

Projet YES N°3612

JUNIA - CRYPTOJETONS

14/10/24 – 17/01/25

Client commanditaire : JUNIA - CHENEVERT Gabriel

Coach : CHENEVERT Gabriel

Membres de l'équipe :

WATTINNE Benoît – Domaine cybersécurité

MARTIN Justin – Domaine cybersécurité

BOUCHAUDON Pierre – Domaine cybersécurité

SOUFFLET Albane – Domaine cybersécurité

TALLEUX Nils – Domaine cybersécurité

BURCKEL Maxime – Domaine cybersécurité

Année 2024/2025

Remerciements

Nous souhaitons exprimer nos remerciements à M. Chênevert, responsable du département Mathematics & Computer Science à JUNIA, pour son soutien tout au long de ce projet. En combinant son rôle de représentant de l'entreprise cliente avec celui de coach de projet, il a su nous guider avec expertise et pertinence, tout en favorisant notre progression et en enrichissant notre expérience projet. Ce travail, étant la troisième itération d'une initiative amorcée par des équipes d'étudiants précédentes, a bénéficié de la connaissance approfondie de M. Chênevert des travaux antérieurs. Son point de vue a donc été essentiel pour orienter nos décisions et assurer une cohérence dans la poursuite des objectifs fixés.

Sommaire

1. Introduction.....	4
2. Contexte	5
2.1 Le client : JUNIA	5
2.2 Problématique	6
3. Management de projet.....	7
3.1 L'équipe de projet.....	7
3.2 Mode d'organisation d'équipe	8
4. Méthodologie	12
4.1 Documentation et état de l'art	12
4.2 Analyse de l'état du projet de base	13
4.3 Application de la méthode Agile	14
5. Résultats.....	15
5.1 Noeud	15
5.2 Portefeuille	16
5.2 Télémétrie	17
6. Difficultés rencontrées	19
7. Conclusion.....	21
8. Annexes.....	22

1. Introduction

Dans un monde en pleine transition numérique, où la technologie transforme les interactions sociales, économiques et institutionnelles, la blockchain émerge comme une technologie clé. Son rôle ne se limite pas à la sécurisation et à la traçabilité des processus, mais s'étend à la simplification de mécanismes souvent complexes, tout en garantissant transparence et confiance. Face à ce potentiel, des secteurs variés explorent les opportunités offertes par la blockchain, en particulier celui de l'enseignement supérieur, où l'innovation technologique joue un rôle important dans la formation des ingénieurs de demain.

Dans cette optique, des institutions comme JUNIA, grande école d'ingénieurs, explorent activement le potentiel de cette technologie. L'établissement a décidé d'intégrer cette avancée technologique au sein de ses pratiques académiques à travers le projet cryptojetons. Ce travail, qui est loin d'être une réponse à un besoin opérationnel immédiat, incarne plutôt une vision stratégique de l'établissement qui vise à positionner JUNIA comme un acteur majeur dans l'adoption des technologies émergentes. En créant un environnement propice à l'expérimentation et à l'apprentissage, l'école permet à ses étudiants d'approfondir leurs connaissances sur des concepts novateurs tels que les smart contracts, les systèmes décentralisés et la gestion de transactions sécurisées.

Le projet cryptojetons consiste à développer une solution transactionnelle décentralisée, unique, transparente et sécurisée, adaptée aux besoins internes de l'établissement. Celle-ci permettra de gérer des interactions quotidiennes telles que les paiements pour des services, des votes, la gestion des points académiques ou encore la participation à des événements associatifs, grâce à une interface utilisateur conviviale et accessible.

Ce rapport offre une analyse complète du contexte dans lequel ce projet a été développé en présentant ses objectifs, les méthodologies adoptées et les résultats obtenus. Il met en lumière la contribution de chaque membre de l'équipe projet, tout en exposant également les difficultés auxquelles nous avons été confrontés.

2. Contexte

2.1 Le client : JUNIA

JUNIA est une grande école d'ingénieurs connue pour combiner plusieurs domaines et approches dans ses formations, et son engagement envers les grandes transitions de notre époque : numérique, énergétique, environnementale et alimentaire. Avec des campus situés à Lille, Bordeaux et Châteauroux, elle regroupe trois écoles emblématiques, HEI, ISEN et ISA, qui forment des ingénieurs dans des domaines variés tels que l'informatique, l'énergie, l'agroalimentaire et les technologies de la santé. Son modèle pédagogique repose sur un bon équilibre entre l'acquisition de compétences techniques et le développement de la créativité et de l'esprit critique à travers des projets concrets tout au long de la scolarité des étudiants. Cette approche permet aux ingénieurs de mieux comprendre et s'adapter aux évolutions technologiques et sociétales actuelles.

Dans ce cadre, le projet cryptojetons incarne une approche pratique et collaborative qui permet d'intégrer concrètement la blockchain dans les activités de l'établissement. Ce projet ne se limite pas à l'exploration technologique : il favorise l'implication des différentes parties prenantes – étudiants, enseignants, administration, associations – autour d'une solution innovante adaptée aux besoins internes.

2.2 Problématique

Ce projet trouve son origine dans la volonté de JUNIA de se positionner à la pointe de l'innovation en introduisant une solution transactionnelle basée sur la blockchain, à la fois sécurisée et transparente. Ce projet s'inscrit dans un contexte où la gestion des transactions internes de l'établissement (les paiements en général) nécessite de plus en plus de solutions fiables et modernes. L'utilisation de la blockchain permet de répondre à cette demande en garantissant l'immuabilité des données, la traçabilité et la transparence des opérations.

Les enjeux principaux du projet sont multiples. Tout d'abord, il est crucial de concevoir une solution qui soit à la fois sécurisée et intuitive pour l'ensemble des utilisateurs. L'interface doit être simple d'utilisation, afin de faciliter son adoption par une population hétérogène composée d'étudiants, d'enseignants, de membres associatifs et de membres de l'administration, chacun avec ses propres besoins et surtout ses niveaux de familiarité avec les technologies numériques. La solution devra aussi être interopérable avec les outils existants au sein de JUNIA, permettant ainsi une intégration fluide et sans perturbation des processus internes de l'établissement. De plus, il s'agit d'une initiative visant à moderniser les pratiques internes, en offrant une gestion des transactions plus fluide et rapide. Un autre enjeu majeur réside dans l'adhésion des utilisateurs au système. Bien que la technologie sous-jacente soit performante, la réussite du projet dépendra de la capacité de JUNIA, très certainement du service informatique qui reprendra le flambeau à la fin de la dernière itération du travail, à sensibiliser, former et accompagner les parties prenantes pour garantir une adoption rapide et durable. L'accompagnement sur le long terme sera essentiel, surtout pour les utilisateurs moins familiers avec les nouvelles technologies. Enfin, ce projet représente une opportunité pédagogique unique pour l'équipe projet, permettant aux étudiants de s'immerger dans l'univers de la blockchain tout en répondant aux défis pratiques de l'établissement.

3. Management de projet

3.1 L'équipe de projet

L'équipe du projet cryptojetons est constituée de six étudiants spécialisés en cybersécurité. Chacun des membres possède un bagage technique solide et des compétences spécifiques, contribuant à une approche collective enrichissante.

Le projet bénéficie en parallèle de l'expertise de M. Chênevert, qui, en tant que référent, connaît les avancées des itérations précédentes et les problématiques déjà soulevées. Cette continuité a permis d'assurer une cohérence dans le développement du projet, en s'appuyant sur les bases établies par les groupes antérieurs.

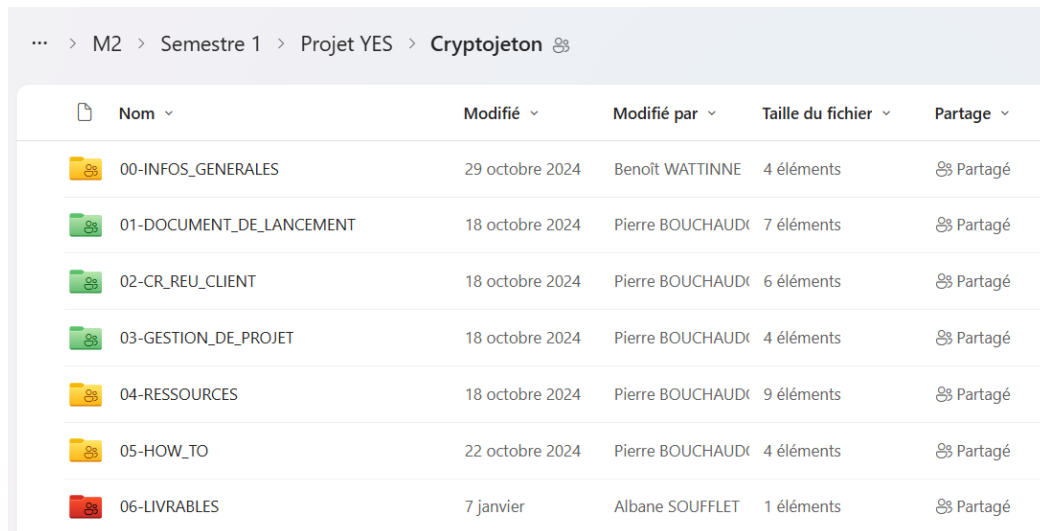
3.2 Mode d'organisation d'équipe

Dès la première période du projet, l'ensemble de l'équipe a rapidement adopté une démarche bien structurée afin de garantir une organisation efficace tout au long de la période des projets YES et de respecter les contraintes académiques.

Dès le début, l'équipe a désigné un chef de projet dont le rôle principal était de faire le lien entre les membres de l'équipe et les autres parties prenantes. Ce chef de projet s'est également chargé de répartir les tâches au sein du groupe, assurant une organisation optimale et une gestion fluide.

Au début de la phase 1, une prise de contact avec le client a rapidement été effectuée pour confirmer un premier rendez-vous. Le contexte et les modalités de travail d'équipe ont été définies à travers la fiche de lancement et la charte d'équipe, la note de clarification a été remplie à l'issue du premier rendez-vous client. Ce dernier document de lancement a été très utile afin de définir les objectifs, enjeux et attentes du projet, assurant ainsi une vision claire et commune pour chaque membre de l'équipe, ainsi qu'une compréhension partagée des priorités et des contraintes.

Le travail d'équipe s'est déroulé entièrement en présentiel pour simuler un projet d'entreprise réel, favorisant des interactions directes et simples, une dynamique de groupe motivante et une collaboration efficace entre les membres. Pour optimiser l'organisation et le partage des informations, un espace OneDrive bien structuré a été mis en place dès le premier jour et maintenu propre tout au long, comme l'illustre la figure 1 ci-dessous. Cet espace a permis la centralisation et un accès simplifié à l'ensemble des documents du projet, il a également assuré une transparence totale entre les membres de l'équipe, permettant à chacun de suivre l'évolution du projet. Parallèlement, un canal Discord a été créé pour l'équipe, organisé en plusieurs salons de discussion selon les sujets, afin de faciliter une communication instantanée et fluide. Cela a renforcé la réactivité et la coordination au sein de l'équipe, notamment pour traiter les points urgents ou échanger des informations essentielles rapidement. Discord a également facilité la collaboration en permettant des échanges informels et en temps réel, particulièrement utiles pour la résolution de problèmes ou les ajustements de dernière minute.



The screenshot shows a OneDrive interface with a breadcrumb path: ... > M2 > Semestre 1 > Projet YES > Cryptojeton. Below the path is a table listing folders and files. Each row includes a file icon, a name, a modification date, a modifier, a file size, and a sharing status. The folders are color-coded: yellow for general info, green for documents, and red for deliverables.

Icon	Nom	Modifié	Modifié par	Taille du fichier	Partage
📁	00-INFOS_GENERALES	29 octobre 2024	Benoît WATTINNE	4 éléments	Partagé
📁	01-DOCUMENT_DE_LANCEMENT	18 octobre 2024	Pierre BOUCHAUD	7 éléments	Partagé
📁	02-CR_REU_CLIENT	18 octobre 2024	Pierre BOUCHAUD	6 éléments	Partagé
📁	03-GESTION_DE_PROJET	18 octobre 2024	Pierre BOUCHAUD	4 éléments	Partagé
📁	04-RESSOURCES	18 octobre 2024	Pierre BOUCHAUD	9 éléments	Partagé
📁	05-HOW_TO	22 octobre 2024	Pierre BOUCHAUD	4 éléments	Partagé
📁	06-LIVRABLES	7 janvier	Albane SOUFFLET	1 éléments	Partagé

Figure 1 : Organisation générale du Onedrive du projet cryptojetons

Pour une gestion de projet bien rigoureuse, un diagramme de Gantt, que l'on peut voir dans son entièreté à la figure 3 ci-dessous, a été élaboré dès le début afin de planifier les différents sprints du projet avec la méthode Agile, d'avoir un visuel sur l'avancement pour s'assurer que l'équipe était à jour par rapport au planning, et de trier les tâches selon leur niveau de priorité. Ce diagramme a servi de référence tout au long du projet pour assurer que les objectifs et les délais étaient respectés, il a également permis d'identifier rapidement les retards potentiels et de réajuster les priorités si nécessaire.

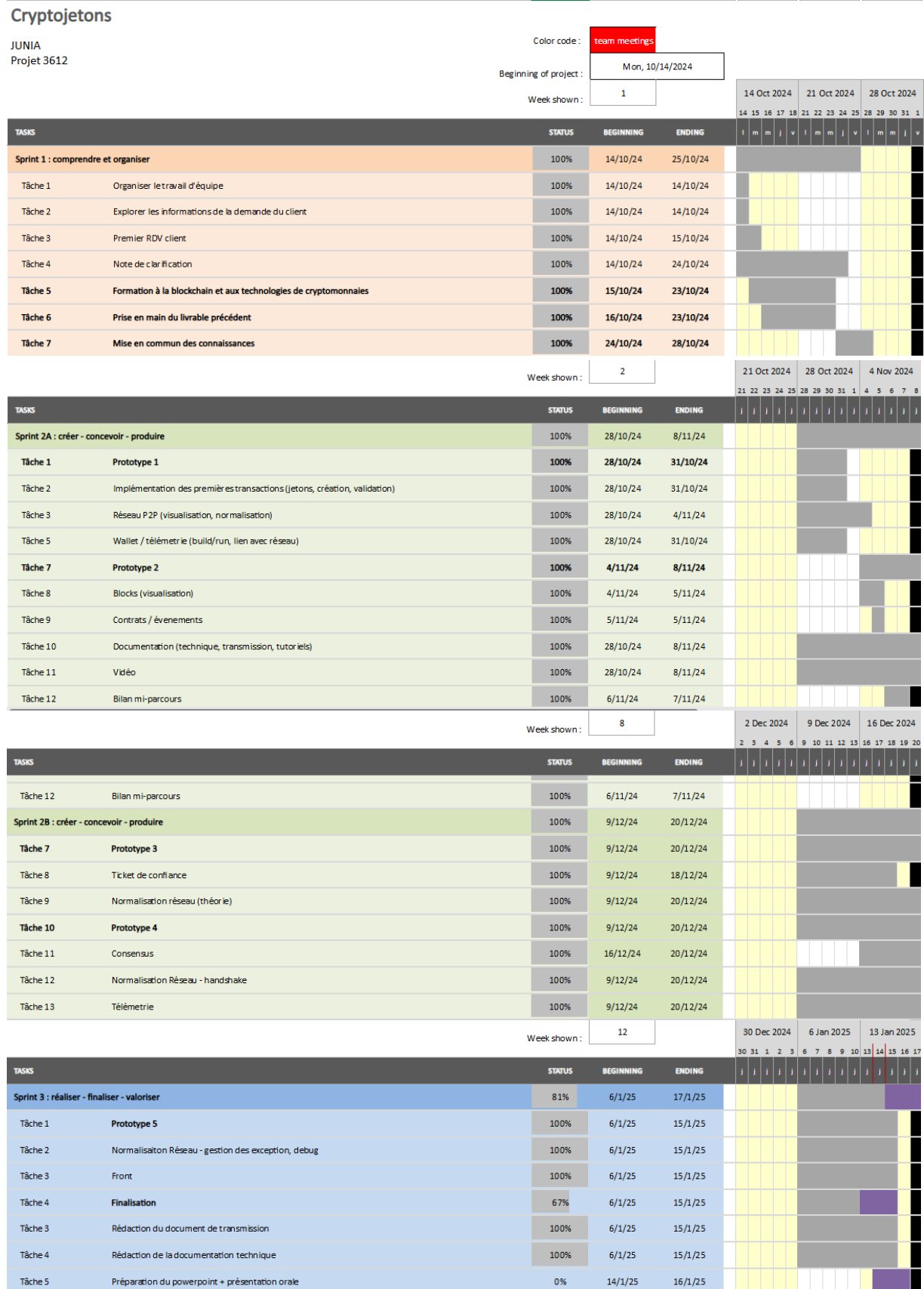


Figure 2 : Diagramme de Gantt du projet cryptojetons

En complément, un tableau Excel a été utilisé pour suivre précisément le temps de travail journalier de chaque membre en rapport avec leurs tâches, veillant ainsi au respect des 35 heures hebdomadaires imposées dans le cadre du projet. Cela a permis de garantir l'équilibre de la charge de travail et d'éviter les surcharges. Un extrait de ce dernier est présenté en figure 3.

Semaine 3	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Total Tâche
	28-Oct	29-Oct	30-Oct	31-Oct	1-Nov	
Gestion de projet	1	0	0	2		3
Setup interface web	1	0	0	0		1
Documentation setup web	1	0	0	0		1
(Tentative) setup viewer	4	1	0	0		5
Compréhension UI web	0	6	5	3		14
Doc UI web	0	0	2	2		4
Total	7	7	7	7		28

Semaine 4	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Total Tâche
	4-Nov	5-Nov	6-Nov	7-Nov	8-Nov	
Gestion de projet	1	0	0	0	0	1
Compréhension UI web	4	4	4	4	2	18
Documentation web	2	3	3	3	1	12
Préparation réunion Mi-parcours	0	0	0	0	2	2
Réunion Mi-parcours	0	0	0	0	2	2
Total	7	7	7	7	7	35

Figure 3 : Extrait de l'excel suivi de temps de travail du projet cryptojetons

Les interactions avec M. Chênevert, à la fois coach et référent client, ont été essentielles pour guider les choix et répondre aux problématiques rencontrées. Des réunions hebdomadaires ont été organisées dans la mesure de ses disponibilités, offrant des longs moments d'échange nécessaires pour valider les étapes clés, recueillir des retours et ajuster nos actions en conséquence au fur et à mesure. Ces échanges ont également permis d'assurer que le projet restait aligné avec les attentes de JUNIA et les objectifs fixés. Un compte rendu de réunion détaillé a été rédigé systématiquement lors de chaque réunion, dont on peut voir un exemple en annexe 4, permettant de garder une trace de chaque décision prise et de faire le suivi des actions à mener. L'équipe a su ajuster ses méthodes de travail en fonction des retours du référent client et des défis imprévus, cette flexibilité a été un élément clé pour mener à bien ce projet.

4. Méthodologie

La réalisation de ce projet a suivi une démarche structurée, reposant sur une approche scientifique et la méthode Agile afin de répondre efficacement aux attentes du client et d'assurer une progression cohérente des travaux.

4.1 Documentation et état de l'art

Au début du projet et avant la réception du projet de l'année précédente, toute l'équipe s'est concentrée sur une recherche documentaire approfondie, visant à comprendre les concepts fondamentaux liés à la blockchain et aux crypto-monnaies comme Bitcoin et Ethereum. Cette phase d'état de l'art a notamment permis d'étudier les principaux mécanismes de consensus afin d'en choisir un en les comparant comme on peut le voir sur la figure 4 ci-dessous, les jetons décentralisés et les bonnes pratiques nécessaires pour le développement de la solution.

Type of Proof	Vrai nom	Description	Avantages	Inconvénients
Proof of Work	Preuve de Travail	Les mineurs résolvent des problèmes mathématiques complexes pour valider les transactions et sécuriser la chaîne.	Très sécurisé	Très énergivore (minage) Trop complexe Pas attractif pour les utilisateurs
Proof of Stake	Preuve d'Enjeu	Les validateurs sont choisis proportionnellement à la quantité de jetons qu'ils détiennent	Validation rapide et fréquente Peu coûteux en énergie Concept facilement compréhensible S'adapte bien à la distribution de jeton dans le cadre d'événement	Possible centralisation si trop de jeton possédés Manque de sécurité (Besoin de confiance en une majorité d'utilisateurs)
Delegated Proof of Stake	Preuve d'Enjeu Déléguée	Les détenteurs de jetons élisent un petit groupe de validateurs	Validation rapide Peu d'énergie consommé Potentiel plus grande confiance en certains élus	Centralisation Nécessité de mise en place d'élection
Proof of Authority	Preuve d'Autorité	Les validateurs sont pré-approuvés	Peu d'énergie consommé Fonctionne bien dans le cadre d'événement Relativement simple de mise en place	Centralisation Remise en question de l'utilité d'une blockchain
Proof of Importance	Preuve d'Importance	Similaire au PoS, mais prend également en compte l'activité du réseau et l'engagement pour déterminer qui valide les blocs.	Prend en compte l'activité des utilisateurs dans le réseau Permet de mettre plus de poids pour des noeuds plus actifs	Plus complexe à mettre en place
Proof of Authority and Stake	Preuve d'Autorité et d'Enjeu	En gros un proof of stake mais seulement entre un certain nombre de noeuds déjà "validés"	Moins centralisé que Proof of Authority Validation rapide Consommation similaire au PoS	Choix des validateur important Plus complexe à gérer (Choix des validateurs...)
Proof of Activity	Preuve d'Activité	Combine PoW et PoS. Les mineurs utilisent PoW pour résoudre des problèmes mathématiques, mais les blocs sont validés par des stakers sélectionnés.		Trop complexe On aime pas Proof of Work de toute façon (c'est Pierre qui l'a dit)

Figure 4 : Comparaison des mécanismes de consensus

4.2 Analyse de l'état du projet de base

Après réception du livrable de la précédente itération du projet, une analyse détaillée de l'état du projet a été réalisée. Cette phase a permis de prendre en main les éléments existants et notamment le code des validateurs, l'interface utilisateur et la documentation technique associée. Le document de transmission fourni par l'équipe précédente a également été lu afin de mieux comprendre les objectifs précédemment atteints, les choix techniques effectués, et les possibles points d'amélioration identifiés.

Le projet de base comportait plusieurs fonctionnels clés : le réseau pair à pair, permettant la connexion entre deux pairs. La gestion des clés publiques et privées était bien implémentée pour assurer la sécurité des transactions, et le système permettait l'envoi de transactions, avec la création et l'inscription dans la chaîne. Les blocs étaient correctement créés et enregistrés dans la base de données, et un mécanisme de consensus simple était en place pour valider les transactions. De plus, un système de messagerie fonctionnel et un système de télémétrie étaient en fonctionnement, permettant de collecter des données relatives à la performance et à l'utilisation. Une version du wallet était disponible, avec certaines fonctionnalités et une interface graphique, et le système avait été testé via l'élection des projets CIR3.

Cependant, plusieurs points d'amélioration ont été identifiés pour renforcer la solution. L'intégration des smart contracts à la chaîne de blocs était nécessaire pour automatiser des processus et augmenter la flexibilité du système. La mise en place des nœuds était encore complexe et devait être simplifiée pour faciliter le déploiement. Il était également crucial de permettre la création et l'utilisation d'un profil utilisateur depuis une interface ou une application sans nécessiter un nœud complet, ce qui offrirait à nouveau une plus grande flexibilité. De plus, la logique réseau nécessitait une optimisation, car la communication entre les nœuds était parfois redondante et non normalisée. Il fallait aussi rendre la connexion inter-nœud disponible entre plusieurs réseaux privés pour garantir une meilleure interopérabilité. Enfin, la mise en place d'un système de découverte automatique des nœuds était essentielle pour une gestion fluide du réseau.

4.3 Application de la méthode Agile

Pour structurer le développement du projet, la méthode Agile a été adoptée, permettant une gestion flexible et itérative. Le travail s'est organisé en sprints comme précédemment vu sur le diagramme de Gantt à la figure 1, permettant d'ajuster régulièrement les priorités et d'assurer une progression continue. Chaque sprint a commencé par une planification, où les objectifs et les tâches à accomplir ont été définis, avec des critères d'acceptation. Cette approche a permis à l'équipe de garantir que chaque tâche réalisée répondait bien aux attentes et aux besoins définis dans la note de clarification remplie au début de la première phase du projet. Le développement a été effectué de manière incrémentale, c'est-à-dire que l'équipe a progressivement livré des résultats, des avancées. À la fin de chaque sprint, une revue a eu lieu pour valider l'état du livrable tous ensemble, recueillir des feedbacks et ajuster les développements en cours. Enfin, une rétrospective a été organisée pour analyser les points forts et les axes d'amélioration de l'équipe et de son avancement, afin d'optimiser la collaboration et l'efficacité pour les prochains sprints.

En outre, le développement du projet s'est concrètement structuré en plusieurs étapes clés. Tout d'abord, un premier prototypage a été réalisé pour poser les bases de la solution. Ensuite, le développement technique a permis l'implémentation des modules principaux, tels que la gestion des jetons, des validateurs et des transactions blockchain. Enfin, l'intégration finale a consolidé les différentes composantes du projet, accompagnée de la rédaction de la documentation technique.

De plus, tout au long du processus, une collaboration étroite avec le client/coach a permis de définir un plan d'action détaillé, structurant les priorités et fixant des objectifs intermédiaires clairs. Ce plan a été conçu pour être encore une fois flexible, afin de s'adapter à l'évolution des besoins. Les échanges réguliers avec le client ont été essentiels pour valider les choix effectués et garantir que les décisions stratégiques restaient pertinentes et en adéquation avec les attentes.

5. Résultats

5.1 Noeud

Le nœud est le composant principal de la blockchain. Il stocke l'état sa dernière version et réalise la vérification de l'ensemble des nouvelles transactions. C'est l'élément sur lequel nous avons décidé de concentrer la majorité des efforts de développement.

Cette itération du projet aura permis l'implémentation de différents concepts clés dans le cadre du bon fonctionnement de la chaîne. Les principales modifications comprennent la refonte des prototypes de transactions, permettant une approche plus modulaire du développement, la création d'évènements, permettant aussi la gestion des règles de dépenses des jetons, la gestion de la confiance dans la chaîne, permettant d'assurer la légitimité d'un nœud à forger un bloc, et enfin le mécanisme de consensus qui permet de choisir la chaîne possédant le plus de confiance à un moment donné qui va se propager dans le réseau. De plus, les performances réseau du prototype étaient capitales pour atteindre un état pertinent et efficient. Le nombre de requêtes effectuées par les nœuds a donc été drastiquement réduit et codifié afin de suivre un protocole cadré et pertinent. Le réseau permet désormais d'assurer l'interfaçage des nœuds les uns entre les autres. Les développements apportés à cette partie ont permis d'assurer que les nœuds maximisent leur interconnexion afin de limiter les scissions au sein du réseau.

L'ensemble de ces évolutions ont permis d'atteindre un prototype stable comprenant les concepts fondamentaux sans lesquels la chaîne ne pourrait pas fonctionner de manière saine et cohérente. Ce prototype constitue une base prometteuse, qui s'insère dans la continuité des précédentes itérations et est une claire évolution de celles-ci.

Enfin, une documentation détaillant l'installation et la mise en place d'un nœud a été rédigée afin de simplifier son déploiement. Cette documentation est disponible dans le dossier de transmission dans un sous-dossier nommé HOW_TO et sous le nom RUN_A_NODE.pdf.

5.2 Portefeuille

Le portefeuille tel que décrit dans l'itération précédente du projet n'a tout simplement pas été continué et a été supprimé du livrable de cette itération. En effet, il s'agissait tout simplement d'une version élaguée du nœud principal muni d'une interface graphique. Nous avons fait le choix de nous concentrer sur le développement d'un maximum de fonctionnalités pour le nœud sans avoir à doubler le travail en créant un portefeuille qui évoluerait au même rythme que le nœud entraînant un ajout de charge de travail inutile.

Dans le cadre de la prochaine itération du projet il serait intéressant de repartir du nœud implémenté afin d'en réaliser une version allégée correspondant à un portefeuille et permettant de réaliser des transactions et de voir l'état de la chaîne sans pour autant la stocker. Cela nécessitera toutefois de partir d'une version aboutie et stable du nœud.

La principale problématique en supprimant le portefeuille était la suppression de l'unique implémentation d'une interface graphique permettant de réaliser facilement des actions sur la chaîne. Ainsi nous avons décidé de la remplacer par une Interface de Programmation d'Application (API) exposant une série de méthodes accessibles via HTTP tout en assurant un développement plus simple et modulaire pour les futurs clients graphiques. Ainsi nous avons aussi réalisé une interface web simple afin de démontrer la faisabilité de la réalisation d'un tel client, visible à la figure 5 ci-dessous

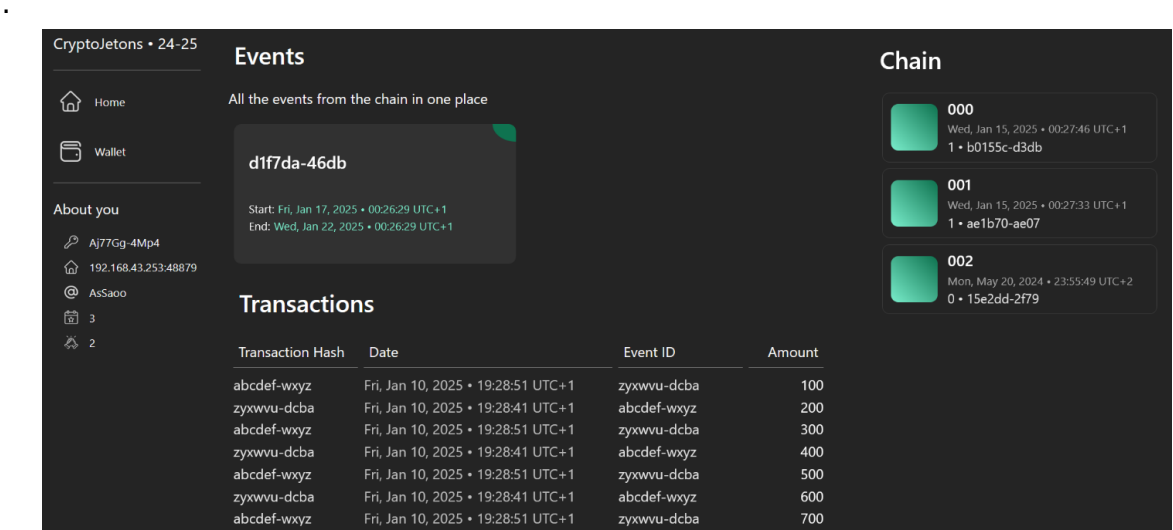


Figure 5 : Illustration de la nouvelle interface graphique

Enfin, une documentation détaillant la mise en place du frontend a été rédigée afin de simplifier son déploiement. Cette documentation est disponible dans le dossier de transmission dans un sous-dossier nommé HOW_TO et sous le nom RUN_FRONTEND.pdf.

5.2 Télémétrie

La télémétrie est une interface permettant la visualisation du réseau de la blockchain, en offrant une visibilité sur l'ensemble des actions effectuées sur ce dernier. Celle-ci était déjà présente lors de l'itération précédente mais ne possédait pas, selon l'équipe de cette année 2024-2025, suffisamment de fonctionnalités pour être intéressante d'un point de vue débogage et n'était pas suffisamment modulaire pour facilement ajouter de nouvelles fonctionnalités, comme le suivi des échanges par exemple.

Au cours de cette itération du projet, la télémétrie a ainsi été retravaillée afin de prendre en compte l'ensemble des fonctionnalités développées au sein de la blockchain et apporter d'avantages d'informations sur les nœuds et leur état telles que l'état de la connexion entre deux nœuds ou encore le nombre de pairs maximum d'un nœud. De plus, les requêtes effectuées entre les nœuds sont désormais présentées et animées à l'aide d'icônes afin de faciliter la lisibilité des données de la télémétrie, comme cela est visible sur la figure 6 ci-dessous.

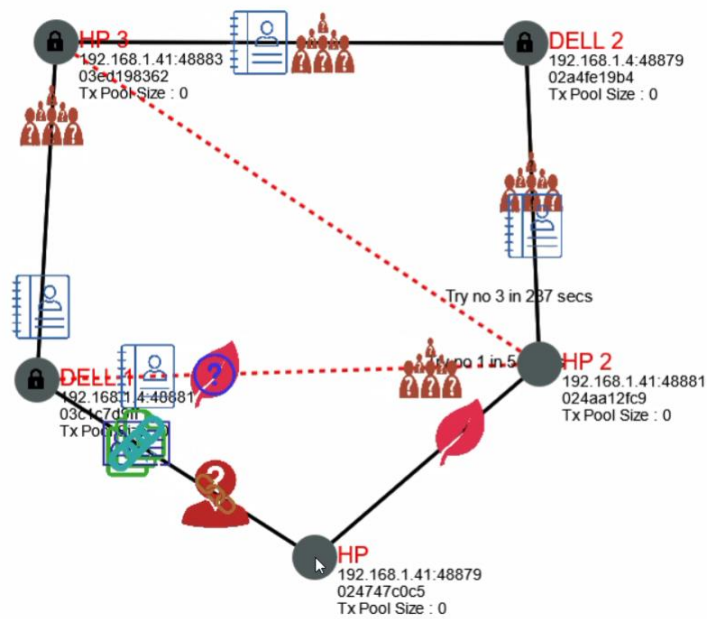


Figure 6 : Exemple de visualisation de la télémétrie

Enfin, une documentation sur l'installation et la mise en place de la télémétrie a été rédigée afin d'en simplifier le déploiement, que l'on retrouve dans le dossier de transmission dans un sous-dossier nommé HOW_TO et sous le nom SET_UP_AND_RUN_TELEMETRY.pdf.

6. Difficultés rencontrées

Au cours du projet cryptojetons, l'équipe a dû faire face à plusieurs difficultés, affectant à la fois l'organisation et le développement technique. Ces obstacles ont nécessité une adaptation continue de la part de du groupe afin d'assurer la progression du projet.

L'une des premières difficultés rencontrées a été l'organisation du travail au sein de l'équipe, notamment dans la gestion des priorités et des délais. Bien que le diagramme de Gantt ait permis de planifier les différentes phases du projet, des ajustements ont été nécessaires en raison de la complexité de certaines tâches techniques. Ces ajustements ont parfois entraîné des retards sur certaines étapes, ce qui a exigé une réévaluation régulière des priorités. De plus, un défi résidait dans la gestion de la communication avec le client et le coach. Bien que des réunions hebdomadaires aient été mises en place dès le début, il est parfois apparu difficile de synchroniser les agendas et de garantir une disponibilité suffisante des deux côtés pour échanger de manière continue.

Parallèlement, sur le plan technique, plusieurs obstacles ont entravé le bon déroulement du projet. L'un des plus significatifs a été la gestion des smart contracts et leur intégration dans la blockchain. Le processus d'écriture et de déploiement des contrats intelligents a nécessité une période d'apprentissage approfondie pour l'équipe, car plusieurs membres n'avaient pas une expertise minimale au préalable dans ce domaine. Cette courbe d'apprentissage, bien que nécessaire, a donc prolongé le développement et la phase de tests des fonctionnalités liées aux smart contracts. De plus, l'interopérabilité entre les différents composants du système a posé un défi technique important. Le nœud, le portefeuille et l'interface utilisateur nécessitaient plusieurs ajustements pour garantir une fluidité dans les échanges de données et éviter toute incohérence dans le fonctionnement global. La gestion de la sécurité des transactions a également représenté une difficulté, car chaque modification dans les protocoles de validation et de transmission des informations devait être scrupuleusement testée pour éviter toute vulnérabilité, ce qui a multiplié les itérations.

L'un des autres défis rencontrés est un défi à venir mais auquel nous avons beaucoup pensé, celui de l'adoption du projet par les utilisateurs, principalement en raison de la complexité perçue de la technologie blockchain. Bien que l'objectif soit de rendre l'outil intuitif, certains utilisateurs, notamment ceux moins familiarisés avec les technologies numériques, vont sûrement éprouver des difficultés à comprendre les mécanismes de la blockchain et à l'utiliser de manière fluide. Des retours des utilisateurs pourront alors mettre en lumière des aspects du design et de l'ergonomie de l'interface nécessitant des améliorations pour une prise en main plus rapide. Additionnellement, bien que le projet ait été conçu avec une vision d'intégration dans les processus existants de l'établissement, l'adoption du système par l'administration et les enseignants rencontrera sûrement aussi des résistances, notamment à cause de la crainte d'une complexification des procédures internes. Un accompagnement pédagogique plus poussé pourra alors être envisagé pour passer surmonter ces réticences et garantir une mise en œuvre réussie.

Enfin, la gestion du temps a constitué un défi majeur. Malgré la planification détaillée, certaines tâches ont pris plus de temps que prévu, notamment en raison des retards liés à des imprévus techniques. La charge de travail a parfois exigé une modification de l'affectation des ressources humaines, avec un impact sur l'équilibre des tâches et le respect des délais. La gestion du temps a donc été un aspect crucial du projet, et des réajustements ont dû être faits régulièrement pour répondre aux besoins immédiats tout en respectant les objectifs à long terme.

7. Conclusion

L'itération 2024-2025 du projet cryptojetons a permis de franchir plusieurs étapes clés dans le développement de la blockchain. La refonte des prototypes de transactions a introduit une approche plus modulaire, facilitant les évolutions futures du système. Le travail effectué sur la gestion des événements a permis de renforcer le contrôle sur les règles de dépenses des jetons, tandis que l'implémentation du mécanisme de consensus a assuré le choix de la chaîne la plus fiable à un instant donné. Ces éléments, combinés à une gestion optimisée des performances réseau, ont permis d'assurer une interconnexion efficace entre les nœuds, réduisant ainsi les risques de scissions dans le réseau.

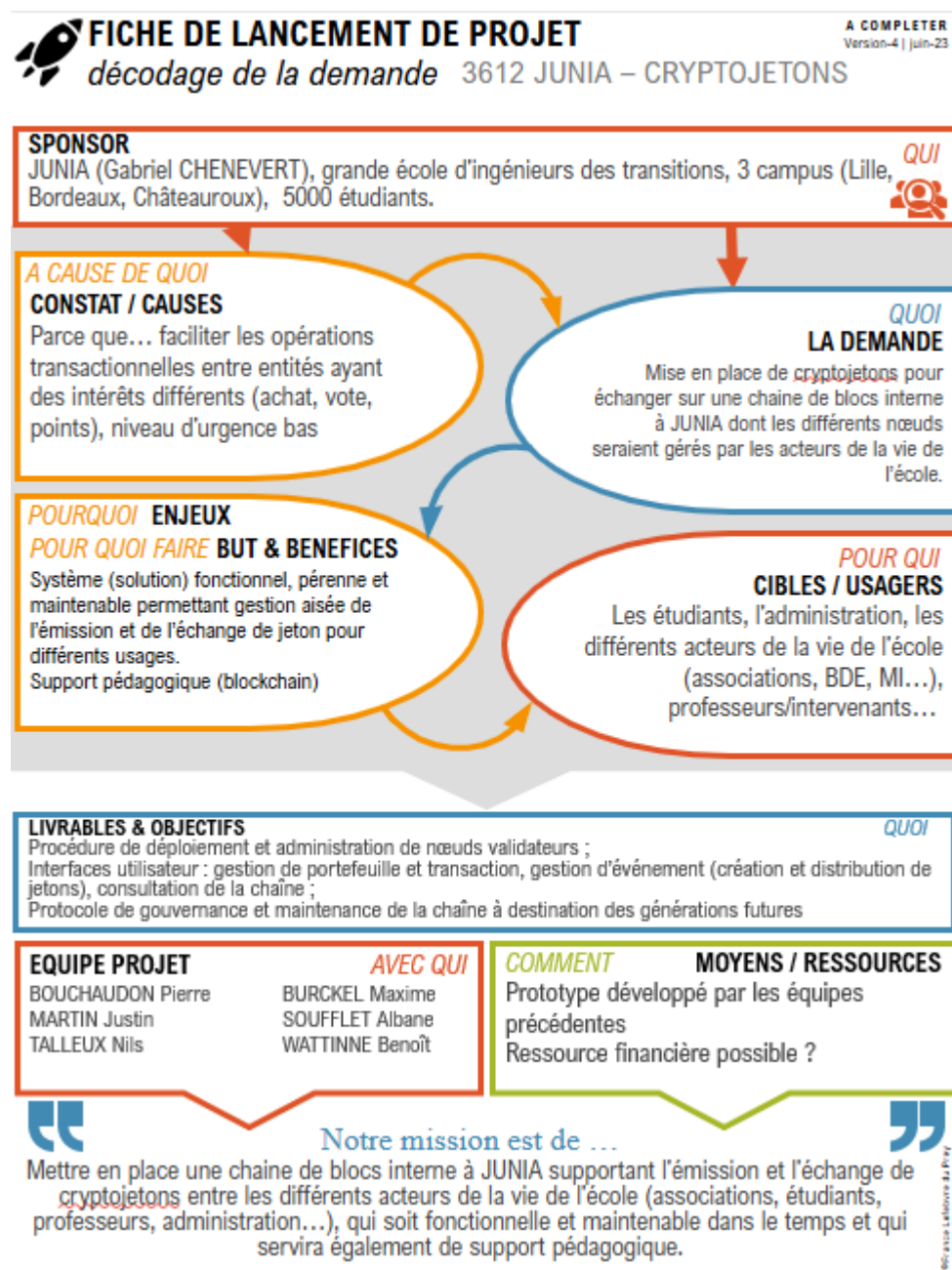
En outre, le choix de ne pas continuer le développement du portefeuille a permis de concentrer les efforts sur le nœud qui est un élément clé du système, et d'éviter une duplication des efforts. Une interface API a été mise en place pour simplifier l'intégration de futurs clients graphiques, et une interface web a été développée pour démontrer la faisabilité de cette approche. De plus, la mise à jour de la télémétrie a apporté une meilleure visibilité sur l'état des nœuds et des transactions, facilitant le suivi et le débogage du réseau.

Cependant, plusieurs difficultés ont été rencontrées tout au long du projet. Sur le plan organisationnel, la gestion des priorités et des délais a nécessité des ajustements réguliers, en particulier en raison de la complexité des tâches techniques. D'un point de vue technique, l'intégration des smart contracts et l'interopérabilité entre les différents composants du système ont constitué des défis majeurs. Ces obstacles ont nécessité des efforts supplémentaires de l'équipe pour garantir la sécurité des transactions et la fluidité des échanges de données, mais ils nous ouvre les portes sur des axes d'amélioration pour notre prochain projet d'équipe.

Cette itération du projet cryptojetons a donc permis de poser des bases solides et de faire des progrès significatifs. Les fonctionnalités principales ont été implémentées avec succès par l'équipe, et les défis rencontrés nous ont permis d'enrichir l'approche de développement. Il reste néanmoins des aspects à améliorer dans le futur, notamment se situer en matière d'adoption par les utilisateurs et de gestion des interfaces. Cette phase marque ainsi un pas important dans l'évolution du projet, avec une feuille de route claire pour les prochaines étapes.

8. Annexes

Annexe 1 : Fiche de lancement du projet JUNIA Cryptojetons



Annexe 2 : Note de clarification du projet JUNIA Cryptojetons

Note de clarification projet YES	
Cryptojetons	JUNIA Projets YES 2024-2025
	CODE PROJET : 3612
	DATES DU PROJET (DEBUT ET FIN) 14/10/2024 => 13/02/2025
	VERSION : V3

1. Contexte

Le projet Cryptojetons vise à mettre en place une solution de gestion de transactions interne des écoles d'ingénieur du groupe JUNIA, à travers l'utilisation de cryptojetons qui se baserait sur la technologie blockchain.

Origine de l'idée

Le projet Cryptojetons est né de la volonté d'introduire un système transactionnel innovant et sécurisé au sein du groupe JUNIA, en utilisant la technologie blockchain pour des opérations quotidiennes telles que les paiements internes, la gestion de points académiques, et l'organisation de votes. Inspiré des initiatives de gamification et d'innovation dans le domaine des technologies décentralisées, ce projet vise à fournir une solution à la fois fonctionnelle et pédagogique, permettant à JUNIA de se positionner à la pointe de la transition numérique.

Enjeux

Les enjeux principaux de ce projet sont les suivants :

- Renforcer la **traçabilité** et l'intégrité des transactions : l'utilisation de la blockchain permet de garantir l'immuabilité des données, la transparence et la confiance dans le système.
- Expérimenter une **technologie innovante et pédagogique** : ce projet permet de découvrir une technologie de pointe tout en renforçant des compétences pratiques déjà acquises. Cela illustre l'engagement de JUNIA en faveur de l'innovation numérique.
- Favoriser la **collaboration** : ce projet encourage une coopération entre étudiants, enseignants et l'administration autour de la gestion et de l'évolution de la chaîne.
- La **gestion de multiples jetons** : un type de jeton est adapté à un évènement précis, comme l'achat d'un sandwich à la MI, le vote organisé pour élire le prochain BDE, ou la réception d'une récompense académique de la part de son professeur de Cloud Computing par exemple.

Note de clarification projet YES

JUNIA | Projets YES | 2024-2025

- Assurer l'intégration **SI**, la **maintenabilité** et la **gouvernance** : l'intégration de la blockchain avec les systèmes d'information existants est essentielle pour garantir son efficacité et sa durabilité. Ce projet doit également assurer une bonne gouvernance et une maintenabilité à long terme, afin de faciliter l'évolution et l'adaptabilité du système en fonction des futurs besoins de l'école et des utilisateurs.

Le besoin identifié est celui d'un système permettant :

- Proposer une **infrastructure unique** capable de gérer différents types de transactions, favorisant ainsi une uniformisation des processus entre les acteurs.
- Mettre à disposition une solution **transparente** et **sécurisée** pour des opérations variées garantissant la traçabilité et la protection des données sensibles lors des paiements et de la gestion des points.
- Aux différents utilisateurs (étudiants, enseignants, associations) de gérer leurs échanges en toute confiance grâce à des **interfaces intuitives**.

Concurrence

Bien que des initiatives similaires aient été mises en place dans des établissements comme le MIT, qui a développé des projets de blockchain pour la gestion de la chaîne d'approvisionnement et l'identité numérique, ou l'université de Berkeley, connue pour ses recherches sur les smart contracts, le projet des cryptojetons se distingue par son aspect pédagogique et expérimental, servant de vitrine technologique pour JUNIA.

2. Données d'entrée

Le projet actuel étant la troisième itération de l'étude, les données d'entrée se basent principalement sur les livrables de l'itération précédente (2023-2024), qui ont déjà produit une version fonctionnelle du système. Ces données incluent :

- Code des nœuds validateurs actuels
- Code de l'interface utilisateur
- Documentation technique
- Document de transmission

Note de clarification projet YES

JUNIA | Projets YES | 2024-2025

3. Objet du projet (grandes étapes)

Étude de faisabilité et définition des besoins

- a. Prise en main du résultat de l'itération précédente : analyser les livrables antérieurs (code, documentation technique, interfaces utilisateurs) et identifier les points à améliorer ou stabiliser.
- b. Analyse des besoins transactionnels : définir les processus transactionnels au sein de JUNIA, comme les paiements internes, l'attribution de points, et les votes. Cette analyse permet de comprendre comment les cryptojetons peuvent répondre à ces besoins spécifiques.
- c. Identification des utilisateurs clés : déterminer les groupes d'utilisateurs (étudiants, enseignants, administration...) et leurs attentes vis-à-vis du système.
- d. Conception de l'architecture technique nécessaire : élaborer une architecture réaliste et évolutive pour le système, incluant la gestion des nœuds validateurs, la sécurisation des transactions, et l'interopérabilité des interfaces. L'objectif est de créer une solution robuste tout en assurant la scalabilité à long terme.

4. Produit du projet

Les livrables attendus sont les suivants :

- Code des nœuds validateurs : implémentation des nœuds assurant la validation et la sécurité des transactions.
- Code du superviseur : permettant de surveiller et d'orchestrer le bon fonctionnement du réseau de nœuds.
- Code de l'interface utilisateur : pour permettre aux différents acteurs de gérer leurs portefeuilles, consulter la blockchain et réaliser des transactions.
- Documentation technique pour les différents livrables techniques : détaillant les aspects techniques du projet, incluant le code des nœuds, le superviseur, et l'interface utilisateur pour faciliter la maintenance future.
- Ebauche du protocole de gouvernance : proposition préliminaire des règles de gestion et des procédures de décision pour la mise à jour, la sécurité et l'évolution de la blockchain.

3/6

Note de clarification projet YES

JUNIA | Projets YES | 2024-2025

- Méthode de déploiement et de gestion opérationnelle : guide pratique décrivant comment déployer les nœuds validateurs et assurer leur maintenance continue
- Note de transmission pour la reprise en main du projet par les équipes futures : document destiné à la future équipe, spécifiant les bonnes pratiques et les points clés pour une reprise en main rapide et efficace du projet.

5. Objectifs

Les résultats attendus sont :

- Une **performance** du système capable de gérer un nombre important et croissant d'utilisateurs et de transactions, tout en garantissant des temps de réponse rapides. Cela inclut la scalabilité, permettant d'adapter le nombre de blocs créés en fonction des besoins, et l'adaptabilité, pour ajuster la capacité du système selon les périodes de l'année.
- Une solution suffisamment **qualitative** pour être robuste, sécurisée et facilement maintenable à long terme.
- Un **coût** de maintenance et de fonctionnement raisonnables, en particulier pour la gestion des nœuds validateurs et l'infrastructure de la blockchain.

Le budget alloué à la réalisation du projet ne doit pas dépasser les **200 euros**, après concertation avec le client.

6. Acteurs du projet

Les parties prenantes sont les différents acteurs de l'écosystème de JUNIA :

- Associations (BDE, MI, AS...)
- Administration
- Professeurs
- Élèves
- Responsables de département
- Elèves

Il convient de définir leur intérêt pour le projet et de prendre en compte leurs remarques afin que le produit soit utilisable par tous les acteurs. De même, certains acteurs auront un poids plus important dans le projet et il sera nécessaire de les impliquer correctement afin qu'ils puissent participer activement au système et le rendre pérenne.

Note de clarification projet YES

JUNIA | Projets YES | 2024-2025

7. Conséquences attendues

Ce projet devrait permettre :

- Une meilleure gestion des paiements internes, des points académiques et des votes, en automatisant et en sécurisant ces transactions grâce à la blockchain.
- De servir de démonstrateur grandeur nature, offrant des opportunités pédagogiques pour les étudiants et les enseignants.
- Une amélioration de la gouvernance en permettant aux associations étudiantes de jouer un rôle actif dans la gestion des transactions et des événements (élection du BDE, achats de sandwich à la MI).

8. Contraintes

Les principales contraintes à surveiller sont :

- **Les normes et réglementations** : il faut respecter les réglementations académiques et les bonnes pratiques en matière de sécurité des données, notamment lors des transactions en euros pour l'achat de jetons et en définissant clairement les conditions d'utilisation qui limitent certains jetons à leur propriétaire légitime.
- **La sécurité et l'anonymat** : il faut pouvoir garantir la protection des données sensibles des utilisateurs tout en permettant des transactions anonymes, notamment dans le cadre des votes. Les mesures de sécurité et de confidentialité doivent être clairement établies pour éviter toute ambiguïté.
- **Les risques techniques** : il faut pouvoir assurer la résilience de la solution face aux évolutions futures des parties prenantes (changement de BDE, ou de professeurs...) mais aussi aux risques d'attaques externes ou internes.
- **La maintenabilité et la reprise en main** : le projet doit être conçu pour faciliter la prise en charge par les équipes futures responsables de la maintenance et de l'amélioration du système.

Annexe 3 : Charte d'équipe du projet JUNIA Cryptojetons

Charte d'équipe

Contexte et objectifs du projet :

Le projet a pour objectif la mise en place d'une chaîne de blocs interne à JUNIA permettant l'émission et l'échange de cryptojetons entre les différents acteurs de la vie de l'école (associations, étudiants, professeurs, administration...). Cette chaîne de blocs devra être fonctionnelle et maintenable dans le temps et pourra également servir de support pédagogique.

1- L'équipe projet :

1.1 - Compétences :

- Cryptographie (6 personnes)
- Sécurité réseaux (6 personnes)
- Langages utiles : Python, HTML, CSS, React, TypeScript (6 personnes)
- Blockchain (1 personne)
- Gestion de projet (6 personnes)
- Business Management (2 personnes)

1.2 - Rôles et responsabilités :

Les rôles définis ci-dessous concernent le travail en équipe. Les rôles concernant la phase de réalisation seront définis ultérieurement en fonction des besoins et des compétences de chacun.

- Justin : Référent technique – Responsable des décisions techniques, de l'architecture de la blockchain et de la supervision des aspects techniques.
- Pierre : Contact client / Référent – Chargé de la communication avec le client, de la gestion des attentes et des retours, tout en contribuant à la coordination technique.
- Benoit : Chef de projet – Responsable de la gestion globale du projet (délais, organisation, coordination de l'équipe), tout en participant aux aspects techniques selon les besoins.

- Maxime : Référent budget – Supervise les aspects financiers du projet (gestion des coûts, optimisation des ressources), tout en ayant un rôle dans le développement ou les tests techniques.
- Nils : Superviseur qualité – Assure la conformité des livrables avec les exigences qualité, en participant aux revues techniques et aux tests.
- Albane : Secrétaire – Gère l'administration du projet (comptes-rendus, planning, suivi), tout en contribuant techniquement (développement, documentation technique, tests).

2 - Fonctionnement et valeur de l'équipe

2.1 - Règles de communication :

Communication interne : La communication interne de l'équipe se fera via un serveur Discord dans lequel différents salons seront créés en fonction des besoins.

Partage de fichier : Un dossier OneDrive (Cryptojeton) centralisera tous les documents du projet. Il est primordial de garder cet espace ordonné pour la clarté de projet et un accès facilité aux informations.

Communication client : Le choix du canal pour la communication avec le référent projet / client reste à définir et sera à la discrétion du client. La communication par mail reste possible en cas de besoin, notamment lors des prises de contact.

2.2 - Travail en équipe

Le suivi du projet sera réalisé avec des outils de gestion de projet. Trello sera utilisé pour attribuer et suivre les tâches du projet. Un diagramme de Gantt aidera à visualiser les échéances et le déroulement des différentes phases.

Au moins deux réunions en équipe seront tenues en présentiel chaque semaine afin de favoriser la communication, la collaboration et l'échange d'idées entre les membres du projet. Leur fréquence, leur date et leur durée seront décidées au fur et à mesure du projet et des besoins.

Le projet se déroulera en présentiel dans le cadre légal de 35h par semaine.

En cas d'absence, il est impératif de prévenir les autres membres en amont, afin d'organiser le travail en conséquence.

2.3 - Gestion des conflits :

Pour résoudre les désaccords ou malentendus, nous avons désigné Justin qui saura rester neutre et impartial afin de parvenir à une solution juste pour les personnes impliquées et dans l'intérêt du groupe. Il permettra de clarifier les situations conflictuelles et trancher si nécessaire. De plus, il a été établi qu'en cas de désaccord, il sera important de communiquer en équipe et de discuter ensemble afin d'éviter les situations difficiles et de trouver des solutions communes.

2.4 - Engagements individuels et collectifs :

Il est attendu de tous les membres un bon investissement personnel et une collaboration active.

Il est important pour le bien du projet que les membres respectent le planning et soient à l'heure lors des réunions. De plus, il est primordial de respecter les délais pour la réalisation des missions. Dans le cas contraire, il est important d'informer rapidement l'équipe afin de discuter d'une solution.

2.5 - Evaluations

Le suivi sera précisé ultérieurement avec M. Chênevert

2.6 - Valeurs et comportements :

L'équipe s'engage à respecter les valeurs clés qui la régiront pendant la durée du projet dans le but de favoriser son bon déroulement.

- Respect
- Travail
- Écoute
- Communication
- Entraide
- Ponctualité

Annexe 4 : Exemple type d'un compte-rendu de réunion avec le client du projetJUNIA Cryptojetons**Compte-rendu de réunion avec le client**

Projet : Cryptojetons (3612)

Date : 15/10/24

Client : M. Chênevert

Descriptif du projet

Le projet consiste à créer un système de gestion de cryptojetons basé sur une chaîne de blocs interne à JUNIA. Ce système permettrait d'effectuer différentes opérations transactionnelles, comme l'achat de produits, l'attribution de points académiques ou l'organisation de votes, impliquant des entités ayant des intérêts divergents (associations étudiantes, administration, enseignants, etc.).

L'objectif est de reprendre un prototype existant pour développer un système fonctionnel, pérenne et maintenable, pouvant servir à la fois d'outil transactionnel et de vitrine pédagogique.

Livrables attendus

- Procédure de déploiement et administration des nœuds validateurs
- Interfaces utilisateur pour la gestion de portefeuilles, transactions, gestion d'événements et consultation de la chaîne
- Protocole de gouvernance et maintenance de la chaîne pour assurer sa durabilité sur le long terme

Historique du projet

- **Première itération (20 ??)**

Développement d'un Proof of Concept (POC) basé sur Ethereum et testé lors du forum des projets de CIR2, les visiteurs votaient pour leur projet préféré avec un jeton. **Problèmes rencontrés : scalabilité, temps de transaction et coûts liés à la création de comptes.**

- **Deuxième itération (2024)**

Objectifs principaux : La deuxième itération du projet visait à réévaluer les choix techniques effectués lors de la première phase, avec comme objectif principal de développer une solution plus légère, plus propre et surtout maintenable. Le but était de conserver les mêmes fonctionnalités que celles du POC initial, tout en réduisant les coûts de fonctionnement et en optimisant la performance globale du système.

Améliorations techniques : Contrairement à la première itération qui s'appuyait sur Ethereum avec des coûts et des temps de transaction élevés, cette phase se concentrait sur la simplification. L'équipe a développé un système où les nœuds validateurs étaient prédéfinis et centralisés. Cela fonctionnait sur un modèle de preuve d'autorité, où un petit nombre de validateurs étaient responsables de l'approbation des transactions et de l'ajout des blocs à la chaîne :

- Une liste de validateurs a été définie en dur dans le système, ce qui signifiait que dès qu'un nœud validateur préapprouvait une transaction, celle-ci était ajoutée à la chaîne. Toutefois, ce modèle présentait un désavantage en termes de flexibilité et de gouvernance : le cercle des validateurs ne pouvait être modifié qu'avec l'approbation de la majorité des nœuds existants, rendant le système peu adaptable à des changements dynamiques.
- Cette deuxième version manquait encore de répartition des nœuds sur plusieurs entités indépendantes. Elle s'apparentait davantage à un système centralisé, malgré l'utilisation d'une blockchain, puisque la validation des transactions était contrôlée par une poignée de nœuds préapprouvés. Le système fonctionnait donc plutôt comme une base de données centralisée améliorée qu'une véritable blockchain décentralisée.

Lors du Forum des Projets CIR2, l'équipe a de nouveau testé la solution avec les visiteurs en leur permettant de voter pour leur projet préféré via les jetons. Cette fois-ci, le système a montré une meilleure stabilité par rapport à la première itération. Cependant, l'équipe a opté pour une double vérification des votes en stockant les résultats dans un fichier Excel en parallèle de la blockchain, afin de garantir l'intégrité des données.

Malgré les améliorations, **plusieurs défis restaient à résoudre comme la gestion des nœuds validateurs : le cercle des nœuds était rigide et ne pouvait pas être facilement modifié, ce qui posait un problème si un validateur devenait inactif ou corrompu. Aussi, bien que fonctionnel, le système centralisé ne respectait pas les principes fondamentaux de décentralisation propres à une blockchain.**

- **Troisième itération (2024-2025)**

Objectif de solidifier la solution existante en augmentant les fonctionnalités et en définissant une gouvernance durable pour la chaîne, en tenant compte des intérêts divergents des parties prenantes.

La base actuelle est fonctionnelle, mais techniquement immature. Le système permet déjà la gestion de plusieurs types de jetons et des transactions basiques (votes, paiements), mais de nombreux aspects doivent être renforcés pour garantir sa robustesse à long terme, notamment en termes de gouvernance, d'évolutivité et de sécurité.

L'enjeu est de concevoir une solution qui puisse survivre aux évolutions naturelles des parties prenantes (changement de BDE, de professeurs, d'administrateurs, etc.) tout en facilitant la prise en main et la participation de nouveaux acteurs.

Enjeux du projet

1. Multi-jetons et gestion des événements

- Un des points de ce projet est la gestion de plusieurs types de jetons pour différents usages au sein de l'école. Chaque jeton serait associé à un usage spécifique (achats à la Maison ISEN, votes pour les projets, élections du BDE, etc.), et la chaîne permettrait de gérer ces multiples jetons en fonction des événements organisés.
- Les gestionnaires d'événements pourront émettre et distribuer des jetons selon leurs besoins. Par exemple, un enseignant pourrait émettre des jetons pour attribuer des notes à un groupe d'étudiants, tandis qu'un événement comme l'élection du BDE nécessiterait des jetons spécifiques au vote.

2. Gouvernance et intérêts divergents

- Il est crucial de définir comment la chaîne sera maintenue et administrée à l'avenir. L'un des défis est de concilier les intérêts divergents des différentes parties prenantes : l'administration pourrait vouloir utiliser la blockchain pour promouvoir l'école, tandis que les associations étudiantes pourraient vouloir l'utiliser pour organiser des événements, et les professeurs pourraient l'utiliser pour noter les étudiants.

- Le modèle de gouvernance à envisager est basé sur la preuve d'enjeu (Proof of Stake), où les détenteurs de jetons ont davantage de poids dans la validation des blocs. Cela permet de responsabiliser les utilisateurs ayant un fort intérêt dans la bonne marche de la chaîne (par exemple, les associations étudiantes qui détiennent beaucoup de jetons).

3. Décentralisation et nœuds validateurs

- On vise à établir un véritable système décentralisé avec plusieurs nœuds validateurs gérés par des entités différentes. Les nœuds pourraient être détenus par des acteurs clés de la vie de l'école (le BDE, la Maison ISEN, le DG, le service informatique, le service des études, le DG, les professeurs, un responsable de département, etc.).
- L'ajout de nouveaux nœuds sur la chaîne devrait être simple, afin que toute entité intéressée puisse participer à la gouvernance. Cependant, des mécanismes de sécurité doivent être mis en place pour éviter que des personnes mal intentionnées ne prennent le contrôle de la chaîne.

4. Sécurité et confidentialité

- Les transactions devraient pouvoir être anonymes dans certains cas (par exemple, lors des votes) tout en étant traçables pour d'autres usages (comme l'achat de sandwiches à la Maison ISEN). La gestion de la pseudonymisation des utilisateurs est donc un enjeu important, surtout dans le cadre d'un environnement académique où la transparence est parfois nécessaire.

Plan d'action

1. Améliorer la maturité technique de la solution

- La première étape de cette itération est de stabiliser techniquement la solution existante. Il est essentiel de la rendre plus robuste et d'ajouter les fonctionnalités manquantes, comme le déploiement et la gestion des nœuds validateurs.
- Le développement doit se concentrer sur la création d'une solution multinœuds, où plusieurs entités peuvent gérer leur propre nœud validateur, tout en veillant à une consommation énergétique raisonnable et à des performances optimisées.

2. Impliquer les parties prenantes (Janvier)

- Une partie importante de ce projet consiste à aller consulter les différentes parties prenantes (administration, associations étudiantes, professeurs) pour recueillir leurs avis et attentes vis-à-vis de la blockchain. L'objectif est de déterminer leur niveau d'intérêt pour la gestion de nœuds validateurs et leur implication dans le processus de gouvernance.
- Ces discussions permettront aussi de déterminer les usages concrets des cryptojetons, ainsi que d'estimer le volume de transactions que la chaîne devra supporter.

3. Conception de la gouvernance future

- Un autre axe important de cette itération est de définir un modèle de gouvernance pérenne. Il s'agit de mettre en place un cadre pour gérer les changements à long terme (changement d'associations étudiantes, de professeurs, etc.), tout en assurant que les décisions futures puissent être prises de manière fluide, même avec des acteurs changeants d'une année sur l'autre.

4. Interfaces utilisateurs

- Le projet prévoit également de développer des interfaces utilisateurs intuitives pour que toute personne, même non technique, puisse gérer son portefeuille de jetons ou effectuer des transactions. Ces interfaces devront être simples à utiliser pour les étudiants et les personnels techniques, avec des fonctionnalités telles que l'authentification via le compte Microsoft de l'école ou l'usage de la carte étudiante pour valider des transactions.
- Des terminaux physiques pourraient également être envisagés pour des utilisations concrètes (paiements, validation de votes, etc.), ce qui renforcerait l'aspect pratique de la solution.

Défis restants

- Définir comment la gouvernance évoluera au fil des années, en tenant compte des changements fréquents dans les associations étudiantes ou les postes administratifs.
- Le projet doit garder en tête les coûts à long terme, notamment ceux liés à l'infrastructure et à la maintenance des nœuds. Il est essentiel de concevoir une solution légère en termes de consommation énergétique et de coûts, tout en assurant une performance stable.
- Un autre point à surveiller est la latence des transactions. Le projet doit trouver un compromis entre réactivité et consommation, avec la possibilité d'adapter la chaîne selon la période (réduction du nombre de transactions en période creuse, par exemple).