



## Les ODA comme outils de gestion et de suivi des projets

Armand Kodjo Atiampo\*, Joseph Wognin Vangah, Souleymane Touré

Unité de Recherche et d'Expertise du Numérique (UREN), Université Virtuelle de Côte d'Ivoire, 28  
BP 536 Abidjan

Reçu: 29 Septembre 2023 / Reçu sous sa forme révisée: 15 Décembre 2023 / Accepté: 27 Décembre 2023

### Résumé:

La communication, la synchronisation et le contrôle deviennent des facteurs clés de succès pour la gestion de projets. Les méthodes manuelles de gestion de projet souffrent de nombreuses déperditions dues à la multiplicité des acteurs intervenants, chacun d'eux fonctionnant avec ses propres règles de gestion le plus souvent incompatibles avec celles requises pour la réussite du projet. L'automatisation de ces méthodes avec les contrats intelligents et les Organisations Décentralisées Autonomes (ODA) offre plus de flexibilité, de fiabilité et de synchronisation, ce qui améliore significativement et qualitativement la gestion de projet. Le présent travail étudie la manière dont les Organisations Décentralisées Autonomes peuvent être appliquées dans la gestion de projets informatiques, offrant un modèle de gouvernance plus transparent et démocratique, ainsi qu'une gestion plus efficace des ressources. Nous proposons le concept de la Fabrique ODA qui est un patron de conception d'ODA pour le suivi de projets informatiques basés sur les règles du «Framework Scrum» des méthodes Agile. Notre étude montre comment l'intégration des contrats intelligents au «Framework Scrum» améliore l'efficacité et la qualité de travail tout en réduisant les coûts grâce à l'automatisation des tâches.

**Mots-clés :** Organisations Décentralisées Autonomes (ODA) ; Contrats intelligents ; Blockchain; Gestion des projets ; Workflow distribué.

### Abstract:

Communication, synchronization, and control become key success factors for project management. Manual project management methods suffer from numerous losses due to the diversity of stakeholders, each of them operating with their own management rules that are most often incompatible with those required for the success of the project. Automating these methods with smart contracts and autonomous decentralized organizations (DAO) provides more flexibility, reliability, and synchronization, which significantly and qualitatively improves project management. This paper studies how Autonomous Decentralized Organizations can be applied in the management of IT projects, providing a more transparent and democratic governance model, as well as more efficient management of resources. We propose the concept of the DAO Factory which is a design pattern, of DAO for monitoring IT projects based on the rules of the Scrum framework of Agile methods. Our study shows how the integration of smart contracts into the Scrum framework improves efficiency and quality of work while reducing costs through task automation.

**Keywords:** Decentralized Autonomous Organizations (DAO); Smart contracts; Blockchain; Project management; Distributed workflow.

\*Auteur correspondant:

Adresse e-mail: [armand.atiampo@uvci.edu.ci](mailto:armand.atiampo@uvci.edu.ci) (A.K. Atiampo)

# 1 Introduction

La gestion de projet est devenue aujourd'hui un moyen essentiel pour planifier, évaluer, rationaliser et améliorer l'efficacité des entreprises. Elle permet aux entreprises de créer de la valeur ajoutée et de rester compétitives dans un environnement économique en mutation perpétuelle. Dans des secteurs clés tels la construction, l'agriculture, l'aérospatiale, les systèmes d'informations et l'industrie (la fabrication, le tourisme, etc), elle apparaît comme un des facteurs essentiels du succès commercial [1]. Cependant, les résultats d'études menées par le l'institut de gestion de projet (IGP) en anglais Project Management Institute (PMI) [2] révèlent que moins de 60% des projets analysés ont été livrés dans le budget prévisionnel, et le taux de réalisation des projets dans les délais est resté légèrement supérieur à 50%. Ces difficultés viennent du fait que la gestion des projets nécessite généralement la mise en œuvre de différents processus qui permettent implicitement de contrôler et de maîtriser les interactions entre les différents acteurs intervenant à différents niveaux de l'évolution du projet. De plus, dans le cas du secteur de l'industrie fortement axée sur la gestion de projet, le respect des indicateurs clés de performance (ICP) tels que le délai de livraison, la qualité et le coût du projet est primordial pour satisfaire les clients et maintenir une position concurrentielle [3]. Le flux de tâches restées encore manuelles et répétitives et la définition des ICP propres à chaque entreprise entraînant une diversité d'indicateurs, limitent parfois leur performance [3]. Afin d'accroître la productivité et répondre rapidement aux demandes des clients tout en maximisant la rentabilité, les entreprises intègrent de plus en plus les processus de digitalisation dans l'exécution pratique de leurs activités. L'essor de la technologie de la chaîne de blocs ou Blockchain en anglais, à partir de 2008 avec l'émergence du Bitcoin [4], et du protocole Ethereum en

2014 [5], ont montré la possibilité d'effectuer des transactions transparentes et fiables de façon décentralisée entre les différents acteurs sans nécessiter la présence d'une autorité tiers de certification à l'aide de protocoles cryptographiques. L'un des apports majeurs du protocole Ethereum [5] a été l'extension de l'utilisation des actifs numériques à la représentation numérique de n'importe quelle entité complexe contrairement à ceux du Bitcoin qui ne représentaient que des actifs simples tels que les monnaies et les devises. Ces actifs numériques sont gérés aux travers de codes informatiques appelés contrats intelligents ou smart contracts en anglais qui exécutent les règles éditées et validées par l'ensemble des nœuds de la blockchain. Cela a fait naître l'idée de remplacer la structure transversale hiérarchique traditionnelle des organisations par une approche collaborative et horizontale des interactions entre les différents acteurs. Cela a donné naissance à un nouveau type d'organisation appelé organisation décentralisée autonome (ODA) ou DAO anglais. Les règles de gouvernances dans ce nouveau type d'organisations sont automatisées au travers des contrats intelligents. Dans ce papier, nous proposons d'adapter les principes d'une approche collaborative et horizontale à la gestion et au suivi des projets informatiques. Pour ce faire, notre approche vise à construire une organisation décentralisée autonome définissant les règles communes que doivent suivre l'ensemble des acteurs intervenant dans la gestion d'un projet informatique. Cette organisation leur offrira aussi la possibilité de spécifier de façon automatique et limiter l'intervention humaine des règles spécifiques admises par consensus de l'ensemble des acteurs impliqués. Cette approche apportera les avantages suivants:

1. Décentralisation de la décision puisque dans notre organisation les décisions importantes sont prises par les différentes parties prenantes au projet au travers de votes. Les décisions sont mises en œuvre automatiquement au

travers des contrats intelligents et enregistrées sur la blockchain si elles atteignent un consensus.

2. Augmentation de la transparence dans la gestion des projets puisque toutes les décisions prises au cours du cycle de création du produit sont stockées de façon immuable sur la blockchain et consultables en temps réel par tous les acteurs impliqués dans le projet.
3. Automatisation accrue de l'exécution des tâches planifiées puisque les contrats intelligents permettent d'automatiser l'exécution des termes d'un accord sans nécessiter d'intervention humaine constante.
4. Réponse rapide aux changements car les ODA sont plus flexibles car les règles de gouvernance sont plus faciles à adapter en fonction des besoins spécifiques.

Ainsi, dans la fabrique ODA, les rôles, les privilèges et les tâches des acteurs définis par le framework Scrum ainsi que leurs interactions seront tous modélisés au travers des contrats intelligents.

La suite de ce papier est structuré de la façon suivante. Dans la section 2, nous passerons en revue les travaux antérieurs existant dans la gestion et le suivi automatisé des projets. La méthodologie et l'étude des principaux concepts de notre ODA sont présentées à la section 3. La section 4 présente les différentes étapes suivies dans ce travail de recherche pour la mise en œuvre d'un ODA de gestion de projets informatiques, tandis que la section 5 conclut cette étude.

## 2 Travaux antérieurs

Les projets, quelle que soit leur taille, engagent un certain nombre de participants, chacun ayant des intérêts potentiellement conflictuels dans la plupart des cas. Afin

de garantir le succès du projet, il est primordial de définir le rôle et le périmètre d'action de chacun des intervenants. Cela passe par la définition d'un ensemble de règles matérialisées par le contrat dont la négociation est une partie essentielle de l'activité professionnelle du chef de projet. L'Association internationale pour la gestion contractuelle et commerciale (IACCM), indique que dans les contrats inter-entreprises, près de 80% des contrats ne portent pas sur des problèmes juridiques mais plutôt sur les règles commerciales et financières à respecter [6]. Les auteurs de [7] montrent que les contrats peuvent également servir d'outils pour aligner les attentes, créer des incitations au succès, gérer la performance, l'incertitude et le risque. Ainsi, il apparaît que les contrats peuvent être utilisés comme outils de planification et de gestion de projets. Dans [8], les auteurs ont étudié la gestion des projets dans le cadre des entreprises de construction. Ils ont comparé plusieurs méthodologies de gestion des projets et ont fait ressortir une méthode en sept points ainsi que des comportements à adopter pour la réussite de tels projets. Cependant, l'approche proposée n'est pas extensible à un autre domaine et est influencée par le choix des indicateurs utilisés. Les auteurs de [8], proposent également un ensemble de références bibliographiques vers les différents aspects de l'approche traditionnelle de gestion des projets. Néanmoins, avec la manière traditionnelle de contracter un contrat, n'importe lequel des nombreux contrats impliqués peut être perdu, oublié, piraté, falsifié ou peut tomber entre de mauvaises mains ou être déshonoré. De plus, chaque fois qu'un type de réclamation, qu'il soit financier ou non, est présenté, il doit être vérifié manuellement par rapport au contrat spécifique avant d'être géré. L'idée d'une automatisation de la gestion des projets est née de l'initiative des entreprises d'approvisionnement d'avoir un moyen de garantir la traçabilité de leurs achats et ainsi réduire leurs coûts d'approvisionnement. En

effet, indépendamment de la complexité du projet et du type de projet, la gestion des achats joue un rôle crucial dans ce type d'entreprises. L'idée de l'utilisation des ODA dans la gestion des projets est une activité très récente. A notre connaissance, très peu d'études existent sur ce sujet. Les premières tentatives d'études étant pour la plupart au stade embryonnaire et beaucoup basées sur des mécanismes empiriques. Cela est dû au fait que la technologie Blockchain sous-jacente est encore au stade de maturation. Cependant, il faut noter des tentatives de formalisation de l'utilisation des ODA particulièrement dans la gestion des projets de construction. Ainsi, les auteurs dans [9] montrent comment l'utilisation de contrats intelligents, basés sur la technologie des registres distribués dans l'approvisionnement de projets, contribue à l'obtention d'avantages concurrentiels dans les entreprises axées sur la gestion et le suivi de projets. Dans [10], les auteurs étudient les possibilités d'utilisation de la blockchain comme outil de gestion de projet. Ils présentent ensuite un cadre méthodologique pour guider les responsables dans la mise en œuvre, ainsi que des patrons de conception afin de guider les chercheurs sur les décisions de conception de la blockchain. Ces patrons de conception intègrent la confidentialité, la transparence, la décentralisation, le type de blockchain et les décisions de plate-forme dans le domaine de la construction. Cependant, les principes ou paramètres évoqués sont spécifiques à la gestion de projet dans ce domaine d'activité. Dans [11], les auteurs expliquent le concept d'Organisations Décentralisées Autonomes (ODA) dans la gestion de projets de construction en examinant leurs fonctionnalités et la manière dont ils peuvent améliorer le flux de travail du projet. Des fonctionnalités telles que le vote sans tiers de confiance et la minimisation des interactions humaines dans les processus de projet incluant le déblocage des paiements, la révocation ou l'octroi de l'accès aux données

sont étudiées. Cependant, toutes ces études limitent leur cadre d'étude à un domaine d'application spécifique. Quant aux auteurs de [12], ils ont étudié la possibilité pour les blockchains d'améliorer les modèles existants dans un large éventail de domaines, y compris la gestion de projet. Ils ont également mis en œuvre le concept de preuve de travail blockchain [13] dans des domaines spécifiques de la gestion de projet. Le modèle a déployé un contrat intelligent sur une blockchain publique de test, système électro-optique SEO (EOS en anglais: Electro-Optical System), pour suivre les activités du projet et gérer les ressources du projet. Cependant, si ce modèle montre la faisabilité de l'utilisation des contrats intelligents et de la blockchain comme outils d'un ODA de gouvernance, l'utilisation de l'algorithme de la preuve de travail, qui demeure un algorithme nécessitant d'énormes ressources de calcul se présente comme une limite dans la généralisation d'une telle approche. Notre approche s'inspire de l'idée proposée par les auteurs de [12], de généraliser l'usage des blockchains et des ODA à n'importe quel type de projet notamment dans le domaine informatique. Notre méthode vise à proposer un ensemble d'outils génériques adaptables à n'importe quel projet informatique selon les besoins des concepteurs. Pour cela, nous allons utiliser les ODA de gouvernance et proposer un patron de conception qui nous permet de proposer une interface générique pour n'importe quel type d'utilisateur qu'il soit spécialiste ou non pour la mise en place de projets informatiques. Cette ODA s'appuie sur les principes de Scrum afin d'obtenir un cadre collaboratif performant, nécessitant un minimum d'intervention humaine. Ce cadre assure l'achèvement des projets selon des workflow et un canevas flexible et transparent. L'idée de s'appuyer sur Scrum [14] vient du fait que selon ses créateurs, le cadre de travail Scrum vise à favoriser une approche collaborative intelligente dans l'exécution d'activités complexes. Les ODA dont le but premier est

de créer un environnement collaboratif basé sur la blockchain, se présentent comme un des outils pouvant aider Scrum dans cet objectif. Dans notre modèle, tous les acteurs interfacent dans l'ODA au travers des contrats intelligents. Le propriétaire du produit ou product Owner n'est plus représenté par une seule personne comme dans l'approche Scrum traditionnelle mais plutôt par une équipe de personnes représentant les utilisateurs finaux, les clients et les développeurs. La tâche dévolue traditionnellement au Product Owner est désormais assurée par un membre de l'équipe appelé soumissionnaire. La planification et le suivi des tâches du Scrum Master sont automatisés par un contrat intelligent qui gère les interactions entre les différents acteurs et le processus d'exécution des tâches du début à la fin du projet. La validation et l'acceptation des tâches ainsi que celle des livrables, sont désormais consensuelles grâce à des mécanismes de vote par des jetons.

### 3 Méthodologie

La nouvelle approche proposée vise à intégrer des principes de décentralisation, de transparence et d'autonomie dans le processus de gestion et de suivi de projets informatiques par Scrum. Cela permettra d'offrir un cadre plus flexible aux changements durant la mise en œuvre du projet, de respecter les spécificités du projet et de gagner la confiance des parties prenantes du projet.

#### 3.1 Rôles et tâches des acteurs dans l' ODA

L'organisation décentralisée autonome (ODA) proposée se présente comme une organisation virtuelle mettant en relation plusieurs types d'acteurs intervenant à certains niveaux de l'évolution du processus du projet [15]. De ce fait, elle vise à apporter la flexibilité au projet en permettant des décisions plus rapides et en éliminant

la nécessité d'une autorité centrale. De plus, elle veut apporter une transparence accrue des opérations et une gestion plus décentralisée des ressources car elle s'appuie sur la blockchain. Enfin, par les contrats intelligents, elle vise à automatiser les tâches répétitives du projet basé sur Scrum. Cela est similaire à la philosophie agile de Scrum. Cette philosophie valorise la flexibilité et l'adaptabilité aux changements, recherche la transparence pour permettre une meilleure collaboration et prise de décision, des actions et, encourage également l'automatisation des tâches répétitives. La blockchain sur laquelle elle s'appuie joue un double rôle à savoir le protocole Blockchain qui définit les règles de fonctionnement du réseau blockchain et les services blockchain construits au travers des contrats intelligents. Le protocole Blockchain lui offre un réseau sécurisé cryptographiquement dans lequel les parties prenantes s'accordent au travers d'une consultation démocratique des moyens à exploiter, à gérer et faire évoluer l'organisation [16]. Les contrats intelligents quant à eux permettent de développer les services et les applications décentralisées favorisant les interactions entre les différents acteurs. Dans le cadre du développement des services blockchain, tous les acteurs intervenants sont modélisés par des contrats intelligents dont les règles de fonctionnement dépendent du périmètre d'action de chaque partie prenante au projet et d'un protocole Blockchain. Le protocole Blockchain prend en compte l'infrastructure réseau à mettre en œuvre ainsi que les algorithmes de consensus à utiliser et les jetons de gouvernance. Toutes les actions effectuées par les différents acteurs tout au long du cycle de vie du projet Scrum seront enregistrées sur la blockchain. Tous les actifs matériels, financiers et immatériels en particulier les droits de vote utilisés dans l'organisation seront représentés sous forme de tokens ou de jetons. L'économie, basée sur les jetons ou tokens, sert de fondement pour réaliser l'auto-fonctionnement,

l'auto-gouvernance et l'auto-évolution de l'organisation [17], [18]. Ainsi les rôles définis dans Scrum [14] et dans [19] seront représentés par des contrats intelligents. Ces rôles sont ceux du :

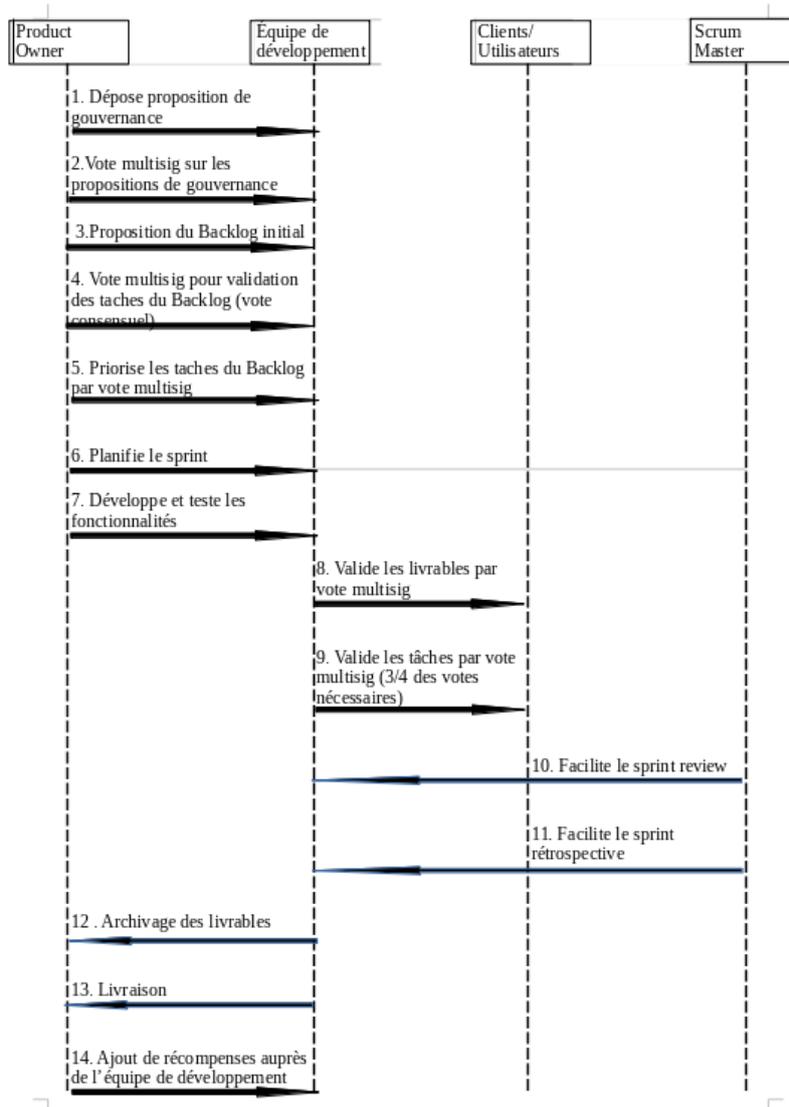
1. Product Owner (PO) ou Propriétaire du produit : le contrat intelligent le modélisant doit permettre la soumission de propositions d'éléments de Backlog, le vote sur les éléments de Backlog, ainsi que la définition des critères d'acceptation des éléments de Backlog.
2. Scrum Master ou Maître de mêlée: Le Scrum Master a la responsabilité de veiller à ce que l'équipe suive les principes et les pratiques Scrum. Le contrat intelligent le caractérisant doit disposer de fonctionnalités lui permettant la facilitation des événements Scrum en particulier la planification des sprints et leur suivi, la résolution des conflits, le soutien de l'équipe Scrum.
3. Équipe de Développement: L'équipe de développement est composée de professionnels qui réalisent le travail nécessaire pour livrer un incrément de produit potentiellement livrable à la fin de chaque sprint. Leur contrat intelligent doit leur permettre de travailler sur les tâches liées aux éléments de backlog, d'effectuer la mise à jour de l'état des tâches, et la participation aux événements Scrum.
4. Stakeholders (utilisateurs et les clients): Les stakeholders sont les parties intéressées qui ont un intérêt dans le projet. Cela peut inclure des clients, des utilisateurs finaux, des managers, des responsables de produit, etc. Ils fournissent des retours, des exigences et sont impliqués dans la validation des livrables. Leur contrat intelligent doit leur permettre de

fournir des feedbacks sur le produit, participation aux événements Scrum.

Tous ces acteurs sont regroupés au sein d'une équipe autonome qui est l'équivalent dans l'ODA de la team Scrum dans le monde physique. Au sein d'un projet, il peut y avoir une ou plusieurs équipes autonomes qui interagissent au travers de contrats intelligents. Contrairement à l'approche du Scrum classique tel que défini dans [14], dans notre approche le Product owner n'est pas représenté par une seule personne, mais peut être une entité comprenant plusieurs personnes physiques ou morales, qui se mettent d'accord sur les spécificités du produit grâce à un mécanisme de vote participatif. La Figure 1 illustre au travers du diagramme des séquences UML de notre approche les interactions entre le product Owner, l'équipe de développement, les parties prenantes que sont les utilisateurs, les clients et, le Scrum Master. Ce diagramme montre que les décisions sont prises en total transparence par les acteurs impliqués dans le projet. Ce diagramme montre aussi que le nouveau processus s'intègre pleinement dans la chaîne de fonctionnement de Scrum et garantit ainsi l'accomplissement de bout en bout des objectifs fixés.

Les événements Scrum [14], [19] font également l'objet de contrats intelligents. Ainsi nous définissons:

1. Le Sprint Planning: il est déclenché périodiquement, ou activé par un vote des membres de l'ODA, pour ouvrir une période de proposition et de sélection des éléments de backlog pour le prochain sprint. Pendant le sprint planning, il y a soumission de propositions d'éléments de backlog par les membres, suivi d'un vote par les jetons de l'ODA pour sélectionner les éléments.
2. Le Sprint: le contrat intelligent le représentant doit contenir son objectif, sa durée, sa date de début et sa date de fin. Durant son exécution,



**Fig. 1.** Diagramme de séquence UML des interactions entre les différents acteurs de notre approche.

- les développeurs associés aux smart contracts appropriés travaillent sur les tâches liées aux éléments de backlog. Les mises à jour de progression et les éventuels blocages sont signalés via des transactions sur les smart contracts.
- 3. Daily Scrum: contrat intelligent automatisé quotidien ou à intervalles prédéfinis, qui gère les interactions entre smart contracts des développeurs. Les contrats intelligents représentant les développeurs mettent à jour leur statut et informent des blocages ou

- des changements de priorité.
- 4. Sprint Review: ce contrat intelligent est déclenché à la fin du sprint, permettant aux membres de l'ODA de passer en revue les résultats du sprint et de fournir des commentaires. Au cours de son exécution, les smart contracts présentent les éléments de backlog terminés et leurs résultats. Les membres votent sur l'acceptation ou le rejet des éléments livrés. Des commentaires et des suggestions d'amélioration sont enregistrés dans le système.
- 5. Sprint Retrospective: contrat intelli-

gent déclenché à la fin du sprint, il permet aux membres de l'ODA d'analyser les processus et les pratiques du sprint et de proposer des améliorations. Les membres discutent des points forts et des points faibles du sprint via un forum ou un vote. Des propositions d'amélioration du processus Scrum ou des outils utilisés sont enregistrées dans le système.

Les tâches ainsi que les livrables doivent être également modélisés sous forme de contrat intelligent. Ce contrat intelligent modélisant la tâche doit comprendre obligatoirement les champs suivants: un identifiant qui définit de façon unique son titre, une description de la tâche, les critères d'acceptation de la tâche, la priorité de la tâche ainsi que l'état de la tâche (en cours, terminée, acceptée, archivée). La création de la tâche est déclenchée par un événement Scrum, tel que le Sprint Planning. Elle est attribuée soit par le Product Owner ou le Scrum Master en fonction des compétences et de la disponibilité des développeurs. La mise à jour de son état pourrait être effectuée par le développeur ou par le Scrum Master. La livraison de la tâche pourrait être effectuée par le développeur une fois que la tâche est terminée conformément aux critères d'acceptation. L'acceptation de la tâche pourrait être effectuée soit par le Product Owner soit par le Scrum Master. L'archivage de la tâche est effectué automatiquement une fois que la tâche est acceptée. Quant au livrable, le contrat intelligent le modélisant doit contenir les champs suivants: son état (à faire, en cours, accepté, rejeté, terminé), sa date de livraison ainsi que l'ensemble des tests effectués pour sa validation. Tous les nouveaux livrables sont dans l'état "à faire". Il passe ensuite à l'état "en cours" lorsqu'un développeur commence à travailler sur le livrable. Une fois qu'il est terminé conformément aux critères d'acceptation, il passe dans l'état "terminé". Après examen par le Scrum Master ou le Product owner ainsi que les stakeholders, il

est soit "Accepté" s'il satisfait les conditions requises ou "Rejeté" sinon au terme d'un processus de vote. Il faut noter que la tâche est rattachée au sprint alors qu'un livrable est rattaché à une tâche. Une tâche afin qu'elle soit validée nécessite que les livrables qui lui sont rattachés soient tous validés. En l'occurrence dans nos projets informatiques, les livrables représentent les codes sources des différentes fonctionnalités ainsi que les tests unitaires qui leurs sont associés.

### 3.2 Carnet de produit ou Backlog product

En plus des tâches et des livrables, le produit Backlog ou Backlog Product doit être lui aussi modélisé dans un contrat intelligent. En effet, dans un projet Scrum, il est un artefact clé dans la méthodologie. Il représente une liste dynamique et priorisée de toutes les fonctionnalités, améliorations, corrections de bugs, et autres éléments qui pourraient être nécessaires pour un produit. Le Backlog produit évolue constamment pour refléter les besoins changeants du produit et les retours d'utilisateurs. Les fonctionnalités du produit Backlog sont fonction du produit logiciel à mettre en place. Cependant, certaines spécificités seront communes à tous les projets informatiques basés sur Scrum. Ainsi le contrat intelligent le caractérisant doit contenir les fonctionnalités suivantes :

1. Les membres de l'ODA doivent pouvoir faire des propositions de gouvernance qui suggèrent des changements dans les règles, les paramètres ou les fonctionnalités de l'ODA. Ces propositions peuvent inclure des améliorations, des ajustements des règles de vote, etc.
2. Les tâches contenues dans le Backlog sont représentées par des instances de contrats intelligents. Il fournit les fonctionnalités de gestion des dépendances entre les tâches.

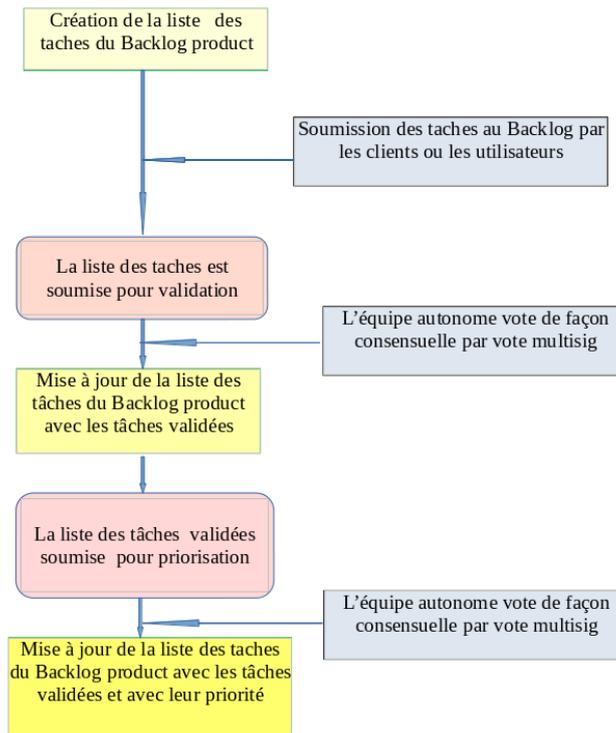
3. le contrat intelligent intégrera des fonctionnalités liées aux mécanismes de vote. Ces mécanismes de vote seront utilisés pour la priorisation des tâches ainsi que leur validation. Dans notre projet, ce sera le vote multi-signature qui sera utilisé pour rendre les processus de vote plus accessibles, transparents et résilients.
4. Un tableau de bord de la gouvernance pourrait être une fonctionnalité pour permettre aux membres de suivre et comprendre les propositions en cours, les résultats des votes, et l'état général de l'ODA.
5. Un système de commentaires pour fournir des commentaires sur les fonctionnalités doit être intégré.

En plus de ces fonctionnalités, d'autres fonctionnalités pourront être ajoutées comme la mise en place d'un système de récompenses des acteurs pour les inciter à une participation plus accrue à l'ODA. Le processus de mise à jour du backlog est illustré à la Figure 2. Dans cette figure, L'utilisateur ou le client soumet une tâche au backlog en envoyant un message au soumissionnaire. Le soumissionnaire reçoit le message et crée une nouvelle tâche dans le Backlog. Les tâches sont validées par un vote multisig ou multisignature par l'équipe autonome. La validation des tâches est un processus qui permet de s'assurer que les tâches sont prêtes à être développées. Les tâches validées sont celles qui sont suffisamment claires, concises et liées à un objectif ou à une fonctionnalité spécifique. Par la suite, la liste des tâches est soumise au processus de priorisation par vote multisignature. La priorité d'une tâche est proportionnelle au nombre de signatures obtenues. Il est nécessaire de définir un seuil minimal de vote afin de pouvoir valider un vote. Il faut noter que la priorité de la tâche dépend de son importance dans l'accomplissement et la réussite du projet. Enfin, la liste des tâches du Backlog est mise

à jour avec l'ensemble des tâches validées et rangées selon leur priorité.

### 3.3 Protocole Blockchain

Dans la nouvelle approche d'organisation décentralisée autonome de gestion et de suivi des projets Scrum, la blockchain joue le rôle de systèmes de bases de données distribuées et fournit un environnement de travail collaboratif nécessaire puisqu'elle autorise une transparence accrue en enregistrant les modifications apportées aux exigences, les mises à jour du code source. Chaque transaction est enregistrée de manière à créer un historique immuable et est accessible à tous les participants du projet en fonction des droits et des permissions accordées. De plus, les mécanismes de votes favorisant la prise de décision collégiale et par consensus sont mis en œuvre par la mise en place de jetons. En plus, elle repose également sur une infrastructure réseau de type pair-à-pair qui permet de construire une architecture spécifique et facilite son intégration avec l'architecture existante et son interaction avec le monde extérieur par les oracles. Pour ce faire, il est nécessaire de bâtir une infrastructure physique de blockchain de consortium et développer des services au travers des contrats intelligents visant à garantir le fonctionnement de notre ODA pour la gestion et le suivi des projets Scrum. Ce type de blockchain est adaptée à notre organisation décentralisée contrairement aux blockchains publiques tel qu'Ethereum [5], car elle est contrôlée par un nombre restreint de participants. Les algorithmes de consensus sont plus efficaces puisqu'ils nécessitent désormais moins de puissance de calcul. Les algorithmes de consensus peuvent être la preuve d'enjeu (proof-of-stake en anglais) ou la preuve d'autorité (proof-of-authority en anglais). L'autre aspect important à prendre en compte lors de la gestion et du suivi de projets Scrum par les ODA est la gouvernance.



**Fig. 2.** Processus de mise à jour du Backlog product.

### 3.3.1 Gouvernance et jetons

Une bonne gouvernance permet de s'assurer que les décisions prises par les parties prenantes concourent à la réussite du projet et crée un climat de confiance entre les différents acteurs. Le pouvoir décisionnel dans notre ODA est représenté par la possession de jetons. Ces jetons peuvent être soit des jetons fongibles définis selon la norme ERC-20 [20], soit des jetons non fongibles définis selon la norme ERC-721 [21] et représentés par des contrats intelligents qui lient les actifs numériques auxquels ils se réfèrent à leurs propriétaires. Les jetons ou tokens offrent à leurs détenteurs le pouvoir de décider au travers de votes et d'influer sur les orientations prises dans la conduite du projet. Ils peuvent également servir de moyen de rémunération financière au travers des oracles sortants pour les acteurs externes ou pour faire le lien avec le monde physique et réel. Dans notre approche, ils seront principalement utilisés lors de sprint Scrum afin de valider la fin d'une tâche et désigner la tâche suivante, lors de l'évaluation des livrables

et lors de la définition des tâches du Backlog product. Ils serviront également comme moyen de récompense de la participation des acteurs à la réussite du projet. Dans notre organisation, les jetons sont classés en trois catégories principales à savoir:

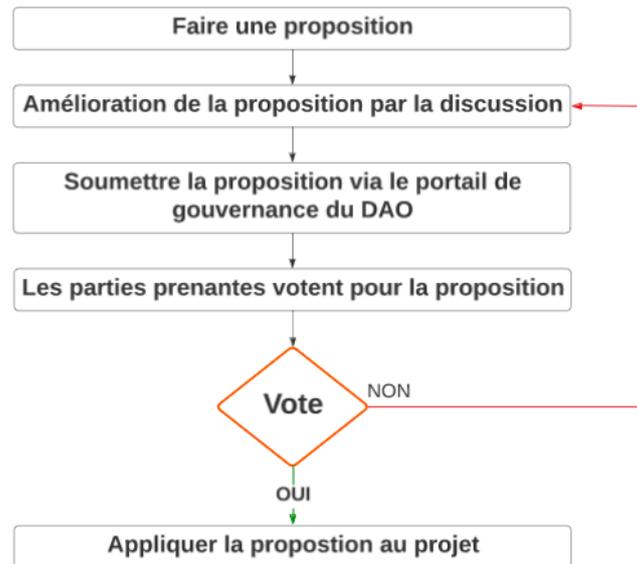
1. Les jetons de gouvernance qui donnent aux détenteurs le pouvoir de voter sur les décisions importantes concernant la ODA, telles que les changements de gouvernance, les dépenses et les nouveaux membres. Ces jetons sont souvent utilisés pour créer un sentiment de propriété et d'engagement parmi les membres de la ODA.
2. Les jetons de récompense sont utilisés pour récompenser les membres de la ODA pour leur contribution au projet. Ces jetons peuvent être utilisés pour payer les membres pour leur travail, les inciter à participer à des activités spécifiques ou à récompenser les bons comportements.
3. Les jetons utilitaires donnent aux dé-

tenteurs accès à des fonctionnalités ou des services spécifiques offerts par l'ODA. Ces jetons peuvent être utilisés pour accéder à des produits ou services, pour voter les décisions de la ODA ou pour participer à des événements.

La Figure 3 illustre le processus de validation d'une tâche dans un sprint Scrum dans notre ODA. Cette figure montre que chaque tâche à valider est soumise au travers d'un portail à l'ensemble des acteurs disposant des droits de vote pour cette tâche. Les acteurs disposant des jetons de gouvernance votent. Une majorité absolue des  $\frac{3}{4}$  des votes est nécessaire pour la validation d'une tâche. Dans le cas contraire, la tâche est considérée comme inachevée, discutée, si possible améliorée et est soumise à nouveau pour un vote à l'initiative du Scrum Master. En cas de vote positif, la tâche passe à l'état archivé et est enregistrée sur la blockchain, la tâche suivante définie dans le Backlog product et dans le planning Scrum est alors automatiquement lancée.

L'émission de jetons est de la responsabilité du Product Owner, ou du Scrum Master. Dans tous les cas, l'émission de jetons doit être conforme aux règles de gouvernance de l'ODA. Ces règles définissent le type et le nombre de jetons qui peuvent être émis et les conditions dans lesquelles les jetons peuvent être émis. Les jetons seront principalement utilisés lors des processus de vote afin de valider une tâche ou une action effectuée au cours du cycle de vie du projet Scrum. Les auteurs de [22] ont montré que plusieurs stratégies de vote existent et dépendent de la nature du projet et sont gérées par les jetons ou tokens. Cependant, il n'y a pas de stratégie idéale [22] et le choix doit être effectué sur des critères tels que l'importance de la décision, la taille de l'ODA ou la culture de l'ODA. Les décisions importantes, telles que la priorisation des éléments de Backlog ou l'acceptation des livrables, peuvent nécessiter une stratégie de vote plus solide, telle que le vote à la majorité qualifiée ou le vote

consensuel. De même, les ODA de grande taille peuvent nécessiter une stratégie de vote plus efficace, telle que le vote à la majorité qualifiée ou le vote pondéré tandis que certaines ODA peuvent préférer des stratégies de vote plus participatives, telles que le vote consensuel ou le vote secret. Une autre stratégie émergente est le vote multisignature ou multisig introduit en 2011 et utilisé pour la gouvernance d'un ODA de construction par [23]. Le vote multisig est un type de vote numérique qui nécessite plusieurs signatures numériques sur un ensemble prédéfini de signatures pour être validé. Cela peut être utilisé pour créer un système de vote sécurisé et décentralisé dans une blockchain de type consortium [23]. Dans le cadre de notre approche, le vote multisig est utilisé pour : la priorisation des éléments de backlog: Le vote multisig est utilisé pour permettre aux membres de l'équipe autonome de voter sur la priorité des éléments de backlog. Cela peut aider à garantir que les éléments les plus importants sont développés en premier; l'attribution des tâches: Le vote multisig est utilisé pour permettre aux membres de l'ODA de voter sur l'attribution des tâches aux développeurs. Cela peut aider à garantir que les tâches sont attribuées aux personnes les plus qualifiées pour les effectuer; l'acceptation des livrables: Le vote multisig peut être utilisé pour permettre aux membres de la DAO de voter sur l'acceptation des livrables. Cela peut aider à garantir que les livrables répondent aux exigences des utilisateurs. Pour utiliser le vote multisig, nous allons créer un contrat intelligent qui définit les règles du processus de vote. Ce contrat intelligent spécifie le nombre de signatures requises pour approuver une décision, ainsi que les identités des personnes autorisées à voter. il ne pourra être lancé qu'à l'initiative du Scrum Master ou du product Owner représenté par son soumissionnaire. Lorsque une décision doit être prise, une proposition est soumise au contrat intelligent via un portail dédié. La proposition peut être n'importe quoi, d'une



**Fig. 3.** Processus de validation d'une tâche dans un sprint Scrum [11].

demande de dépenses à un changement dans les règles de gouvernance de notre ODA. Une fois la proposition soumise, les personnes autorisées à voter peuvent la consulter et voter. Si suffisamment de voix sont exprimées en faveur de la proposition, elle sera exécutée par le contrat intelligent. Si ce n'est pas le cas, la proposition sera rejetée. La possibilité d'ajuster le seuil d'acceptation d'une tâche ou d'une action permet de définir une politique de sécurité et de transparence flexible en fonction de l'importance de l'action à mener et du niveau de consensus voulu. Ainsi pour les décisions concernant la priorisation des tâches définies dans le Backlog, la règle d'acceptation d'une tâche nécessite un consensus de tous les acteurs impliqués, tandis que la terminaison et la validation d'une tâche de sprint nécessite l'acceptation des  $\frac{3}{4}$  des acteurs impliqués dans sa réalisation.

### 3.3.2 Oracles

Dans la technologie blockchain, les oracles sont des sources d'informations externes qui sont intégrées dans la blockchain. Ils permettent aux applications décentralisées d'interagir avec le monde réel et sont principalement appelés par les équipes de développeurs en fonction des besoins spécifiques du projet. Le Scrum Master peut

également les appeler si le besoin se fait sentir. Dans notre approche, les oracles seront utilisés pour permettre aux contrats intelligents d'adapter leurs comportements à des acteurs externes pouvant intervenir dans la réalisation du projet. Les oracles peuvent être logiciels ou physiques. Les oracles logiciels permettent de récolter des informations provenant de sites internet de confiance. Les oracles physiques quant à eux, fournissent des informations provenant de capteurs physiques, tels que des capteurs de mouvement ou des puces RFID. Il existe également des oracles sortants qui permettent d'envoyer des données issues de la blockchain au monde extérieur. La sécurité du fonctionnement de la blockchain passe par la garantie de la fiabilité des informations issues du monde extérieur. Les informations en provenance des oracles sont issues d'un vote consensuel à partir de plusieurs sources de données. Les oracles sont regroupés au sein d'un réseau décentralisé appelé Decentralized oracle network (DON) afin de relayer les informations externes vers la blockchain. La Figure 4 illustre le principe de fonctionnement des oracles entrants. Dans la Figure 4, les oracles sont des contrats intelligents qui récoltent des informations en provenance des sources ex-

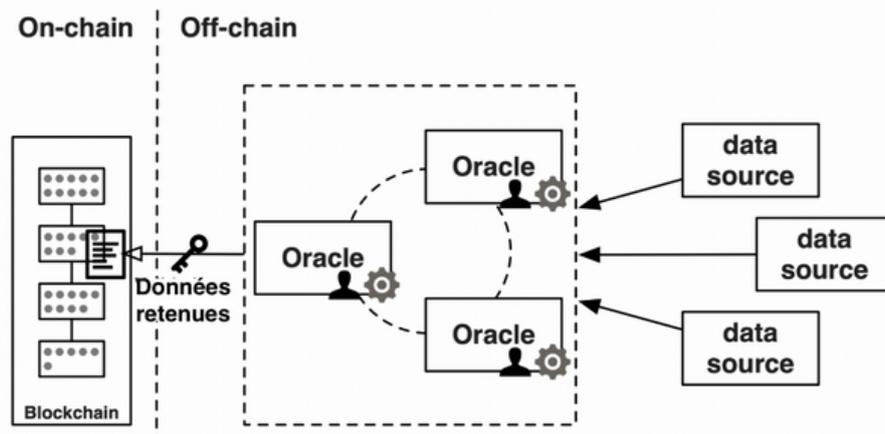


Fig. 4. Principe des oracles entrants.

ternes, généralement de sites Internet de confiance. Les informations collectées par ces oracles sont validées par l'équipe autonome par un vote consensuel. Les données validées sont ensuite enregistrées sur la blockchain et sont disponibles pour tous ceux des membres de l'équipe autonome qui en ont besoin.

## 4 Mise en œuvre de la fabrique ODA de gestion de projets informatiques

La section présente est consacrée à la mise en place de notre fabrique ODA de gestion des projets informatiques selon Scrum [24]. L'ODA ainsi construite fournira un patron de conception ainsi qu'un mécanisme d'automatisation de création et de gestion des tâches nécessaires à l'accomplissement de projets informatiques. Notre ODA vise à développer une nouvelle application logicielle afin d'améliorer la gestion des tâches dans les équipes de développement Scrum. Sa réalisation pratique débute par la mise en oeuvre de la blockchain de consortium, puis ensuite par le développement des services au travers de contrats intelligents.

### 4.1 Hypothèses d'expérimentation

Pour développer une blockchain de consortium, les auteurs de [25] ont montré que la plate-forme Hyperledger Fabric (HLF) est adaptée car elle convient aux transactions complexes lors de la création d'un projet informatique basé sur Scrum et aux exigences commerciales. Dans notre projet, toutes les parties prenantes de l'organisation décentralisée à savoir, les clients, les utilisateurs, les équipes de la Scrum team seront toutes dans un même canal afin de partager l'ensemble de leurs informations au travers d'un registre distribué commun et unique. Afin de simuler une blockchain de consortium avec hyperledger, nous avons utilisé deux machines virtuelles tournant sur une machine physique équipée de processeur Intel core i7 11800 H de 16 Go de RAM, avec pour système d'exploitation linux Ubuntu 22.04. Le conteneur Docker version 24.0.5 est utilisé pour configurer les contrats intelligents appelés chaincodes dans hyperLedger. La version d'hyperledger Fabric utilisée pour notre environnement de blockchain de consortium est la version 2.5.4. Le langage de développement de nos contrats intelligents est le langage Go. Les interfaces utilisateurs sont écrites en Javascript plus précisément avec node.js.

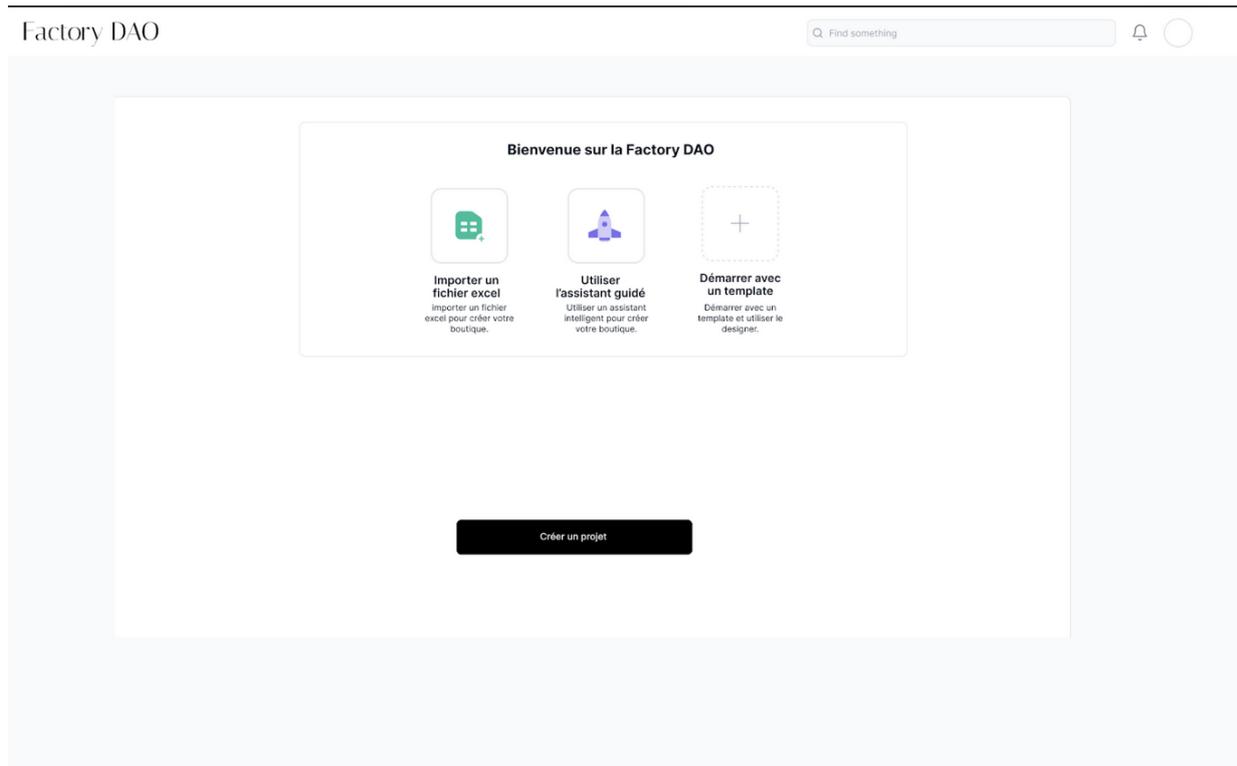


Fig. 5. Interface d'accès aux oracles.

## 4.2 Processus de création d'une ODA à partir de la fabrique ODA

Une fois la configuration de l'environnement effectuée avec hyperLedger, nous devons concevoir les chaincodes nécessaires au bon fonctionnement de notre ODA. Plus spécifiquement, nous allons nous concentrer sur les fonctionnalités de la couche métier de notre application et présenter quelques captures d'écrans. En effet, en plus de développer des chaincodes, il faut prévoir le développement d'interfaces conviviales en JavaScript plus particulièrement avec Node.js. Le processus de création pratique se décompose en 4 étapes principales.

1. **Création et lancement du contrat intelligent Fabrique ODA** Cette première étape consiste à créer et à lancer un contrat intelligent que nous appelons "fabrique ODA". Ce contrat intelligent joue le rôle de programme principal et fonctionne en arrière plan jusqu'à ce que le projet soit terminé.

Ce contrat intelligent définit les rôles et les responsabilités des participants, les adresses de portefeuille multisig des différents intervenants impliqués dans l'ODA et le calendrier du projet. Chaque acteur du projet le Scrum Master, le product Owner, les équipes de développeurs, les oracles sont des instances de contrats intelligents. Une interface utilisateur sous forme d'une page Web dynamique est mise à la disposition du développeur contenant la structure minimale de l'ODA et fournissant les outils nécessaires pour la création de l'ODA.

2. **Démarrage du projet** La seconde étape permet à l'équipe projet initiale de spécifier les règles de gouvernance de l'ODA. Pour ce faire, les membres de l'organisation accèdent à l'interface de la fabrique ODA via une application web ou mobile. Ils y spécifient les termes et les conditions de l'organisation ou d'un projet, y compris le nombre de votes

nécessaires pour prendre des décisions et d'autres paramètres. Ensuite, le développeur initial lance l'ordre de validation des termes du contrat et chacun des intervenants concernés reçoit une notification pour confirmer les termes et les conditions ainsi que leurs rôles respectifs. Une fois que tous les intervenants ont confirmé, les termes sont enregistrés dans un contrat intelligent et l'ordre de création de l'organisation est alors lancé. Une instance de l'ODA est automatiquement créée par fabrique ODA avec les différents paramètres mentionnés. Dans cette même étape, les membres de l'équipe autonome par l'entremise du soumissionnaire définissent et valident les tâches contenues dans le Backlog Product. Les participants commencent à travailler sur les tâches du projet. Les tâches sont gérées à l'aide d'un tableau Scrum, un outil visuel qui aide à suivre l'avancement du projet. Le tableau Scrum est divisé en trois (3) colonnes :

- (a) En cours: Les tâches qui sont en cours de développement.
- (b) Terminées : Les tâches qui sont terminées.
- (c) À faire : Les tâches qui doivent encore être commencées.

A cette étape, notre contrat intelligent peut interagir avec le monde extérieur au travers des oracles. La figure 6 illustre une ensemble de sites de référence servant d'oracles pour notre projet. En plus des oracles, le contrat intelligent peut également tirer parti des intégrations avec des systèmes tiers (3rd party) pour enrichir ses fonctionnalités. Par exemple, des plateformes de gestion de projet telles que Trello ou Monday pourraient être intégrées, permettant ainsi à la l'application d'accéder à des outils de

suivi et de collaboration déjà établis. Une fois l'ODA créée, le Scrum Master, peut alors ajouter des projets comme illustré à la figure 5.

3. **Rétrospectives de sprint** À la fin de chaque sprint, les participants se réunissent pour une rétrospective afin de discuter de l'avancement du projet et de faire des ajustements si nécessaire. La rétrospective du sprint est une occasion pour les participants de partager leurs réflexions et leurs suggestions sur la façon d'améliorer le processus. Les tâches terminées sont validées par vote multisig, puis elles passent à l'état archivé avant d'être retirées de la liste des tâches. Les tâches suivantes sont alors mises à la disposition des équipes de développeurs.
4. **Fin du projet** Le projet se termine lorsque toutes les tâches sont terminées. Les participants peuvent ensuite célébrer leur succès et réfléchir aux leçons apprises.

## 5 Conclusion

La gestion de projet occupe désormais une place centrale dans le monde des entreprises modernes. Elle leur permet de garantir leur capacité à livrer des projets inclusifs et réussis. Tout en naviguant à travers divers risques, elle est devenue cruciale pour rester compétitif sur le marché. Dans cette étude, nous nous sommes intéressés à la réalisation d'une ODA pour la gestion des projets informatiques. L'approche proposée nous a conduit à définir un patron de conception de l'ODA qui intègre les spécifications de la méthode Agile. Une fois que le patron de conception est appelé, il fournit une interface nécessaire afin de permettre une ODA représentant l'ensemble des participants aux projets et automatise l'ensemble des tâches spécifiées dans la méthode Agile pour l'exécution d'un projet informatique.

## Références bibliographiques

- [1] J.R. San Cristóbal, E. Diaz, L. Carral, J.A. Fraguera, G. Iglesias, Complexity and project management: Challenges, opportunities, and future research, *Complexity* (2019).
- [2] PMBOK Sixth Edition, A guide to the project management body of knowledge, Project Management Institute, Pennsylvania (2018).
- [3] C. Chen, *Value chain supply procurement strategies in international construction*, *Management Decision* 54(2) (2016) 501-521.
- [4] S. Nakamoto, *Bitcoin whitepaper*. URL: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> (:17.07.2019) (2019).
- [5] V. Buterin, *A next-generation smart contract and decentralized application platform*, White paper 3(37) (2014) 2-1.
- [6] M. Gouin, *Smart contracts for project managers-Boom or bust*, *PM World Journal* 7 (1985).
- [7] H. Ghaapio, *An ounce of prevention—contracting for project success and problem prevention*, Project Management Institute (PMI) Global Congress (2007).
- [8] R. Elidrissi, Which Contract Management technique can help make a project successful in the construction industry? (2019).
- [9] E. Özkan, N. Azizi, O. Haass, *Leveraging smart contract in project procurement through DLT to gain sustainable competitive advantages*, *Sustainability* 13(23) (2021) 13380.
- [10] R. Sonmez, F.Ö. Sönmez, S. Ahmadisheykhsarmast, *Blockchain in project management: a systematic review of use cases and a design decision framework*, *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing* (2021) 1-15.
- [11] M. Darabseh, J.P. Martins, Construction DAO for improved project management and stakeholders engagement, In 4<sup>o</sup> congresso português de Building Information Modelling vol. 2-ptBIM (2022).
- [12] E. Amoah, J.Y. Oh, *Blockchain adoption in project management*, *Issues in Information Systems* 22(4) (2021) 143-156.
- [13] A. Meneghetti, M. Sala, T2516-0281,2020.aufer, D, A survey on pow-based consensus, *Annals of emerging technologies in computing (AETiC)*, Print ISSN, 2516-0281 (2020).
- [14] K. Schwaber, Scrum development process, *Proceedings of the 10th Annual ACM Conference on Object-Oriented Programming Systems, Languages and Applications OOPSLA, Texas, USA* (1995) 117-134.
- [15] C. Santana, L. Albareda, *Blockchain and the emergence of Decentralized Autonomous Organizations (DAOs): An integrative model and research agenda*, Elsevier 182 (2022) 121806.
- [16] Y.Y. Hsieh, J.P.J. Vergne, S. Wang, The internal and external governance of blockchain-based organizations: Evidence from cryptocurrencies. Dans "Bitcoin and beyond", Routledge (2017) 48-68.
- [17] M. Singh, S. Kim, Blockchain technology for decentralized autonomous organizations. Dans "Advances in computers", Elsevier 115 (2019) 115-140.
- [18] S. Wang, W. Ding, J. Li, Y. Yuan, L. Ouyang, F. Wang, *Decentralized autonomous organizations: Concept, model, and applications*, *IEEE Transactions on Computational Social Systems* 6(5) (2019) 870-878.
- [19] R. Dixit, B. Bhushan, Scrum: An Agile software development process and

- metrics. Dans "Journal on Today's Ideas-Tomorrow's Technologies" 7(1) (2019) 74-87.
- [20] F. Vogelsteller, V. Buterin, Eip-20: Erc-20 token standard, ethereum improvement proposals, no. 20 (2015).
- [21] W. Entriken, D. Shirley, J. Evans, N. Sachs, EIP-721: Non-Fungible Token Standard, Ethereum Improvement Proposals, no. 721 (2018).
- [22] DAO Voting Mechanisms and Systems: A Deep Div. <https://blog.xdao.app/unleashing-the-power-of-dao-voting-a-deep-dive-into-dao-voting-mechanisms-and-systems-4d4ece7aed36> (Consulté le 09/09/2023).
- [23] Y. Xiao, P. Zhang, Y. Liu, *Secure and efficient multi-signature schemes for fabric: An enterprise blockchain platform*, IEEE Transactions on Information Forensics and Security 16 (2020) 1782-1794.
- [24] T. Langer, P. Vaněček, *Agile methods in techstartup*, IMEA 63 (2012).
- [25] B. Zhong, H. Wu, I. Ding, H. Luo, Y. Luo, X. Pan, *Hyperledger fabric-based consortium blockchain for construction quality information management*, Frontiers of engineering management 7(4) (2020) 512-527.