# DÉDICACES

A ma très chère mère **LATIFA**

Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles

A mon très cher père **ABDERRAHIM**

Tu as toujours été à mes côtés pour me soutenir et m’encourager Que ce travail traduit ma gratitude et mon affection

A mes très chers frère **Mohammed Yasser** et **Mehdi**

Et à qui je souhaite plus de succès

Puisse Dieu te guérisse Yasser, bonheur, courage et surtout

réussite

A mes grands-parents, qu’Allah miséricorde à vos âmes surtout ma grand-mère **Yamna Idrissi** pour ton amour chaleureux et tes belles paroles Je vous dédie ce travail ...

# REMERCIEMENTS

Ce travail est l’aboutissement d’une année de formation en ingénierie des systèmes embarqués. C’est avec la gratitude la plus profonde que je trace ces lignes pour exprime ma vive reconnaissance à tous ceux qui m’ont épaulé tous au long de cette aventure.

Je tiens à remercier vivement toutes les personnes, qui, de près ou de loin, se sont impliquées dans la réalisation de ce projet, tant par leurs présences, leurs conseils, leurs disponibilités et leurs soutiens opérationnels, que professionnels.

Ce projet de fin d’études est le fruit d’un travail continu et acharné durant tout mon cursus. Je profite de cette opportunité pour exprimer :

Mes remerciements au grand dieu pour le courage et la patience qui m’a offert et de m’avoir guidé dans cette vie afin de faire les bons choix.

Mes vifs remerciements à mes parents, les meilleurs parents de m’avoir toujours aimé, de m’avoir supporté et d’avoir cru en moi, je vous aime chers !

A ce titre je souhaiterais remercier vivement mon tuteur de stage M. KARAME Youssef qui a cru en mon potentiel et m’a accueilli au sein de l’entreprise ALTEN Fès, qui m’a épaulé, conseillé et m’a surtout transmis son savoir-faire dans le domaine d’ingénierie automobile et aéronautique. J’en profite pour remercier aussi mes collègues BOUZRHAIBA Khalid HADDAR Reda pour son aide, implication et professionnalisme tout au long du stage.

Je tiens à remercier l’UNIVERSITE PRIVEE DE FES (UPF) de nous avoir donné cette opportunité permettant d’élaborer un stage d’application dans le monde professionnel afin de découvrir de près le métier d’ingénieur et de mettre en œuvre nos acquis et affuter nos compétences.

Je remercie ainsi Mme HALKHAMS Imane pour ces conseils qui m'ont permis de cibler mes choix, afin de trouver ce stage qui était en totale adéquation avec mon parcours et mes attentes.

# Résumé :

Table des matières

[DÉDICACES 2](#_Toc205456171)

[REMERCIEMENTS 3](#_Toc205456172)

[Résumé : 4](#_Toc205456173)

[Table de figures 7](#_Toc205456174)

[Table de tableau 8](#_Toc205456175)

[Liste d’abréviation 9](#_Toc205456176)

[Introduction : 10](#_Toc205456177)

[Chapitre I : Présentation de l’organisme d’accueil 12](#_Toc205456178)

[1. Introduction 12](#_Toc205456179)

[2. Informations générales 12](#_Toc205456180)

[3. Historique : 13](#_Toc205456181)

[Historique de la croissance au Maroc 13](#_Toc205456182)

[4. Métiers et secteurs d'activité : 14](#_Toc205456183)

[5. ALTEN Delivery Center Maroc 15](#_Toc205456184)

[Aperçue général 15](#_Toc205456185)

[Valeurs ajoutées de l’entreprise ALTEN dans le domaine de l’automobile 15](#_Toc205456186)

[6. Fiche technique 16](#_Toc205456187)

[Chapitre II : Méthodologie de travail et environnement technique du projet 19](#_Toc205456188)

[1. Introduction 19](#_Toc205456189)

[2. Méthodologie de travail 19](#_Toc205456190)

[Système embarqué 19](#_Toc205456191)

[Caractéristiques d'un système embarqué : 19](#_Toc205456192)

[Exemple de systèmes embarqués : 20](#_Toc205456193)

[Architectures de systèmes embarqués : 20](#_Toc205456194)

[Unité de contrôle électronique 21](#_Toc205456195)

[Caractéristiques principales d'une ECU : 21](#_Toc205456196)

[Types courants d'ECU dans un véhicule : 22](#_Toc205456197)

[Time to market (TTM) 22](#_Toc205456198)

[Importance du Time to Market : 22](#_Toc205456199)

[Facteurs influençant le Time to Market : 23](#_Toc205456200)

[Cycle de vie de développement logiciel 24](#_Toc205456201)

[Phases typiques du cycle de vie de développement logiciel : 24](#_Toc205456202)

[AUTOSAR 26](#_Toc205456203)

[Objectifs principaux d'AUTOSAR : 26](#_Toc205456204)

[Avantages d'AUTOSAR : 27](#_Toc205456205)

[MISRA C 27](#_Toc205456206)

[Objectifs de MISRA C : 27](#_Toc205456207)

[Principales Directives de MISRA C : 28](#_Toc205456208)

[Automotive SPICE & réseaux CAN/LIN 28](#_Toc205456209)

[Automotive SPICE (Software Process Improvement and Capability dEtermination) 28](#_Toc205456210)

[Réseaux CAN/LIN 30](#_Toc205456211)

[Chapitre III : 33](#_Toc205456212)

[1. Introduction 33](#_Toc205456213)

[Conclusion Générale 34](#_Toc205456214)

# Table de figures

[Figure 1:effectifs d’ingénieurs dans chaque filiale d’ALTEN 13](#_Toc205456136)

[Figure 2 : Historique de la croissance au Maroc 13](#_Toc205456137)

[Figure 3:Secteurs d’activité du groupe ALTEN 14](#_Toc205456138)

[Figure 4: la contribution d’ALTEN dans le domaine d’automobile 16](#_Toc205456139)

[Figure 5 : unité de contrôle électronique 21](#_Toc205456140)

[Figure 6: Time To Market (TTM) 24](#_Toc205456141)

[Figure 7 : Cycle de vie de développement logiciel (SDLC) 24](#_Toc205456142)

[Figure 8 : AUTOSAR layer 26](#_Toc205456143)

# Table de tableau

[Tableau 1: la fiche technique d’ALTEN Delivery center Maroc 15](#_Toc205456144)

# Liste d’abréviation

# Introduction :

Chapitre I : Présentation de l’organisme d’accueil

# Chapitre I : Présentation de l’organisme d’accueil

## Introduction

Seulement 15 kilomètres séparent le Royaume du Maroc du continent européen. L'économie marocaine, toujours considérée comme émergente, a maintenu des taux de croissance moyens d'environ 4% au cours des cinq dernières années et n'a pas été affectée par les turbulences du printemps arabe.

Dans le rapport de référence Doing Business 2020 de la Banque mondiale sur l'environnement des affaires, le Maroc a considérablement amélioré son classement, se hissant au 53éme rang mondial et au troisième rang en Afrique, derrière Maurice et le Rwanda. L'accès direct aux plus grands marchés automobiles du monde est rendu possible par la situation géostratégique du Maroc.

Avec des bureaux à Fès, Rabat et Casablanca depuis 2008, la filiale du leader mondial du conseil en ingénierie et technologie, ALTEN DELIVERY CENTER MOROCCO, compte actuellement plus de 1 100 consultants et prévoit d'y faire travailler 1 300 consultants alteniens en 2022 en tant que centre d'excellence.

## Informations générales

ALTEN est une multinationale française d'ingénierie et conseil en technologies et une entreprise de services du numérique créée en 1988. Elle est présente dans plus de vingt-huit pays et emploie 33 800 salariés6 dont une majorité de consultants, fin 2020. ALTEN propose à ses clients la mise à disposition d'ingénieurs intervenant sur leurs projets technologiques en mode régie allant de la journée à plusieurs années.

ALTEN DELIVERY CENTER MOROCCO est une filiale du groupe ALTEN avec plus de 920 employés.

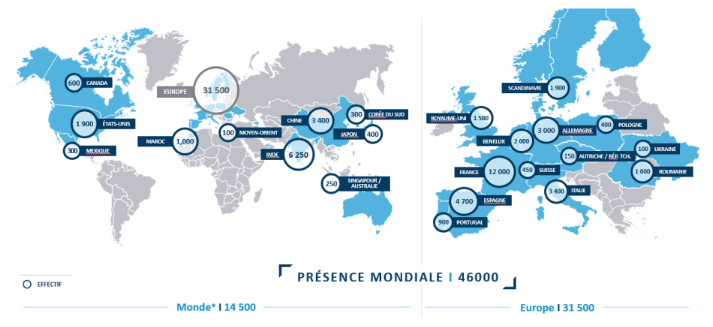
Il est à la fois la plateforme de développement de projets Nearshore et le représentant du groupe sur le continent africain pour les clients internationaux. Avec le site de Casablanca situé à Casa Nearshore, le centre d'excellence de Technopolis rabat et le Centre de Livraison situé à Fès Shore Park, la filiale marocaine ambitionne de déployer une stratégie globale permettant à ses clients de bénéficier d'un service de qualité mais aussi de proximité à un coût très compétitif.

Figure 1:effectifs d’ingénieurs dans chaque filiale d’ALTEN

## Historique :

En 1988, trois ingénieurs diplômés du secondaire fondent ALTEN. Elle s'est développée entre 1988 et 1997 en créant des filiales en France et en augmentant ses opérations. Lors de son introduction sur le deuxième marché de la Bourse de Paris en 1999, ALLEN a poursuivi son expansion régionale en créant des filiales supplémentaires. ALTEN a acquis une réputation mondiale en 2000. Après ses implantations à l'étranger et ses diverses opérations d'acquisitions, le commerce international a représenté plus de 20% du chiffre d'affaires d'ALTEN en 2003.

ALTEN, qui a poursuivi sa croissance en France et à l'étranger, a dépassé tous ses concurrents en 2006 pour prendre la première place en Europe pour le conseil en haute technologie.

### Historique de la croissance au Maroc

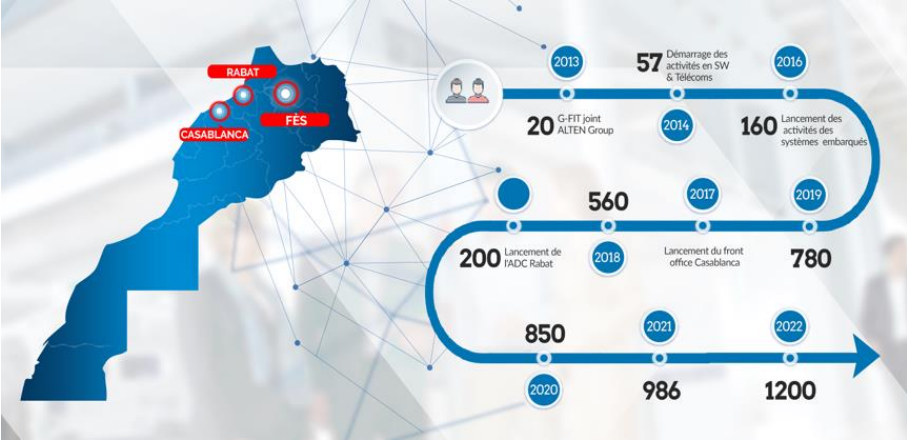
ALTEN DELIVERY CENTER MAROC créé en 2008 et présent à Fès, Rabat et Casablanca, compte aujourd’hui plus de 1100 consultants et vise un centre d’excellence de 1200 consultants ALTENiens en 2022

Figure 2 : Historique de la croissance au Maroc

## Métiers et secteurs d'activité :

La gestion de leur approvisionnement en produits a été minutieusement revue par les fabricants en raison du développement et de la mondialisation. De cette manière, ALTEN utilise une variété de paramètres complexes dans son activité de technologie de l'information et de la communication (TIC). En mettant l'accent sur l'amélioration continue, son agilité organisationnelle et ses méthodologies de projet permettent un développement plus rapide des produits à des prix compétitifs. Les activités du groupe sont divisées en trois secteurs d’activité :

Figure 3:Secteurs d’activité du groupe ALTEN

Les systèmes d’information technologiques, les réseaux télécoms et multimédias et le conseil en ingénierie et en technologie. La figure 2 montre les différents secteurs d'activité du groupe ALTEN.

1. **Ingénierie et R&D externalisée**

• Innovation & Transformation digitale

• Design & Développement produit – R&D externalisée

• Manufacturing Engineering

• Supply Chain & Qualité

• Customer Support

• Formation

• Management de projet & Conduite de changement

1. **IT Services**

• Consulting & Transformation digitale

• Expertise technique : Digital, Big Data, Data Science, IA

• Applications : Développement, Maintenance, Test

• Infrastructures : Cloud, Réseaux et Sécurité

• Architecture et Sécurité

• Support Intégration

## ALTEN Delivery Center Maroc

### Aperçue général

ALTEN DELIVERY CENTER MAROC est situé à FES, au Maroc et fait partie de l'industrie de la conception de systèmes informatiques et des services associés. ALTEN DELIVERY CENTER MAROC compte 30 employés au total sur l'ensemble de ses sites et génère un chiffre d'affaires de 17,73 millions de dollars (USD). (Le chiffre des employés est modélisé). La famille ALTEN DELIVERY CENTER MAROC regroupe 311 sociétés.

### Valeurs ajoutées de l’entreprise ALTEN dans le domaine de l’automobile

L’automobile est la tendance du marché pour ALTEN : marché structurellement porteur :

Véhicules hybrides et électriques, autonomie des batteries, systèmes de conduite autonome, infotainment, Big data (services aux usagers, maintenance prédictive, conception R&D).

Plus de 2 000 filiales de consultants ALTEN en France et à l'international participent aux projets des plus grands constructeurs et équipementiers européens. La valeur ajoutée de l'intervention s'articule autour de trois axes : la capacité à mobiliser des ressources, la capacité à participer à des projets et la capacité à s'adapter rapidement au modèle d'intervention. Connaissances approfondies dans des domaines spécialisés tels que le contrôle moteur et l'électronique de la cabine passagers (info divertissement).

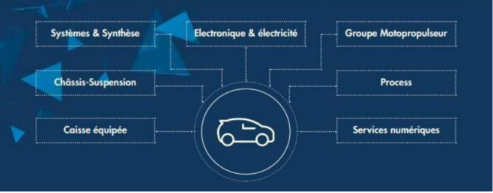
Cette Approche horizontale (constructeurs et équipementiers) et internationale (France, Allemagne, Suède, Etats-Unis, Inde, Chine) du secteur. Par exemple, la présence d'ALTEN en Inde (800 ingénieurs) et en Chine permet d'accompagner les projets locaux de multiples clients de l'industrie automobile dans la conception et l'implantation de nouveaux centres à l'avenir.

Figure 4: la contribution d’ALTEN dans le domaine d’automobile

## Fiche technique

Cette filiale est divisée en trois départements, Systèmes d'Information et Systèmes Embarqués (SISE), Département Ingénierie et Support. Le Département Systèmes d'Information et Systèmes Embarqués dans lequel je suis stagiaire travaille sur deux sites au Maroc et coopère avec des clients potentiels

Le tableau suivant présente la fiche technique d’ALTEN DELIVERY CENTER MAROC :

Tableau 1: la fiche technique d’ALTEN Delivery center Maroc

|  |  |
| --- | --- |
| Fiche technique | |
| Nom de la société | ALTEN |
| Statut juridique | Société anonyme de droit français |
| Siège social | Fès Shore Park, Fès |
| Directeur | Mustapha OUAHID |
| Date de création | 2014 |
| Secteur d’activité | Société de services technologiques |
| Effectifs | Plus de 1100 ingénieurs et techniciens |
| Site web | www.Alten.ma |

Chapitre II : Méthodologie de travail et environnement technique du projet

# Chapitre II : Méthodologie de travail et environnement technique du projet

## Introduction

Pour garantir le bon déroulement des différentes étapes du projet, il est indispensable d'adopter une méthode de travail appropriée. La première section de ce chapitre présente ainsi l'ensemble des méthodes et outils de gestion mis en place pour assurer le bon avancement du projet.

Les sociétés d'ingénierie automobile peuvent accélérer les processus de développement de véhicules en utilisant MATLAB et Simulink, ce qui permet de produire des automobiles conformes aux exigences du marché en termes de performances, de confort, de sécurité et d'efficacité énergétique.

## Méthodologie de travail

### Système embarqué

En informatique, un système embarqué est un système informatique qui est dédié à une tâche précise et couramment en temps réel, il est intégré en tant que composant d’une machine plus grande. Contrairement à un ordinateur généraliste tel qu’un PC ou un smartphone conventionnel, l’ordinateur embarqué est conçu pour exécuter une ou plusieurs tâches spécialisées plus efficacement et plus rapidement. Ses caractéristiques comprennent des ressources limitées, un fonctionnement en temps réel et des coûts avantageux ou économiques.

### Caractéristiques d'un système embarqué :

**Tâche spécifique :** Ce système embarqué est conçu pour exécuter une tâche ou un ensemble précis de tâches. Par exemple, le microcontrôleur est un système complet dédié au seul contrôle du processus de lavage de la machine à laver.

**Ressources limitées :** Les systèmes embarqués présentent la particularité d’être contraints en termes de mémoire, puissance de traitement et consommation d’électricité, nécessitant une optimisation tendue à la fois logicielle et matérielle.

**Temps réel :** Beaucoup de ceux qui agissent en temps réel, c’est-à-dire doivent exécuter une opération immédiatement après un événement externe. Par exemple, dans le système de frein ABS, la durée entre le moment où le conducteur appuie sur la pédale et le freinage maximal pressé doit être minime pour garantir la sécurité.

**Fiabilité et robustesse** : En règle générale, ces systèmes sont utilisés dans les domaines où la fiabilité est un paramètre critique, notamment l’aéronautique, l’automobile et les dispositifs médicaux. Il doit fonctionner sans échec pendant longtemps.

**Intégration au matériel** : Souvent, ces systèmes s’intègrent étroitement dans le matériel un système très proche du reste des composants électroniques avec lesquels il interagit.

### Exemple de systèmes embarqués :

**Automobile :** Les systèmes embarqués en voiture sont courants dans les modèles modernes, où ils contrôlent le moteur, les freins, les airbags, les systèmes d’info divertissement et bien plus encore.

**Électronique grand public** : télévisions, platine de DVD, consoles de jeu, réfrigérateurs et congélateurs, entre-autres, ils possèdent tous des SE.

**Aéronautique :** Les avions utilisent également des systèmes embarqués, tels que les SE de navigation, les SE de pilotage automatique et de protocoles de vol.

**Dispositifs médicaux :** Les SE et les systèmes médicaux nécessaires à l’administration des pacemakers et à la conduite des appareils de diagnostic dépendent également de systèmes embarqués.

### Architectures de systèmes embarqués :

Les systèmes embarqués peuvent être basés sur plusieurs architectures, les plus communes étant :

**Microcontrôleurs :** Un microcontrôleur est une puce qui combine un processeur, de la mémoire, et des périphériques d'entrée/sortie. Ils sont très utilisés dans des tâches simples et dédiées.

**Systèmes sur puce (SoC) :** Un SoC intègre un microprocesseur, de la mémoire, des contrôleurs d'entrées/sorties, et d'autres composants sur une seule puce. Ils sont utilisés dans des systèmes plus complexes nécessitant une grande intégration.

### Unité de contrôle électronique

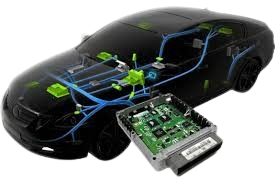
Une **unité de contrôle électronique** (en anglais, **Electronic Control Unit**, ou ECU) est un composant crucial dans les systèmes embarqués, particulièrement dans le domaine automobile. Elle est responsable de la gestion et du contrôle des systèmes électroniques au sein d'un véhicule. Les ECU sont présents dans pratiquement tous les véhicules modernes et sont essentielles pour assurer le fonctionnement correct et efficace de nombreux systèmes.

Figure 5 : unité de contrôle électronique

### Caractéristiques principales d'une ECU :

**Fonction spécifique :** Chaque ECU est généralement conçu pour contrôler une fonction ou un groupe de fonctions spécifiques dans un véhicule. Par exemple, il existe des ECU pour la gestion du moteur (Engine Control Unit), pour les freins (Brake Control Unit), ou pour les airbags (Airbag Control Unit).

**Traitement en temps réel :** Les ECU doivent souvent fonctionner en temps réel, en traitant des données provenant de divers capteurs et en réagissant immédiatement pour contrôler les actionneurs. Par exemple, l'ECU de gestion du moteur ajuste en continu l'injection de carburant, l'allumage et d'autres paramètres pour optimiser les performances du moteur.

**Interfaces de communication :** Les ECU communiquent souvent entre elles via des bus de communication internes au véhicule, comme le bus CAN (Controller Area Network), ce qui leur permet de partager des informations et de coordonner leurs actions. Par exemple, l'ECU du moteur peut échanger des données avec l'ECU de la transmission pour améliorer les performances du véhicule.

**Robustesse et fiabilité :** Les ECU sont conçus pour fonctionner dans des environnements difficiles, comme les températures extrêmes, les vibrations, l'humidité, et les interférences électromagnétiques. Elles doivent également être extrêmement fiables, car une défaillance pourrait avoir des conséquences graves, notamment en matière de sécurité.

**Mise à jour et diagnostics :** Les ECU modernes peuvent être mises à jour via des interfaces de diagnostic. Cela permet de corriger des bugs, d'améliorer les performances, ou d'ajouter de nouvelles fonctionnalités sans remplacer le matériel. Les outils de diagnostic permettent également de lire les codes d'erreur générés par les ECU, ce qui aide à identifier les problèmes dans le véhicule.

### Types courants d'ECU dans un véhicule :

**ECU de gestion moteur :** responsable du contrôle des paramètres du moteur, par exemple l’injection de carburant, l’allumage et le contrôle des émissions.

**ECU de transmission :** ECU responsable du fonctionnement de la transmission automatique, par exemple les changements de vitesse et le contrôle du couple.

**ECU d’airbag :** ECU qui surveille les capteurs de pré-déclenchement de l’airbag et déclenche l’airbag en cas de collision.

**ECU de climatisation :** ECU qui contrôle la température à l’intérieur du véhicule, la ventilation et éventuellement la climatisation.

**ECU de freinage :** ECU qui est responsable du système de freinage ABS, qui empêche les roues de se bloquer à l’arrêt.

### Time to market (TTM)

Le concept de **time to market** (TTM), ou "délai de mise sur le marché", fait référence à la durée nécessaire pour qu'un produit passe de l'idée initiale à sa disponibilité pour les consommateurs. C'est un indicateur clé dans le développement de nouveaux produits, car il impacte directement la compétitivité d'une entreprise sur le marché.

### Importance du Time to Market :

Ses points forts résident dans : la compétitivité d’une part. Dans des secteurs soumis à une rapide rotation de l’innovation, comme la technologie ou l’automobile, le TTM est impératif. Si une entreprise peut amener son produit sur le marché plus tôt, elle prend une part du gâteau avant ses concurrents et établit un avantage concurrentiel significatif. Ensuite, le TTM permet aux entreprises de répondre plus rapidement aux fluctuations du marché en fonction de la demande des consommateurs. Il est fondamental dans des marchés volatils où les priorités des consommateurs modifient à la vitesse de l’éclair. La rentabilité en est le troisième. Conséquence directe de la réduction, le produit peut être rentable plus longtemps puisque la compétition a moins de temps pour innover et satisfaire ce besoin sur le marché. Il existe également des avantages en termes de coûts. Un TTM écourté peut minimiser les coûts variables de développement en éliminant un certain nombre de dépenses opérationnelles, ce qui peut inclure le paiement des heures supplémentaires et des retards qui ne se produiraient pas autrement.

### Facteurs influençant le Time to Market :

**Processus de développement :** La méthode utilisée pour concevoir, tester, et produire un produit influence directement le TTM. Les approches agiles et les méthodologies de développement itératif, par exemple, peuvent accélérer le processus en permettant des ajustements plus rapides et une mise sur le marché plus précoce.

**Complexité du produit :** Les produits techniquement complexes nécessitent plus de temps de développement et de tests, ce qui allonge le TTM. Les projets nécessitant de l'innovation technologique ou des certifications rigoureuses, comme dans l'industrie médicale ou aérospatiale, sont souvent plus lents à arriver sur le marché.

**Chaîne d'approvisionnement :** La disponibilité des composants, la fiabilité des fournisseurs, et l'efficacité de la chaîne logistique peuvent affecter le TTM. Des retards dans la livraison des composants essentiels ou des problèmes de production peuvent repousser la date de lancement.

**Réglementation et conformité :** Dans certaines industries, le produit doit passer par des processus de certification ou répondre à des réglementations strictes, ce qui peut allonger le TTM. C'est fréquent dans les secteurs pharmaceutique, automobile, ou des dispositifs médicaux.

**Capacités internes :** L'expertise et les ressources internes de l'entreprise, y compris la disponibilité des compétences techniques, des outils de développement, et la capacité à gérer des projets complexes, jouent un rôle majeur dans la rapidité avec laquelle un produit peut être développé.

### Cycle de vie de développement logiciel

Figure 6: Time To Market (TTM)

Le **cycle de vie de développement logiciel** (en anglais, **Software Development Life Cycle** ou **SDLC**) est un cadre qui décrit les phases par lesquelles un projet de développement logiciel passe, depuis la conception initiale jusqu'à la livraison du produit final et son maintien en condition opérationnelle. Le SDLC est utilisé pour structurer les processus de développement afin de garantir la qualité, la prévisibilité et la réussite du projet.

Figure 7 : Cycle de vie de développement logiciel (SDLC)

### Phases typiques du cycle de vie de développement logiciel :

**Recueil des exigences (ou Analyse des besoins) :**

Objectif : Comprendre ce que les utilisateurs ou les parties prenantes attendent du logiciel. Cela inclut la collecte, l'analyse et la documentation des besoins fonctionnels et non fonctionnels.

Livrable : Document de spécifications des exigences (SRS – Software Requirements Spécification) qui décrit en détail les fonctionnalités que le logiciel doit offrir.

**Conception :**

Objectif : Définir l'architecture du logiciel, c'est-à-dire comment les différentes parties du système vont interagir. La conception peut être divisée en deux sous-phases :

Conception globale (ou conception haute-niveau) : Détermine la structure générale du système, y compris les modules principaux, les interfaces, les bases de données, etc.

Conception détaillée : Spécifie les détails pour chaque module ou composant, y compris les algorithmes, les structures de données, les interfaces utilisateur, etc.

Livrable : Documents de conception architecturale (HLD – High-Level Design) et de conception détaillée (LLD – Low-Level Design).

**Développement (ou codage) :**

Objectif : Écrire le code source du logiciel en utilisant les spécifications fournies dans les phases de conception. C’est la phase où les développeurs traduisent les exigences en un produit fonctionnel.

Livrable : Code source du logiciel, ainsi que des documents de test et de maintenance pour accompagner le code.

**Tests :**

Objectif : Vérifier que le logiciel fonctionne comme prévu et qu'il répond aux exigences spécifiées. Les tests peuvent inclure des tests unitaires, des tests d'intégration, des tests de système, des tests de performance, des tests de sécurité, etc.

Livrable : Rapports de test, y compris les résultats, les défauts trouvés, et les actions correctives prises.

**Déploiement (ou mise en production) :**

Objectif : Mettre le logiciel en production, c'est-à-dire le rendre disponible aux utilisateurs finaux. Cela inclut l'installation du logiciel dans un environnement de production et la formation des utilisateurs si nécessaire.

Livrable : Logiciel déployé, documentation utilisateur, manuels d'installation et de déploiement.

**Maintenance :**

Objectif : Assurer la bonne marche du logiciel après son déploiement. Cette phase inclut la correction des bogues, la mise à jour du logiciel pour s'adapter à de nouveaux besoins, ou l'amélioration des performances.

Livrable : Patches, nouvelles versions du logiciel, documentation mise à jour.

### AUTOSAR

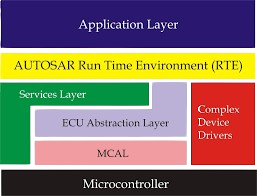
**AUTOSAR** (Automotive Open System Architecture) est une architecture standardisée pour le développement de logiciels dans l'industrie automobile. Il s'agit d'une initiative conjointe lancée en 2003 par plusieurs grands constructeurs automobiles, fournisseurs de composants et entreprises de logiciels, avec l'objectif de créer une base commune pour le développement de systèmes embarqués automobiles. Le but principal d'AUTOSAR est de standardiser l'architecture logicielle des véhicules afin de faciliter l'intégration, la réutilisation des composants logiciels, et la gestion de la complexité croissante des systèmes électroniques dans les véhicules modernes.

Figure 8 : AUTOSAR layer

### Objectifs principaux d'AUTOSAR :

**Standardisation :** Fournir une architecture de système standardisée qui peut être utilisée par l'ensemble de l'industrie automobile pour éviter la redondance et améliorer l'interopérabilité entre les composants fournis par différents fabricants.

**Réutilisabilité :** Permettre la réutilisation de composants logiciels entre différents projets et plateformes, ce qui réduit le temps et les coûts de développement.

**Scalabilité et flexibilité :** Offrir une architecture capable de s'adapter à différents types de véhicules, des petites voitures aux camions, en permettant une mise à l'échelle flexible des fonctionnalités.

**Séparation des logiciels et du matériel :** Découpler le développement des logiciels embarqués de la plateforme matérielle spécifique, facilitant ainsi le portage des logiciels sur différentes plateformes matérielles.

**Gestion de la complexité :** Aider les développeurs à gérer la complexité croissante des systèmes électroniques embarqués, notamment en ce qui concerne les interactions entre les différents systèmes de contrôle électronique (ECU).

### Avantages d'AUTOSAR :

**Interopérabilité :** En utilisant des interfaces standardisées, AUTOSAR facilite l'intégration de composants provenant de différents fournisseurs, ce qui est crucial pour les constructeurs automobiles collaborant avec plusieurs partenaires.

**Réduction des coûts :** La réutilisation des composants et la standardisation des interfaces permettent de réduire les coûts de développement et de maintenance.

**Amélioration de la qualité :** Les processus standardisés et la séparation claire des responsabilités contribuent à améliorer la qualité du logiciel final.

**Gestion de la complexité :** AUTOSAR aide à gérer la complexité croissante des véhicules modernes en offrant une architecture structurée pour le développement de systèmes embarqués.

### MISRA C

**MISRA C**’est un ensemble de directives et de recommandations pour la programmation en langage C, principalement conçu pour garantir la sécurité, la fiabilité et la portabilité du code source dans les systèmes embarqués critiques. MISRA est l'acronyme de **Motor Industry Software Reliability Association**, l'organisation qui a développé ces normes. La norme est largement utilisée dans les industries où la sûreté et la sécurité sont cruciales, telles que l'automobile, l'aéronautique, et les systèmes de contrôle industriel.

### Objectifs de MISRA C :

**Sûreté et sécurité :** Garantir que le code C est sûr et ne contient pas de défauts pouvant entraîner des erreurs critiques ou des comportements inattendus.

**Portabilité :** Assurer que le code peut être facilement transféré entre différentes plateformes et compilateurs sans nécessiter de modifications importantes.

**Lisibilité et maintenabilité :** Améliorer la lisibilité du code et simplifier la maintenance en suivant des règles de programmation claires et cohérentes.

**Détection des erreurs :** Prévenir les erreurs courantes de programmation en imposant des pratiques de codage rigoureuses.

### Principales Directives de MISRA C :

Les directives de MISRA C sont regroupées en plusieurs catégories, incluant des règles concernant la syntaxe du langage, les pratiques de programmation, et les aspects de conception. Voici quelques exemples de directives typiques :

**Restrictions sur les constructions du langage :**

Éviter les constructions ambiguës ou peu claires du langage C.

Limiter l'utilisation des fonctionnalités du langage qui peuvent être source d'erreurs, telles que les pointeurs non initialisés ou les conversions de type risquées.

**Pratiques de programmation sécurisées :**

Utiliser des pratiques de codage qui préviennent les erreurs courantes, comme les erreurs de débordement de tampon ou les conditions de course.

Assurer une gestion adéquate des erreurs et des exceptions.

**Lisibilité et maintenabilité du code :**

Promouvoir des pratiques de codage qui rendent le code plus lisible et plus facile à comprendre pour les autres développeurs.

Éviter les structures de code complexes et difficiles à maintenir.

**Portabilité :**

Écrire du code qui peut être facilement transféré entre différents environnements de compilation et plateformes matérielles.

Minimiser les dépendances aux comportements spécifiques du compilateur ou de la plateforme.

### Automotive SPICE & réseaux CAN/LIN

**Automotive SPICE** et les **réseaux CAN/LIN** sont des éléments essentiels dans le domaine des systèmes embarqués automobiles, chacun jouant un rôle crucial dans la qualité du développement logiciel et la communication entre les différents composants des véhicules.

### Automotive SPICE (Software Process Improvement and Capability dEtermination)

Automotive SPICE (ou ASPICE) est un modèle d’évaluation et d’amélioration des processus de développement logiciel dans l'industrie automobile. Inspiré du modèle SPICE (Software Process Improvement and Capability dEtermination) de l'ISO/IEC 15504, ASPICE est adapté aux exigences spécifiques de l'industrie automobile.

**Objectifs d'Automotive SPICE :**

* Améliorer les processus de développement : Fournir un cadre pour évaluer et améliorer les processus de développement logiciel, garantissant la qualité et la fiabilité des systèmes embarqués automobiles.
* Assurer la conformité : Aider les organisations à se conformer aux normes de sécurité et aux exigences fonctionnelles spécifiques de l'industrie automobile, comme ISO 26262.
* Faciliter l'intégration : Assurer une intégration fluide et efficace des logiciels avec les systèmes électroniques et électriques des véhicules.

**Structure et Niveaux d’Automotive SPICE :**

Automotive SPICE est structuré autour de plusieurs processus et niveaux de capacité :

1. **Processus :**

Gestion des exigences (REQ) : Collecte, gestion, et vérification des exigences du logiciel.

Développement (DEV) : Conception, implémentation, et tests du logiciel.

Gestion de la configuration (CON) : Gestion des versions et des configurations du logiciel.

Assurance qualité (QA) : Activités visant à garantir la qualité du logiciel, y compris les revues et les audits.

Gestion de projet (PROJ) : Planification et suivi des projets de développement logiciel.

1. **Niveaux de capacité :**

Niveau 0 : Inadéquat (processus non défini ou inefficace).

Niveau 1 : Initial (processus ad hoc, sans pratiques définies).

Niveau 2 : Géré (processus définis et gérés de manière répétitive).

Niveau 3 : Défini (processus définis et améliorés de manière proactive).

Niveau 4 : Quantitativement géré (mesuré et contrôlé statistiquement).

Niveau 5 : Optimisé (amélioration continue basée sur des données).

**Application d’Automotive SPICE :**

Évaluation : Les organisations peuvent être évaluées pour leur conformité à ASPICE, souvent à travers des audits réalisés par des tiers. Les résultats de ces évaluations peuvent influencer les décisions d'achat et de partenariat dans l'industrie automobile.

Amélioration des processus : Les entreprises utilisent ASPICE pour identifier les faiblesses dans leurs processus de développement et mettre en œuvre des améliorations pour augmenter la qualité et l'efficacité.

### Réseaux CAN/LIN

Les réseaux CAN (Controller Area Network) et LIN (Local Interconnect Network) sont des protocoles de communication utilisés pour l'échange de données entre les différents modules électroniques d'un véhicule.

**Réseau CAN (Controller Area Network):**

1. **Description :**

CAN est un protocole de communication série qui permet aux microcontrôleurs et aux dispositifs dans un véhicule de communiquer entre eux sans nécessiter un ordinateur central.

1. **Caractéristiques :**

Communication multi-maître : Permet à plusieurs nœuds (ECUs) de communiquer sur le même bus.

Robustesse : Conçu pour être fiable dans des environnements bruyants électriquement, comme ceux rencontrés dans les véhicules.

Haute priorité : Les messages ont des identifiants qui déterminent leur priorité ; les messages plus importants sont traités en premier.

1. **Applications :**

Utilisé pour des applications critiques comme les systèmes de contrôle moteur, les systèmes de freinage, et les systèmes de gestion de la transmission.

**Réseau LIN (Local Interconnect Network) :**

1. **Description :**

LIN est un protocole de communication plus simple que CAN, utilisé pour des applications moins critiques ou pour des communications internes à des sous-systèmes du véhicule.

1. **Caractéristiques :**

Maître-esclave : Un nœud maître contrôle les communications avec plusieurs nœuds esclaves.

Coût : Moins coûteux que CAN, car il nécessite moins de matériel et de complexité logicielle.

Bande passante : Moins de bande passante que CAN, mais suffisant pour des tâches simples comme le contrôle des fenêtres électriques ou des sièges.

1. **Applications :**

Utilisé pour des fonctions moins critiques telles que le contrôle des sièges, la gestion des lumières intérieures, et la communication entre divers modules non critiques.

Chapitre III :