



**Ministère de l'enseignement supérieur et la
recherche scientifique**



Université du 20 août 1955, Skikda

Incubateur de l'Université de Skikda

Institut des Sciences et Techniques Appliquées

Filière : hygiène et sécurité et environnement

Spécialité : Sécurité des procédés pétrolière et gazière

Un projet d'obtention d'un master et d'une start-up institution dans le
cadre de la Résolution Ministérielle 1275

Titre du projet :

Réalisation et commande d'un drone d'inspection dans un
environnement à risque

Equipe de travail :

- Boughani Akram
- Metarref Youcef
- Metatla Houssef
- Hamzaoui Wassim
- Zouitene Imad Eddine

-Sous encadrement

-Zennir Youcef

Année universitaire : 2023-2024

Carte d'information

À propos de l'équipe de supervision et de l'équipe de travail :

1. Équipe de supervision :

Équipe de supervision	
Spécialité	Superviseur principal
Génie électrique	Pr. Zennir Youcef

2. Équipe de travail :

Équipe du projet	Spécialité	Institute
Metarref Youcef	Sécurité des procédés pétrolières et gazières	Institute Sciences et Techniques Appliquées
Boughani Akram	Sécurité des procédés pétrolières et gazières	Institute Sciences et Techniques Appliquées
Metatla Houssef	Sécurité des procédés pétrolières et gazières	Institute Sciences et Techniques Appliquées
Hamzaoui Wassim	Sécurité des procédés pétrolières et gazières	Institute Sciences et Techniques Appliquées
Zouiten Imad Eddine	Sécurité des procédés pétrolières et gazières	Institute Sciences et Techniques Appliquées

Sommaire

Premier axe : Présentation du projet

1. Introduction.
2. Problématique.
3. Solution proposée.
4. Équipe de travail.
5. Objectifs du projet.
6. Calendrier de réalisation du projet.

Deuxième axe : Aspects innovants.

1. Aspects innovants du projet.
2. Avantages du projet.

Troisième axe : Analyse stratégique du marché.

1. Présentation du secteur de marché
2. Mesure de l'intensité de la concurrence
3. Stratégie marketing

Quatrième axe : Plan de production et d'organisation.

1. Processus de production
2. Approvisionnement
3. Main-d'œuvre

Cinquième axe : Plan financier

1. Coûts et charges
2. En cas de bénéfice
3. En cas de perte
4. Tableau des prévisions comptables

Sixième axe : Prototype expérimental.

1. Prototype
2. Modèle de plan d'affaires (Business Model Canvas) BMC.
3. Les différents risques de l'utilisation du drone dans différents état de l'environnement
4. Développement de l'application mobile

Septième axe : l'Etude AMDEC

1. Introduction à l'AMDEC
2. Sous-systèmes du drone
3. Identification des modes de défaillance et ces effets sur le fonctionnement
4. Évaluation de la criticité des défaillances
5. Conclusion

PREMIER AXE :
PRESENTATION DU
PROJE

1. Introduction :

L'innovation joue un rôle vital dans le développement du secteur éducatif et scientifique. L'idée de notre startup de fabrication de drones de reconnaissance constitue un pilier central pour améliorer et moderniser la sécurité dans les installations industrielles, ainsi que pour mettre à jour les infrastructures telles que les ponts et les grandes installations. Elle offre également une aide précieuse aux équipes de protection civile lors des opérations de reconnaissance pendant les catastrophes naturelles telles que les tremblements de terre, les inondations et les incendies, ainsi qu'aux agences de sécurité, tant en Algérie qu'en Afrique. Cette initiative reflète l'intérêt pour le développement de moyens visant à garantir la sécurité et la sûreté dans l'environnement de travail.

2. Problématique :

De nombreuses blessures professionnelles surviennent tout au long de l'année dans les entreprises industrielles, en particulier par rapport à d'autres secteurs. Ces entreprises connaissent une forte mobilité des travailleurs et présentent un niveau de risque élevé en fonction de leur activité. De plus, des problèmes existent dans les infrastructures telles que les ponts et les barrages en raison d'un manque de surveillance régulière. Il y a également des catastrophes naturelles comme les tremblements de terre, les inondations et les incendies.

3. Solution proposée :

La création d'une startup vise à résoudre ces problèmes en fabriquant des drones de reconnaissance locaux adaptés à divers domaines. En utilisant la technologie et l'innovation dans la conception et la production, l'entreprise fournira des drones interactifs et personnalisables, répondant aux exigences des entreprises industrielles dans les secteurs du pétrole et du gaz, ou des équipes de protection civile pour les utiliser en cas d'accidents ou de catastrophes naturelles telles que les incendies, les tremblements de terre, les inondations, ainsi que pour les opérations de recherche et de sauvetage.

En outre, l'entreprise offrira un service de maintenance à faible coût, réduisant ainsi les dépenses supplémentaires des entreprises industrielles. Cette approche contribue à économiser des devises étrangères pour le pays et soutient l'économie locale, en plus de fournir des drones sur demande selon les besoins des clients. En bref, en offrant des technologies différentes et innovantes avec un accent sur la durabilité et l'efficacité des coûts, notre entreprise jouera un

Premier axe : Présentation du projet

rôle crucial dans l'amélioration de la qualité de la sécurité dans divers secteurs du pays et à travers le continent africain.

4. Équipe de travail :

L'équipe du projet se compose de :

- Metarref Youcef : Spécialité Sécurité des procédés pétrolières et gazières

Il a suivi une formation en BMC et Arduino ainsi que plusieurs stages au sein de Sonatrach, GICA et l'entreprise portuaire de Skikda.

- Boughani Akram : Spécialité Sécurité des procédés pétrolières et gazières

Il a suivi une formation en BMC et Arduino ainsi que plusieurs stages au sein de Sonatrach, et l'entreprise portuaire de Skikda.

- Metatla Houssef : Spécialité Sécurité des procédés pétrolières et gazières

Il a effectué plusieurs stages au sein de Sonatrach et de l'entreprise portuaire de Skikda.

- Hamzaoui Wassim : Spécialité Sécurité des procédés pétrolières et gazières

Il a suivi une formation en développement web et en systèmes électroniques, ainsi que plusieurs stages dans des entreprises industrielles.

- Zouitene Imade Eddine : Spécialité Sécurité des procédés pétrolières et gazières

Il a suivi une formation en Python, HTML et CSS, ainsi que plusieurs stages dans des entreprises industrielles.

5. Objectifs du projet :

Nous avons décidé de créer une entreprise algérienne produisant ce type de drones, la seule à l'échelle nationale et africaine, car il est couramment admis que les drones sont utilisés uniquement pour la photographie.

Nos drones représentent un excellent moyen pour les opérations de surveillance et d'exploration dans les entreprises industrielles ou lors de catastrophes naturelles afin de déterminer les dommages et de concevoir un plan précis pour évacuer les blessés rapidement et en toute sécurité. Ils sont équipés de plusieurs capteurs et d'une caméra haute résolution.

Premier axe : Présentation du projet

L'un de nos principaux objectifs en créant cette entreprise est d'augmenter l'efficacité du niveau de sécurité dans les entreprises industrielles afin de réduire les blessures professionnelles et les accidents qui entraînent divers problèmes, notamment des problèmes économiques et une atteinte à la réputation de l'entreprise. Nous visons à réduire ces risques en fournissant à ces entreprises des drones pour des opérations d'exploration complexes et dangereuses.

Et sur demande, nous pouvons fabriquer des drones personnalisés pour accomplir diverses tâches, par exemple : dans le domaine de l'agriculture, des drones dédiés à la protection civile, à la conservation des forêts et également aux agences de sécurité.

6. Calendrier de réalisation du projet :

	01	02	03	04	05	06	07
01	Étude préliminaire : choix du site de l'unité de production, préparation des documents requis.	X					
02	Commande des équipements.		X				
03	Construction du site de production (usine).			X			
04	Installation des équipements.				X		
05	Acquisition des matières premières.		X				
06	Début de la production du premier produit.					X	

DEUXIEME AXE :
ASPECTS INNOVANTS.

1. Aspects innovants du projet :

- **Contexte réglementaire unique** : En Algérie, l'utilisation de drones est strictement réglementée par l'État et requiert une autorisation spéciale. Cela confère à notre projet une valeur ajoutée importante, car aucune entreprise n'a encore mis en œuvre cette idée de manière opérationnelle dans ce cadre légal restreint, nous positionnant ainsi comme pionniers dans ce domaine.
- **Technologies utilisées** : Nous avons conçu notre drone à partir de composants fiables et accessibles, notamment l'Arduino Uno et l'ESP32. L'Arduino est principalement responsable de la gestion des moteurs, du récepteur, du gyroscope et de l'alimentation par batterie. Quant à l'ESP32, il est connecté aux capteurs de fumée, de flamme et de distance. L'ESP32-CAM est dédié à la gestion de la caméra, permettant une surveillance visuelle continue des environnements industriels à risque.
- **Connexion Wi-Fi intégrée** : L'ESP32, grâce à sa capacité à se connecter au Wi-Fi, joue un rôle clé dans la transmission des données. Nous avons intégré un réseau Wi-Fi commun aux capteurs et à la caméra, ce qui permet aux résultats d'apparaître instantanément sur notre application mobile dès l'activation du drone. Cette solution garantit un contrôle à distance en temps réel des zones sensibles.

2. Avantages du projet :

- Le principal objectif de notre drone est de garantir la sécurité des travailleurs en les éloignant des environnements dangereux. En remplaçant les interventions humaines par des drones, les entreprises protègent non seulement la vie de leurs employés, mais assurent également la sécurité de leurs infrastructures face aux risques potentiels.
- En utilisant des drones, les entreprises bénéficient de multiples avantages financiers. D'une part, elles minimisent les coûts liés aux accidents de travail (indemnisation, soins médicaux, etc.), tout en préservant leur réputation sur le marché national et international. D'autre part, elles adoptent des solutions modernes et innovantes, s'inscrivant dans une dynamique de progrès technologique.
- Dans un contexte de développement rapide des technologies, notre solution est non seulement innovante mais aussi facile à intégrer dans les processus industriels actuels. En plaçant la sécurité des travailleurs au cœur des priorités, les entreprises

Deuxième axe : Aspects innovants.

se dotent d'outils modernes pour améliorer leur productivité et leur conformité aux normes de sécurité.

TROISIEME AXE :
ANALYSE STRATEGIQUE
DU MARCHE.

1. Présentation du secteur de marché :

Le marché potentiel auquel nous entendons nous adresser est celui des sociétés pétrolières et gazières. Ces industries jouent un rôle central dans l'économie algérienne, en contribuant de manière significative aux revenus de l'État à travers l'exportation des hydrocarbures. Le secteur pétrolier et gazier est également l'un des principaux employeurs en Algérie, et son importance s'étend à la création d'infrastructures critiques pour le pays.

Dans ce contexte, notre projet répond directement aux besoins de sécurité des travailleurs et à la protection des infrastructures dans ces industries. Le développement et l'utilisation des drones pour la détection de fumée, de flammes, et de gaz sont une avancée innovante qui permet non seulement de réduire les risques pour les employés, mais aussi d'améliorer l'efficacité des systèmes de surveillance dans des environnements à haut risque.

Si notre projet rencontre un succès au niveau local, nous envisageons également une expansion internationale, avec un accent particulier sur les pays qui sont aussi fortement dépendants des secteurs pétrolier et gazier.

2. Mesure de l'intensité de la concurrence :

À notre connaissance, il n'existe actuellement aucune entreprise locale en Algérie qui propose une solution similaire à celle de notre projet. Cette absence de concurrence directe sur le marché national constitue un avantage stratégique majeur pour notre projet. En l'absence de concurrents locaux, notre projet pourrait bénéficier d'une pénétration rapide sur le marché et devenir une référence dans la surveillance industrielle sécurisée.

Cependant, sur le plan international, il existe des entreprises qui fournissent des services similaires dans d'autres régions du monde. Néanmoins, notre projet est spécifiquement conçu pour répondre aux conditions locales et aux besoins des entreprises algériennes, ce qui pourrait offrir un avantage concurrentiel par rapport aux solutions importées, souvent plus coûteuses et moins adaptées aux réalités du terrain.

3. Stratégie marketing :

Notre stratégie marketing repose sur plusieurs axes, visant à maximiser notre présence sur le marché et à satisfaire les besoins de nos clients tout en assurant une croissance durable pour notre entreprise.

Premièrement, nous mettons en avant la sécurité des travailleurs comme priorité dans notre offre. Cette approche répond à une préoccupation majeure des entreprises, qui cherchent à minimiser les risques d'accidents du travail tout en maintenant des niveaux élevés de production.

Deuxièmement, nous adapterons nos prix de manière compétitive, en veillant à ce qu'ils soient accessibles par rapport aux autres technologies importées qui sont souvent coûteuses. Cela nous permet de réduire les coûts pour nos clients tout en maintenant un niveau élevé de qualité grâce à l'utilisation de technologies avancées comme l'ESP32 et l'Arduino.

Enfin, nous comptons sur une stratégie digitale via des plateformes électroniques pour faciliter la distribution de nos produits et la gestion des demandes clients. Nous mettons également en place un service après-vente dédié, accessible à nos clients pour assurer leur satisfaction et pour gérer les plaintes ou suggestions avec réactivité.

**QUATRIEME AXE : PLAN
DE PRODUCTION ET
D'ORGANISATION.**

1. Processus de production

Notre processus de production passe par plusieurs étapes.

Après avoir déterminé le siège de notre entreprise, que nous louerons dans les premières années, ainsi que l'équiper du matériel nécessaire dont nous avons besoin dans notre travail (ordinateurs, tables, chaises...)

Nous commençons le processus d'achat de matières premières pour l'industrie (châssis, Arduino Uno et ESP32, batterie, capteurs de fumée, de flamme et de distance, caméra, moteurs, ailes...) que ce soit sur le marché national ou en les important de l'étranger.

Ensuite, le processus de fabrication du drone commence par l'assemblage des composants que nous avons mentionnés, et cela se fera en fonction de l'offre et de la demande du marché cible (les sociétés pétrolières et gazières), et en même temps nous développerons de nouvelles choses.

2. Approvisionnement

Pour mener à bien ce projet, nous avons besoin d'énormes coûts d'équipement et de fournitures, dont les plus importants sont :

- Le coût de la location et de l'équipement du siège social ou de l'usine (bureaux, ordinateurs, systèmes...).
- Matériel industriel et de maintenance et toutes fournitures électroniques (testeur, multimètre, câbles...)
- Salaires des employés et autres salaires.

3. Main-d'œuvre

Notre projet crée différents postes de travail. Dans les premières années, je ne peux pas déterminer le nombre exact d'employés, mais notre projet a besoin d'ingénieurs selon les spécialisations dont nous avons besoin dans l'industrie des drones (électronique, électricité, informatique, sécurité industrielle HSE).

En plus de la gestion de la fabrication, du marketing et des relations publiques.

CINQUIEME AXE :
PLAN FINANCIERE

Le plan financier est essentiel pour évaluer la viabilité économique du projet. Il comprend plusieurs sous-sections clés, comme les coûts et charges, qui couvrent les dépenses liées à la recherche et développement, la production, le marketing et la main-d'œuvre. Ensuite, en cas de bénéfice, les profits peuvent être réinvestis pour améliorer le produit ou étendre la production. Si le projet subit des pertes, des mesures de réduction des coûts ou une réorientation stratégique peuvent être nécessaires. Enfin, le tableau des prévisions comptables permet de projeter les revenus, les dépenses, et la rentabilité future, assurant ainsi une gestion financière stable et planifiée.

1. Les Coûts et charges :

les coûts et charges incluent toutes les dépenses liées à la conception, la production, la promotion et la gestion du projet. Une gestion minutieuse de ces postes de dépenses est essentielle pour assurer la viabilité financière du projet et optimiser les ressources disponibles.

1.1. Recherche et Développement (R&D) :

Ce sont les dépenses liées à la conception du produit, au développement technologique et aux essais de prototypes. La R&D implique l'achat de composants, la fabrication des premiers modèles, le développement des logiciels d'analyse, et les tests pour garantir la fiabilité du drone. Les salaires des ingénieurs, des développeurs et des techniciens sont également inclus.

Exemple : Développement de systèmes de capteurs, création de l'algorithme d'intelligence artificielle, essais dans différentes conditions d'inspection.

1.2. Production du prototype

La fabrication du prototype nécessite des matériaux, des composants (moteurs, capteurs, batteries), et le coût de l'assemblage. Ce coût couvre la phase de construction du premier drone fonctionnel qui servira à valider la faisabilité technique.

Exemple : Achat de capteurs infrarouges, matériaux pour le châssis, moteurs électriques.

1.3. Marketing

Le marketing regroupe les dépenses pour promouvoir le produit auprès des clients potentiels et investisseurs. Cela inclut la création d'une stratégie de communication, la participation à des salons professionnels, la production de contenu (vidéos, brochures) et le coût des campagnes publicitaires.

Exemple : Frais pour exposer le drone lors de conférences spécialisées dans les technologies industrielles.

1.4. Main-d'œuvre

Cela couvre les salaires de l'équipe de projet, y compris les ingénieurs, les techniciens, les responsables marketing et commerciaux, ainsi que les membres de la direction. La main-d'œuvre peut aussi inclure des sous-traitants ou des consultants externes.

Exemple : Salaire d'un ingénieur en aéronautique ou d'un développeur en intelligence artificielle.

1.5. Approvisionnement

Les coûts d'approvisionnement englobent l'achat des matières premières et des composants nécessaires pour produire les drones en série. Ces coûts sont influencés par la quantité de composants achetés, la qualité des matériaux, et les contrats négociés avec les fournisseurs.

Exemple : Pièces électroniques, capteurs, châssis du drone.

1.6. Frais généraux

Les frais généraux comprennent toutes les autres charges liées au fonctionnement quotidien du projet. Cela inclut les coûts liés aux locaux (loyer, électricité), les services administratifs, la gestion de la logistique (transport des composants), ainsi que les assurances et les taxes.

Exemple : Loyer pour les bureaux ou l'atelier de production, services de comptabilité.

1.7. Maintenance et mises à jour

Une fois le prototype ou les premiers modèles fonctionnels, il y a des coûts récurrents liés à la maintenance des drones, les mises à jour logicielles et les ajustements techniques nécessaires pour optimiser les performances.

Exemple : Mise à jour des algorithmes d'intelligence artificielle ou remplacement de pièces usées sur les drones de démonstration.

2. En cas de bénéfice

Lorsqu'un projet génère un bénéfice, cela signifie que les revenus issus des ventes ou des services fournis dépassent les coûts et les charges liés à la production, la commercialisation, et

l'administration. Un projet rentable, tel qu'un drone d'inspection, doit définir comment les bénéfices seront utilisés pour soutenir et maximiser la croissance future.

2.1. Réinvestissement dans le projet

La stratégie la plus courante consiste à réinvestir une partie des bénéfices pour renforcer et développer l'activité. Ce réinvestissement peut prendre plusieurs formes, toutes destinées à augmenter la valeur de l'entreprise à long terme :

Amélioration du produit : Utiliser les bénéfices pour perfectionner le drone d'inspection. Cela pourrait inclure l'intégration de nouvelles technologies, l'ajout de capteurs plus avancés, ou l'amélioration des performances (autonomie, stabilité de vol, précision des capteurs).

Exemple : Vous pourriez décider d'investir dans des caméras 3D ou des algorithmes d'intelligence artificielle plus sophistiqués pour améliorer les capacités d'inspection du drone.

Développement de nouveaux modèles : Créer des variantes du drone adaptées à différents secteurs ou besoins spécifiques. Par exemple, un modèle optimisé pour l'inspection de centrales éoliennes ou pour des interventions dans des environnements difficiles.

Exemple : Utiliser les bénéfices pour concevoir un drone spécialisé dans la détection de fissures dans les infrastructures pétrolières, où des capteurs spéciaux et une conception robuste sont nécessaires.

R&D continue : Le domaine des drones évolue rapidement. Réinvestir dans la recherche et développement permet de rester à la pointe de l'innovation et de continuer à offrir des solutions compétitives.

Exemple : Tester de nouveaux systèmes de propulsion pour améliorer la stabilité et l'efficacité énergétique du drone.

4.2. Expansion de la production

Si les ventes augmentent grâce au succès commercial, il est nécessaire de répondre à cette demande accrue en augmentant la capacité de production. Cela implique de :

Élargir les installations de production : Acheter ou louer de nouveaux locaux, ou acquérir des machines supplémentaires pour fabriquer les drones en plus grande quantité.

Exemple : Vous pourriez investir dans une chaîne d'assemblage automatisée pour augmenter la cadence de production et réduire les coûts unitaires de fabrication.

CINQUIEME AXE : Plan financier

Augmentation de la main-d'œuvre : Embaucher plus d'ingénieurs, de techniciens et de personnel de production pour suivre la demande grandissante.

Exemple : Recruter des spécialistes pour renforcer l'équipe de développement, notamment pour concevoir des solutions adaptées à différents secteurs industriels (agriculture, énergie, transport).

Optimisation des processus de production : Les bénéfices peuvent être utilisés pour améliorer l'efficacité des processus, réduire les coûts de production, et augmenter la qualité des drones.

Exemple : Investir dans des outils de fabrication de pointe ou des logiciels de gestion de la production qui permettent d'améliorer la gestion des stocks et la qualité du produit final.

4.3. Expansion commerciale

L'augmentation des bénéfices permet aussi de développer des activités commerciales pour toucher de nouveaux marchés ou segments de clientèle. Cela peut inclure :

Expansion géographique : Utiliser les bénéfices pour pénétrer de nouveaux marchés à l'étranger ou dans des régions non couvertes. Cela nécessite des investissements dans la prospection commerciale, l'adaptation des produits aux exigences locales, et parfois des partenariats avec des distributeurs.

Exemple : Pénétrer le marché asiatique ou africain où les besoins en drones pour l'inspection d'infrastructures sont croissants, en adaptant les produits aux conditions locales.

Développement de partenariats : Utiliser les bénéfices pour nouer des alliances stratégiques avec des acteurs complémentaires, tels que des entreprises de construction, d'énergie, ou des sociétés d'ingénierie qui pourraient utiliser les drones dans leurs opérations.

Exemple : Conclure un partenariat avec une société de gestion d'infrastructures pour utiliser vos drones dans leurs inspections régulières.

Renforcement du marketing et des ventes : Une part des bénéfices peut être allouée à des campagnes de marketing plus agressives, la participation à des foires internationales, et la création de nouvelles équipes de vente.

Exemple : Lancer une campagne mondiale mettant en avant les avantages uniques de vos drones pour des inspections rapides et sécurisées.

4.4. Remboursement des investisseurs et des prêts

Lorsque les bénéfices sont au rendez-vous, il est souvent recommandé de rembourser les dettes contractées au début du projet, qu'il s'agisse de prêts bancaires ou de fonds injectés par des investisseurs. Le remboursement des prêts réduit les charges d'intérêts et améliore la solidité financière de l'entreprise.

Investisseurs : En cas de bénéfices, il est souvent nécessaire de distribuer une partie des gains aux investisseurs selon les accords convenus (dividendes ou rachat d'actions). Cela renforce leur confiance et encourage des investissements futurs.

Exemple : Les investisseurs ayant financé la phase de R&D pourraient recevoir des dividendes, ce qui les incitera à soutenir d'autres phases de développement du projet.

Prêts bancaires : Utiliser les bénéfices pour rembourser rapidement les prêts bancaires permet de réduire les charges financières et d'améliorer la capacité de l'entreprise à investir dans d'autres projets.

Exemple : Rembourser un prêt contracté pour l'achat de machines de production, ce qui améliore la trésorerie.

4.5. Diversification de l'entreprise

Avec des bénéfices stables, l'entreprise peut choisir de se diversifier en se lançant dans de nouveaux secteurs ou en proposant des services complémentaires au produit principal. Cela réduit la dépendance à un seul marché ou produit et peut créer de nouvelles sources de revenus.

Développement de services : Offrir des services supplémentaires comme la maintenance des drones vendus, des services d'inspection à la demande, ou des formations à l'utilisation du drone.

Exemple : Proposer des contrats de maintenance ou des services d'inspection clés en main pour les entreprises qui ne souhaitent pas gérer leurs propres drones.

Diversification sectorielle : Si le drone d'inspection est principalement utilisé dans un secteur (comme l'énergie), les bénéfices peuvent être utilisés pour adapter le drone à d'autres secteurs tels que l'agriculture, les télécommunications, ou le bâtiment.

Exemple : Investir dans des adaptations du drone pour le secteur agricole, en le dotant de capteurs spécifiques pour surveiller les cultures.

3. En cas de perte

Lorsqu'un projet fait face à des **pertes**, cela signifie que les revenus générés sont insuffisants pour couvrir les coûts et charges engagés. Cette situation peut compromettre la viabilité du projet si elle n'est pas gérée correctement. En tant qu'expert, il est essentiel de comprendre les causes potentielles des pertes et d'élaborer des stratégies pour y remédier

3.1. Identification des causes des pertes

La première étape consiste à identifier précisément les causes des pertes. Cela permet de comprendre pourquoi le projet n'atteint pas ses objectifs financiers. Les causes peuvent être multiples :

Coûts de production trop élevés : Si les coûts de production dépassent les prévisions initiales (ex. : composants coûteux, inefficacité des processus, mauvaise gestion des stocks), cela peut affecter la rentabilité.

Exemple : L'achat de capteurs haut de gamme ou de matériaux coûteux sans réduction des coûts de production peut entraîner des marges faibles ou négatives.

Mauvaise estimation des ventes : Une surestimation des ventes ou un manque de demande sur le marché peut conduire à des pertes. Cela pourrait être lié à un produit inadapté au marché cible ou à une concurrence plus forte que prévue.

Exemple : Le drone d'inspection développé pourrait ne pas répondre précisément aux besoins des utilisateurs finaux (par exemple, des capteurs inadéquats pour certains types d'inspections industrielles).

Stratégie de marketing insuffisante : Si le projet ne bénéficie pas d'une bonne visibilité ou si le message marketing n'atteint pas efficacement le public cible, les ventes peuvent être inférieures aux attentes.

Exemple : Une campagne de promotion qui ne met pas en avant les fonctionnalités clés du drone, comme sa capacité à réduire les coûts d'inspection des infrastructures, pourrait limiter son adoption par les clients.

Problèmes opérationnels : Des retards dans la production, des dysfonctionnements techniques ou des retours fréquents de produits peuvent engendrer des coûts supplémentaires non prévus.

Exemple : Des problèmes techniques récurrents avec le drone, tels que des pannes fréquentes ou des capteurs défectueux, peuvent entraîner des coûts de remplacement et des remboursements.

3.2. Réduction des coûts

Lorsque des pertes surviennent, l'une des stratégies immédiates est de réduire les coûts afin de limiter l'impact sur les finances du projet. Cela peut inclure :

Optimisation des coûts de production : Réexaminer les processus de fabrication pour les rendre plus efficaces et moins coûteux. Cela peut impliquer l'utilisation de matériaux moins chers sans sacrifier la qualité, l'automatisation de certaines étapes de production ou la négociation avec des fournisseurs pour obtenir de meilleurs prix.

Exemple : Remplacer un matériau coûteux comme la fibre de carbone par de l'aluminium pour certaines parties du drone, ou choisir des fournisseurs moins chers pour les composants électroniques.

Réduction des dépenses non essentielles : Supprimer ou réduire temporairement certaines dépenses qui ne sont pas critiques pour la survie du projet, comme certaines campagnes marketing, la participation à des salons, ou l'achat d'équipements non essentiels.

Exemple : Reporter la participation à une conférence internationale coûteuse ou réduire les dépenses publicitaires non essentielles pour concentrer les ressources sur les ventes directes.

Licenciements ou réduction des effectifs : Bien que difficile, réduire la masse salariale peut s'avérer nécessaire pour faire face à une période de pertes prolongée.

Exemple : Licencier temporairement des employés non essentiels, tels que des consultants externes ou des équipes en charge de projets secondaires.

3.3. Repositionnement stratégique

Si les pertes sont dues à une mauvaise stratégie de produit ou de marché, il peut être nécessaire de réorienter le projet. Cela peut inclure :

Revoir le positionnement du produit : Analyser si le drone répond bien aux besoins du marché cible ou s'il serait pertinent de modifier ses fonctionnalités. Par exemple, un drone d'inspection pourrait être adapté pour d'autres types de clients (ex. : agriculture, construction) si le marché initial est trop concurrentiel ou s'il n'y a pas assez de demande.

Exemple : Si le drone a été conçu pour des inspections industrielles spécifiques, mais que ce marché est trop étroit, il peut être repositionné pour être utilisé dans l'inspection d'infrastructures de transport (routes, ponts).

Réévaluation des tarifs : Si le produit est trop cher pour le marché cible, une révision des prix peut être nécessaire pour stimuler les ventes. Cependant, cela doit être fait prudemment pour ne pas nuire aux marges de profit. Des offres promotionnelles ou des solutions de financement peuvent aussi être envisagées pour attirer plus de clients.

Exemple : Proposer des réductions pour les premières commandes ou des solutions de financement échelonné pour les entreprises ayant des budgets limités.

Diversification des offres : Si le marché actuel ne génère pas suffisamment de revenus, il peut être utile d'explorer de nouvelles opportunités commerciales, comme proposer des services complémentaires (maintenance des drones, analyse de données) ou développer des modèles de drones adaptés à d'autres industries.

Exemple : Offrir des services de maintenance régulière des drones ou des solutions clé en main pour les inspections d'infrastructures, au lieu de simplement vendre le produit.

3.4. Renégociation des dettes et des contrats

Dans certains cas, les pertes peuvent être dues à des engagements financiers trop lourds. Il peut être nécessaire de renégocier les dettes ou les contrats pour alléger la pression financière :

Renégocier les prêts : Si le projet est sous pression financière à cause de dettes, il peut être judicieux de renégocier les termes des prêts avec les banques pour obtenir un étalement des paiements, des taux d'intérêt plus bas, ou des délais de remboursement plus longs.

Exemple : Demander à la banque un étalement des remboursements ou une réduction temporaire des intérêts pour alléger les coûts financiers pendant la période de pertes.

Renégociation avec les fournisseurs : Pour réduire les coûts de production, il peut être possible de renégocier les contrats avec les fournisseurs en leur proposant de nouveaux volumes d'achat ou des conditions de paiement plus avantageuses.

Exemple : Négocier des délais de paiement plus longs ou obtenir des réductions de prix pour l'achat en grande quantité de composants

3.5. Recours à des financements externes

Si les pertes deviennent trop importantes, il peut être nécessaire de chercher des sources de financement externes pour maintenir l'activité à flot. Cela peut inclure :

Lever des fonds supplémentaires : Chercher des investisseurs ou des fonds de capital-risque pour injecter de nouvelles ressources financières dans le projet. Cependant, cela implique souvent de céder une part de l'entreprise ou des bénéfices futurs.

Exemple : Rechercher des investisseurs intéressés par les technologies de drones ou les inspections industrielles, et leur présenter une nouvelle stratégie pour surmonter la période de pertes.

Emprunter des capitaux : Si le projet montre des signes de redressement potentiel, un nouvel emprunt peut être contracté pour relancer la production, intensifier les efforts de marketing ou financer les adaptations nécessaires.

Exemple : Contracter un prêt pour lancer une nouvelle campagne marketing ou financer une nouvelle génération de drones plus adaptée aux besoins du marché.

3.6. Plan de redressement ou réorganisation

Si les pertes persistent malgré les ajustements, il peut être nécessaire de mettre en place un plan de redressement global ou de réorganiser complètement l'entreprise. Cela pourrait inclure :

Réduire la taille de l'entreprise : Si l'entreprise est devenue trop grande par rapport aux revenus qu'elle génère, il peut être nécessaire de la réduire en supprimant des divisions non rentables ou en fermant des installations.

Exemple : Fermer une usine de production trop coûteuse et externaliser une partie de la production à un fournisseur tiers moins cher.

Changer de modèle économique : Dans certains cas, il peut être utile de revoir entièrement le modèle d'affaires de l'entreprise (ex. : passer d'un modèle de vente directe à un modèle de location ou d'abonnement).

Exemple : Passer d'un modèle de vente de drones à un modèle de location, où les clients paient une redevance mensuelle pour l'utilisation du drone, permettant ainsi une source de revenus plus stable et prévisible

4. Le tableau des prévisions comptables

Le tableau des prévisions comptables, également appelé plan de trésorerie prévisionnel ou budget prévisionnel, est un outil financier essentiel dans tout projet, notamment pour un projet innovant comme celui de drones d'inspection. Il permet de projeter et d'anticiper les revenus, les dépenses, et les flux de trésorerie sur une période donnée, généralement entre 3 à 5 ans. Ce tableau est crucial pour évaluer la viabilité financière du projet à long terme et pour convaincre les investisseurs, les banques ou les partenaires financiers de la rentabilité et de la solidité du projet.

4.1. Objectif du tableau des prévisions comptables

Le tableau des prévisions comptables sert à :

- **Évaluer la rentabilité future du projet** : Il permet de projeter les résultats financiers et de vérifier si le projet sera capable de générer des bénéfices au fil du temps.
- **Anticiper les besoins de trésorerie** : En prévoyant les flux de trésorerie (entrées et sorties), il permet d'éviter les problèmes de liquidité et de s'assurer que l'entreprise aura toujours suffisamment de fonds pour financer ses activités.
- **Planifier les investissements** : Le tableau aide à planifier les investissements nécessaires (achat de machines, R&D, marketing) et à s'assurer que ces dépenses peuvent être couvertes par les revenus générés ou par des financements.
- **Mesurer la performance financière** : En comparaison avec les données réelles, il permet de suivre la performance de l'entreprise et d'ajuster les stratégies en fonction des écarts observés.

4.2. Composantes clés du tableau des prévisions comptables

Le tableau des prévisions comptables est constitué de plusieurs éléments fondamentaux qui permettent de donner une vue d'ensemble sur la situation financière du projet :

A. Prévisions des revenus

Les prévisions de revenus sont une estimation des ventes futures que le projet générera. Dans le cas d'un projet de drones d'inspection, cela inclut :

Ventes de drones : Estimer combien de drones seront vendus sur la période prévisionnelle, en prenant en compte les prix de vente, les segments de marché, et la demande.

Services associés : Cela peut inclure des contrats de maintenance des drones, des services d'inspection à la demande, ou des abonnements pour des logiciels d'analyse de données issus des drones.

CINQUIEME AXE : Plan financier

Exemple : Si vous prévoyez de vendre 100 drones d'inspection à 1 500 000 dinars algériens (DZD) l'unité la première année, cela correspond à 150 000 000 DZD de chiffre d'affaires. Si vous vendez également des services de maintenance pour 30 000 DZD par drone par an, cela ajoute 3 000 000 DZD.

Coûts de production et charges variables

Ces coûts varient en fonction des volumes de production et de vente. Ils incluent :

Coût des matières premières : Par exemple, les composants électroniques, les capteurs, et les matériaux utilisés pour fabriquer les drones.

Main-d'œuvre directe : Le coût de la main-d'œuvre nécessaire pour fabriquer les drones (techniciens, ingénieurs, etc.).

Frais de distribution : Les coûts associés à la livraison et à la distribution des drones aux clients.

Exemple :

Si le coût de fabrication d'un drone est de 900 000 dinars algériens (DZD), pour 100 drones produits, cela représente 90 000 000 DZD de coût de production.

Charges fixes ou coûts fixes

Ce sont des dépenses qui ne varient pas directement avec le niveau de production ou de vente. Elles incluent :

Loyer et équipements : Les coûts fixes liés à la location de locaux, à l'achat d'équipements, ou à la maintenance des machines.

Salaires administratifs : Les salaires des cadres, des gestionnaires et du personnel administratif.

Dépenses de marketing : Les campagnes de publicité, salons professionnels, et autres efforts pour promouvoir les drones.

Assurances, licences et brevets : Frais fixes liés à l'assurance du projet et à la protection de la propriété intellectuelle.

CINQUIEME AXE : Plan financier

Exemple : Un loyer de 750 000 dinars algériens (DZD) par mois et une équipe administrative dont les salaires totalisent 30 000 000 DZD par an constituent des coûts fixes à inclure dans les prévisions.

B. Amortissements et investissements

Les amortissements sont utilisés pour étaler le coût des investissements (comme les machines, les logiciels, ou les infrastructures) sur plusieurs années, afin de ne pas surcharger les comptes d'une seule période.

Exemple : Si vous investissez 75 000 000 dinars algériens (DZD) dans une chaîne de production de drones, vous pourriez amortir cette dépense sur 5 ans, en comptabilisant 15 000 000 DZD par an.

C. Résultat d'exploitation (EBITDA)

C'est un indicateur clé de la rentabilité du projet. Il s'agit du résultat d'exploitation avant intérêts, impôts, dépréciation et amortissements. Il montre la capacité de l'entreprise à générer des profits à partir de ses opérations courantes. Plus il est élevé, plus le projet est performant.

Exemple : Si vos revenus prévus sont de 225 000 000 dinars algériens (DZD) la première année, vos coûts de production de 90 000 000 DZD et vos charges fixes de 45 000 000 DZD, l'EBITDA serait de 90 000 000 DZD.

Prévisions des flux de trésorerie (cash-flow)

Les flux de trésorerie prévisionnels permettent de savoir à quel moment l'entreprise aura besoin de liquidités et à quel moment elle en générera. Cela aide à anticiper d'éventuels besoins de financement. Le cash-flow tient compte des décalages entre les ventes et les paiements, ainsi que des dépenses qui ne sont pas immédiates.

Exemple : Si vos clients paient à 60 jours, vous devez anticiper ce délai pour vous assurer que vous avez suffisamment de trésorerie pour couvrir les dépenses avant de recevoir les paiements.

D. Résultat net et bénéfice net

Le résultat net représente la différence entre les revenus totaux et l'ensemble des charges (y compris les impôts, intérêts sur les emprunts, etc.). Un résultat net positif indique un bénéfice, tandis qu'un résultat net négatif indique une perte.

Exemple : Si après avoir déduit toutes les charges et les impôts, vous avez un résultat net de 30 000 000 dinars algériens (DZD), cela signifie que l'entreprise est en bénéfice et pourra réinvestir ou distribuer ce montant.

4.3. Utilisation du tableau des prévisions comptables

Le tableau des prévisions comptables a plusieurs utilités stratégiques :

- **Anticipation des besoins de financement** : S'il montre des périodes de trésorerie négative, vous pouvez planifier des levées de fonds ou des emprunts avant que le besoin de liquidité ne devienne urgent.
- **Suivi de la rentabilité** : Ce tableau permet de comparer les performances réelles avec les prévisions et de mesurer si les objectifs financiers sont atteints.
- **Ajustement des stratégies** : En cas d'écarts importants entre les prévisions et la réalité (ventes inférieures, coûts plus élevés), il est possible de revoir certaines décisions, comme le repositionnement du produit ou la réduction des coûts.

4.4. Élaboration du tableau : une approche dynamique

Le tableau des prévisions comptables doit être régulièrement mis à jour en fonction des performances réelles de l'entreprise. En effet, les projections initiales peuvent varier en fonction de nombreux facteurs, notamment :

L'évolution du marché : Changement dans la demande, entrée de nouveaux concurrents, évolution technologique, etc.

Les variations de coûts : Le prix des matières premières, l'évolution des salaires ou des taxes peuvent affecter les marges.

Les ajustements internes : Si des nouvelles stratégies sont mises en place (nouveau segment de marché, réduction de coût), les prévisions doivent être ajustées.

En résumé, Un plan financier est un document essentiel pour garantir la viabilité et la réussite de tout projet, en particulier dans des domaines innovants comme celui des drones d'inspection. Ce plan permet de déterminer la rentabilité économique d'un projet en analysant les coûts, les charges, les bénéfices potentiels, ainsi que les stratégies à adopter en cas de pertes. Il fournit également des prévisions comptables permettant d'anticiper les revenus, les dépenses et les flux de trésorerie futurs, tout en tenant compte des incertitudes du marché. Ce résumé couvre les différents aspects du plan financier, en se concentrant sur les quatre sections

CINQUIEME AXE : Plan financier

principales : coûts et charges, gestion des bénéfices, gestion des pertes, et le tableau des prévisions comptables.

SIXIEME AXE :
PROTOTYPE
EXPERIMENTAL.

1. Prototype



2. Modèle de plan d'affaires (Business Model Canvas) BMC.

SIXIEME AXE : Prototype expérimental.

Partenaire : - Entreprises de l'industrie pétrolière et gazière - Agences de sécurité - Protection civile - Gouvernorat des forêts - Sociétés de technologie	Activités clés : - Développement de produits - Ventes et marketing - Support technique - Maintenance et formation - Coopération et partenariats	Proposition de valeur : - Un suivi efficace et précis - Amélioration de la sûreté et de la sécurité - Réponse rapide aux catastrophes - Économies de temps et d'argent - Assistance technique et maintenance	Relation clients : - Assistance technique permanente - Formation et éducation - Service clientèle dédié - Programmes de maintenance préventive	Segment de marché - Entreprises de l'industrie pétrolière et gazière - Entreprises d'entretien périodique des infrastructures (ponts et barrages ...) - Agences de sécurité - Protection civile - Gouvernorat des forêts
Ressources clés : - Équipe spécialisée - Technologie et équipement - Réseau logistique - Infrastructure numérique		Distribution : - Partenariats avec les distributeurs - Ventes directes - Site web - Conférences - Médias sociaux		
Structure de couts - Coûts de la recherche et du développement - Marketing et ventes - Formation et développement - Lieu de travail et infrastructure - Abonnements mensuels (gaz, électricité, eau) - Technologie et équipement			Ressources de revenu - Vendre le produit - Contrats de maintenance et d'assistance technique - Formation au produit - Utilisation du site web - Télécharger l'application du produit	

SIXIEME AXE : Prototype expérimental.

Partenaires clés :

Nous collaborons étroitement avec les entreprises des secteurs pétrolier et gazier, ainsi que des agences de sécurité, la protection civile, le gouvernorat des forêts, et des sociétés de technologie. Ces partenariats sont essentiels pour le développement et la maintenance de nos produits technologiques, notamment dans les environnements industriels à risque. Nous avons également des partenariats avec des sociétés offrant des solutions technologiques avancées afin de garantir l'innovation et la qualité des produits que nous fournissons à nos clients.

Activités clés :

Nos principales activités incluent le développement de produits adaptés aux besoins spécifiques de nos clients dans l'industrie pétrolière, gazière, et la sécurité. Nous assurons également des services de support technique, de maintenance, et de formation continue. Les activités de ventes et marketing jouent un rôle central pour étendre notre portée et attirer de nouveaux clients. Enfin, nous mettons en avant la coopération avec des partenaires et la gestion de projets innovants.

Proposition de valeur :

Nous offrons à nos clients un suivi efficace et précis en matière de sécurité, grâce à nos solutions technologiques. Nos produits permettent une réponse rapide face aux catastrophes, ce qui améliore non seulement la sécurité mais aussi économise du temps et de l'argent. Nos solutions sont conçues pour être robustes, tout en assurant une assistance technique et une maintenance permanente, adaptées aux besoins des industries critiques.

Relation clients :

Nous visons à établir des relations solides avec nos clients grâce à une assistance technique permanente, des programmes de formation et d'éducation continus, et un service clientèle dédié. Pour assurer la longévité des installations, nous proposons également des programmes de maintenance préventive. Ces relations nous permettent de fidéliser notre clientèle et de répondre efficacement à leurs besoins.

Segments de marché :

Nos solutions sont principalement destinées aux entreprises de l'industrie pétrolière et gazière, aux entreprises d'entretien périodique des infrastructures, ainsi qu'aux agences de sécurité et à

SIXIEME AXE : Prototype expérimental.

la protection civile. Le gouvernorat des forêts figure également parmi nos segments cibles, en particulier pour les services liés à la prévention et à la gestion des risques environnementaux.

Ressources clés :

Pour réaliser nos activités, nous disposons d'une équipe spécialisée, d'une infrastructure technologique et des équipements nécessaires à la production. Notre réseau logistique et notre infrastructure numérique sont essentiels pour la livraison de nos solutions et le maintien de nos services de support technique à grande échelle.

Canaux de distribution :

Nos produits sont distribués via des partenariats avec des distributeurs, des ventes directes sur le terrain, ainsi que par le biais de notre site web. Nous utilisons également les conférences et les médias sociaux pour promouvoir nos produits et services, et pour rester en contact avec nos clients.

Structure des coûts :

Nos principaux coûts incluent les coûts de la recherche et du développement, le marketing et les ventes, ainsi que la formation et le développement de nos équipes. Nous avons également des dépenses liées à l'infrastructure et à la maintenance des équipements technologiques. De plus, les abonnements mensuels pour des services tels que l'électricité, le gaz, et l'eau font partie de nos coûts fixes.

Ressources de revenu :

Nos revenus proviennent de plusieurs sources, notamment la vente directe de produits et les contrats de maintenance et d'assistance technique. Nous générons également des revenus à travers des formations au produit, ainsi que l'utilisation de notre site web et la possibilité pour les clients de télécharger l'application associée à nos solutions technologiques.

3. Les différents risques de l'utilisation du drone dans différents état de l'environnement

L'utilisation de drones dans divers environnements présente des risques qui varient en fonction des conditions environnementales, telles que le climat, la topographie et l'environnement urbain ou naturel.

3.1. Risques en Environnement Urbain

Les environnements urbains sont souvent denses, avec des infrastructures complexes et de nombreuses interférences possibles.

A. Collision avec des bâtiments ou des infrastructures

Les drones peuvent entrer en collision avec des immeubles, des ponts, des tours de communication ou des lignes électriques, surtout dans les zones à forte densité.

Conséquences : Dommages au drone, endommagement des infrastructures, blessures potentielles pour les personnes à proximité.

B. Interférences électromagnétiques

En ville, de nombreuses sources d'interférence (antennes, réseaux Wi-Fi, appareils électroniques) peuvent perturber les communications entre le drone et son contrôleur.

Conséquences : Perte de contrôle du drone, crash potentiel, déviation de trajectoire.

C. Risque pour la vie privée

Les drones dotés de caméras peuvent capturer des images ou des vidéos involontaires de zones privées, ce qui peut enfreindre les lois sur la vie privée.

Conséquences : Problèmes juridiques, plaintes des citoyens, atteinte à la vie privée.

D. Conditions de vol restreintes

Les zones urbaines peuvent inclure des espaces aériens restreints, comme près des aéroports, des hôpitaux ou des bâtiments gouvernementaux.

Conséquences : Risques d'infraction aux règlements locaux, amendes, confiscation du drone

3.2. Risques en Environnement Naturel (Montagnes, Forêts, Zones Rurales)

Les environnements naturels comportent des défis uniques liés aux caractéristiques du terrain et à l'isolement géographique.

A. Perte de signal dans des zones isolées

Dans les zones éloignées, les drones peuvent souffrir d'une perte de signal en raison du manque de tours de communication.

SIXIEME AXE : Prototype expérimental.

Conséquences : Perte de contrôle du drone, incapacité à le récupérer, crash en terrain difficile d'accès.

B. Collisions avec des obstacles naturels

En forêt ou en montagne, les drones peuvent heurter des arbres, des falaises, des branches ou d'autres éléments naturels.

Conséquences : Dommages matériels, pertes de composants, risque de crash en zone difficile.

C. Conditions météorologiques imprévisibles

Les conditions météorologiques en montagne, par exemple, changent rapidement (vent violent, brouillard dense).

Conséquences : Perte de stabilité en vol, visibilité réduite, crash dû à des vents violents ou à la pluie.

D. Perturbation de la faune

Les drones, en volant dans des zones naturelles, peuvent perturber les animaux sauvages, notamment les oiseaux, ou provoquer des réactions de défense chez certains animaux.

Conséquences : Changements de comportement chez les espèces locales, risque pour les espèces protégées, dégâts sur la faune.

3.3. Risques en Environnement Maritime (Océans, Lacs, Zones Côtières)

L'utilisation de drones au-dessus de l'eau ou près de la mer présente des risques particuliers en raison des conditions spécifiques à ces milieux.

A. Chutes dans l'eau

- Voler au-dessus de l'eau présente un risque élevé de perte du drone en cas de panne ou de collision, avec un risque important de chute dans l'eau.
- **Conséquences** : Perte totale du drone, dommages à l'électronique non récupérables, difficulté à récupérer le drone.

SIXIEME AXE : Prototype expérimental.

B. Vent marin et turbulences

- Les zones côtières et maritimes sont souvent sujettes à des vents forts, des courants d'air et des turbulences.
- **Conséquences** : Instabilité en vol, perte de contrôle, dérive involontaire du drone, crash.

C. Corrosion due à l'humidité et au sel

- L'exposition continue à l'air marin et à l'humidité peut entraîner la corrosion des composants électroniques du drone.
- **Conséquences** : Usure prématurée des composants, court-circuit, défaillances imprévisibles en vol.

D. Problèmes de navigation

- Au-dessus de l'océan ou des lacs, le drone peut rencontrer des difficultés pour se repérer, car il n'y a pas de repères visuels clairs.
- **Conséquences** : Perte de localisation, déviation de trajectoire, difficulté à revenir au point de départ.

3.4. Risques en Environnement Désertique ou Aride

Les environnements désertiques posent des défis liés à la chaleur, au sable et à la visibilité.

A. Températures extrêmes

Les températures élevées peuvent entraîner une surchauffe des composants électroniques et réduire l'efficacité des batteries.

Conséquences : Risques de pannes électroniques, durée de vol réduite, surchauffe des moteurs.

B. Pénétration du sable dans les composants

Le sable et la poussière, souvent transportés par des vents secs et chauds, peuvent s'infiltrer dans les composants sensibles du drone, comme les moteurs et les capteurs.

SIXIEME AXE : Prototype expérimental.

Conséquences : Usure prématurée, blocage des moteurs, dysfonctionnement des capteurs.

C. Visibilité réduite

Les tempêtes de sable et la poussière en suspension réduisent la visibilité et peuvent affecter les capteurs optiques et la caméra du drone.

Conséquences : Incapacité de capturer des images claires, erreurs de navigation, risques de collisions.

3.5 Risques en Environnement Hivernal ou Polaire

Les environnements froids et enneigés sont particulièrement hostiles aux drones en raison des températures et des conditions de vol.

A. Températures très basses

Les températures glaciales peuvent affecter les batteries, qui perdent en efficacité à mesure que la température baisse, et fragiliser les matériaux du drone.

Conséquences : Réduction significative du temps de vol, défaillance de la batterie, pannes électroniques.

B. Accumulation de givre et de neige

La neige ou le givre peuvent s'accumuler sur le drone et affecter ses performances aérodynamiques.

Conséquences : Augmentation du poids du drone, diminution de la maniabilité, risques de crash.

C. Problèmes de navigation et perte de visibilité

Le reflet de la neige et la luminosité intense peuvent perturber les capteurs et la caméra, tandis que les conditions de blizzard réduisent fortement la visibilité.

Conséquences : Dysfonctionnement des capteurs, erreurs de navigation, risque accru de crash.

SIXIEME AXE : Prototype expérimental.

D. Perturbation des systèmes de contrôle par le froid

Le froid peut entraîner des défaillances dans les systèmes de contrôle du drone, notamment les servomoteurs et les systèmes de communication.

Conséquences : Mauvais fonctionnement des commandes, perte de contrôle en plein vol.

4. Développement de l'application mobile (en cours)

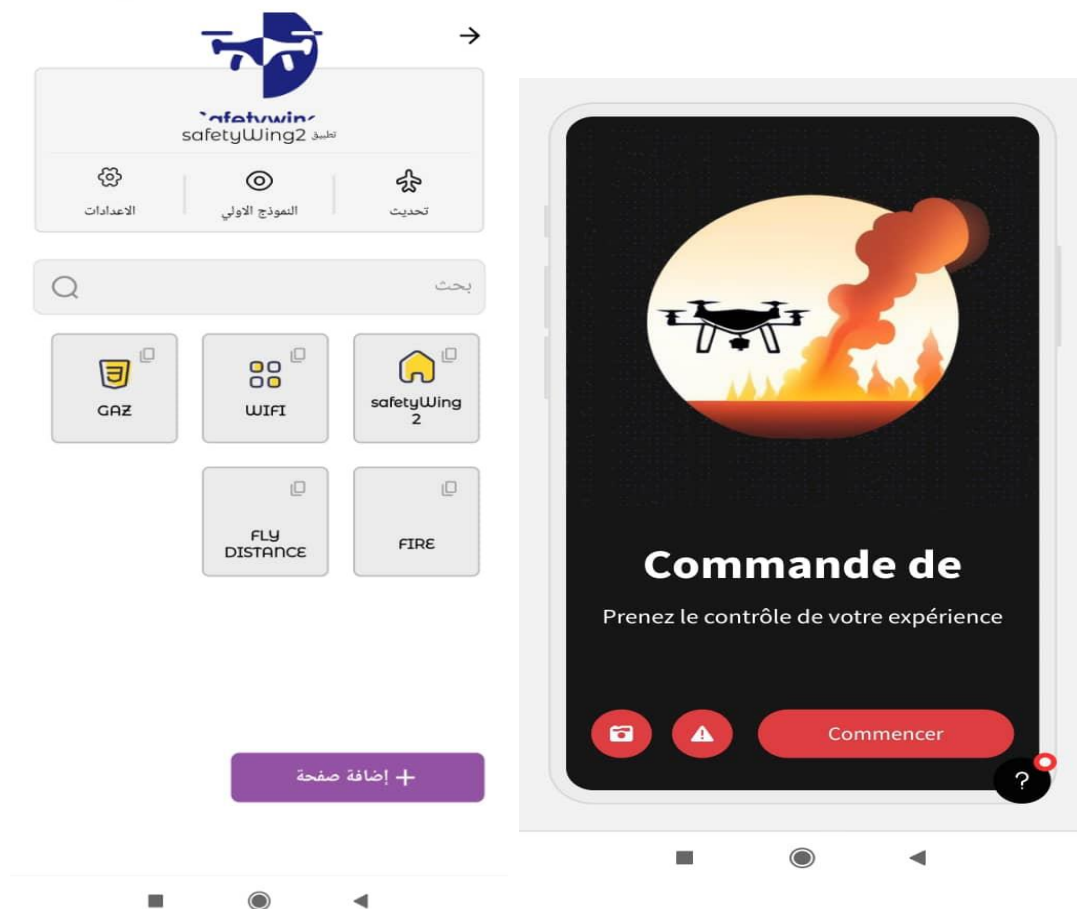
L'application mobile permettant la surveillance en temps réel est actuellement en cours de développement. Une fois finalisée, cette application se connectera au même réseau Wi-Fi que l'ESP32 pour recevoir les données des capteurs ainsi que les images de la caméra ESP32-CAM-MB. Cela facilitera le suivi à distance des environnements industriels dangereux, sans nécessité de brancher le drone à un ordinateur ou d'attendre son retour sur site.

Une fois terminée, l'application permettra à l'utilisateur de recevoir des informations cruciales telles que :

- Qualité de l'air (via le capteur de gaz).
- Température ambiante.
- Distance par rapport aux obstacles.

Ce développement rendra le drone encore plus polyvalent et efficace pour une utilisation dans des environnements industriels à haut risque, augmentant ainsi la sécurité et la productivité.

SIXIEME AXE : Prototype expérimental.



L'application mobile

SEPTIEME AXE :

L'ETUDE AMDEC

1. Introduction à l'AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) :

L'AMDEC (ou FMEA en anglais, pour Failure Modes and Effects Analysis) est une méthode d'analyse systématique qui permet d'identifier, de classer et de prioriser les modes de défaillance potentiels dans un système. Elle vise à minimiser les risques en détectant les défaillances avant qu'elles ne surviennent et en permettant de prendre des mesures préventives ou correctives. Cette approche est largement utilisée dans des secteurs tels que l'aéronautique, l'automobile, la médecine, et bien sûr, dans la conception de drones.

A. Historique et Origine de l'AMDEC

L'AMDEC a été développée initialement par l'industrie aérospatiale américaine dans les années 1940 et a été largement adoptée par l'industrie automobile, en particulier par Ford dans les années 1960. Depuis lors, cette méthode a été adoptée dans de nombreux secteurs pour améliorer la sécurité, la fiabilité et la qualité des produits

B. Objectifs de l'AMDEC

L'objectif de l'AMDEC est d'assurer que les systèmes ou produits, comme un drone, fonctionnent de manière fiable et sécurisée en anticipant les problèmes potentiels. L'AMDEC sert à :

- Identifier les modes de défaillance possibles des différents composants d'un système.
- Analyser les effets de ces défaillances sur le système global.
- Évaluer la criticité de chaque mode de défaillance en fonction de la gravité, de la fréquence d'apparition et de la capacité de détection.
- Recommander des actions correctives pour minimiser les risques

C. Types d'AMDEC

Il existe plusieurs variantes de l'AMDEC selon l'objectif visé :

AMDEC Produit : Elle analyse les défaillances potentielles d'un produit fini, ici un drone, au niveau de ses composants mécaniques, électroniques ou logiciels.

AMDEC Processus : Cette variante est utilisée pour identifier et minimiser les défaillances dans un processus de production ou de fabrication.

AMDEC Système : Elle se concentre sur l'ensemble du système pour évaluer les risques qui pourraient compromettre la performance globale du drone

D. Étapes de la mise en œuvre de l'AMDEC

L'AMDEC se déroule en plusieurs étapes clés :

- I. Définition du système à analyser
- II. Identification des modes de défaillance potentiels
- III. Analyse des effets des défaillances
- IV. Évaluation de la criticité
- V. Proposition d'actions correctives

Avantages de l'AMDEC

L'AMDEC présente plusieurs avantages pour un projet de drone :

Réduction des risques : En identifiant les défaillances potentielles, il est possible de prendre des mesures correctives avant qu'elles ne surviennent, améliorant ainsi la fiabilité du drone.

Amélioration de la sécurité : Un drone bien conçu avec une analyse AMDEC aura moins de risques de tomber en panne ou de présenter des défauts dangereux.

Optimisation des coûts : La détection précoce des problèmes permet de limiter les coûts liés aux réparations, aux retours de produits défectueux ou aux accidents.

Amélioration continue : L'AMDEC favorise une amélioration constante du produit en intégrant un processus d'évaluation continue.

2. Sous-systèmes du drone

- Sous-système de propulsion : Batterie, moteurs DC avec ailes
- Sous-système de contrôle et de communication : Arduino Uno, esp32, receiver
- Sous-système de détection et de capteurs : Détecteur de fumée, détecteur de feu, détecteur de distance (ultrason), gyroscope
- Sous-système d'imagerie : esp32-cam,
- Sous-système de structure : Cadre du drone et supports physiques pour les composants

3. Identification des modes de défaillance et ces effets sur le fonctionnement

AMDEC - ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ				
AMDEC - ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE, DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ				
Système : Drone de surveillance			Sous-système 2 : Contrôle et Communication	
Élément	Fonction	Mode de Défaillance	Cause	Effet
Arduino Uno	- Contrôle des sous-systèmes du drone	- Dysfonctionnement électronique	- Surcharge, mauvaise programmation	- Perte de contrôle, fonctionnement erratique
ESP32	- Gestion de la communication et contrôle	- Dysfonctionnement, perte de signal	- Panne électronique, interférences	- Perte de communication, crash potentiel
Receiver	- Réception des commandes à distance	- Perte de signal, interférences	- Fréquence de communication saturée	- Perte de contrôle, danger de collision

AMDEC - ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ				
Système : Drone de surveillance			Sous-système 3 : Détection et Capteurs	
Elément	Fonction	Mode de Défaillance	Cause	Effet
Détecteur de fumée	- Détecter la présence de fumée	- Mesure incorrecte, panne	- Saleté, panne électronique	- Non-détection d'incidents, fausses alertes
Détecteur de feu	- Détecter la présence de flammes	- Non-détection	- Usure, interférence	- Manque de détection, danger de propagation
Détecteur de distance (ultrason)	- Mesurer la distance aux obstacles	- Mesure incorrecte, panne	-Interférence, problème électronique	- Collision avec des objets
Gyroscope	- Mesurer l'orientation et stabiliser	- Panne, mesure incorrecte	- Usure, interférence	- Déséquilibre, perte de contrôle

AMDEC - ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ				
Système : Drone de surveillance			Sous-système 4 : Imagerie	
Elément	Fonction	Mode de Défaillance	Cause	Effet
Caméra ESP32-cam	- Prise d'images et enregistrement vidéo	- Perte de signal, mauvaise qualité	- Interférences, surchauffe	- Incapacité à surveiller correctement

AMDEC - ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ				
Système : Drone de surveillance			Sous-système 5 : Structure	
Élément	Fonction	Mode de Défaillance	Cause	Effet
Châssis	- Supporte les charges mécaniques	- Fracture ou déformation	- Fatigue du matériau, impact, surcharge	- Perte de stabilité, risque de chute
Fixations (vis, boulons)	- Maintient les composants ensemble	- Desserrage	- Vibrations, mauvais serrage, corrosion	- Instabilité structurelle, risque de démontage
Protection externe	- Protège les composants internes	- Endommagement, usure	-Impact, exposition à l'environnement	- Dommages aux composants internes, perte de protection
Bras de support des moteurs	- Supporte les moteurs et ailes	- Fissure ou rupture	- Charges excessives, mauvaise fabrication	- Chute du moteur, perte de propulsion

4. Évaluation de la criticité des défaillances

AMDEC - ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ					
Système : Drone de surveillance				Sous-systèmes 1 : Propulsion	
Elément	Fonction				Action Corrective
	F	G	D	C	
Batterie	9	4	5	180	- Surveiller la température, cycles de charge
Moteur DC (x4)	8	3	4	96	- Maintenance régulière, test de surchauffe
Ailes	7	3	3	63	- Inspection des ailes avant vol
AMDEC - ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ					

		Système : Drone de surveillance				Sous-systèmes 2 : Contrôle et Communication
Elément	Fonction				Action Corrective	
	F	G	D	C		
Arduino Uno	8	3	5	120	- Tests du logiciel, redondance	
ESP32	8	4	5	160	- Vérification des signaux et interférences	
Receiver	9	4	5	180	- Système de redondance de communication	
AMDEC - ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ						
		Système : Drone de surveillance				Sous-systèmes 3 : Détection et Capteurs
Elément	Fonction				Action Corrective	

SEPTIEME AXE : l'Etude AMDEC

	F	G	D	C	
Détecteur de fumée	7	3	4	84	- Nettoyage et étalonnage régulier
Détecteur de feu	8	3	4	96	- Tests de sensibilité périodiques
Détecteur de distance (ultrason)	7	4	5	140	-Vérification de la précision et calibration
Gyroscope	8	3	4	96	- Tests réguliers, remplacement si nécessaire
AMDEC - ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ					
Système : Drone de surveillance			Sous-systèmes 4 : Imagerie		
Elément	Fonction				Action Corrective
	F	G	D	C	

SEPTIEME AXE : l'Etude AMDEC

Caméra ESP32-cam	6	3	3	54	- Inspection avant vol, nettoyage
------------------	---	---	---	----	-----------------------------------

AMDEC - ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ					
			Système : Drone de surveillance		Sous-systèmes 5 : Structure
Élément	Fonction				Action Corrective
	F	G	D	C	
Châssis	9	4	5	180	- Inspection régulière, tests de résistance
Fixations (vis, boulons)	8	3	4	96	- Vérification du serrage, remplacement des fixations corrodées
Protection externe	7	3	3	63	- Remplacement des protections endommagées, inspection visuelle

Bras de support des moteurs	9	3	6	162	- Inspection renforcée après impact ou accident
-----------------------------	---	---	---	-----	---

Matrice de Criticité de l'AMDEC

Modèle à 2 dimensions : Gravité vs. Fréquence

Dans ce modèle, la **Gravité** (impact du défaut) est placée sur l'axe des **y** et la **Fréquence (ou Occurrence)** (probabilité de survenue) est placée sur l'axe des **x**. Les niveaux de criticité sont ensuite définis dans des zones correspondant à différentes combinaisons de Gravité et Fréquence. Ce modèle ne prend pas directement en compte la **DéTECTABILITÉ** (ou elle est considérée comme un facteur constant).

Échelle de notation

1. **Gravité (G)** : 1 (Faible) à 5 (Catastrophique)
2. **Fréquence (F)** : 1 (Très rare) à 5 (Très fréquent)

Matrice de Criticité (Gravité vs. Fréquence)

	Fréquence 1 (Très rare)	Fréquence 2 (Rare)	Fréquence 3 (Modéré)	Fréquence 4 (Fréquent)	Fréquence 5 (Très fréquent)
Gravité 5 (Catastrophique)	Modérée	Modérée	Élevée	Critique	Critique
Gravité 4 (Sévère)	Faible	Modérée	Élevée	Critique	Critique
Gravité 3 (Modérée)	Faible	Faible	Modérée	Élevée	Critique
Gravité 2 (Mineure)	Faible	Faible	Modérée	Modérée	Élevée

	Fréquence 1 (Très rare)	Fréquence 2 (Rare)	Fréquence 3 (Modéré)	Fréquence 4 (Fréquent)	Fréquence 5 (Très fréquent)
Gravité 1 (Insignifiante)	Faible	Faible	Faible	Faible	Modérée

Légende des niveaux de criticité :

- **Faible** : Risque acceptable, aucune action immédiate nécessaire.
- **Modérée** : Risque à surveiller, possible action corrective selon les coûts.
- **Élevée** : Action corrective recommandée pour réduire le risque.
- **Critique** : Action immédiate nécessaire pour éviter une défaillance majeure.

Explication du Modèle :

- **Gravité (G)** : L'impact du mode de défaillance sur le système. Une gravité de niveau 5 (catastrophique) signifie que la défaillance pourrait entraîner des pertes humaines, des dommages irréversibles, ou des impacts très graves. Une gravité de niveau 1 (insignifiante) aurait un impact négligeable.
- **Fréquence (F)** : Probabilité que le mode de défaillance se produise. Une fréquence de 5 (très fréquente) signale un événement qui se produit souvent, tandis qu'une fréquence de 1 (très rare) signifie que l'événement est extrêmement improbable.

L'Application pour un Drone

1. Panne moteur due à la surchauffe :

- **Gravité** : 5 (Catastrophique) – La perte du moteur peut entraîner un crash du drone.
- **Fréquence** : 3 (Modéré) – Peut survenir de temps en temps, surtout en cas de forte sollicitation du drone.
- **Criticité** : Élevée (nécessite des actions correctives, comme l'ajout d'un système de refroidissement).

2. Perte de signal GPS :

- **Gravité** : 4 (Sévère) – Peut entraîner une perte de contrôle partielle du drone.

- **Fréquence** : 4 (Fréquent) – Cela arrive assez souvent dans certaines zones géographiques.
- **Criticité** : Critique (nécessite une action immédiate pour minimiser les risques, comme un signal de redondance ou une alerte en temps réel).

3. Défaillance de la batterie :

- **Gravité** : 3 (Modérée) – Affecte l'autonomie du drone, mais peut être contrôlée avec des alertes.
- **Fréquence** : 2 (Rare) – Les défaillances de batteries sont moins fréquentes avec un entretien régulier.
- **Criticité** : Modérée (des actions préventives sont recommandées pour minimiser les risques de panne).
- **Borne de l'Étude AMDEC**
- Les bornes permettent de déterminer à partir de quel niveau de criticité (IPR) des actions doivent être entreprises. Elles peuvent être ajustées selon les exigences spécifiques du projet.
- IPR < 40 : Criticité faible. Aucun besoin d'intervention immédiate. Les défaillances peuvent être acceptées ou surveillées.
- IPR entre 40 et 100 : Criticité modérée. Des actions correctives ou préventives sont recommandées, surtout si le coût de réparation est faible.
- IPR > 100 : Criticité élevée. Des actions correctives immédiates sont nécessaires pour réduire le risque, car la défaillance pourrait avoir des conséquences graves.
- 5. Actions Correctives en Fonction de l'IPR
- Selon l'IPR obtenu :
- IPR < 40 : Surveillance, aucune action nécessaire sauf si une amélioration à faible coût est possible.
- IPR 40 - 100 : Étudier des mesures correctives pour réduire la fréquence ou améliorer la détectabilité.
- IPR > 100 : Mise en œuvre immédiate de mesures correctives pour diminuer la gravité, la fréquence ou améliorer la détection

L'application pour un drone

La défaillance potentielle du système de propulsion d'un drone :

Mode de Défaillance	Gravité (G)	Fréquence (F)	Déteçtabilité (D)	IPR	Action
Panne moteur due à une surchauffe	8	7	4	224	Améliorer le refroidissement, installer un système de redondance.
Perte de signal GPS	6	5	6	180	Améliorer la détection du signal GPS, inclure une alerte précoce.
Défaillance batterie	9	3	7	189	Installer des capteurs de gestion de la batterie pour surveiller la charge.

RECOMMANDATIONS :

- 1) Mettre en place des actions de maintenance préventive plus régulières pour anticiper les pannes critiques des capteurs et du drone.
- 2) Sélectionner des matériaux et des composants plus résistants aux conditions extrêmes des environnements industriels, notamment aux températures élevées et à l'humidité.
- 3) Introduire des systèmes de redondance pour les capteurs vitaux (fumée, gaz, flamme), garantissant une meilleure fiabilité en cas de défaillance.
- 4) Affiner les algorithmes d'analyse des données des capteurs pour réduire les faux positifs et améliorer la précision des alertes.
- 5) Proposer une formation régulière aux opérateurs pour qu'ils puissent réagir efficacement aux signaux émis par le drone, notamment dans les situations critiques.
- 6) S'assurer que la transmission des données via Wi-Fi est sécurisée et stable dans les environnements industriels pour garantir une surveillance continue et fiable.
- 7) Assurez-vous que le drone est capable de résister aux vents forts (jusqu'à 20-25 km/h). Utilisez des drones équipés de stabilisateurs gyroscopiques pour améliorer leur résistance au vent
- 8) Utiliser des drones résistants à l'eau (ou waterproof) pour les environnements humides ou sous la pluie. Vérifiez les spécifications d'étanchéité (normes IP) avant de les déployer.
- 9) Utilisez des drones capables de voler à haute altitude et capables de résister aux variations rapides de pression et de température
- 10) Protégez les moteurs et les hélices contre l'accumulation de sable et de poussière. Préférez des drones avec des filtres et des coques résistantes aux particules fines.

5. Conclusion :

L'étude AMDEC réalisée sur notre drone de surveillance a permis d'identifier les principales défaillances potentielles, leurs causes et leurs effets sur les performances globales du système. Grâce à cette analyse, nous avons pu proposer des actions correctives spécifiques pour chaque sous-système, allant de la propulsion à la structure en passant par la communication et la détection. Ces recommandations améliorent la fiabilité et la sécurité de notre drone dans des environnements à risque, tout en garantissant une maintenance proactive pour réduire les incidents. L'AMDEC a également permis de prioriser les risques critiques afin d'assurer une surveillance continue et efficace dans les industries pétrolières et gazières. Cette approche contribue à renforcer la durabilité et la résilience de notre solution technologique.

CONCLUSION GENERALE

Ce projet représente une première au niveau national, avec pour objectif de révolutionner le secteur industriel et sécuritaire. Nous avons réussi à créer une solution innovante pour l'inspection dans des environnements à risque, intégrant des capteurs de gaz, de feu et de distance, tout en offrant une surveillance en temps réel grâce à un système de caméra connecté. Cette technologie permet non seulement de réduire les risques pour les travailleurs, mais également de diminuer les coûts liés à la maintenance et aux inspections manuelles.

Nous envisageons de développer davantage ce projet en vue de le déployer dans l'ensemble des entreprises nationales, publiques et privées, particulièrement celles du secteur pétrolier et gazier. De plus, nous aspirons à élargir notre portée à l'international, en introduisant cette solution dans d'autres régions où la demande pour de telles technologies est élevée mais où l'offre est limitée.

En poursuivant cet effort, nous espérons générer des revenus significatifs en devises étrangères, contribuant ainsi à l'économie nationale, et à faire reconnaître notre expertise en tant que leader dans le domaine des technologies de surveillance et de sécurité industrielles.

REFERENCES

- [1] Norme ISO 12100 : ISO 12100 :2010 - Sécurité des machines - Principes généraux de conception - Appréciation du risque et réduction du risque. ISO.
- [2] Norme ISO 31000 : Organisation internationale de normalisation. (2018). ISO 31000:2018 - Gestion du risque - Lignes directrices. ISO.
- [3] Directive ATEX 2014/34/UE : Directive 2014/34/UE du Parlement européen et du Conseil du 26 février 2014 sur l'harmonisation des législations des États membres relatives aux appareils et systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphères explosibles. Journal officiel de l'Union européenne, L 96, 309–356.
- [4] Wanasinghe, T. R., Gosine, R. G., de Silva, O., Mann, G. K. I., James, L. A., & Warrian, P. (n.d.). Unmanned Aerial Systems for the Oil and Gas Industry: Overview, Applications and Challenges.
- [5] Watts, A. C., Ambrosia, V. G., & Hinkley, E. A. (2012). "Unmanned Aircraft Systems in Remote Sensing and Scientific Research: Classification and Considerations of Use". *Remote Sensing*, 4(6), 1671–1692.
- [6] Austin, R. (2010). *Unmanned Aircraft Systems: UAVs Design, Development, and Deployment*. Wiley.
- [7] Clothier, R. A., Greer, D. A., Greer, D. G., & Mehta, A. M. (2015). "Risk Perception and the Public Acceptance of Drones". *Risk Analysis*, 35(6), 1167–1183.
- [8] **Loi de Régulation des Drones en Milieu Urbain** : Régulation de l'espace aérien urbain et législation sur les drones, disponible sur les sites des agences de l'aviation civile (FAA pour les États-Unis, EASA pour l'Europe).
- [9] **Asadi, N., Asadi, A., & Salemnia, A.** (2020). "Challenges of Drones in Environmental Applications: A Comprehensive Review". *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 28(1), 1–15.