institutions pour qu'elles acceptent les badges en tant que référence digne de confiance (Devedžić & Jovanović, 2015). Une autre solution serait d'utiliser des services comme L'Open Badge Factory (<https://openbadgefactory.com/en/>), Open Badge me (<https://openbadges.me/>), Credly (<https://www.credly.com/organizations/acclaim/badges>) ou Badgr (<https://info.badgr.com/>) pour créer ses propres badges (Figure 4). Le site Web d'IMS Global

(<https://site.imsglobal.org/certifications>) permet de rechercher des services qui suivent les normes des Open Badges (Clements et al., 2020).



Figure 4: Badge « test » réalisé avec le service Badgr, image médaille créée par Didier Dorsaz

Les OB sont critiqués pour différentes raisons.

Les inventeurs des OB séparent les sacs à badge des émetteurs de badges : cela veut dire que deux applications distinctes doivent être utilisées pour créer un badge ou gérer ces badges. Ravet (2017) compare cette architecture avec une boîte mail où deux applications distinctes devraient être utilisées, une pour lire et une pour envoyer des courriels. Une asymétrie se crée, car seules les autorités reconnues ont le droit d'émettre des badges. Celles-ci n'ont pas besoin de prouver leur crédibilité en présentant leur attestation numérique via leur sac à badge numérique. Il n'y a « *Pas de place* » pour « *l'individu reconnaissant* » dans *l'univers des Open Badges, mais seulement pour l'individu en quête de reconnaissance par les autorités constituées.* » (Ravet, 2017, paragraphe 57).

Pour faire un pas dans la direction de l'individu reconnaissant, des plateformes avec une approche plus ouverte ont été développées où les deux fonctions sont intégrées : les émetteurs de badges ont également un sac à badge numérique – tout le monde peut donc créer et obtenir des badges sur la même plateforme (Ravet, 2017). L'architecture Mozilla des OB a évolué et la version 2.0 avec l'intention de mettre fin à l'asymétrie de la première version voit le jour (IMS Global, 2021; IMS Global, s. d.; Ravet, 2017). Néanmoins, la valeur d'un badge est difficilement évaluable, il fournit une vague évaluation de la compétence et peut être interprété de différentes manières. Les badges sont aussi difficilement échangeables entre les institutions ; cela montre que les badges ne sont pas similaires même pour la même compétence (Ehrenreich et al., 2020). Pour Wiley (2017), les OB sont un moyen d'accréditer les CCCOL à un-e apprenant-e. Cependant, le progrès sur la réflexion des CCCOL stagne à cause de la saturation du public du mot « badge ». Jirgensons et Kapenieks (2018) évoquent que les badges deviennent invalides si les émetteurs ou émettrices cessent de les héberger même s'ils sont authentiques. Contrairement, les badges avec signature numérique restent vérifiables. En Europe, les institutions universitaires doivent être dans la mesure de joindre un

document PDF au badge. Ce document est appelé « supplément de diplôme » (Commission européenne, 2019). Le document contient des informations complémentaires sur le diplôme comme un détail sur les productions de l'apprenant-e (https://ec.europa.eu/education/diploma-supplement_en). Les normes des Open Badges ne prévoient pas l'ajout d'un document supplémentaire au badge, mais il donne la possibilité de créer plusieurs badges (Baldi et al., 2019).

En conclusion, les Open Badges donnent la flexibilité et la liberté à l'apprenant-e de réaliser son propre cheminement d'apprentissage et de démontrer ses compétences à travers le sac à badge numérique (Devedžić & Jovanović, 2015). Ces arguments soutiennent l'idée de l'EOL parce que les OB sont remixables, contrôlés par le détenteur ou la détentrice du badge, partageables avec des tiers et peuvent être émis par toute partie dans tous les contextes d'apprentissage (Mozilla Open Badges, 2014). Les émetteurs et émettrices de badges peuvent facilement créer des badges à travers les services mis en place comme Badgr et Credly (Clements et al., 2020). Néanmoins, il existe un risque que les badges hébergés deviennent invalides lorsque l'émetteur ou l'émettrice cesse de les héberger (Jirgensons & Kapenieks, 2018), à cela s'ajoutent que les badges sont difficilement reconnus dans d'autres institutions et ne se valent pas (Ehrenreich et al., 2020).

Une solution envisageable pour résoudre les désavantages des Open Badges serait d'utiliser une blockchain afin d'y enregistrer les compétences et connaissances certifiées, cette solution sera présentée dans le prochain chapitre.

2.3.4 Blockchain

Dans cette partie, l'aspect historique de la blockchain ainsi que certains termes nécessaires pour la compréhension sont expliqués. Ensuite, l'utilisation de la blockchain dans le contexte de l'éducation sera exposée.

La blockchain est une technologie qui a vu le jour en 2008. Elle est conçue comme une base de données distribuée et décentralisée. Décentralisée, parce qu'elle existe sur des réseaux d'ordinateurs se trouvant à plusieurs endroits géographiques. Chaque ordinateur constitue un nœud du réseau de la blockchain. La première utilisation de la blockchain a été utilisée en tant que livre de comptes ; elle enregistrerait les transactions de la cryptomonnaie Bitcoin de pair-à-pair (Alammary et al., 2019; Choi et al., 2019). Il existe plusieurs types de blockchain, notamment la blockchain publique, privée et consortium. Les différences entre ces blockchains sont liées aux droits distribués. Une blockchain publique est une blockchain qui donne l'autorisation à n'importe qui dans le monde de la lire, d'envoyer des transactions et de faire valider ses transactions. Les blockchains publiques sont décentralisées. Une blockchain

privée est une blockchain où l'autorisation d'inscrire des informations est réservée à une seule institution ou entreprise. Elles ne sont pas considérées comme décentralisées. Une blockchain consortium présélectionne les nœuds qui ont le droit de participer aux mécanismes de consensus. La lecture peut être accessible à tous et à toutes ou être restreinte. La blockchain de consortium est utilisée quand plusieurs institutions ou entreprises sont concernées par le résultat, elle donne la possibilité de partager les ressources nécessaires pour un objectif commun. La blockchain de consortium est considérée en tant que partiellement décentralisée, elle se situe entre la blockchain publique et privée (Buterin, 2015).

Les blockchains utilisent un mécanisme de consensus pour vérifier et valider les transactions. Il existe plusieurs mécanismes de consensus. Les plus connus sont la preuve de travail (PoW)²³, (*proof-of-work*), la preuve d'autorité, (PoA)²⁴, (*proof-of-authority*) et la preuve d'enjeu (PoS)²⁵, (*proof-of-stake*) qui sont définis lors de la création de la blockchain (Avasthi & Saxena, 2018).

Différents champs d'applications pour les blockchains existent. Les transactions changent l'état des données stockées sur la blockchain. Elles peuvent transférer la monnaie de la blockchain, transférer des jetons (*tokens*) qui représentent d'autres objets de valeur ou stocker des preuves de signatures de documents (Grech & Camilleri, 2017).

En Suisse, une nouvelle loi concernant l'utilisation des applications et de la technologie des registres distribués est publiée. Elle est rentée en vigueur le 1^{er} août 2021. L'objectif de cette législation est d'accélérer l'adoption des technologies blockchain pour ouvrir la technologie à l'innovation. La législation souhaite également préserver la sécurité des données afin de limiter les abus (Hostettler, 2021, février ; Violi, 2021, mai). En Europe, il existe une infrastructure appelée EBSI (*Experience the future with the European Blockchain Services Infrastructure*). Elle est la première blockchain européenne pilotée par le secteur public. Elle a été constituée avec la collaboration de 29 pays et la Commission européenne. Le partenariat met en place une infrastructure européenne de services blockchain (EBSI) et vise à tirer parti de la blockchain pour la création de services transfrontaliers destinés aux administrations publiques et à leurs écosystèmes afin de vérifier les informations et de rendre les services dignes de confiance. Depuis 2020, EBSI déploie un réseau de nœuds blockchain distribué à travers l'Europe (Commission européenne, 2020).

²³ Traduction issue de la littérature, utilisée par de Coëtlogon et al. (2021).

²⁴ Traduction issue de la littérature, utilisée par de Coëtlogon et al. (2021).

²⁵ Traduction issue de la littérature, utilisée par de Coëtlogon et al. (2021).

La blockchain en éducation

En éducation, l'intérêt de la blockchain s'accroît d'année en année (Alammary et al., 2019). L'une des raisons est que la blockchain permettrait d'éviter le problème de fraude dans la certification numérique. Intégrité et « non-répudiation » sont les mots-clés qui définissent la blockchain (Rivera Vargas & Lindín Soriano, 2019). L'intégrité implique que l'information est enregistrée et maintenue sous sa forme initiale durant tout le cycle de vie. Les données ne peuvent donc pas être modifiées. La « non-répudiation » signifie que les personnes se trouvant dans le cycle (destinataire et l'expéditeur) ne peuvent pas nier avoir fait ou avoir reçu une transaction (délivré le diplôme, reçu le diplôme) ou nier avoir apporté une modification à un document. La blockchain offre ainsi une possibilité de sécurité et de transparence au niveau des informations numériques (Tapscott & Tapscott, 2016, cités par Rivera Vragas & Lindin Soriano, 2019). Elle pousserait les universités à devenir plus transparentes par rapport aux compétences et connaissances certifiées distribuées et donnerait la possibilité aux employeurs de vérifier eux-mêmes si les diplômes ou le CV sont réels (Liu et al., 2018). La blockchain permet également la granularité et la portabilité des compétences. Les résultats d'apprentissage obtenus tout au long de la vie peuvent être enregistrés sur la blockchain afin de garantir que toute personne puisse accéder à ses attestations numériques à tout moment (De Coëtlogon, 2019). La promesse de la blockchain est de mettre à disposition une infrastructure pour les certificats des apprenant-es qui est permanente, sécurisée et qui offre une gestion fiable pour le développement de l'apprentissage tout au long de la vie. Elle peut donner un accès direct et un contrôle sur les productions des apprenant-es. La blockchain est appropriée pour une approche constructive de l'apprentissage qui est centrée sur l'étudiant-e et reconnaît les parcours individuels (Jirgensons & Kapenieks, 2018).

Jusqu'à présent, Alammary et ses collègues (2019) ont identifié douze champs d'applications²⁶ de la blockchain en éducation. Les deux champs identifiés et utiles dans le cadre de ce travail sont : la gestion de certificats et la gestion des acquis d'apprentissage et des compétences.

Ces deux champs d'application et d'utilisation de compétences et connaissances certifiées vont être exposés dans cette partie.

La gestion des certificats, compétences et acquis d'apprentissage sur une blockchain

Les méthodes de gestion de certificats proposées utilisent une blockchain de consortium (Arenas & Fernandez, 2018; Chen et al., 2018; Han et al., 2018; Nespors, 2019; Srivastava et

²⁶ Les douze champs d'applications selon Alammary et al. (2019) : Gérer des certificats, gérer des compétences et des acquis d'apprentissage, évaluer l'aptitude professionnelle des étudiant-es, sécuriser l'environnement d'apprentissage collaboratif, protéger les objets d'apprentissage, transférer des frais ou des crédits, améliorer les interactions entre les étudiant-es en e-learning, obtenir le consentement des titulaires de l'autorité parentale pour le traitement des données, gérer les droits d'auteur, gérer les évaluations, vérifier les évaluations et soutenir l'apprentissage la vie durant

al., 2018; Xu et al., 2017). Les certificats sont établis lorsque l'apprenant-e termine un cours. Dans un MOOC par exemple, cela signifie que l'apprenant-e a répondu à tous les QCMs, à toutes les auto-évaluations et évaluations par les pairs et a réussi l'examen final (Admiraal et al., 2015, p. 2018; Chen et al., 2018; Duan et al., 2017; Han et al., 2018; Srivastava et al., 2018). Han et ses collègues (2018) rappellent que le fait de terminer un cours donne la preuve d'achèvement ou de réussite²⁷ (*proof of completion or achievement*). Sur la blockchain de consortium, les accès à la blockchain peuvent difficilement être individualisés selon les besoins de chaque partie prenante. Les institutions de formation et d'éducation prennent le rôle d'agent de certification et émettent les certificats officiels qui fournissent la preuve de réussite. Les employeurs pourraient également être ajoutés en tant qu'agent de certification dans le réseau de blockchain (Jagers, 2016 cité par Nespors, 2019). Les apprenant-es ont accès en lecture seulement à la blockchain à l'aide d'un portefeuille (*wallet*)²⁸ qui leur permet de télécharger leurs certificats – ils ou elles n'ont pas le droit d'écrire dans la blockchain (Arenas & Fernandez, 2018; Chen et al., 2018; Han et al., 2018; Srivastava et al., 2018; Xu et al., 2017). Pour les employeurs ou autres parties, l'accès de lecture de la blockchain diffère selon les droits donnés. Certain-es proposent d'utiliser une blockchain de consortium avec accès de lecture ouvert à tous et toutes (Arenas & Fernandez, 2018; Nespors, 2019; Xu et al., 2017), d'autres avec un accès de lecture restreint par exemple par le biais d'un QR code (Chen et al., 2018) ou d'une demande d'inscription sur le réseau blockchain (Srivastava et al., 2018). L'accès de lecture ouvert permettrait aux employeurs d'évaluer les candidat-es à partir des données de la blockchain ou encore exiger de nouveaux cours ou examens selon leurs besoins et intérêts spécifiques (Nespors, 2019). Les mécanismes de consensus utilisés pour la gestion des certificats ne sont pas mentionnés dans tous les articles. La preuve d'autorité, (PoA)²⁹, (*proof-of-authority*) semble être utilisée le plus fréquemment. Le PoA donne le pouvoir à un groupe de validateurs et de validatrices, qui peuvent produire de nouveaux blocs et sécuriser la blockchain. Les validateurs et validatrices sont connu-es et leur identité peut être vérifiée par chacun-e (Avasthi & Saxena, 2018). Le MIT Media Lab a développé en collaboration avec Learning Machine un système s'appelant « Blockcerts » (Baldi et al., 2019). Ce système propose une norme ouverte pour la mise en place d'applications qui émettent et vérifient les documents officiels se trouvant sur la blockchain (combinaison de badge et blockchain). Chaque apprenant-e est invité-e par l'institution à se créer un portefeuille qui donne accès à la blockchain et par ce biais à leurs compétences et connaissances certifiées. L'institution ajoute les preuves de ces diplômes sur la blockchain et les apprenant-es peuvent ainsi les télécharger et les envoyer à de tierces personnes qui vérifient la preuve des

²⁷ Traduction propre, aucune traduction trouvée dans la littérature.

²⁸ Traduction issue de la littérature, utilisée par de Coëtlogon et al. (2021).

²⁹ Traduction issue de la littérature, utilisée par de Coëtlogon et al. (2021).

connaissances et compétences certifiées en insérant un lien sur le site de Blockcerts (<https://www.blockcerts.org/>) (Blockcerts, s. d.).

Il existe d'autres solutions qui utilisent une blockchain qui permettent de gérer les acquis d'apprentissage ou encore les compétences comme par exemple BCdiploma (Han et al., 2018). BCdiploma utilise la blockchain Ethereum pour délivrer et valider un diplôme à l'aide de contrats intelligents mis à disposition par Ethereum. Les données cryptées sont directement sur la blockchain Ethereum (Bahrami et al., 2020). L'Ethereum fait partie de la deuxième génération de blockchain qui permet de faire des transactions à l'aide de contrats intelligents (Derousseau, 2017, cité par Jirgensons & Kapenieks, 2018). Dans la plupart des cas, les attestations d'acquis d'apprentissage ne contiennent que le certificat officiel ne donnant que le numéro du cours, le titre du cours abrégé, les notes obtenues ainsi qu'une information sur le système de notation. Il n'est pas du tout expliqué ce que l'étudiant-e a fait en cours, pourtant ce sont des informations qui sont importantes pour l'employeur (Han et al., 2018). Ces données ne permettent pas d'évaluer les compétences acquises (Lizcano et al., 2020).

Ce manque d'informations pousse les employeurs à solliciter des portfolios aux étudiant-es, afin qu'ils ou elles puissent prouver leurs compétences. Les portfolios demandés ne sont pas officiels et ne donnent aucune garantie quant à son auteur (Han et al., 2018). La blockchain de consortium proposée par Lizcano et ses collègues (2020) intègrent les preuves de compétences des apprenant-es en utilisant un mécanisme de consensus différent de ceux utilisés normalement : la preuve d'effort (PoE)³⁰, (*proof-of-effort*). Pour réaliser un PoE, l'apprenant-e et les vérificateurs et vérificatrices doivent fournir un effort pour valider une transaction sur la blockchain. Lizcano et al. (2020) utilisent le PoE comme suit : L'apprenant-e reçoit un problème à résoudre. Tous ces problèmes sont stockés dans un référentiel et approuvés par les experts de chaque compétence. Lorsque l'apprenant-e a résolu le problème, celui-ci est envoyé aux vérificateurs et vérificatrices qui ont les compétences requises pour évaluer le résultat du problème soumis. Les vérificateurs et vérificatrices devront à leur tour résoudre ce problème. L'accès à la solution de l'apprenant-e est seulement autorisé lorsque le vérificateur ou la vérificatrice a terminé l'exercice (PoE). Il ou elle pourra comparer sa solution avec celle de l'apprenant-e. Si les vérificateurs et vérificatrices parviennent à un consensus et que l'apprenant-e a résolu correctement le problème donné, la transaction est confirmée dans le système. L'apprenant-e obtient donc l'attestation numérique qui certifie la compétence acquise. Si les vérificateurs et vérificatrices ne parviennent pas à obtenir un consensus, l'apprenant-e ne reçoit pas d'accréditation et l'institution perd la réputation associée à la compétence évaluée. Lors d'une obtention de consensus, l'institution de

³⁰ Traduction issue de la littérature, utilisée par de Coëtlogon et al. (2021).

formation augmente sa réputation. L'étudiant-e qui obtient l'accréditation peut devenir à son tour vérificateur ou vérificatrice et pourrait être embauché-e par de potentiels employeurs qui ont besoin d'employé-es qui possèdent la compétence évaluée. Les vérificateurs et vérificatrices gagnent également en réputation lorsqu'ils ou elles vérifient correctement la solution d'un-e apprenant-e (Lizcano et al., 2020).

Fonctionnement simplifié d'une transaction sur une blockchain

Comme mentionné plus haut, la blockchain est une base de données distribuée et décentralisée. Pour mieux comprendre son fonctionnement, voici un exemple de transaction sur un réseau blockchain de pair-à-pair (Figure 5): L'institution de formation remet un diplôme à l'étudiant-e (Chen et al., 2018). Lors de la création d'un portefeuille blockchain, une signature électronique est générée. Elle se compose d'une clé privée et d'une clé publique. L'institution de formation doit se connecter sur le portefeuille de l'institution afin de pouvoir transférer le certificat par une transaction électronique sur le portefeuille de l'étudiant-e. Cet ordre de transaction est distribué dans le réseau de la blockchain pour vérification et validation (Chen & al., 2019). Pour le faire, la transaction doit être scellée cartographiquement avec une troisième entrée par des mécanismes de consensus. Lorsque la transaction est vérifiée et validée, un bloc contenant les informations de transactions est créé et ajouté au réseau blockchain. La transaction blockchain du certificat est ainsi terminée. Ce nouveau bloc obtient une valeur d'hachage unique. La valeur de hachage est une série unique de chiffres et de lettres créés en appliquant une fonction de hachage cryptographique à une donnée d'entrée. Un bloc contient entre autres les informations suivantes : la valeur du hachage du bloc, la valeur du hachage du bloc précédent et les données (dans notre exemple, les informations des transactions). Le hachage du bloc précédent permet aux blocs d'être reliés entre eux et de créer la « chaîne » du nom blockchain. Un bloc est toujours ajouté à la fin de la blockchain actuelle. Lorsqu'un bloc est créé, il est impossible de changer les données des blocs préexistants, car cela impliquerait un changement de hachage et la chaîne deviendrait invalide (Wizner, 2018). Lorsque le mécanisme de consensus PoW est utilisé, les utilisateurs et utilisatrices malveillant-es seraient obligé-es de modifier tous les blocs qui suivent le bloc modifié afin que le hachage reste valide et ainsi garantir la validité de la chaîne. Le coût de la modification d'un bloc augmente avec chaque nouveau bloc ajouté. La quantité de travail à effectuer devient excessivement importante et dissuade les utilisateurs et utilisatrices malveillant-es à modifier un bloc (Lizcano et al., 2020).

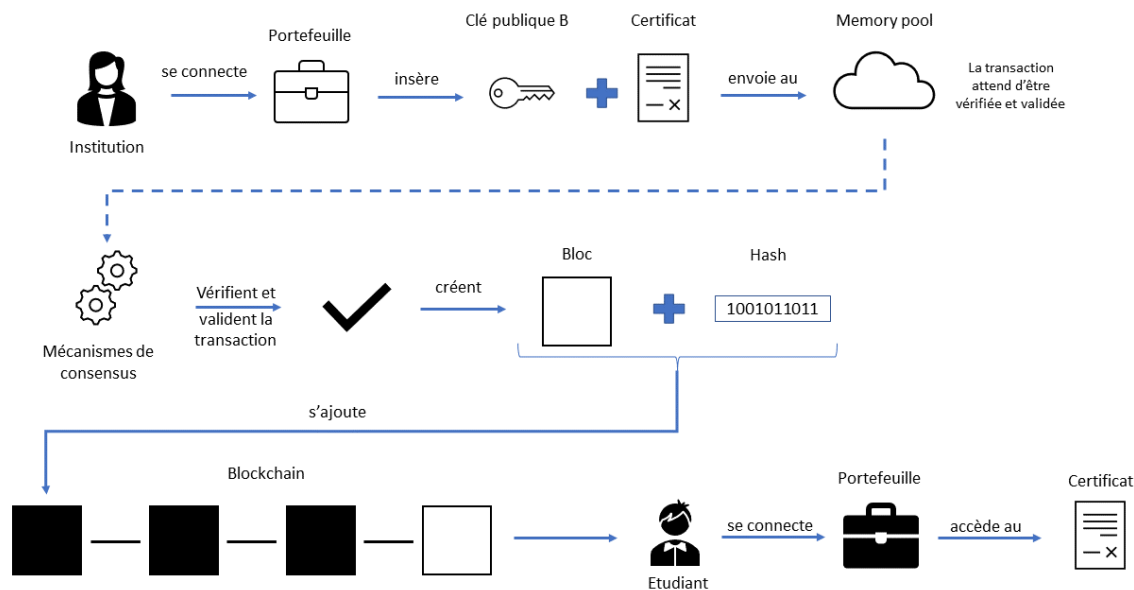


Figure 5: Fonctionnement simplifié d'une transaction sur une blockchain

Duan et ses collègues (2017) proposent une blockchain consortium centrée sur les acquis d'apprentissage, qui fonctionne sur un mécanisme de consensus appelé : preuve d'accréditation (*proof of accreditation*)³¹. Cette preuve d'accréditation combine les données quantitatives et qualitatives des acquis d'apprentissage des apprenant-es. Le relevé des notes des étudiant-es est considéré comme preuve quantitative de leurs acquis d'apprentissage tandis que les examens, entretiens, portfolios complémentaires sont considérés comme des preuves qualitatives. Une équipe d'enseignant-e et de certification valident les acquis d'apprentissage. Une communication transparente entre les universités du monde entier et le secteur professionnel est primordiale pour qu'un tel système soit fonctionnel. Ce système ressemble aux systèmes proposés pour les certificats et ajoute simplement plus d'informations dans un bloc.

La blockchain est également critiquée sur certains points. Le mécanisme de consensus a une influence sur la consommation d'énergie de la blockchain qui agit directement sur sa durabilité. Cette technologie doit être pérenne afin qu'elle puisse remplacer les méthodes plus traditionnelles (Wagner et al., 2019). Les mécanismes de consensus PoW utilisent plus d'énergie que le PoS (Ouattara et al., 2018). Alsunaidi & Alhaidari (2019) mentionnent que le PoA consomme encore moins d'énergie que le dPoS. La durabilité des blockchains décentralisées peut être atteinte grâce à une sélection minutieuse du protocole de consensus et du mécanisme de gouvernance (décentralisation, confiance, etc.) (Wagner et al., 2019). Derausseau (2017, cité par Jirgensons & Kapenieks, 2018) mentionne que les contrats

³¹ Traduction propre, aucune traduction trouvée dans la littérature

intelligents, (*smart contracts*)³², peuvent être défaillants et manquer « d'intelligence ». La blockchain est également critiquée pour le respect limité de la vie privée, car toutes les transactions sont enregistrées à jamais dans la blockchain. Pour l'instant, le stockage des données sensibles en dehors de la chaîne résout partiellement le problème lié à la sphère privée (changement d'état civil, décès, etc.). La technologie est à ses débuts, mais sa puissance et sa sécurité relative contre le piratage ainsi que sa durabilité font en sorte qu'elle soit une option attirante même pour le MIT Media Lab et les OU au Royaume-Uni (Jirgensons & Kapenieks, 2018).

Selon les critères nommés par Wiley (2017), la blockchain permet aux compétences et connaissances certifiées d'être presque inviolables. Selon la méthode choisie, elle donne le contrôle à la personne, qui détient les compétences et connaissances certifiées, de montrer ou non les données certifiées par la blockchain, par exemple par le biais d'un QR-Code. Le portefeuille permet à l'apprenant-e d'accéder à tout moment à ses compétences et connaissances certifiées. Lorsqu'un certificat en entier est enregistré dans la blockchain, le risque de le perdre tend vers zéro.

2.3.5 Certificats avec signatures électroniques, (open) badges et blockchain

Jusqu'à présent, trois solutions numériques ont été proposées pour certifier les compétences et connaissances obtenues lors d'une formation : les certificats avec signatures électroniques, les (open) badges et la blockchain. Ces solutions peuvent aussi être combinées entre elles. Etant donné qu'il s'agit du cœur du mémoire, les trois solutions sont récapitulées et comparées dans cette partie. La raison pour laquelle la blockchain est analysée lors de ce travail est présentée de manière plus approfondie est abordée.

Les **certificats avec signatures électroniques** ont de nombreux avantages : ils sont considérés de la même manière qu'une signature manuscrite et peuvent être vérifiés sans demander de l'aide à une tierce personne grâce à un logiciel spécifique (Ehrenreich et al., 2020). Les signatures électroniques aident à accélérer la validation des diplômes, comme le font certaines universités en utilisant les relevés des notes au format PDF accompagnés de signatures électroniques au lieu du format papier (Jirgensons & Kapenieks, 2018). Pourtant, les compétences et connaissances certifiées obtenues à travers des documents électroniques doivent être stockées par l'apprenant-e. En cas de perte du document de l'apprenant-e et de l'institution de formation, l'attestation des compétences et connaissances certifiées est perdue. Un système de sauvegarde additionnel est donc requis. Un registre des documents est

³² Traduction issue de la littérature, utilisée par de Coëtlogon et al. (2021).

essentiel, sans le registre les documents n'ont aucune valeur. Ces registres sont sujets à des fuites de données (Ehrenreich et al., 2020).

Les **(open) badges** sont faciles à créer et peuvent être utilisés pour toutes sortes de compétences et connaissances certifiées, car les informations importantes sont enregistrées sous forme de métadonnées à l'intérieur du badge (Clements et al., 2020). Les badges hébergés dépendent d'une plateforme ou d'un logiciel pour exister (Ravet, 2017). Les badges peuvent être partagés relativement facilement. Ils arrivent à « capturer » l'apprentissage non formel qui pourrait ne jamais être reconnu (Devedžić & Jovanović, 2015). Même Wiley (2017) note que les OB sont une manière d'enregistrer les compétences et connaissances certifiées obtenues lors de l'apprentissage ouvert. Malgré le succès que les badges ouverts connaissent, il existe une résistance pour leur adoption à plus large échelle. Les universités par exemple ne voient pas les avantages de la transition de leurs diplômes vers les badges, ce qui les amène à se concentrer sur des badges à enjeux plus faibles. Il manque également des outils pratiques qui permettraient aux apprenant-es de stocker et de partager plus facilement leurs badges ouverts (Schmidt, 2017). Les badges utilisés sur des systèmes d'apprentissage propriétaires comme chez Apple, BMW et Microsoft fonctionnent depuis de nombreuses années, mais sont restreints aux employés (Williams, 2018). Ravet (2017) suggère que les open badges soient collectables et vérifiables directement via une extension dans le navigateur, ce qui n'est pas le cas à présent. Jirgensons et Kapenieks (2018) ajoutent que si les émetteurs du badge cessent d'héberger les badges, ceux-ci deviennent invalides même s'ils sont authentiques.

La **blockchain** est un système numérique dans lequel tout type de transaction peut être enregistré (Schmidt, 2017). La blockchain peut créer une infrastructure permanente, sécurisée et durable pour les compétences et connaissances certifiées issues de formations (Jirgensons & Kapenieks, 2018). Elle semble être un défi radical. Williams (2018) voit le futur de la blockchain en combinaison avec l'analyse de l'apprentissage ce qui permettrait au système de fournir des données sur les résultats des étudiant-es en utilisant des contrats intelligents de manière indépendante et automatique. La certification serait sécurisée et ni initiée, ni détenue, ni attribuée par les établissements d'enseignement (Williams, 2018).

L'analyse de la blockchain donne la possibilité de revoir certaines idées sur les systèmes d'accréditation et de les transformer en systèmes plus inclusifs. La blockchain donne une infrastructure technique qui permet de stocker et de gérer les compétences et connaissances certifiées d'une manière fiable (Schmidt, 2017).

La plupart des solutions proposées pour la certification utilisent des blockchains de consortium qui ont un mécanisme de consensus PoA. Elles donnent un accès ouvert en lecture au contenu

sécurisé par la blockchain aux tierces personnes, restreint à travers des QR-Codes par exemple ou des liens (Arenas & Fernandez, 2018; Nespour, 2019; Xu et al., 2017 ; Chen et al., 2018 ; Srivastava et al., 2018).

Tableau 1 : Avantages et défis des solutions pour les compétences et connaissances certifiées ouvertes et libres

	Signature numérique	(Open) badge	Blockchain de consortium	
			Preuve d'autorité (PoA)	Preuve d'effort (PoE)
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • A la même valeur qu'une signature manuscrite • Est vérifiable par tout le monde à l'aide d'un logiciel spécifique • Accélère la validation des diplômes 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisation pratique et facile • Partage relativement facile 	<ul style="list-style-type: none"> • Les personnes/l'institution ayant la possibilité d'ajouter des certifications sont connues • Confiance si confiance dans les personnes ou dans l'institution qui ajoutent la certification 	<p>Les vérificateurs/trices doivent résoudre un exercice et arriver au même résultat que l'apprenant-e pour valider une compétence</p>
Défis	<ul style="list-style-type: none"> • Risque de perte si la plateforme arrête d'héberger le document et que l'apprenant-e ne l'a pas assez bien stocké • Aucune norme ouverte et universelle • Registres nécessaires qui sont sujets à des fuites de données 	<ul style="list-style-type: none"> • Compte nécessaire pour vérifier et collecter les badges • Les badges deviennent invalides lorsque les émetteurs/trices ne les hébergent plus (dépendance d'une plateforme) 	<ul style="list-style-type: none"> • Enregistrement fiable • La compétence et connaissance certifiée est facilement vérifiable • La compétence et connaissance certifiée reste valide même lorsque l'émetteur/trice n'existe plus 	<p>L'intérêt de résoudre un problème doit être maintenu pour que la blockchain continue d'exister</p>
			<ul style="list-style-type: none"> • Technologie relativement nouvelle • Selon le mécanisme de consensus choisi : très énergivore 	

La blockchain semble présenter des avantages significatifs par rapport aux autres solutions (Tableau 1) : toute personne ayant accès à la blockchain peut vérifier la véracité de l'attestation numérique et de la connaissance certifiée, aucune partie intermédiaire n'est nécessaire. Comme aucune partie intermédiaire n'est nécessaire, une compétence et connaissance certifiée peut être validée à tout moment, même si l'émetteur ou l'émettrice n'existe plus ou

n'a plus accès à l'enregistrement émis. L'enregistrement d'un crédit et de la connaissance certifiée peuvent uniquement être effacés si chaque copie, sur chaque ordinateur dans le monde hébergeant le logiciel, est détruite. La confidentialité du document est garantie, lorsque le hachage est partagé – la signature du document est partagée, mais pas le document lui-même (Ehrenreich et al., 2020). Mikroyannidis et al. (2018) ont également montré qu'il était possible de combiner des Smart Blockchain Badges, des badges ressemblant à des OB, avec la technologie blockchain. Leur solution soutient l'idée d'apprentissage tout au long de la vie et donne des recommandations d'emploi aux apprenant-es pour faire progresser leur carrière selon leurs compétences.

Les solutions existantes pour la transmission des CCCOL sont les certificats numériques avec signatures électroniques et les OB. La technologie blockchain permettrait d'enregistrer ces deux types d'attestations numériques dans un contexte sûr. Elle possède toutes les caractéristiques qui mènent à croire qu'elle peut s'insérer dans les pratiques d'EOL. Pour vérifier, si cela est bien le cas, un cadre théorique est proposé dans la section suivante.

3. Cadre théorique

Le cadre théorique se réfère d'une part, à la qualité de l'éducation en utilisant le « OpenEd Quality Framework » proposé par Stracke (2019) et d'autre part, au modèle d'environnement personnel d'apprentissage (Felder, 2019). Les deux modèles sont intégrés pour proposer un cadre théorique adéquat à ce travail.

3.1 L'OpenED Quality Framework

Il est essentiel de documenter la qualité de l'EOL du point de vue pédagogique et technologique. L'élaboration de normes pour la qualité technologique, il est possible de documenter l'apprentissage sous forme de compétences et connaissances certifiées (ouvertes et libres) (Camilleri et al., 2018). Pour cela, Stracke (2019) propose l'OpenEd Quality Framework qui évalue la qualité dans l'EOL de manière holistique.

Le cadre proposé par Stracke (2019) combine les dimensions de la qualité dans l'EOL avec les niveaux macro, méso et micro de l'EOL (Figure 6). Le niveau macro contient les contextes organisationnels et sociétaux soit : les politiques, la philosophie, les stratégies, la vision, les programmes officiels des autorités publiques et leurs impacts. Le niveau méso se concentre sur les processus institutionnels et la conception de situations d'apprentissage ainsi que les curriculums d'apprentissage pour tout niveau d'éducation. Finalement, le niveau micro aborde les situations et les expériences d'apprentissage de chaque apprenant-e.

La qualité en EOL est mesurée à travers les objectifs, la réalisation et les acquis d'apprentissage (Stracke, 2019). Les mesures prises en EOL à tous les niveaux influent sur la qualité en EOL, donc sur la qualité des objectifs, de la réalisation et des acquis d'apprentissage (Tableau 2).

Tableau 2 : Les dimensions de qualité et les composantes qui les influencent Stracke (2019, traduit)

Dimension de qualité	Niveau	En EOL
Objectifs d'apprentissage	Macro	Politiques
	Méso	Anticiper les objectifs d'apprentissage
	Micro	Objectif d'apprentissage individuel
Réalisation d'apprentissage	Macro	Stratégies d'apprentissage
	Méso	Design du cours
	Micro	Activités d'apprentissage
Acquis d'apprentissage	Macro	Impact de l'apprentissage
	Méso	Développement de l'organisation
	Micro	Développement des compétences

Stracke (2019) place au niveau macro la politique d'EOL pour améliorer les objectifs d'apprentissage. La politique EOL regroupe les règlements formels concernant le soutien, le financement, l'adoption et l'utilisation des REL et/ou des PEL. Ces politiques sont conçues pour soutenir la création, l'adoption et le partage des REL ainsi que la conception et l'intégration des PEL (Green et al., 2018). Au niveau méso, les objectifs d'apprentissage doivent être anticipés. Articulé de manière précise et bien réfléchi, les objectifs d'apprentissage assurent que les apprenant-es trouvent des formations qui répondent à ces objectifs. Lorsqu'un-e apprenant-e choisit un objectif, il se trouve au niveau micro, car l'objectif d'apprentissage est individuel (Stracke, 2019).

La réalisation des apprentissages au niveau macro comprend les stratégies d'apprentissage en EOL (Stracke, 2019). Ces stratégies peuvent être mises à disposition en ligne sous forme de texte ou encore de workshop pour soutenir les apprenant-es à connaître des stratégies (Page, 2018, août). Au niveau méso, les critères de qualité s'intéressent plutôt au design du cours dans son ensemble proposé en EOL. Au niveau micro, les activités d'apprentissage sont analysées (Stracke, 2019).

La qualité des acquis d'apprentissage en EOL peut être renforcée par l'impact sur l'apprentissage (macro), par le développement de communautés pour l'EOL (méso) et par le développement des compétences des apprenant-es (micros). Au niveau micro, les acquis d'apprentissage sont les résultats obtenus lorsque l'apprentissage est réalisé. Ces résultats peuvent uniquement être évalués de manière individuelle pour chaque objectif donné.

L'apprenant-e peut évaluer la qualité de la situation d'apprentissage après l'avoir effectuée personnellement (Stracke, 2019).

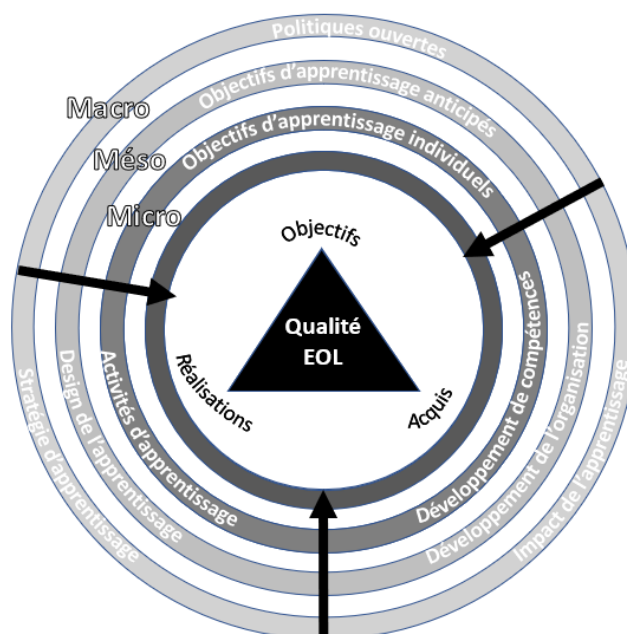


Figure 6 : L'OpenEd Quality Framework adapté de Stracke (2019)

Pour la certification de compétences, plusieurs composantes de l'EOL peuvent être prises en compte. La qualité des objectifs d'apprentissage est influencée à plusieurs niveaux. Au niveau macro, il y a les politiques ouvertes, par exemple la politique mise en place en Suisse pour favoriser un cadre de développement de la blockchain (Hostettler, 2021, février ; Violi, 2021, mai) par une réglementation favorisant les PEOL avec des normes proposées comme avec les Open Badges (Baldi et al., 2019). Au niveau méso, les objectifs sont à anticiper afin de créer des modèles de badges ou de certificats pour les transmettre aux apprenant-es dès que leurs cours sont validés. Pour la qualité de la certification au niveau micro, les activités d'apprentissage sont intéressantes. Elles pourraient contenir des épreuves ou des réalisations en tant qu'acquis d'apprentissage. Finalement, la certification des compétences et des connaissances sont surtout concernées par la qualité des acquis d'apprentissage. Afin de s'assurer de la qualité d'apprentissage au niveau macro, l'impact d'apprentissage pourrait être mesuré. L'apprenant-e a acquis des compétences et connaissances lorsqu'il ou elle peut par exemple utiliser les compétences dans son travail actuel ou dans un travail futur ou contribuer aux REL. La qualité de cet aspect vise à créditer les compétences et les connaissances acquises pour les rendre visibles et crédibles. En s'intéressant aux possibilités d'accréditation, une contribution est faite au développement des PEOL. La vérification est facilitée, elle offre un gain de temps, ce qui a un impact positif sur l'organisation. Lorsque les compétences et

connaissances des apprenant-es sont développées (micro), les apprenant-es peuvent les faire attester.

3.2 Autonomie de l'apprenant-e et les compétences et connaissances dans l'EOL

L'environnement personnel d'apprentissage (EPA)³³, (Personal Learning Space) est conçu pour soutenir l'apprentissage tout au long de la vie (Yen et al., 2019) (Figure 7). Grant (2007, cité par Yen et al., 2019) propose une architecture combinant la pédagogie et la technologie afin de mettre en œuvre un environnement soutenant l'apprentissage numérique permanent. Cet environnement donne la possibilité de transférer des crédits d'apprentissage et de relier l'éducation formelle et non formelle pour réaliser un apprentissage innovant (Schuwer et al., 2015, cité par Yen et al., 2019). L'EOL soutient l'apprentissage ouvert et donne une grande flexibilité aux apprenant-es, il est donc requis que l'apprenant-e soit autonome. C'est pourquoi, le modèle de l'environnement personnel d'apprentissage s'inscrit dans la démarche de l'EOL (Alenezi, 2019). Les pratiques d'apprentissage signalent le besoin d'une approche plus personnelle, sociale et participative des apprentissages (Campbell, 2016, cité par Yen et al., 2019). Le concept de EPA est en train de devenir une référence dans le domaine de la technologie éducative pour sa valeur pédagogique, son cadre et ses composants. Il fait référence à tous les processus d'apprentissage centrés sur l'étudiant-e et force à penser « environnement pour étudiant » plutôt que « environnement du cours » (Alenezi, 2019).

Dans l'optique de l'AOD, telle que présentée ci-dessus, les apprenant-es explorent et créent leurs propres compétences et connaissances, ils ou elles sont autonomes (Stracke, 2019). L'autonomie commence par l'autodirection. L'autodirection est « la démarche d'appropriation, de responsabilisation et de prise en charge » de l'apprentissage (Albero, 2003, p. 10). Trois étapes sont nécessaires pour effectuer de l'autodirection dans l'apprentissage. Dans un premier temps, les besoins et les objectifs à court, moyen et long terme sont à mettre en évidence par l'apprenant-e (Holec, 1980, cité par Albero, 2003). Dans un deuxième temps, l'apprenant-e prend conscience des moyens nécessaires pour atteindre ses objectifs et s'organise pour réduire les contraintes soit personnelles, familiales et/ou professionnelles. Cette étape permet à l'apprenant-e de se rendre compte de l'écart qui peut exister entre ses objectifs et les moyens qu'il se donne pour les atteindre (Gremmo, 2003, cité par Albero, 2003). Dans un troisième temps, l'apprenant-e choisit le dispositif d'apprentissage qui lui semble mieux lui convenir tant au niveau du contenu que de la méthode d'apprentissage. Il prend conscience des démarches d'apprentissage pour suivre au mieux son projet personnel (Albero, 2003). Lorsque les apprenant-es autonomes réalisent leur apprentissage, ils ou elles

³³ Traduction issue de la littérature, utilisée par Felder (2019)

ont identifié auparavant leurs besoins d'apprentissage. Ensuite, ils ou elles formulent leurs besoins à travers d'objectifs spécifiques et fixent les critères de réalisation. Ils ou elles recueillent les informations nécessaires pour effectuer leur apprentissage, afin de combler les lacunes initiales et atteindre les objectifs visés. Par le biais de l'évaluation, les apprenant-es autonomes constatent s'ils ou elles ont atteint les objectifs, tirent des conclusions à l'aide des retours obtenus et décident s'ils ou elles doivent retravailler le sujet ou passer à autre chose (Moore, 1977, cité par Deschênes, 1991). Ce processus est appelé autorégulation. Lorsqu'un-e étudiant-e autorégule son apprentissage, il ou elle utilise des stratégies d'autogestion métacognitive, motivationnelle et comportementale pour atteindre ses objectifs. Il ou elle devient acteur de son propre apprentissage (Zimmerman & Martinez-Pons, 1990, Zimmerman & Pons, 1986, cités par Wills et Xie, 2016). Les stratégies métacognitives sont des stratégies qui aident l'apprenant-e à traiter les informations de manière efficace. La capacité de métacognition est encore plus importante à l'ère de la transformation numérique où les informations sont à la portée de tous et toutes (Felder, 2017b, cité par Felder, 2019). La métacognition incite l'apprenant-e à poser un regard sur son propre fonctionnement cognitif pour être capable de l'ajuster aux situations données. L'apprenant-e doit être conscient-e de son propre fonctionnement (Bégin, 2008, cité par Felder, 2019). Felder (2019) explique en illustrant son exemple avec le *typewriter machine effect* de Perkins (1993) qu'il ne suffit pas de placer une machine à écrire sur les bureaux des collaborateurs et collaboratrices pour que les contraintes de l'écriture manuscrite disparaissent. Des dispositifs ont dû être mis en place pour que les collaborateurs et collaboratrices apprennent à utiliser correctement les machines à écrire. Felder (2019) en déduit que l'accès aux MOOCs ou au REL ne suffit pas pour remplacer le projet d'apprentissage, la scénarisation d'activités et la mise en place d'un environnement propice sont nécessaires pour atteindre ces buts.

L'apprenant-e n'est pas le seul ou la seule exerçant une influence sur son autonomie en employant les stratégies d'autorégulation ; l'environnement, l'enseignant-e, les collègu-es, les instruments et les artefacts influent également sur l'autonomie (Felder, 2019).

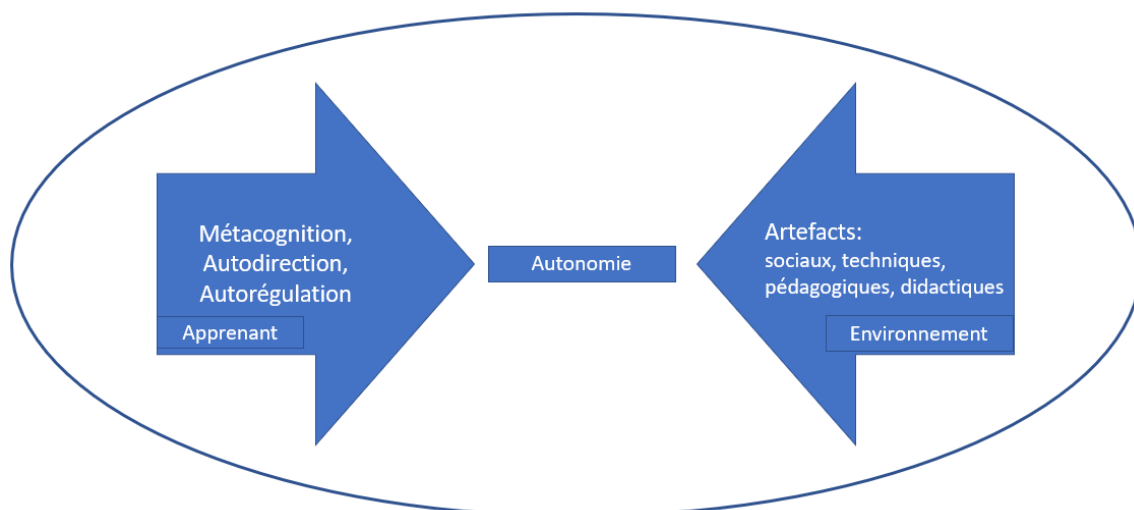


Figure 7: Environnement personnel d'apprentissage, adapté de Felder (2019)

Les composantes du côté de l'apprenant-e ont été expliquées plus haut, il s'agit de l'autorégulation, l'autodirection et la métacognition. Du côté de l'environnement, les artefacts techniques représentent les plateformes, outils et moyens de communication disponibles. Les compétences comme lire, écrire et interagir font partie des artefacts didactiques. Les artefacts pédagogiques contiennent toutes les formes de représentation de connaissances, iconographie, oralité, écriture manuscrite, édition, télévision, radio, cinéma. Les réseaux sociaux font partie des artefacts sociaux et finalement, les artefacts pédagogiques regroupent les stratégies cognitives comme chercher, évaluer, tester, valider ou encore modifier l'information (Felder, 2019).

3.3 Un modèle pour évaluer la qualité d'une technologie de certification en EOL

Comprendre l'approche du OpenEd Quality Framework ainsi que celle du EPA permet de réaliser ou évaluer des technologies de l'EOL. En effet, l'autonomie de l'apprenant-e est un point central dans l'approche de l'EOL et l'Open Learning (Lewis, 1986; Stracke, 2019). L'apprentissage autorégulé donne la possibilité à l'apprenant-e de gérer ses apprentissages pour suivre un parcours en EOL par exemple. En y ajoutant le concept OpenEd Quality, l'apprenant-e peut choisir minutieusement son parcours grâce aux objectifs. Il n'a pas seulement la capacité d'apprendre, mais reçoit un cadre qui facilite l'autorégulation de son apprentissage. Les niveaux micro, méso et macro exercent une influence sur la qualité de l'EOL et indirectement sur les compétences développées par l'apprenant-e. C'est pourquoi ce modèle sera utilisé pour analyser la qualité d'une technologie de certification en EOL (Figure 8).

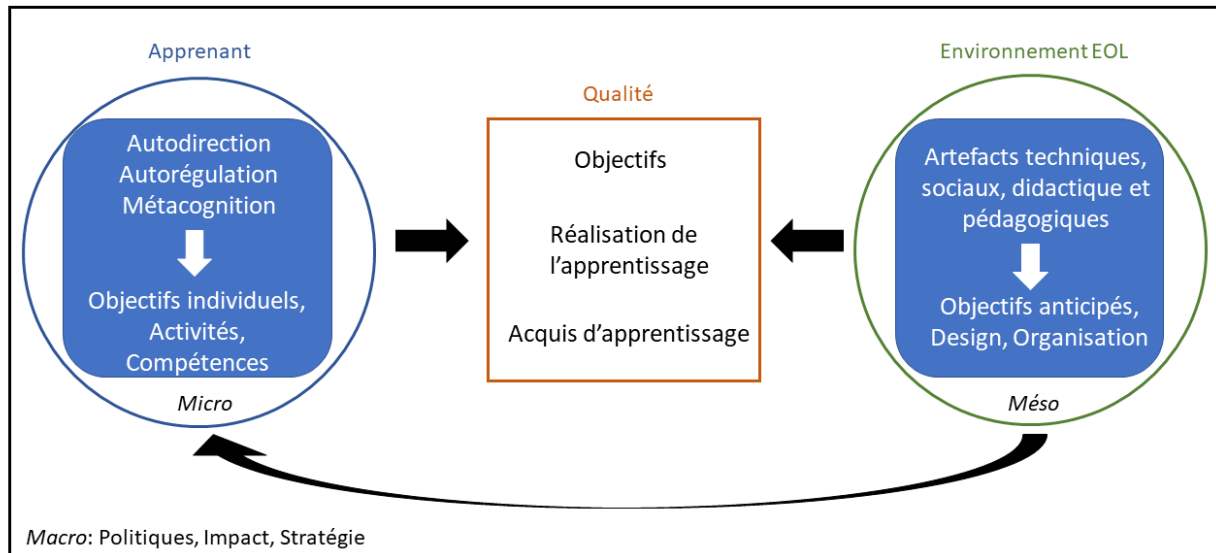


Figure 8 : Modèle combinant l'environnement personnel d'apprentissage (Felder, 2019) et l'OpenED Quality Framework (Stracke, 2019)

4. Méthodologie

Pour analyser le POC du projet **certification électronique**, (ECERT)³⁴, (E-Certification) au sein du CFCD, une recherche 'Design Based Implementation Research' (DBIR) est menée. La recherche s'insère dans le premier cycle de la DBIR car l'entretien exploratoire a montré un intérêt de la partie prenante du CFCD vers une solution pour l'EOL « [...] *c'est intéressant d'interroger le projet à partir d'une perspective Open Education, en se demandant du coup s'il pourrait aller plus loin* ». Lors de cette première étape descriptive, une approche qualitative est utilisée. La DBIR a deux objectifs : développer une compréhension théorique et concevoir des interventions dans la pratique (McKenney & Reeves, 2019). L'approche de recherche qualitative est employée pour mettre en lumière un problème inconnu, elle permet de documenter ce problème pour le cerner afin de proposer des solutions de développement dans le cadre de la DBIR (Gaudet & Robert, 2018).

Ce travail souhaite décrire et proposer des solutions à l'aide de ce qui a été présenté précédemment dans la revue de littérature en analysant la documentation et les entretiens semi-directifs concernant le projet ECERT.

4.1 Objectif et question de recherche

L'objectif de cette recherche consiste à décrire la mise en place d'une preuve de concept sur l'utilisation de compétences et connaissances certifiées ouvertes et libres adossée à une technologie blockchain pour la certification des étudiant-es participant aux formations

³⁴ Traduction issue d'un échange par voie électronique avec J. Erbguth (2021)

proposées par le CFCD de l'UNIGE. À ce stade de l'étude, les compétences et connaissances certifiées ouvertes et libres se complètent avec la blockchain pour la certification. Les compétences et connaissances certifiées ouvertes et libres sont des documents attestant des compétences ou des qualifications entièrement transparentes qui peuvent être enregistrées dans une blockchain. La blockchain donne le cadre pour transférer et stocker les compétences et connaissances certifiées ouvertes et libres en ligne tout en assurant leur pérennité, sécurité, validité et vérifiabilité. La solution devrait pouvoir suivre les critères des CCCOL afin d'accueillir le COS proposé par le CFCD. La QdR principale qui guide la recherche est la suivante : Comment les compétences et connaissances certifiées ouvertes et libres adossées à une technologie blockchain initialement réalisée pour la certification de formations continues peuvent-elles être mises en place à l'UNIGE ? Les sous-questions qui suivent, aident à répondre à la question principale :

- De quelle manière la technologie blockchain prend en compte l'environnement méso et macro de l'EOL (en référence à la Figure 7) ?
- La technologie blockchain prend-elle en compte les composantes nécessaires à l'établissement de compétences et connaissances certifiées ouvertes et libres ?
- La technologie blockchain renforce-t-elle l'autonomie de l'apprenant-e ?

4.2 Conjectures

Pour obtenir une solution blockchain ergonomique qui enregistre des compétences et connaissances certifiées, transparentes, inviolables, vérifiables par des tiers, rapides, sécurisées, la conjecture à prendre en compte est d'adosser les CCCOL à la blockchain (Figure 9). Une conjecture est une hypothèse faible qui permet de guider la recherche. Sous forme de représentation graphique, la carte de conjecture permet de montrer ce qui est mis en place depuis la conjecture formulée de manière théorique jusqu'à une solution opérationnalisée sur le terrain (Sandoval, 2014).

Conjectures map - Utilisateur : ETU			
	Concrétisation	Processus de médiation	Résultat
Adosser les CCCOL à la technologie blockchain semble intéressant, car elle permet d'obtenir des CCCOL inviolables, vérifiables par des tiers, transparentes, rapides et sécurisées (conservables)	<ul style="list-style-type: none"> - Accès via le portefeuille - Certification disponible avec informations sur compétences = enregistrement des acquis d'apprentissage voir des réalisations d'apprentissages (productions) → valorise les compétences et donc l'autodirection parce que l'étudiant va choisir un autre objectif 	<ul style="list-style-type: none"> - Accès à toutes les certifications / productions avec le même accès /la même plateforme - Possibilité de télécharger le diplôme et l'envoyer à des tiers ou alors d'envoyer un lien pour vérification - Solution pérenne et sécurisée 	Blockchain qui permet d'enregistrer et de vérifier les connaissances et compétences des apprenant-es de manière ergonomique, rapide et sécurisée
Conjectures map – Institution : UNIGE			
	Concrétisation	Processus de médiation	Résultat
Adosser les CCCOL à la technologie blockchain semble intéressant, car elle permet d'obtenir des CCCOL inviolables, vérifiables par des tiers, transparentes, rapides et sécurisées (conservables)	<ul style="list-style-type: none"> - Possibilité d'ajouter ou de valider certificat (design) - Accès selon rôle attribué - Modèle pour les objectifs anticipés - Consommation d'énergie adaptée 	<ul style="list-style-type: none"> - Règlements sont en accord avec la solution - S'insère dans la stratégie de l'institution - Comptabilité entre les institutions - Evtl. Processus automatisé - Gain de temps par rapport à la solution traditionnelle - Sécurisé, pérennité - Budget et ressources 	Blockchain qui permet d'enregistrer et de vérifier les connaissances et compétences des apprenant-es de manière ergonomique, rapide et sécurisée

Figure 9 : Conjecture Map du travail de recherche

Du point de vue de utilisateur ou de utilisatrice, l'accès aux compétences et connaissances certifiées de l'apprenant-e nécessite les besoins techniques suivants : (1) un accès au portefeuille pour gérer ses attestations (Arenas & Fernandez, 2018; Chen et al., 2018; Jirgensons & Kapeniaks, 2018; Srivastava et al., 2018; Turkanović et al., 2018), (2) une documentation qui contient des informations supplémentaires aux notes obtenues comme l'enregistrement des acquis d'apprentissage ou des réalisations (Han et al., 2018; Lizcano et al., 2020). Tous ces besoins techniques sont sensés valoriser les compétences de l'apprenant-e et par ce biais l'autodirection. L'apprenant-e est en état de choisir de nouveaux objectifs à court, moyen et long terme et de les poursuivre (Holec, 1980, cité par Albero, 2003).

(3) L'institution doit être en mesure d'ajouter et de valider un certificat (Cano et Cabrera 2016, cité par Lizcano et al, 2020). Ces possibilités correspondent au niveau méso du cadre de travail proposé. (4) Elle devrait être apte à définir les accès à la blockchain (Jagers, 2016 cité par Nespors, 2019), et (5) choisir une solution qui prend en compte l'énergie consommée (Wagner et al., 2019).

4.3 Participants et instruments

4.3.1 Recueil des données

La première étape consistait à réaliser un premier entretien exploratoire semi-directif pour mieux connaître le contexte dans lequel le projet ECERT a débuté. L'entretien a été effectué

avec une partie prenante du CFCD. Avant l'entretien exploratoire, la seule l'information connue était un dispositif blockchain mis en place au sein du CFCD ([Annexe 1](#)).

Ensuite, cette partie prenante a donné son accord pour accéder à la documentation du projet. La documentation comportait trois documents : (1) la présentation de l'ordre du jour du 10.10.2019 ; (2) le rapport du projet ECERT ; et (3) la présentation « digital innovators » avec le lien du webinaire du 03.02.2021. Pour compléter la documentation, un entretien semi-directif avec un expert du domaine blockchain, contrats intelligents et protection des données d'une heure et demie a eu lieu. Le guide d'entretien, réalisé à partir de la revue de littérature et de l'analyse de documents ([Annexe 2](#)), structure l'entretien semi-directif, les questions ont été adaptées au fil de l'entretien. Les questions sont de types ouverts afin d'inviter la personne à répondre plus longuement aux questions posées (Claude, 2020). Le choix d'entretiens semi-directifs porte sur l'aspect pratique de ces types d'entretiens. Ils évitent que les personnes s'éloignent du sujet et laissent une certaine liberté d'expression à l'interviewé-e afin de lui permettre d'approfondir certains points (Romelaer, 2005). La fonction de la personne interviewée, lors de l'entretien semi-directif, était spécialiste informatique et juridique. Il a écrit la documentation et donné des pistes pour prendre des décisions pendant que le projet était en train d'être développé. Les personnes ayant participé à l'entretien exploratoire et semi-directif sont anonymisées à l'aide de pseudonymes³⁵ tout au long du travail. Les données réelles (documentation) et les données d'opinions (entretiens) ont été croisées pour une interprétation plus riche du projet ECERT (McKenney & Reeves, 2019).

4.3.2 La solution du projet ECERT

La solution du POC projet ECERT est une solution de blockchain de publique de consortium. Elle utilise un mécanisme de consensus de type « *proof-of-authority* » pour insérer l'information sur la validité du diplôme dans la blockchain. Cette information est insérée dans la blockchain à l'aide d'une interface de programmation d'applications (API)³⁶, (*Application Programming Interface*) (Figure 10). L'API donne la possibilité d'insérer (diploma add), de lire (diplôme read), d'actualiser le statut d'un diplôme (diploma update), de télécharger une liste de tous les diplômes valides et leurs modifications (diplomas) et de retourner l'adresse du contrat intelligent utilisé (Smart contract) (Erbguth, 2020).

³⁵ Les pseudonymes utilisés sont « partie prenante » et « expert »

³⁶ Traduction issue de la littérature, utilisée par Goyet (2017). Une API est destinée à faciliter le développement d'applications. Le service proposé par l'API met à disposition une bibliothèque contenant des programmes prêts à être utilisés pour le développement d'applications. L'API relie les programmes ou/et logiciels entre eux afin d'obtenir une solution adaptée au système choisi par le/la développeur/-euse (Goyet, 2017).

ecert

API for reading and writing diplomas entry on the blockchain

default		Show/Hide	List Operations	Expand Operations
POST	/diploma_add			
GET	/diploma_read			
PUT	/diploma_update			
GET	/diplomas			
GET	/smartcontract			

Figure 10 : Interface de l'API (Erbguth, 2020)

Le processus de mise en œuvre de la vérification d'un diplôme via la blockchain est le suivant : Tout d'abord un document du diplôme est réalisé, celui-ci est imprimé. Les signatures manuscrites y sont ensuite ajoutées. Quand le document est signé, celui-ci est scanné. L'institution ajoute un cachet électronique au document scanné. La preuve du diplôme est ensuite ajoutée à la blockchain via le contrat intelligent qui peut être utilisé via l'application API présente ci-dessus (Erbguth, 2020).

Les parties prenantes du projet ont pris la décision de poursuivre le projet afin de trouver une solution pour les différents diplômes de l'UNIGE. Cette solution ne prévoit plus d'imprimer et de scanner les diplômes, mais de créer directement un PDF/A qui sera signé uniquement avec le cachet électronique. Aucune signature manuscrite ne devrait être nécessaire. La preuve du diplôme sera ajoutée à la blockchain via le contrat intelligent. Les étudiant-es recevront deux versions du document : un document papier et un électronique. Une collaboration avec d'autres universités est prévue ainsi que l'automatisation du processus à l'aide du SI de l'étudiant-e (Erbguth, 2020).

En ce qui concerne la vérification du diplôme sur le POC, une possibilité est le site web proposé par l'UNIGE (<https://ecert.unige.ch/>) qui permet de vérifier le diplôme de trois manières différentes : avec l'ID, avec les données de l'étudiant-e et en téléchargeant le PDF sur la plateforme (Figure 10). Le PDF est enrichi de métadonnées qui permettent à l'application Web d'obtenir les données nécessaires pour vérifier le diplôme (Erbguth, 2020).

VALIDER LE DIPLÔME

Cette page permet de vérifier la validité d'un diplôme en utilisant ses données ou un fichier de diplôme officiel (PDF/A).

Véifier avec l'ID Vérifier avec les données Vérifier avec le PDF original

Informations de l'étudiant

Nom(s) de l'étudiant

Prénom(s) de l'étudiant

Date de naissance

Informations du diplôme

Type de diplôme (CAS, MAS, MBA)

Nom du diplôme

Note du diplôme

Date d'émission du diplôme

Numéro de diplôme

Identifiant du diplôme

Institution

Faculté

Valider

Figure 11 : Interface de vérification du diplôme (Erbguth, 2020)

4.4 Procédures

4.4.1 Élaboration du code-book

L'élaboration d'un code-book est essentielle pour retrouver, extraire et catégoriser des blocs de données pour permettre une analyse plus approfondie et en tirer des conclusions. Le codage permet d'extraire les données les plus significatives, d'assembler les données qui vont ensemble et d'organiser la masse des données (Miles et al., 2014). Les données obtenues à travers les entretiens et la documentation sont donc codées à l'aide d'un code-book. La réalisation du code-book suit deux cycles. Le premier cycle consistait à réaliser une première liste de codes, issue de la revue de littérature et de la principale conjecture émise, avant que les données ne soient analysées ([Annexe 3](#)). Lors du deuxième cycle, durant l'analyse des données réelles et d'opinions, certains codes ont été abandonnés et d'autres créés. Notamment, les critères des CCCOL ont été affinés ou modifiés si les critères n'avaient pas pu être suivis. Les codes d'environnement ergonomique et financier ont été ajoutés. En effet, ces notions revenaient en tant que points déterminants des choix, lors de l'analyse des données d'opinion ([Annexe 4](#)). Chaque code obtenait une définition pour s'assurer que sa signification était claire pour les différents codeurs et codeuses. Miles et Hubermann (2003)

précisent que l'unité conceptuelle et structurelle est fondamentale afin que les codages soient liés les uns aux autres et cela a été respecté.

4.4.2 Analyse des données

Les entretiens étaient retranscrits selon les principes de la retranscription mot pour mot. La retranscription mot pour mot retranscrit l'ensemble des mots entendus sans pour autant nommer les hésitations (eeeh., réflexion) et corriger les erreurs de langages. Les remarques annexes peuvent également être notées dans ce type de retranscription (Claude, 2019). Le codage des données s'est fait sur la base du codebook.

Les codes ont été enlevés de la documentation et envoyés à une codeuse indépendante. La vérification du codage a été effectuée avec l'accord inter-codeur « *Krippendorffs c-Alpha binary* » disponible sur Atlas.ti. Vu le peu de données collectionnées, le logiciel n'était pas en mesure de calculer un accord inter-codeur interprétable (Friese, 2019).

Les séquences codées peuvent être comparées et montrent un codage qui va dans le sens d'un accord (Figure 12). La qualité des données semble suffisante pour répondre à la question de recherche ([Annexe 5](#)).



Figure 12: Aperçu du codage inter-codeurs des critères « vérifiable » et « contrôlable »

4.5 Limites

Ce travail a été limité surtout par le temps à disposition. En effet, ce travail se situe au début du premier cycle d'une DBIR. Dans ce travail, la revue de littérature sur ce sujet est très détaillée. Le travail possède un modèle de cadre théorique pour répondre à la question de recherche. Des entretiens supplémentaires avec d'autres acteurs ou actrices au sein de l'UNIGE, comme un deuxième entretien avec la partie prenante, des entretiens avec la direction de l'UNIGE ainsi que des entretiens pour approfondir la question du workflow auraient été les bienvenus. Ces entretiens pourraient être envisagés pour poursuivre ce travail avec le deuxième cycle d'une DBIR. Une autre limite concerne le POC : celui-ci n'a ni été conçu pour les CCCOL ni pour les COS du CFCD. A ce stade du POC, l'objectif de l'UNIGE consiste à trouver une solution pour les diplômés de Bachelor, Masters et pour les DAS, CAS, MAS. Les recommandations de design en fin de travail sont donc nécessairement limitées.

4.6 Terrain de l'étude

L'UNIGE, plus précisément le Centre pour la Formation Continue et à Distance (CFCD), a mis en place un proof-of-concept (POC) d'une blockchain pour vérifier la validité des diplômes obtenus à la fin d'une formation continue. Afin de vérifier la faisabilité d'un tel projet, le projet du POC de certifications dématérialisées a été lancé en 2018 avec la collaboration du Rectorat et de l'administration centrale, la Division du système et des technologies de l'information et de la communication, les Centres et instituts et le Centre Universitaire d'Informatique (CUI). Le CFCD a été désigné comme porteur du projet, car il a déjà participé à d'autres projets en collaboration avec InZone. Le contexte de la formation continue semblait plus approprié d'un point de vue technique et plus accessible pour une première version du POC. Le projet est appelé **certification électronique**, (ECERT)³⁷, (E-Certification). Lors du projet ECERT, les solutions open badges, cachets électroniques et blockchains avaient été analysés (Erbguth, 2020).

En octobre 2019, la première version du POC est aboutie : le CFCD propose une solution de certificats dématérialisés sous forme de blockchain. Depuis, la blockchain de l'UNIGE évolue vers une solution qui a pour but d'enregistrer tous les diplômes de l'UNIGE (Erbguth, 2020). Ce travail s'intéresse à la solution du POC développée au sein du CFCD.

5. Résultats

5.1 Réponse à la question de recherche et aux trois sous-questions

1. *De quelle manière la technologie blockchain prend en compte l'environnement méso et macro ?*

Tout d'abord, l'environnement macro et le contexte institutionnel sont à analyser. Les personnes souhaitant mettre en place une blockchain doivent être vigilantes aux lois en vigueur en Suisse et même en Europe. Le cachet électronique est par exemple «*seulement conforme aux lois suisses, et pas au règlement eIDAS – la loi européenne – ni aux lois en dehors de l'Europe [Rapport]*».

Toutefois, les lois ne s'arrêtent pas aux lois suisses, l'UNIGE possède également ses propres directives. Ces directives sont parfois plus strictes que celles imposées par la loi fédérale. L'exemple mentionné, lors de l'entretien avec l'expert concernant les cachets électroniques, montre qu'au niveau légal, les signatures à cachet électronique sont acceptées par la loi

³⁷ Traduction issue d'un échange par voie électronique avec J. Erbguth (2021)

fédérale sur la signature électronique (SCSE)³⁸. Pourtant l'UNIGE possède d'autres directives qui empêchent de signer un diplôme uniquement par un cachet électronique pour qu'il soit valide. Le changement de ces directives n'était pas prévu dans le projet. L'expert souligne ces propos avec « *[les cachets électroniques sont] nouveau pour l'administration de l'université donc sans procédure établie. Ça a pris du temps et ce n'était pas évident. Comment faire ? Comment contrôler l'accès aux cachets électroniques ? [Expert]* »

Lorsque les questions légales ont été réglées, le concepteur ou la conceptrice peut se pencher sur l'environnement technologique et les critères des CCCOL.

Avant cela, il ou elle doit se concentrer sur la question du workflow de l'environnement institutionnel et s'assurer que la solution envisagée est compatible avec ce workflow. En effet, le workflow présente différents niveaux (juridiques, technologiques, etc.) et différentes couches au sein de ces niveaux. Cette complexité est difficile à mettre à jour totalement mais est nécessaire lors de l'introduction d'une innovation comme une blockchain pour les diplômes. Il s'avère que ce travail n'a peut-être pas couvert tous les aspects organisationnels et juridiques liés à la distribution des diplômes.

Pour un passage à l'échelle, du CFCD aux formations régulières de l'UNIGE, encore un autre workflow doit être considéré. Le rapport indique que la procédure pour les différents diplômes et certificats supérieurs, les suppléments au diplôme, le procès-verbal des notes, n'est pas la même. Pourtant, il n'est pas possible d'obtenir une solution automatisée sans workflow unifié. La distribution des diplômes aux étudiant-es doit être analysée. L'expert souligne que « *[la distribution des diplômes aux étudiants] est facile, si les étudiants ont encore leur adresse e-mail universitaire. Par contre, s'ils n'ont plus leur adresse mail universitaire, cela peut poser problème. [...] UNIGE possède actuellement différents workflows pour distribuer les diplômes et il est recommandé d'unifier le workflow pour l'automatiser.* »

Le concepteur ou la conceptrice devra modéliser les démarches nécessaires pour que le workflow évolue et qu'il s'intègre à la solution envisagée ([Annexe 6](#)).

2. La technologie blockchain prend-elle en compte les composantes nécessaires à l'établissement de compétences et connaissances certifiées ouvertes et libres ?

La vérifiabilité était un des critères principaux de la solution au sein du CFCD. Ce critère est respecté en proposant un site Web qui permet de vérifier le diplôme de cinq manières différentes : en écrivant l'ID du document, en insérant l'ID et les données supplémentaires, en téléchargeant le document sur le site Web à disposition, en utilisant une application externe

³⁸ Acronyme utilisé par la loi fédérale sur les services de certification dans le domaine de la signature électronique et des autres applications des certificats numériques (Fedlex, 2016)

appelée Acrobat Reader qui vérifie les cachets électroniques du document ou alors en se rendant directement sur la blockchain Ethereum. Les trois premières possibilités et la dernière possibilité ne nécessitent aucun compte. La vérification sur le site Web est la solution d'environnement ergonomique la plus adaptée et celle à préférer. La vérification par QR-Code n'a pas été pris en considération, car la vérification du diplôme « *doit être sûre et difficile à frauder [Rapport]* » et que le QR-Code est accessible à l'aide d'un simple *lien*. « *[N]'importe qui pourra enregistrer unige.ch (avec le « í » à la place du « i ») et même obtenir un certificat pour https [Rapport]* » ([Annexe 7](#) et [Annexe 8](#)). Lors de la vérification, la réponse donnée par le site Web doit être réfléchie. Par exemple, lorsqu'une révocation a eu lieu, la réponse pourrait être « *[]« document inconnu » ou [...] « diplôme révoqué » [Expert]* ». Elle peut donner l'impression que le site Web ne fonctionne pas (document inconnu) ou montrer que le document était en ordre, alors que le statut a changé (diplôme révoqué).

La pérennité de la solution blockchain, voire de toutes les solutions blockchain est à remettre en doute. Grâce à l'indépendance de la blockchain, il y a une certaine marge de pérennité qui est donnée lorsqu'elle est utilisée en tant que consortium avec la collaboration d'autres universités. Cette collaboration donne la possibilité de continuer à vérifier le diplôme, même si l'université, qui donne le certificat, disparaît. Cela souligne l'importance à créer une blockchain en collaborant avec d'autres universités. Cependant, si la blockchain cesse de fonctionner, parce que plus personne l'utilise ou que la technologie devient obsolète, une autre université doit pouvoir prendre en charge la migration sur une autre blockchain. Lorsque le mot pérennité est utilisé, cela signifie qu'une solution doit être fonctionnelle au-delà de 50 années. La pérennité du POC n'est pas assurée, car le POC est une solution « île ». Elle est donc dépendante de l'existence de l'UNIGE et de la blockchain Ethereum. La collaboration de l'UNIGE avec d'autres universités soutient aussi les cas suivants : vérification sur d'autres sites Web, lors de la cessation d'activités ou de la migration vers une autre blockchain, si la blockchain Ethereum cesserait de fonctionner. Cependant, la pérennité du diplôme numérique lui-même devrait être assurée, vu qu'il s'agit d'un PDF/A. « *[Les PDF-A standard] sont des documents qui sont conformes à un standard PDF pour être archivés qui est assez établi. Ils sont accessibles durant une longue durée [Expert]* ». La solution CFCD a choisi le proof-of-authority pour des raisons financières et de consommation d'énergie ([Annexe 9](#)).

L'étudiant-e se retrouve à gérer son diplôme, de la même manière que les certificats numériques avec signatures électroniques. La gestion électronique des diplômes est sûre et suit tous les critères des certificats ouverts et libres. Lors de l'entretien avec l'expert, il ressort que le risque de perdre les données d'accès est également existant. Finalement, le risque de perdre son diplôme ou la preuve du diplôme est réel, que ce soit en perdant le diplôme ou

en égarant le code d'accès. Cependant, lors de la première éventualité, l'Université a la possibilité de renvoyer un document à l'étudiant-e en cas de perte. L'apprenant-e est indépendant-e du système pour valider ses compétences et connaissances. Il existe des possibilités externes à l'Université pour les valider. Lorsque l'étudiant-e perd le diplôme, il ou elle est dépendant-e de l'Université pour en obtenir un nouveau. Le projet ECERT garantit le critère d'indépendance uniquement pour la vérification du diplôme à travers le site Web ([Annexe 9](#) et [Annexe 10](#)).

La validation des compétences et connaissances dépend du rapport de confiance à l'institution. Les certificats sont uniquement valides si l'institution, qui les distribue, est reconnue par l'environnement social. Avec le mécanisme de consensus de PoA, l'UNIGE garantit que les diplômes sont véridiques, puisque personne d'autre ne peut les introduire dans la blockchain. Elle a également la possibilité de révoquer en tout temps les diplômes afin de continuer à garantir la preuve de leur validité «*[] si je vous présente mon diplôme, il est important pour vous d'avoir accès à la révocation et de voir si ce diplôme est encore valable [Expert].*» ([Annexe 9](#) et [Annexe 10](#)).

Les conceptions de l'environnement social, notamment la confiance semble être un obstacle à la mise en place d'une accréditation ouverte et libre. Les compétences et connaissances de personnes avec des parcours « atypiques » sont mises en doute par l'environnement social. Il est déjà difficile de se prononcer sur la comparabilité des connaissances et compétences obtenues dans les différentes institutions : «*Un politicien Barois a fait une thèse de doctorat en République Tchèque qui n'est pas reconnue dans l'ensemble d'Allemagne. Dans certaines régions en Allemagne son doctorat est reconnu, dans ces régions il peut s'appeler docteur. Dans d'autres régions, son doctorat n'est pas reconnu [Expert]*». C'est pourquoi, la transparence des compétences et connaissances est d'autant plus importante. La solution ECERT propose uniquement le diplôme en tant qu'attestation, l'étudiant-e peut choisir d'y ajouter le carnet des notes. Aucune directive ne s'oppose à ajouter un supplément au diplôme, au diplôme donné à l'étudiant-e. Si le supplément au diplôme est ajouté, la solution ECERT suit le critère de transparence ([Annexe 10](#) et [Annexe 11](#)).

3. La technologie blockchain renforce-t-elle l'autonomie de l'apprenant-e ?

L'environnement technique proposé au sein du CFCD donne le contrôle des certificats obtenus par l'apprenant-e. Il ou elle a la possibilité de partager le diplôme avec qui il ou elle souhaite. Cette possibilité lui donne le pouvoir d'être dans l'autodirection : «*[] vous pouvez l'utiliser [le diplôme] pour beaucoup de choses [par exemple] pour trouver un emploi, avoir accès aux autres formations, comme preuve de qualifications pour devenir indépendant. [Il y a] beaucoup*

de façons différentes d'utiliser un diplôme, mais en tant qu'étudiant, vous avez le droit de contrôler l'utilisation du diplôme [Expert]. » ([Annexe 12](#)).

Par rapport à la conjecture qui était de réaliser une blockchain permettant d'enregistrer et de vérifier les CCCCOL des apprenant-es de manière ergonomique, rapide et sécurisée et à la question de recherche générale qui a guidé ce travail, les résultats montrent que la solution ECERT proposée au sein du CFCD suit les critères de vérifiabilité, contrôlabilité, inviolabilité, pérennité au niveau du diplôme numérique (PDF/A), d'indépendance pour la vérification et la transparence lorsque le supplément du diplôme est donné. Par contre, la conjecture ne suit pas les critères de certification ouverte et libre d'indépendance lors de l'obtention du diplôme ou en cas de perte du diplôme. L'apprenant-e est également dépendant-e de l'université si il ou elle perd le diplôme. À ce stade, il s'agit d'une solution « d'île ». Au niveau de l'autonomie, la solution proposée s'adresse à l'autodirection ; elle permet aux étudiant-es de valider leur parcours et de se fixer d'autres objectifs. En s'intéressant à l'EPA, il ressort que l'environnement pédagogique et didactique ne sont pas pris en compte dans la solution. La solution s'adresse uniquement à la validation des diplômes et non à un environnement didactique ou pédagogique. Néanmoins, les autres aspects de l'environnement méso et macro sont retenus. L'environnement macro et institutionnel donnent un cadre à suivre lors de la mise en place d'une solution de certification. Par contre, l'environnement technique et financier ont une forte influence de ce qui peut être mis en place en suivant le cadre imposé par le niveau macro. L'environnement social décide si les personnes certifiées et celles qui vérifient le certificat font confiance aux compétences et connaissances attestées par l'institution.

6. Discussion

Contrairement à la conjecture issue de la littérature, l'environnement technique propose d'envoyer les diplômes directement aux étudiant-es. Les solutions proposées dans la littérature comprennent toutes (1) un accès au portefeuille afin que l'apprenant-e puisse accéder à ses attestations numériques (Arenas & Fernandez, 2018; Chen et al., 2018; Han et al., 2018; Srivastava et al., 2018; Xu et al., 2017 ; Turkanović et al., 2018). Le projet ECERT ne prévoit pas de donner un accès à la blockchain aux étudiant-es via un portefeuille, il s'agit d'une solution définitive. Lors de l'entretien, l'expert a énoncé que les diplômes étaient uniquement utilisés pour la recherche d'emploi ou pour accéder à une formation, ensuite, ils étaient mis de côté. Si le code d'accès est perdu, l'apprenant-e n'a plus accès à son diplôme. Le POC utilise le mécanisme de PoA, l'étudiant-e n'aurait pas à faire de transactions sur la blockchain. C'est pourquoi cette fonctionnalité est jugée peu utile dans le projet ECERT.

La conjecture propose (2) une documentation qui contient des informations supplémentaires aux notes obtenues, comme l'enregistrement des acquis d'apprentissage ou des réalisations (Han et al., 2018; Lizcano et al., 2020). D'un point de vue conceptuel du POC, il est possible d'ajouter directement le supplément au diplôme. Le supplément de diplôme ajoute de la transparence aux compétences et connaissances acquises des apprenant-es, le critère de transparence est donc respecté. L'apprenant-e reçoit également le procès-verbal des notes qu'il ou elle pourra également envoyer à l'employeur s'il ou elle le souhaite. Toutefois, les acquis d'apprentissages et les réalisations des apprenant-es ne sont pas accessibles. L'environnement social doit donc faire confiance à l'institution quant à sa crédibilité à attester les compétences et connaissances. L'expert blockchain suggère que la blockchain devrait être fonctionnelle au-delà de 50 années pour qu'elle soit considérée comme pérenne. Dans la littérature aucune durée minimale n'est mentionnée pour qu'une solution soit considérée comme pérenne.

Du côté de l'institution, le CFCD a la possibilité (3) d'ajouter et de valider une attestation numérique. Elle le fait à travers l'API. Les fonctionnalités d'ajouter et de valider un diplôme sont également requises par la littérature où l'institution de formation prend le rôle d'agent de certification et émet les certificats officiels (Jagers, 2016 cité par Nespors, 2019). Aux fonctionnalités d'ajout et de validation des diplômes, la solution ECERT ajoute la fonctionnalité de révocation. La révocabilité des diplômes n'est pas abordée dans la littérature. Pourtant, il s'agit d'un critère essentiel pour la mise en place de CCCOL, car les résultats de cette étude montrent que la possibilité de révocation garantit la validité du diplôme.

La conjecture prévoit que la solution (4) devrait être apte à définir les accès à la blockchain. Différents rôles sont distribués aux différentes personnes s'intéressant au diplôme (Jagers, 2016 cité par Nespors, 2019). Dans la littérature l'étudiant-e obtient un accès à la blockchain pour télécharger ses attestations numériques, mais il ou elle n'a pas la possibilité de certifier d'autres compétences à d'autres étudiant-es (Arenas & Fernandez, 2018; Chen et al., 2018; Han et al., 2018; Srivastava et al., 2018; Xu et al., 2017 ; Turkanović et al., 2018). Le POC envoie directement le diplôme à l'étudiant-e. Il ou elle n'a pas besoin de passer par un portefeuille pour l'obtenir. C'est pourquoi aucune gestion de rôle n'est nécessaire. Du côté des employeurs qui souhaitent vérifier le diplôme, la littérature propose différentes solutions. Les employeurs ont uniquement un droit de lecture (Arenas & Fernandez, 2018; Nespors, 2019; Xu et al., 2017). Jagers, (2016 cité par Nespors, 2019) propose d'ajouter les employeurs en tant qu'agent de certification dans le réseau blockchain. Le site Web de la solution proposée au sein du CFCD donne la possibilité de vérifier les diplômes sans avoir besoin d'un accès à une blockchain. Cette façon de faire est plus pratique pour les employeurs, car ils n'ont pas besoin d'installer un logiciel ou se créer un compte pour vérifier un diplôme.

La solution pour les CCCOL doit également (5) prendre en compte l'énergie consommée (5). L'utilisation du mécanisme de consensus PoA possède un avantage prépondérant. La solution est peu coûteuse en énergie en comparaison à d'autres mécanismes de consensus. Selon Wagner et ses collègues, le mécanisme de consensus choisi influence directement la durabilité de la solution blockchain. Ouattara et ses collègues (2018) et Alsunaidi et Alhaidari (2019) classaient la consommation d'énergie comme suit : PoW > PoS > PoA. Le PoA est donc la solution la plus pérenne au niveau écologique.

Le résultat cherché de la conjoncture était une blockchain qui permet de vérifier les connaissances et compétences des apprenant-es de manière ergonomique, rapide et sécurisée. Le POC ne propose pas d'enregistrer le diplôme dans la blockchain, il enregistre uniquement l'information que le diplôme est valable ce qui répond à l'objectif cherché. La vérification du diplôme par le biais d'un site Web est ergonomique, rapide et sécurisée. Cette solution est également utilisée par « Blockcerts » (Blockcerts, s.d.). Les autres propositions de la littérature ne mentionnent aucun site Web. Une autre solution, comparable à celle du site Web serait celle du QR-Code utilisé dans la solution blockchain de Chen et al. (2018). L'approche du QR-Code est toutefois déconseillée, car la validation du QR-Code serait trop facile à frauder. Le QR-Code ne prend pas en compte le critère d'inviolabilité. D'autres sources de littératures suggèrent de donner un accès seulement aux personnes souhaitant vérifier un diplôme (Srivastava et al., 2018).

La solution doit également répondre aux critères de CCCOL. Les critères d'indépendance et de pérennité ne sont pas entièrement pris en considération dans le POC. L'environnement social doit faire entièrement confiance à l'institution au sujet des compétences et connaissances transmises aux apprenant-es. Le seul système blockchain d'accréditation, mentionné dans la littérature, qui se détache de la confiance en l'institution et qui suit le critère d'indépendance, est celui proposé par Lizcano et al. (2020) où les validateurs et les validatrices et les apprenant-es sont obligés de résoudre un même problème pour être accrédités. Toutefois, il est à prendre en considération que toute la conception de la blockchain pourrait changer en intégrant ce critère d'indépendance. Le critère de pérennité quant à la vérification est garanti, car la vérification est indépendante de l'université. Une blockchain de consortium permet aux personnes de vérifier les diplômes sur d'autres sites Web ou de migrer les diplômes si la solution blockchain cessait d'exister. Dans la littérature, toutes les solutions dans le domaine de la certification utilisent des blockchains de consortium (Admiraal et al., 2015, p. 2018; Chen et al., 2018; Duan et al., 2017; Han et al., 2018; Srivastava et al., 2018).

6.1 Recommandations pour la suite de l'étude

La première recommandation pour prendre en compte l'environnement méso et macro de l'EOL est de prendre en considération les lois en vigueur dans le pays d'origine de l'institution. Au niveau suisse, une nouvelle loi est rentrée en vigueur en août 2021 au sujet de la blockchain pour promouvoir l'innovation et préserver la sécurité des données (Hostettler, 2021, février ; Violi, 2021, mai). Les signatures par cachet électronique sont également acceptées par la loi fédérale et correspondent aux signatures manuscrites à certaines conditions (E-Government Suisse, 2017).

La deuxième recommandation concerne les directives et l'organisation de l'institution elle-même. Les concepteurs et conceptrices doivent s'assurer que les directives en application dans leurs institutions soutiennent la solution qu'ils et elles souhaitent mettre en place. Avant de se lancer dans le projet, le workflow doit être examiné. Si le workflow pour les attestations numériques n'était pas unifié, les démarches nécessaires devraient être effectuées, car le workflow est un obstacle à la mise en place d'une blockchain automatisée. La troisième recommandation est de créer automatiquement un deuxième document pour le supplément au diplôme pour plus de transparence. Le supplément au diplôme permet de comprendre ce que l'étudiant-e a atteint en suivant son parcours (Commission européenne, 2019). Pour s'assurer qu'aucun acteur ou élément ne soit omis, le modèle de procédé d'affaire et notation (BPMN)³⁹, (Business Process Model and Notation) est utile. Il sert à représenter graphiquement les workflows et peut être utilisé pour décrire différents processus afin d'obtenir un langage commun à toutes les échelles de l'institution. Da Costa et Schneider (2015) utilisent par exemple le BPMN dans le contexte éducatif pour articuler des scénarisations pédagogiques et les connecter à des API.

La quatrième recommandation est de proposer la vérification de l'attestation numérique sur un site Web. Cette approche permettrait d'ouvrir la certification des connaissances et compétences vers des solutions non formelles, étant donné que les badges sont difficilement reconnus au niveau institutionnel (Ehrenreich et al., 2020). L'environnement social doit toutefois avoir confiance en l'institution ou/et aux autres acteurs qui attestent les compétences et connaissances, surtout si le mécanisme de consensus PoA est utilisé.

L'étudiant-e doit pouvoir contrôler ses attestations numériques, contrôle qui est également demandé par la loi sur les protections des données. Pour lui donner cette possibilité, l'institution a deux solutions. La première est de créer une solution blockchain comme le POC, qui enregistre uniquement une information de validité dans la blockchain. L'Institution lui

³⁹ Traduction issue de la littérature, utilisée par Piraux (2021)

envoi ensuite l'attestation numérique par voie électronique. Cette solution est à favoriser, si l'institution ne prévoit pas d'enregistrer régulièrement des diplômes pour un-e seul-e étudiant-e dans la blockchain. L'étudiant-e n'aura pas besoin d'un portefeuille pour accéder à ses nouveaux diplômes. La deuxième est d'envisager une solution avec portefeuille, si la technologie est conçue pour soutenir l'apprentissage la vie durant, comme proposé par Mikroyannidis et al. (2018).

La sixième recommandation concerne l'autonomie de l'apprenant-e. Les aspects pédagogiques et didactiques doivent être développés, car ils manquent à la solution POC. Mikroyannidis et al. (2018) proposent une blockchain qui soutient l'autodirection, car leur blockchain propose des offres d'emplois qui correspondent aux compétences et connaissances acquises lors de cours.

La dernière recommandation concerne la suite de ce travail. Une deuxième micro-itération serait nécessaire pour interagir de manière rapprochée avec les acteurs du terrain en vue de bâtir des ponts entre le POC dans sa version actuelle et l'intérêt formulé par la partie prenante du CFCD et qui vise tout particulièrement les COS. En effet, l'objectif de la DBIR est bien d'offrir une solution combinant la blockchain avec les CCCOL.

7. Conclusion

Ce premier cycle de la DBIR s'est concentré sur le problème des compétences et connaissances certifiées en EOL. De nouvelles pistes concernant ces compétences et connaissances ouvertes et libres sont nécessaires. Aujourd'hui, il existe un vaste éventail de possibilités pour acquérir des connaissances et compétences. Les tests standardisés sont une solution courante pour attester ces connaissances et compétences. Toutefois, cette solution ne va pas dans le sens de l'EOL. C'est la raison pour laquelle, d'autres possibilités sont recherchées dans le contexte de l'EOL. Les badges ouverts sont la solution la plus connue pour certifier les apprentissages en EOL. Toutefois, les badges ouverts sont difficilement reconnus dans les institutions, ils ne se valent pas et leur validité est limitée à l'hébergement du badge du côté de l'émetteur ou l'émettrice si ce sont des badges hébergés. Les certificats numériques avec une signature électronique sont également une solution envisageable pour les compétences et connaissances certifiées en EOL. Néanmoins, ces certificats numériques représentent un désavantage quant à leur durée de validité, qui est actuellement limitée par la validité de la signature électronique sur les certificats. Elle doit être à nouveau ajoutée tous les 3 à 5 années sur les certificats. La blockchain est une technologie permettant d'enregistrer des certificats, des badges ou toutes autres informations. Elle est une base de données distribuée et décentralisée. Les cryptomonnaies ont montré que la blockchain était une

solution qui permettait de réaliser des transactions de manière sécurisée. Elle promet de mettre à disposition une infrastructure permanente, sécurisée et offrant une gestion fiable pour le développement de l'apprentissage la vie durant. C'est pourquoi, cette solution a été analysée lors d'un premier cycle descriptif dans l'approche DBIR.

La solution proposée, lors du projet ECERT, consiste à donner accès aux personnes qui souhaitent vérifier le diplôme d'un-e apprenant-e via un site Web, Adobe Reader ou directement sur la blockchain Ethereum. Lors de la validation de ses études, l'étudiant-e obtient un diplôme de manière électronique. Celui-ci est signé avec un cachet électronique et des signatures manuscrites. Le diplôme contient les informations nécessaires pour vérifier le diplôme à travers l'application Web qui fonctionne avec un contrat intelligent. Seule l'information de validité du diplôme est ajoutée sur la blockchain. L'ajout de cette information se fait par l'institution via une application API. L'étudiant-e a maintenant la possibilité de partager le diplôme avec une tierce personne. Cette personne aura la possibilité de vérifier son diplôme de cinq manières différentes. Trois manières sont directement accessibles à travers le site Web mis à disposition, ce qui permet à l'entité tierce de vérifier le diplôme sans avoir besoin de télécharger une application spécifique.

Ce travail s'intéressait à la question suivante : *Comment les compétences et connaissances certifiées ouvertes et libres adossées à une technologie blockchain initialement réalisée pour la certification de formations continues peuvent-elles être mises en place à l'UNIGE ?*

Une réponse a été apportée à l'aide d'une recherche qualitative basée sur l'analyse de documentations et d'entretiens. Cette approche a permis d'identifier des pistes pour des conceptions ultérieures de blockchains. La documentation et les entretiens ont été analysés à l'aide du cadre conceptuel, qui combine l'environnement d'apprentissage à l'OpenED Quality Framework.

Pour obtenir une solution adaptée au contexte de l'EOL, les critères de compétences et connaissances certifiées ouvertes et libres doivent être suivis. Ces critères comprennent : la vérifiabilité, la contrôlabilité, la transparence, la pérennité, l'indépendance et l'inviolabilité. Le POC suit les critères de vérifiabilité, contrôlabilité, pérennité et inviolabilité.

La vérifiabilité est assurée avec l'environnement technologique, qui donne la possibilité à une tierce personne de vérifier les diplômes obtenus par le biais d'un site Web, de l'application Adobe Reader ou directement sur la blockchain Ethereum. L'environnement social décide si la confiance concernant la qualité d'un diplôme émis par une institution est acquise. L'apprenant-e a le contrôle, car il ou elle sélectionne les personnes qui ont accès à son

diplôme. Le diplôme est entièrement à sa disposition, c'est à lui d'assurer de le conserver en lieu sûr. La pérennité écologique est assurée par le choix de mécanisme de consensus appelé proof-of-authority, tandis que la pérennité dans le temps sera garantie à travers un réseau de plusieurs universités. Lorsqu'une université est sur le même réseau blockchain qu'une autre, l'étudiant-e peut faire vérifier son diplôme sur le site Web de l'autre université. Si une université cessait d'exister et que la blockchain arrivait en fin de vie, les autres universités du réseau pourraient prendre en charge la migration vers une autre blockchain. Dans ce sens, la blockchain est indépendante. L'inviolabilité est assurée avec un accès restreint, seul les institutions autorisées ont le droit d'ajouter des informations concernant la validité des diplômes ou de révoquer un diplôme. La manière de vérifier le diplôme a été choisie minutieusement pour éviter toute possibilité de fraude, par exemple en évitant de mettre un QR-Code sur le diplôme. La transparence des informations est limitée pour suivre la législation et suivre les directives de la protection de données. Toutefois, il serait possible d'ajouter un complément au diplôme ainsi que le diplôme en deux langues (FR-EN). L'indépendance de la certification est donnée, l'étudiant-e peut valider ses compétences et connaissances par différents biais. Finalement, il est nécessaire de regarder l'environnement macro et institutionnel avant de se lancer dans un projet de conception de solution pour les compétences et connaissances certifiées. Ces deux environnements posent le cadre légal, financier ainsi que le contexte de la solution et ne peuvent, de ce fait, pas être ignorés.

Pour un travail futur, il serait intéressant de continuer le processus DBIR initié dans cette étude en mettant en œuvre les différentes recommandations de design et particulièrement la recommandation n° 2 sur le workflow (voir pp. [57](#)).

8. Glossaire

Acronyme	Français	Anglais	Définition
AOD	Apprentissage ouvert et à distance	Open Learning	Approche centrée apprenant qui enlève les barrières à l'apprentissage. L'apprenant-e est libre d'apprendre ce qu'il-elle souhaite, quand il-elle le souhaite, de la manière qu'il-elle le souhaite et à l'endroit qu'il-elle le souhaite et n'est pas accompagné par un tuteur/-trice
API	Interface de programmation d'applications	Application Programming Interface	Facilite le développement d'applications. Elle relie les programmes ou/et logiciels entre eux afin d'obtenir une solution adaptée au système choisi par le/la développeur/-euse
AN	Attestation numériques	Credentials	Regroupe tous les types de documents numériques qui attestent des compétences ou des qualifications délivrées à une personne
AU	Admissions universelles	Open Admission	Se concentre sur la politique académique et donne un accès à l'éducation formelle au niveau supérieur à tous, sans requis de formation préalable.
BPMN	Modèle de procédé d'affaire et notation	Business Process Model and Notation	Représente graphiquement les workflows et peut être utilisé pour décrire différents processus.
CCOL	Compétences et connaissances ouvertes et libres	Open Competencies	Regroupement des compétences et connaissances de chaque discipline, à chaque niveau afin de montrer la relation des compétences entre elles pour ensuite pouvoir les valider à travers des évaluations ouvertes.
CCCOL	Compétences et connaissances certifiées ouvertes et libres	Open Credentials	Regroupe les attestations numériques qui sont issues de l'éducation libre et ouverte. Les CCCOL sont inviolables, contrôlables, vérifiables, indépendantes, transparentes et pérennes.
CFCD	Centre pour la Formation Continue et à Distance	Centre for Continuing and Distance Education	Centre de l'Université de Genève qui assure le développement de l'offre de formation continue de celle-ci.
COS	Certificat d'études ouvertes	Certificate of Open Studies	Certification d'un programme de formation universitaire continue ouvert.

DPoS	Preuve de participation déléguée	Delegated-Proof-of-Stake	Mécanisme de consensus qui désigne les parties prenantes, qui élise les "témoins" chargés d'ordonner et d'engager des transactions ainsi que les "délégués" responsables de la coordination des mises à jour des logiciels et les modifications des paramètres.
ECERT	Certification électronique	E-Certification	Projet de preuve de concept au sein du Centre pour la Formation Continue et à Distance
EOL	E ducation o uverte et l ibre	Open Education	Mouvement qui comprend toutes les théories et pratiques visant à offrir un accès à l'éducation à tous les groupes de la société.
EPA	E nvironnement p ersonnel d' a pprentissage	Personal Learning Space	Modèle qui explique les facteurs influant sur l'autonomie des apprenant-es
EVO	E valuations o uvertes	Open Assessment	Regroupe tous les modèles de reconnaissances de l'apprentissage informel à travers des évaluations sommatives, formatives et transformatives.
OB	Badges numériques ouverts	Open Badges	Badge numériques issus d'un parcours en éducation ouverte et libre qui donnent la possibilité aux apprenant-es de vérifier leurs compétences, intérêts et réalisations par des organisations crédibles
OU	Université ouverte	Open University	Université qui promeut les valeurs d'accessibilité, d'égalité des chances, de transparence sur les objectifs d'évaluation et qui possède la motivation comme seule exigence d'entrée
PEL	P ratique é ducative l ibre	Open Educational Practice	Pratiques qui soutiennent la (ré)utilisation et la production de ressources éducatives ouvertes.
PoA	Preuve d'autorité	Proof-of-authority	Mécanisme de consensus qui donne le pouvoir à un groupe de validateurs/trices de produire de nouveaux blocs et sécuriser la blockchain. Les validateurs/trices sont connu-es et leur identité peut être vérifiée par chacun-e.
POC	Preuve de concept	Proof-of-concept	Réalisation qui essaye de démontrer si l'innovation ou le procédé est faisable.
PoS	Preuve d'enjeu	Proof-of-stake	Mécanisme de consensus distribué.
PoW	Preuve de travail	Proof-of-work	Mécanisme de consensus qui nécessite un effort par une

			personne ou par l'ordinateur pour valider un bloc.
REL	Ressources éducatives libres	Open Educational Ressource	Les supports éducatifs accessibles gratuitement sur le Web et possédant une licence ouverte comme les Creative Commons. Elles sont récupérables, réutilisables, révisables, remixables et redistribuables.

9. Bibliographie

- Admiraal, W., Huisman, B., & Pilli, O. (2015). Assessment in Massive Open Online Courses. *Electronic Journal of E-Learning*, 13(4), 207-216. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1062116>
- Alsunaidi, S. J., & Alhaidari, F. A. (2019). A Survey of Consensus Algorithms for Blockchain Technology. *2019 International Conference on Computer and Information Sciences (ICCIS)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICCISci.2019.8716424>
- Ahn, J., Pellicone, A., & Butler, B. S. (2014). Open badges for education: what are the implications at the intersection of open systems and badging?. *Research in Learning Technology*, 22. <https://doi.org/10.3402/rlt.v22.23563>
- Alammary, A., Alhazmi, S., Almasri, M., & Gillani, S. (2019). Blockchain-Based Applications in Education : A Systematic Review. *Applied Sciences*, 9(12), 2400. <https://doi.org/10.3390/app9122400>
- Albero, B. (2003). *L'autoformation dans les dispositifs de formation ouverte et à distance : Instrumenter le développement de l'autonomie dans les apprentissages*. 139-152. <https://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00000270>
- Alenezi, A. (2019). Open Learning: Key Foundations of Personal Learning Environment. *International Journal on Web Service Computing (IJWSC)*, 10(1/2). https://www.academia.edu/43242554/OPEN_LEARNING_KEY_FOUNDATIONS_OF_PERSONAL_LEARNING_ENVIRONMENT
- Apereo Foundation Board. (2019). *The Value of Open Source Software | Apereo*. <https://www.apereo.org/content/value-open-source-software>
- Arenas, R., & Fernandez, P. (2018). CredenceLedger : A Permissioned Blockchain for Verifiable Academic Credentials. *2018 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICE.2018.8436324>

- Avasthi, A., & Saxena, A. (2018). *Two Hop Blockchain Model : Resonating Between Proof of Work (PoW) and Proof of Authority (PoA)* (SSRN Scholarly Paper ID 3363575). Social Science Research Network. <https://papers.ssrn.com/abstract=3363575>
- Baldi, M., Chiaraluce, F., Kodra, M., & Spalazzi, L. (2019). Security analysis of a blockchain-based protocol for the certification of academic credentials. *arXiv:1910.04622 [cs]*. <http://arxiv.org/abs/1910.04622>
- Bahrami, M., Movahedian, A., & Deldari, A. (2020). A Comprehensive Blockchain-based solution For Academic Certificates Management Using Smart Contracts. *2020 10th International Conference on Computer and Knowledge Engineering (ICCKE)*, 573-578. <https://doi.org/10.1109/ICCKE50421.2020.9303656>
- Bergquist, M., & Ljungberg, J. (2001). *The power of gifts: organizing social relationships in open source communities*. *Information Systems Journal*, 11(4), 305–320. [doi:10.1046/j.1365-2575.2001.00111.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2575.2001.00111.x)
- Biao, I., & Biaoldowu, I. (2012). Open and distance learning: Achievements and challenges in a developing sub-educational sector in Africa. *Distance education*, 27-62.
- Blessinger, P., & Bliss, T. (Éds.). (2017). *Open Education : International Perspectives in Higher Education*. Open Book Publishers. <http://books.openedition.org/obp/3522>
- Blockcerts. (s. d.). *Blockchain Credentials*. Blockcerts. Consulté 11 août 2021, à l'adresse <http://blockcerts.org/>
- Boyer, M., & Robert, J. (2005). *L'économie du logiciel libre et ouvert Recommandations en vue d'une politique gouvernementale à l'égard du logiciel libre (open source software)* (No. 2005rp-05). CIRANO.
- Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik. (s. d.). *EIDAS-Verordnung über elektronische Identifizierung und Vertrauensdienste*. Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik. Consulté 25 juillet 2021, à l'adresse

<https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/Oeffentliche-Verwaltung/eIDAS-Verordnung/eidas-verordnung.html?nn=129796>

Buterin, V. (2015, August 6). On Public and Private Blockchains. Retrieved from

<https://blog.ethereum.org/2015/08/07/on-public-and-private-blockchains/>

Cambridge Dictionary. (s. d.). *Credentials*. Consulté 30 avril 2021, à l'adresse

<https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/credentials>

Camilleri, A. F., Rampelt, F., Román, G., Szalma, É. & Zarka, D. (2018). *Credentials in Open Education : Final report of Intellectual Output* (Rapport de projet N°1). OEPASS Consortium.

https://oepass.eu/wp-content/uploads/sites/22/2020/02/OEPass_O1_final_20022020.pdf

Cedefop. (2010, avril 29). *Glossary*. Cedefop. [https://www.cedefop.europa.eu/en/events-and-](https://www.cedefop.europa.eu/en/events-and-projects/projects/validation-non-formal-and-informal-learning/european-inventory/european-inventory-glossary)

[projects/projects/validation-non-formal-and-informal-learning/european-inventory/european-inventory-glossary](https://www.cedefop.europa.eu/en/events-and-projects/projects/validation-non-formal-and-informal-learning/european-inventory/european-inventory-glossary)

CNED. (2021). *Le CNED en bref*. Consulté le 17 août 2021, à l'adresse

<https://www.cned.fr/decouvrir-le-cned/le-cned-en-bref>

Chen, G., Xu, B., Lu, M., & Chen, N.-S. (2018). Exploring blockchain technology and its potential applications for education. *Smart Learning Environments*, 5(1), 1.

<https://doi.org/10.1186/s40561-017-0050-x>

Cheng, J.-C., Lee, N.-Y., Chi, C., & Chen, Y.-H. (2018). Blockchain and smart contract for digital certificate. *2018 IEEE International Conference on Applied System Invention (ICASI)*,

1046-1051. <https://doi.org/10.1109/ICASI.2018.8394455>

Choi, M., Kiran, S. R., Oh, S.-C., & Kwon, O.-Y. (2019). Blockchain-Based Badge Award with Existence Proof. *Applied Sciences*, 9(12), 2473. <https://doi.org/10.3390/app9122473>

Claude, G. (2019, 15 novembre). *Retranscription d'un entretien : méthodologie, conseils et exemple*. Scribbr. <https://www.scribbr.fr/methodologie/retranscription-entretien/>

Claude, G. (2020, 7 décembre). *Le guide d'entretien : Caractéristiques et exemples*. Scribbr.

<https://www.scribbr.fr/methodologie/guide-dentretien/>

- Class, B., & Akkari, A. (2020). Le projet RESET-Francophone : Vers une formation ouverte et libre à la méthodologie de la recherche en éducation. *L'éducation en débats : analyse comparée*, 10(2), 192-217. <https://doi.org/10.51186/journals/ed.2020.10-2.e346>
- Class, B., de Bruyne, M., Wullemin, C., Donzé, D., & Claivaz, J.-B. (2021). Towards Open Science for the Qualitative Researcher: From a Positivist to An Open Interpretation *International Journal of Qualitative Methods*. <https://doi.org/10.1177/16094069211034641>
- Clements, K., West, R. E., & Hunsaker, E. (2020). Getting Started With Open Badges and Open Microcredentials. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 21(1), 154-172. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v21i1.4529>
- Conrad, D., Mackintosh, W., McGreal, R., Murphy, A., & Witthaus, G. (2013). *Report on the Assessment and Accreditation of Learners using OER* [Report]. COL. <https://auspace.athabasca.ca/handle/2149/3471>
- Commission européenne. (2019, 13 novembre). Diploma Supplement. Education and Training - European Commission. https://ec.europa.eu/education/diploma-supplement_fr
- Commission européenne. (2020). *EBSI*. CEF Digital. <https://ec.europa.eu/cefdigital/wiki/cefdigital/wiki/display/CEFDIGITAL/EBSI>
- Cormier, D. (2013). What do you mean... open? *Dave's Educational Blog*. <http://davecormier.com/edblog/2013/04/12/what-do-you-mean-open/>
- Cronin, C. (2017). Openness and Praxis : Exploring the Use of Open Educational Practices in Higher Education. *International Review of Research in Open and Distance Learning*, 18. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v18i5.3096>
- Da Costa, Julien et Daniel K. Schneider (2015). Modélisation et implémentation de dispositifs pédagogiques avec BPMN 2.0, Actes de la conférence EIAH2015, http://atief.fr/sitesConf/eiah2015/uploads/Actes_EIAH2015.pdf
- De Coëtlogon, P. (2019). *Vers Une Blockchain Dédiée À L'éducation, Capable De Certifier Les Diplômes Comme Les Droits De Propriété Intellectuelle ?* | *Actualités Du Droit* | Wolters Kluwer France. Consulté 9 juillet 2021, à l'adresse <https://preprod->

cloud.actualitesdudroit.fr/browse/tech-droit/blockchain/49506/vers-une-blockchain-dediee-a-l-education-capable-de-certifier-les-diplomes-comme-les-droits-de-propriete-intellectuelle

De Coëtlogon, P., Durand, M., Jeantet, M., Génin, C., Ramon, R., & Boulet, P. (2021). Les technologies blockchain au service du secteur public. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03232816v2/document>

Depover, C., & Quintin, J. J. (2011). Les modalités et les formes de l'apprentissage à distance. *Depover, C., De Lièvre, B., Peraya, D., Quintin, JJ, Jaillet, A.(coord. par), Le tutorat en formation à distance.*

DeRosa, R., & Robison, S. (2017). From OER to open pedagogy: Harnessing the power of open. *Open: The philosophy and practices that are revolutionizing education and science*, 115-124.

Deschênes, A.-J. (1991). Autonomie et enseignement à distance. *Canadian Journal for the Study of Adult Education*, 5(1), 32-54. <https://cjsae.library.dal.ca/index.php/cjsae/article/view/2295>

Devedžić, V., & Jovanović, J. (2015). Developing Open Badges : A comprehensive approach. *Educational Technology Research and Development*, 63(4), 603-620. <https://doi.org/10.1007/s11423-015-9388-3>

Dos Santos Andreia, I., Punie, Y., & Muñoz Jonatan, C. (2016). Opening up education: A support framework for higher education institutions. [10.2791/293408](https://doi.org/10.2791/293408)

Duan, B., Zhong, Y., & Liu, D. (2017). Education Application of Blockchain Technology : Learning Outcome and Meta-Diploma. *2017 IEEE 23rd International Conference on Parallel and Distributed Systems (ICPADS)*, 814-817. <https://doi.org/10.1109/ICPADS.2017.00114>

Dzhangarov, A. I., & Suleymanova, M. A. (2020). Electronic digital signature. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 862, 052054. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/862/5/052054>

EduTech Wiki. (2021). *EduTech Wiki*. <http://edutechwiki.unige.ch/fr/>

- Ehrenreich, J., Mazar, I., Rampelt, F., Schunemann, I., & Sood, I. (2020). Recognition and Verification of Credentials in Open Education – OEPASS (Rapport de Projet N° 3; p. 1-58). The Oepass Consortium. <https://oepass.eu/outputs/io3/>
- Erbguth, J. (2020, mars). *Rapport du projet ECERT* (No. 1). UNIGE.
[Interne]
- E-Government Suisse. (2017). *Signature électronique* - www.egovernment.ch. egovernment. <https://www.egovernment.ch/fr/dokumentation/questions-juridiques/gestion-electronique-de-ladministration/signature-electronique/>
- Fedlex. (2016). *RS 943.03—Loi fédérale du 18 mars 2016 sur les services de certification dans le domaine de la signature électronique et des autres applications des certificats numériques (Loi sur la signature électronique)*. La plateforme de publication du droit fédéral. <https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/2016/752/fr>
- Felder, J. (2019). *Environnement personnel d'apprentissage et autonomie de l'apprenant* [Université de Fribourg]. <https://doc.rero.ch/record/328148>
- Fraser, S., & Deane, E. (1997). Why Open Learning? *Australian Universities' Review*, 40(1), 25-31.
- Friese, S. (2019). *Qualitative Data Analysis with ATLAS.ti*. (3e éd.). London: Sage.
- Gaudet, S., & Robert, D. (2018). *L'aventure de la recherche qualitative : Du questionnement à la rédaction scientifique*. University of Ottawa Press.
- Gilliot, J. M., Garlatti, S., Rebai, I., & Belen-Sapia, M. (2013, May). Le concept de iMOOC pour une ouverture maîtrisée. In *EIAH 2013: atelier thématique MOOC-Massive Open Online Course-État des lieux de la recherche francophone* (pp. 10-p).
- Goyet, S. (2017). *De briques et de blocs. La fonction éditoriale des interfaces de programmation (api) web : Entre science combinatoire et industrie du texte* [These de doctorat, Paris 4]. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01665406/>
- Grech, A., & Camilleri, A. F. (2017). *Blockchain in Education*. pedocs. <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0111-pedocs-150132>

- Green, C., Illowsky, B., Wiley, D., Ernst, D., Young, L., DeRosa, R., & Jhangiani, R. (2018). 7 *Things You Should Know About Open Education : Policies*. Consulté 10 août 2021, à l'adresse <https://library.educause.edu/resources/2018/8/7-things-you-should-know-about-open-education-policies>
- Hickey, D. (2012, mars 18). *Some Things about Assessment that Badge Developers Might Find Helpful*. HASTAC. <https://www.hastac.org/blogs/dthickey/2012/03/18/some-things-about-assessment-badge-developers-might-find-helpful>
- Han, M., Li, Z., He, J. S., Wu, D., Xie, Y. & Baba, A. (2018). A Novel Blockchain-based Education Records Verification Solution. *Proceedings of the 19th Annual SIG Conference on Information Technology Education*, 178–183. <https://doi.org/10.1145/3241815.3241870>
- Hilton, J. (2016) Open educational resources and college textbook choices: a review of research on efficacy and perceptions. *Education Tech Research and Development*, 64(4), 573 – 590. <https://doi.org/10.1007/s11423-016-9434-9>
- Hoffman, M., & Olmsted, R. (2016). 15. Credentials for Open Learning: Scalability and Validity. In P. Blessinger & T. J. Bliss (Éds.), *Open Education : International Perspectives in Higher Education* (p. 301-320). Open Book Publishers.
- Hostettler, L. (2021, février 26). *Authentifier des diplômes grâce à la blockchain*. FER Genève. <https://www.fer-ge.ch/fr/web/fer-ge/w/authentifier-des-dipl%C3%B4mes-gr%C3%A2ce-%C3%A0-la-blockchain>
- IMS Global. (s. d.). *Open Badges Specification Version 2.0 Changes*. Abgerufen am 11. Juli 2021, von <https://www.imsglobal.org/sites/default/files/Badges/OBv2p0Final/history/2.0.html>
- IMS Global. (2021, 21 mai). *Open Badges v2.0*. <https://www.imsglobal.org/sites/default/files/Badges/OBv2p0Final/index.html>
- Intro to Open Badges | Open Badges Help*. (s. d.). Consulté 24 mai 2021, à l'adresse <https://support.mozilla.org/en-US/products/open-badges/introduction-open-badges>
- InZone. (2017, janvier 10). *Who we are—InZone—UNIGE*. <https://www.unige.ch/inzone/who-we-are/>

- Jirgensons, M., & Kapenieks, J. (2018). Blockchain and the Future of Digital Learning Credential Assessment and Management. *Journal of Teacher Education for Sustainability*, 20(1), 145-156.
- Jovanovic, J., & Devedzic, V. (2014). Open Badges : Challenges and Opportunities. In E. Popescu, R. W. H. Lau, K. Pata, H. Leung, & M. Laanpere (Éds.), *Advances in Web-Based Learning – ICWL 2014* (p. 56-65). Springer International Publishing.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-09635-3_6
- KPMG. (2021). *Introducing eSignature*.
<https://tax.kpmg.us/content/dam/tax/en/pdfs/2021/introducing-esignature.pdf>
- Lane, A. (2016). Emancipation through Open Education : Rhetoric or Reality? In P. Blessinger & T. J. Bliss (Éds.), *Open Education : International Perspectives in Higher Education* (p. 31-50). Open Book Publishers. <http://oro.open.ac.uk/48054/>
- Lewis, R. (1986). What is open learning? *Open Learning: The Journal of Open, Distance and e-Learning*, 1(2), 5-10. <https://doi.org/10.1080/0268051860010202>
- Liu, Q., Guan, Q., Yang, X., Zhu, H., Green, G., & Yin, S. (2018). Education-Industry Cooperative System Based on Blockchain. *2018 1st IEEE International Conference on Hot Information-Centric Networking (HotICN)*, 207-211. <https://doi.org/10.1109/HOTICN.2018.8606036>
- Lizcano, D., Lara, J., White, B., & Aljawarneh, S. A. (2020). Blockchain-based approach to create a model of trust in open and ubiquitous higher education. *J. Comput. High. Educ.*
<https://doi.org/10.1007/S12528-019-09209-Y>
- Marrast, P. (2018, October). Blockchain: Éléments d'explication et de vulgarisation, Pourquoi s'intéresser à la blockchain aujourd'hui?. In *Blockchain et Santé: Perspectives d'applications et enjeux juridiques (Séminaire IFERISS)*.
- Mottier Lopez, L., Girardet, C., Broussal, D., & Demeester, A. (2021). EOC - une évaluation ouverte et collaborative entre pairs : Analyse critique du dispositif de La Revue LEeE. *La Revue LEeE*, 1. <https://doi.org/10.48325/rleee.spe.01>

- McKenney, S., & Reeves, T. (2019). *Conducting Educational Design Research* (2nd ed.).
Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315105642>
- Maniatis, A. (2019). Aspects of open and distance education. [Full text in French]. *Academia*,
16-17, 235-247. <https://doi.org/10.26220/aca.3179>
- Miles, M., & Huberman, M. (2003). *Analyse des données qualitatives. Traduction de la 2e édition américaine par Martine Hlady Rispal. Révision scientifique de Jean-Jacques Bonniol*. Paris : DeBoeck.
- Minichiello, F. (2018). Évaluation, reconnaissance des acquis et technologie : Tendances en éducation. *Revue internationale d'éducation de Sèvres*, 78, 11-14.
<https://doi.org/10.4000/ries.6254>
- Morrison, C. (2016). *What are Connected Credentials* [Vorlesungsfolien]. WCET.
https://wcet.wiche.edu/sites/default/files/WhatAreConnectedCredentials_0.pdf
- Mozilla Open Badges. (2014, 29 octobre). Badges/Onboarding-issuer. Consulté le 28 Mai, 2021 sur <https://wiki.mozilla.org/Badges/Onboarding-Issuer>
- Mikroyannidis, A., Domingue, J., Bachler, M., & Quick, K. (2018, octobre 1). *Smart Blockchain Badges for Data Science Education*. <https://doi.org/10.1109/FIE.2018.8659012>
- Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldana, J. (2014). *Qualitative data analysis: A methods sourcebook*.
- Noûs, C. (2019). *Pour une université ouverte, émancipatrice et internationale. Societes contemporaines*, (4), 151-157.
- Nespor, J. (2019). Cyber schooling and the accumulation of school time. *Pedagogy, Culture & Society*, 27(3), 325-341. <https://doi.org/10.1080/14681366.2018.1489888>
- Ouattara, H. F., Ahmat, D., Ouédraogo, F. T., Bissyandé, T. F., & Sié, O. (2018). Blockchain Consensus Protocols. In V. Odumuyiwa, O. Adegboyega, & C. Uwadia (Éds.), *E-Infrastructure and e-Services for Developing Countries* (p. 304-314). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-98827-6_29

- Ohmann, R. (1985). Literacy, Technology, and Monopoly Capital. *College English*, 47(7), 675-689. <https://doi.org/10.2307/376973>
- Olneck, M. (2012). Insurgent Credentials: A Challenge to Established Institutions of Higher Education. Paper presented to "Education in a New Society: The Growing Interpenetration of Education in Modern Life" at Radcliffe Institute for Advanced Study, Harvard University, Cambridge, Massachusetts, April 26-27, 2012.
- Page, C. (2018, août 2). *Open Education, Justice, and Learning Strategies – What's the Connection?* Open Pedagogy Notebook. <http://openpedagogy.org/program-level/open-education-justice-and-learning-strategies-whats-the-connection/>
- Peter, S., & Deimann, M. (2013). On the role of openness in education : A historical reconstruction. *Open Praxis*, 5(1), 7-14.
- Piroux, F. (2021). *Processus de contrôle qualité : analyse par les théories du Lean Manufacturing et formulation d'actions correctives dans le cas de la SNCB*. Louvain School of Management, Université catholique de Louvain. <http://hdl.handle.net/2078.1/thesis:28169>
- Ravet, S. (2017). Réflexions sur la genèse des Open Badges. De la valorisation des apprentissages informels à celle des reconnaissances informelles—Point de vue d'un praticien. *Distances et médiations des savoirs. Distance and Mediation of Knowledge*, 2017(20), Article 20. <http://journals.openedition.org/dms/2043>
- Riddle, P. (1993). Political Authority and University Formation in Europe, 1200-1800. *Sociological Perspectives*, 36(1), 45-62. <https://doi.org/10.2307/1389441>
- Rivera Vargas, P., & Lindín Soriano, C. (2019). Blockchain in the University : A Digital Technology to Design, Implement and Manage Global Learning Itineraries. *Digital Education Review*. <https://eric.ed.gov/?q=Blockchain+and+open+assessment&id=EJ1220160>
- Romelaer, P. (2005). L'entretien de recherche. *Management des ressources humaines: méthodes de recherche en sciences humaines et sociales*, 101-137.

- Sandoval, W. (2014). "Conjecture Mapping: An Approach to Systematic Educational Design Research." *Journal of the Learning Sciences* 23 (1):18-36. doi: [10.1080/10508406.2013.778204](https://doi.org/10.1080/10508406.2013.778204).
- Schmidt, P. J. (2017, juillet 24). *Credentials, Reputation, and the Blockchain*. <https://er.educause.edu/articles/2017/4/credentials-reputation-and-the-blockchain>
- Service d'accréditation suisse SAS. (2021, mars 4). *Public Key Infrastructure (PKI)*. Recherche organismes accrédités SAS. <https://www.sas.admin.ch/sas/fr/home/akkreditiertestellen/akkrstellensuchesas/pki1.html>
- Srivastava, A., Bhattacharya, P., Singh, A., Mathur, A., Prakash, O., & Pradhan, R. (2018). A Distributed Credit Transfer Educational Framework based on Blockchain. *2018 Second International Conference on Advances in Computing, Control and Communication Technology (IAC3T)*, 54-59. <https://doi.org/10.1109/IAC3T.2018.8674023>
- Stracke, C. M. (2019). Quality Frameworks and Learning Design for Open Education. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 20(2). <https://doi.org/10.19173/irrodl.v20i2.4213>
- The Saylor Foundation. (2013). *Intro to Open Assessment : Introduction to Openness in Education*. <https://learn.canvas.net/courses/4/pages/intro-to-open-assessment>
- Titone, A. (2014). *Vers une compréhension des enjeux et des perspectives dans l'usage des MOOC par des apprenants: entre motivation et autonomie* (Doctoral dissertation, University of Geneva).
- Turkanović, M., Hölbl, M., Košič, K., Heričko, M., & Kamišalić, A. (2018). EduCTX : A Blockchain-Based Higher Education Credit Platform. *IEEE Access*, 6, 5112-5127. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2789929>
- UNESCO. (2018, janvier 3). *Ressources éducatives libres*. UNESCO. <https://fr.unesco.org/themes/tic-education/rel>

United Nations. (2015, octobre 6). *Universal Declaration of Human Rights*.

<https://www.un.org/en/universal-declaration-human-rights/>

Université de Genève. (2020). *Statut de l'université – article 65*.

<https://www.unige.ch/files/3415/8271/1574/Statut-20fevrier2020.pdf>

Violi, D. (2021, mai 7). La Suisse se positionne en leader avec la Lex blockchain. *Le Temps*.

<https://www.letemps.ch/economie/suisse-se-positionne-leader-lex-blockchain>

Vlastos, G., & Dalimier, C. (1996). Socrate, Ironie et philosophie morale. *Revue Philosophique de la France Et de l*, 186(1).

Wagner, K., Keller, T., & Seiler, R. (2019). *A comparative analysis of cryptocurrency consensus algorithms*. https://doi.org/10.33965/ac2019_201912L026

Weller, M. (2014). *Battle for Open : How openness won and why it doesn't feel like victory*.

Ubiquity Press. <https://doi.org/10.5334/bam>

Weller, M., Jordan, K., DeVries, I., & Rolfe, V. (2018). Mapping the open education landscape : Citation network analysis of historical open and distance education research. *Open Praxis*, 10(2), 109-126.

Weller, M. (2020). Open and Free Access to Education for All. In D. Burgos (Éd.), *Radical Solutions and Open Science : An Open Approach to Boost Higher Education* (p. 1-15).

Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-15-4276-3_1

West, R. E., Newby, T., Cheng, Z., Erickson, A., & Clements, K. (2020). Acknowledging All Learning : Alternative, Micro, and Open Credentials. In M. J. Bishop, E. Boling, J. Elen, & V. Svihla (Éds.), *Handbook of Research in Educational Communications and Technology : Learning Design* (p. 593-613). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-36119-8_27

Wiley, D. [TEDx]. (2010, avril 13). *TEDxNYED - David Wiley - 03/06/10* [Video]. YouTube.

https://www.youtube.com/watch?v=Rb0syrgsH6M&feature=youtu.be&ab_channel=TEDxTalk
[s](#)

- Wiley, D. (2017). Iterating Toward Openness : Lessons Learned on a Personal Journey. In R. S. Jhangiani & R. Biswas-Diener (Éds.), *Open* (p. 195-208). Ubiquity Press.
<https://www.jstor.org/stable/j.ctv3t5qh3.19>
- Wiley, D., Bliss, T. J., & McEwen, M. (2014). Open Educational Resources : A Review of the Literature. In J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen, & M. J. Bishop (Éds.), *Handbook of Research on Educational Communications and Technology* (p. 781-789). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_63
- Wiley, D. (2014). *David Wiley, "The Access Compromise and the 5th R"*.
<https://openedreader.org/chapter/the-access-compromise-and-the-5th-r/>
- Wiley, D. (2010). *Openness as Catalyst for an Educational Reformation*.
<https://er.educause.edu/articles/2010/8/openness-as-catalyst-for-an-educational-reformation>
- Wills, C., & Xie, Y. (2016). Toward a Comprehensive Theoretical Framework for Designing Digital Badges. In D. Ifenthaler, N. Bellin-Mularski, & D.-K. Mah (Éds.), *Foundation of Digital Badges and Micro-Credentials : Demonstrating and Recognizing Knowledge and Competencies* (p. 261-272). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-15425-1_14
- Williams, P. (2019). Does competency-based education with blockchain signal a new mission for universities? *Journal of Higher Education Policy and Management*, 41(1), 104-117.
<https://doi.org/10.1080/1360080X.2018.1520491>
- Winn, J. (2012). *Open education : From the freedom of things to the freedom of people* (H. Stevenson, L. Bell, & M. Neary, Éds.). Continuum. <http://eprints.lincoln.ac.uk/id/eprint/4064/>
- Wizner, E. (2018). Edward Snowden Explains Blockchain to His Lawyer—and the Rest of Us. In Electronic Frontier Foundation (Eds). *The End of Trust*. pp. 115-129. McSweeney's Quarterly Concern.
https://www.eff.org/files/2019/02/22/end_of_trust_interior_pages_lores.pdf#page=115

- Xu, Y., Zhao, S., Kong, L., Zheng, Y., Zhang, S., & Li, Q. (2017). ECBC : A High Performance Educational Certificate Blockchain with Efficient Query. *ICTAC*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-67729-3_17
- Yen, C.-J., Tu, C.-H., Sujo-Montes, L. E., Harati, H., & Rodas, C. R. (2019). Using Personal Learning Environment (PLE) Management to Support Digital Lifelong Learning. *International Journal of Online Pedagogy and Course Design*, 9(3), 13–31.
doi:10.4018/ijopcd.2019070102
- Zawacki-Richter, O., Conrad, D., Bozkurt, A., Aydin, C. H., Bedenlier, S., Jung, I., Stöter, J., Veletsianos, G., Blaschke, L. M., Bond, M., Broens, A., Bruhn, E., Dolch, C., Kalz, M., Kondakci, Y., Marin, V., Mayrberger, K., Müskens, W., Naidu, S., ... Kerres, M. (2020). Elements of Open Education : An Invitation to Future Research. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 21(3), 319-334.
<https://doi.org/10.19173/irrodl.v21i3.4659>
- Zellagui, A., Hadj-said, N., & Ali Pacha, A. (2021). Sécurité des fonctions de hachage cryptographique. *Communication science et technologie*, 17(18), 13-21.

10. Annexes

10.1 Annexe 1 : Guide d'entretien exploratoire pour la partie prenante

Introduction et présentation du travail de recherche

Cette recherche s'intéresse à un dispositif de technologie blockchain que l'équipe du Centre pour la formation continue à distance (CFCD) de l'UNIGE a commencé à implémenter. Cette recherche a pour objectif de mettre en lumière les raisons pour lesquelles le projet n'a pu être implémenté totalement à ce jour. Elle a également pour objectif de proposer des recommandations pour sa finalisation et la mise en place de la technologie blockchain à des fins certificatives en éducation au sein du CFCD.

Pseudonyme de l'interviewé : Partie prenante

Domaine d'expertise : Partie prenante du projet,

Lieu et date de l'entretien prévu : Zoom, 01.02.2021 à 17h00

Liste de questions

1. Bonjour. Merci d'avoir accepté de faire cet entretien sur le dispositif blockchain que le centre de formation continue. Je vous ai envoyé le document de consentement via mail, pourriez-vous le remplir et me le renvoyer s'il vous plaît ? Êtes-vous d'accord que j'enregistre l'entretien ? Il sera anonymisé.
2. J'ai obtenu les informations, que vous travaillez sur un projet qui consiste à implémenter un dispositif blockchain. Pouvez-vous m'en dire plus sur le dispositif ?
3. Quel est l'objectif que vous souhaitez atteindre avec la blockchain ?
 - a. Quelles informations souhaitez-vous enregistrer dans la blockchain ? (Badge ? autre ?)
 - b. Quel type de blockchain souhaitez-vous implémenter ? (public, consortium, privée)
4. Avez-vous rencontré des difficultés lors de la mise en place du dispositif blockchain ? Si oui, lesquelles ?
5. Barbara Class m'a dit que vous aviez de la documentation au sujet du dispositif blockchain, est-ce que vous pourriez me l'envoyer s'il vous plaît ?
6. Merci d'avoir pris votre temps pour répondre aux questions à ce stade de l'étude. Je reviendrai vers vous, si d'autres questions émergent d'ici le 12 février.

Relances

1. Pourquoi ? / Comment ?
2. Pause
3. Reprendre les trois derniers mots
4. Clarification : Que voulez-vous dire par là ?
5. Pouvez-vous m'en dire plus ?
6. Pour résumer...

10.2 Annexe 2 : Guide d'entretien pour l'expert blockchain

Introduction et présentation du travail de recherche

Cette recherche s'intéresse à un dispositif de technologie blockchain que l'équipe du Centre pour la formation continue à distance (CFCD) de l'UNIGE a commencé à implémenter. Cette recherche a pour objectif de mettre en lumière les raisons pour lesquelles le projet n'a pu être implémenté totalement à ce jour. Elle a également pour objectif de proposer des recommandations pour sa finalisation et la mise en place de la technologie blockchain à des fins certificatives en éducation au sein du CFCD.

Pseudonyme de l'interviewé : Expert Blockchain (EB)

Domaine d'expertise : Blockchain, contrats intelligents et sécurité juridique

Lieu et date de l'entretien prévu : Zoom, 28.07.2021 à 9h00

Liste de questions

1. Merci de prendre du temps de répondre à mes questions et d'avoir accepté d'être expert à ma défense. Est-ce que vous avez pu lire la feuille de consentement ? Avez-vous des questions ? Pouvez-vous la signer et me la retourner à la fin de l'entretien s'il vous plaît ? Êtes-vous d'accord que j'enregistre l'entretien ?

J'ai assisté à votre présentation en ligne des digital innovators qui était super intéressante. J'ai surtout aimé votre manière d'expliquer les choses d'une manière très compréhensible et j'ai vraiment aimé votre exemple de contrat intelligents et le selecta. Et surtout l'idée de pérennité car on n'y pense pas forcément. Je me demandais comment vous êtes arrivés sur le sujet ? C'est vraiment important ce que vous faites, personnellement, ce qui m'intéresse c'est...

2. Souhaitez-vous donner votre perspective sur le projet librement ou préférez-vous que je commence par des questions ?
 - a. Pouvez-vous m'expliquer en quelques mots sur le projet ECERT ?
 - i. En quelle année a-t-il déb té ?
 - ii. Quel est l'acronyme lettre par lettre du mot ECERT ?
 - iii. Quel était votre rôle lors du projet ECERT ?
3. Pouvez-vous expliquer en quelques mots en quoi consiste la solution du POC ?
4. J'aurai quelques questions sur la documentation partagée, j'en profite pour vous remercier pour ce partage
 - a. La solution en elle-m me :
 - i. Dans le document il est noté que le document PDF/A ajouté sur la blockchain est également signé avec un cachet électronique. Pouvez-vous m'expliquer ce qui a motivé cette décision/ ce choix ?
 - ii. Comment est-ce que l'étudiant-e accède aux diplômes obtenus, enregistrés sur la blockchain ? (Il me semble que dans la solution POC l'étudiant ni accède pas)

Au niveau juridique, les étudiants doivent avoir le choix de présenter le diplôme avec ou sans le PV de notes, raison pour laquelle le PV de notes n'est pas combiné au diplôme. Par contre, il n'y a pas de raison juridique qui s'oppose à la combinaison du supplément au diplôme, ni de la combinaison des versions francophones et anglophones dans un document.

- Comment l'étudiant accède-t-il au PV de notes ?
- Si l'étudiant n'y accède pas : pourquoi avoir opté pour une solution sans wallet côté étudiant ?
- Si l'étudiant accède via une wallet : comment se passe la gestion de ses certificats ? Est-ce qu'il pourrait avoir plusieurs DAS ou MAS de différentes universités dans une même wallet ?

iii. Au niveau du mécanisme de consensus, j'ai compris que vous avez choisi le proof-of-authority pour des raisons de consommation d'énergie. Est-ce que d'autres raisons ont contribué à ce choix ?

Qui se charge de mettre les diplômes sur la blockchain ?

Qui se charge de valider les diplômes ?

- b. La solution de Bâle « Proxeus » a été analysée, mais pas retenue. Pourquoi ne pas avoir collaboré avec eux ? Il me semble que c'est au vu de la révocation, mais à ce moment elle était prévue. Y-a-t-il d'autres raisons ? (Peut-être que c'est moi qui a loupé une information, car la tableau est coupé..)
5. La documentation date d'une décision prise en 2019 qui mentionne un système futur
 - a. Où en est-il quant à son développement ?
 - b. A quoi ce système ressemble-t-il ? Quelles sont les principales différences par rapport au POC ?
 - c. A quelle échelle : CFCD ou UN GE ?
 6. Avant je vous ai posé la question pour « Proxeus ». Mais vu qu'une nouvelle solution est en route, je me demandais, ce qu'il en était avec la collaboration avec d'autres Universités ou de prestataires comme Switch en Suisse. Est-ce qu'une telle collaboration serait envisageable ? (Multiplicité des plateformes, problèmes de comptabilité)
 - a. Si ce n'est pas le cas -> Qu'est-ce qui est prévu pour un étudiant qui étudie dans différentes universités ?
 - b. Si c'est le cas -> Qu'est-ce qui vous a convaincu de devenir partenaire ?
 - c. Est-ce que vous pensez que la solution blockchain de l'unige pourrait accueillir d'autres universités ou institutions de formation ?
 7. Le projet ECERT avait été testé au centre de formation continue et à distance. Est-ce que vous vous êtes également penché sur la question des certificats d'études ouvertes (certificate of open studies) lors de la mise en place du POC ? Quels liens avez-vous établis exactement ?
 - a. Et aujourd'hui ?
 8. Selon vous, quelles étaient les difficultés rencontrées lors de la mise en place du POC ? Comment les avez-vous surmontées ?

- a. Si une autre université se lançait dans un projet similaire, quels conseils lui donneriez-vous ?
- 9. Pour résumer, quels sont les points vraiment importants à retenir selon vous – du point de vue conceptuel, technique, institutionnel, etc. ?

9. Souhaitez-vous ajouter quelque chose ? Je vous remercie encore pour le temps que vous avez pris pour répondre à mes questions. Est-ce que je peux revenir vers vous en cas de questions supplémentaires par e-mail ? Êtes-vous parti en vacances ?

10.3 Annexe 3 : Code book version du premier cycle

Codebook

Problématique	Objectif de l'étude	Question de recherche	Catégories de code	Sous-questions de recherche	Codes	Nom du code	Définition	Exemple
La blockchain pour les compétences et connaissances créditées : analyse de la solution CFCD	L'objectif de cette recherche consiste à décrire la mise en place d'une preuve de concept sur l'utilisation de CCCO adossés à une technologie blockchain pour la certification des participants de formation continue du CFCD de l'UNIGE	Comment les CCCO adossés à une technologie blockchain initialement réalisée pour la certification de formations continues, peuvent-ils être mis en place au CFCD de l'UNIGE ?	Critères OE	Le dispositif blockchain prend-il en compte les composantes nécessaires à la certification par des compétences et connaissances créditées ouvertes et libres ?	Compétences et connaissances créditées inviolables	CRIT_OE-INVOLABLE	Each credential must be tamper-proof [...] (Wiley, 2017, p. 206)	J'ai choisi la blockchain parce qu'elle permet d'enregistrer les diplômes en lieu sûr.
					Compétences et connaissances créditées contrôlée	CRIT_OE-CTRL	These credentials can be regrouped and remixed by learners to highlight different aspects of the learner's expertise, depending on the context in which they are presenting themselves. (Wiley, 2017, p. 205)	Les apprenant-es disposent eux-mêmes des diplômes et les envoient eux à l'employeur.
					Compétences et connaissances créditées vérifiables	CRIT_OE-VERIF	[...] Those who evaluate the Open Credential can validate and trust its origin (Wiley, 2017, p. 206)	J'ai ajouté une URL pour que des personnes externes puissent vérifier qu'il s'agit bien du diplôme de l'apprenant-e
					Compétences et connaissances créditées indépendantes	CRIT_OE-INDEP	Open Credentials are certifications that learners own completely and can reuse and redistribute without involving a third party like the college registrar (Wiley, 2017, p. 205)	Les apprenant-es peuvent télécharger le diplôme autant de fois qu'ils et elles le souhaitent.

Problématique	Objectif de l'étude	Question de recherche	Catégories de code	Sous-questions de recherche	Codes	Nom du code	Définition	Exemple
La blockchain pour les compétences et connaissances créditées : analyse de la solution CFCD	L'objectif de cette recherche consiste à décrire la mise en place d'une preuve de concept sur l'utilisation d'open credentials adossés à une technologie blockchain pour la certification des participants de formation continue du CFCD de l'UNIGE	Comment les open credentials adossés à une technologie blockchain initialement réalisée pour la certification de formations continues, peuvent-ils être mis en place à l'UNIGE ?	Autonomie apprenant	La technologie blockchain renforce-t-elle l'autonomie de l'apprenant-e ?	Autorégulation	AUTO-REG	Utilisation des stratégies d'autogestion métacognitive, motivationnelles et comportementales pour atteindre ses objectifs (Zimmerman & Pons, 1986)	« L'étudiante constate ses lacunes et décide si elle doit retravailler certains sujets »
					Autodirection	AUTO-DIR	La démarche d'appropriation, de responsabilisation et de prise en charge des apprentissages (Albero, 2003, p.10).	« L'étudiante se fixe des objectifs à atteindre à court, moyen ou long terme pour suivre son projet personnel » « L'étudiante utilise ensuite le diplôme pour obtenir un travail dans le domaine »
					Métacognition	AUTO-META	Les stratégies métacognitives sont des stratégies qui aident l'apprenant à traiter les informations de manière efficace (Felder, 2017)	« L'étudiante se rend compte de ses propres processus d'apprentissage, elle s'observe. »

Problématique	Objectif de l'étude	Question de recherche	Catégories de code	Sous-questions de recherche	Codes	Nom du code	Définition	Exemple
La blockchain pour les compétences et connaissances créditées : analyse de la solution CFCD	L'objectif de cette recherche consiste à décrire la mise en place d'une preuve de concept sur l'utilisation d'open credentials adossés à une technologie blockchain pour la certification des participants de formation continue du CFCD de l'UNIGE	Comment les open credentials adossés à une technologie blockchain initialement réalisée pour la certification de formations continues, peuvent-ils être mis en place à l'UNIGE ?	Environnement Méso	De quelle manière le dispositif blockchain prend en compte l'environnement ?	Macro	ENV-Macro	L'environnement macro contient les contextes organisationnels et sociétaux soit : les politiques, la philosophie, les stratégies, la vision, les programmes officiels des autorités publiques et leurs impacts (Stracke, 2019)	« Les lois actuelles ne permettent pas de mettre en place une technologie qui partage les données personnelles »
					Technique	ENV-Technique	Les artefacts techniques représentent les plateformes, outils et les moyens de communication mis à disposition (Felder, 2019).	« La solution proposée donne la possibilité d'ajouter un cachet électronique sur le diplôme »
					Social	ENV-Social	Les artefacts sociaux regroupent les moyens de communications. Ils englobent la reconnaissance sociale. La reconnaissance sociale peut faire preuve de reconnaissance des acquis.	« L'entourage a confiance en l'employeur, car il saura évaluer les compétences de ses employés »
					Didactique	ENV-Didactique	Les artefacts didactiques englobent les compétences comme lire, écrire et interagir (Felder, 2019)	« Les apprenantes sont amenés à résoudre un problème »
					Pédagogique	ENV-Pédagogique	Les artefacts pédagogiques contiennent toutes les formes de représentation de connaissances, iconographie, oralité, écriture manuscrite, édition, télévision, radio, cinéma (Felder, 2019).	« Les connaissances sont représentées sous forme de portfolio »

10.4 Annexe 4 : Code book version du deuxième cycle

Codebook

Problématique	Objectif de l'étude	Question de recherche	Catégories de code	Sous-questions de recherche	Codes	Nom du code	Définition	Exemple
La blockchain pour les compétences et connaissances créditées : analyse de la solution CFCD	L'objectif de cette recherche consiste à décrire la mise en place d'une preuve de concept sur l'utilisation d'open credentials adossés à une technologie blockchain pour la certification des participants de formation continue du CFCD de l'UNIGE	Comment les open credentials adossés à une technologie blockchain initialement réalisée pour la certification de formations continues, peuvent-ils être mis en place au CFCD de l'UNIGE ?	Critères OE	Le dispositif blockchain prend-il en compte les composantes nécessaires à la certification par des compétences et connaissances créditées ouvertes et libres ?	Compétences et connaissances créditées inviolables	CRIT_OE-INVOLABLE	Each credential must be tamper-proof [...] (Wiley, 2017, p. 206)	J'ai choisi la blockchain parce qu'elle permet d'enregistrer les diplômes en lieu sûr.
					Compétences et connaissances créditées contrôlée	CRIT_OE-CTRL	These credentials can be regrouped and remixed by learners to highlight different aspects of the learner's expertise, depending on the context in which they are presenting themselves. (Wiley, 2017, p. 205)	Les apprenant-es disposent eux-mêmes des diplômes et les envoient eux à l'employeur.
					Compétence et connaissance créditées NON contrôlée	CRIT_NN-CTRL	Définition contraire au critère de contrôlabilité défini par Wiley (2017)	Le diplôme peut être partagé à de tierces personnes sans l'autorisation de l'apprenant-e
					Compétences et connaissances créditées vérifiables	CRIT_OE-VERIF	[...] Those who evaluate the Open Credential can validate and trust its origin (Wiley, 2017, p. 206)	J'ai ajouté une URL pour que des personnes externes puissent vérifier qu'il s'agit bien du diplôme de l'apprenant-e
					Compétences et connaissances créditées indépendantes	CRIT_OE-INDEP	Open Credentials are certifications that learners own completely and can reuse and redistribute without involving a third party like the college registrar (Wiley, 2017, p. 205)	Les apprenant-es peuvent télécharger le diplôme autant de fois qu'ils et elles le souhaitent.

Problématique	Objectif de l'étude	Question de recherche	Catégories de code	Sous-questions de recherche	Codes	Nom du code	Définition	Exemple
					Compétences et connaissances créditées NON indépendantes	CRIT_NN-INDEP	Définition contraire au critère d'indépendance défini par Wiley (2017)	L'apprenante doit demander à l'institution de lui donner le diplôme
					Compétences et connaissances créditées indépendantes transparentes	CRIT_OE-TRAN	L'élément de la transparence exige que l'institution certifiante prenne des mesures pour accroître la visibilité de leurs pratiques comme des informations détaillées sur les compétences développées lors d'un module, le processus de conception de cours, les syllabus ou encore les procédures d'évaluations (Dos Santos Andreia et al., 2016)	Des informations complémentaires aux notes sont ajoutées au diplôme
					Compétences et connaissances créditées pérenne	CRIT_OE-PEREN	L'institution doit garantir la pérennité du système (Devedžić & Jovanović, 2015).	La solution doit assurer une durée de vie de X années.

Problématique	Objectif de l'étude	Question de recherche	Catégories de code	Sous-questions de recherche	Codes	Nom du code	Définition	Exemple
La blockchain pour les compétences et connaissances créditées : analyse de la solution CFCD	L'objectif de cette recherche consiste à décrire la mise en place d'une preuve de concept sur l'utilisation d'open credentials adossés à une technologie blockchain pour la certification des participants de formation continue du CFCD de l'UNIGE	Comment les open credentials adossés à une technologie blockchain initialement réalisée pour la certification de formations continues, peuvent-ils être mis en place à l'UNIGE ?	Autonomie apprenant	La technologie blockchain renforce-t-elle l'autonomie de l'apprenant-e ?	Autorégulation	AUTO-REG	Utilisation des stratégies d'autogestion métacognitive, motivationnelles et comportementales pour atteindre ses objectifs (Zimmerman & Pons, 1986)	« L'étudiante constate ses lacunes et décide si elle doit retravailler certains sujets »
					Autodirection	AUTO-DIR	La démarche d'appropriation, de responsabilisation et de prise en charge des apprentissages (Albero, 2003, p.10).	« L'étudiante se fixe des objectifs à atteindre à court, moyen ou long terme pour suivre son projet personnel » « L'étudiante utilise ensuite le diplôme pour obtenir un travail dans le domaine »
					Métacognition	AUTO-META	Les stratégies métacognitives sont des stratégies qui aident l'apprenant à traiter les informations de manière efficace (Felder, 2017)	« L'étudiante se rend compte de ses propres processus d'apprentissage, elle s'observe. »

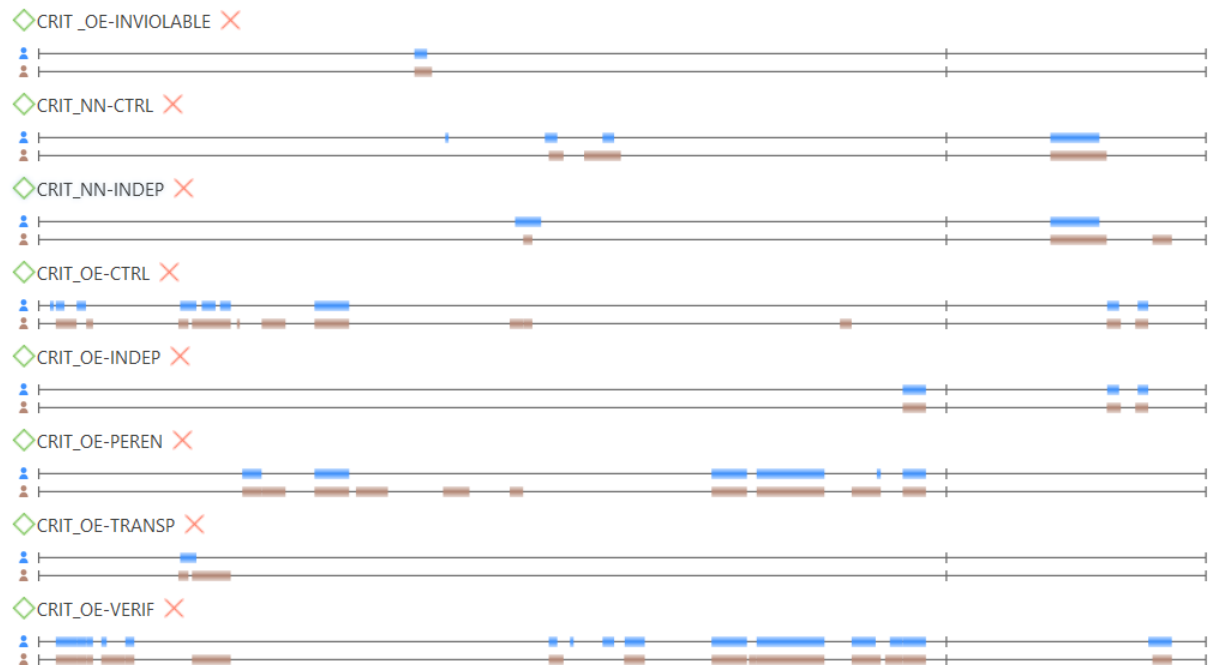
Problématique	Objectif de l'étude	Question de recherche	Catégories de code	Sous-questions de recherche	Codes	Nom du code	Définition	Exemple
La blockchain pour les compétences et connaissances créditées : analyse de la solution CFCD	L'objectif de cette recherche consiste à décrire la mise en place d'une preuve de concept sur l'utilisation d'open credentials adossés à une technologie blockchain pour la certification des participants de formation continue du CFCD de l'UNIGE	Comment les open credentials adossés à une technologie blockchain initialement réalisée pour la certification de formations continues, peuvent-ils être mis en place à l'UNIGE ?	Environnement Méso	De quelle manière le dispositif blockchain prend en compte l'environnement ?	Institution	ENV-INST	Le niveau méso se concentre sur les processus institutionnels et la conception de situations d'apprentissage ainsi que les curriculums d'apprentissage pour tout niveau d'éducation (Stracke, 2019)	« L'institution possède un processus interne pour la mise en œuvre de diplômes qui est à suivre »
					Macro	ENV-Macro	L'environnement macro contient les contextes organisationnels et sociétaux soit : les politiques, la philosophie, les stratégies, la vision, les programmes officiels des autorités publiques et leurs impacts (Stracke, 2019)	« Les lois actuelles ne permettent pas de mettre en place une technologie qui partage les données personnelles »
					Technique	ENV-Technique	Les artefacts techniques représentent les plateformes, outils et les moyens de communication mis à disposition (Felder, 2019).	« La solution proposée donne la possibilité d'ajouter un cachet électronique sur le diplôme »
					Social	ENV-Social	Les artefacts sociaux regroupent les moyens de communications. Ils englobent la reconnaissance sociale. La reconnaissance sociale peut faire preuve de reconnaissance des acquis.	« L'entourage a confiance en l'employeur, car il saura évaluer les compétences de ses employés »
					Didactique	ENV-Didactique	Les artefacts didactiques englobent les compétences comme lire, écrire et interagir (Felder, 2019)	« Les apprenantes sont amenés à résoudre un problème »
					Pédagogique	ENV-Pédagogique	Les artefacts pédagogiques contiennent toutes les formes de représentation de connaissances, iconographie, oralité, écriture manuscrite, édition, télévision, radio, cinéma (Felder, 2019).	« Les connaissances sont représentées sous forme de portfolio »
					Financier	ENV-Finance	Budget envisagé pour la dépense d'une ressource comme l'argent	« Le coût était trop élevé »

Problématique	Objectif de l'étude	Question de recherche	Catégories de code	Sous-questions de recherche	Codes	Nom du code	Définition	Exemple
					Ergonomique	ENV-Ergonomique	Les outils, des machines et des dispositifs sont conçus afin que leur utilisation soit confortable, sécurisée et efficace.	« D'un point de vue utilisateur, la solution est facile à utiliser »

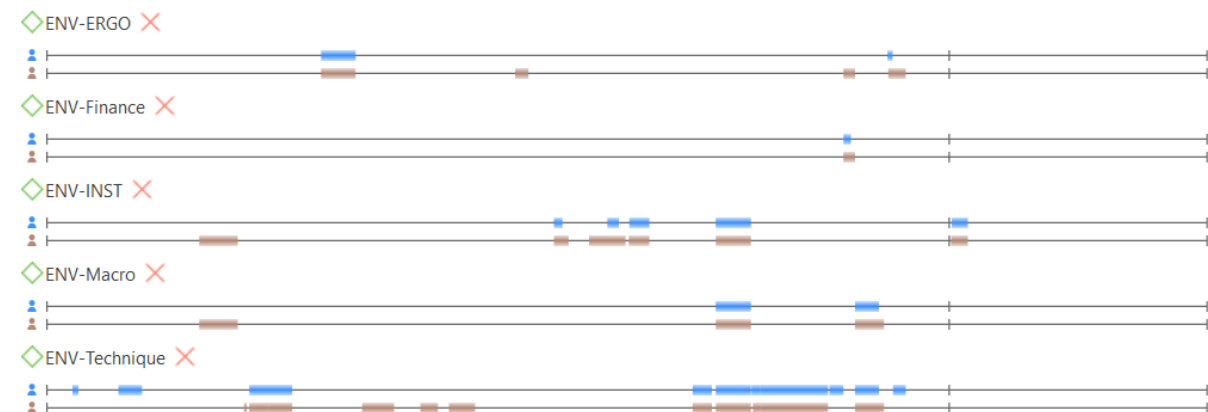
10.5 Annexe 5 : Comparaison codage

10.5.1 Entretiens

Comparaison du codage des critères des CCCOL



Comparaison du codage de l'environnement

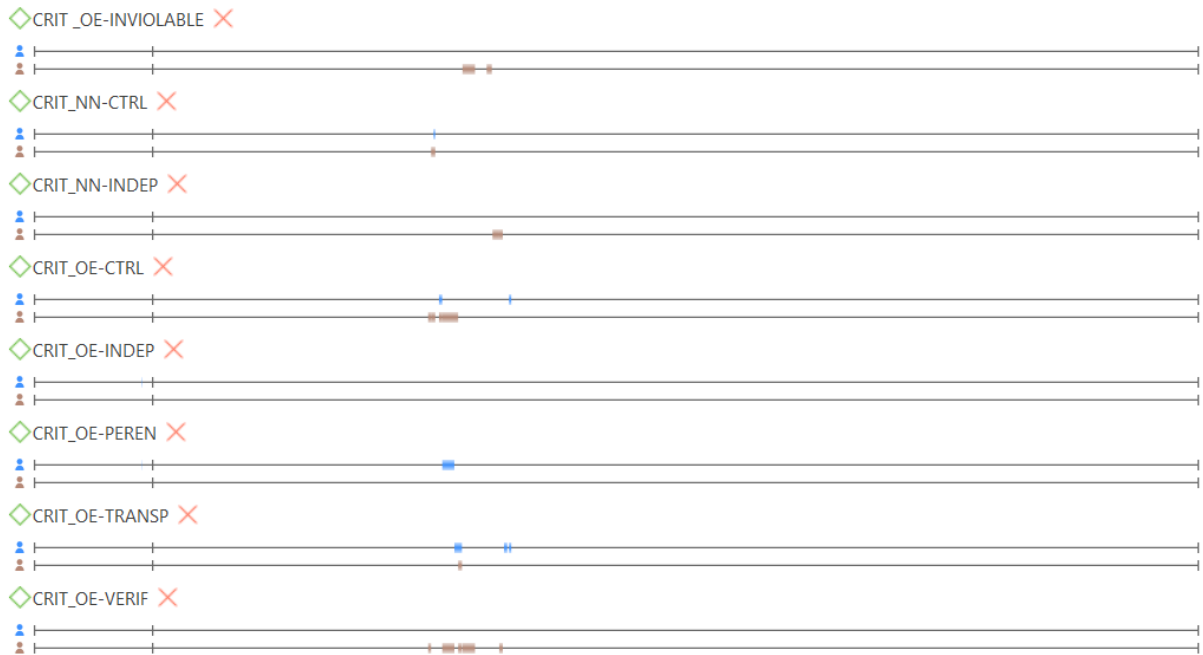


Comparaison du codage de l'autonomie

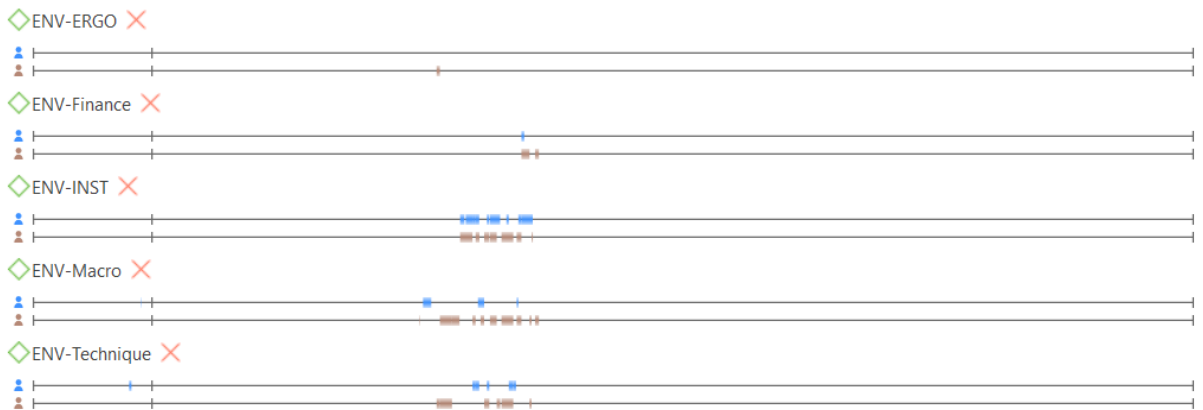


10.5.2 Documentation

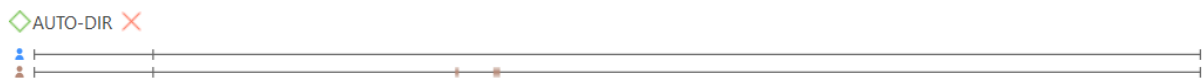
Comparaison du codage des critères des CCCOL



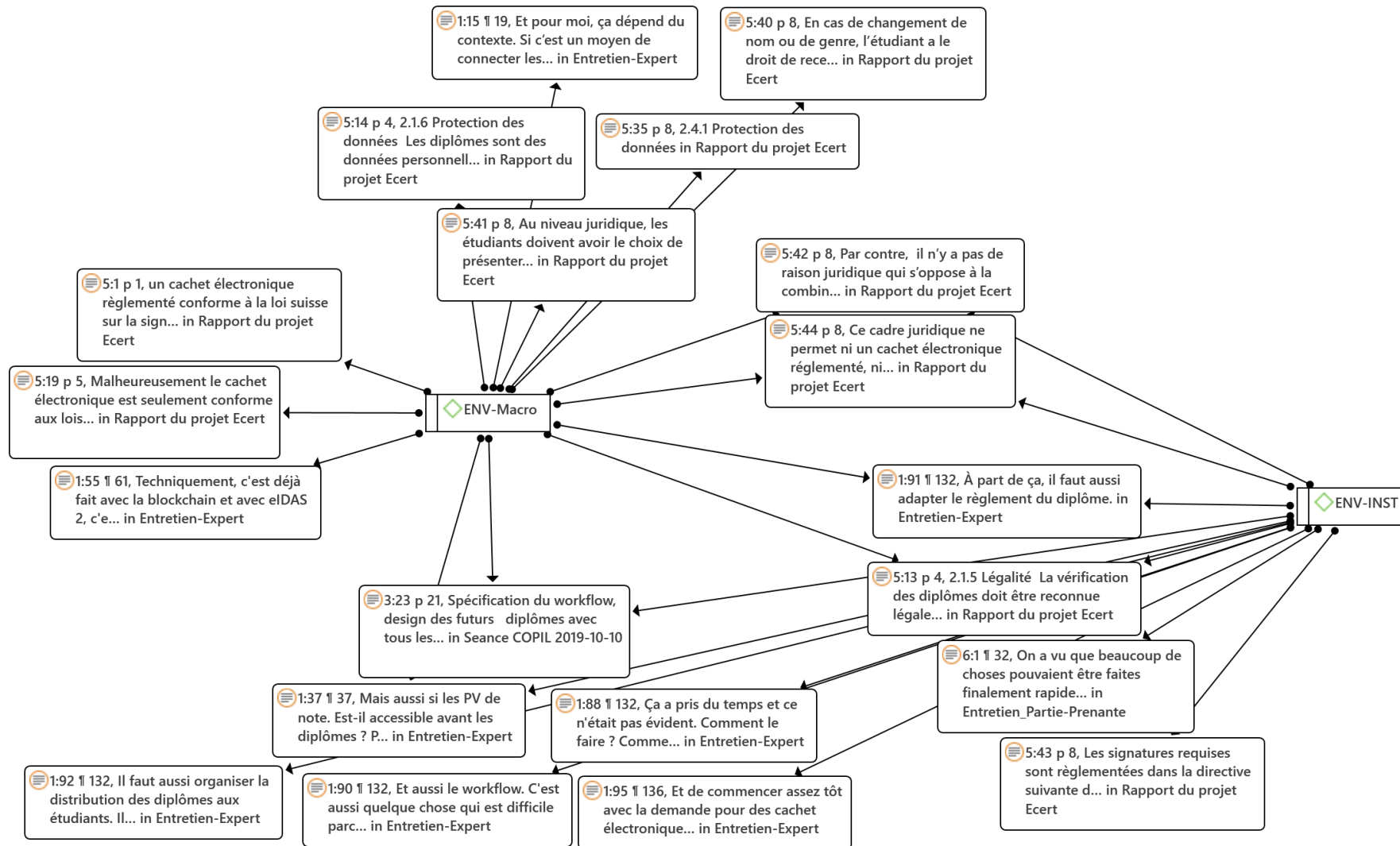
Comparaison du codage de l'environnement



Comparaison du codage de l'autonomie



10.6 Annexe 6 : Network environnement macro et institutionnel



10.7 Annexe 7 : Les 5 possibilités de vérification

UNIVERSITÉ DE GENÈVE

UNIVERSITY FACULTIES STUDENTS SERVICES

UNIGE ECERT

Portail

ONLINE VERIFICATION OF DIPLOMAS
UNIVERSITY OF GENEVA

Forged diplomas are a sad reality. When presented with a PDF-copy of diploma, it is often not possible to tell whether the diploma is real.

In a pilot project the University of Geneva offers five ways to verify a diploma:

- Verify the diploma online through the id of the diploma (can be deactivated for privacy reasons)
- Verify the diploma online through the data on the diploma
- Verify the original pdf file of the diploma online

Verify diploma online

- Verify the electronic seal off-line in Acrobat Reader

[See here how the verification in Acrobat Reader works](#)

- Verify the diploma directly against the Blockchain Ethereum

[See here how you can directly verify a diploma against the Blockchain Ethereum](#)

The Proof of Concept offers 6 different ways to verify a diploma

UNIVERSITÉ DE GENÈVE

UNIVERSITY FACULTIES STUDENTS SERVICES

Portail

UNIGE ECERT

VALIDATE DIPLOMA

This page allows you to check validity of diploma using it's fields or using official diploma file (PDF/A).

Verify by ID | Verify by Data | Verify Original PDF

Student informations

Student name(s)
Student first name(s)
Student birthdate

Diploma informations

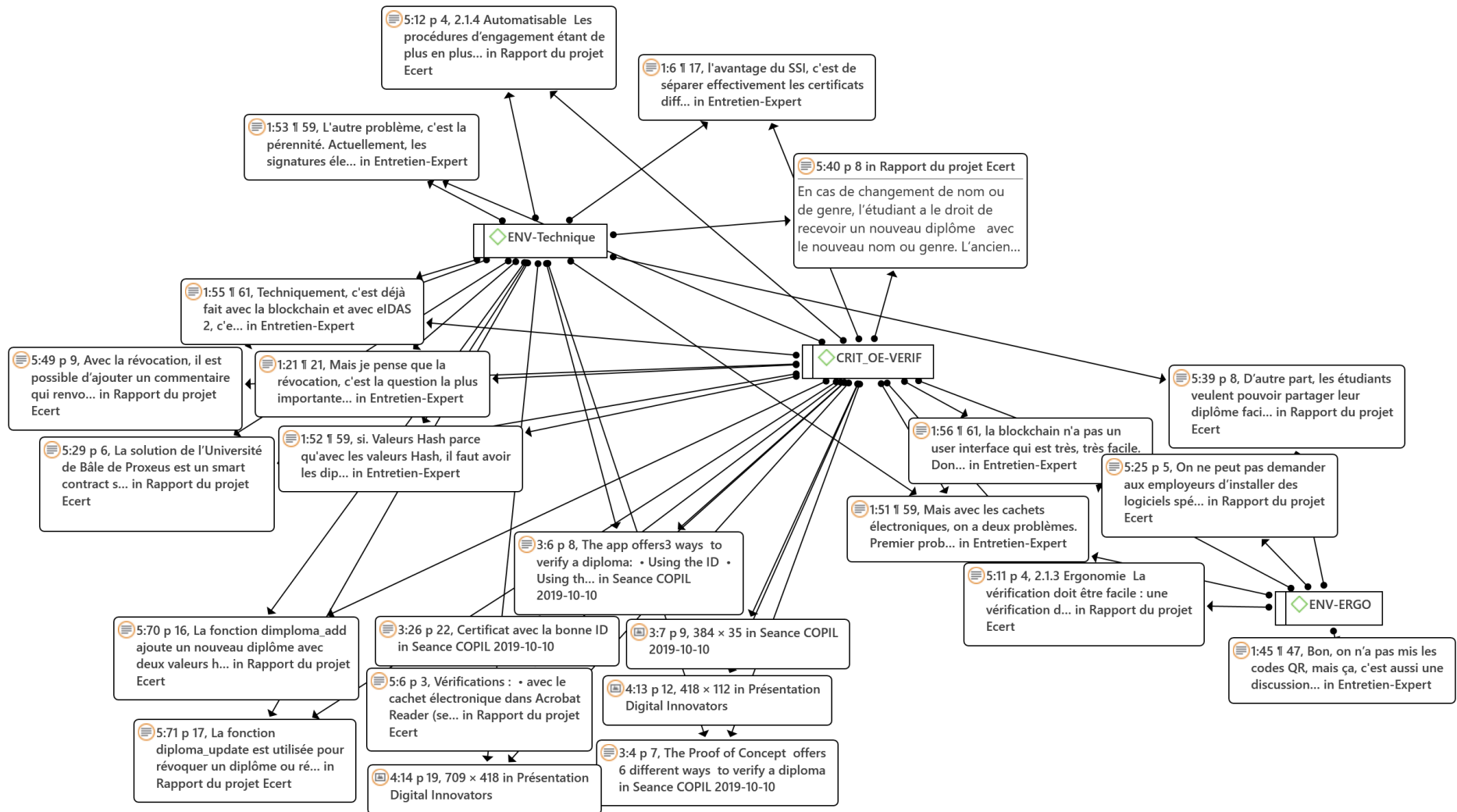
Diploma type (CAS, MAS, MBA)
Diploma name
Diploma note
Diploma issue date
Diploma number
Diploma identifier
Institution
Faculty

Submit

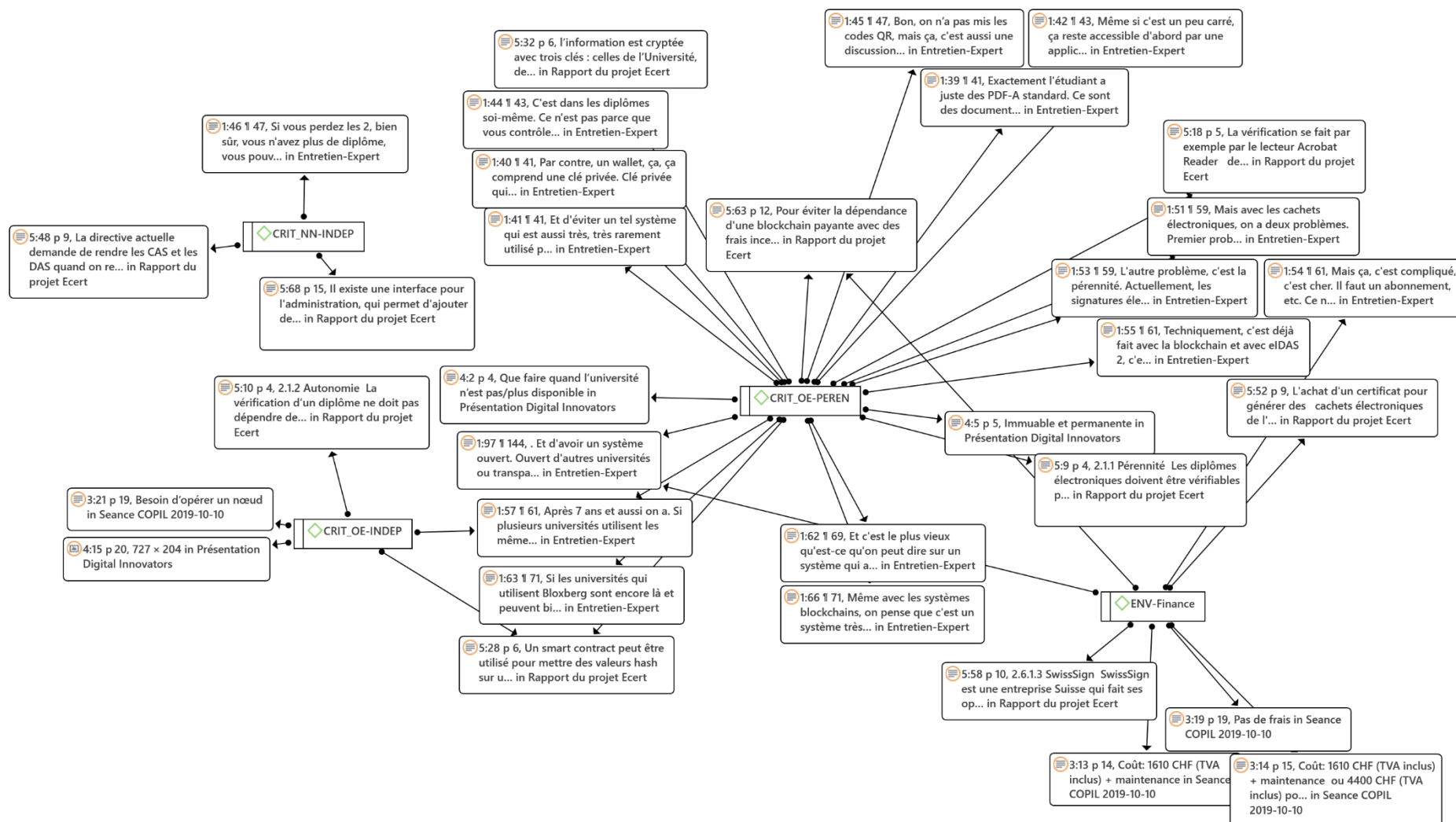
The app offers 3 ways to verify a diploma:

- Using the ID
- Using the ID+data
- Using the original file

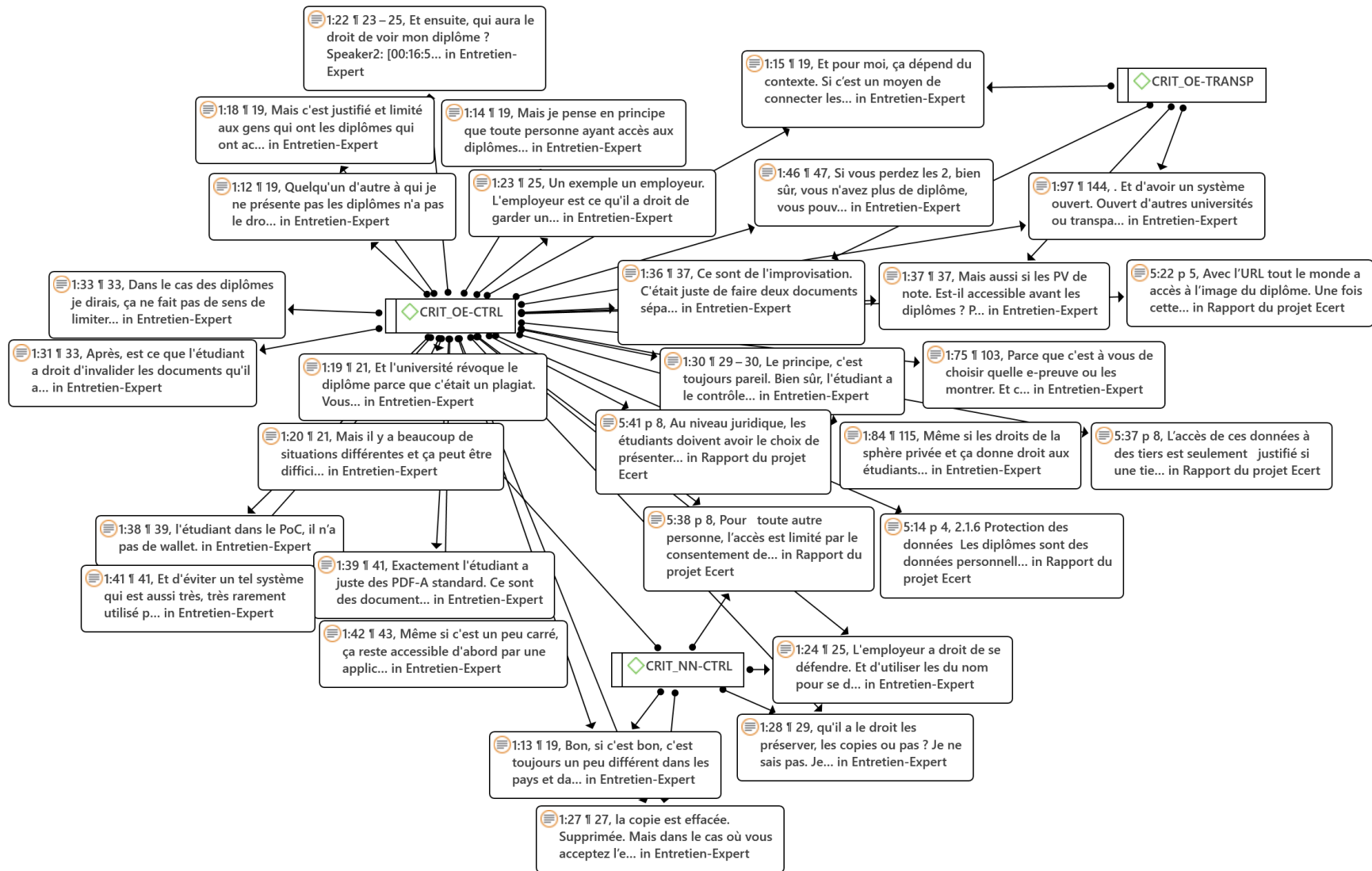
10.8 Annexe 8 : Codes d'environnement technique, vérifiabilité et ergonomie



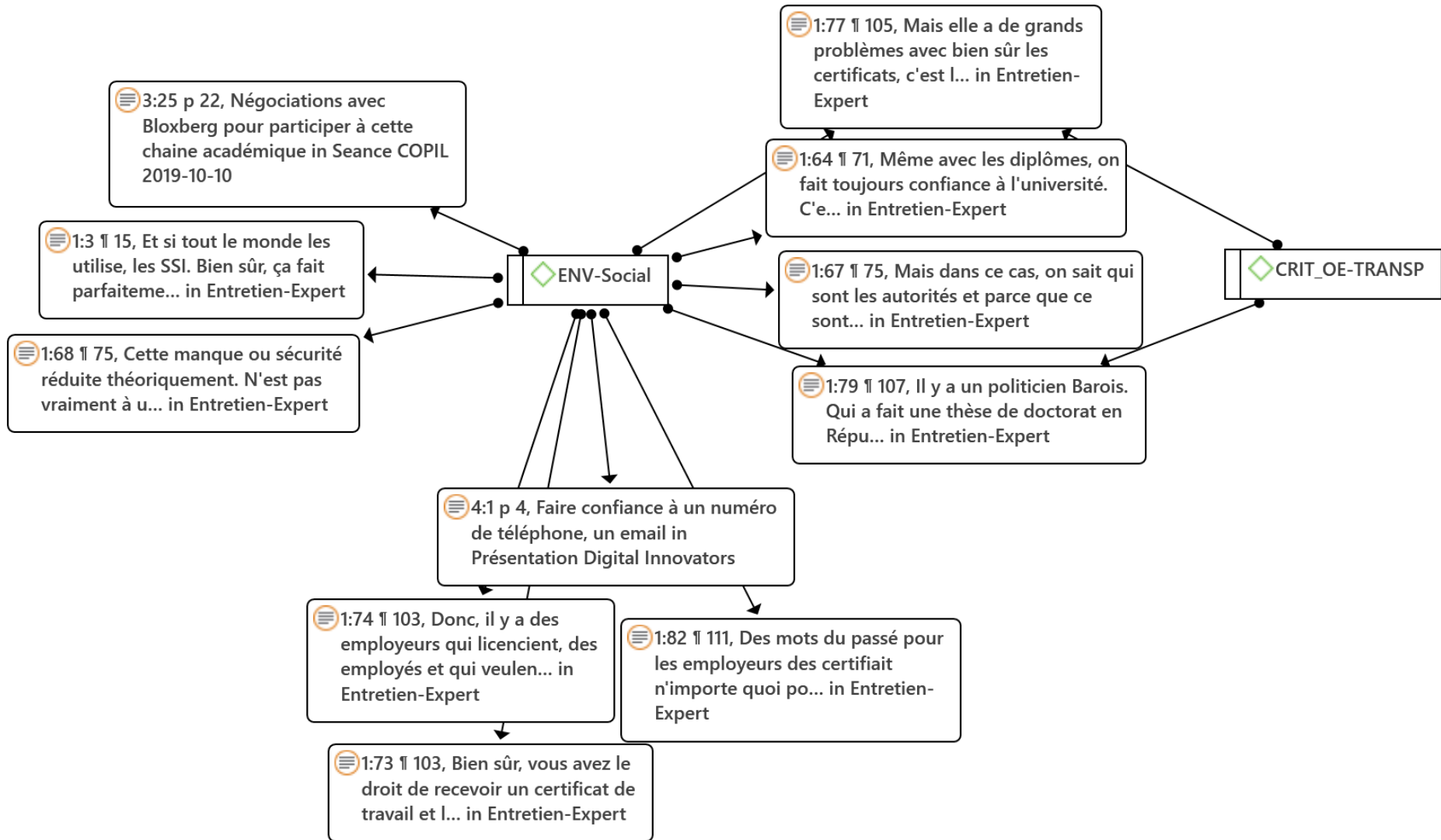
10.9 Annexe 9 : Codes de pérennité, indépendance, non-indépendance et environnement financier



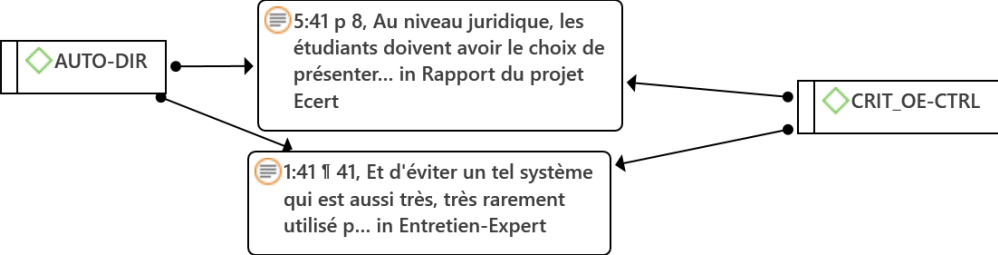
10.10 Annexe 10 : Codes de contrôlabilité, non-contrôlabilité et transparence



10.11 Annexe 11 : Codes d'environnement social et transparence



10.12 Annexe 12 : Codes autodirection et contrôlabilité



10.13 Annexe 13 : Formulaire de consentement de participation

RECHERCHE : BLOCKCHAIN EN OPEN EDUCATION	
Responsable(s) du projet de recherche :	Etudiante: Sandrine Favre, Etudiante Master MALTT, sandrine.favre@etu.unige.ch , 077 475 98 68 Enseignante: Barbara Class, collaboratrice de recherche et d'enseignement à Tecfa, barbara.class@unige.ch , 022 379 97 29

(Dans ce texte, le masculin est utilisé au sens générique ; il comprend aussi bien les femmes que les hommes.)

INFORMATION AUX PARTICIPANTS ET CONSENTEMENT DE PARTICIPATION

Information aux participants

Objectifs de la recherche

Cette recherche s'intéresse à un dispositif de technologie blockchain que l'équipe du Centre pour la formation continue à distance (CFCD) de l'UNIGE a commencé à implémenter. Cette recherche a pour objectif de mettre en lumière les raisons pour lesquelles le projet n'a pu être implémenté totalement à ce jour. Elle a également pour objectif de proposer des recommandations pour sa finalisation et la mise en place de la technologie blockchain à des fins certificatives en éducation au sein du CFCD.

Procédure

Votre participation à cette recherche consiste à m'accorder un entretien que je souhaiterais pouvoir enregistrer. Lors de l'entretien, des questions autour du projet de dispositif blockchain auquel vous avez participé vous seront posées. Seules les données liées au projet du dispositif de technologie blockchain seront récoltées. Les données personnelles seront anonymisées.

Vous serez sollicité pour 1 à 2 entretiens semi-directifs d'une durée approximative d'une heure chacun. Ces entretiens auront lieu à un mois d'intervalle. Les séances se dérouleront dans un local à l'Université de Genève. Si la situation sanitaire ne le permet pas, les entretiens seront menés sur l'application de visioconférence Zoom distribué par l'UNIGE. Les entretiens seront enregistrés sur un support audio. Vous êtes libre de refuser l'enregistrement audio. En cas de refus de l'enregistrement audio, des notes seront prises pendant l'entretien.

Consentement de participation à la recherche

Sur la base des informations qui précèdent, je confirme mon accord pour participer à la recherche « Blockchain en Open Education », et j'autorise :

- L'utilisation des données à des fins scientifiques et la publication des résultats de la recherche dans des revues ou livres scientifiques, étant entendu que les données resteront anonymes et qu'aucune information ne sera donnée sur mon identité ; OUI NON
- L'utilisation des données à des fins pédagogiques (cours et séminaires de formation d'étudiants ou de professionnels soumis au secret professionnel). OUI NON
- Que l'entretien soit enregistré sur support audio OUI NON
- Je suis d'accord que mes données anonymisées soient stockées et diffusées dans un repository FAIR à des fins de diffusion et de partage OUI NON

J'ai choisi volontairement de participer à cette recherche. J'ai été informé-e du fait que je peux me retirer en tout temps sans fournir de justifications et que je peux, le cas échéant, demander la destruction des données me concernant.

Ce consentement ne décharge pas les organisateurs de la recherche de leurs responsabilités. Je conserve tous mes droits garantis par la loi.

Prénom Nom

Signature

Date

ENGAGEMENT DU CHERCHEUR

L'information qui figure sur ce formulaire de consentement et les réponses que j'ai données au participant décrivent avec exactitude le projet.

Je m'engage à procéder à cette étude conformément aux normes éthiques concernant les projets de recherche impliquant des participants humains, en application du *Code d'éthique concernant la recherche au sein de la Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation* et des *Directives relatives à l'intégrité dans le domaine de la recherche scientifique et à la procédure à suivre en cas de manquement à l'intégrité* de l'Université de Genève.

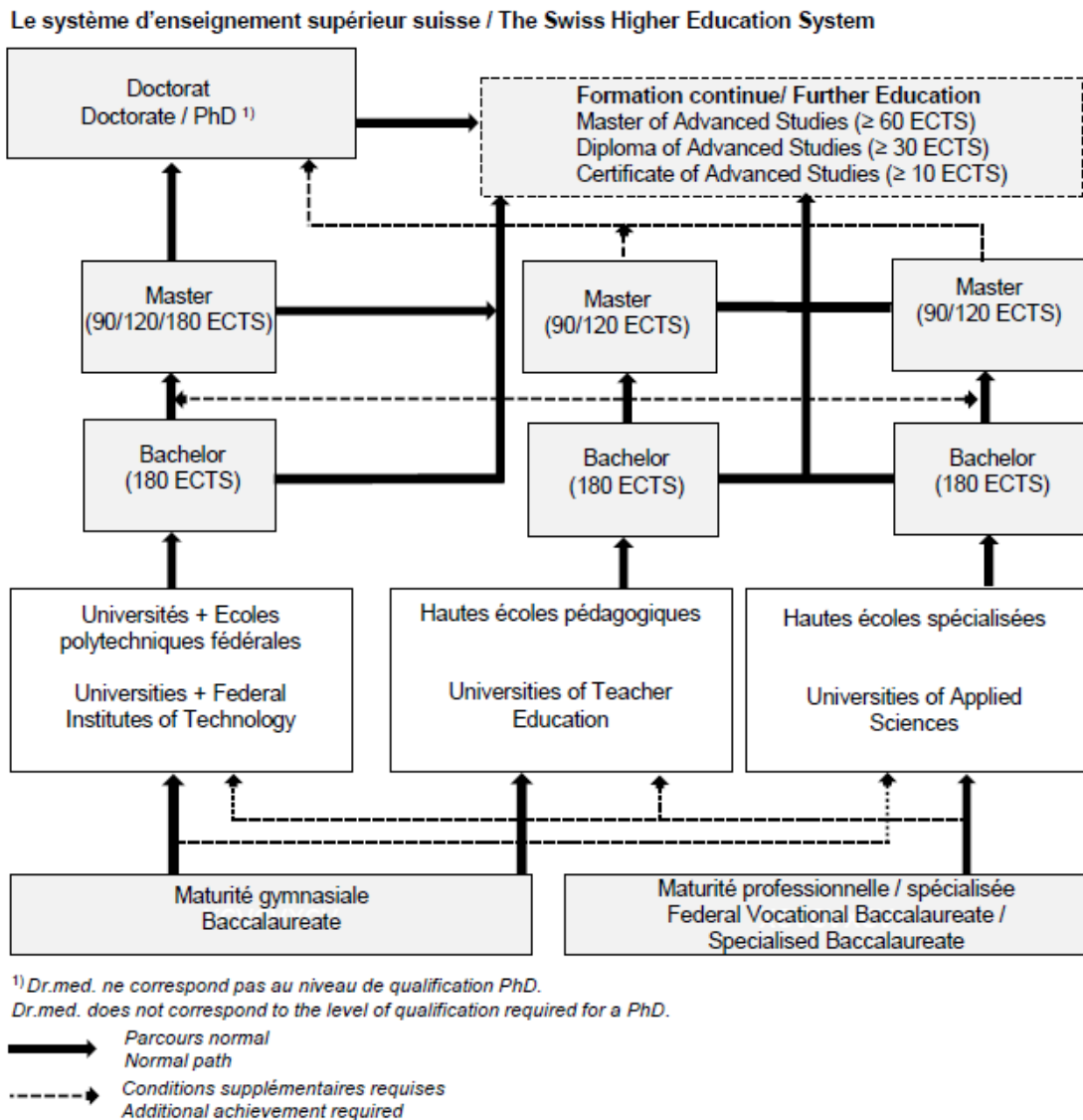
Je m'engage à ce que le participant à la recherche reçoive un exemplaire de ce formulaire de consentement.

Sandrine Favre

Signature

Date

10.14 Annexe 14 : Le système d'enseignement supérieur suisse



Swissuniversities. (2019). *Système éducatif de la Suisse—Swissuniversities.*

<https://www.swissuniversities.ch/fr/themes/etudes/systeme-educatif-de-la-suisse>