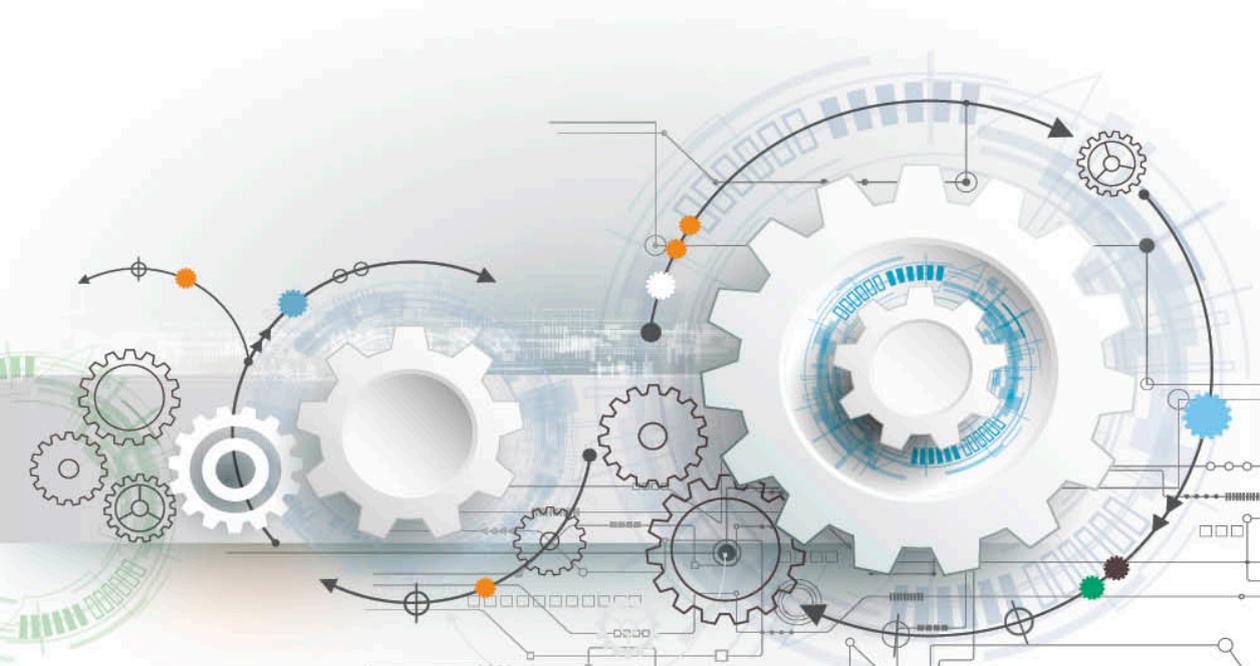


1^{re}

Spécialité **SCIENCES DE L'INGÉNIEUR**

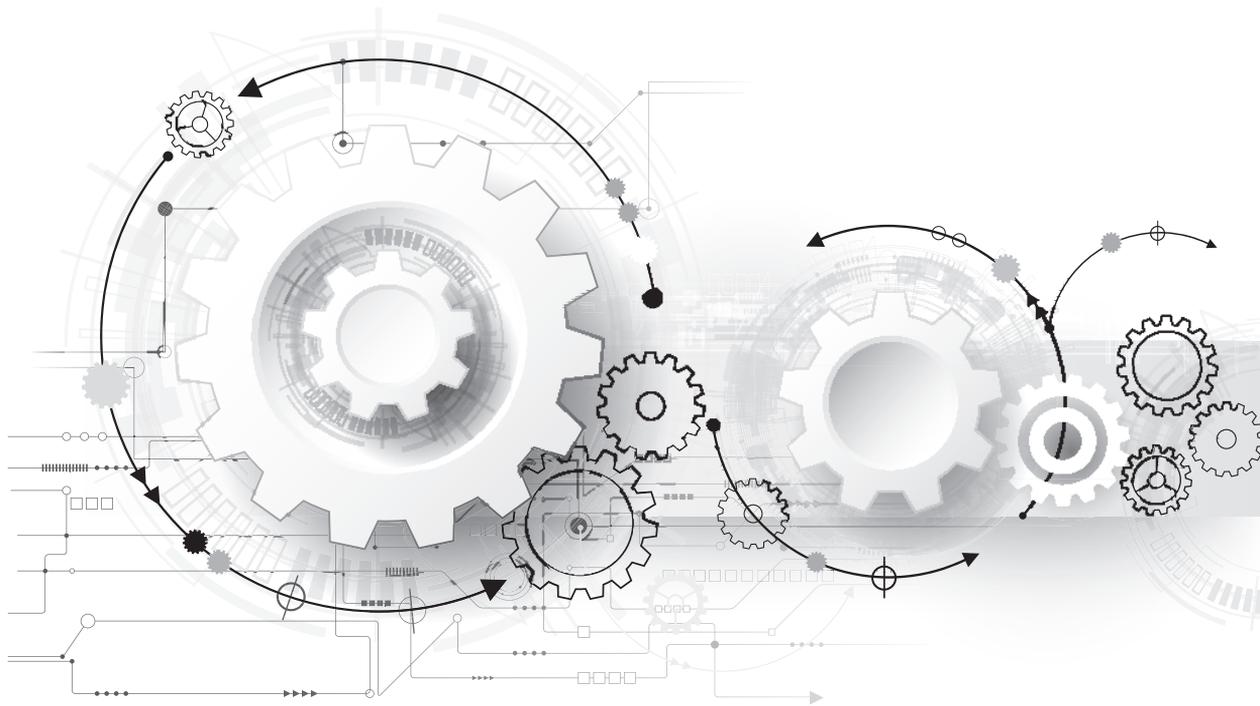
S'approprier les SI pas à pas



ellipses

Partie 1

Transversale



Innovation : concepts & méthodes

	Compétences développées	Connaissances associées
I01	✓ Rompre avec l'existant Améliorer l'existant	✓ Éléments d'histoire des innovations et des produits
I03	✓ Imaginer une solution originale, appropriée et esthétique	✓ Cartes heuristiques, méthodes de brainstorming, d'analogies, de détournement d'usage

L'innovation est le moteur du progrès technologique et économique. Comprendre comment rompre avec l'existant et améliorer l'existant est essentiel pour les futurs ingénieurs. Cette compétence implique la capacité à identifier les limitations des solutions actuelles et à proposer des améliorations ou des solutions entièrement nouvelles.



Figure 1 : L'innovation

I. Concept de base

A. Qu'est-ce que l'innovation ?

L'innovation est le processus d'introduction de nouveautés ou d'améliorations significatives dans des produits, des services, ou des procédés existants.

Elle peut se manifester sous différentes formes :

- **Innovation incrémentale** : Il s'agit d'améliorations ou de modifications mineures apportées à un produit ou service existant. L'objectif est d'optimiser ou de moderniser sans changer fondamentalement le produit de base. Par exemple, les améliorations apportées aux modèles de smartphones chaque année, comme une meilleure caméra, une batterie plus performante, ou des logiciels plus rapides.
- **Innovation radicale** : Elle implique la création d'un produit, service ou procédé entièrement nouveau qui change fondamentalement les habitudes ou les marchés. Par exemple, l'invention de l'ordinateur personnel, qui a révolutionné la manière dont les gens accèdent à l'information et travaillent.

Différences entre innovation incrémentale et radicale :

- **Impact sur le marché** : l'innovation incrémentale tend à affiner et à perfectionner les produits existants, tandis que l'innovation radicale crée de nouveaux marchés ou bouleverse les marchés existants.
- **Risque et investissement** : Les innovations radicales sont généralement plus risquées et nécessitent des investissements plus importants que les innovations incrémentales.

B. Importance de l'innovation

L'innovation joue un rôle dans le développement technologique et économique pour plusieurs raisons :

- **Compétitivité** : Les entreprises doivent innover pour rester compétitives dans un marché en constante évolution. Les innovations permettent de différencier leurs produits et services de ceux des concurrents.
- **Efficacité** : Les innovations, qu'elles soient incrémentales ou radicales, améliorent l'efficacité des produits et des services, rendant leur utilisation plus simple, plus rapide ou plus économique.
- **Durabilité** : De nombreuses innovations visent à rendre les produits et procédés plus durables. Par exemple, l'innovation dans les technologies de l'énergie renouvelable vise à réduire l'impact environnemental des sources d'énergie traditionnelles.

C. Processus d'innovation

Le processus d'innovation comprend plusieurs étapes :

Identification des opportunités	Veille Technologique : Surveiller les tendances technologiques et les avancées dans le secteur.
	Analyse des Besoins : Comprendre les besoins et les attentes des utilisateurs.
Génération d'idées	Brainstorming : Encourager la génération d'idées en groupe, sans jugement initial.
	Cartes Heuristiques (Mind Maps) : Utiliser des diagrammes pour organiser et visualiser les idées.
Evaluation et sélection des idées	Analyse de Faisabilité : Évaluer la faisabilité technique et économique des idées générées.
	Priorisation : Sélectionner les idées les plus prometteuses en fonction de leur potentiel d'impact et de faisabilité.
Développement et prototypage	Prototypage Rapide : Créer des maquettes ou des modèles pour tester les concepts.
	Itération : Améliorer les prototypes en fonction des retours d'expérience et des tests utilisateurs.

II. Exemples d'innovations

A. Innovations incrémentales

L'évolution du téléphone est un exemple d'innovations incrémentales.



Figure 2 : Evolution du téléphone portable de 1992 à 2014

Téléphone fixe : Inventé par Alexander Graham Bell en 1876, le téléphone fixe a révolutionné la communication en permettant la transmission de la voix humaine sur de longues distances via des fils télégraphiques.

Téléphone mobile : En 1973, Martin Cooper de Motorola a démontré le premier téléphone mobile, permettant la communication sans fil et libérant les utilisateurs des contraintes des lignes téléphoniques.

Smartphone : L'introduction de l'iPhone par Apple en 2007 a transformé la communication en intégrant des fonctions de téléphone, d'Internet, et d'applications diverses dans un seul appareil portable, rendant le smartphone indispensable dans la vie quotidienne.

B. Innovations radicales

Certaines innovations changent les marchés et les comportements.

L'invention de l'ampoule électrique : Thomas Edison a inventé l'ampoule électrique en 1879, remplaçant les bougies et les lampes à huile par un éclairage plus sûr, plus économique et plus efficace, transformant ainsi la vie quotidienne et prolongeant les heures d'activité après le coucher du soleil.

L'ordinateur personnel : En 1981, IBM a lancé le premier ordinateur personnel (PC), rendant l'informatique accessible au grand public. Avant cette innovation, les ordinateurs étaient principalement utilisés par des entreprises et des institutions académiques. Le PC a démocratisé l'accès à la technologie informatique et a jeté les bases de l'ère numérique moderne.

III. Méthodes de créativité

A. Brainstorming

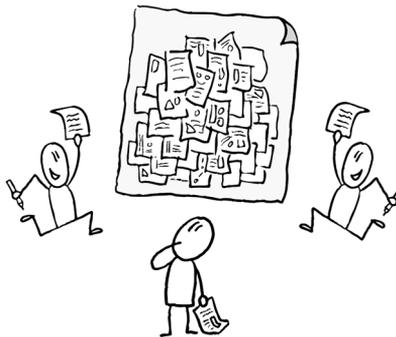


Figure 3 : Brainstorming

Le brainstorming est une technique de génération d'idées en groupe, visant à produire un maximum de solutions créatives en un temps limité.

Les principes clés du brainstorming sont :

- **Suspension du jugement** : Pendant la session de brainstorming, toutes les idées sont les bienvenues, sans critique ni évaluation immédiate. Cela encourage la libre expression et la créativité.
- **Quantité plutôt que qualité** : L'objectif est de générer autant d'idées que possible, même celles qui peuvent sembler farfelues ou irréalistes. Parmi ces idées, certaines pourront être raffinées ou combinées pour devenir des solutions viables.
- **Encourager l'innovation** : Les participants sont encouragés à proposer des idées audacieuses et à sortir des sentiers battus.
- **Association d'idées** : Une idée peut en inspirer une autre. Les participants doivent écouter et construire sur les propositions des autres.

Le brainstorming peut être conduit de manière structurée ou non structurée. Dans une session structurée, un modérateur (maitre de jeu) dirige la discussion et peut utiliser des techniques comme les tours de table pour s'assurer que tout le monde participe.

B. Carte heuristique (mind map)

La carte heuristique, ou mind map, est un outil visuel qui permet de structurer et d'organiser les idées de manière hiérarchique.

Elle est particulièrement utile pour :

- **Organisation des idées** : La carte heuristique commence par un concept central, autour duquel sont organisées les idées principales, puis les sous-idées, de manière arborescente.
- **Visualisation** : La nature graphique de la mind map aide à visualiser les relations entre les différentes idées et à voir l'ensemble d'un projet ou d'un problème en un coup d'œil.
- **Stimulation de la créativité** : En associant des mots-clés, des couleurs, des images et des lignes, la mind map stimule les deux hémisphères du cerveau et encourage la créativité.



Pour créer une mind map efficace :

- Commencez par un mot ou une image centrale représentant le thème principal.
- Ajoutez des branches principales représentant les idées clés, puis des branches secondaires pour les sous-idées.
- Utilisez des couleurs différentes pour chaque branche principale et ajoutez des images ou des symboles pour renforcer les idées.

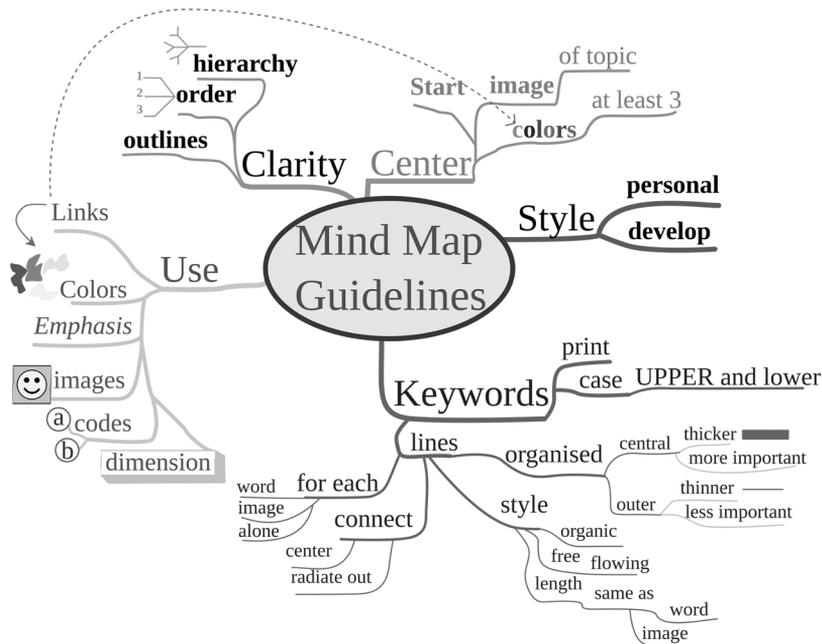


Figure 4 : Exemple structure d'une carte mentale

C. Méthode des 6 chapeaux

La méthode des 6 chapeaux, développée par Edward de Bono, est une technique de pensée parallèle qui permet d'examiner un problème ou une idée sous différents angles.

Chaque chapeau représente une perspective distincte :

	Rôle
Chapeau blanc	Faits et informations. Se concentre sur les données disponibles et ce qui peut être appris ou recherché.
Chapeau rouge	Émotions et intuitions. Exprime les sentiments, les intuitions et les réactions instinctives.
Chapeau noir	Pessimiste. Identifie les risques, les problèmes et les points faibles d'une idée.
Chapeau jaune	Optimiste. Se concentre sur les avantages, les valeurs et les opportunités positives.
Chapeau vert	Créatif. Explore les idées nouvelles, les alternatives et les solutions créatives.
Chapeau bleu	Contrôle du processus. Gère la réflexion, organise et résume les discussions, et planifie les étapes suivantes

Cette méthode aide à structurer la réflexion, à éviter les conflits et à s'assurer que toutes les perspectives sont prises en compte.



Voici comment utiliser les 6 chapeaux :

- **Introduction** : Présentez le sujet ou le problème à discuter.
- **Tour des chapeaux** : Passez en revue chaque chapeau, en demandant aux participants de se concentrer uniquement sur l'aspect représenté par le chapeau en question.
- **Discussion structurée** : Alternez les chapeaux pour explorer le sujet sous différents angles, en prenant des notes sur les points soulevés.
- **Synthèse** : Utilisez le chapeau bleu pour résumer les discussions et planifier les étapes suivantes.



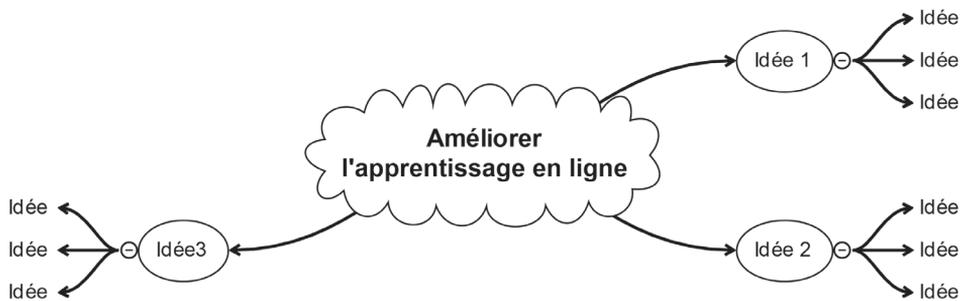
EXERCICES

Exercice 1

En prenant comme produit la brosse à dent. **Décrivez** trois améliorations incrémentales qui ont été apportées à ce produit au fil des années. **Expliquez** comment chacune de ces améliorations a ajouté de la valeur pour les utilisateurs.

Exercice 2

Créez une carte heuristique (mind map) pour un projet d'innovation dans le domaine de l'éducation. Le sujet central est « Améliorer l'apprentissage en ligne ». **Ajoutez** au moins trois branches principales et trois sous-branches pour chaque branche principale.



Exercice 3

Appliquez la méthode des 6 chapeaux pour évaluer l'idée d'introduire des cours de programmation dès l'école primaire. **Décrivez** brièvement les points de vue de chaque chapeau.

Exercice 4

En prenant comme produit la voiture autonome. **Identifiez** trois enjeux majeurs associés à cette innovation, en expliquant pourquoi ils sont importants.

Exercice 5

Imaginez une nouvelle innovation pour améliorer le recyclage domestique. **Décrivez** cette innovation en quelques phrases, en expliquant comment elle fonctionne et quels problèmes elle résout.

CORRIGÉ DES EXERCICES

Exercice 1

- Amélioration 1 : Poignée ergonomique - Facilite la prise en main et rend le brossage plus confortable.
- Amélioration 2 : Poils en nylon souples - Réduisent le risque de blessure aux gencives et nettoient plus efficacement.
- Amélioration 3 : Indicateur de changement de brosse - Une partie des poils change de couleur pour indiquer qu'il est temps de remplacer la brosse à dents, améliorant l'hygiène bucco-dentaire.

Exercice 2



Exercice 3

- **Chapeau blanc** : Faits et informations
- Quels sont les programmes de programmation existants pour enfants ? Quelles sont les compétences de base en programmation ?
- **Chapeau rouge** : Émotions et intuitions
- Certains parents pourraient être inquiets que la programmation prenne trop de place dans le curriculum. Les enfants pourraient être excités par l'idée d'apprendre à coder.
- **Chapeau noir** : Jugement critique
- Il pourrait être difficile de trouver des enseignants qualifiés. Les ressources nécessaires pourraient être coûteuses.
- **Chapeau jaune** : Optimisme
- Les enfants développent des compétences essentielles pour l'avenir. La programmation stimule la créativité et la résolution de problèmes.
- **Chapeau vert** : Créativité
- Intégrer des jeux et des projets ludiques pour rendre l'apprentissage de la programmation amusant et engageant.

- **Chapeau bleu** : Contrôle du processus
- Planifier un programme pilote, évaluer son succès, et ajuster le curriculum en fonction des retours.

Exercice 4

- Enjeu 1 : Sécurité - Assurer que les voitures autonomes sont sûres pour les passagers et les piétons. Les tests et régulations doivent être rigoureux.
- Enjeu 2 : Réglementation - Adapter les lois et régulations pour intégrer les voitures autonomes sur les routes publiques.
- Enjeu 3 : Impact économique - Considérer les effets sur l'emploi (chauffeurs, logistique) et sur les industries connexes (assurance, réparations).

Exercice 5

- Description : Une poubelle domestique équipée de capteurs et de systèmes de reconnaissance des matériaux qui trie automatiquement les déchets en différentes catégories (plastique, papier, métal, organique).
- Fonctionnement : Les utilisateurs déposent leurs déchets dans la poubelle. Les capteurs identifient le type de matériau et dirigent le déchet vers le compartiment approprié.
- Problèmes résolus : Simplifie le processus de tri pour les utilisateurs, augmente le taux de recyclage correct, et réduit les erreurs de tri qui contaminent les flux de recyclage.

Cahier des charges & SYSML

	Compétences développées	Connaissances associées
A01	✓ Analyser le besoin, l'organisation matérielle et fonctionnelle d'un produit par une démarche d'ingénierie système	✓ Outils d'ingénierie-système : diagrammes fonctionnels, définition des exigences et des critères associés, cas d'utilisations, analyse structurelle

I. Le cahier des charges fonctionnel

A. Nécessité du cahier des charges fonctionnel

La rédaction d'un cahier des charges fonctionnel (CdCf) est le point de départ dans la gestion de projets, elle joue un rôle dans la définition claire et structurée des attentes et des exigences associées à un projet donné. Un cahier des charges fonctionnel est un document qui formalise un besoin en détaillant les fonctionnalités attendues d'un système, d'un produit ou d'un service, ainsi que les contraintes (techniques, réglementaires, budgétaires, etc.) auxquelles il est soumis. Il sert souvent comme le livrable qui sanctionne la fin de la phase de lancement d'un projet.

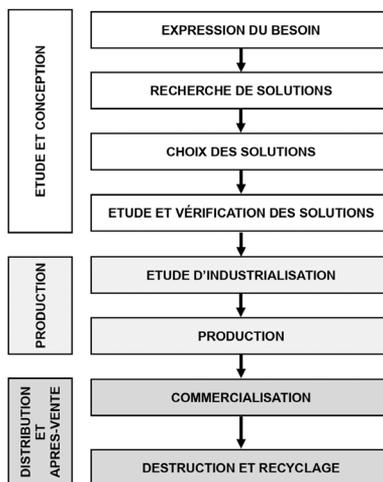


Figure 1 : Les étapes d'un projet

L'importance de la rédaction d'un cahier des charges fonctionnel réside dans plusieurs aspects importants pour la réussite d'un projet :

- **Référence pour les intervenants** : Il sert de référence pour les prestataires et les équipes de développement, garantissant que toutes les parties prenantes ont une compréhension claire et uniforme des objectifs et des exigences du projet.
- **Clarification des objectifs** : Il aide à clarifier les objectifs, éviter les malentendus, faciliter la communication entre les équipes, maîtriser les coûts et les délais, et garantir la qualité du projet. En somme, la rédaction d'un cahier des charges fonctionnel augmente les chances de mener à bien le projet.

B. Du cahier des charges fonctionnel au projet

L'initiation d'un projet démarre avec une idée ou un besoin identifié, qui mène à une évaluation de faisabilité pour en vérifier la viabilité.

Si le projet est jugé faisable, la rédaction du cahier des charges vient formaliser les besoins et les attentes. Puis, le bureau d'études (BE) entame l'étude de conception, explorant les solutions techniques. Une fois une solution arrêtée, la définition des éléments du produit est lancée, suivie de l'étude de fabrication par le bureau des méthodes (BM) pour établir les procédés de fabrication.

Parallèlement, la rédaction de documents est réalisée à chaque phase pour consolider les informations et servir de référence. Ces éléments convergent vers la conception finale, marquant la transition de l'idée initiale à la réalisation concrète du projet.

C. Analyse du besoin

L'analyse du besoin permet de cerner les attentes de l'utilisateur, qu'il s'agisse d'un individu ou d'une organisation. Cette phase se déroule en trois étapes :

- **Saisie du besoin** : Collecte des besoins des utilisateurs via des entretiens ou enquêtes.
- **Énoncé du besoin** : Analyse et formalisation des besoins dans un énoncé clair, constituant la base du cahier des charges qui détaille les fonctionnalités attendues du produit.
- **Validation du besoin** : Vérification avec les utilisateurs pour s'assurer que les besoins sont bien compris et correctement formulés dans le cahier des charges.

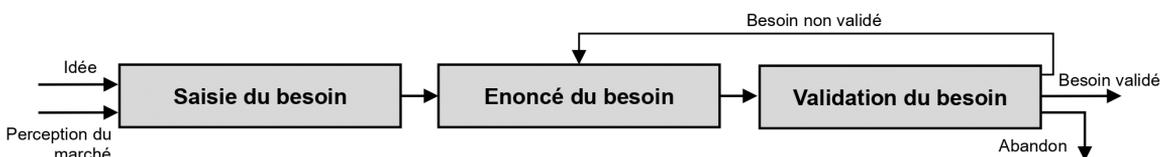


Figure 2 : Processus de réalisation d'un projet

Le cahier des charges émanant de cette analyse guide les phases suivantes du projet, assurant ainsi que le produit final répondra aux besoins identifiés.

II. SYSML

Le SysML (Systems Modeling Language = Langage de Modélisation des Systèmes) est un outil permettant de visualiser et documenter les éléments d'un système. Il intervient après l'analyse des besoins et la rédaction du cahier des charges, facilitant la transition vers les phases de conception et réalisation du projet.



Figure 3 : Logo SysML

Le SysML permet de créer des modèles visuels des exigences énoncées dans le cahier des charges, ainsi la communication entre les équipes est facilitée et une traduction fidèle des besoins en solutions techniques est assurée. Le SysML lie l'expression des besoins aux étapes du développement, rendant les informations plus accessibles et contribuant à la réussite du projet.

A. Descriptions

Le SysML (Langage de Modélisation des Systèmes) offre un ensemble de 9 types de diagrammes (6 sont étudiés en Sciences de l'Ingénieur), permettant une représentation graphique des divers aspects d'un système.

Ces diagrammes sont regroupés en trois catégories majeures :

Les diagrammes de structure :

Ils représentent la composition, l'organisation et les relations entre les éléments qui constitue le système.

- Le diagramme de définition de blocs
- Le diagramme de blocs internes
- Le diagramme paramétrique
- Le diagramme de paquetage

Les diagrammes de comportement :

Ils illustrent les interactions, les flux d'interaction et d'information et les transitions d'état au sein du système, mettant en lumière son fonctionnement.

- Le diagramme des cas d'utilisation
- Le diagramme de séquence

- Le diagramme d'états
- Le diagramme d'activité

Les diagrammes de spécification des exigences :

Ils formalisent graphiquement les exigences du système, permettant une visualisation des besoins et des contraintes associées.

- Le diagramme d'exigences

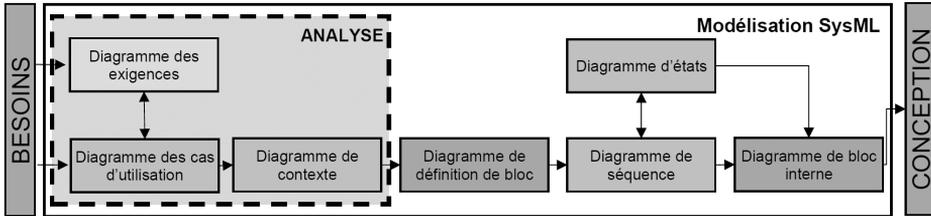


Figure 4 : Processus de modélisation SysML

B. Les diagrammes

Un diagramme est une représentation visuelle des informations qui utilise des formes géométriques, des lignes et des symboles pour illustrer des relations, des processus ou des données. Il est conçu pour rendre l'information plus compréhensible et faciliter l'analyse et la communication des idées.

Chaque type de diagramme en SysML est non seulement reconnaissable par son apparence visuelle, mais il est également identifié par un label spécifique, placé en haut à gauche du diagramme. Ce label contient un diminutif du type de diagramme, permettant de l'identifier rapidement, il est suivi par le nom du système.

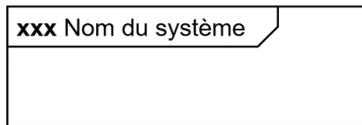


Figure 5 : Représentation de l'identification d'un diagramme SysML

Les labels utilisés :

- Le diagramme des cas d'utilisation (Use Case Diagram) : **ucd** ou **uc**
- Le diagramme d'exigences (Requirements Diagram) : **req**
- Le diagramme définition de blocs (Block Definition Diagram) : **bdd**
- Le diagramme de séquence (Sequence Diagram) : **sd**
- Le diagramme d'états (State Machine Diagram) : **stm**
- Le diagramme de blocs internes (Internal Block Diagram) : **ibd**

a. Diagrammes des cas d'utilisations

Le diagramme des cas d'utilisation en SysML permet de représenter de manière simple et visuelle les interactions entre un système et ses utilisateurs ou acteurs. Il sert à identifier les principales fonctionnalités du système, appelées « cas d'utilisation », et à clarifier quelles actions chaque acteur peut effectuer. Ce diagramme aide également à définir les limites du système, en distinguant ce qui est interne et ce qui est externe.

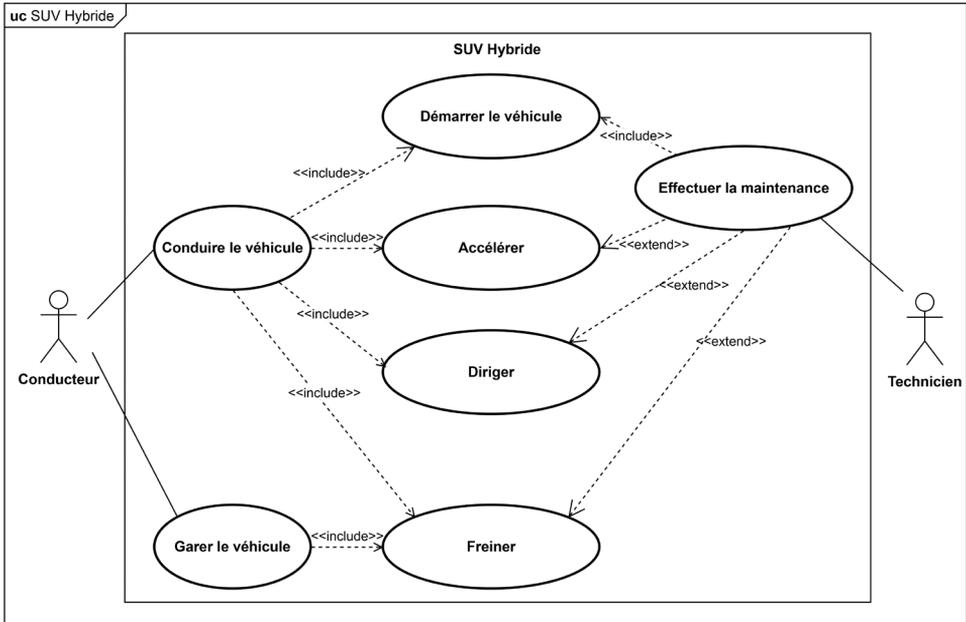
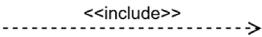
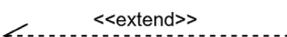


Figure 6 : Exemple de diagrammes des Cas d'Utilisation

 ActorName	Représente une entité externe (humain ou système) qui interagit avec le système. L'acteur peut être principal (à gauche) ou secondaire (à droite) selon son importance dans le processus.
 UseCaseName	Représente une fonctionnalité ou une action que le système offre à l'acteur. Chaque cas d'utilisation décrit une interaction ou un service rendu par le système.
	Cette relation signifie qu'un cas d'utilisation inclut systématiquement un autre cas. L'action incluse fait partie du processus de l'action principale.
	Cette relation indique qu'un cas d'utilisation peut être étendu par un autre cas dans certaines conditions spécifiques. Ce dernier est optionnel et ne s'exécute pas toujours.
	Elle indique que l'acteur interagit directement avec le cas d'utilisation. Cela signifie que cet acteur initie ou participe à cette fonctionnalité du système.

b. Diagrammes des exigences

Le diagramme des exigences permet de définir ce que le système doit accomplir. Il identifie les besoins, attentes ou contraintes auxquels le système doit répondre, qu'il s'agisse de fonctionnalités à fournir ou de critères de performance à respecter. Ce diagramme sert à structurer les exigences de manière hiérarchique, permettant de voir rapidement quelles exigences dépendent des autres, et comment elles sont liées.

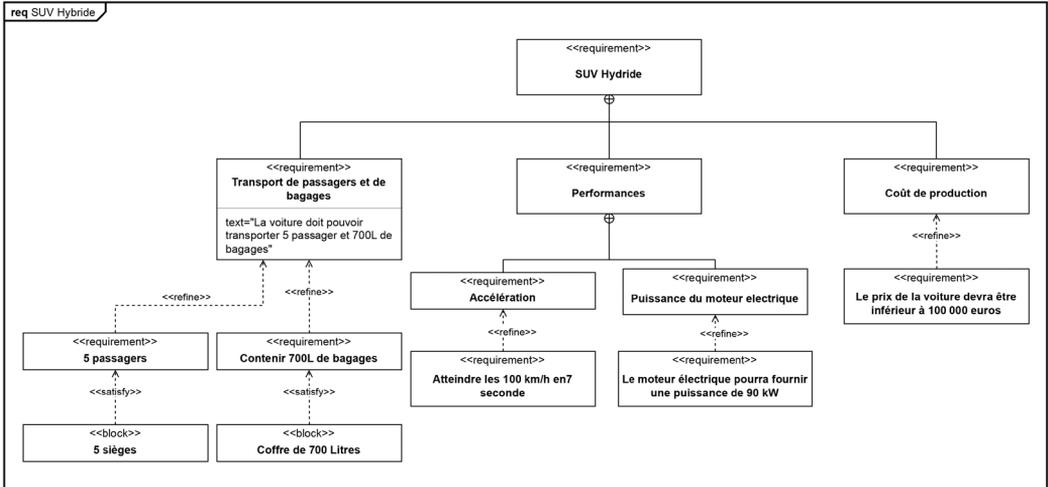


Figure 7 : Exemple simplifié d'un Diagrammes des Exigences

Dans un diagramme des exigences, lorsque l'on se déplace vers le bas dans la hiérarchie, la question à se poser est « Comment ? ». Cela signifie que les sous-exigences expliquent comment une exigence principale sera réalisée.

Dans l'exemple ci-dessus, une exigence de transport de passagers est affinée par des sous-exigences précisant le nombre de passagers et la capacité du coffre.

À l'inverse, en remontant vers le haut, la question devient « Pourquoi ? », ce qui aide à comprendre la raison d'être d'une sous-exigence, en montrant pourquoi elle contribue à l'exigence supérieure.

Il est important de noter que les diagrammes des exigences peuvent être disposés de différentes façons : verticalement, horizontalement ou parfois avec le système placé au centre, selon la préférence et la clarté souhaitées pour la représentation des exigences.

	Représente un conteneur d'exigences. Il indique que l'exigence principale à laquelle il est associé regroupe ou contient plusieurs sous-exigences.
« refine »	De l'anglais « affiner ». Elle est utilisée pour indiquer qu'une exigence est clarifiée ou rendue plus précise à travers un autre élément, comme un modèle ou un diagramme.
« satisfy »	De l'anglais « satisfaire ». Elle relie les exigences aux solutions techniques mises en place pour répondre à ces exigences
« verify »	De l'anglais « vérifier ». Elle relie les exigences aux scénarios de test ou aux résultats de vérification.

c. Le diagramme définition de blocs

Le diagramme de définition de blocs permet de représenter la structure d'un système en le décomposant en plusieurs blocs ou sous-systèmes. Chaque bloc décrit une partie du système avec ses propriétés, ses interfaces et ses relations avec les autres blocs. Ce diagramme sert à structurer le système et assurer une bonne gestion des interfaces entre les différentes parties.

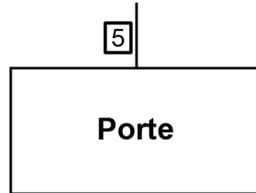


Figure 8 : Exemple simplifié d'un diagramme de définition de blocs

	<p>Signifie que ce composant peut être présent ou non.</p>
	<p>Il y a exactement 5 portes sur le SUV (probablement une pour chaque passager et une pour le coffre).</p>
	<p>Un élément est une composante obligatoire d'un autre. L'élément A entre dans la composition de l'élément B et lui est indispensable.</p>
	<p>Un élément est une composante facultative d'un autre. L'élément A entre dans la composition de l'élément B, mais n'est pas indispensable à son fonctionnement</p>

d. Le diagramme de séquence

Le diagramme de séquence est un diagramme dynamique qui représente l'enchaînement des échanges de messages entre des acteurs et le système, ou entre différentes parties du système, durant un scénario donné. Il permet de modéliser comment les différents objets interagissent au fil du temps pour accomplir un cas d'utilisation ou une tâche spécifique.

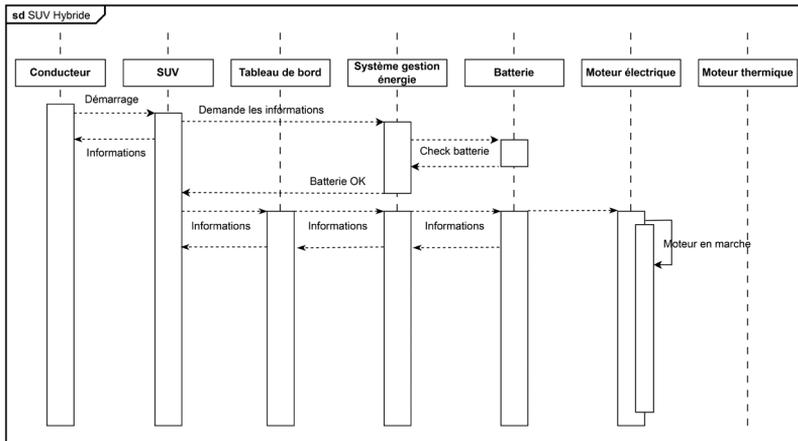


Figure 9 : Exemple simplifié d'un diagramme de séquence

Le diagramme ci-dessus montre la séquence d'événements qui se produisent lors du démarrage d'un SUV hybride. L'exemple illustre comment les différents sous-systèmes interagissent pour vérifier les informations nécessaires (comme l'état de la batterie) et déterminer quel moteur démarrer en fonction de ces informations. Dans ce cas-là, la batterie est suffisamment chargée pour démarrer en mode électrique.

e. Le diagramme d'états-transition

Le diagramme d'états-transition (également appelé diagramme d'états ou State Machine Diagram en anglais) est un diagramme comportemental qui permet de modéliser les différents états d'un système ou d'un objet et les transitions entre ces états en fonction de certains événements ou conditions.

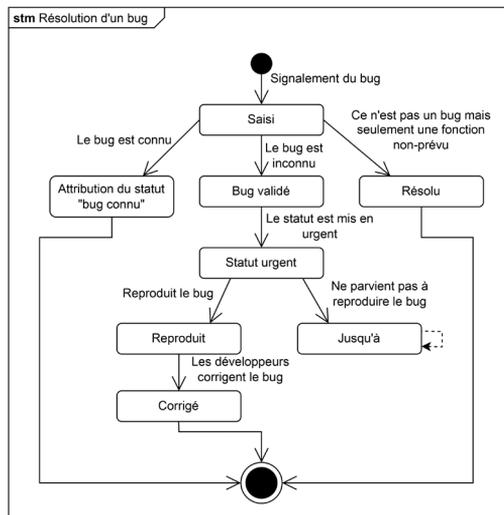
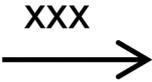


Figure 10 : Exemple simplifié d'un diagramme d'états-transition

	Il représente le point de départ du système ou du processus. C'est l'état dans lequel se trouve le système avant toute interaction ou action.
	Il représente la fin du cycle ou du processus. Une fois cet état atteint, le système ou le processus est considéré comme terminé.
	Un événement est ce qui déclenche une transition d'un état à un autre. Il peut s'agir d'une action, d'un signal reçu, ou d'une condition qui devient vraie. L'événement est associé à une transition représentée par une flèche reliant deux états pour montrer le passage d'un état à un autre.
	Un état correspond à une situation, une phase ou une condition spécifique dans laquelle se trouve le système ou l'objet à un moment donné. Le texte à l'intérieur du rectangle décrit cette condition ou activité.

f. Le diagramme de blocs interne

Le diagramme de blocs internes permet de visualiser comment les composants internes d'un système interagissent entre eux pour réaliser des fonctions spécifiques. Il montre les relations internes entre les différents blocs (ou sous-systèmes) d'un système et leurs interfaces de communication. Contrairement au diagramme de définition de blocs, qui montre la structure statique d'un système, le diagramme de blocs internes met l'accent sur les flux d'informations ou d'énergie entre les composants. Il est particulièrement utile pour modéliser les interactions et connexions complexes à l'intérieur d'un système.

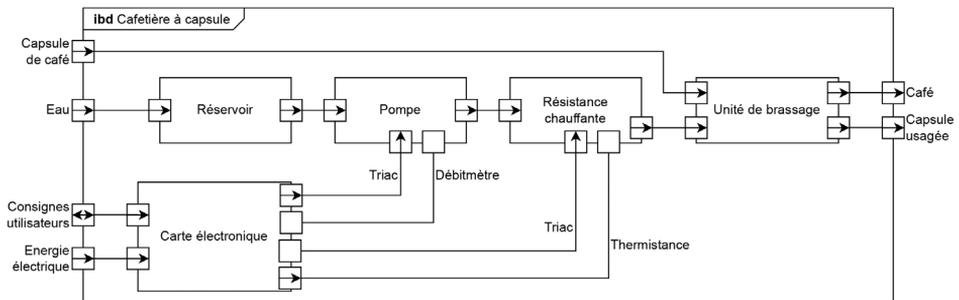


Figure 11 : Exemple simplifié d'un diagramme de blocs interne

	Ce type de port est utilisé pour indiquer un point d'interaction entre un bloc et d'autres éléments du système. Il ne définit pas de spécification particulière concernant la direction du flux d'informations.
	Le type de port est utilisé lorsque le flux de données ou d'énergie doit aller d'un composant à un autre, mais seulement dans un sens.
	Utilisé lorsque les informations ou l'énergie circulent dans les deux sens entre deux blocs, ce qui signifie que le bloc peut à la fois recevoir et envoyer des données.

g. Diagramme de contexte

Le diagramme de contexte n'est pas un diagramme SysML, mais il est un outil utile pour représenter la portée d'un système en délimitant ses interactions avec l'environnement externe. Il identifie les entités qui interagissent avec le système, comme les utilisateurs, les systèmes tiers, ainsi que les flux d'informations ou de dépendances entre ces entités et le système. Ce diagramme aide à comprendre et à visualiser comment le système s'intègre dans son environnement global. Bien qu'il ne fasse pas partie de la norme SysML, il est souvent utilisé en amont des projets pour avoir une vue d'ensemble des interactions externes.

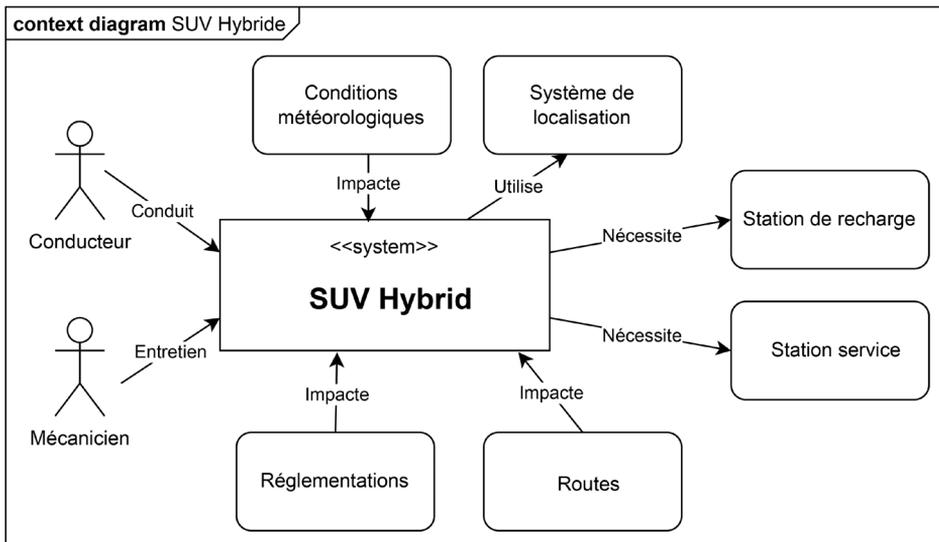


Figure 12 : Exemple d'un diagramme de contexte

Ce diagramme de contexte pour le SUV Hybride illustre les interactions du véhicule avec son environnement externe.

Le SUV Hybride est représenté au centre en tant que système principal, interagissant avec plusieurs acteurs externes. Le conducteur utilise le véhicule pour la conduite, tandis que le mécanicien est responsable de son entretien. Le SUV dépend de stations de recharge pour l'électricité et de stations-service pour le carburant, ces ressources étant nécessaires à son fonctionnement. Les conditions météorologiques et les routes ont un impact direct sur le comportement du véhicule, tout comme les réglementations qui imposent des contraintes de sécurité et d'émissions. Enfin, le SUV utilise un système de localisation pour la navigation. Ce diagramme met en évidence les dépendances du SUV hybride vis-à-vis de son environnement et de ses utilisateurs, facilitant la compréhension des interfaces externes du système.



EXERCICES

Exercice 1 : Diagramme de cas d'utilisation

Modéliser le fonctionnement d'un utilisateur qui interagit avec le système de gestion de parking intelligent via une application mobile. Votre tâche est de **créer** un diagramme de cas d'utilisation pour **visualiser** les différentes interactions possibles entre l'utilisateur (conducteur) et le système.

Créer un diagramme de cas d'utilisation qui montre comment un conducteur interagit avec le système pour :

- Chercher une place de parking disponible.
- Réserver une place de parking.
- Payer pour le stationnement.
- Recevoir une notification lorsque la durée de stationnement arrive à expiration.
- Prolonger la durée du stationnement.

Exercice 2 : Diagramme de contexte

Représenter visuellement le contexte global dans lequel le système de gestion de parking intelligent opère. Le diagramme de contexte doit inclure le système principal et les entités externes qui interagissent avec lui.

Créer un diagramme de contexte pour le système de gestion de parking intelligent. Vous devez inclure les entités externes suivantes :

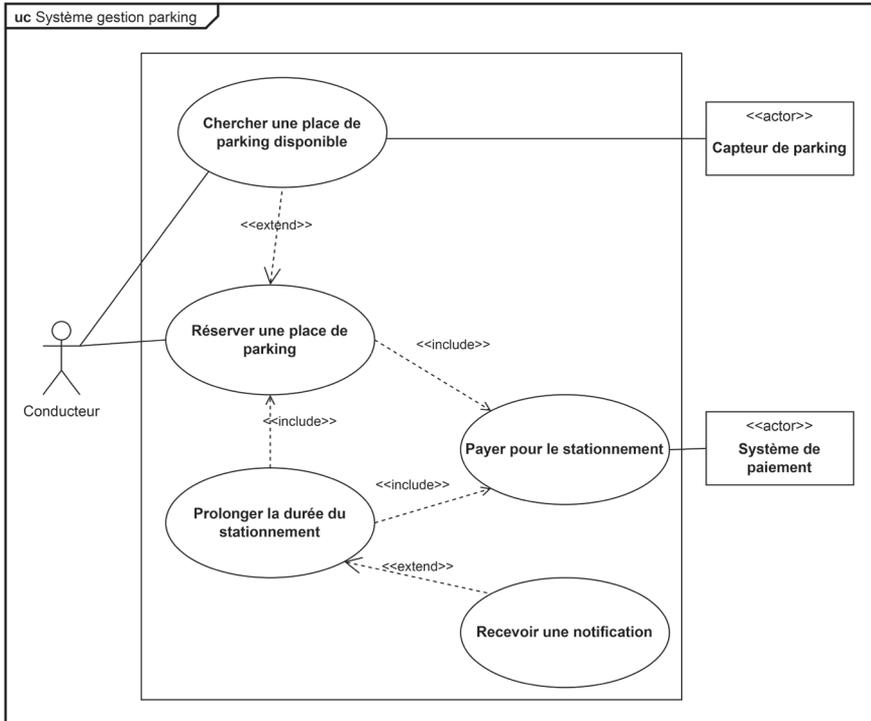
- Conducteur : Utilise l'application pour réserver et payer une place.
- Capteurs de parking : Surveillent l'occupation des places de parking.
- Système de paiement : Valide les transactions effectuées via l'application mobile.
- Caméras de surveillance : Veillent à la sécurité et vérifient les infractions.
- Autorités de la ville : Reçoivent les rapports d'utilisation et de paiement.
- Application mobile : Interface pour l'utilisateur avec le système.

Exercice 3 : Diagramme des exigences

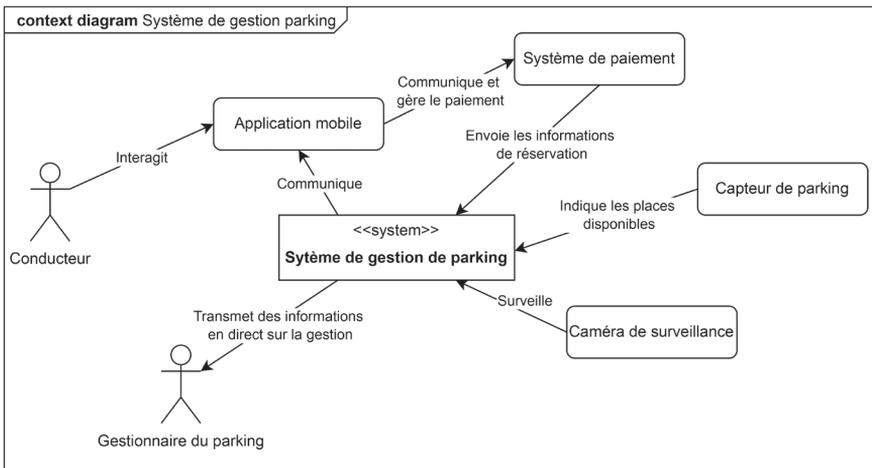
Modéliser les exigences du Système de Gestion de Parking Intelligent. Ce système doit permettre aux conducteurs de trouver et de réserver une place de parking, d'effectuer des paiements en ligne, et d'interagir avec les capteurs de parking pour obtenir des informations sur l'occupation en temps réel.

CORRIGÉ DES EXERCICES

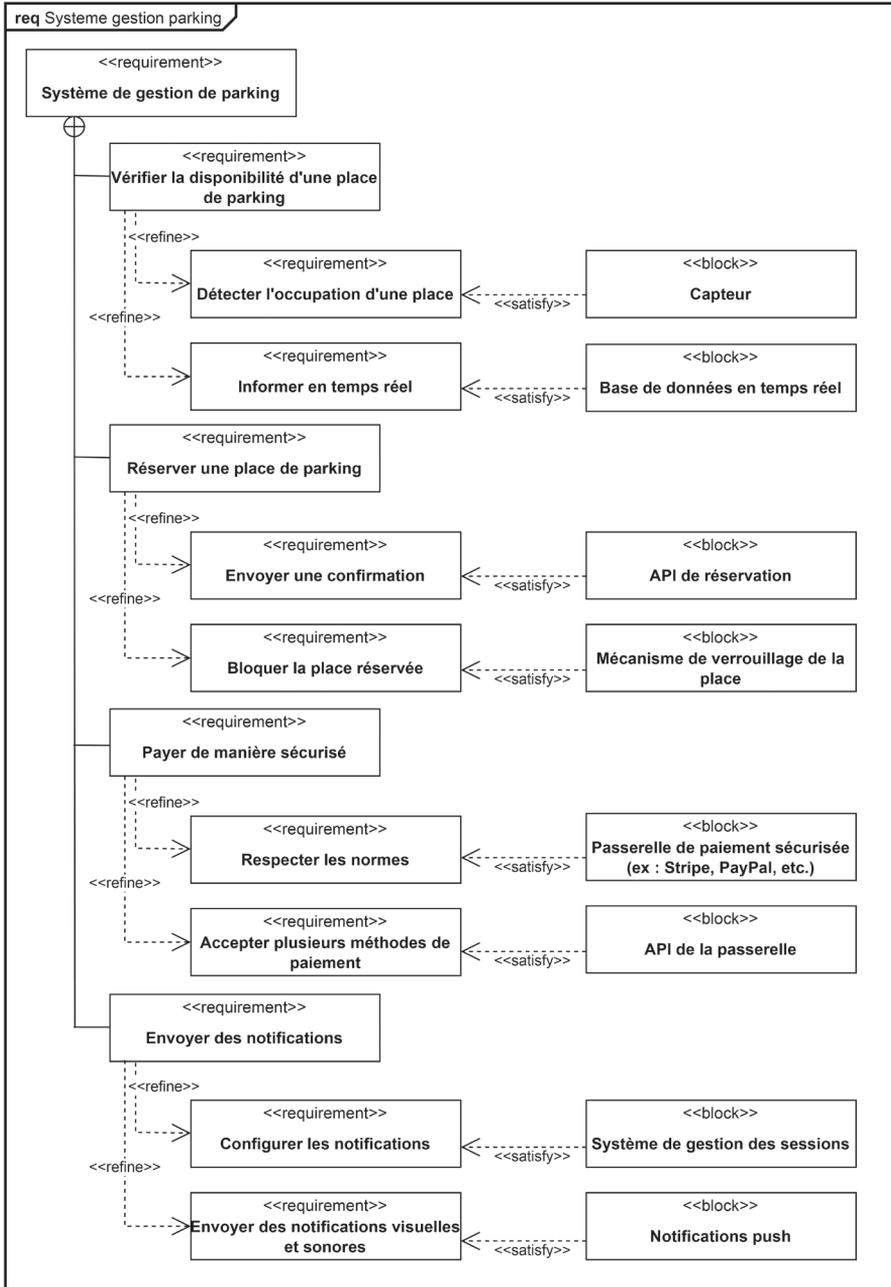
Exercice 1



Exercice 2



Exercice 3



Mécatronique : chaînes d'énergie et d'information

	Compétences développées	Connaissances associées
A01	✓ Analyser le besoin, l'organisation matérielle et fonctionnelle d'un produit par une démarche d'ingénierie système	✓ Outils d'ingénierie-système : diagrammes fonctionnels, définition des exigences et des critères associés, cas d'utilisations, analyse structurelle

I. Structure d'un système mécatronique

Les systèmes mécatroniques fusionnent la mécanique, l'électronique, l'informatique et le contrôle pour optimiser leurs performances. Présents dans des domaines variés comme la robotique et l'électroménager, ces systèmes sont structurés autour de deux chaînes principales : l'une dédiée à l'énergie et l'autre à l'information.

La chaîne d'énergie se concentre sur la conversion et la transmission de l'énergie nécessaire aux opérations, tandis que la chaîne d'information gère le traitement des données depuis leur collecte jusqu'au contrôle final.

L'interaction de ces deux chaînes garantit la gestion du système, intégrant de manière cohérente les aspects mécaniques, électroniques et informatiques.

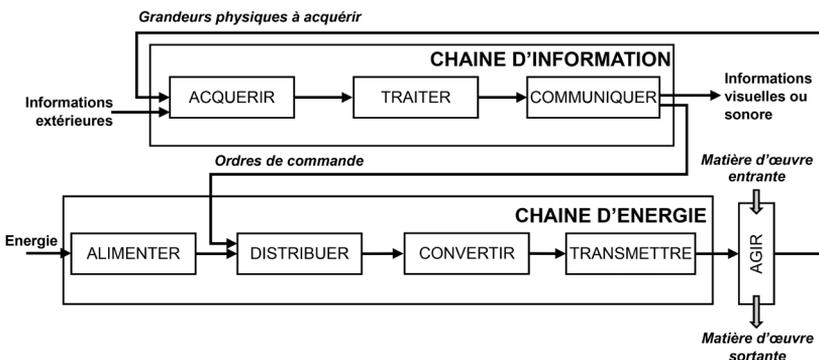


Figure 1 : Structure fonctionnel d'un système

II. Chaîne d'énergie

A. Les énergies

L'énergie, en tant que grandeur physique, détermine la capacité d'un système à interagir avec d'autres. Elle se manifeste sous de nombreuses formes, par exemple : lumineuse, nucléaire, chimique, mécanique, électrique, hydraulique et thermique.

Les transformations d'énergie permettent de convertir une forme d'énergie en une autre nécessaire au fonctionnement de nombreux systèmes et technologies. Ces conversions sont au cœur des processus qui alimentent les machines et les dispositifs électroniques.

B. Description de la chaîne d'énergie

La chaîne d'énergie permet d'acheminer l'énergie nécessaire pour réaliser une action souhaitée, en veillant à ce qu'elle soit adaptée en quantité et en forme.

Elle comprend plusieurs étapes clés : l'alimentation, qui fournit l'énergie ; la distribution, qui la dirige vers les endroits où elle est requise ; la conversion, qui transforme l'énergie en une forme utilisable ; et la transmission, qui la transporte jusqu'au point d'utilisation final. Chaque étape contribue à garantir une disponibilité de l'énergie pour accomplir une action.

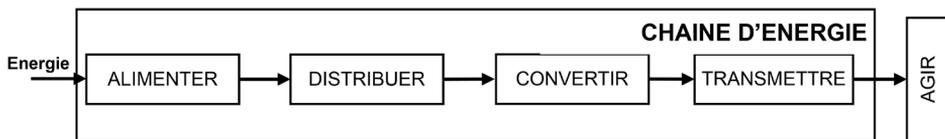


Figure 2 : Structure fonctionnelle de la chaîne d'énergie d'un système

C. Alimenter

Le bloc « Alimenter » dans la chaîne d'énergie est la première étape, où le système reçoit l'énergie nécessaire pour fonctionner.

Cette énergie peut provenir de différentes sources, comme l'électricité, les combustibles, ou l'énergie solaire. L'objectif de ce bloc est de fournir au système l'énergie sous une forme utilisable pour qu'il puisse démarrer et exécuter ses fonctions.

Réseau EDF	Alimenter en énergie électrique
Réseau pneumatique	Alimenter en énergie pneumatique (air)
Énergies renouvelables	Alimenter en énergie électrique à partir d'énergie renouvelables
Groupe électrogène	Alimenter en énergie électrique à partir d'une énergie fossile.
Batterie	Alimenter en énergie électrique préalablement stockée.