

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

جامعة 20 اوت 1955- سكيكدة

UNIVERSITE 20 AOUT 1955- SKIKDA

Faculté des Sciences



Département d'Informatique

Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du Diplôme de

Master Informatique

Spécialité

Génie Logiciel Avancé et Application

Thème

Implémentation d'un Système de Mapping à base de
Blockchain dans l'Education

Soutenu par :

ATTAHER YAHAYA Amadou Tidjani

Encadré par :

Dr. KISSOUM Yacine

Le 04/06/2023 devant le jury :

Président.....Dr. BOULEHOUCHE Soufiane

Examineur.....Dr. ALI GUECHI Farida

REMERCIEMENTS

De prime abord j'aimerais remercier ALLAH AZZAWAL de m'avoir donné la force et le courage, mais surtout la santé tout au long de mon cursus et en général.

Je ne saurais faire ces remerciements sans mentionner ma Mère qui est tout ce que je suis aujourd'hui, je regrette seulement que mes remerciements soient piètres, compte tenu de tous les sacrifices qu'elle a consenti à faire en ce bas monde pour moi. Je vous remercie Mère.

Je remercie aussi mes parents et toute ma famille pour leurs efforts inestimables à mon développement personnel et toutes mes réalisations en ce bas monde.

Mes remerciements vont aussi à l'endroit de mes professeurs. Et en particulier mon encadrant, Le Dr. Kissoum Yacine pour n'avoir épargner aucun effort afin de me guider dans la réalisation de ce projet et pour m'avoir accordé son temps si précieux.

Enfin j'adresse mes remerciements aux ami(e)s chère(s), de près ou de loin qui m'ont soutenu et encouragé dans mes projets.

Résumé

La technologie blockchain est dans son ère d'ascension, elle ne cesse de se propager depuis sa toute première utilisation qui est celle des cryptomonnaies. Mais grâce à ses caractéristiques innovatrices tels que la décentralisation, les protocoles cryptographiques, le système de preuve combinés aux smart contracts, elle a apporté de nouvelles possibilités au-delà des seules transactions de cryptomonnaies. Des possibilités dans de nombreux domaines, notamment dans l'éducation.

Notre travail consiste en la création d'un système d'orientation des étudiants en tronc commun vers une spécialité d'étude adéquate sur la base de leurs acquis et des informations des spécialités. Ensuite nous créons un mapping des spécialités aux différents profils professionnels d'O*net pour donner à l'étudiant la possibilité de voir les potentiels profils professionnels auxquels il peut prétendre à la fin de sa formation. Nous créons ainsi un Profil Blockchain à l'étudiant pour donner un accès sécurisé et décentralisé aux Employeurs désireux de recruter de jeunes diplômés, créant par la même un lien entre les universités et les employeurs. Ainsi notre proposition est aussi une manière de concrétiser les multiples avantages que peut apporter la Blockchain à l'éducation.

Mots clés : Blockchain, éducation, orientation des étudiants, employeur.

ملخص

في عصر صعودها ، وقد استمرت في الانتشار منذ أول استخدام Blockchain إن تقنية لها ، وهو استخدام العملات المشفرة .ولكن بفضل ميزاتها المبتكرة مثل اللامركزية وبروتوكولات التشفير ونظام الإثبات جنباً إلى جنب مع العقود الذكية ، فقد جلبت إمكانيات جديدة تتجاوز معاملات العملة المشفرة وحدها .فرص في العديد من المجالات وخاصة في مجال التعليم .

يتمثل عملنا في إنشاء نظام لتوجيه الطلاب في الجذع المشترك نحو تخصص مناسب للدراسة على أساس إنجازاتهم والمعلومات الخاصة بالتخصصات .ثم نقوم بإنشاء مخطط لإعطاء الطالب إمكانية رؤية الملفات O * net للتخصصات إلى الملفات المهنية المختلفة لـ المهنية المحتملة التي يمكنه المطالبة بها في نهاية تدريبه .وبالتالي ، نقوم بإنشاء ملف تعريف للطالب لمنح وصولاً آمناً ولا مركزياً إلى أصحاب العمل الراغبين في Blockchain توظيف الخريجين الشباب ، وبالتالي إنشاء رابط بين الجامعات وأرباب العمل .وبالتالي فإن في Blockchain اقتراحنا هو أيضاً وسيلة لتجسيد الفوائد المتعددة التي يمكن أن تحققها التعليم .

الكلمات المفتاحية :التعليم ، توجيه الطلاب ، صاحب العمل ، Blockchain

Abstract

Blockchain technology is in its era of ascension, it has continued to spread since its very first use, which is that of cryptocurrencies. But thanks to its innovative features such as decentralization, cryptographic protocols, proof system combined with smart contracts, it has brought new possibilities beyond cryptocurrency transactions alone. Opportunities in many areas, especially in education.

Our work consists in the creation of a system of orientation of the students in common trunk towards an adequate specialty of study on the basis of their achievements and information of the specialties. Then we create a mapping of the specialties to different professional profiles of O*net to give the student the possibility of seeing the potential professional profiles to which he can claim at the end of his cycle. We thus create a Blockchain Profile for the student to give secure and decentralized access to Employers wishing to recruit young graduates, thereby creating a link between universities and employers. Thus, our proposal is also a way to materialize the multiple benefits of Blockchain technology in the education field.

Keywords: Blockchain, education, student orientation, employer.

Table des matières

Introduction Générale	0
Chapitre 1 Introduction à la Blockchain	2
1. Introduction.....	3
2. Définition.....	3
3. Historique	4
4. Concepts Fondamentaux.....	5
4.1. Architecture de base	5
5. Evolution de la Blockchain.....	6
5.1 Phase 1 (Transactions).....	6
5.2 Phase 2 (Contrats)	6
5.3 Phase 3 (Application).....	6
6. Classification des Blockchain	8
6.1 Blockchain publique	8
6.2 Blockchain privée.....	9
6.3 Blockchain du Consortium.....	9
7. Composants et fonctionnement de Blockchain	10
7.1 Bloc	11
7.2 Pointeur de hachage.....	12
7.3 Arbre Merkle	13
7.4 Signature numérique.....	14
7.5 Transactions	14
7.6 Mécanisme de consensus.....	15
8. Fonctionnement interne d'un système basé sur la blockchain.....	16
9. Conclusion	17
Chapitre 2	18
La Blockchain dans l'Education	18
1. INTRODUCTION	19
2. GENERALITES SUR LES DAPPS.....	19
3. Les Dapps dans l'Education	20
3.1 Gestion des certificats	20
3.2 Evaluation des compétences professionnelles des étudiants.....	21
3.3 Amélioration de l'interaction des Etudiants dans le e-learning.....	22
4. L'apport des Dapps.....	22

4.1	Sécurité et Authenticité.....	22
4.2	Réduction des coûts	23
4.3	Amélioration des évaluations.....	23
4.4	Efficacité de la gestion et Maitrise des données.....	23
4.5	Renforcer la transparence	24
4.6	Améliorer la confiance	24
4.7	Améliorer l’interactivité et l’interopérabilité	24
5.	Défis des Dapps	25
5.1	Les défis liés à la technologie Blockchain	25
5.2	Les défis à l’application liés au domaine de l’éducation	26
6.	Conclusion	26
Chapitre 3 Spécification de notre Proposition		27
1.	Introduction.....	28
2.	Problématique.....	28
3.	Les données d’études.....	29
4.	Exploitation des données	31
4.1	Calcul des pourcentages de mapping aux spécialités	31
4.2	Mapping des spécialités aux profils professionnels	34
5.	Spécification	34
6.	Illustration de la Conception par des diagrammes	35
6.1	Le digramme de contexte.....	35
6.2	Diagrammes d’activité.....	37
7.	Conclusion	38
Chapitre 4		39
Implémentation de notre Proposition		39
1.	Introduction.....	40
2.	Préparation à l’implémentation	40
3.	Implémentation des modules	41
4.	Les Interfaces du système	49
5.	Conclusion	54
Conclusion Générale.....		55

Liste des Abréviations

B-based : Blockchain Based

CV : Curriculum Vitae

DApps : Decentralize Applications

HTML : Hyper Text Markup Language

IHM : Interface Homme Machine

JS : JavaScript

LMD : Licence Master Doctorat

NTIC : Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication

P2P: Peer to Peer (pair à pair)

PoS: Proof of Stake

PoW: Proof of Work

UE : Unité d'Enseignement

UED : Unité d'Enseignement Découverte

UEF : Unité d'Enseignement Fondamentale

UEM : Unité d'Enseignement Méthodologique

UET : Unité d'Enseignement Transversale

Liste des figures

FIGURE 1 UNE CHAINE DE BLOCS DE DONNEES.....	3
FIGURE 2 TRANSACTION CENTRALISEE VS DECENTRALISEE.....	5
FIGURE 3 STAGES OF BLOCKCHAIN EVOLUTION [5].....	7
FIGURE 4 CHAINE DE BLOCS PUBLIQUE.....	8
FIGURE 5 BLOCKCHAIN PRIVEE.....	9
FIGURE 6 CHAINE DE BLOCS DU CONSORTIUM	10
FIGURE 7 BLOCS CONNECTES DANS UNE BLOCKCHAIN.....	11
FIGURE 8 STRUCTURE EN BLOCS	12
FIGURE 9 POINTEUR DE HACHAGE	13
FIGURE 10 ARBRE MERKLE	13
FIGURE 11 HACHAGE NUMERIQUE DES DONNEES.....	14
FIGURE 12 TRANSACTIONS	15
FIGURE 13 MECANISME DE CONSENSUS.....	16
FIGURE 14 FONCTIONNEMENT DE BLOCKCHAIN	16
FIGURE 15 MODEL DE PARTICIPATION DE LA PROPOSITION DE LUCAS .M PALMA ET ASSOCIES.....	21
FIGURE 16 VUE D'ENSEMBLE DU SYSTEME D'APPARIEMENT	30
FIGURE 17 UTILITY MATRIX.....	32
FIGURE 18 STUDENTS DATA.....	32
FIGURE 19 DIAGRAMME DE CONTEXTE.....	36
FIGURE 20 MAPPING PROFIL ETUDIANT - PROFIL DE FORMATION	37
FIGURE 21 MAPPING PROFIL DE FORMATION-PROFIL PROFESSIONNEL	37
FIGURE 22 CREATION DE PROFIL BLOCKCHAIN	38
FIGURE 23 PAGE D'ACCUEIL	49
FIGURE 24 PAGE D'ACCUEIL ADAPTATIVE	50
FIGURE 25 PAGE D'UPLOAD.....	50
FIGURE 26 PAGE D'UPLOAD ADAPTATIVE	51
FIGURE 27 PAGE DES RESULTATS DE MATCHING.....	51
FIGURE 28 PORTAIL EMPLOYEUR.....	52
FIGURE 29 PORTAIL DE L'ETUDIANT	52
FIGURE 30 LES SPECIALITES	53
FIGURE 31 LES OCCUPATIONS RELIEES A CHAQUE SPECIALITE.....	53
FIGURE 32 METAMASK	54
FIGURE 33 CREATION DE PROFIL BLOCKCHAIN	54

Liste des Tableaux

1 TABLEAU DES CARACTERISTIQUES DE L'APPLICATION.....	40
--	----

Introduction Générale

INTRODUCTION GENERALE

Alors que le monde progresse dans le domaine de la technologie, de l'industrie, de l'NTIC et particulièrement du développement logiciel, tous ou presque se numérise. Les activités commerciales et financières non seulement, mais aussi et surtout l'éducation sont de plus en plus basés sur le numérique. Cette transformation apporte de nouvelles opportunités au monde et le besoin de s'adapter à ces nouvelles avancées devient ipso-facto crucial pour les experts de la transformation digitale. C'est dans cette dernière optique que s'insère notre étude qui porte sur une nouvelle technologie de partage de données sur internet qu'est la blockchain.

Avec l'arrivée de la Blockchain, Internet s'est vu révolutionné par les multiples innovations et perfectionnement en matière de partage et processing des données. Notamment avec son aspect de décentralisation, ses protocoles de sécurité cryptographique et les smart contracts, pour ne citer que cela.

Généralement les étudiants en fin de formation ne bénéficient pas aussitôt d'une employabilité du fait, non seulement de la quasi inexistence d'une expérience professionnelle, mais aussi parce que les employeurs n'ont pas confiance en leurs compétences fraîchement acquises. Aussi les demandes d'emplois se font par communiqués, que la majorité des nouveaux professionnels n'ont jamais connaissances. Ils ratent ainsi des opportunités, ce qui les force souvent à se recycler dans certains domaines qui ne relèvent pas du tout de leurs formations par peur de ne pas trouver un emploi du tout.

Le premier chapitre de notre travail est un chapitre introductif qui présente une définition claire de la blockchain et les concepts fondamentaux qui y sont liés. Dans ce chapitre, une description historique de la blockchain et son évolution depuis sa toute première apparition jusqu'aux changements les plus récents sont aussi présentés.

Ensuite nous enchainons avec le chapitre se présentant comme état de l'art, où nous nous intéressons aux différents paradigmes d'usage actuel de la technologie Blockchain. C'est-à-dire, comment les différents secteurs d'activités, notamment dans l'éducation, cette technologie est utilisée afin de relever les défis qui se rapportent à ses domaines.

Le troisième chapitre est consacré à l'étude de la problématique autour de notre idée et la tentative de résolution de celle-ci. Mais aussi, il s'agit d'extraire de cette étude, la spécification et la conception de notre proposition. Dans ce chapitre, nous étudions la faisabilité, les contraintes et les limitations pour trouver une résolution claire et applicable de notre idée, une résolution qui constitue la fondation de la conception du projet et la base pour l'implémentation de la proposition.

L'activité de codage, de test et d'implémentation faisant partie intégrante de l'Ingénierie Logiciel, dans notre quatrième et dernier chapitre nous expliquons les détails de l'implémentation de notre proposition et apportons des preuves de la réalisation. Nous pourvoyons ainsi des algorithmes et des extraits de codes, mais aussi des images du fonctionnement de ladite proposition.

Chapitre 1 Introduction à la Blockchain

1. Introduction

De prime abord, ce chapitre apporte dans un premier temps une définition de la blockchain et enchaîne sur l'historique de son apparition. Ensuite il présente les principaux concepts fondamentaux liés à la blockchain pour pouvoir retracer son évolution, stage par stage, jusqu'à son état le plus récent. Enfin, une section qui présente les différents types de blockchain vient en prélude de la conclusion qui clôture ce chapitre.

2. Définition

Une **blockchain**, ou **chaîne de blocs**, est une technologie de stockage et de transmission d'informations sans autorité centrale. Techniquement, il s'agit d'une base de données distribuée dont les informations envoyées par les utilisateurs et les liens internes à la base sont vérifiés et groupés à intervalles de temps réguliers en blocs, formant ainsi une chaîne. L'ensemble est sécurisé par cryptographie. Par extension, une chaîne de blocs est une base de données distribuée qui gère une liste d'enregistrements protégés contre la falsification ou la modification par les nœuds de stockage ; c'est donc un registre distribué et sécurisé de toutes les transactions effectuées depuis le démarrage du système réparti.

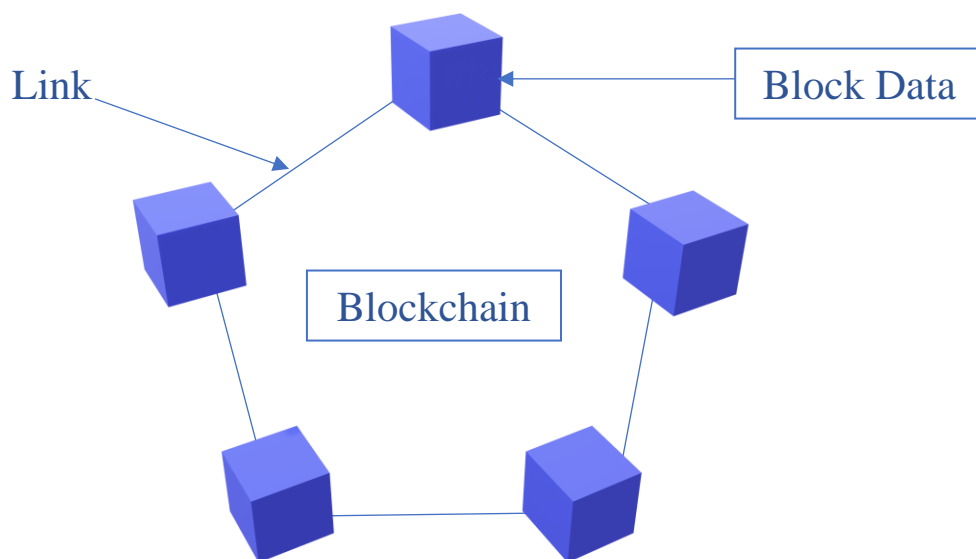


Figure 1 Une Chaîne de Blocs de Données

Il existe une analogie avec le réseau Internet, car dans les deux cas les technologies emploient des protocoles informatiques liés à une infrastructure décentralisée. Internet permet de transférer des paquets de données d'un serveur « sûr » à des clients distants (charge aux destinataires de vérifier l'intégrité des données transmises), alors qu'une blockchain permet à la « confiance » de s'établir entre des agents distincts du système. Avec la technologie blockchain, le « tiers de confiance » devient le système lui-même : chaque élément réparti de la blockchain contient les éléments nécessaires pour garantir l'intégrité des données échangées (par un algorithme cryptographique).

3. Historique

La situation historique de la naissance de la Blockchain est encore floue à cause des concepts fondamentaux inhérents à celle-ci et de son utilisation dans le temps. C'est-à-dire relativement à la cryptographie, aux techniques des Bases de Données Décentralisées et sa première utilisation la plus connue, à savoir celle de la Cryptomonnaie.

Néanmoins, la première étude sur les chaînes de blocs cryptographiquement sécurisées a été décrite en 1991 par Stuart Haber et W. Scott Stornetta [1]. Ils voulaient mettre en application un système où les documents horodatés ne pourraient pas être falsifiés ou antidatés. En 1992, Bayer, Haber et Stornetta [1] ont incorporé le concept d'[arbre de Merkle](#) au système, ce qui a amélioré son efficacité en permettant à plusieurs documents d'être assemblés en un seul bloc.

Selon le chercheur Ittai Abraham, le premier système de certification décentralisé est celui de la société Surety, qui publie chaque semaine depuis 1995 un certificat cryptographique de sa base de données dans la rubrique « Annonces et objets trouvés » de [The New York Times](#) [2].

La première blockchain appliquée à une crypto-monnaie a été conceptualisée par une personne (ou une équipe) connue sous le nom de [Satoshi Nakamoto](#) en 2008 [1]. Elle a été implémentée l'année suivante par [Nakamoto](#) en tant que composant principal du [bitcoin](#), où elle sert de registre public à toutes les transactions sur le réseau.

Le bitcoin est incontestablement la création de Nakamoto, mais les blockchains ont été inventées en un tout autre temps et lieu. Une génération avant le livre blanc de Nakamoto, un doctorant de l'Université de Berkeley (Californie), David Chaum, a décrit une base de données blockchain dans sa thèse intitulée « Systèmes informatiques établis, maintenus et approuvés par des groupes mutuellement méfiants ». C'était en 1982, soit 27 ans avant le Bitcoin [3].

Selon les experts, le protocole de blockchain décrit dans le document de recherche de Nakamoto est essentiellement le même que celui de David Chaum [3]. La seule différence substantielle est l'ajout du mécanisme de consensus « [proof-of-work](#) » (preuve de travail) du Bitcoin pour valider les blocs de données et miner les pièces. Pourtant, la plupart des gens pensent que c'est Satoshi Nakamoto qui a créé la technologie blockchain.

En 2008, Nakamoto a téléversé le code source de la blockchain sur SourceForge [3] (plateforme d'hébergement de projets logiciels) afin que les développeurs de logiciels du monde entier puissent contribuer au projet. La première blockchain moderne a été lancée en janvier 2009, en même temps que la crypto-monnaie associée, le Bitcoin. Depuis lors, beaucoup de [cryptomonnaies](#) utilisent les chaînes de blocs pour leur sécurité. Les transactions sur une chaîne de blocs sont pratiquement impossibles à annuler parce que les chaînes de blocs sont résistantes aux changements.

4. Concepts Fondamentaux

4.1. Architecture de base

Une blockchain est fondamentalement une base de données partagée, c'est pourquoi elle est également connue sous le nom de [grand livre distribué](#) (bien que des grands livres distribués puissent reposer sur d'autres technologies). La blockchain se différencie de la technologie traditionnelle des bases de données : au lieu d'une unique base gérée par un unique propriétaire qui partage les données, dans le réseau blockchain les utilisateurs du réseau (les mineurs) ont leur propre copie de la base. Un [algorithme de consensus](#) sécurisé peut assurer un accord unanime sur le contenu correct des données, assurer la conformité des copies des données convenues et assurer l'absence ultérieure de tricherie par altération des données.

Cela permet à nombre de personnes ou d'entités (collaborateurs ou concurrents) de convenir d'un consensus sur des informations et d'enregistrer de manière immuable ce consensus de la vérité. Pour cette raison, la blockchain a été décrite comme une « infrastructure de confiance ».

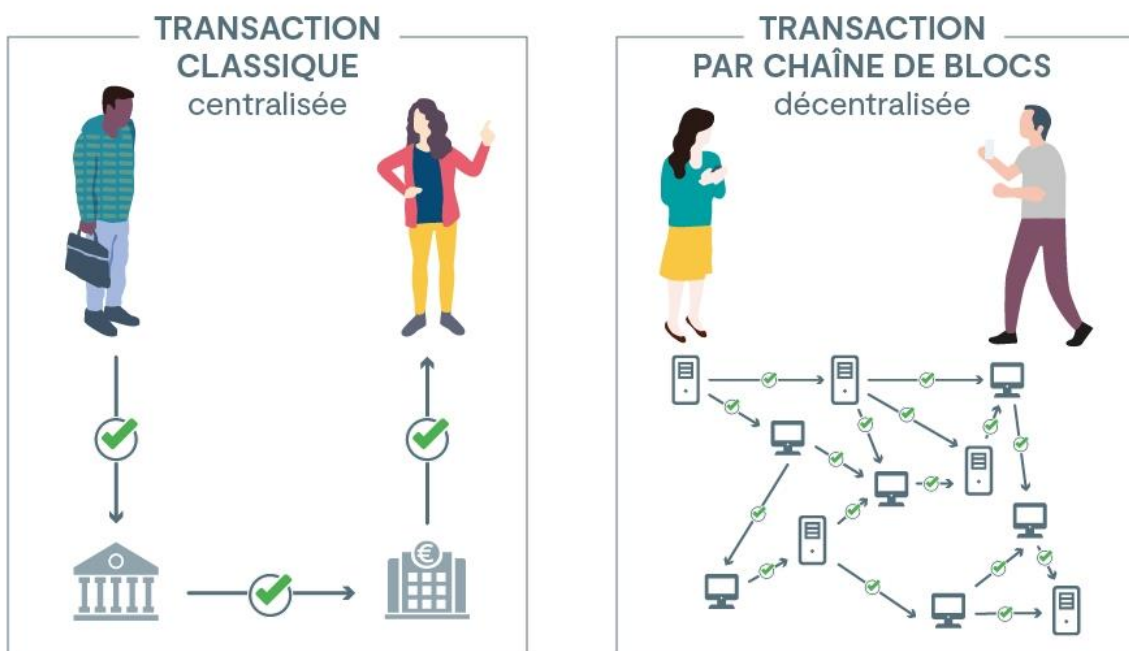


Figure 2 Transaction centralisée vs décentralisée

Dans une configuration classique, une entité tierce est appelée à valider une transaction entre deux entités, comme le 1^{er} schéma de la figure précédente. Mais dans la configuration basée blockchain, une transaction doit être validée par l'ensemble des nœuds (participant à la transaction) de la blockchain.

5. Evolution de la Blockchain

L'évolution de la blockchain peut être identifiée et décrite par trois grandes phases, dont chacune est constituée de périodes marquant des événements décisifs.

5.1 Phase 1 (Transactions)

La première blockchain moderne vit le jour avec Nakamoto en 2008, c'est celle des cryptomonnaies, registres distribués, arbre merkle, protocoles de consensus. Elle est considérée comme la [Blockchain 1.0](#), qui fut à l'origine des transactions financières sur Internet sans intervention des tiers de confiance.

5.2 Phase 2 (Contrats)

Cette phase consiste en l'introduction des Contrats Intelligents (Smarts Contracts), des Machine Virtuelles, des Applications Distribuées et Décentralisées, constituant ainsi le socle de l'évolution vers la [Blockchain 2.0](#).

Certaines restrictions de la technologie du bitcoin découvertes par Vitalik Buterin en 2011 l'ont poussé à vouloir développer une blockchain plus flexible, plus qu'un réseaux pair-à-pair. C'est ainsi que Ethereum fut introduite en 2013 offrant plus de fonctionnalité en permettant aux utilisateurs d'enregistrer d'autres types d'actifs. [4]

Les capacités d'Ethereum ont été étendues, au-delà de celles d'une pièce de monnaie, pour inclure une plate-forme de création d'applications décentralisées. Compte tenu de sa capacité à prendre en charge les contrats intelligents utilisés pour effectuer diverses opérations, la blockchain Ethereum s'est développée pour devenir l'une des implémentations les plus populaires de la technologie blockchain en 2015 [5]. La technologie blockchain Ethereum a également réussi à fédérer une communauté de développeurs dynamique, ce qui lui a permis de créer un véritable écosystème. En raison de sa capacité à gérer les contrats intelligents et les applications décentralisées, les innovations blockchain d'Ethereum ont le plus de transactions quotidiennes. Dans l'industrie de la crypto-monnaie, sa capitalisation boursière a également considérablement augmenté.

Parallèlement en 2015, Hyperledger [6], une plateforme open source de développement de blockchain a été lancée par la Fondation Linux. Hyperledger vise à encourager la coopération intersectorielle pour la création de la technologie blockchain et des registres distribués, et se concentre sur l'amélioration des performances et de la fiabilité des systèmes contemporains pour prendre en charge les transactions d'entreprise transfrontalières.

5.3 Phase 3 (Application)

Dans le souci de toujours vouloir étendre les capacités de la blockchain et offrir aux développeurs une panoplie d'outils pour relever des défis au-delà des simples transactions de cryptomonnaies, un certain nombre de projets utilisant les possibilités de la technologie blockchain ont vu le jour, avec un souci d'offrir un niveau de sécurité très élevé et un anonymat des transactions à la pointe. C'est la [Blockchain 3.0](#), elle prend en charge une

interface utilisateur évolutive, une bonne expérience utilisateur et des applications interopérables.

Certains développeurs ont décidé d'utiliser la technologie blockchain pour accélérer la croissance de l'Internet des objets, et en conséquence, IOTA a été créé en 2015 par David Sønstebø, Sergey Ivancheglo, Dominik Schiener, et Sergueï Popov [7].

A partir de 2017, un nouveau système blockchain EOS.IO (Plateforme de blockchain open source qui aide les développeurs, les investisseurs et les entreprises à construire en toute confiance) développé par la société privée Block.one a vu le jour. Cette plate-forme de contrats intelligents prétend éliminer les frais de transaction et effectuer également des millions de transactions par seconde. Elle a ensuite été publiée en tant que logiciel open source [8]. L'objectif premier est de favoriser et promouvoir la mise en œuvre d'applications décentralisées (DApps) par le biais d'une entreprise décentralisée indépendante. Les réseaux peer-to-peer décentralisés sont utilisés par les DApps (applications décentralisées) pour exécuter leur code backend. Une dApp peut avoir des interfaces utilisateur et un code d'exemple de Blockchain frontal écrit dans n'importe quel langage pouvant appeler son backend, tout comme une application conventionnelle.

De nombreux experts estiment que Blockchain 3.0 est l'évolution finale de la technologie blockchain, mais le parcours de la technologie blockchain et les diverses applications qu'elle a aidé à développer, dénotent aujourd'hui son importance dans le business des organisations les plus importantes.

Néanmoins l'avenir semble prometteur car de nombreuses entreprises, de gouvernements et d'autres organisations investissent massivement dans la technologie blockchain pour encourager de nouveaux développements et utilisations. La gestion de l'offre et l'industrie du cloud-computing utilisent déjà largement cette technologie. Les applications futures de la technologie devraient inclure des outils fondamentaux comme les moteurs de recherche Internet. Ces facteurs montrent alors que nous sommes aujourd'hui, déjà dans un écosystème d'une [Blockchain4.0](#).

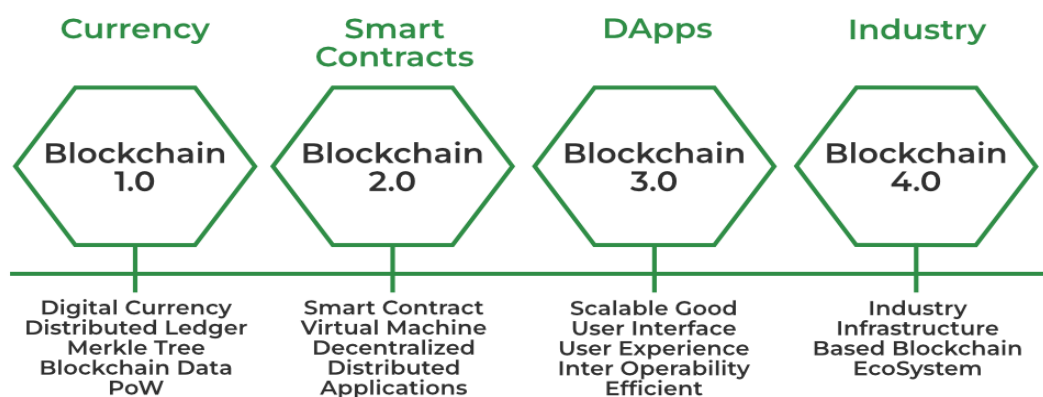


Figure 3 Stages of Blockchain Evolution [5]

6. Classification des Blockchain

Alors que la technologie blockchain évolue continuellement en termes de construction, d'accès et de vérification, plusieurs domaines d'application les adoptent. On distingue les trois types suivants de blockchain, parmi lesquels les utilisateurs peuvent choisir selon les exigences et le scénario. Ces types de blockchain sont différents les uns des autres mais ont des caractéristiques de base similaires comme la structure distribuée et décentralisée, la communication peer-to-peer, les mécanismes de consensus, les signatures numériques et l'horodatage.

6.1 Blockchain publique

Le réseau dans une telle blockchain est distribué et accessible au public sans aucune restriction sur la lecture des données du réseau. Cependant, dans le contexte de l'écriture, une blockchain publique peut être autorisée ou sans autorisation. S'il est sans autorisation, alors n'importe qui peut écrire dans le réseau, mais s'il est autorisé, seuls certains nœuds spécifiques sont autorisés à avoir des privilèges pour effectuer de nouvelles transactions (écriture dans la blockchain), vérifier les transactions par d'autres nœuds tout en accédant aux transactions existantes (lecture de la blockchain). Le consensus de preuve de travail rend la blockchain publique digne de confiance. Une telle blockchain est considérée comme sûre car le nombre de nœuds rejoignant le réseau est généralement élevé (car il est accessible au public), et plus de nœuds signifie un réseau plus distribué.

De plus, le registre des enregistrements est disponible pour tous les nœuds qui rendent la blockchain transparente. Cependant, une telle blockchain présente certains défauts, tels qu'une faible vitesse de traitement en raison du plus grand nombre de nœuds au sein du réseau. L'évolutivité et l'efficacité sont également des problèmes dans ces chaînes de blocs, car la preuve de travail consomme beaucoup de temps et d'énergie pour vérifier les demandes. Bitcoin, Litecoin et Ethereum sont les chaînes de blocs publiques les plus courantes disponibles sur le marché aujourd'hui ; une représentation schématique de ces chaînes de blocs est illustrée à la figure ci-dessous, dans laquelle différents types de nœuds sont connectés les uns aux autres et partagent un réseau distribué commun :

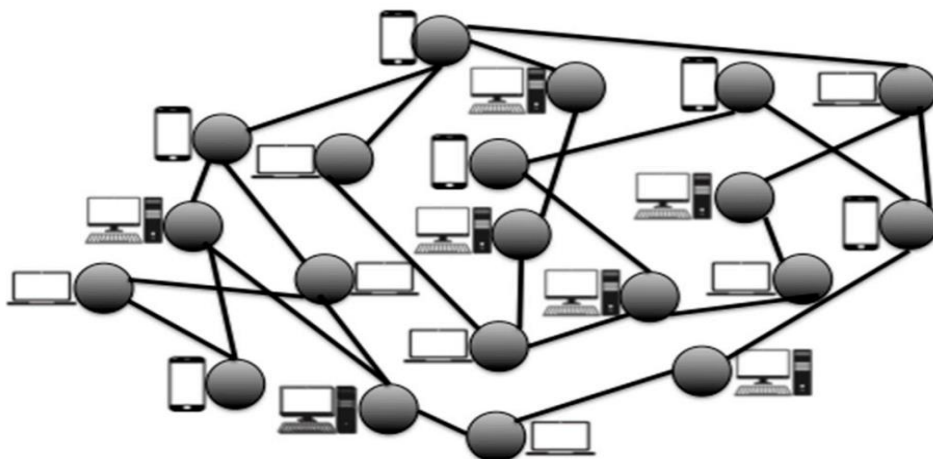


Figure 4 Chaîne de blocs publique

6.2 Blockchain privée

Le réseau d'une telle blockchain a certaines restrictions et fonctionne de manière fermée. De tels réseaux sont privilégiés lorsqu'une organisation souhaite une blockchain avec accès et participation de certains membres. De plus, personne ne peut avoir le droit d'accéder aux données ou de participer à des transactions au sein de la blockchain. Une telle blockchain est contrôlée par les organisations elles-mêmes et peut être utilisée pour protéger les actifs des clients ; gérer les chaînes d'approvisionnement des identités numériques, etc. Ces réseaux de chaînes de blocs pourraient être autorisés ou sans autorisation au sein du groupe privé de personnes. Les blockchains privées sont meilleures que les blockchains publiques en termes de vitesse de calcul en raison du nombre limité de nœuds participants (le consensus fonctionne rapidement) et de l'évolutivité qui permet d'ajuster le nombre de nœuds en fonction des besoins. Le défaut d'une telle blockchain est sa maintenance, car l'organisation doit maintenir la confiance entre les nœuds participants en raison des informations confidentielles qui sont en jeu ; de plus, il est facile de pirater une chaîne avec un plus petit nombre de nœuds. Par conséquent, les organisations doivent être extrêmement prudentes lors du choix des nœuds participants. Hyperledger Sawtooth, Corda et Hyperledger Fabric sont des exemples de type blockchain privée, dans lesquels seuls les nœuds représentatifs ont le droit d'apporter des modifications à la blockchain ; une représentation schématisée d'un tel réseau est illustrée à la figure ci-dessous :

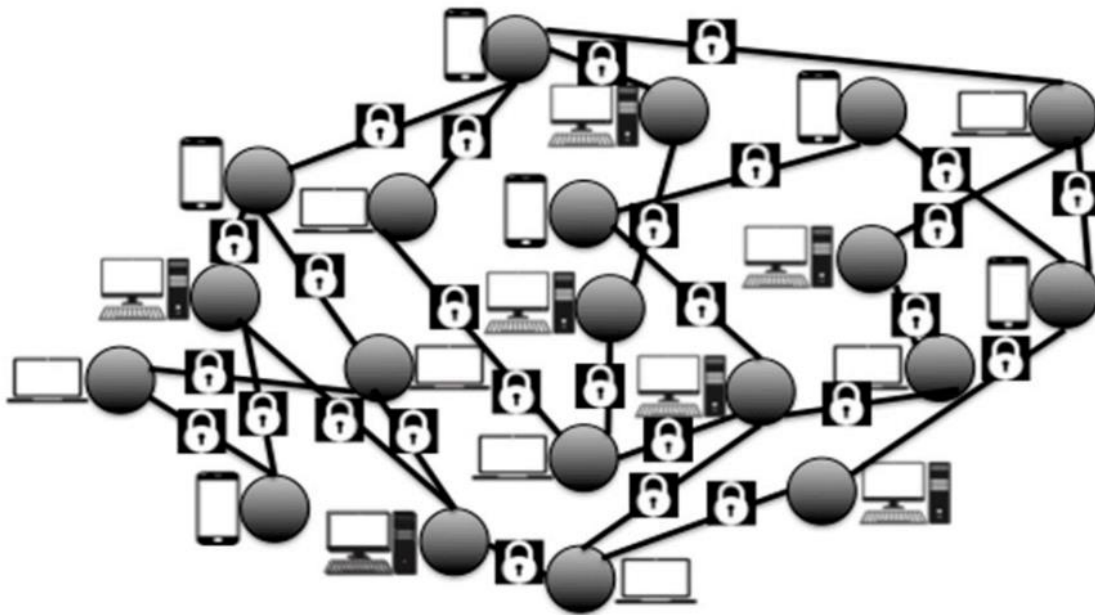


Figure 5 Blockchain privée

6.3 Blockchain du Consortium

Certains nœuds du réseau sont responsables de la gestion dans une telle blockchain. Ces nœuds sont les représentants sélectionnés des organisations participantes qui sont responsables de la prise de décisions au sein du réseau. Ces nœuds faisant autorité contrôlent les mécanismes de consensus et quelques-uns d'entre eux sont également autorisés à participer aux transactions. Cette blockchain est également appelée blockchain fédérée et peut être considérée comme une blockchain publique autorisée dans laquelle n'importe qui peut lire les données du réseau, mais

seuls les nœuds représentatifs ont le pouvoir d'écrire dans le réseau. Le nombre de nœuds dans cette blockchain est élevé, comme la blockchain publique, tandis que certaines restrictions sont imposées aux nœuds, comme le privé. Ce type de blockchain est généralement préféré dans les secteurs gouvernementaux et bancaires, par exemple R3, la fondation Web Energy, etc. Une représentation schématique d'une telle blockchain est illustrée à la figure ci-dessous dans laquelle les représentants sont représentés à l'aide de nœuds bleus :

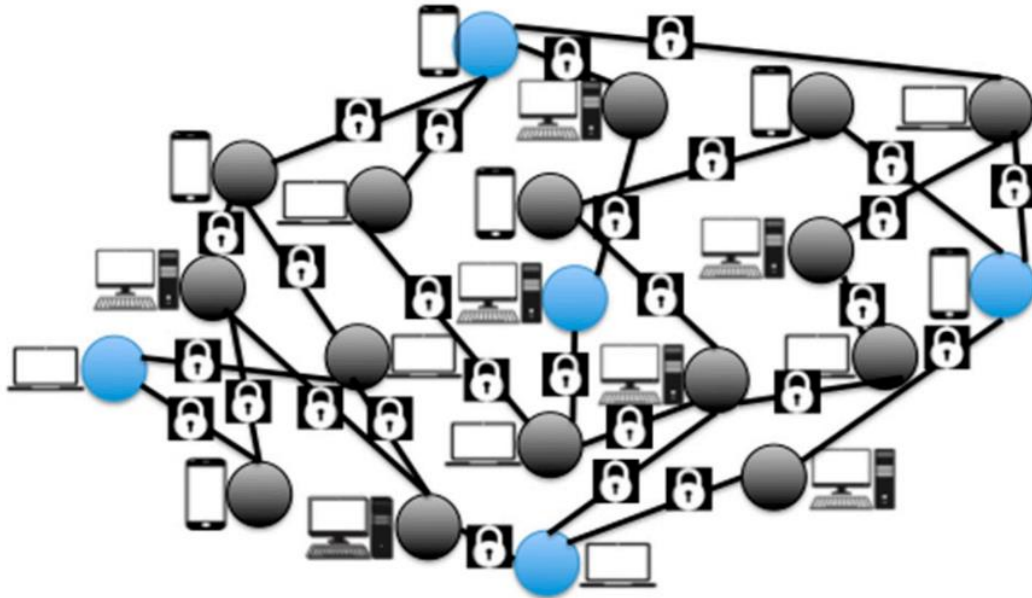


Figure 6 Chaîne de blocs du consortium

7. Composants et fonctionnement de Blockchain

Une blockchain est un réseau distribué utilisé pour stocker les données transactionnelles de manière sécurisée. Les données de la blockchain sont stockées sous la forme de blocs qui sont enchaînés, comme illustré à la figure ci-dessous. Un bloc est généré après un laps de temps fixe contenant les informations concernant les transactions qui se sont produites pendant cet intervalle, ce qui signifie que plus le nombre de transactions est élevé, plus la taille de la blockchain est grande. Chaque fois qu'une transaction est demandée, le processus de minage commence par diffuser la demande à tous les nœuds du réseau pour validation via des protocoles de consensus. Le bloc n'est ajouté à la chaîne qu'après validation par tous les autres nœuds.

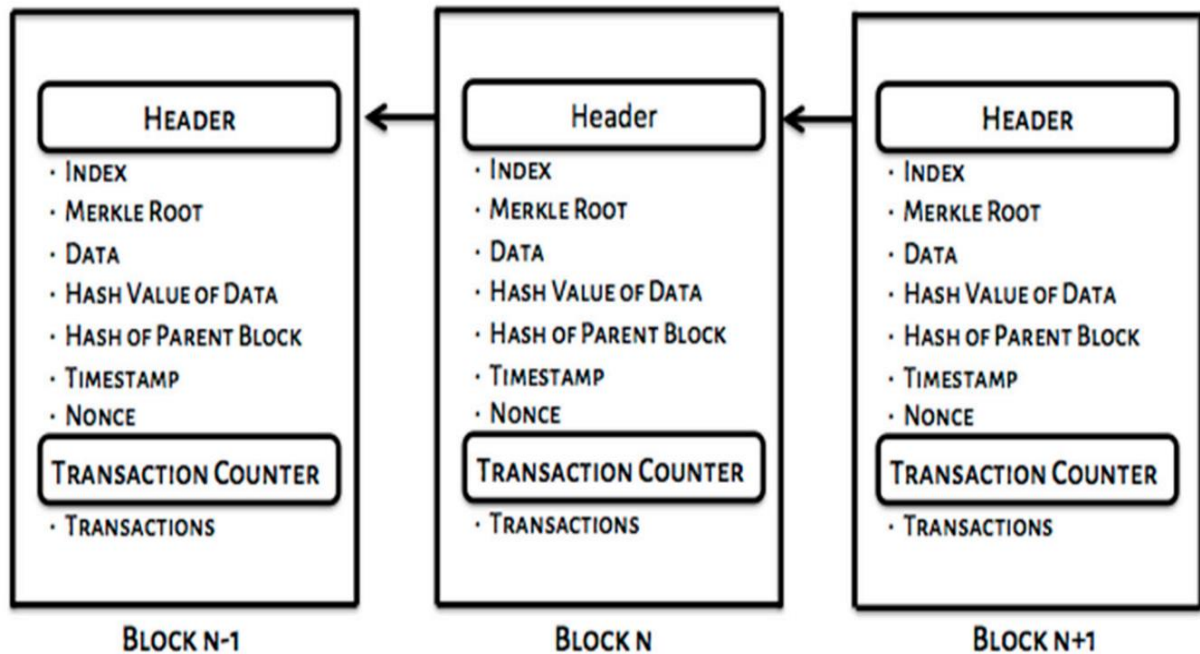


Figure 7 Blocs connectés dans une Blockchain

Une blockchain peut avoir plusieurs autres composants, mais voici les éléments nécessaires et de base qui doivent être compris pour mieux comprendre la technologie.

7.1 Bloc

Une blockchain est une chaîne composée de blocs, c'est-à-dire qu'un bloc est la structure de données de base du réseau. Un bloc peut être divisé en deux parties comme le montre la figure ci-dessous. La première partie est l'en-tête, qui comprend le numéro d'index, l'horodatage, le nonce, les données, les valeurs de hachage, etc. Les blocs sont générés par l'un des nœuds du réseau, qui est ensuite vérifié par l'ensemble du réseau et ajouté à la chaîne. Le premier bloc n'a aucune valeur dans la section de hachage précédente, car il n'a aucun bloc précédent, il est appelé « bloc de genèse ».

Il existe trois types de blocs :

- Les « blocs de branche principaux » sont les blocs qui sont ajoutés à la chaîne de blocs la plus longue disponible dans le réseau ;
- Les « blocs de branche secondaires » sont les blocs qui ne font pas partie de la chaîne la plus longue ou qui ont le hachage précédent dans une autre chaîne ;
- Les « blocs orphelins » dont les blocs précédents ne sont pas connus du nœud actuel.

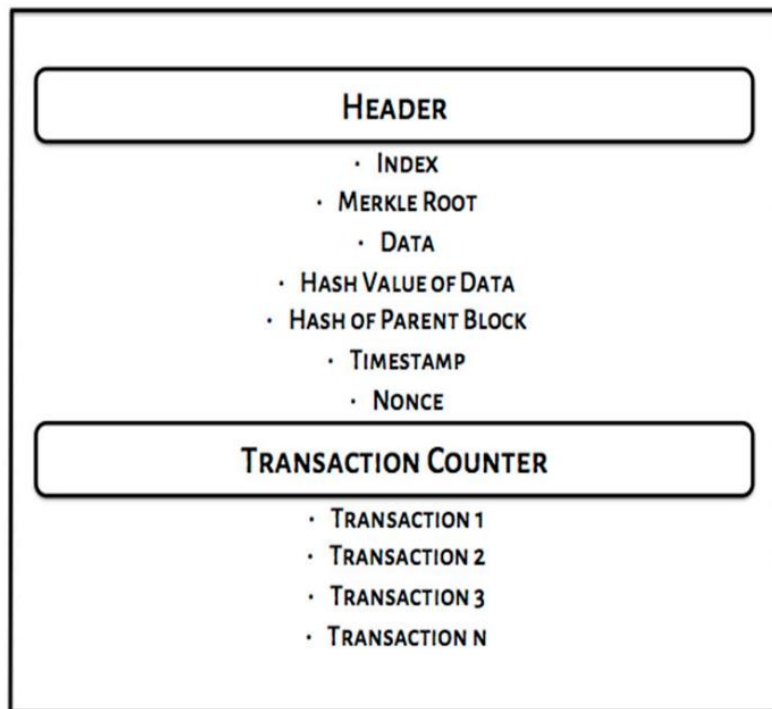


Figure 8 Structure en blocs

7.2 Pointeur de hachage

Le Hash Value of Data (ou pointeur de hachage) est le hachage des données stockées dans le bloc. Ce hachage est obtenu à l'aide d'une fonction de hachage cryptographique (par exemple, SHA256) et pointe vers l'emplacement de stockage réel des données. Il peut être utilisé pour connaître l'intégrité des données. Les pointeurs de hachage sont responsables de la connectivité des blocs dans la blockchain, car un bloc est connecté au bloc précédent en utilisant cette valeur de hachage. Chaque bloc est constitué d'un pointeur vers ses données et d'un autre pour les données du bloc précédent. Les utilisateurs vérifient publiquement ces hachages pour s'assurer que les données sont infalsifiables. Si des données sont falsifiées, la valeur de hachage ne changera pas pour ce bloc particulier, mais pour tous les blocs précédents jusqu'au bloc de genèse, ce qui n'est pas tout à fait possible. Par conséquent, le pointeur de hachage joue ici un rôle essentiel dans la blockchain, en assurant la résistance à la falsification du réseau.

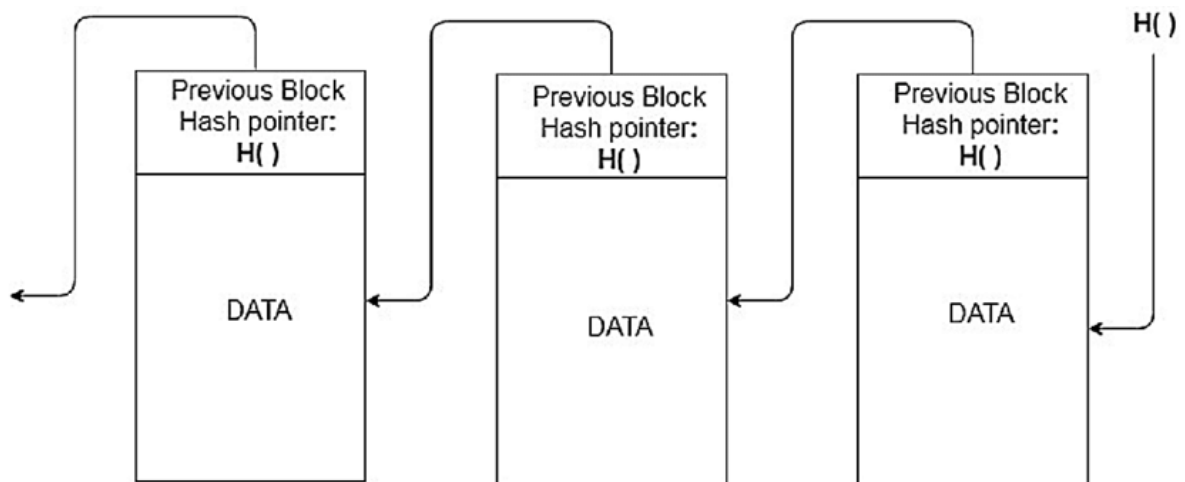


Figure 9 Pointeur de hachage

7.3 Arbre Merkle

Il s'agit d'un type d'arbre de recherche binaire avec des nœuds connectés les uns aux autres via des pointeurs de hachage des blocs, utilisés pour générer la blockchain. Chaque fois que plusieurs nœuds sont fusionnés en un seul nœud, l'arbre Merkle crée pour eux un nœud parent qui contient le hachage des nœuds (ceux-ci sont fusionnés) à l'aide d'un algorithme de construction d'arbre. L'arborescence Merkle offre la possibilité de gérer les données de manière inviolable, lorsqu'elles descendent du nœud parent vers le nœud actuel. Par exemple, si quelqu'un essaie de modifier les données d'un nœud, les hachages au niveau parent sont perturbés et le niveau au-dessus, etc. jusqu'à la racine, ce qui rend impossible pour l'attaquant de changer tous les hachages à la fois, et la falsification peut être facilement détectée au sein du réseau.

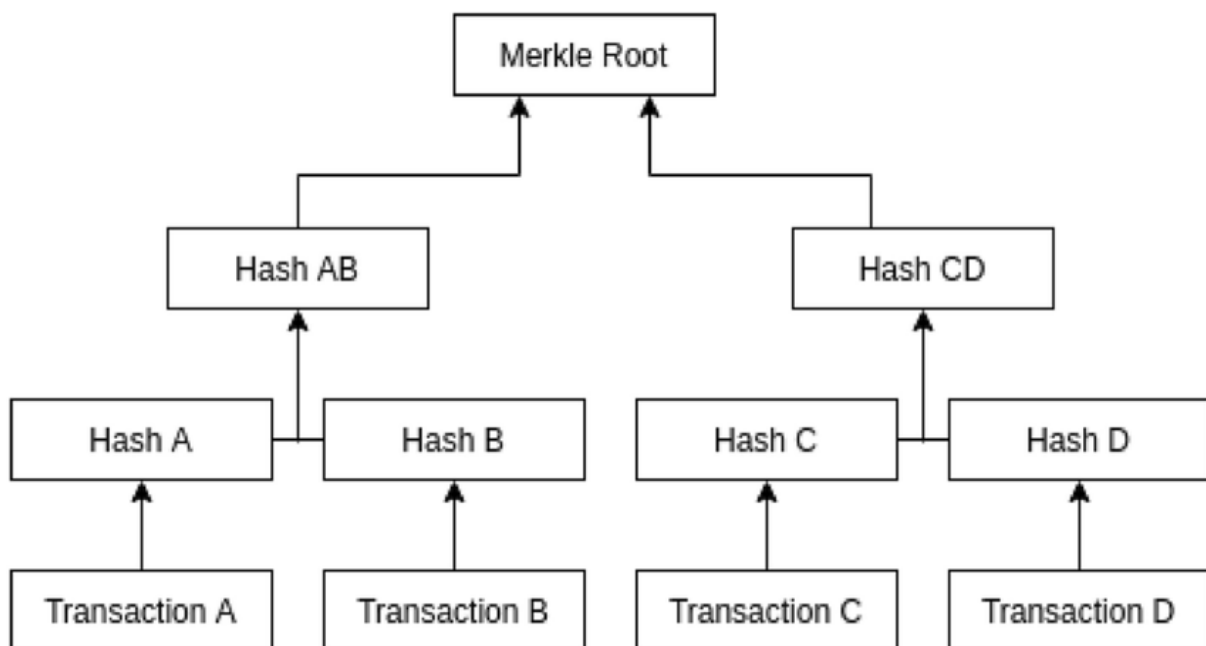


Figure 10 Arbre Merkle

7.4 Signature numérique

Il utilise des algorithmes cryptographiques (cryptographie à clé publique-privée, telle que RSA ou DSA) qui peuvent être utilisés pour établir la validité des données au sein du réseau. Il peut également être utilisé pour vérifier l'intégrité des données. Afin de générer une signature numérique, deux clés sont nécessaires une clé privée qui est utilisée par le générateur pour signer le document qui est gardé secret et la clé publique qui est annoncée publiquement, qui peut être utilisée pour vérifier qu'une certaine clé privée a généré la signature numérique. Ensuite, un algorithme de signature est nécessaire pour apposer une signature sur les données à l'aide de la clé privée disponible. De plus, les signatures sont vérifiées à l'aide de l'algorithme de vérification. Les algorithmes de signatures numériques doivent s'assurer que les signatures peuvent être vérifiées et ne peuvent pas être falsifiées.

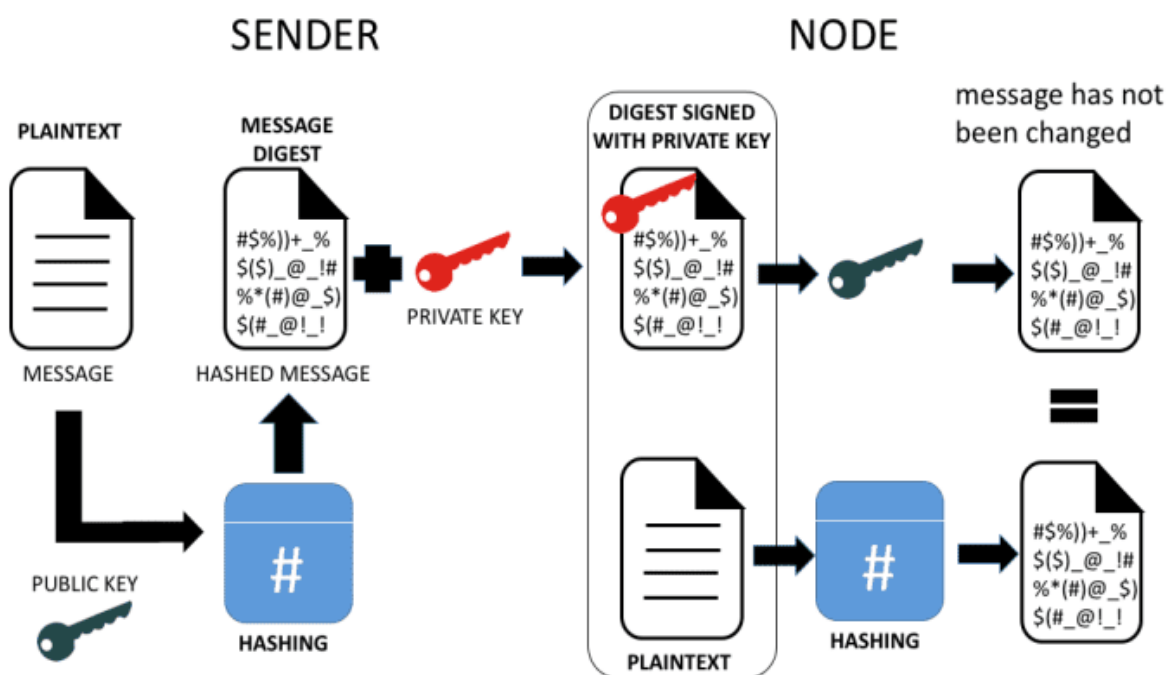


Figure 11 Hachage numérique des données

7.5 Transactions

Un bloc dans la blockchain se compose des détails des transactions qui se sont produites dans un laps de temps particulier. Une transaction est l'une des parties importantes du bloc. Elle se compose des données transmises sur le réseau blockchain ainsi que des adresses de l'expéditeur et du destinataire. L'expéditeur applique la signature numérique avant de l'envoyer. La signature numérique est appliquée sur la valeur de hachage du bloc précédent. Ensuite, la transaction demandée est annoncée sur l'ensemble du réseau, et les nœuds calculent l'état actuel du nœud sur la base des données dont ils disposent afin de vérifier la transaction. Les données de ces transactions sont horodatées, ce qui signifie que tout changement peut être tracé. De plus, rien ne peut être changé dans une blockchain ; si un changement est requis, une nouvelle transaction est demandée au lieu de modifier celle existante.

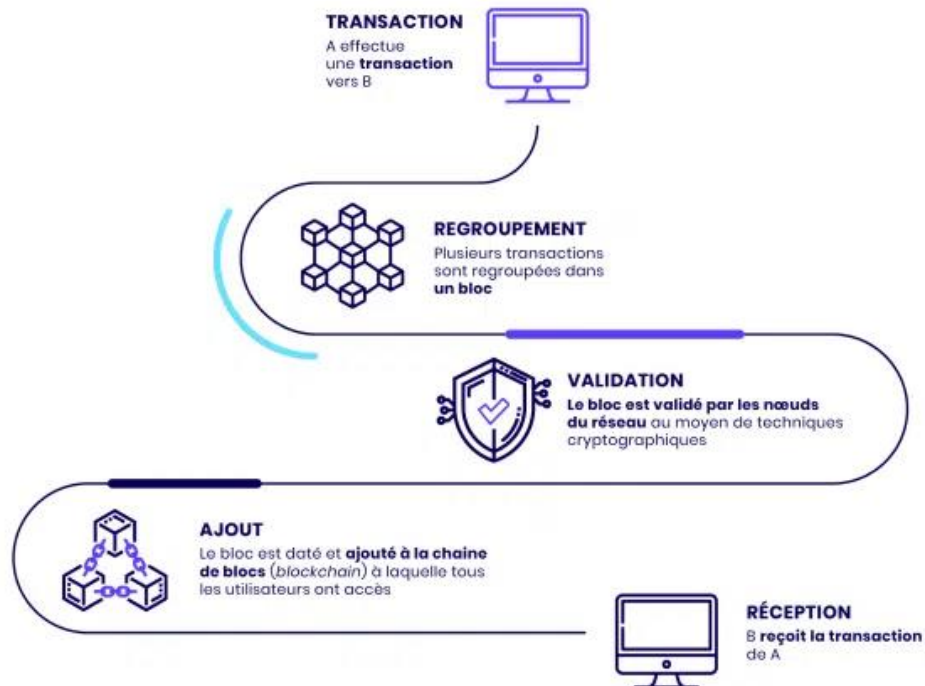


Figure 12 Transactions

7.6 Mécanisme de consensus

Un réseau blockchain est distribué et connecté peer-to-peer, dans lequel les données transactionnelles sont disponibles pour chaque nœud. Les mécanismes de consensus sont imposés pour assurer la sécurité de la blockchain. Étant donné que chaque nœud possède une copie des données, il est nécessaire de la mettre à jour de temps en temps et de s'assurer que les données sont cohérentes. Le mécanisme de consensus est censé garantir que chaque nœud a un droit égal et qu'un nouveau bloc ne peut être ajouté au réseau seulement si ces nœuds se sont mis d'accord sur un consensus avec une participation et une coopération appropriée.



Figure 13 Mécanisme de consensus

8. Fonctionnement interne d'un système basé sur la blockchain

Une blockchain est une chaîne de blocs contenant des données transactionnelles, connectées à l'aide de pointeurs de hachage générés par cryptographie. Chacun des blocs de la blockchain se compose de données, d'horodatage des données, de la valeur de hachage générée des données, de la valeur de hachage du bloc précédent, etc.

Les blocs se composent d'informations relatives aux transactions qui se sont produites au cours de la période donnée. Ces transactions sont rendues publiques et ne sont effectuées que lorsque les nœuds du réseau sont d'accord via un mécanisme de consensus qui agit comme une machine de confiance entre les parties inconnues. Les transactions sont également permanentes, c'est-à-dire que personne ne peut modifier les données une fois entrées dans la chaîne. La blockchain se vérifie par elle-même, ce qui la rend unique et digne de confiance. Une simple transaction blockchain peut être effectuée de la manière suivante, comme illustré à la figure ci-dessous :

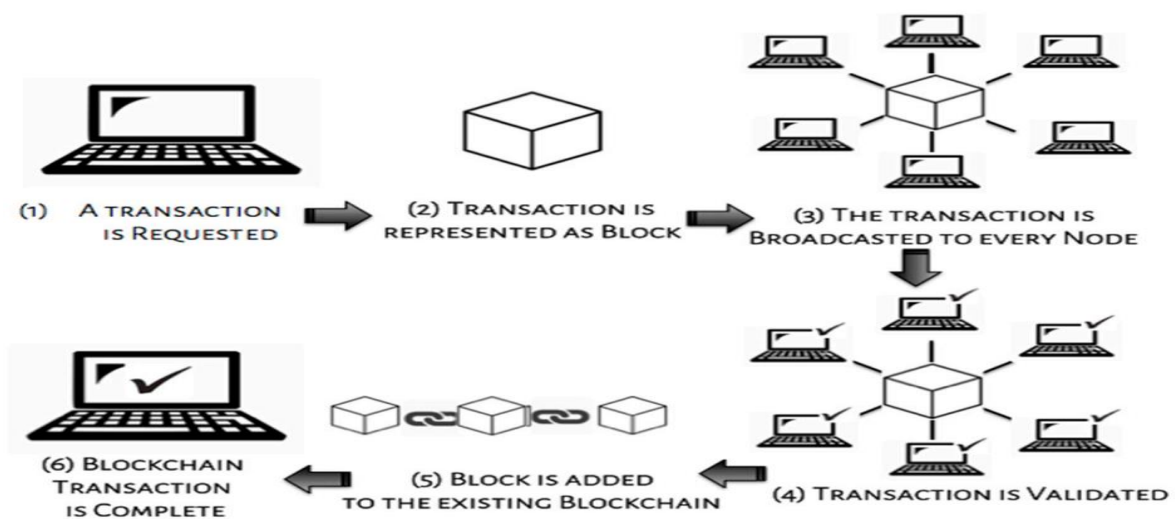


Figure 14 Fonctionnement de Blockchain

La technologie Blockchain prend en charge les réseaux distribués et décentralisés, où tous les nœuds ont la même importance et ont les mêmes droits, et les données sont stockées de manière sécurisée. Chaque fois qu'un nœud demande une transaction, celle-ci est représentée sous la forme d'un bloc contenant tous les détails concernant la transaction tels que les données, les valeurs de hachage, l'horodatage, etc. Ensuite, cette transaction est présentée à chaque nœud du réseau, qui vérifie l'authenticité de la transaction en utilisant le mécanisme du consensus. Lorsque le bloc est vérifié, il est ajouté à la chaîne et le nœud qui a demandé la transaction est informé que la transaction est terminée. Une blockchain est une énorme chaîne qui stocke les transactions effectuées au sein du réseau jusqu'à présent de manière distribuée, ce qui la rend meilleure que les autres plates-formes disponibles pour garantir la sécurité et la tolérance aux pannes.

9. Conclusion

Il ressort de cette première étude que la Blockchain est une gigantesque base de données dont les acteurs sont en même temps les administrateurs. Chaque block de données doit être approuvé par ces acteurs pour être ajouté à la base et l'ajout se fait sur la base de protocoles particuliers et d'algorithmes de cryptographie. Mais bien plus qu'une base de données, la blockchain se présente tout d'abord comme une solution technologique au manque de confiance dans le partage de données dans un paradigme décentralisé. Cette technologie a su évoluer au cours du temps comme nous le montre l'étude de l'historique et son évolution. ET cette étude se termine par une présentation des différents composants qu'utilise la blockchain pour son fonctionnement. Mais il est important de se questionner comment les différents secteurs d'activités, notamment dans le domaine de l'éducation, cette architecture de base de la Blockchain et les différents composants pour son fonctionnement sont-ils utilisés pour répondre aux différents défis qui concernent ces domaines

Chapitre 2

La Blockchain dans l'Education

1. INTRODUCTION

La technologie Blockchain, à l'origine, était utilisée principalement pour l'enregistrement des transactions pair-à-pair des monnaies virtuelles. Mais grâce à l'architecture décentralisée et ses caractéristiques propres comme la transparence, l'immutabilité et la confiance, cette technologie s'est révélée être utile non pas seulement dans le domaine des cryptomonnaies. C'est ainsi que la recherche et création des Dapps (applications basées blockchain) n'ont cessé de s'accroître dans différents domaines, notamment en Education, pour tirer avantages de cette nouvelle technologie.

Dans ce chapitre nous allons voir les généralités sur les Dapps et étudier leurs importances surtout dans l'éducation au niveau des universités et autres institutions. Ensuite nous nous attacherons à démontrer les défis de cette technologie en présentant ces limites vis-à-vis des réalisations actuelles et présenter d'autres perspectives de recherches futures.

2. GENERALITES SUR LES DAPPS

Les dApps, ou applications décentralisées, sont des applications informatiques qui fonctionnent sur un réseau décentralisé, tel que la blockchain. Contrairement aux applications traditionnelles qui s'exécutent sur des serveurs centralisés, les dApps utilisent la technologie de la blockchain pour offrir des avantages tels que la transparence, la sécurité et l'absence de point de contrôle unique.

Les dApps sont souvent construites sur des plateformes blockchain populaires comme Ethereum, Hyperledger Fabric, EOS ou TRON. Elles peuvent offrir une variété de fonctionnalités et de cas d'utilisation, allant des applications financières et de trading aux jeux, à la gestion des identités, aux réseaux sociaux décentralisés, et bien plus encore.

L'un des principaux avantages des dApps est qu'elles permettent aux utilisateurs de s'engager directement dans des transactions peer-to-peer sans avoir besoin d'intermédiaires ou de tiers de confiance. Les contrats intelligents facilitent ces interactions sans nécessiter une autorité centrale.

Cependant, il est important de noter que le développement et l'adoption des dApps dans le domaine éducatif sont encore relativement nouveaux et présentent des défis tels que la scalabilité, la complexité de l'expérience utilisateur et la gouvernance. Néanmoins, les dApps continuent de gagner en popularité et de susciter l'intérêt de nombreux développeurs et utilisateurs qui voient en elles un potentiel de perturbation et de transformation dans de nombreux secteurs, notamment dans l'éducation.

L'application de la blockchain à l'éducation en est encore à ses débuts. Seul un petit nombre d'établissements d'enseignement ont commencé à utiliser la technologie blockchain. La plupart de ces institutions l'utilisent dans le but de valider et de partager des certificats académiques et/ou des résultats d'apprentissage que leurs étudiants ont atteint [9]. Cependant, les chercheurs dans le domaine pensent que la technologie blockchain a bien plus à offrir et peut réellement révolutionner le domaine. Selon Jan Nesper [10], la blockchain pourrait saper le rôle central

des établissements d'enseignement en tant qu'agents de certification en fournissant aux étudiants beaucoup plus de possibilités d'apprentissage.

Il existe beaucoup de revues concernant les Dapps, étudiant leur processus de réalisation et le pourcentage d'acceptation par tous les acteurs interagissant avec l'Education.

3. Les Dapps dans l'Education

Le secteur éducatif supérieur s'est vu révolutionné par internet à travers les NTICs (Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication) et les applications web. La blockchain est encore en développement dans ce secteur, mais elle est tout à fait disposée à contribuer significativement à la promotion de l'éducation à travers les collaborations entre les étudiants et les professeurs non seulement, mais aussi les demandeurs d'emplois et les institutions éducatives.

Une étude récente [9] montre que beaucoup de variétés de Dapps ont été proposées pour l'éducation supérieur. Certains sont des prototypes, d'autres sont des idées de Dapps avec la présentation des fonctions et l'architecture mais pas d'implémentation. Peu d'applications ont donc été développées, testées et utilisées par les parties prenantes, d'où ressort les 3 plus vastes catégories suivantes avec des exemples :

3.1 Gestion des certificats

Il faut noter que cette catégorie a le plus de réalisation dans le domaine de l'éducation, qu'il s'agisse du décernement, de l'authentification, ou du partage d'un certificat avec toute entité intéressée.

Lucas .M Palma et Associés [11] ont proposé une implémentation d'une Dapps pour la numérisation des diplômes et des crédits académiques pour l'enseignement supérieur en Brésil. Un modèle transparent basé sur la blockchain est proposé, dans lequel les établissements d'enseignement supérieur inscrivent les étudiants et leurs crédits dans une chaîne d'enregistrements utilisant l'infrastructure à clé publique brésilienne pour la gestion des identités. Ces informations, associées à des contrats intelligents, permet la délivrance fiable et décentralisée de diplômes via la validation d'une base de données historique et le déclenchement de transactions à l'aide de smart-contrats. Leur solution basée sur la blockchain vise à préserver en toute sécurité le dossier académique des étudiants brésiliens et de délivrer automatiquement des certificats lorsque les étudiants obtiennent un diplôme. Un dossier scolaire répertorie les cours qu'un étudiant a terminé avec succès, comme exigence pour l'obtention d'un diplôme. En plus de cela, les dossiers comprennent les diplômes de premier cycle que les étudiants ont obtenus.

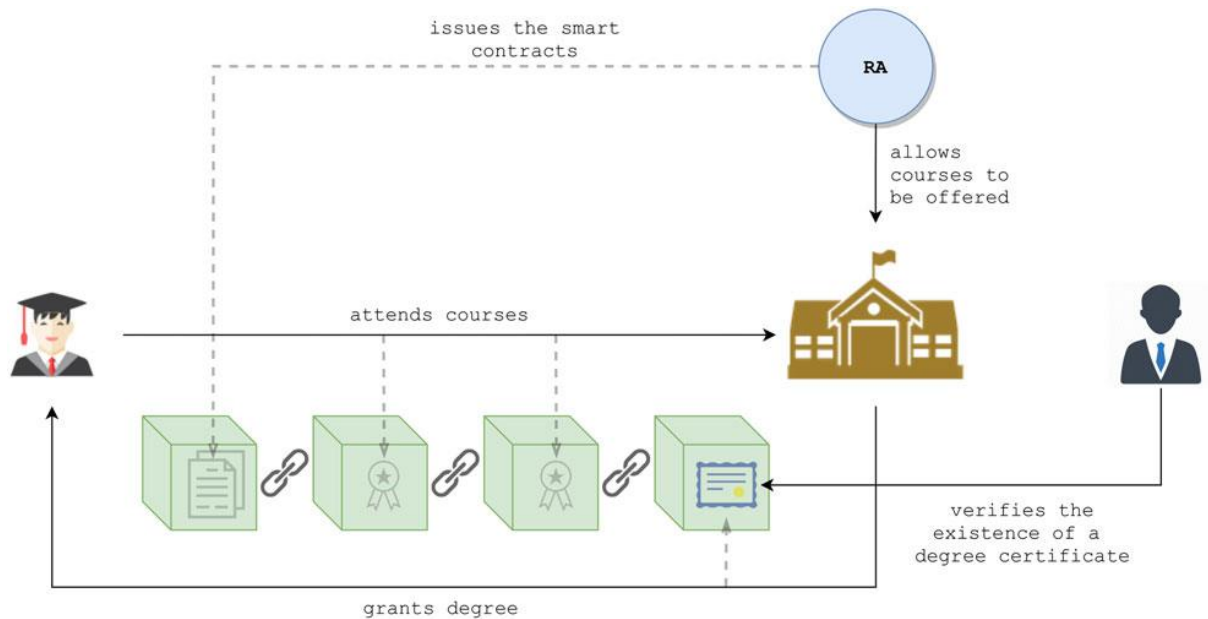


Figure 15 Model de Participation de la proposition de Lucas .M Palma et Associés

3.2 Evaluation des compétences professionnelles des étudiants

Un prototype fonctionnel basé sur Ethereum a été développé par Lizcano et associés [12] dans le but d'implémenter leur approche dans le domaine ouvert et universel de l'éducation supérieure. Il s'agit d'enregistrer l'acquisition des connaissances et les valider en les mettant en pratique dans des problèmes réels adaptés au contexte du travail au sein des entreprises. Ce prototype vise les objectifs suivants :

- Les établissements de formation peuvent adapter leur enseignement aux besoins du marché du travail, améliorer sa qualité interne et savoir rapidement si leurs étudiants peuvent réussir professionnellement, dès qu'ils ont terminé avec succès une matière ou un cours
- Un mécanisme droit et impartial est utilisé pour évaluer les établissements de formation sur la base de réputation. Cette réputation dépend de la performance des étudiants formés à résoudre l'exercice professionnel réel sur la base de leur apprentissage, ce qui permet d'identifier rapidement quelles institutions et ressources de formation sont les meilleures et les moins bonnes pour l'acquisition de certaines compétences professionnelles
- Les étudiants peuvent avoir un historique éducatif (ou CV) complet, numérique, légitime et mis à jour, facilement vérifiable par n'importe qui, simplifiant le travail de documentation et présentation pour l'accès aux emplois. De plus, il est doté d'un mécanisme pour déterminer quelles institutions sont les mieux adaptées à leurs besoins, y compris les universités et tout autre centre de formation en ligne qui vérifient le certificat numérique signé

- Les employeurs disposent d'un mécanisme pour orienter la formation des étudiants de manière dynamique pour des profils professionnelles, proactifs et efficaces, sans avoir besoin de vérifier à deux fois toutes les aptitudes, connaissances et compétences de leurs candidats
- La gestion manuelle des documents, diplômes, CV, cursus et certificats est éliminée, ainsi que la possibilité de contrefaire ou de compromettre de tels documents.

3.3 Amélioration de l'interaction des Etudiants dans le e-learning

Jiemin Zhong et Associés [13] ont proposé un modèle conceptuel d'un système d'apprentissage en ligne en adoptant la technologie blockchain pour répondre aux problèmes de l'interaction avec l'utilisateur, de l'interopérabilité des systèmes et de la sécurité des données d'apprentissage. En effet, ils estiment que les systèmes d'apprentissage en ligne existants n'encouragent pas les utilisateurs à interagir avec les autres en posant ou en répondant à des questions ; les données de ces systèmes d'apprentissage en ligne ne peuvent être accessibles par le tiers, ce qui entraîne des difficultés à partager les ressources d'apprentissage ; la sécurité et la confidentialité des données d'apprentissage personnelles telles que les traces et historiques d'apprentissage ne sont pas bien protégés.

Dans la même foulée, Tsz Yiu Lam & Brijesh Dongol [14] ont présenté leur plate-forme d'apprentissage en ligne basée sur la blockchain développée pour augmenter la transparence dans les évaluations et faciliter la personnalisation des programmes dans l'enseignement supérieur. Plus particulièrement, la plateforme pourrait automatiser les évaluations et délivrer des titres de compétences. Elle a été conçue pour être pédagogiquement neutre quant au contenu afin de mettre en valeur les avantages d'une blockchain backend aux utilisateurs finaux tels que les étudiants et le personnel enseignant.

Ces types de plateformes pourraient accroître la confiance chez les prestataires de services éducatifs, procédures d'évaluation, historique de l'éducation et les crédits.

4. L'apport des Dapps

La technologie blockchain pourrait apporter des avantages importants à l'éducation, notamment une sécurité élevée, de faibles coûts, l'amélioration des évaluations, un meilleur contrôle de l'accès aux données, renforcement de la transparence, l'authentification, le renforcement de la confiance, l'efficacité de la gestion des dossiers des étudiants, l'aide aux décisions professionnelles des apprenants et l'amélioration de l'interactivité des apprenants.

4.1 Sécurité et Authenticité

L'utilisation de la blockchain garantit la sécurité et la confidentialité des données et des transactions échangées entre les parties concernées. La nature pair-à-pair de la blockchain permet de réduire les risques de sécurité dans le domaine de l'éducation. Les protocoles de

consensus aident à maintenir l'ordre des transactions et réduire le risque de transactions non sécurisées, tandis que les parties visées peuvent vérifier le contenu du registre.

L'utilisation de hachages et des signatures cryptographiques assure également la fiabilité des transactions. La beauté de la blockchain repose sur la sécurisation des données elles-mêmes et la vérification qu'elles n'ont pas été altérées.

À titre d'exemple, la blockchain a été utilisée pour signer et valider les traces et les dossiers d'apprentissage [15]. Chaque bloc d'apprentissage est composé de différents types de données liées à une activité d'apprentissage. Pour protéger ces données, un algorithme de cryptage a été effectué avant de les envoyer aux autres participants.

En outre, la blockchain garantit l'authenticité des certificats numériques ainsi que l'identité des utilisateurs. Un programme d'études numérique [14] a été stocké dans une blockchain. Une fois les blocs créés, l'université autorisée les signe à l'aide d'une clé privée. Ensuite, un hachage cryptographique du programme de cours sera émis afin de garantir que personne ne puisse altérer le contenu. Afin de valider l'authenticité de ces données, l'université les vérifie à l'aide du hachage et de la clé appartenant à l'institution d'origine.

4.2 Réduction des coûts

Le domaine de l'éducation peut grandement bénéficier de l'utilisation de la blockchain pour réduire les coûts.

Le coût comprend le coût de stockage, les coûts de transaction associés et le coût de gestion et de maintenance des dossiers. L'utilisation d'un réseau distribué public/privé, accessible de n'importe où, réduit considérablement le coût du stockage traditionnel dans le cloud [16]. En général, la vérification et le traitement des certificats académiques nécessitent des coûts supplémentaires alors que la blockchain permet de réduire ces coûts [17].

4.3 Amélioration des évaluations

L'application de la technologie blockchain peut améliorer l'évaluation des étudiants. La blockchain a été mise en œuvre pour mesurer les performances d'apprentissage sur la base des résultats d'apprentissage atteints [18]. Chaque bloc contient des informations quantitatives et qualitatives telles que les notes, le nom du cours, le nom du résultat d'apprentissage, le poids du cours et l'indicateur de condition d'obtention du diplôme.

Après avoir évalué les résultats d'apprentissage, les autres universités ou institutions peuvent accéder librement et de manière inclusive à ces informations et les communiquer en conséquence.

4.4 Efficacité de la gestion et Maitrise des données

L'une des grandes caractéristiques et l'un des grands avantages de la blockchain est de restreindre/contrôler l'accès aux enregistrements stockés. Les dossiers éducatifs comprennent les relevés de notes, les diplômes ou les dossiers personnels des étudiants et des enseignants.

C'est l'exemple d'une plateforme blockchain à autorisation [19], qui a été utilisée pour restreindre l'accès aux dossiers universitaires. La plateforme permet uniquement aux institutions certifiées selon des règles spécifiques d'accéder et de modifier les données stockées.

En outre, l'amélioration de l'efficacité de la gestion des dossiers des étudiants est un grand avantage de la technologie blockchain. L'utilisation de la blockchain dans l'éducation peut potentiellement réduire les risques d'erreurs d'échanges entre les parties ciblées. Avec l'utilisation d'un seul registre pour une méthode d'échange de données plus rapide et plus efficace.

Avec l'aide de la blockchain, les enregistrements numériques et les certificats peuvent être gérés plus efficacement grâce à sa flexibilité et sa transparence.

Gresch, Rodrigues, Scheid, Kanhere et Stiller [20] ont présenté "UZHBC" qui est un système blockchain de l'Université de Zurich qui gère les diplômes en tenant compte de plusieurs exigences des parties prenantes.

4.5 Renforcer la transparence

En outre, le renforcement de la responsabilité et de la transparence sont deux avantages obtenus en utilisant la technologie blockchain. Le stockage de tous les dossiers éducatifs ou scolaires en un seul endroit, où ils sont facilement accessibles, augmentera la responsabilité et la transparence de l'utilisation de ces dossiers.

Le système School Information Hub (SIH) [21] a été mis en œuvre pour collecter et stocker les rapports et les dossiers scolaires. Ce système a permis d'améliorer la transparence des données partagées ainsi que la flexibilité d'analyse, de corrélation ou de distribution de ces données.

4.6 Améliorer la confiance

La confiance est un autre avantage lié à l'utilisation de la technologie blockchain. Seules les parties de confiance peuvent être engagées dans l'ajout de blocs au réseau et seules les parties de confiance peuvent y accéder.

La confiance est une préoccupation majeure lorsque l'on traite avec différentes autorités de différentes régions. Les universités ou tout autre établissement d'enseignement peuvent construire une communauté de confiance en mettant en œuvre des systèmes sécurisés et fiables basés sur la blockchain. EduCTX [17], qui est une plateforme blockchain de crédit et de notation, permet transfère des jetons à des parties de confiance. Ces jetons dépendent des crédits obtenus dans les dossiers des étudiants. Par conséquent, elle a permis de créer un système global, fiable et unifié pour l'organisation de l'enseignement supérieur.

4.7 Améliorer l'interactivité et l'interopérabilité

En outre, les établissements d'enseignement, les étudiants et les agences pour l'emploi peuvent faire preuve d'efficacité et de transparence en échangeant les dossiers des étudiants à l'aide du système blockchain pour les recommandations consultatives.

Soutenir les décisions professionnelles des apprenants est un autre avantage de l'utilisation de la technologie blockchain.

Mikroyannidis, Domingue, Bachler et Quick [22] ont proposé des badges blockchain intelligents pour les étudiants en science des données. Il a été conçu afin de fournir des recommandations de carrière personnalisées aux étudiants en fonction de leurs résultats d'apprentissage.

La blockchain améliore l'interactivité des utilisateurs et l'interopérabilité des systèmes.

Zhong, Xie, Zou et Chui [13] ont présenté un modèle conceptuel pour les systèmes d'apprentissage en ligne basés sur la technologie blockchain. Ils ont utilisé un système de récompense d'apprentissage pour la participation aux activités d'apprentissage.

Les ressources d'apprentissage peuvent être partagées par tous les nœuds du réseau peer-to-peer. Tous les enregistrements d'apprentissage sont fusionnés dans un bloc et peuvent être facilement vérifiés pour suivre les progrès de l'interactivité des apprenants.

5. Défis des Dapps

La technologie Blockchain a su évoluer depuis sa première utilisation la plus connue, à savoir celle des cryptomonnaies. Néanmoins elle en reste quasi absente, voire même méconnue dans le domaine universel de l'éducation où son application entière est encore freinée par un certain nombre de défis qu'elle doit relever pour être pleinement adopter comme nouvelle technologie capable de faire la promotion de ce domaine. Notre étude catégorise ces défis en deux : ceux liés à la technologie elle-même et ceux liés à son application dans le domaine de l'éducation.

5.1 Les défis liés à la technologie Blockchain

Le premier défi est lié à l'évolutivité de la blockchain. L'augmentation du nombre des transactions dans la blockchain entraîne une augmentation de la taille des blocs. Ce qui augmente la lenteur des transactions.

Le deuxième défi est lié à la confidentialité et à la sécurité de blockchain lors de l'utilisation de la technologie blockchain telle que les attaques malveillantes et les fuites de données. Le troisième défi majeur est le coût d'adoption de cette technologie telles que : le coût de la consommation en énergie, coût de modification de l'infrastructure actuelle, coût du temps dû à la lenteur des transactions et coût pour gérer des données de grande taille. Aussi, Il existe un manque de confiance car les établissements d'enseignement hésitent encore à partager leurs données sur un réseau blockchain. Mais la question de savoir comment fixer les limites de l'adoption de cette nouvelle technologie, constitue également un réel défi. Les établissements d'enseignement pourraient avoir du mal à décider quelles données et quels services doivent être proposés via le réseau blockchain.

De plus, l'immutabilité, qui est une caractéristique principale de la blockchain, pourrait poser un défi pour l'adoption de la technologie blockchain dans le domaine de l'éducation. L'immutabilité pourrait rendre difficile pour les établissements d'enseignement d'appliquer de nouvelles lois sur le stockage des informations ou de corriger des données incorrectes. En outre la blockchain souffre encore de certains problèmes d'immaturité tels qu'une mauvaise utilisabilité et des réglages complexes.

Un autre défi est de placer la gestion des données entre les mains des utilisateurs eux-mêmes, cela pourrait rendre ces données indisponibles, ce qui pourraient affecter les applications qui dépendent de ces données.

Le dernier défi rapporté par notre étude est que la blockchain pourrait affaiblir la valeur traditionnelle de l'école. Selon les chercheurs, la blockchain pourrait permettre aux étudiants d'agir eux-mêmes tout au long de leur vie, comme leurs propres chefs registraires des réalisations scolaires, ce qui pourrait saper le rôle central des établissements d'enseignement en tant qu'agents de certification.

5.2 Les défis à l'application liés au domaine de l'éducation

L'éducation a une dimension mondiale et implique de nombreux acteurs qui doivent prendre en compte les autres acteurs, bien qu'ils puissent être indépendants sur le plan organisationnel. La blockchain apporte à ce domaine de nombreuses applications qui nécessitent un nouveau modèle ouvert d'interconnexion. Cette intégration dans les organisations académiques et leurs systèmes internes n'est pas facile et cela peut jouer contre leurs propres intérêts ou leurs stratégies.

En général, les aspects juridiques de la blockchain dans l'éducation doivent encore être abordés, car il existe encore des obstacles réglementaires et de gouvernance. Surmonter les défis de la gouvernance nécessitera une concertation des efforts pour s'assurer que les normes pour l'accréditation des systèmes numériques sont ouvertes et qu'ils prennent en compte les besoins de toutes les parties concernées (apprenants, établissements d'enseignement, employeurs et Gouvernements). Une réglementation standard à travers les nombreux différents systèmes éducatifs et juridictions dans le monde seraient nécessaires pour étendre les applications de la blockchain dans ce domaine. Par exemple, le propriétaire des données lorsqu'elles sont partagées dans un réseau P2P doit être défini.

Il faut noter aussi que la blockchain peut stocker et assurer la validité du contenu des transactions, mais pas l'authenticité de l'apprentissage. La qualité des informations et des interactions dépend encore fortement des humains, c'est-à-dire les enseignants et les apprenants. L'éducation comprend de nombreux processus au-delà de l'évaluation et de la certification, et il existe de nombreux scénarios d'évaluation dans la réalité (par exemple, examens, mais aussi présentations, entretiens, contrôles en temps réel, projets de groupe, participation de classe, etc.) difficiles à modéliser avec la blockchain et les contrats intelligents.

Ainsi des recherches supplémentaires sur la combinaison de l'éducation avec la blockchain sont nécessaires pour modéliser et résoudre ces défis.

6. Conclusion

En somme ce chapitre démontre que la blockchain peut grandement contribuer au domaine de l'éducation. Cette technologie a montré son potentiel à travers les différentes initiatives qui ont été étudiées et publiées ces dernières années. Ses caractéristiques ouvrent un nouveau champ de possibilités pour renforcer la sécurité, la confiance et l'utilisation efficace des informations académiques, faciliter en toute sécurité leur délivrance, leur échange, l'exploitation et la vérification, et développer de nouveaux cas d'utilisation. La recherche et le nombre de projets blockchain pour le domaine de l'éducation continue de croître, malgré le fait que les applications ne sont pas encore matures, mais évoluent rapidement. En outre les défis doivent être abordés à la fois du point de vue technologique et académique afin de modéliser adéquatement les processus à l'aide de contrats intelligents.

À l'heure actuelle, il n'y a quasiment pas de projets de blockchain largement adoptés dans l'éducation, mais seulement des modèles, pilotes et preuves de concepts. Néanmoins, les recherches progressent et les initiatives génèrent de plus en plus d'intérêt, car ils démontrent que la blockchain devient une technologie clé dans les futurs scénarios pédagogiques.

Chapitre 3 Spécification de notre Proposition

1. Introduction

Ce chapitre est consacré à la spécification des besoins systèmes de notre proposition et la méthodologie de conception de celle-ci. Il s'agit dans un premier temps d'étudier la problématique autour de notre idée et ensuite d'en dégager les spécifications applicables qui satisfont assez la matérialisation de l'idée et la réussite du projet. Enfin nous nous intéresserons à l'axe de la conception qui constitue une passerelle vers l'implémentation de la proposition.

2. Problématique

L'orientation pédagogique dans l'enseignement supérieur repose en premier lieu sur le calcul de la moyenne de classement global pour orienter les étudiants en fin de formation de tronc commun, sans tenir compte de la relation entre les matières du programme étudié et les résultats des formations de tronc commun et de spécialité des promotions précédentes et sans prendre en considération les compétences et le niveau des acquis scientifiques des étudiants. Pour cela, l'étudiant ayant une faible moyenne se trouve obligé d'accepter toute formation de spécialité, même si elle n'est pas à la mesure de ses compétences et de ses exigences, et même si une formation de spécialité ne fait pas partie des choix de cet étudiant, contrairement à un étudiant avec une moyenne élevée, qui est libre de choisir la formation de spécialité qu'il souhaite.

D'où notre idée d'un système basé sur la technologie blockchain pour l'orientation automatique des étudiants en fin de tronc commun, qui fournit un moyen efficace permettant de prévoir la formation de spécialité future la plus adéquate avec les compétences et les prérequis de l'étudiant. De plus, prévoir la profession (ou le poste) en adéquation avec les prérequis et les compétences de l'étudiant vis-à-vis des compétences requises par la profession et dans laquelle l'étudiant aura la possibilité de réussir.

L'objectif à travers notre proposition est de mettre en place une orientation automatique des étudiants en fin de cursus de tronc commun vers une formation de spécialité en se basant sur les besoins des entreprises employeuses qui exigent des compétences spécifiques requises pour ses offres d'emploi. Cela consiste principalement à la prévision de la formation de spécialité correspondante à la profession future de l'étudiant en fin de tronc commun, ainsi il sera plus motivé et aura plus de chance de réussir.

Plus précisément, cette solution permet de faire la liaison entre le niveau d'acquis scientifiques des étudiants représentés par leurs prérequis (notes de l'ensemble des matières) de formation en tronc commun et les compétences ou les critères de sélection nécessaires à une offre d'emploi particulière. Elle peut être utilisée comme un outil d'orientation automatique et qui sert à

connecter directement les étudiants avec les formations de spécialité correspondantes à des profils professionnels en fonction de leurs acquis scientifiques obtenus pendant les formations de tronc commun. Cette solution permet de préparer les étudiants à s'intégrer facilement dans le monde du travail et du professionnalisme. Par conséquent, elle permet de produire des diplômés compétents qui pourront assister dans le développement et le progrès des deux secteurs. Pour atteindre ces objectifs, le système proposé sera conçu et développé sur la base de la technologie blockchain pour créer des interactions transparentes et équitables entre les étudiants, les universités et les entreprises employeuses, en utilisant **la blockchain Ethereum** et ses **contrats intelligents** autonomes.

3. Les données d'études

Pour la réalisation de notre proposition, nous disposons de deux sous-ensembles de données de bases dont :

- 1) Les niveaux d'acquis en tronc commun, représentés par les notes de plusieurs matières (des **données réelles** représentant les données des étudiants en première année socle commun de département de **gestion** de l'université de Skikda).
- 2) Leurs vœux respectifs vis-à-vis d'un ensemble de profil professionnels (**dataset** de O*NET). **O*net dataset** est une base de données mondialement reconnue qui nous offre une description claire des différents **Knowledge, Skills and Abilities** (connaissances, compétences et capacités nécessaires) que doit posséder un individu pour correspondre à un profil professionnel (job).

L'idée du système est basée sur le principe d'appariement des profils comme le montre la figure ci-dessous.

Les trois profils sont comme suit :

- Le profil étudiant : ce profil se présente simplement sous la forme des données de l'étudiant (Nom & Prénom, Matricule, Moyenne et les acquis académiques).
- Le profil de formation : représente le choix de la spécialité fait par l'étudiant sur la base de ses résultats de matching et des informations de chaque spécialité.
- Le profil professionnel : représente l'ensemble des occupations d'O*net auxquelles l'étudiant peut prétendre selon sa spécialité.

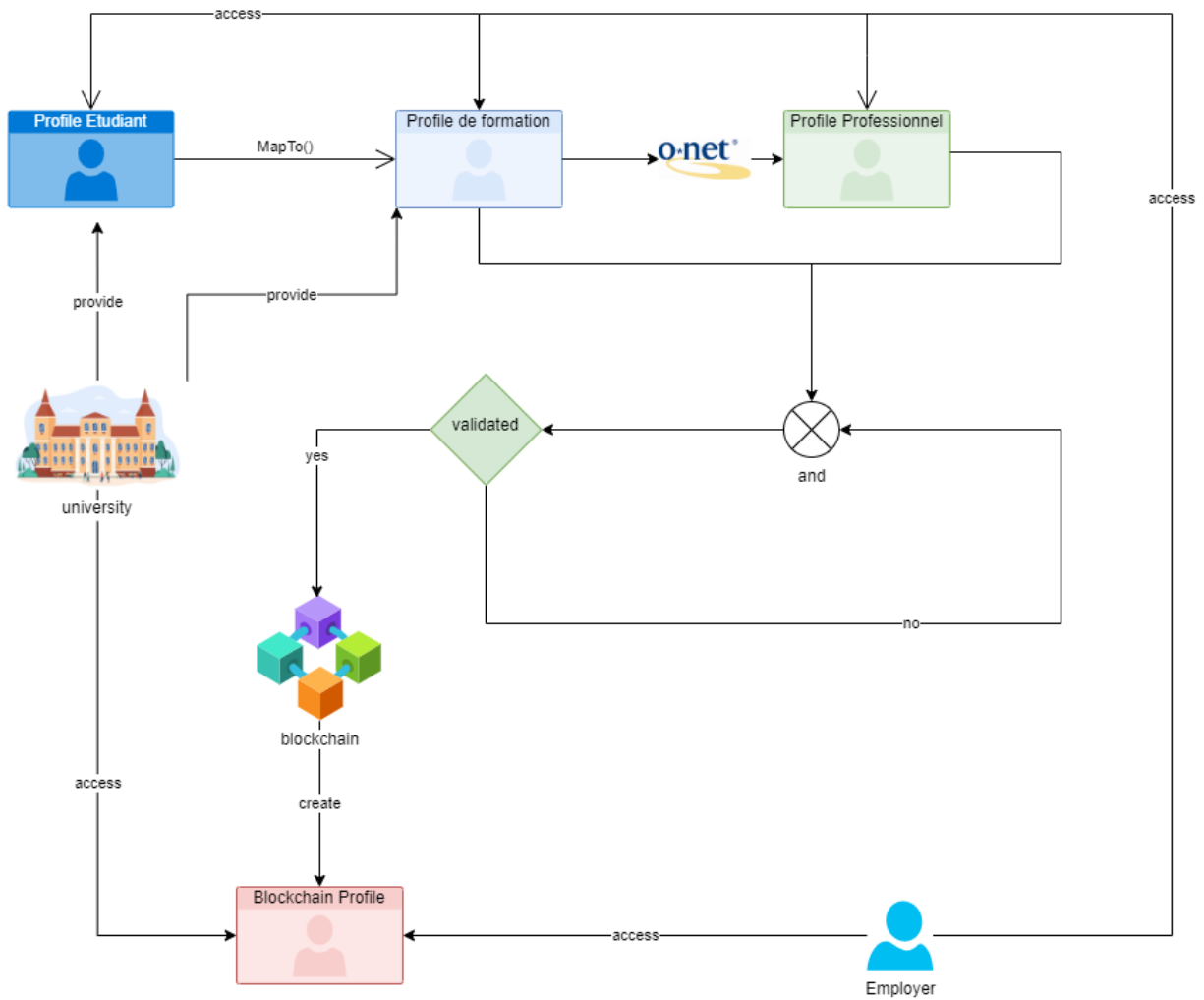


Figure 16 Vue d'ensemble du système d'appariement

Il s'agit donc d'apparier l'étudiant sur la base de ses notes au profil de formation qui lui conviendrait le mieux, sachant que le cursus de formation comprend un ensemble cohérent de matières ayant pour objectif de faire acquérir à l'étudiant des connaissances, des aptitudes et des compétences lui permettant de pouvoir prétendre à un ou plusieurs profil(s) professionnel(s).

Une fois l'appariement établi, l'étudiant peut se créer un profil final sur la blockchain, accessible à tous les potentiels employeurs désireux de le recruter à la fin de son cursus.

4. Exploitation des données

Les enseignements en LMD sont organisés en unité d'enseignement (UE) qui peut être fondamentale, méthodologique, de découverte ou transversale.

- Les UE fondamentales (UEF) : correspondent aux enseignements que tous les étudiants doivent suivre et valider ;
- Les UE méthodologiques (UEM) : permettent à l'étudiant d'acquérir l'autonomie dans le travail ;
- Les UE de découverte (UED) : permettent l'approfondissement, l'orientation, les passerelles, la professionnalisation... ;
- Les UE transversales (UET) : sont des enseignements destinés à donner d'autres outils utiles aux étudiants, comme les langues et l'informatique.

Une (UE) est constituée d'une ou plusieurs matières dispensées sous toute forme d'enseignement (cours, travaux pratiques, travaux dirigés, séminaires, conférences, projets, stages) organisées d'une manière pédagogique et cohérente et selon une logique de progression en vue de l'acquisition des compétences. Ces matières constitutives sont affectées d'un coefficient et d'une valeur en crédits.

Cependant Les crédits et les notes ne doivent pas être confondus. Les crédits expriment le volume de travail qui incombe à l'étudiant, tandis que les notes attestent de la qualité des résultats obtenus par l'étudiant. L'étudiant obtient les crédits d'une UE ou d'une matière uniquement lorsqu'il satisfait aux modalités d'évaluation de cette UE, c'est-à-dire lorsqu'il obtient une bonne note (généralement la moyenne) à l'évaluation.

Nous procédons donc au mapping avec les données que nous avons, comme suit.

4.1 Calcul des pourcentages de mapping aux spécialités

- On a besoin des critères (d'une spécialité) à remplir de la part de l'étudiant pour prétendre à une spécialité ; le critère fondamental reste toujours les notes des matières étudiées.
- Donc on constitue une matrice d'utilité qui reflète l'affiliation directe qu'une matière a avec la future spécialité.

Chapitre 3 Spécification de notre Proposition

- Cette affiliation se traduit sous la relation binaire que reflète la figure ci-dessous

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	spy	COMG1	HISFE	INTEC	MICE	MATH1	METR1	STAT1	COMG2	INTMG	MICE2	INFO	MATH2	STAT2
2	Commerce	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0
3	Gestion	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1
4	Economie	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	Finance	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1

Figure 17 Utility matrix

Pour chaque spécialité en ligne, il est affecté une valeur 0/1 à la colonne de la matière correspondant.

- On prend ensuite la liste de tous les étudiants admis, chacun affecté de sa moyenne annuelle et des notes de toutes les matières des 2 semestres, comme illustré dans la figure suivante, en remplaçant le champ de spécialité par le nom ou matricule de l'étudiant.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	name_id	COMG1	HISFE	INTEC	MICE	MATH1	METR1	STAT1	COMG2	INTMG	MICE2	INFO	MATH2	STAT2	Average1	Average2	AverageT	pctCom	pctGes	pctEco
2	AB1	11	12,6	6,9	10,8	7,9	10	12	10,9	6,5	7	12,9	12,1	4,1	10,17143	8,916667	9,544048			
3	AB2	8,3	10,3	8,4	5,7	9	10	8,6	9,7	8,25	10	12,1	4,8	5,4	8,614286	8,375	8,494643			
4	AB3	11,1	11,8	16,1	6,45	7,5	4	9,35	10,4	10,8	3,6	11,8	5,6	6,5	9,471429	8,116667	8,794048			
5	AB4	6,85	5,2	0,3	9,2	15,7	6,5	8,4	12	6,2	11	13,6	18,1	2,8	7,45	10,61667	9,033333			
6	AB5	5,3	10,9	10	5,55	11,9	12	10,1	7,75	10,2	11	6,72	7,3	5,6	9,392857	8,095	8,743929			
7	AB6	8,05	12	7,8	4	7,1	8	6,55	9,9	9,6	5	10,9	10,3	5,2	7,642857	8,483333	8,063095			
8	AB7	12	11,2	12,3	9,5	7,1	4	7,9	10,1	5,4	4	13,2	7,9	4,4	9,142857	7,5	8,321429			
9	AB8	11,2	4,4	7,5	3,55	5,2	10	11,4	12,2	11,4	3,6	10,4	12	7,6	7,607143	9,533333	8,570238			
10	AB9	4,3	6	3,7	5,8	5,6	12	3,2	5,1	4	5,6	5,4	4	0	5,8	4,016667	4,908333			
11	AB10	12,35	10,3	5,1	4,1	3,2	12,5	4,2	10	6,6	4	4,16	10,9	4,56	7,392857	6,703333	7,048095			
12	AB12	11,05	14	12,7	6,8	7,4	3	8,15	10,25	10,4	3,9	11,6	4,6	4,6	9,014286	7,558333	8,28631			
13	AB13	6,45	10	12,9	5,95	5	1	9,1	9	7,1	4,9	12,15	4,1	3,6	7,2	6,808333	7,004167			
14	AB14	8,1	9,2	6,4	6,2	10,1	11	4,6	10	6	6,8	11,75	9,62	5,6	7,942857	8,295	8,118929			
15	AB15	9,25	8,8	13	5,5	6,4	5	7,1	8,9	8,4	4,8	10,7	5,35	4,8	7,864286	7,158333	7,51131			
16	AB16	0,6	11,8	1,2	11,05	18,3	14	9,25	1,8	3,45	6,3	12,1	9,2	8,8	9,457143	6,941667	8,199405			
17	AB17	10,4	7,8	8,3	6,5	5,6	10	10	9,45	8,3	7,6	16,8	11,4	10,5	8,371429	10,675	9,523214			
18	AB18	5,7	6	13,8	3,2	5,4	1	6,9	9,5	8,6	4,8	10,1	11,05	4,8	6	8,141667	7,070833			
19	AB19	10,8	10	7,7	7,2	5,1	17	12,2	12,35	10,4	9,6	11,85	7,8	9,2	10	10,2	10,1			
20	AB20	11,4	10	11,6	7,3	3,4	13,5	8,25	9,8	6,9	3,2	4,48	4,8	4,3	9,35	5,58	7,465			
21	AR21	10,15	10,6	10,4	8,5	6,5	10	10	10,1	8,1	4,95	12,6	4	6,4	9,45	7,601667	8,570833			
23	AR23	10,9	9	10,4	4,1	4	17	8,35	16,1	10,75	6,05	10,3	5,9	3,7	8,392857	8,716667	8,554767			

Figure 18 Students data

Comme le montre la figure le fichier doit contenir en plus les champs ou doivent figurés les résultats des calculs de matching pour chaque spécialité.

- Pour chaque spécialité potentielle qui a des matières continues (n^*) ou préparatoires que l'étudiant a déjà acquis(e)s ;
 - Si $n \geq 4$, alors on calcule la moyenne de ces n matières, ensuite on fait la moyenne de ce résultat avec la moyenne global de l'année pour obtenir le poids de convenance à cette spécialité ; le poids est exprimé en pourcentage comme suit :
$$\text{Moyenne}_n = (\text{note}_1 + \text{note}_2 + \dots + \text{note}_n) / n$$
$$\text{MoyenneTotale} = (\text{Moyenne}_n + \text{Moyenne}_a) / 2$$
$$\text{Poids_correspondance} = (\text{MoyenneTotale} * 100) / 20$$
 - Si $n < 4$ ($n \neq 0$) on considère les notes de ces n matières et les $8-n$ plus fortes notes des autres matières acquises de l'année, on fait la moyenne des moyennes obtenues, ensuite on refait la moyenne du résultat avec la moyenne de l'année pour déterminer le poids de correspondance à la spécialité ;
$$\text{Moyenne}_n = [((\text{note}_1 + \text{note}_2 + \dots + \text{note}_n) / n) + ((\text{note}_{n+1} + \text{note}_{n+2} + \dots + \text{note}_8) / (8-n))] / 2$$
$$\text{MoyenneTotale} = (\text{Moyenne}_n + \text{Moyenne}_a) / 2$$
$$\text{Poids_correspondance} = (\text{MoyenneTotale} * 100) / 20$$
 - Si $n = 0$, ce cas est particulier car ici $n=0$ sous-entends qu'aucunes des matières déjà acquises n'a d'affiliation avec une des matières de la spécialité visée.

Considérons bien $n=0$,

Cela \Rightarrow $\text{Moyenne}_n = 0$, donc que l'étudiant va être jaugé sur 50% pour un poids de correspondance sur 100%.

On a ainsi $\text{MoyenneTotale} = \text{Moyenne}_a / 2$, puisque $\text{Moyenne}_n = 0$

$\text{Poids_correspondance} = (\text{MoyenneTotale} * 100) / 20$,

Avec $\text{Poids_correspondance} < 50\%$, ce qui réduit considérablement le matching de l'étudiant à la spécialité.

Généralement l'enseignement de chaque matière en tronc commun prépare le niveau de l'étudiant pour des spécialités potentielles, c'est pourquoi le cas où $n=0$ est quasiment improbable, puisque l'acquisition d'une matière suppose l'acquisition d'un plus pour le niveau

d'admission requis en une ou plusieurs spécialité(s), d'où forcément une affiliation entre les matières acquises et celles des potentielles spécialités.

4.2 Mapping des spécialités aux profils professionnels

- Nous disposons de la base de données O*net des jobs profiles
- On peut déterminer pour chaque spécialité, les différents jobs profiles correspondant.
- Nous utilisons la logique derrière l'api d'O*net couplée à notre code en procédant à une recherche par mots clés liés à chaque spécialité.
- On obtient ainsi la liste de tous les jobs potentiels liés à chaque spécialité triée par ordre décroissant du score de matching.

Noter : pour chaque job, on a une description et des détails sur le niveau d'études et préparation requises pour donner le plus d'informations possibles aux étudiants dans l'opération de leur choix de profile de formation ou de profile professionnel et de sa création.

5. Spécification

En ce qui concerne les acteurs de notre système, il est évident que les processus vont mettre en action

- [Université](#) qui fournit les données des étudiants
- [Les Etudiants](#) pour établir leur profile sur la base de leurs résultats de matching
- [Les Employeurs](#) (Entreprise, Etat, autres employeurs...) désireux de recruter des jeunes diplômés.

Les besoins à implémenter peuvent parfois être flous et difficile à déterminer, mais les principaux besoins qui sont très pertinents sont recenser et traduis en langage naturelle qui se présente sous la forme de la liste suivante :

- L'université doit pouvoir ajouter les informations des étudiants
- L'étudiant doit pouvoir consulter ses informations à partir de ses identifiants (nom ou matricule)
- L'université doit pouvoir ajouter les informations des spécialités
- [Le système doit présenter des spécialités d'études à l'étudiant en fonction de ses notes](#)
- [Le système doit présenter des profils professionnels \(O*net jobs\) en fonction des spécialités d'études](#)
- L'étudiant doit pouvoir choisir une spécialité d'étude

- L'étudiant doit pouvoir créer son profil sur la blockchain à partir de la spécialité choisie
- Le système doit donner accès aux résultats des calculs de matching du profile de formation (les acquis actuels) aux profils de formation (spécialités d'études).
- Le système doit permettre une recherche sur les résultats en fonction des noms des étudiants
- L'employeur doit pouvoir accéder aux résultats des matching
- L'employeur doit pouvoir accéder aux informations des spécialités
- L'employeur doit pouvoir accéder aux profils des étudiants

Les besoins soulignés constituent les principaux buts à atteindre dans la réalisation de notre proposition. Nous présenterons ci-après des diagrammes d'activité pour donner plus de détails sur les processus à enchaîner pour parvenir à satisfaire ces besoins.

6. Illustration de la Conception par des diagrammes

6.1 Le digramme de contexte

Pour avoir une vue globale sur les interactions dans le système, nous avons ce digramme de contexte ci-dessous qui relate les flux des données et les acteurs qui entre en jeu lors de ces processus dans un format simplifié avec :

- Le système : représenté par le rectangle au milieu
- Les acteurs : représentés par un rectangle bleu et une étiquette
- Les flux de données : représentés par les flèches qui indique la direction du flux

Ce digramme donne une description assez claire pour ne pas faire recours à des représentations plus approfondies telles que le diagramme de flux de données ou le cas d'utilisation.

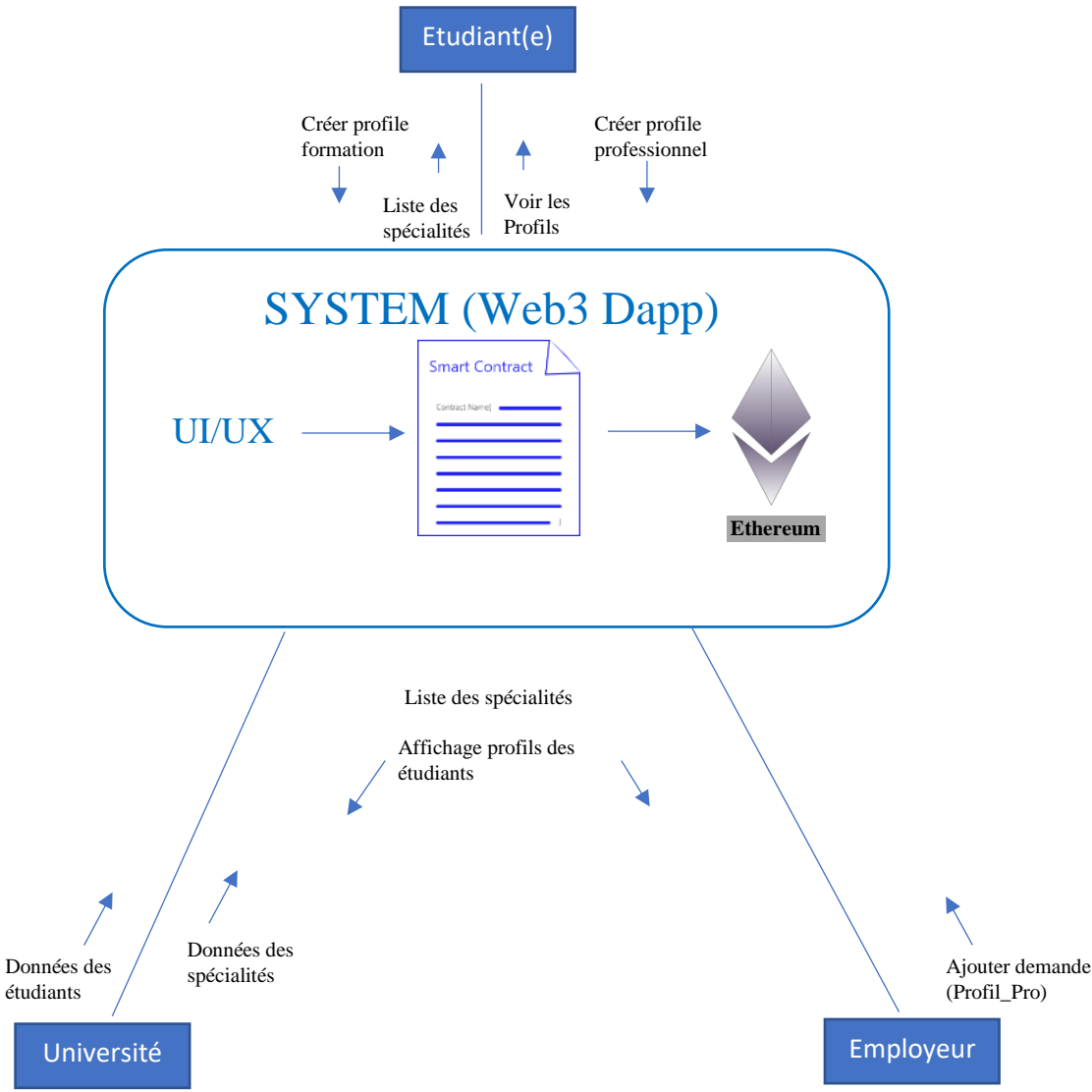


Figure 19 Diagramme de contexte

6.2 Diagrammes d'activité

- a. Calcul des scores de matching pour le mapping Profil Etudiant-Profil de formation

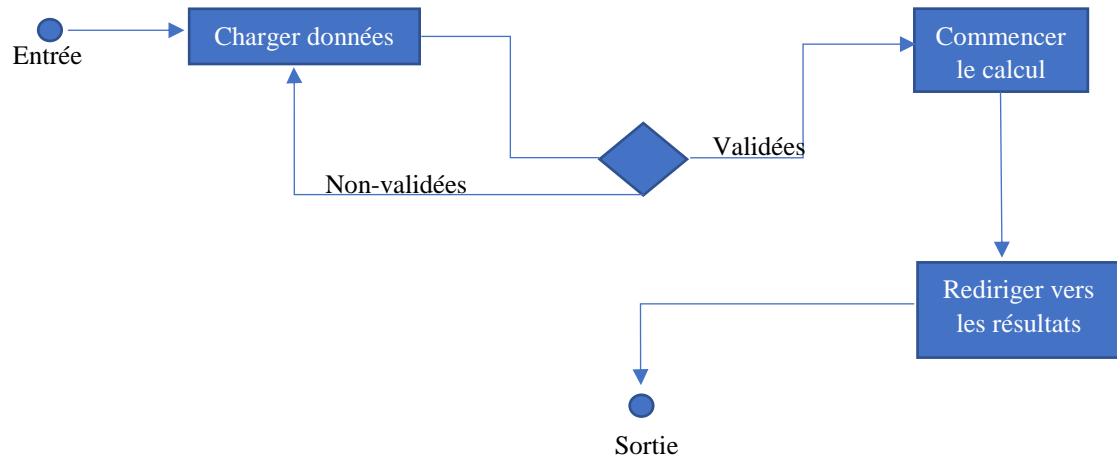


Figure 20 Mapping Profil Etudiant - Profil de formation

- b. Mapping des spécialités aux occupations d'O*net Profil de formation-Profil professionnel

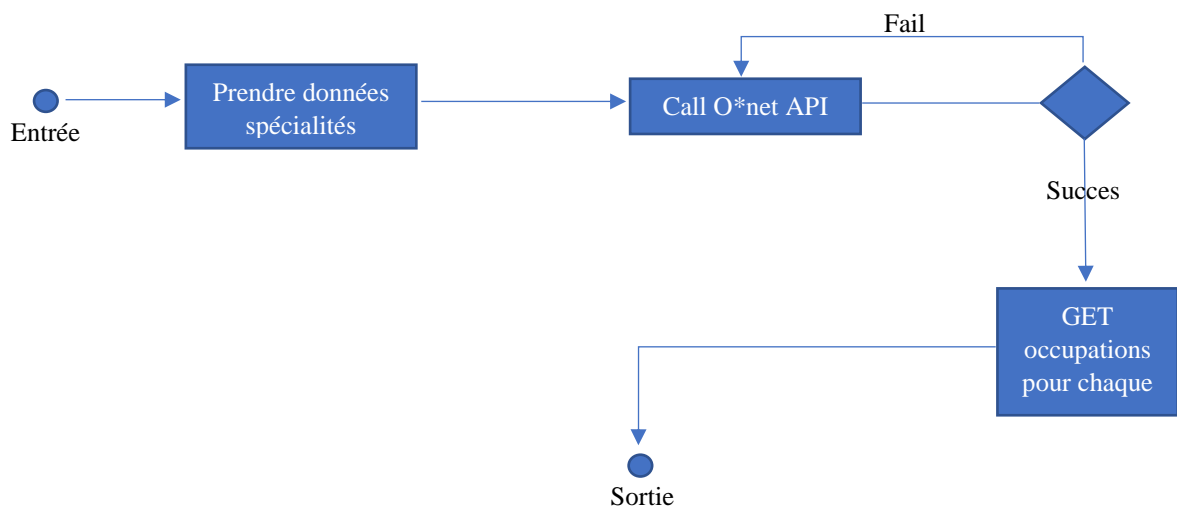


Figure 21 Mapping Profil de formation-Profil professionnel

c. Création du Profil Blockchain de l'étudiant

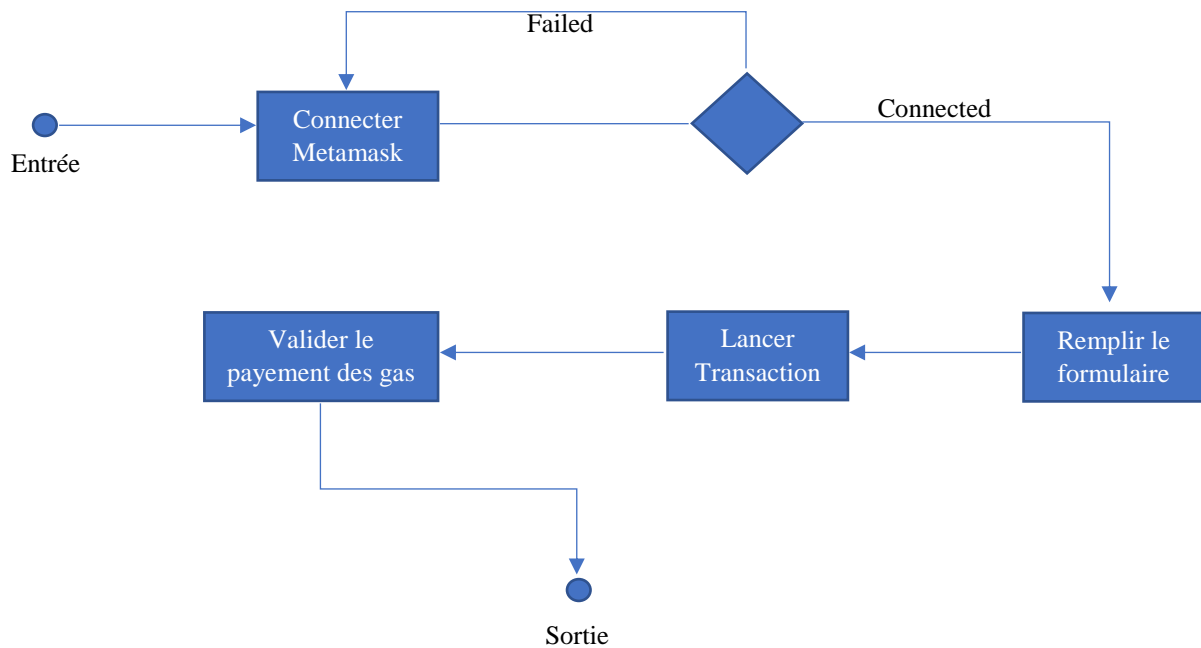


Figure 22 Création de Profil Blockchain

7. Conclusion

En résumé de l'étude de la spécification, nous disposons de deux sous ensemble de données, les acquis des étudiants et les profils professionnels d'O*net. Nous voulons créer le mapping triangulaire suivant **Profil Etudiant – Profil de Formation – Profil professionnel**. C'est-à-dire sur la base des notes de l'étudiant, l'orienter vers un choix judicieux de spécialité d'études sachant que chaque spécialité est associée à de nombreuses occupations d'O*net auxquelles l'étudiants peut aspirer plus tard. Et nous créons un profil sur le réseau blockchain à l'étudiant pour que de potentiels employeurs souhaitant recruter de jeunes diplômés puisse y avoir accès de manière transparente et sans intermédiaire aucun.

Chapitre 4

Implémentation de notre Proposition

1. Introduction

L'implémentation est une étape très importante et décisif dans le processus de développement de tout logiciel. C'est pourquoi nous nous attachons à faire matérialiser notre idée dans les règles de l'art et qu'aucun élément ne soit fait au hasard. Ainsi dans ce chapitre nous nous allons décrire les aspects les plus essentiels de l'implémentation notre proposition.

2. Préparation à l'implémentation

Conformément à la spécification de notre proposition, il nous faut identifier les outils adéquats qui peuvent faciliter les tâches pour un meilleur rendement possible.

Le tableau ci-dessous reflète les plus important de ces outils.

Blockchain	Smart Contracts	Backend	MHI	Framework	Categorie	Calcul
Ethereum	Solidity	Node.js	Html & CSS JS	Truffle suite	Non-cryptocurrency based	Python JS

1 Tableau des caractéristiques de l'application

Ensuite sur la base des besoins élicités précédemment, on établit une liste des modules correspondants pour faire un premier pas vers l'implémentation de la proposition.

Modules DApp

- Calcul des matchings des spécialités pour les étudiants
- Matching de chaque spécialité aux occupations d'O*net
- Création du tableau de classement des étudiants en fonction des poids du matching

Smart Contract

- Création/stockage du profil

Frontend

- Page d'accueil
- Portail de l'université
- Portail de l'étudiant
- Portail de l'employeur

3. Implémentation des modules

Pour cette tâche, nous avons choisis les langages et outils appropriés en suivant les meilleures pratiques de développement possible pour assurer la qualité du code.

Les fonctionnalités sont multiples et certaines requiert beaucoup plus d'outils que d'autres pour l'implémentation, c'est pourquoi nous utilisons plusieurs sortes d'outils et langages étant donné que certains sont mieux adaptés que d'autres.

Ainsi nous avons les principales fonctionnalités suivantes :

- a. Uploader les données

Cette fonctionnalité a été implémenté en html et javascript comme le code ci-dessous

```
// JavaScript code to handle the file upload and save to local
const expectedFileNames = ['students_data.xlsx', 'utility_matrix.xlsx',
'specialities.xlsx'];

const error = document.querySelector('.error');
const success = document.querySelector('.success');
const form = document.querySelector('form');
const upload = document.querySelector('.upload')
var fd = new FormData();

form.addEventListener('submit', (event) => {
  event.preventDefault();
  const fileInput = document.getElementById('excel-files');
  const files = fileInput.files;
  if (!files.length) {
    //console.error('No files selected');
    error.innerHTML = 'No files selected'
    error.classList.add('active')
    return;
  }
  if (files.length > 3 || files.length < 3) {
    //console.error('Please select no more than three files');
    error.innerHTML = 'Please select the required three files'
    error.classList.add('active')
    return;
  }
  for (let i = 0; i < files.length; i++) {
    let file = files[i];
    let filename = file.name.toLowerCase();
    let fileType = filename.split('.').pop();
    if (fileType !== 'xlsx') {
      //console.error(`Invalid file type for ${filename}, please select
an Excel file`);
      error.innerHTML = `Invalid file type for ${filename}, please
select an Excel file`
    }
  }
}
```

```
        error.classList.add('active')
        return;
    }
    if (!expectedFileNames.includes(filename)) {
        //console.error(`File name ${filename} does not match expected
name`);
        error.innerHTML = `File name ${filename} does not match expected
name`
        error.classList.add('active')
        return;
    }
}

/* well uploaded */
success.classList.add('active')
upload.style.display = 'none'
console.log('success upload passed')

// populate formData
for (let i = 0; i < files.length; i++) {
    let file = files[i];
    filename = file.name
    console.log(filename)

    fd.append('files[]',file, file.name);
}

});
```

b. Calcul des matching (Mapping Profil Etudiant-Profil de Formation)

Python est un langage de programmation très puissant qui facilite la manipulation des fichiers comme Excel et le calcul des données, c'est pourquoi notre choix s'est porté dessus. En plus il offre la possibilité d'une communication directe avec le frontend à travers ses frameworks comme Flask.

```
from flask import Flask, jsonify, request
import pandas as pd
import numpy as np
import openpyxl
from statistics import mean
from flask_cors import CORS

app = Flask(__name__)
```

```
CORS(app)

@app.route("/process", methods=["POST"])
def process():
    """x = 10 + 15
    return jsonify(result=x)""" # Test

    # Get the uploaded files
    files = request.files.getlist("files[]")

    # Process each file using Pandas
    for file in files:
        filename = file.filename
        if filename == "specialities.xlsx":
            specialities = pd.read_excel(file, engine="openpyxl")
            specialities.to_json("./static/specialities.json")
        if filename == "students_data.xlsx":
            df = pd.read_excel(file, engine="openpyxl")
            # to open the excel sheet and if it has macros
            srcfile = openpyxl.load_workbook(file)
        if filename == "utility_matrix.xlsx":
            utilmat = pd.read_excel(file, engine="openpyxl")

    # data = request.get_data()
    # importing data
    # df = pd.read_excel("students_data.xlsx")
    # utilmat = pd.read_excel("utility_matrix.xlsx")
    # reshaping data
    df_safe = df.drop(
        columns=[
            "name_id",
            "Average1",
```

```
        "Average2",
        "AverageT",
        "pctCom",
        "pctGes",
        "pctEco",
        "pctFin",
    ]
)
utilmat_df = utilmat.drop(columns=["spy"])

# converting correlation matrix to array
arr_mat = utilmat_df.to_numpy()

# compute matches
results = []
for index, row in df_safe.iterrows():
    temp1 = []
    for i in range(0, len(arr_mat)):
        temp = []
        arr_mati = arr_mat[i]
        for j in range(0, len(arr_mati)):
            arr_matj = arr_mati[j]
            if arr_matj == 1:
                stdcell = df_safe.iloc[index, j]
                temp.append(stdcell)
            else:
                continue
        rescell = df.iloc[index]["AverageT"]
        temp1.append(round((((mean(temp) + rescell) / 2) * 100) / 20))
    results.append(temp1)
```

```
# write results to file
# type(data)
data = np.array(results, dtype=list)

# get sheetname from the file
sheetname = srcfile.worksheets[0]

for i in range(len(data)):

    sheetname[i + 2][17].value = data[i][0]
    sheetname[i + 2][18].value = data[i][1]
    sheetname[i + 2][19].value = data[i][2]
    sheetname[i + 2][20].value = data[i][3]

# save it as a new file
srcfile.save("resultsFinal.xlsx")
return jsonify(status="done")
# return "Flask server"

if __name__ == "__main__":
    app.run(port=5000, debug=True)
```

c. Mapping Profil de Formation-Profil Professionnel (O*net jobs)

Pour cette fonctionnalité nous avons fait appel à l'api d'O*net pour fournir des occupations pour chaque spécialité que nous lui fournissons en mot clé.

Voici le code ci-dessous écrit en Nodejs qui offre beaucoup d'avantages côté server.

```
"use strict"
```

```

const OnetWebService = require('./OnetWebService')

const consumeStdin = async () => {
  return new Promise((resolve, reject) => {
    process.stdin.setEncoding('utf8')
    const allChunks = []
    process.stdin.on('readable', () => {
      let chunk
      while ((chunk = process.stdin.read()) !== null) {
        allChunks.push(chunk)
      }
    })
    process.stdin.on('end', () => {
      resolve(allChunks.join(''))
    })
  })
}

(async () => {
  try {
    // read JSON input
    const input = JSON.parse(await consumeStdin())

    // initialize Web Services and results objects
    const onet_ws = new OnetWebService(input.config.username,
input.config.password)
    const max_results = Math.max(1, input.config.max_results)
    const output = { output: [] }

    // call keyword search for each input query
    for (let q of input.queries) {
      const res = []
      const kwresults = await onet_ws.call('online/search', {keyword: q, end:
max_results })

      if (kwresults.hasOwnProperty('occupation') &&
kwresults.occupation.length) {
        for (let occ of kwresults.occupation) {

          // call soc_code search for each returned occupation code
          let code = occ.code
          const rescall = {job: []}
          const socresults = await onet_ws.call('mnm/careers/'+code)
          let occr = socresults

          rescall.job.push({ code: code, title: occr.title, also_called:
occr.also_called,
                                what_they_do: occr.what_they_do, on_the_job:
occr.on_the_job })

```

```
        res.push(rescall)
    }
}
output.output.push({ query: q, results: res })
}

// print results to stdout
console.log(JSON.stringify(output, null, 2))

} catch (error) {
    console.error(error.message)
}
})()
```

d. Création du profil Blockchain de l'étudiant

En utilisant le langage Solidity, nous avons implémenter un Smart Contract qui crée un profil sur la Blockchain à l'étudiant. Une fois le profil créé, toute l'interaction du système va tourner autour.

```
// SPDX-License-Identifier: MIT
pragma solidity >=0.4.22 <0.9.0;

contract Student {
    address owner;
    uint public studentCount = 0;

    struct student {
        uint id;
        address studentAddress;
        string name;
        string matricule;
        string speciality;
        bool exist;
    }

    mapping(address => student) public students;
    event studentExist(
        uint id,
        address studentAddress,
        string name,
        string matricule,
        string speciality,
        bool exist
    );
    event contractCreated(uint studentsRegistered, address creator);

    constructor() public {
```

```

owner = msg.sender;
createStudent(
    0xFFcf8FDEE72ac11b5c542428B35EEF5769C409f0,
    "Jane Doe",
    "18188ner1072",
    "Economie"
);
createStudent(
    0xd03ea8624C8C5987235048901fB614fDcA89b117,
    "John Doe",
    "18198ner1072",
    "Finance"
);
}

function createStudent(
    address _studentAddress,
    string memory _name,
    string memory _matricule,
    string memory _speciality
) public {
    //require a vallid name
    require(bytes(_name).length > 0, "Name is not valid");
    // require a valid address
    require(_studentAddress != address(0), "Invalid address provided");
    // increment students counter
    studentCount++;
    //add new student
    students[_studentAddress] = student(
        studentCount,
        _studentAddress,
        _name,
        _matricule,
        _speciality,
        true
    );
    // trigger student exist
    emit studentExist(
        studentCount,
        _studentAddress,
        _name,
        _matricule,
        _speciality,
        true
    );
    emit contractCreated(studentCount, owner);
}
}

```

4. Les Interfaces du système

L'implémentation d'une IHM dans un système destiné à l'utilisateur est indispensable pour qu'il puisse interagir avec ce système. A cette fin, nous avons implémenter les pages de notre dApp avec les langages HTML, CSS et JAVASCRIPT.

a. La page d'accueil

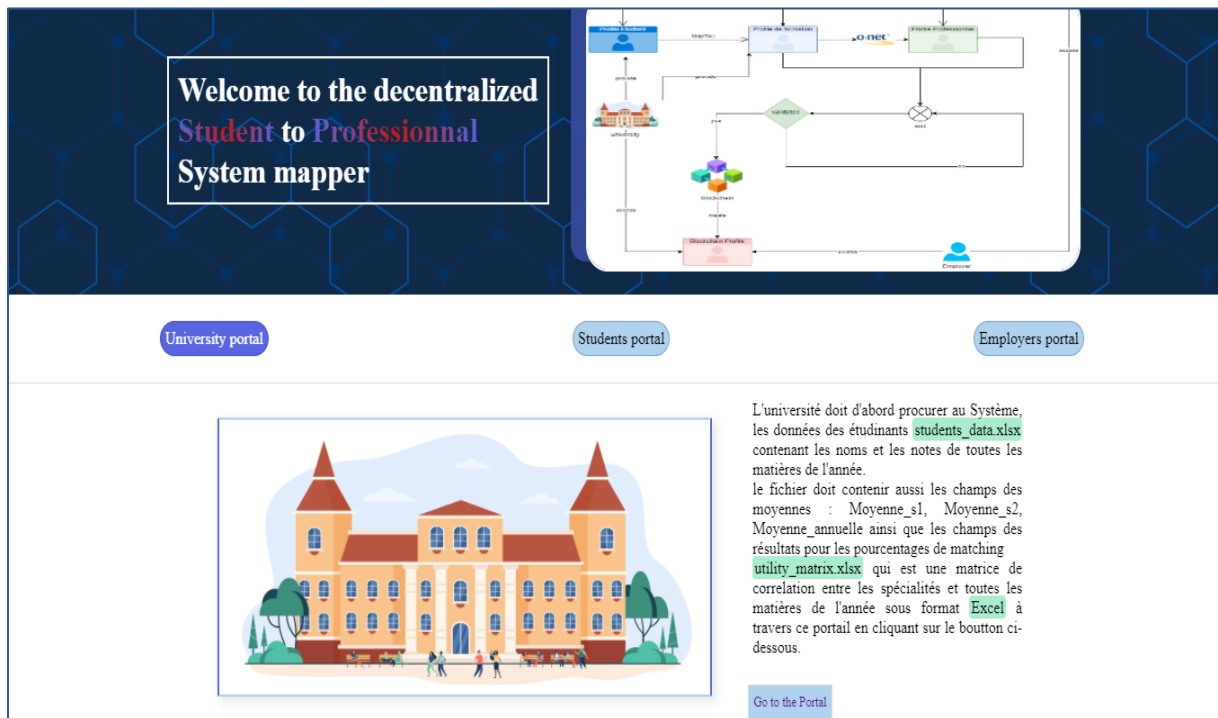


Figure 23 Page d'accueil

Nous avons opté pour un design minimaliste pour une question d'efficacité et de gain de temps. Mais la page d'accueil offre toutes les informations nécessaires pour orienter l'utilisateur vers ce qu'il cherche.

Dans un design adaptatif, l'utilisateur, notamment l'étudiant peut avoir accès à son portail comme le montre la figure ci-contre.

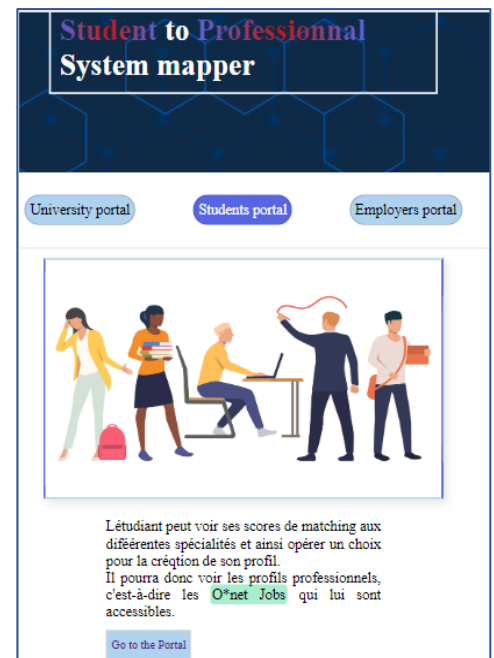


Figure 24 Page d'accueil adaptative

b. Portail d'upload

C'est la page qui permet de charger les données sur lesquels portent les calculs.

La page guide l'utilisateur quant aux nombres de fichiers à charger et le renommage de ces fichiers comme le montre la figure ci-dessous.

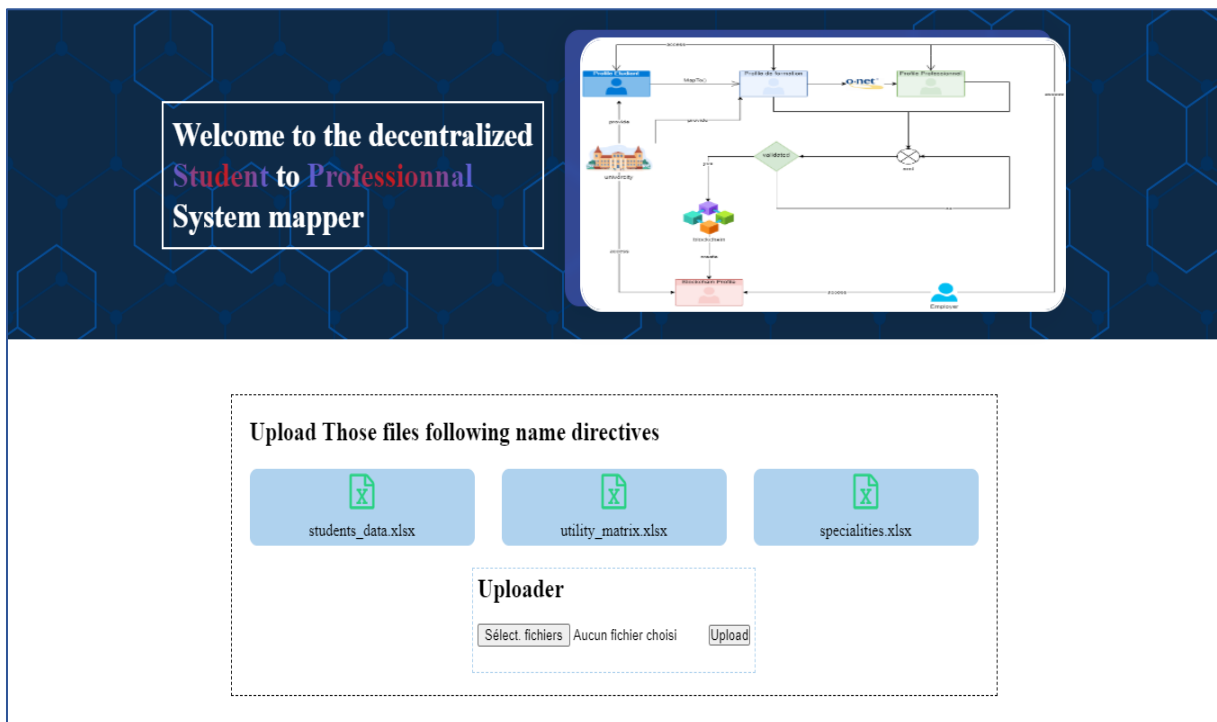
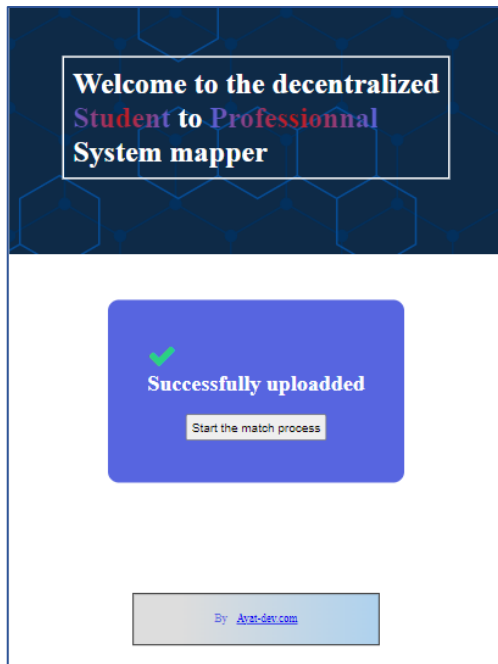


Figure 25 Page d'upload



Si les fichiers sont correctement chargés, l'utilisateur peut commencer le calcul des matchings et sera rediriger après vers la page des résultats, une fois les calculs terminés.

Figure 26 Page d'upload adaptative

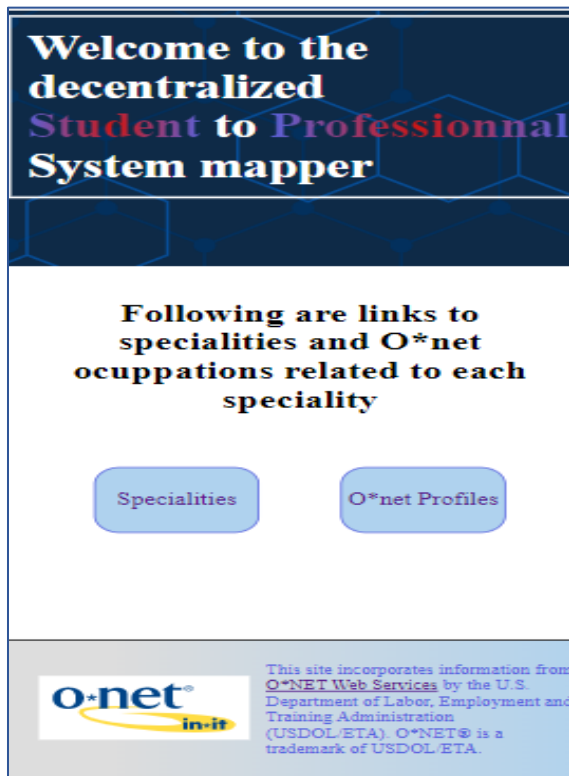
c. Les résultats des matchings



Ils se présentent sous forme de tableau au travers duquel il est possible de faire une recherche par nom.

Figure 27 Page des résultats de matching

d. Portail de l'employeur



Ce portail donne accès aux potentiels employeurs aux profils des étudiants, les informations sur les spécialités et les mapping des spécialités aux occupations d'O*net.

Figure 28 Portail employeur

e. Portail Etudiant

L'étudiant a accès à tous à travers ce portail. Il peut voir ses résultats de matching, les profils de formation (les spécialités et leurs descriptions) son profil Blockchain.

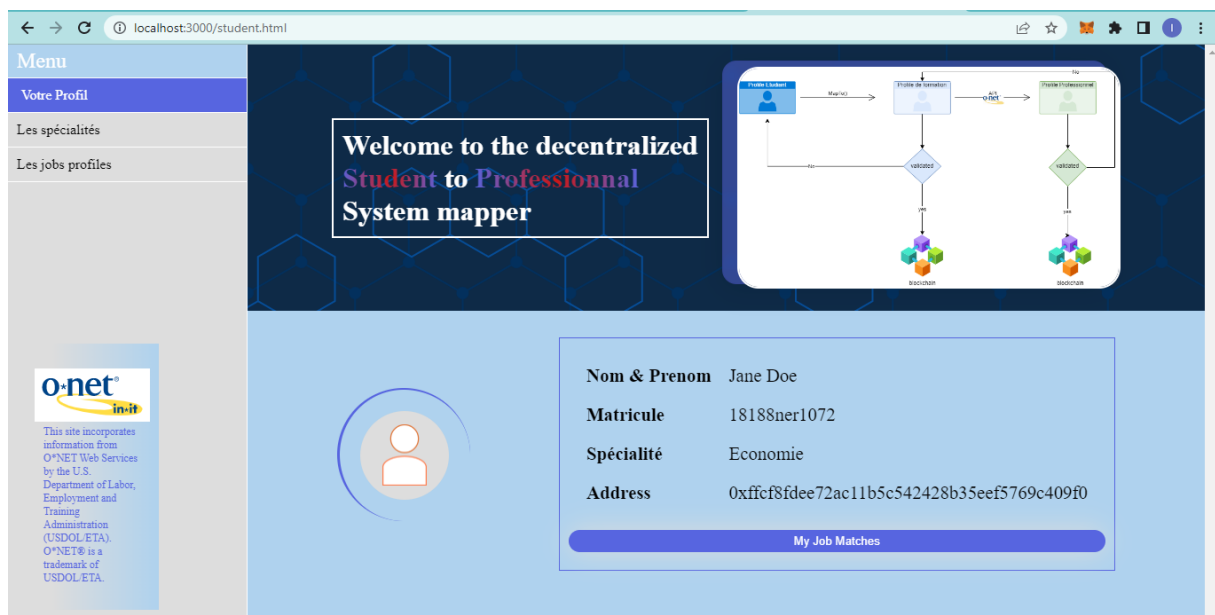


Figure 29 Portail de l'étudiant

L'étudiant peut voir les descriptions des spécialités accès aux et grâce au Mapping Profil de Formation Profil Professionnel, il a aussi accès aux différentes occupations auxquelles il peut prétendre plus tard.

Following are 20 O*net occupations related to each speciality

▼ **Commerce**

- Marketing Managers
- Search Marketing Strategists
- Market Research Analysts & Marketing Specialists
- Farmers, Ranchers, & Other Agricultural Managers
- Advertising & Promotions Managers
- Business Teachers, Postsecondary
- Securities, Commodities, & Financial Services Sales Agents
- Writers & Authors
- Business Intelligence Analysts
- Public Relations Specialists
- Sales Representatives, Wholesale & Manufacturing, Technical & Scientific Products
- Agents & Business Managers of Artists, Performers, & Athletes
- Sales Managers
- Insurance Sales Agents
- Online Merchants
- Sales Engineers
- Fundraising Managers
- First-Line Supervisors of Non-Retail Sales Workers

Welcome to the decentralized Student to Professional System mapper



Following are the specialities

<p>Commerce</p> <p>Market research (or marketing research) is any set of techniques used to gather information and better understand a company's target market. Businesses use this information to design better products, improve user experience, and craft a marketing strategy that attracts quality leads and improves conversion rates.</p>	<p>Gestion</p> <p>Management Studies degree looks at the way a company or organisation operates and functions. This might include the financial, administrative and marketing aspects of the business.</p>
<p>Economie</p> <p>Economics is the study of scarcity and its implications for the use of resources, production of goods and services, growth of production and welfare over time, and great variety of other complex issues of vital concern to society.</p>	<p>Finance</p> <p>Finance is the study and system of money, investments, and other financial instruments. Finance can be divided broadly into three distinct categories: public finance, corporate finance, and personal finance.</p>

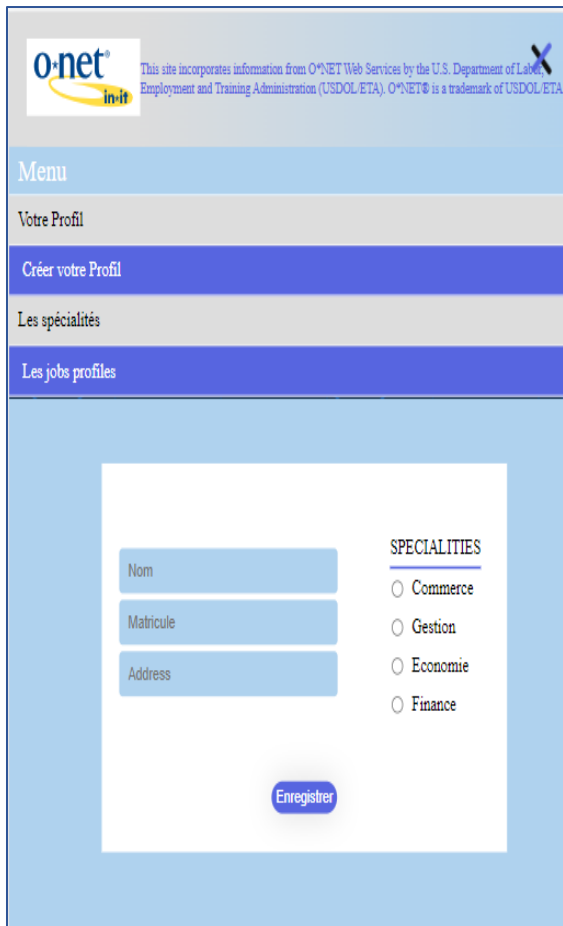
O*net jobs corresponding to each of those specialities are available through this link below



[Head to the jobs](#)

Figure 30 Les spécialités

Figure 31 Les occupations reliées à chaque spécialité



The screenshot shows the O*NET website interface. At the top, there is a logo for 'o-net in-it' and a disclaimer: 'This site incorporates information from O*NET Web Services by the U.S. Department of Labor, Employment and Training Administration (USDOL/ETA). O*NET® is a trademark of USDOL/ETA.' Below the logo is a 'Menu' section with four items: 'Votre Profil', 'Créer votre Profil' (highlighted in blue), 'Les spécialités', and 'Les jobs profiles'. The main content area features a registration form with three input fields labeled 'Nom', 'Matricule', and 'Address'. To the right of these fields is a 'SPECIALITIES' section with four radio button options: 'Commerce', 'Gestion', 'Economie', and 'Finance'. A blue 'Enregistrer' button is located at the bottom of the form.

Figure 33 Création de Profil Blockchain

Si l'étudiant n'a pas encore de Profil Blockchain, il peut s'en créer un à partir de la forme que lui procure son portail par le menu, voir la figure ci-contre.

Une fois le formulaire rempli, Metamask surgit pour lui demander la confirmation de la transaction.

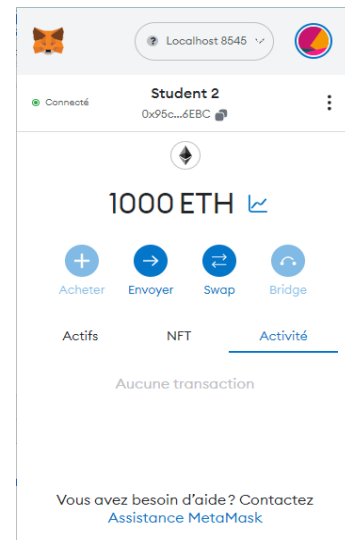


Figure 32 Metamask

5. Conclusion

L'implémentation de notre proposition est aussi simpliste qu'efficace et offre à l'utilisateur un moyen de navigation assez clair pour parvenir à son objectif. Quand bien même des améliorations sont tout à fait souhaitables, notre proposition en elle-même constitue un plus vers une intégration à long terme de la Blockchain et des smart contracts dans le milieu éducatif. Son atout majeur est qu'elle offre un pont à l'étudiant vers l'accès à une formation digne de ses capacités et la perspective des profils professionnels qui peuvent être le sien plus tard après ses études. Elle offre également aux potentiels employeur la possibilité de porter un intérêt équitable envers tous les candidats à un poste.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Au regard de notre travail, il ressort que la Blockchain est une technologie qui depuis son apparition n'a cessé de progresser et d'être intégrée aux nouveaux systèmes innovatifs. Ceci non seulement pour ses caractéristiques tels que la décentralisation, les systèmes de preuves, les transactions cryptographiques, pour ne citer que cela ; mais aussi et surtout pour les smart contracts qui permettent de communiquer dans la Blockchain à travers des transactions lorsque certaines conditions sont remplies.

Le domaine de l'éducation s'est ainsi vu toucher par cette nouvelle technologie qui a apporté beaucoup d'avantages et poussent beaucoup plus les apprenants à interagir avec le système éducatif, à travers par exemple un système de récompense pour un travail effectué... Néanmoins il existe certains défis auxquels la Blockchain est confrontée avant d'être pleinement acceptée dans l'éducation. Des défis tels que l'immutabilité qui empêche toute modification une fois une transaction achevée. Mais au-delà de ces limitations, la Blockchain n'en est pas moins un très bon moyen de se départir de la décentralisation et par la même créer un système de coopération basé sur le mérite et la confiance. C'est dans cette vision là que notre idée d'un système d'appariement s'aligne pour venir connecter les étudiants et futurs diplômés au monde du travail. Notre proposition est aussi simple qu'efficace, avec néanmoins la possibilité d'étendre les fonctionnalités pour couvrir un large éventail de besoins. Enfin l'implémentation de notre idée vient à l'appui pour concrétiser notre vision d'un système éducatif offrant des possibilités équitables à tous les apprenants dans une sphère de confiance.

Bibliographie

- [1] [En ligne]. Available: https://fr.wikipedia.org/wiki/Blockchain#cite_note-4.
- [2] L. Monde, «La première blockchain de l’histoire date de 1995, et elle est imprimée sur papier,» [En ligne]. Available: https://www.lemonde.fr/big-browser/article/2018/09/01/la-premiere-blockchain-de-l-histoire-date-de-1995-et-elle-est-imprimee-sur-papier_5349082_4832693.html.
- [3] KRIPTOMAT, «Une brève histoire de la technologie blockchain que tout le monde devrait lire,» [En ligne]. Available: <https://kriptomat.io/fr/blockchain/lhistoire-du-blockchain/#:~:text=L%E2%80%99histoire%20se%20r%C3%A9p%C3%A8te%20presque>.
- [4] O. S. Good, «NFT mastermind created Ethereum because Warcraft nerfed his character,» 04 10 2021. [En ligne]. Available: <https://www.polygon.com/22709126/ethereum-creator-world-of-warcraft-nerf-nft-vitalik-buterin>.
- [5] GeekForGeeks, «Phases of Evolution of Blockchain,» [En ligne]. Available: <https://www.geeksforgeeks.org/phases-of-evolution-of-blockchain/#:~:text=as%20the%20norm.-,Phases%20of%20Evolution%20of%20Blockchain,-Below%20is%20an>.
- [6] «Hyperledger,» [En ligne]. Available: <https://fr.wikipedia.org/wiki/Hyperledger>.
- [7] «IOTA (cryptomonnaie et technologie),» [En ligne]. Available: [https://fr.wikipedia.org/wiki/IOTA_\(cryptomonnaie_et_technologie\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/IOTA_(cryptomonnaie_et_technologie)).
- [8] «EOS.IO,» [En ligne]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/EOS.IO>.
- [9] S. A. M. A. a. S. G. Ali Alammary, «Blockchain-Based Applications in Education:,» 2019.
- [10] J. Nespors, «Cyber schooling and the accumulation of school time,» pp. 1-17, 02 Jul 2018.
- [11] M. A. G. V. F. L. P. J. E. M. Lucas M. Palma, «Blockchain and smart contracts for higher education registry in Brazil,» 2018.
- [12] J. A. L. B. W. e. S. A. David Lizcano, «Blockchain-based approach to create a model of trust,» 2019.
- [13] H. X. D. Z. D. K. C. Jiemin Zhong, «A Blockchain Model for Word-Learning Systems,» Honk Kong, China, 2018.
- [14] T. Y. L. & B. Dongol, «A blockchain-enabled e-learning platform,» *Interactive Learning Environment*, 2020.

Bibliographie

- [15] J. Farah, A. Vozniuk, M. Rodríguez-Triana et D. Gillet, «A Blueprint for a Blockchain-Based Architecture to Power a Distributed Network of Tamper-Evident Learning Trace Repositories,» pp. 218-220.
- [16] M. Han, Z. Li, J. He, D. Wu, Y. Xie et A. Baba, «A Novel Blockchain-based Education Records Verification,» pp. 178-183, 2018.
- [17] M. Hölbl, A. Kamisalić, M. Turkanović, M. Kompara, B. Podgorelec et M. Herićko, «EduCTX: An Ecosystem for Managing Digital Micro-Credentials,» pp. 1-9, 2018.
- [18] B. Duan, Y. Zhong et D. Liu, «Education application of blockchain technology: Learning outcome and,» pp. 814-817.
- [19] R. Arenas et P. Fernandez, «CredenceLedger: A Permissioned Blockchain for Verifiable Academic Credentials,» pp. 1-6, 2018.
- [20] J. Gresch, B. Rodrigues, E. Scheid, S. Kanhere et B. Stiller, «The Proposal of a Blockchain-Based Architecture for,» pp. 185-196, 2018.
- [21] N. Bore, S. Karumba, J. Mutahi, S. Darnell, C. Wayua et K. Weldemariam, «Towards blockchain-enabled school information hub,» p. 9, 2017.
- [22] A. Mikroyannidis, J. Domingue, M. Bachler et K. Quick, «Smart Blockchain Badges for Data Science Education,» pp. 1-5, 2018.
- [23] M. N. R. J. a. A. K. M. Sheikh Mohammad Idrees, «Security Aspects of Blockchain Technology Intended for Industrial Applications,» p. 03 of 24.