

Dédicaces

Après avoir rendu grâce à DIEU le tout puissant, d'avoir fait de moi ce que je suis aujourd'hui.

Je dédie ce travail

À l'âme de mon père disparu trop tôt, que toute l'encre du monde ne pourrait suffire pour exprimer mes sentiments envers lui. Il a toujours été mon école de patience, de confiance et surtout d'espoir et d'amour. J'espère qu'il apprécie cet humble geste comme preuve d'amour de la part d'une fille qui lui sera toujours reconnaissante. Puisse Dieu, le tout puissant, l'avoir en sa sainte miséricorde.

À ma très chère et douce mère, celle qui m'a donné la vie, qui m'a transmis l'amour, le symbole de tendresse, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite. Sa prière et sa bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Puisse Dieu, vous combler de santé, de bonheur et vous procurer une longue vie.

À mon cher frère Ayoub et mes chères sœurs Doha, Sara, et Imane, vos affections et vos encouragements ont toujours été pour moi les plus précieux. Je prie Dieu de vous procurer santé, bonheur et longue vie afin que vous puissiez exhausser tous vos rêves.

À mes enseignants et mes encadrants, vos efforts, vos encouragements, vos précieux conseils, et l'attention avec lesquelles vous m'avez toujours entouré m'ont beaucoup touché. Je vous serais reconnaissante toute ma vie, et j'espère ne jamais vous décevoir.

À tous les membres de ma grande famille, à mes meilleurs amis, à tous les stagiaires de l'unité pour tous les très bons moments partagés ensemble qui ont rendu ce stage particulièrement agréable.

À mes camarades de classe, qui n'ont jamais cessé de me soutenir et de m'encourager, vous étiez un fuel de ma réussite.

À mes animaux de compagnie Migri et Breuby qui ont toujours réussi à me remonter le moral.

Remerciements

C'est avec le plus grand honneur que je réserve cette page de gratitude et de reconnaissance à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Je tiens tout d'abord à témoigner ma profonde reconnaissance et à exprimer mes vifs remerciements à **Mme EL ALAMI Nora**, Team Leader de l'équipe, pour son accueil, ses conseils, ses apports et intérêt incontestable qu'elle m'a porté.

Il m'est tout particulièrement agréable d'adresser toute ma gratitude et mes plus sincères remerciements à mon encadrante de stage **Mme BOUCHEHBOUN Noura** pour le soutien technique et moral, ainsi d'avoir mis à ma disposition, son temps et son riche savoir-faire tout au long de la période du stage. Son implication, sa créativité et sa clairvoyance m'inspirent et m'infligent de donner le meilleur de moi-même.

Je me permets également d'exprimer mes vifs remerciements à **Mme Rhouas Sara**, pour sa coopération professionnelle et pour ses conseils précieux.

Je remercie tous les membres de l'équipe pour leur accueil, leur disponibilité et leur bonne humeur permanente.

Mes sincères remerciements et reconnaissances sont également exprimés à **M. ELKARI Jalil**, mon encadrant pédagogique, pour son temps consacré au suivi des différentes étapes de mon projet de fin d'études. Je le remercie pour ses directives, ses conseils et ses encouragements. Et plus particulièrement, de la liberté d'action qu'il m'a donnée à chaque étape de ce projet. J'espère avoir été digne de la confiance qu'il m'ait accordée et que ce travail est finalement à la hauteur de ses espérances.

J'exprime tous mes remerciements aux honorables membres de jury pour l'intérêt qu'ils portent à mon travail et pour l'honneur qu'ils font en acceptant de juger mon travail.

Je profite de ces quelques lignes pour présenter également mes remerciements et profonde gratitude au corps professoral de FST Marrakech, et plus particulièrement les enseignants du département Génie électrique qui ont ménagé tous leurs temps et efforts pour nous doter d'une si riche formation.

Résumé

L'objectif de ce projet de fin d'études est de développer une application de formation en ligne de modèles 3D interactifs pour les différents systèmes d'automobiles afin de garantir une meilleure montée en compétences pour les nouvelles recrues ou les stagiaires qui ont un manque d'expérience dans le domaine d'automobile.

De ce fait, le projet repose sur trois axes. Le premier comprend la conception 3D, la modélisation des différents systèmes et composantes qui constituent le véhicule, ainsi que le réglage de l'éclairage et les mouvements de la caméra. Le deuxième axe consiste à concevoir et établir une plateforme web qui sera l'interface d'utilisateur pour commencer l'aventure de cette formation. Le dernier axe sert à rendre le projet interactif afin de permettre cet apprentissage d'une manière simple et facile.

Suite à cette modélisation, des nombreux tests ont été effectués, dans le but de valider le fonctionnement de la plateforme qui assure une amélioration tant au niveau de l'intégration que de la formation des collaborateurs.

Mots clés: Web, e-learning, interface, automobile, conception, 3D, interactions.

Abstract

The objective of this end-of-studies project is to develop an online training application of interactive 3D models for the various automotive systems in order to guarantee a better increase in skills for new recruits or trainees who have a lack of experience in the automotive field.

Therefore, the project is based on three axes. The first one includes the 3D design, the modeling of the different systems and components that make up the vehicle, as well as the adjustment of the lighting and the camera movements. The second axis consists of designing and establishing a web platform that will be the user interface to begin the adventure of this training. The last axis is to make the project interactive in order to allow this learning in a simple and easy way.

Following this modeling, numerous tests were carried out, with the aim of validating the functioning of the platform which ensures an improvement in both the integration and training of the collaborators.

Key words: Web, e-learning, interface, automotive, design, 3D, interactions.

المُلْخَص

الهدف من مشروع نهاية الدراسات هذا هو تطوير تطبيق تدريبي عبر الإنترن特 لنماذج تفاعلية ثلاثة الأبعاد لأنظمة السيارات المختلفة من أجل ضمان زيادة أفضل في المهارات للموظفين الجدد أو المتدربين الذين يفتقرون إلى الخبرة في مجال السيارات.

لذلك فإن المشروع يقوم على ثلاثة محاور. الأول يتضمن التصميم ثلاثي الأبعاد ، ونمذجة الأنظمة والمكونات المختلفة التي تتكون منها السيارة ، فضلاً عن ضبط الإضاءة وحركات الكاميرا. المحور الثاني يتكون من تصميم وإنشاء منصة ويب تكون واجهة المستخدم لبدء مغامرة هذا التدريب. المحور الأخير هو جعل المشروع تفاعلياً للسماح بهذا التعلم بطريقة بسيطة وسهلة.

بعد هذه النمذجة ، تم إجراء العديد من الاختبارات ، بهدف التحقق من صحة عمل النظام الأساسي الذي يضمن تحسيناً في كل من تكامل المتعاونين وتدريبهم.

الكلمات المفتاحية: الويب ، التعلم الإلكتروني ، الواجهة ، السيارات ، التصميم ، ثلاثي الأبعاد ، التفاعلات.

Liste des Figures

Chapitre I:

Fig I. 1: Implantation du Capgemini engineering dans le monde.....	1
Fig I. 2: Capgimini engineering dans le monde.....	2
Fig I. 3: L'historique du groupe Capgemini engineering.....	3
Fig I. 4: Secteurs industriels et clients du groupe Capgemini engineering.....	3
Fig I. 5: Activités technologiques du groupe Capgemini Engineering	4
Fig I. 6: Position du groupe Capgemini engineering par rapport à ses concurrents	5
Fig I. 7: Solution Principale Capgimini engineering Maroc	7
Fig I. 8: Les locaux du Capgemini engineering Maroc au parc Casa Near shore.....	7
Fig I. 9: Organigramme générale du Capgemini engineering Maroc	8
Fig I. 10: La direction Système	9
Fig I. 11: Cycle de vie SCRUM.....	13
Fig I. 12: Tickets du premier sprint	16
Fig I. 13 : Tickets de deuxième sprint.....	17
Fig I. 14 : Tickets de troisième sprint	17
Fig I. 15: Tickets de quatrième sprint	17
Figure I.1: Logo de GanttProject.....	35
Fig I. 17: Planification d'Auto formation sous GanttProject.....	18
Fig I. 18: Planification du projet sous GanttProject.....	19

Chapitre II :

Fig II. 1: Groupe moteur propulseur	23
Fig II. 2 : Système de freinage	24
Fig II. 3 : Système de direction	25

Fig II. 4: Système de suspension.....	26
Fig II. 5: Le système d'échappement.....	27
Fig II. 6: Système d'allumage automobile.....	28
Fig II. 7: Système électrique du véhicule.....	29
Fig II. 8 : Système de châssis.....	30
Fig II. 8 : Système de carrosserie	30
Fig II. 9: Systèmes ADAS	32

Chapitre III :

Fig III. 1 : Diagramme bête à cornes	37
Fig III. 2: Diagramme de cas d'utilisation de la plateforme de formation.....	40
Fig III. 4: Diagramme de séquence	44
Fig III. 3: Structure de projet	44

Chapitre IV :

Fig IV. 1: Logo <<Maya>>	47
Fig IV. 2 : Logo <<Blender>>	47
Fig IV. 3Fig: Logo <<Cinema 4D>>.....	48
Fig IV. 4: Logo <<Unity>>	50
Fig IV. 5: Logo <<Verge3D>>.....	50
Fig IV. 6: Logo <<Sketchfab>>	51
Fig IV. 7: Logo « UML ».....	53
Fig IV. 8: Logo « Jira Software »	53
Fig IV. 9: Logo «GANTTproject».....	54
Fig IV. 10 : Logo « Catia»	54
Fig IV. 11: Logo «Blender 3D»	54
Fig IV. 12: «LogoVerge 3D».....	55

Fig IV. 13: «Logo HTML»	55
Fig IV. 14: Logo «CSS»	56
Fig IV. 15: Logo «JavaScript».....	56
Fig IV. 16: Logo «jQuery»	56
Fig IV. 17:Logo «VS Code».....	57

Chapitre V:

Fig V. 1: Références de voiture	59
Fig V. 2: Référence vue droite du véhicule	60
Fig V. 3: Réferences de voiture après importation sur Bender 3D	60
Fig V. 4: Conception de la carrosserie et du châssis.....	62
Fig V. 5: Conception de l'habitacle (Salon automobile)	63
Fig V. 6: Conception du groupe moteur propulseur (GMP).....	64
Fig V. 7: Conception de système de freinage	65
Fig V. 8: Conception de système de direction	65
Fig V. 9: Conception du Système de suspension	66
Fig V. 10: Conception du système d'échappement	67
Fig V. 11 : Conception du Système d'allumage automobile.....	68
Fig V. 12: Conception de l'Éclairage extérieur.....	69
Fig V. 13: Conception de l'Éclairage intérieur.....	69
Fig V. 14: Conception de l'Alternateur et batterie	70
Fig V. 15: Conception de la climatisation du véhicule	70
Fig V. 16: Conception du Autoradio et démarreur	71
Fig V. 17: Les matériaux constituant une voiture	71
Fig V. 18: Peinture de la voiture et définition de ses matériaux en fer.....	72
Fig V. 19 : Paramétrage BSDF	73
Fig V. 20 : Paramétrage de la rugosité.....	74

Fig V. 21: Paramétrage de la couleur de la surface de véhicule	75
Fig V. 22: Définition des matériaux en verre de véhicule	75
Fig V. 23 : Paramétrage BSDF Glass	76
Fig V. 24 : Définition des matériaux en pneu de véhicule.....	76
Fig V. 25 : Paramétrage BSDF Pneu	77
Fig V. 26 : Studio du véhicule 3D	78
Fig V. 27 : Séparations des collections du véhicule 3D	78
Fig V. 28 : Puzzle, « On event of click»	79
Fig V. 29 : Structure de puzzle pour sélectionner un sous système.....	80
Fig V. 30 : Activation de l'effet de contour dans Bender.....	80
Fig V. 31 :Logique de puzzles d'un système automobile	82
Fig V. 32 : Logique de puzzles d'un sous-système automobile	82
Fig V. 33 : Première section de la page d'accueil	83
Fig V. 34: Deuxième section de la page d'accueil	84
Fig V. 35: Troisième section de la page d'accueil	85
Fig V. 36: Page de formation automobile	85
Fig V. 37: Interface GMP	86
Fig V. 38: Interface système de freinage	86
Fig V. 39: Interface de système de direction	87
Fig V. 40:Interface de système de suspension	87
Fig V. 41: Interface de Système d'échappement	88
Fig V. 42 : Interface de système d'allumage automobile	88
Fig V. 43: Interface de système électrique d'automobile	89
Fig V. 44: Interface de système de châssis	89
Fig V. 45: Interface de système de carrosserie	90
Fig V. 46: Interface des systèmes ADAS	90

Fig V. 47 : Interface de Body System-bonnet.....	91
Fig V. 48 : Interface de Body System-bonnet « Annotation ».....	91
Fig V. 49: Interface de Body System-bonnet « View More »	92
Fig V. 50: Première section de la page descriptive de détails du système de carrosserie	93
Fig V. 51: Deuxième section de la page descriptive de détails du système de carrosserie.....	93
Fig V. 52: Troisième section de la page descriptive de détails du système de carrosserie	94

Liste des tableaux

Chapitre I:

Tableau I. 1: Fiche signalétique d'Capgemini engineering Maroc	6
Tableau I. 2: Rôles de la méthodologie Scrum	14
Tableau I. 3 : Acteurs Scrum pour mon PFE	14

Chapitre III:

Tableau III. 1: Tableau explicatif de la bête à cornes	36
Tableau III. 2: Description textuelle du cas d'utilisation «Consultation de la page d'accueil »	41
Tableau III. 3: Description textuelle du cas d'utilisation «Commencer la formation».	42
Tableau III. 4: Description textuelle du cas d'utilisation « Consulter la page de description détaillée du système automobile »	42

Chapitre IV:

Tableau IV. 1 : Comparative entre les technologies de modélisation 3D	48
Tableau IV. 2: Comparative entre les solutions 3D pour le web	51

Liste des abréviations

A

- ACC** : Adaptive Cruise Control.
- ADAS** : Advanced Driver Assistance Systems.
- ADV** : Administration Des Ventes.
- AIS** : Advanced Intelligence Systems.
- AJAX** : Asynchronous JavaScript And XML.
- AR** : Augmented Reality.
- API** : Application Programming Interface.

B

- BDD** : Base De Données.
- BSD** : Blind Spot Detection.
- BPO** : Business Process Outsourcing.

C

- CAO** : Conception Assistée par Ordinateur.
- CMS** : Content Management System.
- CPU** : Central Processing Unit.
- CSS** : Cascading Style Sheets.

D

- Dev RH** : Développement Ressources Humaines.
- DPF** : Diesel Particulate Filter.

E

- EBA** : Emergency Brake Assist.

G

- GMP** : Groupe Moteur Propulseur.
- GPU** : Graphics Processing Unit.

H

- HD** : High-Definition.
- HTML** : HyperText Markup Language.

HIL	: Hardware In the Loop.
I	
IHM	: Interface Homme Machine.
IT	: Information Technology.
ITO	: Information Technology Outsourcing.
L	
LIDAR	: Light Detection And Ranging.
LKA	: Lane Keeping Assist.
P	
PLM	: Product Life cycle Management.
R	
RCTA	: Rear Cross Traffic Alert.
R&D	: Recherche & Développement.
S	
SDF	: Sûreté De Fonctionnement.
SLA	: Speed Limit Assist.
SE	: System Engineering.
T	
TSA	: Traffic Sign Assist.
U	
UML	: Unified Modeling Language.
UV	: Ultraviolet.
V	
VPN	: Virtual Private Network.
VR	: Virtual Reality.
VSC	: Visual Studio Code.
X	
XML	: eXtensible Markup Language.
3D	: Three Dimensional.

Table des matières

Dédicaces	II
Remerciements.....	III
Résumé.....	IV
Abstract	V
الملخص.....	VI
Liste des Figures	VII
Liste des tableaux.....	XII
Liste des abréviations.....	XIII
Introduction générale	1
Chapitre I : Présentation de l'organisme d'accueil et contexte général du projet	1
I. INTRODUCTION.....	1
II. PRÉSENTATION DE L'ORGANISME D'ACCUEIL.....	1
II.1 Aperçu général	1
II.2 Implantation mondial	1
II.3 Historique du groupe	2
II.4 Secteurs d'activités.....	3
II.5 Marché et environnement concurrentiel.....	4
II.6 Capgemini Engineering Maroc	5
II.6.1 Implantation	5
II.6.2 Locaux du Capgemini engineering Maroc	7
II.6.3 Organigramme générale	8
II.6.4 Présentation du département d'accueil.....	9
II.6.5 Centres de services du pôle modélisation	9
III. Présentation du projet	11
III.1 Contexte du projet.....	11

III.2 Objectif du projet	11
III.3 Cahier des charges	12
IV. Méthodologie de travail	13
IV.1 Approche agile	13
IV.2 Présentation du SCRUM.....	13
IV.3 L'équipe et les rôles	14
IV.4 Les Événements de Scrum.....	15
IV.5 Les artefacts	16
IV.6 Le Sprint backlog.....	16
V. Planification du projet	18
V.1 Auto formation	18
V.2 Défis et leçons apprises.....	20
VI. Conclusion	20
Chapitre II : Etat de l'art sur les systèmes automobile	21
I. Introduction	22
II. Etat de l'art sur l'automobile.....	22
II.1 Définition	22
II.2 Structure de l'automobile.....	22
II.3 Différents systèmes d'automobile	23
II.3.1 Groupe moteur propulseur.....	23
II.3.2 Système de freinage.....	24
II.3.3 Système de direction	25
II.3.4 Système de suspension	26
II.3.5 Le système d'échappement	27
II.3.6 Système d'allumage automobile	28
II.3.7 Système électrique.....	29

II.3.8 Système de châssis	30
II.3.9 Carrosserie.....	31
II.3.10 Systèmes ADAS	32
III. Conclusion	34
Chapitre III : Étude d'analyse et conception de projet	35
I. Introduction	36
II. Analyse des besoins	36
III. Etude fonctionnelle	37
III.1 Objectif	37
III.2 Identification de l'acteur	37
III.3 Besoins fonctionnels	38
III.4 Les besoins non fonctionnels	38
IV. Conception de l'application	39
IV.1 Modules de l'application	39
IV.2 Diagrammes de cas d'utilisation.....	40
IV.3 Cas d'utilisations	41
IV.3.1 Cas d'utilisation : « Consultation de la page d'accueil »	41
IV.3.1 Cas d'utilisation : « Commencer la formation».....	41
IV.3.2 Cas d'utilisation « Consulter la page de description détaillée du système automobile »	42
IV.4 Diagrammes de séquence:	43
IV.5 Conception architecturale de l'application	44
IV.5.1 Schéma générale du projet.....	44
V. Conclusion.....	44
Chapitre IV : Étude technique et technologies	45
I. Introduction	46

II.	Modélisation 3D	46
II.1	Technologies de modélisation 3D	46
II.1.1	Maya.....	47
II.1.2	Blender	47
II.1.3	Cinema 4D.....	48
II.2	Etude comparative.....	48
II.3	Solutions 3D pour le web	49
II.3.1	Unity.....	50
II.3.2	Verge3D	50
II.3.3	Sketchfab.....	51
II.4	Etude comparative	51
III.	Environnement et outils de développement.....	53
III.1	Outils de conception et de planification.....	53
III.1.1	Langage UML	53
III.1.2	JIRA	53
III.1.3	GANTTproject	54
III.2	Technologies de modélisation 3D	54
III.2.1	CatiaV5	54
III.2.2	Blender 3D	54
III.3	Technologies d'intégration en web	55
III.3.1	Verge 3D	55
III.4	Langages et outils de développement	55
III.4.1	HTML5	55
III.4.2	CSS3	56
III.4.3	JavaScript.....	56
III.4.4	jQuery	56

III.4.5 Visual Studio Code	57
IV. Conclusion	57
Chapitre V : Réalisation et mise en œuvre	58
I. Introduction	59
II. Conception 3D du véhicule et ses différents systèmes	59
II.1 Importation de modèle de référence	59
II.2 Conception de la carrosserie et du châssis	60
II.3 Conception de l'habitacle (Salon automobile)	62
II.4 Conception du groupe moteurpropulseur (GMP).....	63
II.5 Conception de système de freinage	64
II.6 Conception de système de direction.....	65
II.7 Système de suspension	66
II.8 Le système d'échappement	66
II.9 Système d'allumage automobile	67
II.10 Système électrique.....	69
II.10.1 Éclairage extérieur.....	69
II.10.2 Alternateur et batterie.....	70
II.10.3 Climatisation	70
II.10.4 Autoradio et démarreur	71
III. Peinture du véhicule et définition des matériaux	71
III.1 Définition des matériaux en fer.....	72
III.2 Définition des matériaux en verre	75
III.3 Définition des matériaux en en pneu.....	76
IV. Mise en réalité et paramétrage :	77
V. Séparation des collections	78
VI. Rendre le système interactif	79

VI.1 Sélectionner un système	79
VI.2 Montrer ou cacher les composants d'un système	79
VI.3 Sélectionner un sous système	79
VI.4 Contourner un composant.....	80
VI.5 Positionnement de caméra	81
VI.6 Création des annotations des composants.....	81
VI.7 Puzzles Reference	81
VI.7.1 Logique de puzzles d'un système automobile	81
VI.7.2 Logique de puzzles d'un sous-système automobile.....	82
VII. Démonstration live.....	83
VII.1 Interfaces graphiques de l'application:.....	83
VII.1.1 Page d'accueil.....	83
VII.1.2 Page de formation.....	85
VII.1.2.1 Systèmes automobile	86
VII.1.2.2 Configuration.....	91
VII.1.3 Les pages descriptives des détails sur les systèmes automobiles .	92
VIII. Conclusion.....	94
Conclusion générale et perspectives	95
Références.....	B
Annexes.....	D
Annexe 1 : Sites de formation en conception et développement	D
Annexe 2 : Ensemble des Logiques de puzzles pour la structuration de système de carrosserie « Body System ».....	E
Annexe 3 : Pages descriptives des détails sur les systèmes automobiles.....	E

Introduction générale

L'industrie automobile marocaine a réussi à s'ériger progressivement en secteur d'activité phare au sein du paysage économique national. La stratégie dédiée à cette branche s'est avérée opportune pour asseoir les jalons d'une industrie automobile performante et compétitive, suffisamment intégrée dans les chaînes de valeur mondiales. Pour preuve, ce secteur est devenu le premier secteur exportateur, représentant, en 2018, 26% des exportations nationales et jouit d'un positionnement de choix en matière de contribution à l'emploi industriel avec 27% du total. Cette performance est redoutable, en grande partie, à l'effort d'attractivité déployé par les pouvoirs publics, qui a permis de drainer des investisseurs étrangers de renommée mondiale, comprenant deux constructeurs mondiaux majeurs et une centaine d'équipementiers et de fournisseurs [1].

L'industrie automobile a aussi investi dans des mesures concrètes et les a mises en œuvre afin de développer les compétences de ses travailleurs dans le monde entier. La formation est dispensée en interne, par des associations professionnelles, en collaboration avec des institutions d'enseignement technique et de formation professionnelle et avec divers ministères. Étant donné les transformations profondes qui sont en cours dans le secteur, l'industrie automobile va devoir redoubler d'efforts pour attirer, recruter, former des femmes et des hommes et leur permettre de se reconvertis et de se perfectionner. Elle devra investir dans les capacités d'une main-d'œuvre apte à maîtriser les nouvelles technologies et dotée des compétences appropriées pour stimuler l'innovation, la productivité et la durabilité à l'avenir [2].

Dans ce sens, après l'apparition de Covid 19 et les exigences sanitaires imposées par le ministre de santé, les entreprises en général ont recours vers les formations en ligne pour assurer la distanciation en premier lieu, en deuxième lieu vu que ces formations en ligne peuvent prendre en charge un grand nombre de personnes, dans n'importe quel moment, on arrive à gérer le temps ainsi que l'espace.

C'est dans ce cadre que s'inscrit notre projet de fin d'études, un PFE réalisé au sein de Capgemini Engineering qui vient en réponse au besoin de digitaliser la formation pour les nouveaux recrues et stagiaires qui ont un manque d'expérience en automobile à travers le développement d'une application web des modèles 3D interactifs pour les différents systèmes

d'automobile afin d'acquérir une solde compréhension des concepts de base de ce domaine, ainsi que la facilité d'intégration des collaborateurs et collaboratrices d'une manière simple, créative et rapide. A cet effet, et pour présenter notre travail de la manière la plus exhaustive possible, ce mémoire est scindé en cinq chapitres :

Le premier chapitre présente l'organisme d'accueil et son environnement. Par la suite, il cadre le contexte général de notre projet de fin d'étude, en commençant par la présentation du sujet, puis l'analyse de la problématique, la détermination du cahier des charges, les missions à assurer et le planning du travail que nous allons suivre.

Le deuxième chapitre est consacré pour une étude théorique du projet qui consiste à introduire l'automobile, ainsi que les différents systèmes qui participe à la composition d'un véhicule. Dans ce chapitre on traite les principes de fonctionnement et les composants des parties d'automobile.

Le troisième chapitre mit le point sur l'analyse et la conception de la solution proposée, afin de tracer les grandes lignes de notre application, en spécifiant les besoins fonctionnels et non fonctionnels et en présentant la conception de notre plateforme informatique via des diagrammes de cas d'utilisation, les modules de l'application et la conception architecturale de l'application.

Le quatrième chapitre est dédié à une étude technique de l'environnement de création de notre application de formation, en passant par une étude comparative entre les différents technologies et outils que ça soit pour la conception 3D ou pour le développement de notre plateforme web.

Le cinquième et dernier chapitre décrit le produit final de notre projet de fin d'études, les interfaces de l'application et des tests de fonctionnement pour rendre notre application opérationnelle. Enfin, une conclusion pour dresser le bilan de ce travail.

Chapitre I :

Présentation de l'organisme d'accueil et contexte général du projet

Résumé :

Le présent chapitre, expose le cadre général dans lequel s'est déroulé ce projet de fin d'études en présentant le groupe Capgemini Engineering en tant qu'organisme d'accueil, son activité et son organisation. Ensuite, il met en relief le contexte du projet, la démarche utilisée pour l'aborder, et il se clôture par une planification de ce dernier.

I. INTRODUCTION

Le Maroc a enregistré une croissance remarquable des investissements au cours de ces dernières dix années, grâce à la stratégie offshoring¹ et émergence mises en place par le gouvernement marocain. Capgemini Engineering a créé son entité marocaine, pour augmenter de plus le nombre de ses collaborateurs, pérenniser leurs confiances et répondre parfaitement à leurs besoins.

II. PRÉSENTATION DE L'ORGANISME D'ACCUEIL

II.1 Aperçu général

Le groupe Capgemini engineering Maroc est un leader mondial du conseil en innovation et ingénierie avancée, Capgemini engineering propose à ses clients d'innover autrement en les aidant à développer ou en développant pour eux les produits et les services de demain. La Groupe les accompagne sur l'intégralité de la chaîne de valeur du cycle de vie d'un projet, de l'idée à l'industrialisation. Capgemini engineering intervient depuis plus de 30ans auprès des grands acteurs de nombreux secteurs : automobile ; aéronautique ; spatial, défense et naval ; ferroviaire ; énergie ; industriel et électronique ; sciences de la vie ; télécoms et médias ; logiciel ; finance et secteur public.

II.2 Implantation mondial

L'empreinte internationale de Capgemini Engineering offre un avantage unique sur le marché actuel. En phase avec une planète de plus en plus connectée. Le Groupe est conçu pour offrir des services d'innovation et d'ingénierie de premier ordre à ses clients, tout en leur permettant de bénéficier des meilleures pratiques mondiales dans tous les secteurs d'activités. Le groupe Capgemini Engineering est implanté dans 30 pays dans le monde, répartis entre l'Europe, l'Asie, l'Amérique, et l'Afrique (Maroc et Tunisie)(Fig I.1 , Fig I.2).

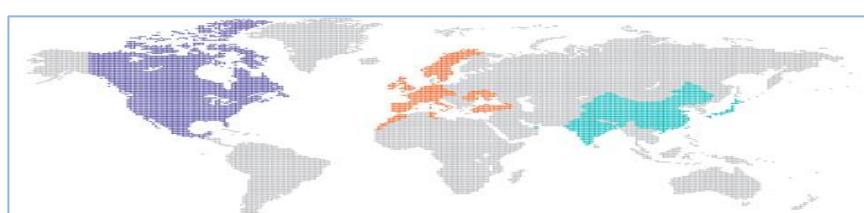


Fig I. 1: Implantation du Capgemini engineering dans le monde

¹ **offshoring** : Expression anglo-saxonne utilisée pour décrire une externalisation de tout ou partie de la production dans un pays étranger, dans la majorité des cas pour des raisons de coûts plus avantageux.

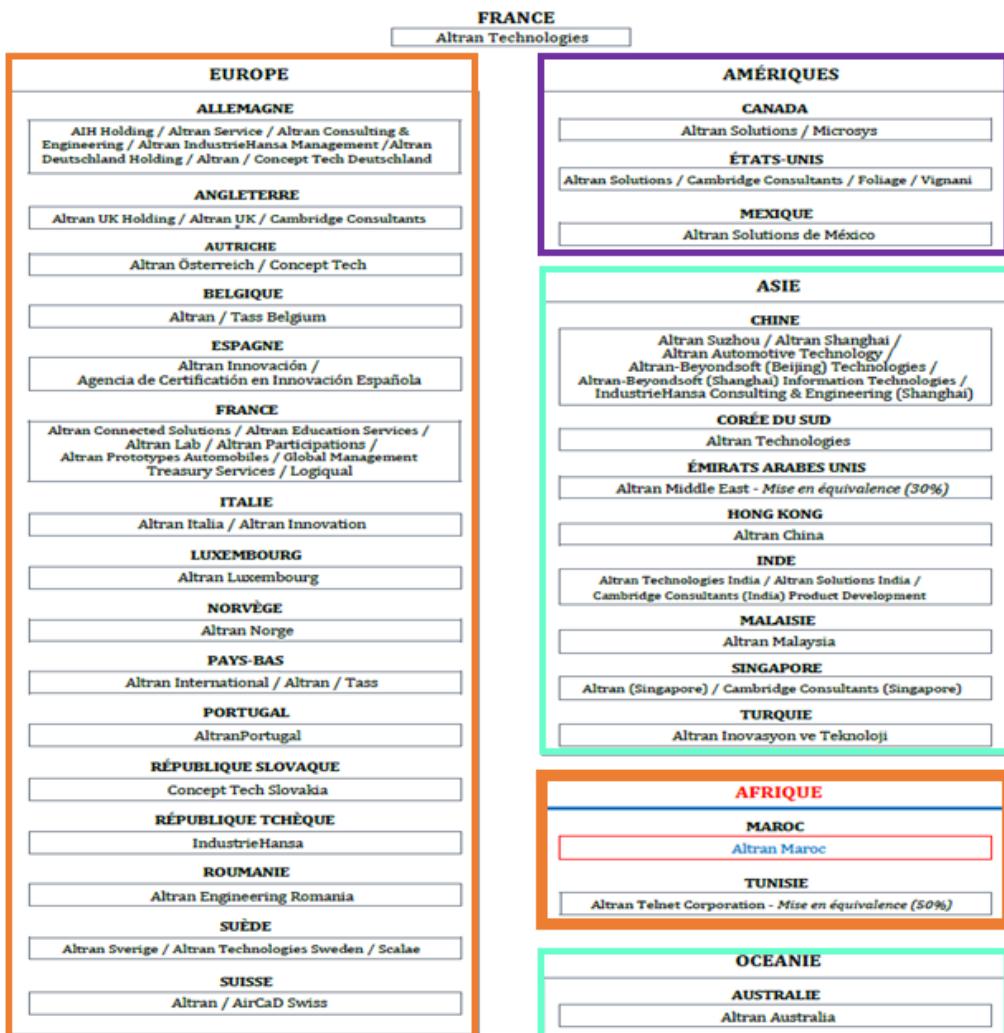


Fig I. 2: Capgemini Engineering dans le monde

II.3 Historique du groupe

Capgemini Engineering est le leader mondial incontesté des services d'ingénierie et de R&D, a été créé en 1982 et dirigé par Dominique Cerutti. Le groupe offre à ses clients une proposition de valeurs uniques pour relever leurs défis de transformation et d'innovation. Capgemini Engineering accompagne ses clients, du concept à l'industrialisation, pour développer les produits et les services de demain. Capgemini Engineering a généré 2,9 milliards d'euros de chiffre d'affaires en 2018, avec près de 47 000 employés dans plus de 30 pays.

Le groupe Capgemini Engineering a pu développer son savoir-faire ainsi que d'envergure son existence dans le monde entier pour être aujourd'hui le leader mondial dans son domaine d'activités à travers plusieurs étapes qui se résume essentiellement dans la Figure (Fig I.3) suivante :

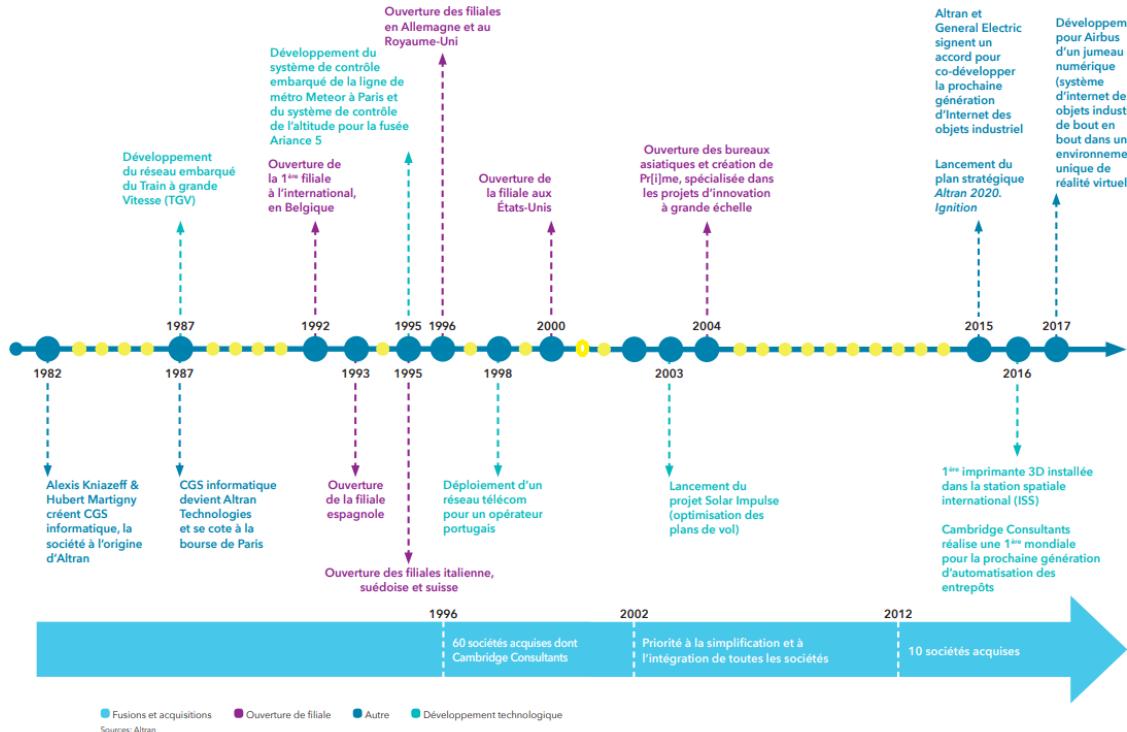


Fig I. 3: L'historique du groupe Capgemini Engineering

II.4 Secteurs d'activités

Capgemini Engineering intervient depuis plus de 35 ans auprès des grands acteurs de nombreux secteurs : Automobile, Aéronautique, Spatial, Défense & Naval, Rail, Infrastructure & Transport, Industrie & Biens de consommation, Sciences de la vie, Communications, Semi-conducteur & Electronique, Logiciel & Internet, Finance & Secteur public (Fig I.4).



Fig I. 4: Secteurs industriels et clients du groupe Capgemini Engineering

Le groupe Capgemini Engineering couvre toutes les phases du cycle de vie d'un projet, de sa définition (veille technologique, études de faisabilité technique, définition des stratégies, etc.) à sa concrétisation (conception, mise en œuvre et validation de solutions, etc.). L'activité s'organise autour de trois domaines (Fig I.5) :

- **Conseil en technologie, et en R&D** : est la capacité de mettre en œuvre le savoir-faire, les méthodes techniques et scientifiques des consultants ingénieurs pour aboutir à des projets innovants.
- **Conseil en organisation et en systèmes d'information** : permet de fournir aux entreprises la capacité de rester compétitives face aux contraintes de croissance du marché, de rentabilité et de législation. Les entreprises qui font appel à Capgemini Engineering sur ce point cherchent à faciliter leurs prises de décisions, et leur agilité organisationnelle.
- **Conseil en stratégie et management** : Le conseil en stratégie et management, permet aux entreprises de maîtriser leur environnement et d'anticiper les évolutions du secteur dans lequel elles travaillent.

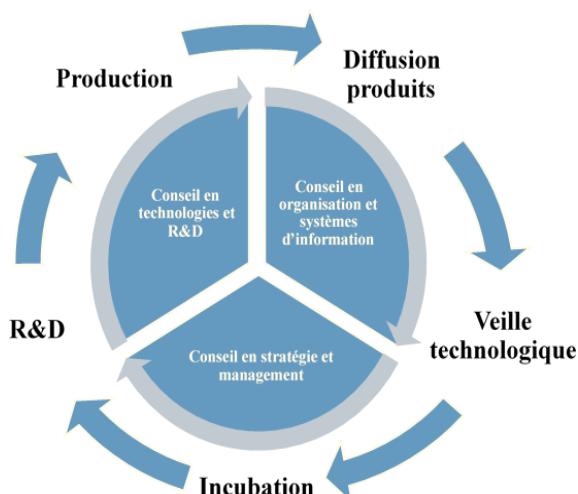


Fig I. 5: Activités technologiques du groupe Capgemini Engineering

II.5 Marché et environnement concurrentiel

Le marché des services d'ingénierie et de R&D² demeure particulièrement fragmenté et comprend des milliers d'entreprises. Dans ce contexte, Capgemini engineering occupe une

² **R&D** : La recherche et le développement expérimental (R&D) englobent les activités créatives et systématiques entreprises en vue d'accroître la somme des connaissances et de concevoir de nouvelles applications à partir des connaissances disponibles.

position de leader mondial en termes de chiffre d'affaires. Les concurrents du Groupe diffèrent en fonction de la géographie, de l'industrie et de la nature du projet considéré.

Le graphe ci-dessous (Fig I.6) présente le classement des 10 plus importants prestataires de services d'ingénierie et de R&D en termes de chiffre d'affaires pour l'exercice clos le 31 décembre 2017, ainsi que l'évolution du chiffre d'affaires de ces derniers depuis 2015.

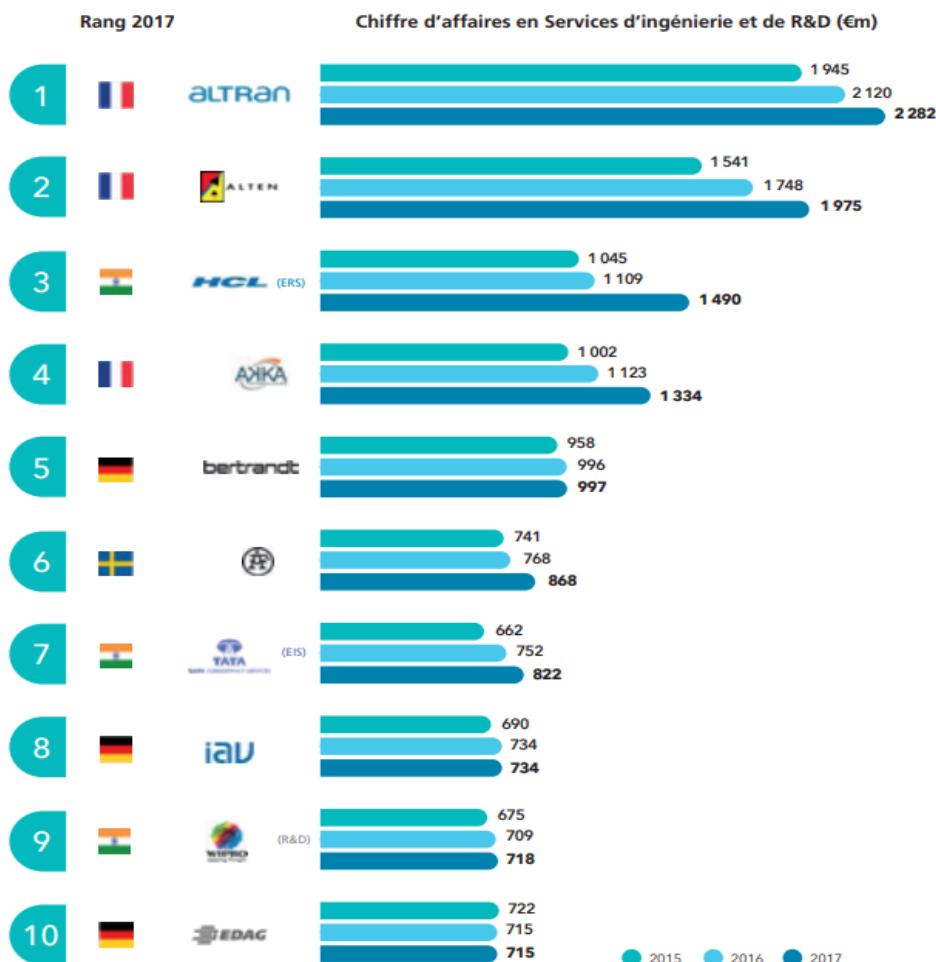


Fig I. 6: Position du groupe Capgemini Engineering par rapport à ses concurrents

II.6 Capgemini Engineering Maroc

II.6.1 Implantation

A travers son implantation au Maroc, Capgemini Engineering a souhaité disposer d'une plateforme Near shore afin d'accompagner le développement international du groupe dans les secteurs de l'automobile, de l'aéronautique et du transport. Il s'agit en effet

d'accompagnement des clients Capgemini engineering dans leur stratégie d'innovation, d'optimisation de coût et d'internationalisation.

L'entité marocaine a également pour ambition d'être un acteur de proximité au service des grands comptes clients du Capgemini engineering installés sur le territoire national dont le client principal est PSA-Peugeot-Citroën, le constructeur automobile français, en plus de Safran et Magna Steyr. Dans le cadre de la stratégie « émergence » lancé par le gouvernement marocain, de nombreuses sociétés étrangères, et à fort développement, s'y sont installées. Capgemini engineering Maroc s'intéresse notamment à celles évoluant dans les secteurs de l'automobile, de l'aéronautique et de l'énergie renouvelable.

Enfin, Capgemini engineering Maroc s'appuie sur la stratégie offshoring mise en place par le gouvernement marocain offrant des avantages optimisant fortement la composante compétence / coût (spécialisation des parcours supérieurs dans les métiers de l'offshoring, plans de formation, attractivité des salaires, fiscalité,)(Tableau I.1).

Tableau I. 1: Fiche signalétique d'Capgemini engineering Maroc

Nom de l'entreprise	Capgemini engineering Maroc
Date de création	2013
Forme juridique	Société à Responsabilité Limitée à Associé Unique
Dirigeant	Driss EL ASSRI (Directrice Générale)
Cline Principale	groupe PSA-Peugeot-Citroën
Capital	2 000 000 DHS en 2017
Industries principales	Automobile, Infrastructure et Transport, Aéronautique
Nombre de collaborateurs	Plus de 12000 collaborateurs en 2019.
Adresse / Tel	Shore 17; Nearshore, 1100 Bd Al Qods Quartier Sidi Maârouf, 20270 – Casablanca Tel : 05-29-01-51-01.

Les solutions principales du Capgemini Engineering Maroc couvrent quatre domaines technologiques principaux (Fig I.7) :



Fig I. 7: Solution Principale Capgimini engineering Maroc

II.6.2 Locaux du Capgemini engineering Maroc

Capgemini engineering Maroc est installé au parc Casanearshore à Casablanca. Ce parc dédié aux activités de Near shore (BPO, ITO...) avec plus de 300 000 de bureaux, est le plus grand parc de ce type au Maroc et en Afrique du Nord. Il se caractérise également par une proximité de l'aéroport international de Casablanca et des principaux accès autoroutiers.

Ses locaux (Fig I.8) offrent un cadre de travail aux standards européens avec des facilités technologiques (fibre optique, salles de visio-conférence équipée...) et des espaces de vie (kitchenettes, espace d'échanges...).

Le choix d'aménagement a été motivé par le travail collaboratif, la performance et le respect mutuel (OPEN SPACE aérés par type d'activité, salles de réunion...). La sécurité est une composante importante des locaux aussi bien sur les aspects physiques (contrôle d'accès, salle blanche pour les équipements informatiques...) que les aspects logiques (VPN, firewall...)

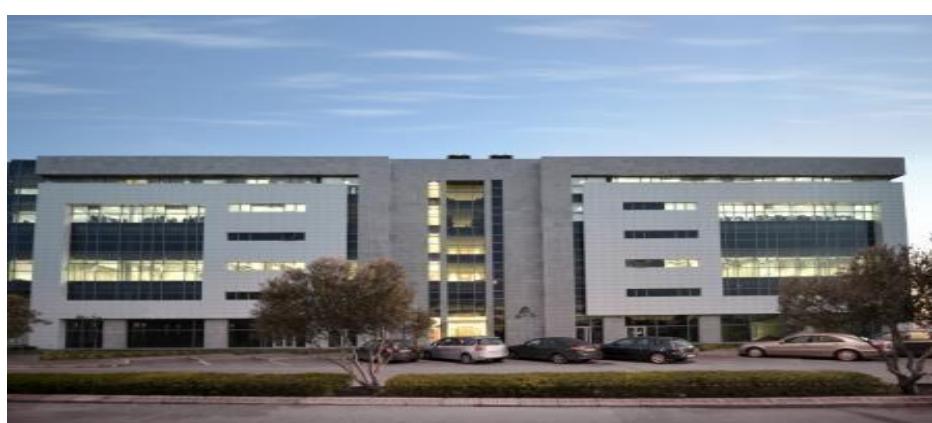


Fig I. 8: Les locaux du Capgemini Engineering Maroc au parc Casa Near shore

II.6.3 Organigramme générale

L'organigramme général comporte une direction générale qui supervise les différentes directions et divisions de l'entreprise (Fig I.9) :

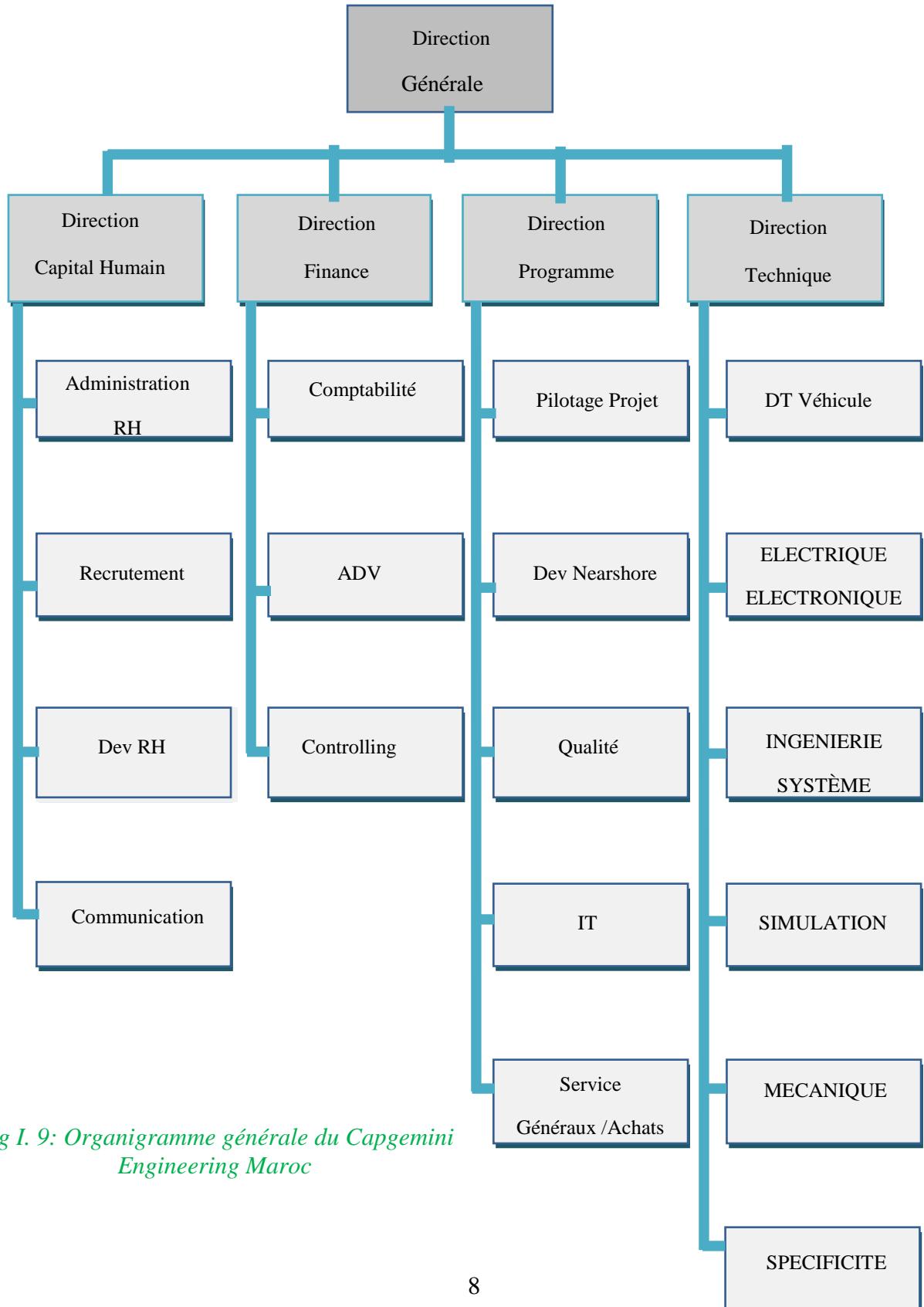


Fig I. 9: Organigramme générale du Capgemini Engineering Maroc

II.6.4 Présentation du département d'accueil

Dans le cadre de la mission relative à ce projet de fin d'études, mon stage s'est déroulé au sein de la Direction Technique, Département Ingénierie Système, équipe Modélisation, entité conception fonctionnelle et organique Véhicule. Et j'avais l'occasion de travailler avec les différents pôles qui se collaborent pour la réalisation du projet (Fig I.10).

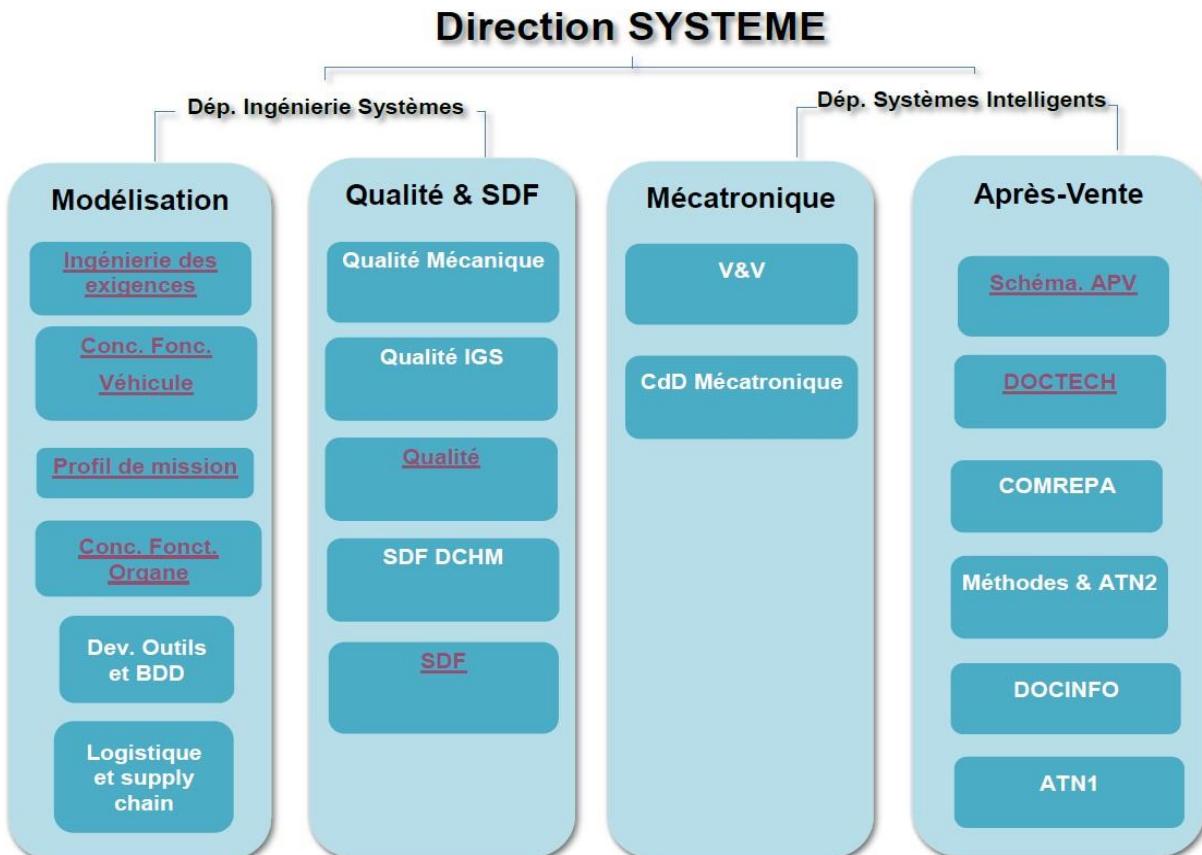


Fig I. 10: La direction Système

La direction Système intervient avant la phase de production, elle s'occupe de tout ce qui est R&D, solutions techniques... Elle se compose de quatre pôles, Modélisation, Qualité & SDF, Mécatronique et Après-Vente.

II.6.5 Centres de services du pôle modélisation

Il se compose également de six centres de services :

- **Ingénierie des exigences :**

Cette équipe s'occupe de la réception des exigences clients, le tri et la suppression des exigences non faisables, la reformulation et la traduction des exigences, ainsi que, la migration des exigences vers la plateforme PLM (Product Life cycle Management).

- **Conception Fonctionnelle du Véhicule :**

Le travail de cette équipe est basé sur l'analyse fonctionnelle des fonctions ADAS³(Advanced Driver Assistance Systems) se sont des fonctions d'aide à la conduite. Lors de cette conception fonctionnelle, chaque fonction du véhicule doit être recensée, caractérisée, ordonnée, hiérarchisée et valorisée afin d'effectuer un dimensionnement correct des caractéristiques des fonctions du véhicule.

- **Profil de mission :**

Elle s'occupe de la représentation statistique d'un scalaire distribué sur une population donnée, il sert à caractériser l'usage des véhicules, de ses fonctions et de ses composants en fonction des zones de commercialisation et des environnements. Cette étape est nécessaire pour une conception optimisée.

- **Conception Fonctionnelle Organe :**

Même principe que la conception fonctionnelle du véhicule, sauf que cette équipe s'occupe de la modélisation organique et non pas la modélisation fonctionnelle.

- **Dev outil et BDD :**

Ce centre de service assure la production des tâches de la conversion automatique de document entrant (spécifications comme exemple) en plan de test (ou bibliothèque de tests), ainsi que, la réalisation de banc de validation HIL (Hardware in the Loop) qui se présente comme une approche qui consiste à tester un produit final dans un environnement aussi proche que possible de l'environnement réel. Le produit à tester est ainsi placé dans une boucle matérielle liant les commandes aux contrôles et simulant les liens et les interactions qui existent physiquement.

- **Logistique et supply chain :**

Le rôle des fonctions achat-logistique est d'assurer la continuité et la fiabilité des flux de marchandises, depuis l'entrepôt de fournisseur, jusqu'à la réception par le demandeur.

³ *ADAS : Le système d'aide à la conduite ou système avancé d'aide à la conduite est un système de sécurité active d'information ou d'assistance du conducteur pour : éviter l'apparition d'une situation dangereuse risquant d'aboutir à un accident.*

III.Présentation du projet

III.1 Contexte du projet

Chaque entreprise fait face chaque année à l'intégration des nouveaux recrues ou bien des nouveaux stagiaires soit pour un projet de fin d'étude, stage technique ou bien d'observation. Cette étape primordiale constitue un enjeu à la fois historique et très actuel pour Capgemini engineering. Dans cette optique les activités du département AIS (Advanced Intelligence Systems), consistent à proposer des solutions technologiques et innovantes afin de répondre aux besoins actuels surtout dans le domaine automobile. D'où vient l'intérêt de développer une application web e-learning⁴ 3D pour l'automobile. Qui va amener à acquérir les compétences clés des collaborateurs, D'une manière simple, facile et créative en se basant sur des modèles 3D interactifs. Cette application va permettre aussi d'explorer les systèmes automobiles, se familiariser avec les pièces qui composent un véhicule et comprendre leurs principes de fonctionnement afin d'acquérir une solide compréhension des concepts de base des véhicules.

III.2 Objectif du projet

Ce projet a pour objectif principal, la digitalisation de la formation des nouveaux recrues ainsi que les stagiaires qui ont un manque d'expérience dans le domaine d'automobile par le biais d'une application e-learning , qui va contenir des modèles 3D interactifs pour différents systèmes et composantes du véhicule dans le but d'acquérir les compétences clés et construire une solide compréhension des concepts de base de ce domaine d'une manière créative, simple et facile.

Finalement cette plateforme va permettre aussi la facilité ainsi que la rapidité d'intégration dans le domaine d'automobile.

⁴ *E-learning : l'e-learning est un mode d'apprentissage à distance mettant à disposition des apprenants des contenus pédagogiques via internet ou un réseau intranet,dans le but d'améliorer les processus d'apprentissage.*

III.3 Cahier des charges

CHARTE DE PROJET
LE PROJET
<p>Nom du projet : développement d'une application e-learning 3D d'automobile.</p> <p>Description du projet : le projet consiste à développer une application e-learning des modèles 3D interactifs pour les différents systèmes d'automobile afin d'acquérir une solde compréhension des concepts de base pour les nouveaux recrus ou stagiaires.</p> <p>Périmètre de projet : département AIS, cluster MBSE, équipe conception organique.</p>
LES OBJECTIFS
Digitaliser la formation et faciliter l'intégration des collaborateurs et collaboratrices qui ont un manque d'expérience dans le domaine d'automobile d'une manière simple, créative et rapide.
LA TECHNIQUE
Les stratégies utilisées pour atteindre les objectifs :
<ul style="list-style-type: none">• Scrum Agile
LES MOYENS PHYSIQUES
<ul style="list-style-type: none">• Les logiciels : Blender, Verge3D for Blender, VS Code, Wampserver.• Technologies : HTML, CSS, JavaScript, Puzzles of Verge3D App Manager.
Acteurs du projet
<ul style="list-style-type: none">• Maitre d'ouvrage : Capgemini Engineering Maroc, département AIS, équipe organique.<ul style="list-style-type: none">- Maitre de Stage : BOUCHEHBOUN Noura• Maitre d'œuvre : Faculté des sciences et techniques de Marrakech <p>qui est représentée par :</p> <ul style="list-style-type: none">- L'élève ingénieure : ZAITANE Kaouthar- L'encadrant pédagogique : Professeur ELKARI jalil

IV. Méthodologie de travail

IV.1 Approche agile

Aujourd’hui, la majorité des développements de logiciels s’appuie sur des méthodes dites “agiles”. Sous cette bannière se regroupent plusieurs méthodes basées sur un développement itératif et incrémental, dans lequel la recherche de solutions aux problèmes rencontrés s’appuie sur la collaboration de pair à pair. Elle promeut des réponses rapides et flexibles, une planification des tâches adaptatives dans des laps de temps très courts permettant une très grande réactivité.

IV.2 Présentation du SCRUM

Les experts de Scrum, même ses fondateurs, le décrivent comme un « cadre de travail permettant de répondre à des problèmes complexes et changeants tout en livrant de manière productive et créative des produits de la plus grande valeur possible ». Scrum propose un modèle de contrôle de processus basé sur l’empirisme [3] (Fig I.11). Il s’appuie sur trois piliers :

- **La transparence:** Scrum met l’accent sur le fait d’avoir un langage commun entre l’équipe et le management, qui doit permettre à tout observateur d’obtenir rapidement une bonne compréhension du projet.
- **L’inspection:** Scrum propose de faire le point sur les différents artefacts produits à intervalle régulier, afin de détecter toute variation indésirable.
- **L’adaptation:** Si une dérive est constatée pendant l’inspection, le processus doit alors être adapté. Scrum fournit des événements, durant lesquels cette adaptation est possible.



Fig I. 11: Cycle de vie SCRUM

IV.3 L'équipe et les rôles

Le Framework Scrum trois rôles principaux (Tableau I.2) :

Tableau I. 2: Rôles de la méthodologie Scrum

Rôle	Description
Scrum Master	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Agir comme un facilitateur. ✓ S'assurer de fournir à l'équipe Scrum, tout le nécessaire à leur plein potentiel. ✓ C'est un coordonnateur de ressources, un intermédiaire et non pas un dirigeant.
Product Owner	<ul style="list-style-type: none"> ✓ C'est le représentant des clients et des utilisateurs ✓ Définir l'ordre dans lequel les fonctionnalités seront développées ✓ Expliciter les user Stories du backlog du produit ✓ S'assure que le backlog du produit est visible et compris de l'équipe de développement.
Equipe de développement	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se constitue des personnes qui seront chargées d'implémenter les différents besoins du client ✓ Des développeurs, des infographistes, des testeurs, etc.

Pour notre projet j'ai travaillé au sein du Département AIS, Cluster SE, équipe de conception organique et voilà les missions des acteurs (Tableau I.3) :

Tableau I. 3 : Acteurs Scrum pour mon PFE

Rôle Scrum	Acteur	Mission
Scrum Master	Mme.BOUCHEHBOUN Noura	<p>C'est une superviseuse qui gère l'avancement et la réalisation du projet.</p> <p>Elle est responsable aussi de l'organisation des réunions de l'équipe.</p>

Product Owner	Le consultant fonctionnel	<p>Il joue le rôle de client au sein de notre équipe.</p> <p>C'est lui qui définit la priorité des user stories dans le backlog. Après la réalisation d'un release c'est lui qui valide ou demande des modifications.</p>
Equipe de développement	Equipe constitué de moi et les responsables du service IT pour la partie hébergement et gestion des comptes des collaborateurs et collaboratrices de la plateforme.	<p>Je suis responsable de développement de l'application e-learning et de la conception 3D de modèle de voiture avec ses différents systèmes. Ainsi les responsables IT s'occupent de l'hébergement de la plateforme et de la gestion des comptes de différents utilisateurs de la plateforme.</p>

IV.4 Les Événements de Scrum

Toutes les activités décrites dans le Framework Scrum sont effectuées lors de boîtes de temps :

- **Le sprint :**

C'est une période au bout de laquelle l'équipe délivre un incrément du produit, potentiellement livrable. Un nouveau sprint démarre dès la fin du précédent. Chaque sprint est associé à une liste des user stories du backlog du produit à réaliser durant ce sprint.

- **Daily Scrum :**

C'est une réunion de planification qui dure 15 minutes et permet aux développeurs de faire un point de coordination sur les tâches en cours et sur les difficultés rencontrées.

- **Sprint Review :**

À la fin du sprint, l'équipe Scrum et les parties-prenantes invitées se réunissent pour effectuer la revue de sprint.

IV.5 Les artefacts

- **Le product backlog :**

Il s'agit d'une liste hiérarchisée des exigences initiales du client concernant le produit à réaliser. Ce document évolue sans cesse durant le projet, en fonction des besoins du client.

IV.6 Le Sprint backlog

C'est le plan détaillé de la réalisation de l'objectif du Sprint, défini lors de la réunion de planification du Sprint. Le Sprint backlog est mis à jour régulièrement par l'équipe afin d'avoir une vision précise de la progression du Sprint.

Pour mieux visualiser les sprints de notre projet nous allons les tableaux des user stories sur lesquelles j'ai travaillé pendant les sprints de mon projet :

➤ Projet Application e-learning 3D pour l'automobile

✓ Premier Sprint :

Pendant ce sprint j'ai travaillé sur la partie développement de l'application e-learning 3D, voilà le tableau des user stories qui m'ont été affecté (Fig I.12) :

Développement de l'application 16 mai – 30 juin (4 tickets)		0 0 0	Terminer le sprint	...
Développement de l'application e-learning 3D pour l'automobile				
<input checked="" type="checkbox"/> DDA3PL-69	Création de Front-End de la page d'accueil de la plateforme web	TERMINÉ(E) ✓		
<input checked="" type="checkbox"/> DDA3PL-71	Création de Front-End de la page de formation d'automobile	TERMINÉ(E) ✓		
<input checked="" type="checkbox"/> DDA3PL-72	Création de Front-End des pages de description des systèmes automobile	TERMINÉ(E) ✓		

Fig I. 12: Tickets du premier sprint

✓ Deuxième Sprint :

Pour ce sprint j'ai travaillé sur la conception 3D du véhicule et ses différents systèmes (Fig I.13) :

Conception 3D du véhicule		Ajouter des dates	(9 tickets)	0 0 0	Démarrer un sprint	...
Conception 3D du véhicule et ses différents systèmes et sous systèmes						
<input checked="" type="checkbox"/>	DDA3PL=100 Importation des références de modèle 3D du véhicule proposé par l'équipe de département AIS			TERMINÉ(E) ▾		
<input checked="" type="checkbox"/>	DDA3PL=101 Conception de carrosserie de la voiture du véhicule			TERMINÉ(E) ▾		
<input checked="" type="checkbox"/>	DDA3PL=102 Conception de groupe moteur propulseur (GMP)			TERMINÉ(E) ▾		
<input checked="" type="checkbox"/>	DDA3PL=103 Conception de système de conduite			TERMINÉ(E) ▾		
<input checked="" type="checkbox"/>	DDA3PL=104 Conception de système de freinage			TERMINÉ(E) ▾		
<input checked="" type="checkbox"/>	DDA3PL=106 Conception de système d'échappement			TERMINÉ(E) ▾		
<input checked="" type="checkbox"/>	DDA3PL=107 Conception de système d'allumage de la voiture et son système électrique			TERMINÉ(E) ▾		
<input checked="" type="checkbox"/>	DDA3PL=108 Conception de système de carburant			TERMINÉ(E) ▾		

Fig I. 13 : Tickets de deuxième sprint

✓ Troisième Sprint :

Pendant ce sprint j'ai mis en réalité et j'ai paramétré le modèle du véhicule (Fig I.14) :

Mise en réalité et paramétrage		16 mai – 30 juin (4 tickets)	0 0 0	Démarrer un sprint	...	
Mise en réalité et paramétrage du modèle du véhicule						
<input checked="" type="checkbox"/>	DDA3PL-109 Peinture du véhicule			TERMINÉ(E) ▾		
<input checked="" type="checkbox"/>	DDA3PL-110 Définition des matériaux qui compose la voiture			TERMINÉ(E) ▾		
<input checked="" type="checkbox"/>	DDA3PL-111 Réglage d'éclairage de modèle 3D d'automobile			TERMINÉ(E) ▾		
<input checked="" type="checkbox"/>	DDA3PL-112 Réglage des propositions des caméras pour chaque système et composant			TERMINÉ(E) ▾		

Fig I. 14 : Tickets de troisième sprint

✓ Quatrième Sprint :

Pour ce sprint j'ai rendu le modèle du véhicule 3D interactif (Fig I.15) :

Rendre le véhicule interactif		16 mai – 30 juin (6 tickets)	0 0 0	Démarrer un sprint	...	
Rendre le modèle du véhicule 3D interactif						
<input checked="" type="checkbox"/>	DDA3PL-126 Sélection de système automobile			TERMINÉ(E) ▾		
<input checked="" type="checkbox"/>	DDA3PL-125 Montrer ou cacher les composants d'un système			TERMINÉ(E) ▾		
<input checked="" type="checkbox"/>	DDA3PL-127 Sélection d'un sous système			TERMINÉ(E) ▾		
<input checked="" type="checkbox"/>	DDA3PL-128 Surligner un composant choisis			TERMINÉ(E) ▾		
<input checked="" type="checkbox"/>	DDA3PL-129 Positionnement de camera			TERMINÉ(E) ▾		
<input checked="" type="checkbox"/>	DDA3PL-130 Création des annotations des différents composants			TERMINÉ(E) ▾		

Fig I. 15: Tickets de quatrième sprint

V. Planification du projet

La planification du projet est l'activité qui permet de déterminer et d'ordonner les tâches du projet. En effet, il permet de faire un planning qui consiste à préciser les dates pour réaliser les tâches, identifier les jalons pour atteindre les objectifs du projet. Les logiciels de gestion de projet sont généralement utilisés pour automatiser la sauvegarde des tâches et la gestion du temps. La visualisation d'un Gantt (Fig I.16) (planning à barres, consiste à placer les tâches chronologiquement en fonction des contraintes techniques successives), permet par un simple schéma graphique de savoir l'état d'avancement de chaque tâche du projet.

Pendant ma période de stage j'ai travaillé principalement sur deux axes, alors nous pouvons présenter la période de stage sur deux parties :

- Autoformation sur les outils techniques de développement Web et de conception 3D utilisés dans le projet pendant mon stage.
- Projet de «Développement d'une application de formation 3D pour l'automobile».

Les diagrammes de Gantt suivant représentent avec plus de clarté le déroulement de ma période de PFE :

V.1 Auto formation

Au début de ma période de stage j'ai effectué une recherche sur trois axes principaux : la Conception 3D pour l'automobile, l'intégration des fichiers 3D en web, l'animation, les bonnes pratiques pour rendre le système interactif et réel, ainsi que le développement Web. Vers la fin j'ai réalisé un exemple d'application pour faire le test (Fig I.17).

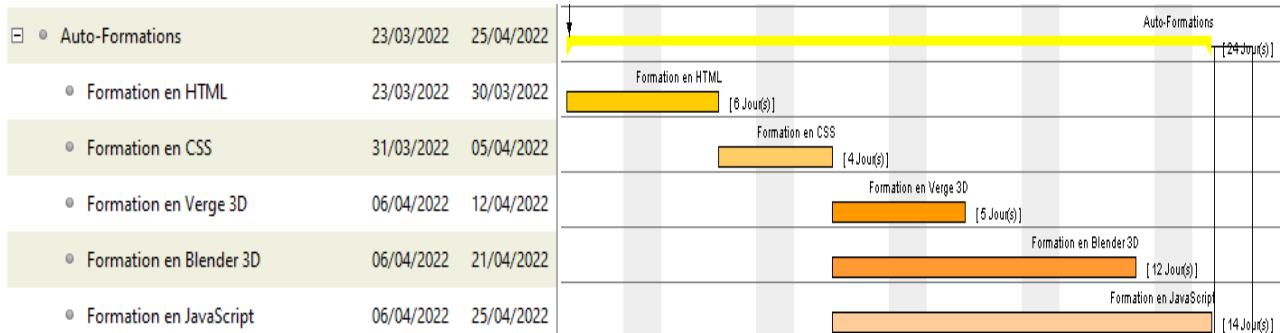


Fig I.17: Planification d'Auto formation sous GanttProject

1.1.1. Développement d'une application de formation 3D pour l'automobile

La Figure I.18 montre l'ordre chronologique des principaux axes sur lesquels on a procédé pour réaliser ce projet de fin d'études.

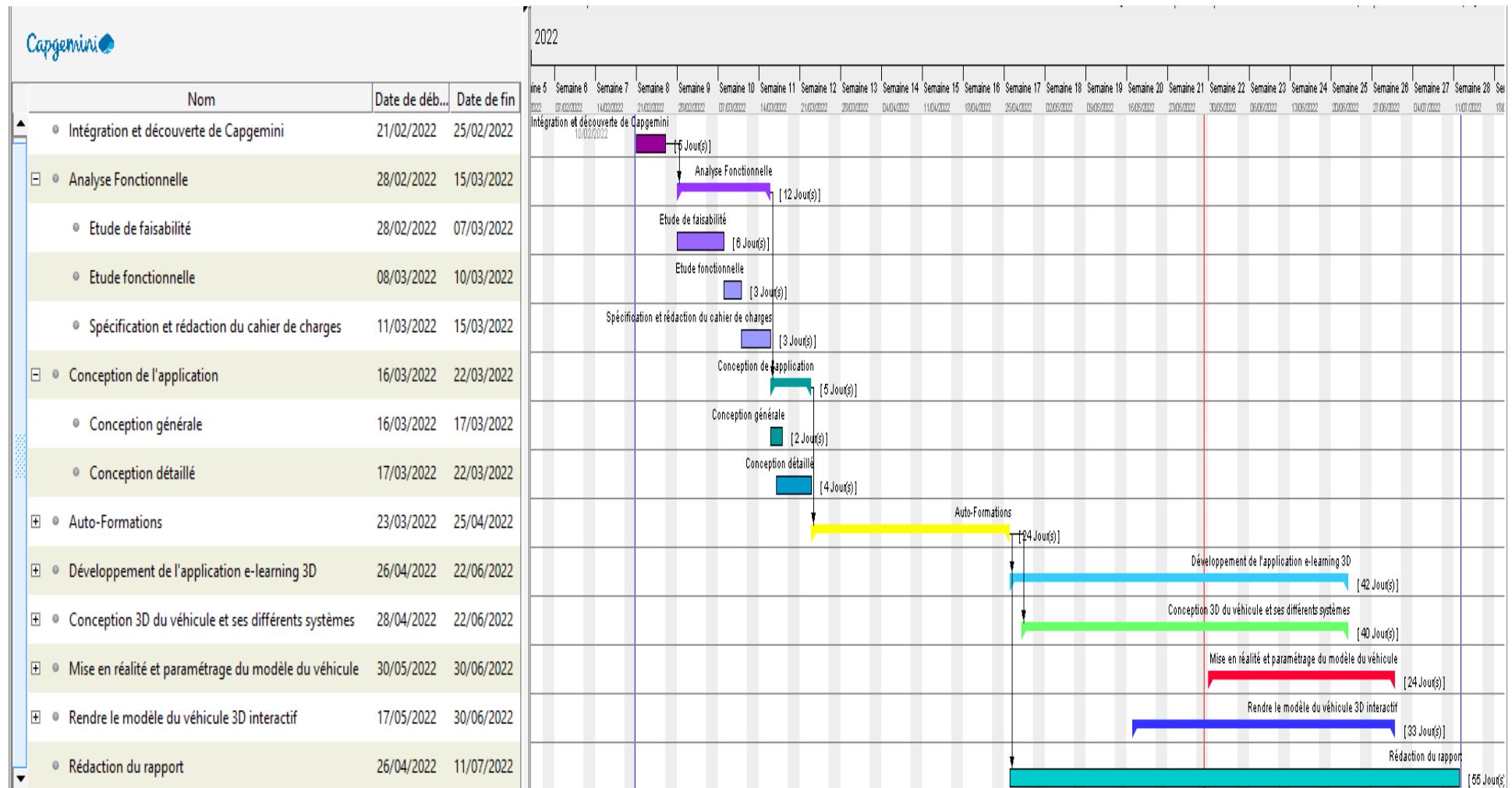


Fig I. 18: Planification du projet sous GanttProject

V.2 Défis et leçons apprises

Durant la période de stage j'ai rencontré quelques difficultés et défis qui contribuent dans le but de pouvoir réussir le projet, je cite par exemple :

- **L'intégration au sein de l'équipe :** Il est normal de trouver des difficultés au début pour s'adapter à la façon de gérer le travail et la validation des tâches mais en avançant sur le projet et grâce aux directives de mon encadrante j'ai pu par la suite me familiariser.
- **L'adaptation avec les nouveaux outils et technologies :** Dans ce stage, j'ai travaillé avec plusieurs technologies, langages et outils pour la première fois, mais la période d'auto formation que j'ai effectué au début m'a beaucoup aidé à avoir des idées et faire des exercices avant de commencer le travail sur le projet.

Or cela reste une expérience de plus qui s'ajoute aux leçons apprises pendant cette période de stage.

VI. Conclusion

Tout au long de ce chapitre, nous avons donné un aperçu du cadre général du projet réalisé. Nous avons présenté la société accueillante à travers ses domaines d'activité, ses ressources humaines et ses moyens de production. Enfin, nous avons décrit le contexte général du projet en détaillant la problématique, les objectifs et le cahier des charges, nous avons évoqué aussi la démarche que nous avions suivie pendant la période de stage ainsi que la planification.

Chapitre II :

Etat de l'art sur les systèmes automobile

Résumé :

Toute maîtrise du projet consiste à une bonne maîtrise du thème étudié, pour cela nous allons donner dans ce chapitre un aperçu général sur les systèmes automobiles et surtout les notions de base utiles pour la compréhension de fonctionnement des différents systèmes et ses différents composants qui sont sujets de notre projet.

I. Introduction

De tous les produits manufacturés conçus au siècle dernier, l'automobile est parmi ceux qui ont connu le plus grand succès. Elle est perçue comme un moyen de transport rapide, confortable, souple et peu coûteux et elle est devenue un marqueur du statut social ou un moyen d'afficher son identité. L'automobile est et restera essentielle au fonctionnement de diverses branches d'activité, secteurs, sociétés et économies dans le monde entier. D'où viennent l'intérêt et l'importance de comprendre le fonctionnement de ce dernier.

II. Etat de l'art sur l'automobile

II.1 Définition

Une automobile, ou voiture, est un véhicule terrestre se propulsant lui-même à l'aide d'un moteur. Ce véhicule est conçu pour le transport terrestre de personnes ou de marchandises, elle est équipée en conséquence. C'est un des moyens de transport les plus répandus actuellement sur la planète. Depuis plus de cent ans, la voiture particulière a transformé la société moderne en offrant indépendance et liberté de mobilité.

La mobilité devient de plus en plus importante en raison des distances toujours plus grandes entre le domicile, le travail, les établissements d'enseignement, les magasins et les loisirs. La voiture est notre première source de mobilité grâce à elle plus de 70 % des déplacements sont effectués - qu'il s'agisse d'une voiture particulière, d'un taxi ou d'un service d'auto-partage. Sans mobilité individuelle, une participation adéquate à la vie sociale et économique ne serait pas possible dans de nombreux cas, en particulier pour les personnes vivant dans des régions reculées, les personnes âgées et les personnes handicapées [4].

II.2 Structure de l'automobile

Aucune invention des temps modernes n'a eu autant d'impact sur la vie humaine que l'invention de l'automobile. Elle est devenue une influence importante sur l'histoire, l'économie et la vie sociale d'une grande partie du monde. Pour mieux comprendre le système automobile en particulier l'automobile commune, nous pouvons mieux comprendre la physique, la mécanique, la chimie, et comment elles s'appliquent dans nos vies.

Véhicule automobile à quatre roues conçu pour le transport de passagers et généralement propulsé par un moteur à combustion interne utilisant un carburant volatile.

L'automobile moderne se compose d'environ 14 000 pièces et comprend plusieurs systèmes structurels et mécaniques. Des centaines de pièces individuelles constituent les composants essentiels de l'automobile moderne. Tout comme le corps humain, ces pièces sont organisées en plusieurs systèmes, chacun ayant une fonction différente. Chaque système est nécessaire au fonctionnement de l'automobile, à sa sécurité et à la réduction du bruit et de la pollution.

Il s'agit de la carrosserie, qui contient les passagers et l'espace de rangement et qui repose sur le châssis, ou cadre en acier ; du moteur à diesel à combustion interne, qui propulse la voiture au moyen d'une transmission ; des systèmes de direction et de freinage, qui contrôlent le mouvement de la voiture ; et du système électrique, qui comprend une batterie, un alternateur et d'autres dispositifs. Les sous-systèmes concernent le carburant, l'échappement, la lubrification, le refroidissement, la suspension et les pneus [5].

II.3 Différents systèmes d'automobile

II.3.1 Groupe moteur propulseur

Le groupe motopropulseur (Fig II.1) est conçu pour faire avancer le véhicule et comprend le moteur et ses composants internes, tels que le système de stockage d'énergie, la transmission et l'arbre de transmission. Dans un moteur à combustion interne classique, le groupe motopropulseur convertit l'énergie de l'essence ou du diesel stocké en énergie cinétique dans le moteur et la transfère aux roues du véhicule par l'intermédiaire de la transmission, de l'arbre de transmission et du différentiel sous forme de couple, ce qui le fait avancer [3].



Fig II. 1: Groupe moteur propulseur

- **Fonction d'utilisation**

La fonction principale du GMP est essentiellement de transmettre la puissance du moteur du véhicule, par le biais de la transmission, aux roues motrices du véhicule afin de contrôler la quantité de couple. Il relie le moteur aux roues, ce qui permet au véhicule de se déplacer, lorsque le moteur tourne, il aide à transmettre la puissance aux roues motrices par l'intermédiaire de la transmission. Les roues motrices peuvent être soit les roues avant, soit les roues arrière, soit toutes les roues. Comprend tous les composants mobiles qui sont essentiels au succès de la voiture. Le GMP a comme seul objectif de transformer l'énergie cinétique en mouvement de propulsion.

Le groupe motopropulseur de la voiture crée de la puissance à partir du moteur et la transmet aux roues au sol. Les principaux composants d'un groupe motopropulseur sont : **Le moteur, La transmission, L'Arbre de transmission et le Différentiel.**

II.3.2 Système de freinage

Dans un véhicule automobile, un système de freinage (Fig II.2) est un arrangement de divers liens et composants (conduites de frein ou liens mécaniques, tambour de frein ou disque de frein, maître-cylindre ou points d'appui, etc.) qui sont disposés de manière à convertir l'énergie cinétique du véhicule en énergie thermique qui, à son tour, arrête ou décélère le véhicule. La conversion de l'énergie cinétique en énergie thermique est fonction de la force de frottement générée par le contact de friction entre les sabots de frein et le tambour ou le disque mobile d'un système de freinage [7].



Fig II. 2 : Système de freinage

- **Fonction d'utilisation**

Fonctionne sur un dispositif mécanique où un mouvement se produit, le frein est appliqué pour l'arrêter dans un court laps de temps, aide à arrêter les véhicules sur la plus petite distance possible en convertissant l'énergie cinétique du véhicule en énergie thermique, il assure l'efficacité en réduisant le temps et la distance de freinage, grâce à stabilité il préserve la trajectoire du véhicule, maintient la progressivité en freinant proportionnellement à l'effort du conducteur et en assurant aussi le confort du conducteur en réduisant son effort.

Le système de freinage automobile est composé d'une multitude d'éléments aux rôles spécifiques permettant une réaction rapide et efficace du véhicule à la pression physique du conducteur. Ses principaux composants sont : **Pédale de frein, Servofrein, Frein de secours, Maître-cylindre, Valve proportionnelle et Garniture de frein**

II.3.3 Système de direction

Le système de direction d'un véhicule (Fig II.3) est un élément essentiel de la capacité du véhicule à se déplacer. Les principales fonctions du système de direction sont de permettre au véhicule de tourner selon la volonté du conducteur, d'assurer la stabilité directionnelle, de convertir le mouvement rotatif du volant en un mouvement angulaire des roues avant, et d'absorber les chocs de la route qui sont transmis aux mains du conducteur.

- **Fonction d'utilisation**

C'est un ensemble de pièces mécaniques qui permet de modifier la trajectoire d'un véhicule en fonction du tracé de la route, des manœuvres à effectuer. Mettre en place la direction de l'automobile, déterminer la direction et le mouvement de la voiture en réduisant les vibrations sur le volant qui sont causées par les routes, et en minimisant l'usure du pneu. Il s'assure également que le mouvement est à un angle requis. Il contient des composants qui vont servir à contrôler la direction du mouvement du véhicule [8].



Fig II. 3 : Système de direction

Le système de direction comporte de nombreux composants. Ces composants contribuent à une conduite stable et sûre. Les composants et pièces du système de direction sont : **Le volant, la Colonne ou arbre de direction, le Bras de Pittman, la Bielle de direction, la Crémailleure et Joint universel de direction.**

II.3.4 Système de suspension

La suspension (Fig II.4) est le système de pneus, de pneumatiques, de ressorts, d'amortisseurs et de liaisons qui relie un véhicule à ses roues et permet un mouvement relatif entre les deux. Les systèmes de suspension doivent assurer à la fois la tenue de route, la maniabilité et la qualité de roulement, ce qui n'est pas toujours le cas. Afin d'assurer une bonne tenue de route et le confort des passagers, des éléments élastiques sont interposés entre le train roulant et la carrosserie du véhicule. Ces liaisons élastiques provoquent des mouvements de la carrosserie lorsque le véhicule se déplace.

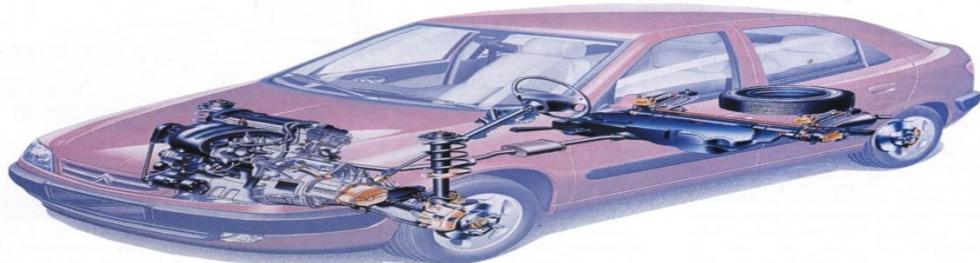


Fig II. 4: Système de suspension

- **Fonction d'utilisation**

Destiné à absorber les irrégularités de la route ,le système de suspension assure une bonne tenue de route en maintenant un contact permanent entre les roues et le sol, absorbe l'énergie transférée par les roues de la voiture, filtre les oscillations des roues, en assurant le confort des passagers et protégeant les composants mécaniques. Ce système maximise la friction entre les pneus de la voiture et la route, Il peut aussi contribuer à augmenter la durée de vie et la durabilité de la voiture [9].

Le système de suspension d'un véhicule isole la partie roue de la carrosserie. Toute la puissance générée par le moteur est finalement transmise à la roue par le système de transmission de puissance. Les principaux composants d'un groupe motopropulseur sont : **Les Tiges/liaisons, les Ressorts hélicoïdaux, les Pneus, L'amortisseur, Le ressort et L'arceau de sécurité.**

II.3.5 Le système d'échappement

Le système d'échappement (Fig II.5) est composé de plusieurs éléments qui travaillent ensemble pour réduire le bruit de l'échappement et fournir un conduit permettant aux gaz d'échappement de sortir du moteur en se frayant un chemin sous le véhicule. Cette voie est utilisée pour empêcher les gaz nocifs de pénétrer dans le véhicule et de rendre les occupants malades. Dans de nombreux cas, le système d'échappement rendra les fumées expulsées plus propres dans le but de réduire les émissions et de protéger l'environnement contre d'autres dommages. Certains composants comprennent une série de tuyaux, de colliers, de supports et de capteurs.

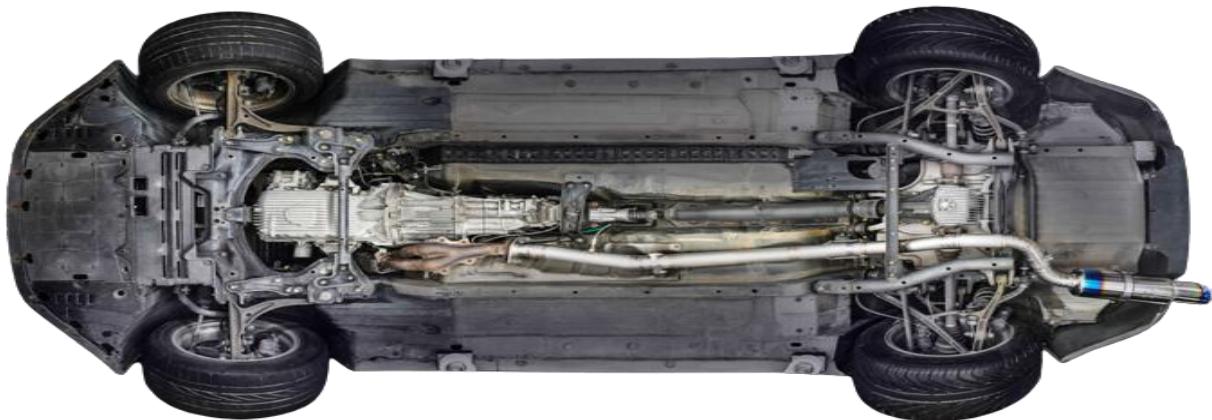


Fig II. 5: Le système d'échappement

- **Fonction d'utilisation**

Le système d'échappement élimine les gaz qui se forment dans la chambre de combustion du moteur. Les composants qui éliminent ces gaz nocifs comprennent le collecteur d'échappement, le capteur d'oxygène, le convertisseur catalytique, le silencieux et les tuyaux d'échappement. Il collecte les gaz d'échappement des cylindres, élimine les substances nocives, dirige toutes les fumées d'échappement du moteur vers l'arrière du véhicule, et réduit les émissions en diminuant le nombre de produits chimiques toxiques dans les fumées, ainsi que le bruit causé par les explosions qui se produisent pendant le processus de combustion du carburant.

Afin d'assurer la sécurité des conducteurs et des passagers, les produits chimiques dangereux tels que le monoxyde de carbone, les hydrocarbures et l'oxyde d'azote doivent être éloignés de l'avant de la voiture pour ne pas pénétrer dans l'habitacle et causer des dommages.

Un système d'échappement comprend une série de pièces et de tuyaux qui redirigent ces gaz d'échappement toxiques vers l'arrière de votre véhicule [10]. Le système d'échappement de véhicule est composé des pièces suivantes : **Le convertisseur catalytique, le Capteur d'oxygène, le Collecteur d'échappement, le Filtre à particules diesel (DPF), le tuyau d'échappement, le silencieux et le Résonateur.**

II.3.6 Système d'allumage automobile

Le moteur à combustion interne est une machine étonnante qui évolue depuis plus de 100 ans. Il continue d'évoluer car les constructeurs automobiles parviennent à obtenir un peu plus d'efficacité ou un peu moins de pollution chaque année. Le résultat est une machine incroyablement compliquée et étonnamment fiable.

Le système d'allumage de voiture (Fig II.6) doit fonctionner en parfaite harmonie avec le reste du moteur. L'objectif est d'allumer le carburant exactement au bon moment pour que les gaz en expansion puissent faire le maximum de travail. Si le système d'allumage se déclenche au mauvais moment, la puissance diminue et la consommation d'essence et les émissions augmentent.

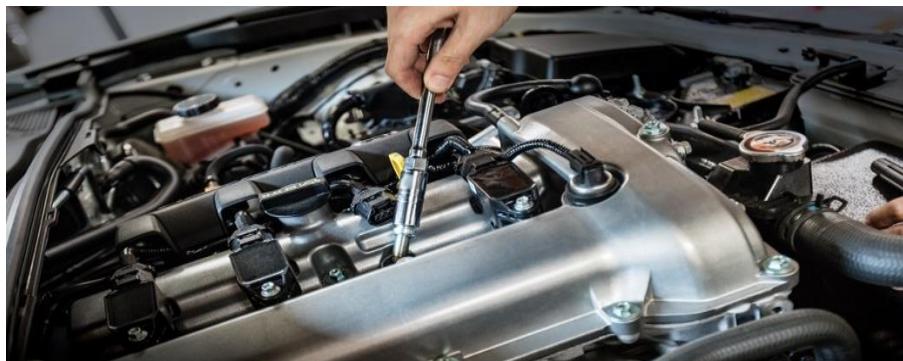


Fig II. 6: Système d'allumage automobile

- **Fonction d'utilisation**

Le système d'allumage sert à créer une étincelle électrique à haute tension dans la chambre de combustion au bon moment afin de brûler le mélange air-carburant. Cela crée une différence de potentiel de ~25kV entre les bougies d'allumage. Il fournit une haute tension d'étincelle à chaque bougie dans l'ordre correct, il ajuste l'allumage en fonction de la vitesse et de la charge du véhicule. L'étincelle est réglée de manière à pouvoir être générée lorsque le piston est proche du point mort haut [11].

Ce système est Généré pour démarrer le processus de combustion dans la chambre de combustion. On peut donc dire que ce système convertit l'énergie chimique en chaleur grâce à l'étincelle générée dans le système d'allumage, ce qui entraîne la combustion du mélange air-carburant. Il se compose des pièces suivantes : **Le Commutateur d'allumage, les Capteurs de vilebrequin et d'arbre à cames, la Batterie, le Module de commande électronique, la Bobine d'allumage, la Bougie d'allumage et le Distributeur.**

II.3.7 Système électrique

Les systèmes électriques des voitures (Fig II.7) sont des dispositifs contrôlés électriquement dans un véhicule, ils reçoivent de l'énergie de la batterie et la renvoient à la batterie par le biais du foyer. Le système de charge comprend un alternateur et une batterie. La batterie est utilisée pour alimenter le démarreur, ce qui aide le moteur à démarrer, tandis que l'alternateur est utilisé pour charger la batterie et les autres composants électriques du véhicule.

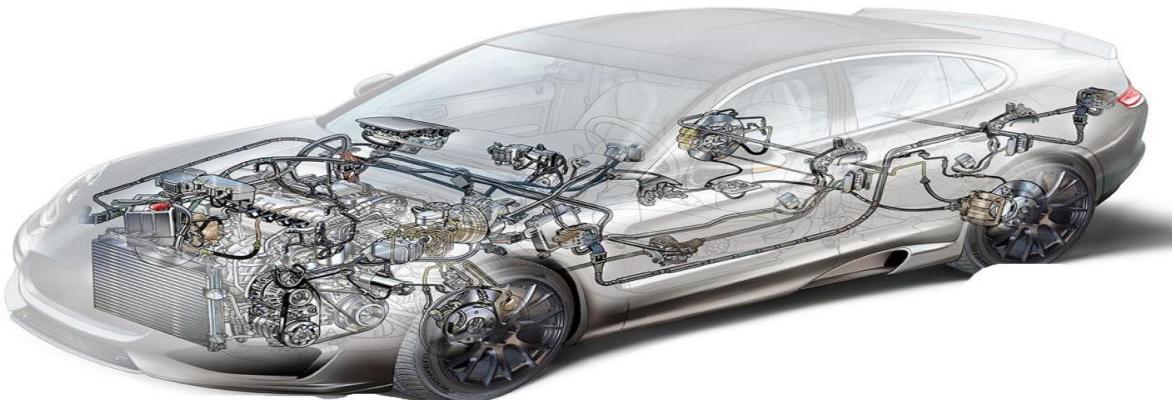


Fig II. 7: Système électrique du véhicule

L'utilisation principale du système électrique est d'alimenter tous les dispositifs électriques et électroniques d'un véhicule, à commencer par le moteur électrique, les capteurs, les jauge, les éléments de chauffage, les phares, les feux de freinage et de circulation, la radio, la télévision, le système de climatisation, les ventilateurs, les lumières intérieures, le système de réfrigération, le système d'allumage, etc.

- **Fonction d'utilisation**

Le système électrique sert à générer, stocker et fournir du courant électrique aux différents appareils électriques d'une voiture, faire fonctionner toutes les pièces/composants électriques d'un véhicule. Il contribue à maintenir les dispositifs en bon état de

fonctionnement, fournit l'énergie électrique pour faire tourner le moteur au démarrage. Ce système recharge la batterie après le démarrage, crée des étincelles à haute tension pour allumer les charges d'air comprimé et de carburant, ainsi que l'alimentation des phares, des ampoules et des accessoires électriques [12]. Pour son fonctionnement, le système électrique comprend les éléments suivants : **l'Unité principale, le Système de câblage, le Système de conditionnement d'air, le Système d'éclairage, l'Alternateur et le Démarreur.**

II.3.8 Système de châssis

Le châssis (Fig II.8) ou le dessous de la carrosserie est très important. C'est une structure rigide, comme un squelette, qui maintient les principales pièces ensemble. Le moteur est monté sur la partie avant du châssis. L'embrayage et le système de transmission sont également montés sur le côté avant, ce qui complète l'ensemble de la puissance. Le châssis est soutenu par les roues de la carrosserie grâce au système de suspension qui absorbe les chocs.



Fig II. 8 : Système de châssis

La structure de base du châssis de l'automobile, supporte toutes les pièces de l'automobile qui y sont fixées. Tous les systèmes liés à l'automobile, tels que le moteur, la transmission, la direction, la suspension, le système de freinage, etc. sont fixés et soutenus par lui seul. Le châssis doit être extrêmement rigide et solide afin de pouvoir résister aux chocs, aux torsions, aux contraintes et aux vibrations auxquels il est soumis lorsque le véhicule se déplace sur la route.

- **Fonction d'utilisation**

Le système de châssis supporte la carrosserie et les composants mécaniques du véhicule, le poids des passagers du véhicule, les charges de la cargaison et le poids de la

carrosserie du véhicule. Il traite les torsions verticales et de torsion qui sont transmises lorsque le véhicule roule sur des surfaces inégales, transverse les forces latérales causées par l'état de la route, la direction du véhicule et le vent latéral, et encore ce système gère le couple du moteur et de la transmission, les forces de traction longitudinales causées par le démarrage, l'accélération et la compression lors du freinage. Dans sa performance, le système de châssis comprend les composants suivantes : **Le Panneau de plancher, La Carrosserie, les Piliers de pare-brise et le Panneau de toit.**

II.3.9 Carrosserie

Si le moteur est appelé le cœur de la voiture, la carrosserie (Fig II.9) est son enveloppe ou son corps. Quoi qu'il en soit, c'est la carrosserie qui est l'élément le plus coûteux de la voiture. Son principal objectif est de protéger les passagers et les composants internes des influences environnementales, de l'emplacement des sièges et d'autres éléments. Si la carrosserie forme l'habitacle, offre un espace de rangement et abrite les systèmes de l'automobile, elle a également d'autres fonctions importantes. Dans la plupart des cas, sa structure solide protège les passagers de la force d'un accident. C'est un élément structurel important qui sécurise les composants du véhicule, accueille les passagers et le chargement dans l'habitacle, et absorbe également toutes les charges pendant la conduite.

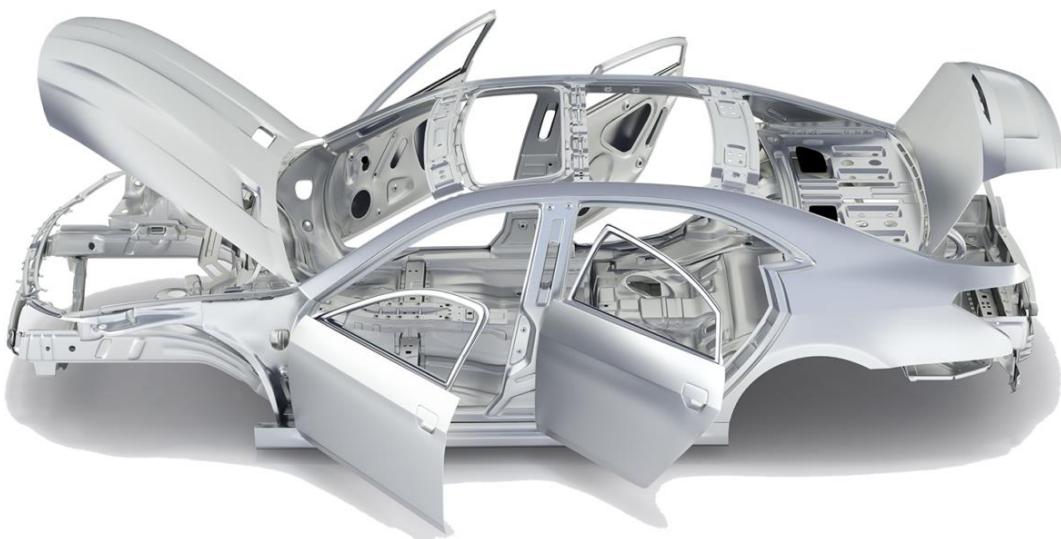


Fig II.9 : Système de carrosserie

- **Fonction d'utilisation**

Ce système aide à réduire le niveau de résistance au vent lorsque la voiture se déplace, ce qui permet au conducteur d'avoir une meilleure maniabilité et d'améliorer l'efficacité du

moteur, Il permet la résistance à la corrosion et la durabilité en raison de la masse et de la rigidité relativement faibles requises, offre une forme optimale pour assurer la réparation et l'entretien de toutes les unités du véhicule, facilite le chargement des bagages, il offre aussi le niveau de confort requis pour les passagers et le conducteur, tout en assurant un certain niveau de sécurité passive en cas de collision, et en se conformant aux normes et aux tendances du design moderne. Ce système se compose de pièces suivantes : **Les Supports de radiateur, le Pare-chocs, le Capot, les Phares avant, les Portes, les Poignées de portes et Rétroviseurs.**

II.3.10 Systèmes ADAS

Les systèmes avancés d'aide à la conduite (ADAS) sont des groupes de technologies électroniques qui assistent les conducteurs dans les fonctions de conduite et de stationnement. Grâce à une interface homme-machine sûre, les systèmes d'aide à la conduite améliorent la sécurité des voitures et des routes. Les systèmes d'aide à la conduite (Fig II.9) utilisent des technologies automatisées, telles que des capteurs et des caméras, pour détecter les obstacles proches ou les erreurs du conducteur, et réagir en conséquence [13].



Fig II. 9: Systèmes ADAS

Les technologies ADAS ont le potentiel d'améliorer l'expérience de conduite en la rendant plus sûre et plus confortable. Au fur et à mesure que tous ces composants s'améliorent et fonctionnent plus efficacement les uns avec les autres, l'ADAS a le potentiel de révolutionner la façon dont le monde conduit.

- **Fonction d'utilisation**

Les systèmes ADAS servent à prévenir l'apparition d'une situation dangereuse qui pourrait conduire à un accident, libérer le conducteur d'un certain nombre de tâches qui pourraient réduire sa vigilance, assister le conducteur dans sa perception de l'environnement (déTECTEURS

de dépassement, risque de gel, piétons, etc...). Ils permettent d'enrichir l'information ou d'automatiser une partie du processus de conduite, en visant à la fois la sécurité et le confort. Visent à réduire de manière significative le nombre d'accidents de la route et de victimes en aidant les conducteurs à éviter complètement les collisions et surtout de prévenir les décès et les blessures en réduisant le nombre d'accidents de voiture et les conséquences graves de ceux qui ne peuvent être évités. Les systèmes ADAS sont constitués de plusieurs composants matériels dont potentiellement on trouve : **Les capteurs, les Systèmes de cartographie, les Caméras vidéo numériques HD, les Actionneurs, les logiciels, les processeurs et les LIDAR.**

- **Fonctions ADAS pour la sécurité et le confort**

Selon la configuration des capteurs disponibles, les fonctions ADAS contribuent à la sécurité routière et soulagent le conducteur des tâches de conduite pénibles.

➤ **Assistance au freinage d'urgence (EBA)**

Le système EBA est conçu pour éviter les accidents grâce à une alerte visuelle/auditive du conducteur et à un freinage automatique partiel ou total. La fonction EBA peut mettre en cascade différentes étapes d'alerte et de freinage ainsi que différents niveaux de décélération.

➤ **Détection de l'angle mort (BSD)**

Le système de détection de l'angle mort (BSD) surveille la zone de l'"angle mort" et soulage le conducteur en lui évitant les situations dangereuses. Des capteurs surveillent la zone de la route située derrière et à côté de véhicule et avertissent si on essaye de nous retirer alors qu'il n'y a pas d'espace libre.

➤ **Alerte de circulation transversale arrière**

Le système d'alerte de circulation transversale arrière (RCTA) utilise la même infrastructure radar pour détecter les véhicules dans l'angle mort (détection d'angle mort, BSD) et peut aider à éviter les accidents lorsque vous sortez d'une place de stationnement en marche arrière. Ceux-ci peuvent souvent entraîner des accidents graves avec blessures.

➤ **Systèmes d'assistance au maintien de la trajectoire**

Le système d'assistance au maintien de la trajectoire aide le conducteur de manière proactive en maintenant le véhicule au centre de la voie dans une plage de vitesse complète. Le système vise à accroître le confort en aidant le conducteur dans ses tâches de contrôle latéral. Il exige du conducteur qu'il garde les mains sur le volant. Le système LKA peut être

couplé à un régulateur de vitesse adaptatif (ACC) pour assurer simultanément le contrôle longitudinal et latéral, il peut être facilement neutralisé par le conducteur à tout moment.

➤ **Assistance à la signalisation routière (TSA) et Assistance à la limitation de vitesse (SLA)**

L'assistance à la signalisation routière garantit que la limite de vitesse actuelle et les autres panneaux de signalisation sont affichés en permanence au conducteur. La reconnaissance automatique fonctionne grâce à un lien entre les images capturées par une caméra et les informations sur les limitations de vitesse stockées dans le système de navigation. De cette façon, même les limitations de vitesse qui ne sont pas explicitement visibles, comme dans une ville, seront affichées au conducteur.

➤ **Régulateur de vitesse adaptatif STOP & GO**

Le système ACC se comporte comme un système de régulation de vitesse classique dans une situation de voie ouverte. À l'approche d'un véhicule plus lent sur la trajectoire du véhicule concerné, le système ACC utilise le groupe motopropulseur et le système de freinage électronique pour ajuster la vitesse du véhicule concerné afin de maintenir la distance sélectionnée par le conducteur. Comprend l'ACC Stop&Go, la réaction sur des objets statiques, l'Auto Go, l'entrée de l'assistance de vitesse externe.

III. Conclusion

Ce chapitre est une étape préliminaire avant d'attaquer le sujet traité, permettant d'élaborer une base de données très riche exploitable pour mener au mieux notre projet. Il présente l'état de l'art sur l'automobile, sa structure et surtout les systèmes automobiles et ses différents types, en passant par leurs fonctionnements et les composants qui le constituent.

Chapitre III:

Étude d'analyse et conception de projet

Résumé :

Ce chapitre se compose de deux parties :

La première partie est l'étape d'analyse et de spécification des besoins qui joue un rôle important dans le cycle de développement des systèmes d'informations. Cette phase permet d'éclaircir au mieux les besoins fonctionnels et non fonctionnels du système afin d'avoir une meilleure compréhension du sujet.

La deuxième partie est l'étude conceptuelle qui est une phase primordiale et déterminante pour produire une application de haute qualité. Cette phase dévoile les processus internes qui marchent derrière les rideaux de chaque interface en utilisant des méthodes permettant de mettre en place un modèle sur lequel on va s'appuyer. C'est-à-dire créer une représentation similaire à la réalité de telle façon à faire ressortir les points auxquels on s'intéresse.

I. Introduction

La phase d'analyse et spécification des besoins présente une étape primordiale dans le cycle de développement d'un projet. En effet, l'expression du besoin est une phase très sensible nécessitant un effort de la part des deux contractants, le client doit bien expliquer et exprimer exactement le besoin. De son côté, l'équipe réalisatrice doit relever le maximum d'informations pour bien répondre à ces besoins.

Dans ce chapitre nous allons faire l'analyse pour l'application e-learning 3D pour l'automobile, application sur laquelle j'ai travaillé pendant le stage.

II. Analyse des besoins

La spécification des exigences (ou besoins) est un processus de recueil, de compréhension et de formalisation des besoins du client et de l'ensemble des contraintes de développement et de fonctionnement du produit logiciel. L'analyse des exigences est critique pour le succès d'un projet. En effet, elle comprend les tâches qui ont pour but de déterminer les exigences d'un système, en prenant en compte le conflit possible entre les exigences de diverses parties prenantes.

Pour faciliter cette tâche, il existe un outil pratique afin d'expliciter les besoins plus aisément :

La bête à cornes. Ce diagramme simple d'utilisation sert de guide pour mener une analyse fonctionnelle du besoin. Il a pour objectif de représenter graphiquement l'expression du besoin à travers 3 questions simples autour du sujet étudié (Tableau III.1) :

Tableau III. 1: Tableau explicatif de la bête à cornes

Questions	Réponses
« A qui le produit rend-il services ? »	A celui qui l'utilise : Le client utilisateur
« Sur quoi le produit agit-il ? »	Éléments sur lesquels agit le sujet, la matière d'œuvre.
« Dans quel but ? » (ou Pourquoi faire ?)	Pour satisfaire le besoin exprimé.

Ce qui revient à formuler une phrase du type : " Le produit rend service à l'utilisateur en agissant sur la matière d'œuvre pour satisfaire le besoin.". Cette phase est primordiale pour comprendre les besoins de base, à l'origine du lancement du projet. Dans notre cas, le diagramme bête à cornes (Fig III.1) sera comme suit :

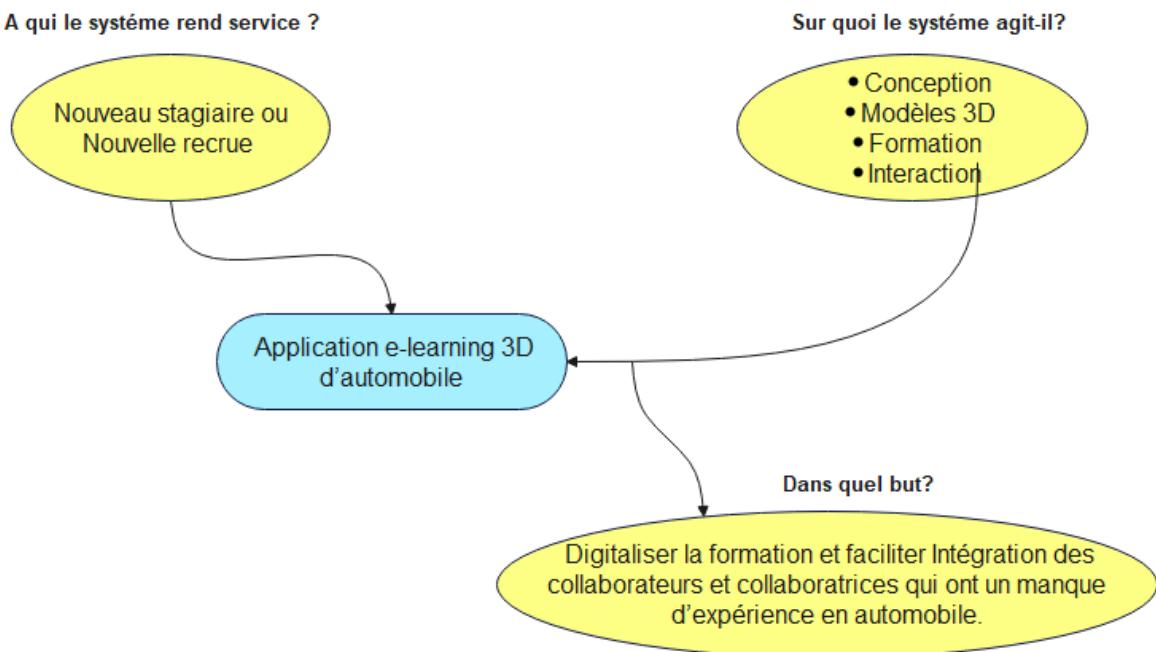


Fig III. 1 : Diagramme bête à cornes

III.Etude fonctionnelle

III.1 Objectif

L'objectif de ce projet est de faciliter l'intégration et digitaliser la formation des nouveaux stagiaires, nouvelles recrues, collaborateurs et collaboratrices qui ont un manque d'expérience en automobile, par le biais d'une application e-learning des modèles 3D interactifs pour les différents systèmes d'automobile.

III.2 Identification de l'acteur

Un acteur est une entité externe qui interagit avec un système. En réponse à l'action d'un acteur, le système fournit un service qui correspond à son besoin.

Notre solution n'a qu'un seul acteur, l'utilisateur de la plateforme, celui qui bénéficie de cette formation pour se former selon son besoin dans les systèmes d'automobile qui le concerne.

III.3 Besoins fonctionnels

Les besoins fonctionnels sont les besoins qui déterminent les fonctionnalités indispensables auxquels doit répondre notre application pour atteindre l'objectif fixé.

L'application en sa globalité doit répondre aux exigences fonctionnelles suivantes :

- **Découvrir le domaine automobile :**

L'utilisateur de la plateforme découvert et explore le domaine d'automobile, ses différents systèmes et composantes à travers des modèles 3D interactifs afin d'acquérir les compétences clés et construire une solde compréhension des concepts de base de ce domaine.

- **Consulter la page d'accueil :**

La page d'accueil de la plateforme est une page descriptive de quoi s'agit cette formation, à travers elle l'utilisateur aura une idée sur l'objectif de cette formation, consulter les détails de la formation, qu'est-ce que il va apprendre en consultant cette plateforme. Finalement c'est à travers cette page d'accueil on aura l'accès pour commencer l'aventure de l'automobile.

- **Commencer la formation :**

Après avoir consulter la page d'accueil de la plateforme et quand l'utilisateur commence la formation , il part vers l'interface qui contient les différents systèmes d'automobiles avec ses différents composants qui va l'amener par la suites aux pages descriptives de chaque systèmes automobile selon le besoin d'apprentissage de l'utilisateur.

III.4 Les besoins non fonctionnels

Les besoins non-fonctionnels sont des besoins/contraintes liés à l'implémentation et à l'interopérabilité générale. Et pour compléter les besoins fonctionnels, notre projet devra respecter un ensemble de propriétés contribuant à une meilleure qualité de la solution obtenue. Parmi ces critères on trouve :

- **Une charte graphique standard :** l'application doit respecter la charte graphique de l'entreprise d'accueil en termes de thème, de couleurs, logo et police unifié.
- **La fiabilité :** L'application doit fonctionner sans défaillance et exécuter les fonctions attendues avec la précision requise.

- **La performance :** l'application devra être performante, c'est-à-dire que le système doit réagir dans un délai précis, quel que soit l'action de l'utilisateur.
- **Sécurité :** L'application doit être en toute sécurité pour protéger les données sensibles des clients, tel que les informations de connexion, les données échangées, et les données sauvegardées dans le stockage interne.
- **L'extensibilité:** l'application devra être extensible, c'est à dire qu'il pourra y avoir une possibilité d'ajouter ou de modifier de nouvelles fonctionnalités. Accompagner l'évolution des infrastructures et de la technologie ainsi que la vision de la division.
- **La convivialité des IHM⁵** : l'application doit être facile à utiliser avec une interface simple et attractive.
- **La rapidité :** L'application doit exécuter les fonctions demandées dans un temps raisonnable.
- **La douceur d'utilisation :** il est prévu que l'application va effectuer nombreux appels aux services web, donc la douceur doit être assurée, au niveau de la navigation entre les différents écrans, le rendu des éléments graphiques, et le respect des bonnes pratiques.

IV. Conception de l'application

IV.1 Modules de l'application

L'application de formation d'automobile est composée de plusieurs interfaces répartis à 4 modules principaux savoir :

- **Module 1 : Consulter la page d'accueil**

Ce module concerne l'interface de la page d'accueil, qui contient les détails de la formation. C'est à travers ce module on peut commencer notre formation d'automobile.

- **Module 2 : Commencer la formation**

Ce modèle permet de démarrer la formation par le biais de la dernière section de la page d'accueil.

⁵ **IHM** : Interface Homme-Machine: la communication entre un être humain et une machine... Les chercheurs ou les ingénieurs dans le domaine de l'IHM, étudient régulièrement la façon dont l'être humain interagit avec les ordinateurs ou entre eux. Le but étant de concevoir des moyens ou des systèmes qui soient à la fois ergonomiques, efficaces et facile à utiliser.

- **Module 3 : Sélectionner un système automobile et Afficher sa visualisation en 3D**

Ce module contient une interface comprenant le modèle global du véhicule en 3D, ainsi que les différents systèmes automobiles, c'est à l'utilisateur de choisir le système dont il sera formé et le sélectionner. La manipulation du modèle est en toute liberté et flexibilité.

Par la suite l'utilisateur peut sélectionner un composant parmi les composants des systèmes choisis selon son désir. Puis, une fenêtre d'annotation s'affichera pour savoir plus de détails sur l'élément concerné.

- **Module 4 : Consulter la page de description détaillée du système automobile**

Pour bien comprendre le fonctionnement, l'usage, les différentes parties et les types des systèmes automobiles, l'utilisateur peut consulter la page de la description détaillée pour avoir plus d'information sur le système sélectionné.

IV.2 Diagrammes de cas d'utilisation

Dans cette partie nous présentons le diagramme de cas d'utilisation afin de donner une vision globale sur la solution à développer.

D'après l'objectif que nous avons déjà précisé, notre application représente un processus à suivre par l'utilisateur dans le but de se former en automobile. Le diagramme suivant détaille les étapes de ce processus (Fig III.2) :

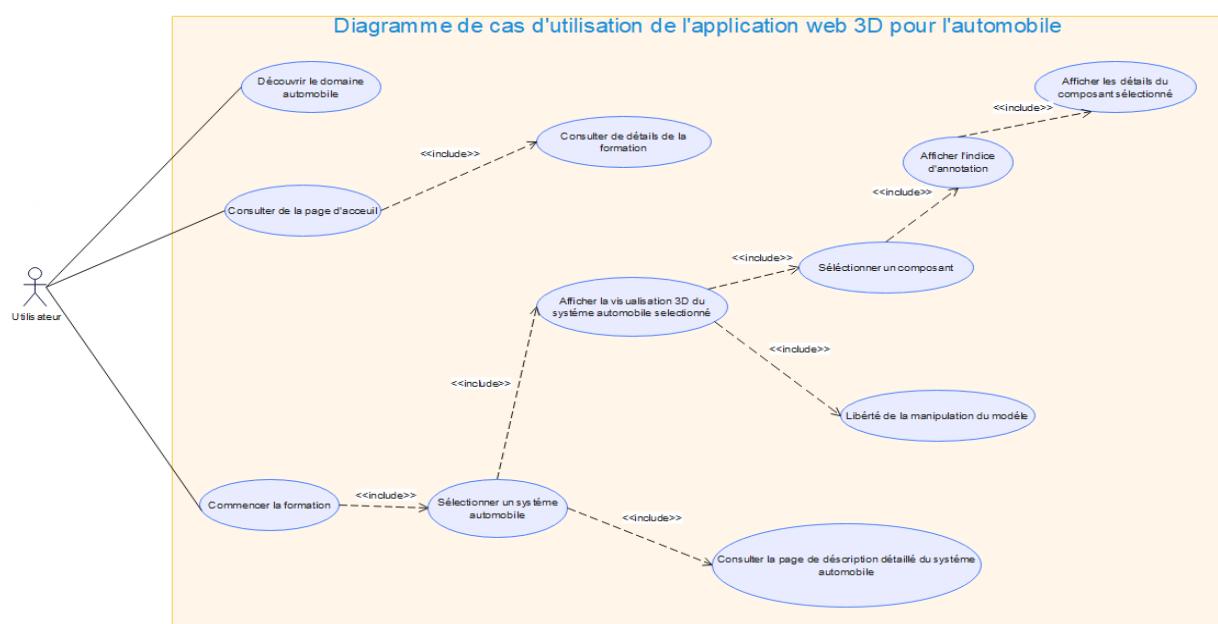


Fig III. 2: Diagramme de cas d'utilisation de la plateforme de formation

- **Explication :**

Comme il est clair sur le diagramme de cas d'utilisation⁶, l'objectif finale est la découverte de secteur automobile et surtout l'acquisition d'une compréhension de base sur tous les systèmes automobiles, mais pour y arriver il faut passer par toute une procédure définit.

Les différentes étapes de notre procédure sont séquentielles, alors chaque étape ne peut être effectuée qu'après la validation de l'étape précédente.

IV.3 Cas d'utilisations

Dans le but de mieux comprendre notre système et les interactions avec les utilisateurs, nous allons détailler les scenarios de chaque cas d'utilisation.

IV.3.1 Cas d'utilisation : « Consultation de la page d'accueil »

La description du cas d'utilisation «Consultation de la page d'accueil » est présentée dans le tableau (Tableau III.2) suivant :

Tableau III. 2: Description textuelle du cas d'utilisation «Consultation de la page d'accueil »

Nom du cas d'utilisation	Consultation de la page d'accueil
Acteur Principal	Utilisateur
Précondition	Le système fonctionne, l'utilisateur est connecté via un réseau internet.
Post condition	L'utilisateur pourra consulter la page d'accueil, et accéder à tous les détails de la formation qui va suivre et il pourra aussi avoir l'accès à la page de formation pour la commencer.
Scénarios	1-L'utilisateur consulte l'application web. 2-L'utilisateur accède à la page d'accueil de l'application. 3-L'utilisateur accède aux détails de la formation telle que la description de la plateforme et de ce que l'utilisateur va apprendre tout au long de cet apprentissage. 4-L'utilisateur peut accéder à la formation en cliquant sur le bouton 'Get Started'

IV.3.1 Cas d'utilisation : « Commencer la formation»

Le tableau III.3 détaille le cas d'utilisation «Commencer la formation» :

⁶ **Diagramme de cas d'utilisation :** Un diagramme UML (Unified Modeling Language) utilisé pour une représentation du comportement fonctionnel d'un système logiciel, il inclut l'ensemble des acteurs interagissant avec le système avec une modélisation d'actions utilisées pour satisfaire aux besoins.

Tableau III. 3: Description textuelle du cas d'utilisation «Commencer la formation»

Nom du cas d'utilisation	Commencer la formation
Acteur Principal	Utilisateur
Précondition	Le système fonctionne, l'utilisateur est connecté via un réseau internet.
Post condition	L'utilisateur pourra consulter la page de formation, exécuter le modèle 3D de la voiture ainsi que l'interface utilisateur qui va contenir tous les systèmes automobiles et leurs différents composants.
Scénarios	<p>1-L'utilisateur consulte l'application web.</p> <p>2-L'utilisateur accède à la page d'accueil de l'application.</p> <p>3-L'utilisateur accède à la formation en cliquant sur le bouton 'Get Started'</p> <p>4-L'utilisateur accède à la page de formation.</p> <p>5-L'utilisateur choisit parmi tous les systèmes automobile le système dans lequel il veut se former à travers le menu principal de l'application.</p> <p>6-L'utilisateur accède à la visualisation 3D du système automobile sélectionné.</p> <p>7-L'utilisateur sélectionne un composant parmi les composants du système choisi.</p> <p>8-L'utilisateur accède à la visualisation 3D du composant choisi.</p> <p>9- L'utilisateur accède à l'indice d'annotation du composant.</p> <p>10- L'utilisateur a accès aux détails du composant sélectionné.</p>

À noter que le même scénario se répète à chaque fois on choisit un système automobile précis parmi les systèmes qui se trouvent dans le menu de l'interface utilisateur à la page de formation.

IV.3.2 Cas d'utilisation « Consulter la page de description détaillée du système automobile »

La description du cas d'utilisation « Consulter la page de description détaillée du système automobile» est présentée dans le tableau (Tableau III.4) suivant :

Tableau III. 4: Description textuelle du cas d'utilisation « Consulter la page de description détaillée du système automobile »

Nom du cas d'utilisation	Consulter la page de description détaillée du système automobile
Acteur Principal	Utilisateur
Précondition	Le système fonctionne, l'utilisateur est connecté via un réseau internet.

Post condition	L'utilisateur pourra consulter la page descriptive après ou avant avoir consultées tous les composants du système qu'il a choisi à consulter pour avoir plus de détails et éclaircir sa vision sur le système automobile choisi à étudier.
Scénarios	<ol style="list-style-type: none"> 1-L'utilisateur consulte l'application web. 2-L'utilisateur accède à la page d'accueil de l'application. 3-L'utilisateur accède à la formation en cliquant sur le bouton 'Get Started' 4-L'utilisateur accède à la page de formation. 5-L'utilisateur choisit parmi tous les systèmes automobile le système dans lequel il veut se former à travers le menu principal de l'application. 6-L'utilisateur accède à la page descriptive du système automobile. 7-L'utilisateur accède aux détails du système choisi à savoir le fonctionnement, les fonctions d'usages, les composantes et les parties du système et ses types.

IV.4 Diagrammes de séquence:

Le diagramme suivant représente les différentes étapes de la procédure de formation en automobiles, nous présentons alors les différentes interactions de ce processus (Fig III.3).

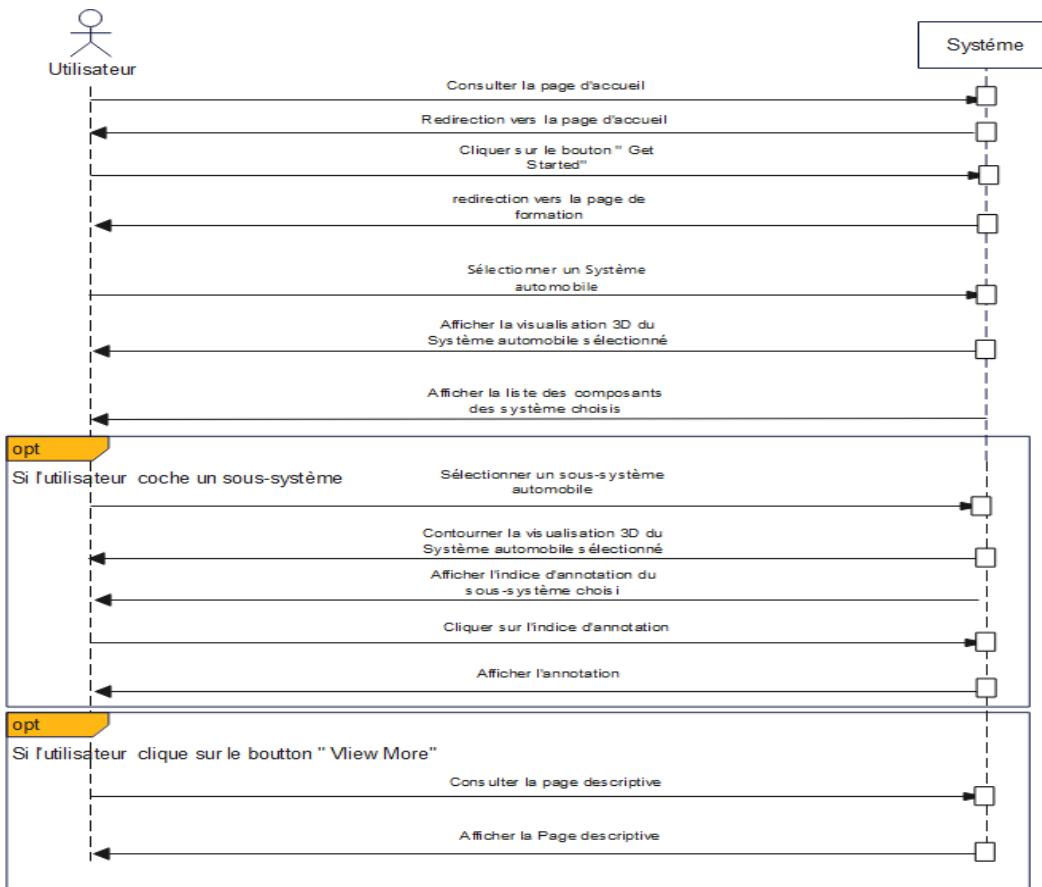


Fig III. 3: Diagramme de séquence

IV.5 Conception architecturale de l'application

IV.5.1 Schéma générale du projet

Le schéma ci-dessous (Fig III.4), récapitule l'organisation des pages de l'application :

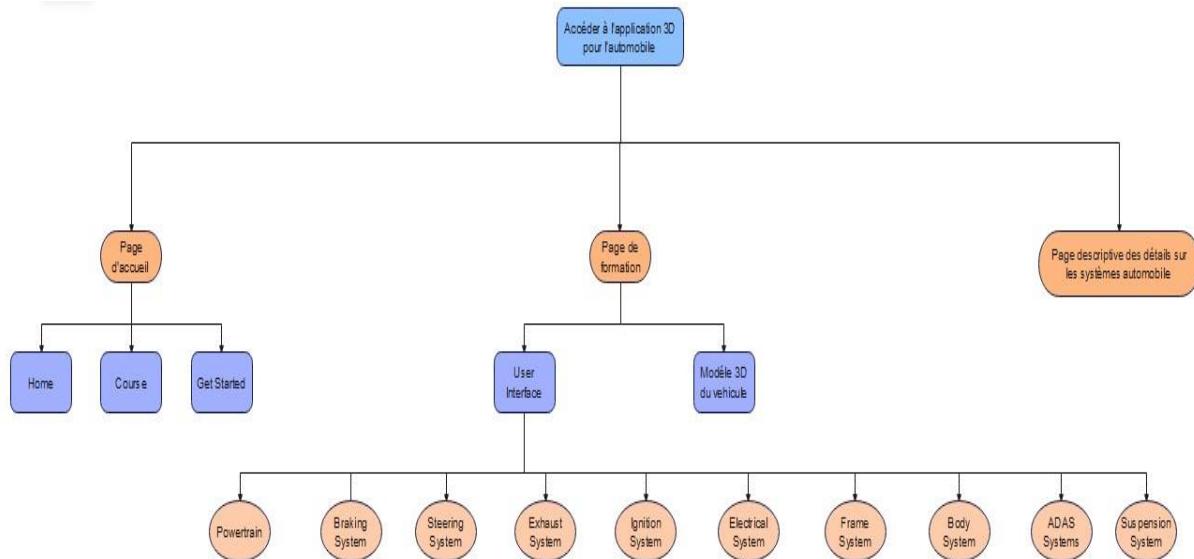


Fig III. 4: Structure de projet

V. Conclusion

Ce chapitre est une étape clé pour avancer dans la réflexion afin de pouvoir s'orienter vers une telle application d'analyse, nous avons étudié le projet par l'approche fonctionnelle. En effet, nous avons identifié l'acteur, parlé des besoins fonctionnels et non fonctionnels, puis nous avons passé à la conception de l'application, en présentant les modules, les différents cas d'utilisation et finalement la conception architecturale de l'application.

Chapitre IV:

Étude technique et technologies

Résumé :

L'objectif de ce chapitre est de décrire d'une part les différentes technologies de modélisation 3D et les solutions 3D qui existent pour le web. En passant par une étude comparative afin de justifier le choix des différents outils qui vont permettre la réalisation de notre projet, à savoir les outils de conception et de planification, les technologies de modélisation 3D, les technologies d'intégration en web et finalement les langages et outils de développement.

I. Introduction

Afin de créer des applications stables en respectant les bonnes pratiques nous avons réalisé une étude technique sur les technologies qui vont nous servir à atteindre les objectifs.

Pendant la phase d'autoformation, des recherches ont été effectué sur un ensemble des techniques relatives au monde de la conception, l'animation 3D et l'intégration des modèles 3D en web le chapitre présent est le fruit de cette étude.

II. Modélisation 3D

La modélisation 3D est la première étape de l'infographie 3D⁷, cette technique de synthèse d'images qui permet de créer des représentations d'objets en perspective. L'action de modéliser est en quelque sorte le fait de représenter en trois dimensions les objets que l'on souhaite visualiser. Elle permet de mettre en situation des objets avant de procéder à leur fabrication. Elle peut également servir à la réalisation de contenus multimédias et audiovisuels. À partir de formes simples qui définissent les structures (courbes, cubes, cônes, cylindres, sphères, polygones, etc.), on peut réaliser des personnages, des environnements, des objets plus complexes et même des rendus très réalistes d'espaces déjà existants [14].

Que ce soit dans l'animation, les jeux vidéo, l'architecture, l'industrie ou le design produit, les modèles 3D jouent un rôle essentiel dans la production numérique ou matérielle. En matière de logiciel 3D, il existe de nombreuses options. Toutes ont leurs points forts et leurs faiblesses, des facteurs plus ou moins pertinents selon la nature du projet de modélisation. Il est donc important de choisir le bon logiciel de modélisation 3D, celui qui saura donner vie à toutes nos idées sans nous faire perdre de temps.

II.1 Technologies de modélisation 3D

Il existe un large choix de logiciels de modélisation, qui possèdent chacun leurs spécificités, selon leur domaine d'utilisation : mécanique, Design, architecture, jeux vidéo, animation...

⁷ **l'infographie 3D :** La synthèse d'images tridimensionnelles souvent abrégée 3D est un ensemble de techniques notamment issues de la CAO qui permet la représentation d'objets en perspective sur un moniteur d'ordinateur.

II.1.1 Maya

Autodesk Maya (Fig IV.1) est un logiciel payant de création d'animations 3D, de modélisation et d'effets spéciaux, très présent dans la plupart des productions cinématographiques, télévisuelles et de jeux. Il couvre tous les domaines de la création artistique et de l'animation, ce qui explique sa prédominance dans les environnements professionnels [15].



Fig IV. 1: Logo
<<Maya>>

Maya permet, mais pas seulement : les Dynamiques et effets, truquage, Rendu 3D⁸ et ombrage, Graphisme de mouvement et Intégration des pipelines.

Maintenant, pour entrer dans les détails des capacités de modélisation de Maya, plongeons un peu plus loin dans son fonctionnement effectif. La modélisation de Maya possède ses propres outils exclusifs et divers segments qui visent à faciliter ou à étendre l'expérience de modélisation. Toutefois, en termes de facilité d'utilisation de la station de travail du logiciel, l'expérience est plus difficile. Cela est sans doute dû au fait que Maya est destiné aux productions professionnelles, axées sur le marché.

II.1.2 Blender

Blender (Fig IV.2) est un outil infographique gratuit largement approprié pour la modélisation numérique d'objets, de scénarios et de tous types de créations artistiques. Ce logiciel open-source bénéficie d'une énorme communauté et constitue un outil adapté aux professionnels, aux débutants et même aux artistes occasionnels. Parmi ses nombreuses utilisations, on peut tirer parti de Blender pour, mais pas seulement : Sculpter⁹, animer, simuler, ombrer et Rendre.



Fig IV. 2 : Logo
<<Blender>>

⁸ **Rendu 3D :** est le processus informatique de génération d'une image numérique à partir d'un modèle 3d. Les modèles informatiques 3d sont des objets géométriques filaires qui contiennent des attributs tels que la forme ou la géométrie, la couleur, la réflectivité, la transmittance, la douceur de la surface et la texture.

⁹ **Sculpture 3D :** (également appelée sculpture numérique) consiste pour un artiste à sculpter un objet 3D sur un ordinateur avec un matériau similaire à de l'argile numérisée. Des logiciels dotés de pinceaux et d'outils qui poussent, tirent, pincent et lissent facilitent la création de sculptures détaillées qui imitent des textures et des objets réels.

À première vue, Blender peut être assez intimidant pour la plupart des débutants, car il présente une vaste gamme de commandes et de paramètres éparpillés sur la station de travail. Cependant, lorsqu'on aborde explicitement la modélisation, Blender apparaît comme l'un des meilleurs outils à cet effet.

II.1.3 Cinema 4D

Cinema 4D (Fig IV.3), développé par la société allemande Maxon Computer, est un programme de modélisation 3D robuste. Il est populaire parmi les professionnels en raison de la qualité de ses rendus, de ses graphiques animés et de ses animations. Cinema 4D peut facilement traiter des projets complexes et faire gagner du temps à l'utilisateur grâce à ses prérglages et à son automatisation.



Fig IV. 3 : Logo <<Cinema 4D>>

Cinema 4D est doté de nombreuses fonctionnalités qui conviennent davantage aux utilisateurs spécialisés dans les programmes de modélisation 3D. Il s'agit de l'option logicielle préférée des animateurs expérimentés et de ceux qui débutent.

Cinema 4D permet de créer spontanément des contenus complexes grâce à son interface conviviale, ce qui en fait une excellente option pour les débutants.

II.2 Etude comparative

Comme vous pouvez le voir, il existe certaines similitudes et différences entre Cinema 4D, Maya et Blender. Nous avons rassemblé les principales informations dans le tableau (Tableau IV.1) ci-dessous:

Tableau IV. 1 : Comparative entre les technologies de modélisation 3D

Technologie	Cinema 4D	Maya	Blender
Disponibilité	Payé 60-120\$ par mois	Payé 60\$ par mois	gratuit
Source	Close	Close	Open

Applications	Animation Rendering Texturation	Animation Rendering Texturation ombrage Trucage	Animation Rendering Texturation Sculpture Simulation Ombrage Impression 3D
Courbe d'apprentissage	Très facile à prendre en main.	Difficile à apprendre dès le début	Difficile à apprendre dès le début
User Interface	Facilité d'emploi	pas si intuitif	Facilité d'emploi

Considérant que Blender est un logiciel gratuit, sa place sur le podium est incroyablement élevée. Cependant, plusieurs animateurs et graphistes affirment que Maya et Cinema 4D sont plus adaptés aux normes de l'industrie si on souhaite glisser sur le marché. Bien sûr, Blender est considérablement au sommet de son art, atteignant rapidement le statut de logiciel professionnel. En ce sens, Blender est un logiciel fiable.

Entre Maya, Cinema 4D et Blender, en termes de modélisation facile à apprendre et d'un meilleur flux de travail pour les débutants, Blender remporte la palme. Le logiciel présente un poste de travail convivial qui convient à tous les types d'utilisateurs.

II.3 Solutions 3D pour le web

Les technologies web 3D évoluent très rapidement car elles sont faciles à consommer, améliorent l'expérience utilisateur et enrichissent les visuels des sites web. Qu'il s'agisse d'une voiture, d'un bâtiment, d'un appareil ménager, d'un meuble, d'un vêtement, d'un bijou, d'un manuel d'apprentissage en ligne ou d'un simple modèle rotatif, tout est magnifique en 3D.

De plus, la vue et le zoom interactifs à 360° permettent aux visiteurs d'observer un article sous tous les angles, de le configurer à leur guise et de voir comment il fonctionne réellement [16].

II.3.1 Unity

Unity n'est plus un moteur purement desktop/mobile Il y a quelque temps, les développeurs d'Unity3D (Fig IV.4) ont décidé d'abandonner leur célèbre plug-in pour navigateur appelé Unity Web Player et ont commencé à prendre en charge WebGL¹⁰ comme plateforme cible. C'était un grand pas en avant puisque les utilisateurs peuvent maintenant jouer avec la 3D en utilisant leurs navigateurs sans installer de plugins.

Cependant, Unity WebGL est devenu un logiciel très sophistiqué compilé dans l'environnement du navigateur à l'aide d'un traducteur de langage en deux étapes (C# vers C++ et enfin vers JavaScript). C'est la principale raison pour laquelle il a des problèmes de performance et ne fonctionne pas très bien sur les appareils mobiles.

II.3.2 Verge3D

Verge3D évolue à un rythme soutenu. À ses débuts, Verge3D (Fig IV.5) n'était qu'une boîte à outils web 3D conviviale pour les artistes. Elle permettait aux utilisateurs de Blender et de 3ds Max de publier leurs ressources sur le Web et d'ajouter de l'interactivité à l'aide d'outils de programmation visuelle. Cependant, elle a évolué très rapidement depuis lors et est désormais dotée d'un support AR/VR¹¹, d'un moteur physique, ainsi que de Verge3D Network, le service permettant de mettre vos modèles en ligne en un seul clic. En outre, il comprend des fonctions de publication côté serveur et de commerce électronique mises en œuvre sous la forme d'un plug-in pour le CMS¹² WordPress le plus populaire.

Une autre caractéristique intéressante de Verge3D est l'intégration avec des créateurs de sites Web populaires tels que Webflow, Google Web Designer ou Adobe Dreamweaver.



*Fig IV. 4: Logo
<<Unity>>*



*Fig IV. 5: Logo
<<Verge3D>>*

¹⁰ **WebGL** : spécification d'interface de programmation de 3D dynamique pour les pages et applications HTML5 créée par le Khronos Group.

¹¹ **AR/VR** : La Réalité Augmentée (AR) superpose des éléments virtuels 3D ou 2D sur un environnement réel. Pour cela, nous avons besoin d'une interface digitale : smartphone, tablette. Pour La Réalité Virtuelle (VR), elle nous permet d'être immergé dans un environnement virtuel créé de toute pièce en 3D ou à partir de prises de vues réelles à 360°.

¹² **CMS** : Un système de gestion de contenu est une application logicielle qui permet aux utilisateurs de créer, modifier, collaborer, publier et stocker du contenu numérique.

II.3.3 Sketchfab

Sketchfab est aujourd'hui doté d'API¹³ de personnalisation. Parlons de Sketchfab (Fig IV.6) Au départ, il s'agissait simplement d'un hébergement web pour les modèles 3D. Mais le temps passe et les développeurs de Sketchfab ont amélioré le service. Aujourd'hui, il prend en charge les animations, un certain niveau de personnalisation, les API externes et la monétisation. En tant que tel, nous ne pouvons plus dire que Sketchfab n'est qu'un hébergement - nous pouvons créer des choses plus sérieuses en l'utilisant.



Fig IV. 6: Logo <<Sketchfab>>

II.4 Etude comparative

Venons-en donc aux faits et comparons les principales caractéristiques de ces logiciels (Tableau IV.2) :

Tableau IV. 2: Comparative entre les solutions 3D pour le web

Technologie	Unity3D	Sketchfab	Verge3D
Interactivité	oui	oui	oui
Personnalisation	complète	limitée	complète
Scripting visuel	non	non	oui
Basé sur le cloud	non	oui	non
VR/AR	oui	oui	oui
Version gratuite	oui	oui	oui
Version PRO prix de départ	1500 \$	180 \$	290\$
Taille de l'exécution	~5 Mo compressés	~ 1 Mo compressés	~ 300 Ko compressés
Intégration 3ds Max	non	exportateur de base	oui
Intégration de Blender	limitée	peut importer des fichiers blend exportateur de base	oui

¹³ API : est l'acronyme d'Application Programming Interface (interface de programmation d'application), une solution logicielle qui permet à deux applications de communiquer entre elles.

Hébergement 3D	non	oui	oui
Prise en charge des appareils mobiles	limitée	oui	oui
Intégration HTML/CSS	limitée	limitée	oui
Support JavaScript	non	non	oui
Première version	2014	2011	2017

Voici quelques commentaires pour bien comprendre les fonctionnalités de chaque technologie web 3D :

Scripting visuel : faut-il être un codeur pour pouvoir créer une application avec l'outil. Unity3D exige qu'on soit un développeur C# expérimenté.

Basé sur le cloud : la dépendance aux services de cloud n'est pas bonne, surtout pour les utilisateurs en entreprise.

Réalité virtuelle (VR) : le contenu 100% numérique est consommé en immersion totale via un casque de réalité virtuelle.

Réalité augmentée (AR) : la réalité augmentée superpose du contenu numérique au monde réel (objets ou éléments virtuels, informations, ...).

Prix de départ de la version PRO : prix minimum qu'il faut payer pour pouvoir utiliser la version pro.

Taille d'exécution : taille approximative des ressources auxiliaires (code, icônes, données) qui seront chargées avec les modèles.

Prise en charge de JavaScript : possibilité de créer vos applications à l'aide du langage de programmation JavaScript.

Entre Unity3D, Sketchfab et Verge3D et si on vise le Web, on doit choisir un moteur adapté au Web. Vu que Verge3D est initialement écrit en JavaScript, un langage de programmation natif du Web. En tant que tel, le moteur fonctionne très rapidement et est

compact en termes de taille de fichier et d'empreinte mémoire. Il sera le mieux adapté pour la réalisation de notre projet.

III. Environnement et outils de développement

Il existe une grande quantité des outils, des langages et des technologies avec lesquels il est possible de réaliser une application Web. En ce qui concerne notre travail nous avons utilisé un stack¹⁴ qui comprend des technologies avancées utilisées pour développer notre application web.

III.1 Outils de conception et de planification

III.1.1 Langage UML



Fig IV. 7: Logo « UML »

UML (Unified Modeling Language / langage de modélisation objet unifié) (Fig IV.7) a été pensé pour être un langage de modélisation visuelle commun, et riche sémantiquement et syntaxiquement. Il est destiné à l'architecture, la conception et la mise en œuvre de systèmes logiciels complexes par leur structure aussi bien que leur comportement. L'UML a des applications qui vont au-delà du développement logiciel, notamment pour les flux de processus dans l'industrie.

III.1.2 JIRA



Fig IV. 8: Logo « Jira Software »

Jira Software est une solution de gestion de projet éditée par Atlassian. Elle permet aux équipes de s'organiser efficacement, d'établir une communication durable et de visualiser le projet en un coup d'œil grâce à ses tableaux de bord personnalisés. Cet outil est reconnu comme la solution la plus utilisée par les équipes de développement logiciel. Jira Software permet également de travailler en méthode agile grâce aux tableaux Kanban et Scrum, accélérer la livraison de vos projets, améliorer en continu vos projets et faciliter le travail de vos équipes.

¹⁴ **Stack** : en anglais « technology stack », également appelée « pile de technologies » est une liste de tous les outils technologiques utilisés pour développer et faire fonctionner un programme.

III.1.3 GANTTproject



Fig IV. 9: Logo «GANTTproject»

GANTTproject est un logiciel libre de gestion de projet écrit en Java, ce qui permet de l'utiliser sur divers système d'exploitation (Windows, Linux, MacOS). Ce projet a été lancé par un étudiant de l'université de Marne La Vallée en janvier 2003.

III.2 Technologies de modélisation 3D

III.2.1 CatiaV5



Fig IV. 10 : Logo «Catia»

CATIA V5 est le logiciel leader mondial pour l'ingénierie et la conception grâce à son excellence en CAO 3D. La suite CATIA V5 est adaptée à toutes les entreprises industrielles. Elle est la solution de conception 3D pour l'innovation et le design, permet de prendre en compte les nouvelles exigences de l'éco-conception et d'optimiser la conception afin de créer des produits intelligents, à la fois innovants et source d'inspiration.

III.2.2 Blender 3D



Fig IV. 11: Logo «Blender 3D»

Blender est un logiciel libre de modélisation, d'animation par ordinateur et de rendu en 3D, créé en 1998. Il est actuellement développé par la Fondation Blender. Depuis 2019 le logiciel Blender est de plus en plus reconnu par les entreprises du secteur de l'animation 3D, comme Epic Games, Ubisoft et NVIDIA2, 3,4. Il propose des fonctions avancées de modélisation (dont la sculpture 3D, le texturage¹⁵ et dépliage UV¹⁶, etc), d'animation

¹⁵ **Texturage :** La texturation dans l'animation 3D est le processus qui consiste à habiller les modèles 3D avec des images 2D. L'objectif global est de faire correspondre la surface du modèle à son concept art ou à son équivalent dans le monde réel.

¹⁶ **Dépliage UV :** La cartographie UV est un processus de modélisation 3d consistant à projeter une image 2D sur la surface d'un modèle 3D pour lui appliquer une texture.

3D (rigging¹⁷, blend shapes), et de rendu (sur GPU comme sur CPU). Il gère aussi le montage vidéo non linéaire, la composition, la création nodale de matériaux, ainsi que diverses simulations physiques telles que les particules, les corps rigides, les corps souples et les fluides. Ses capacités sont par ailleurs très extensibles, grâce à un système de greffons (addons).

III.3 Technologies d'intégration en web

III.3.1 Verge 3D



*Fig IV. 12:
«LogoVerge 3D»*

Verge3D est une boîte à outils puissante et intuitive qui permet aux artistes de Blender de créer des expériences Web immersives. Verge3D peut être utilisé pour créer des animations interactives, des configurateurs de produits, des présentations attrayantes de tous types, des magasins en ligne, des explicateurs, du contenu de formation en ligne, des portfolios, des publicités et des jeux sur navigateur. Parmi les principales caractéristiques de cette boîte à outils figurent des graphiques photo-réalistes de première classe, la prise en charge de tous les types d'animation, un éditeur de programmation visuelle pour le développement, un format efficace pour le chargement des ressources et une interopérabilité multiplateformes stricte [17].

III.4 Langages et outils de développement

III.4.1 HTML5



*Fig IV. 13:
«Logo HTML»*

HTML **HTML5** (HyperText Markup Language 5) est la dernière révision majeure du HTML (format de données conçu pour représenter les pages web). HTML est le langage de balisage conçu pour représenter les pages web. C'est un langage permettant d'écrire de l'hypertexte, d'où son nom. HTML permet également de structurer sémantiquement et logiquement et de mettre en forme le contenu des pages, d'inclure des ressources multimédias dont des images, des formulaires de saisie et des programmes informatiques [18].

¹⁷ *Le rigging : également connu sous le nom d'animation de squelette, est une technique permettant de définir le champ d'action et les gestes d'un personnage de modèle 3D.; on peut rigger n'importe quel objet avec une action.*

III.4.2 CSS3



*Fig IV. 14:
Logo «CSS»*

CSS (Cascading Style Sheets) ce qui signifie « feuille de style en cascade». Le CSS correspond à un langage informatique permettant de mettre en forme des pages web (HTML ou XML). Les standards définissant CSS sont publiés par le World Wide Web Consortium (W3C). Introduit au milieu des années 1990, CSS devient couramment utilisé dans la conception de sites web et bien pris en charge par les navigateurs web dans les années 2000.

III.4.3 JavaScript

JavaScript



*Fig IV. 15: Logo
«JavaScript»*

JavaScript est un langage de programmation de scripts principalement employé dans les pages web interactives et à ce titre est une partie essentielle des applications web. Avec les langages HTML et CSS, JavaScript est au cœur des langages utilisés par les développeurs web. Une grande majorité des sites web l'utilisent, et la majorité des navigateurs web disposent d'un moteur JavaScript pour l'interpréter [19].

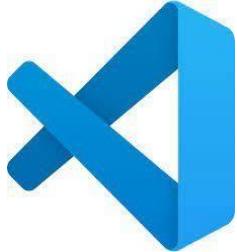
III.4.4 jQuery



*Fig IV. 16: Logo
«jQuery»*

jQuery est une bibliothèque JavaScript libre qui porte sur l'interaction entre JavaScript (comprenant AJAX) et HTML et a pour but de simplifier des commandes communes de JavaScript. La première version date de janvier 2006.

III.4.5 Visual Studio Code



*Fig IV. 17:Logo
«VS Code»*

Visual Studio Code est un éditeur de code extensible développé par Microsoft pour Windows, Linux et macOS2. Les fonctionnalités incluent la prise en charge du débogage, la mise en évidence de la syntaxe, la complétion intelligente du code. Les utilisateurs peuvent modifier le thème, les raccourcis clavier, les préférences et installer des extensions qui ajoutent des fonctionnalités supplémentaires.

IV. Conclusion

Ce chapitre représente notre plateforme de formation en présentant les outils et les technologies utilisés pour pouvoir arriver à la réalisation après avoir fait une étude comparative entre les différentes possibilités existantes pour justifier notre choix.

Chapitre V :

Réalisation et mise en œuvre

Résumé :

L'objectif de ce chapitre est de décrire d'une part le produit final de notre projet de fin d'étude, en présentant une démonstration du travail effectué au niveau de la conception 3D ainsi que le développement de l'application par le biais de quelques prises d'écran pour expliquer son fonctionnement. Et d'autre part pour proposer des cas d'utilisations réelles de l'application réalisée afin de la rendre opérationnelle.

I. Introduction

Ce chapitre est un témoignage sur le travail qui a été effectué pour réaliser notre plateforme de formation, en passant par la conception 3D de notre voiture, ses différentes pièces et composants, ainsi le rendu, la mise en réalité et le paramétrage du véhicule. Dans ce chapitre on va décortiquer les étapes suivies pour créer les interactions entre les modèle 3D et l'utilisateur de la plateforme. Vers la fin on va faire une démonstration live pour montrer ses fonctionnalités et la démarche d'utilisation.

II. Conception 3D du véhicule et ses différents systèmes

Pour la réalisation de notre projet, on doit passer nécessairement par la conception 3D du modèle du véhicule et ses différents systèmes qui seront le sujet de notre plateforme de formation pour l'automobile. Pour cela on doit passer par plusieurs étapes qui seront décrivent par la suite afin d'arriver à notre objectif.

II.1 Importation de modèle de référence

Pour modéliser le véhicule, tout d'abord on commence par importer la référence (Fig V.1) du modèle du véhicule proposé par l'équipe du département AIS.

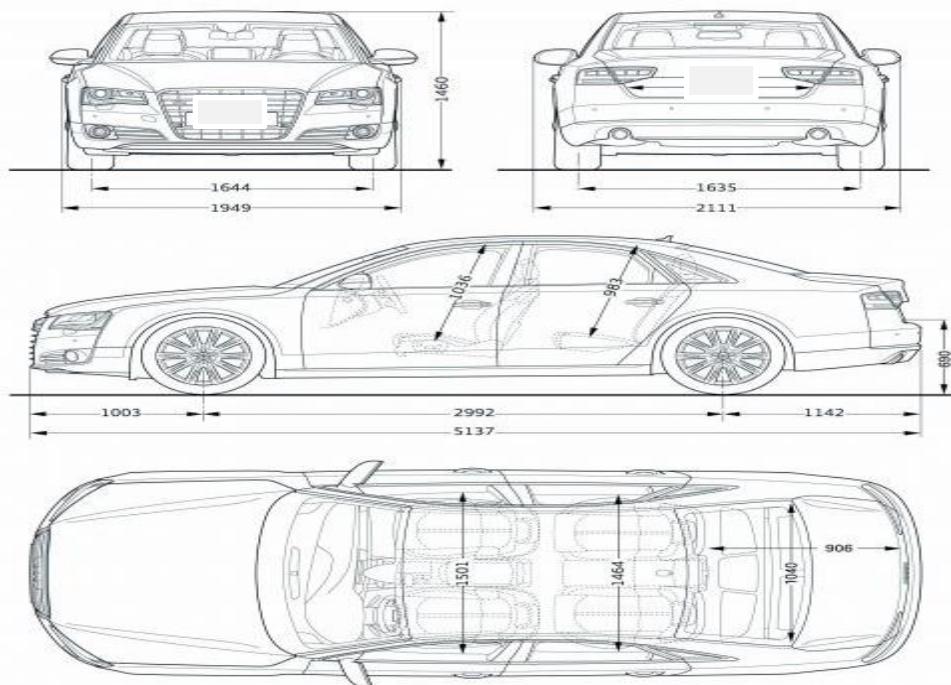


Fig V. 1: Références de voiture

On importe la référence de chaque vue suivant les axes qui les convient (Fig V.2) :

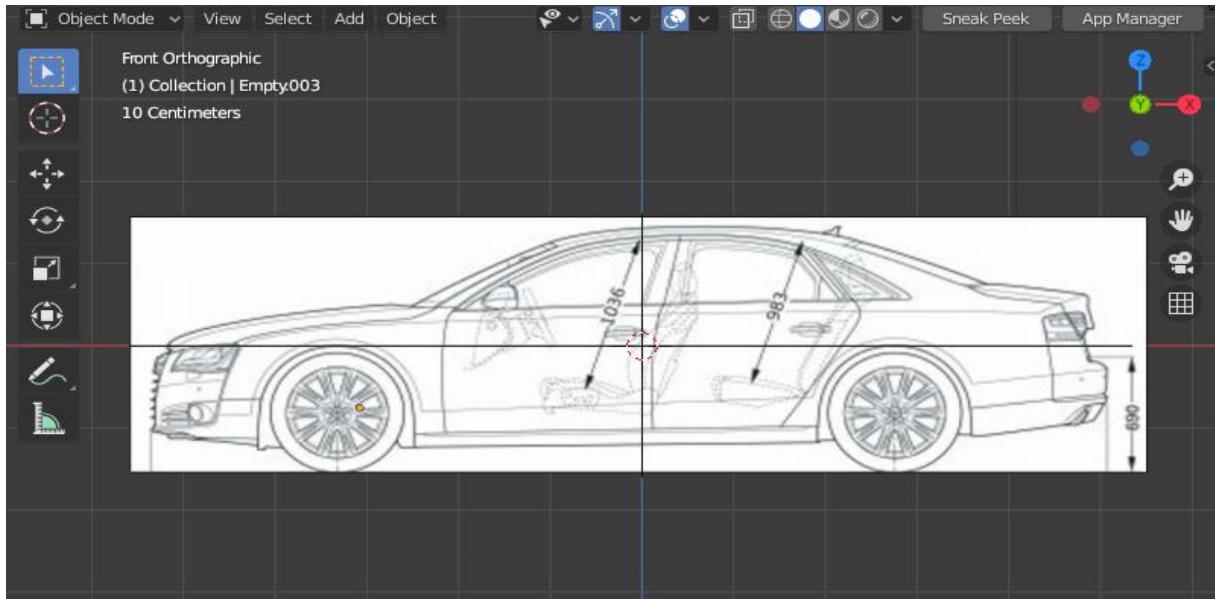


Fig V. 2: Référence vue droite du véhicule

Par la suite on rassemble tous les références qu'on a importées à l'origine pour construire la référence de base de notre modèle 3D de véhicule (Fig V.3).

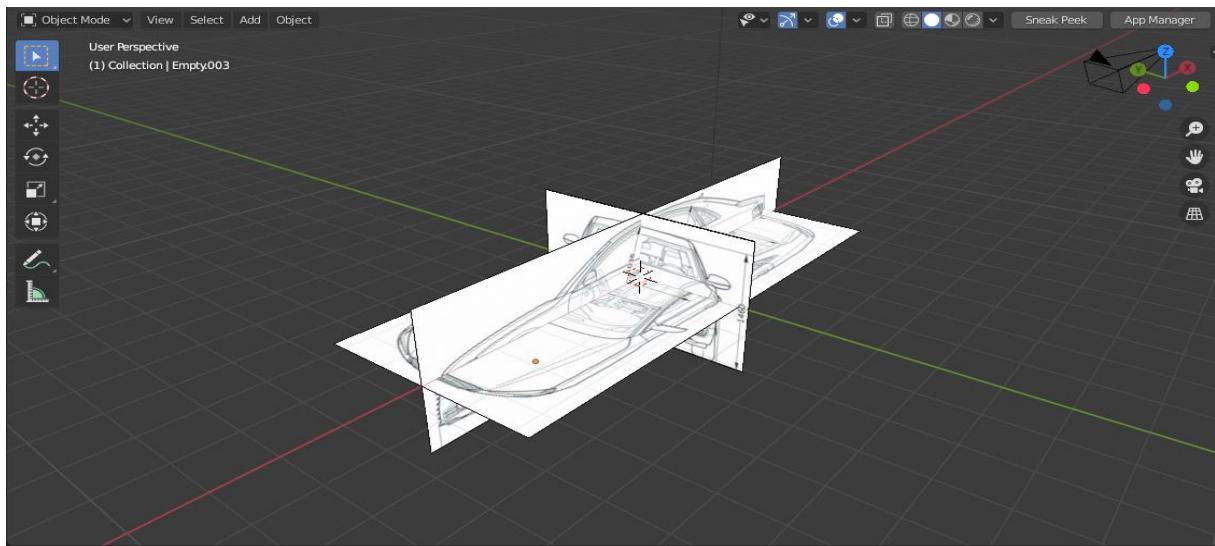


Fig V. 3: Réferences de voiture après importation sur Bender 3D

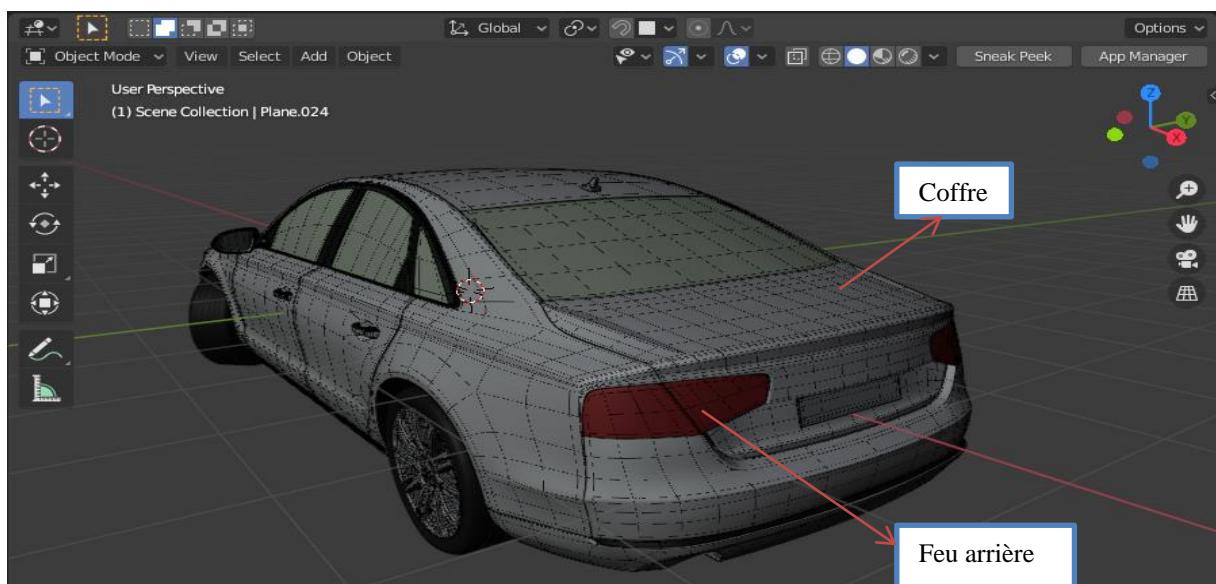
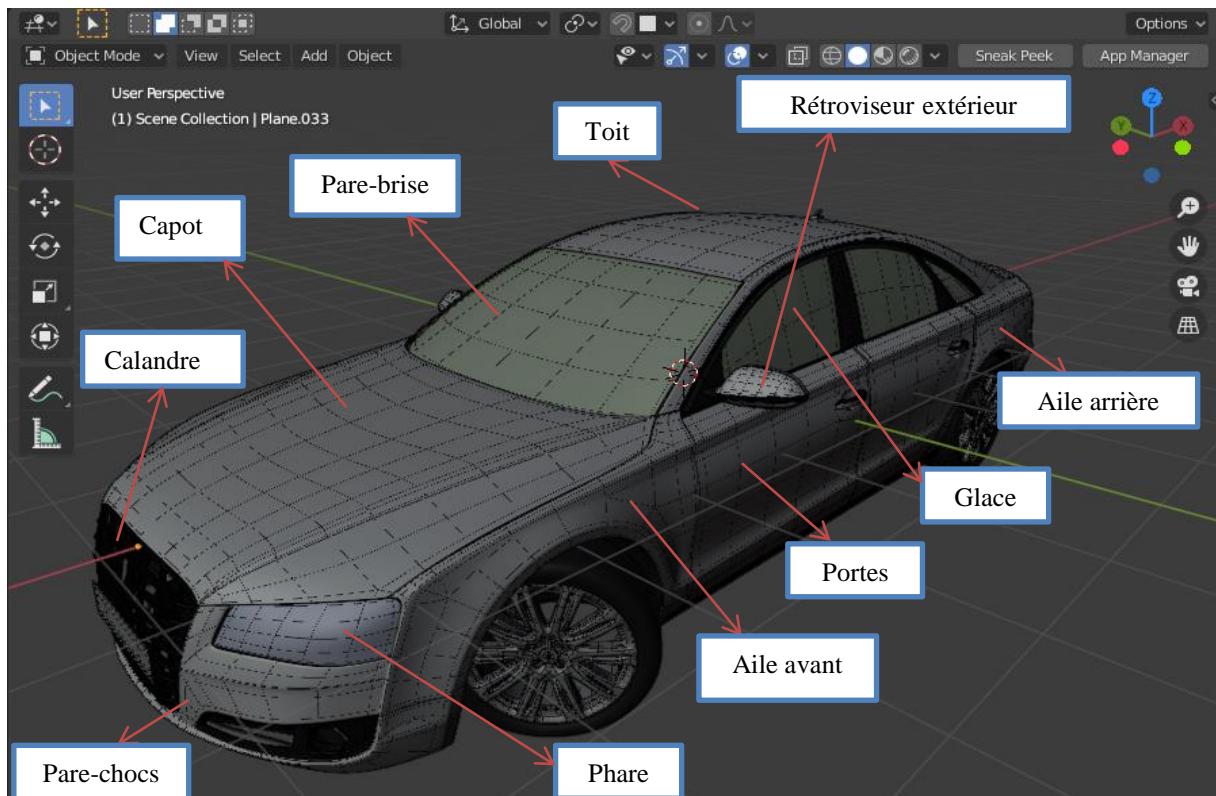
Après l'importation des références dans le logiciel Blender, on va passer à la conception de la carrosserie et du châssis de la voiture qui représentent l'ensemble de l'enveloppe métallique et le corps recouvrant un véhicule motorisé.

II.2 Conception de la carrosserie et du châssis

Vue leurs importance, la carrosserie et le châssis automobile va bien au-delà de l'aspect esthétique du véhicule. Elle nous protège en cas de choc. Les fêlures et les rayures accumulées nuisent à la sécurité en cas d'accident. La tôle, la peinture et les vernis protègent

le moteur du froid, de l'humidité mais aussi du rayonnement ultraviolet qui agressent les pièces mécaniques.

En ce qui suit on va présenter la conception des différents parties et composants de la carrosserie et le châssis (Fig V.4).



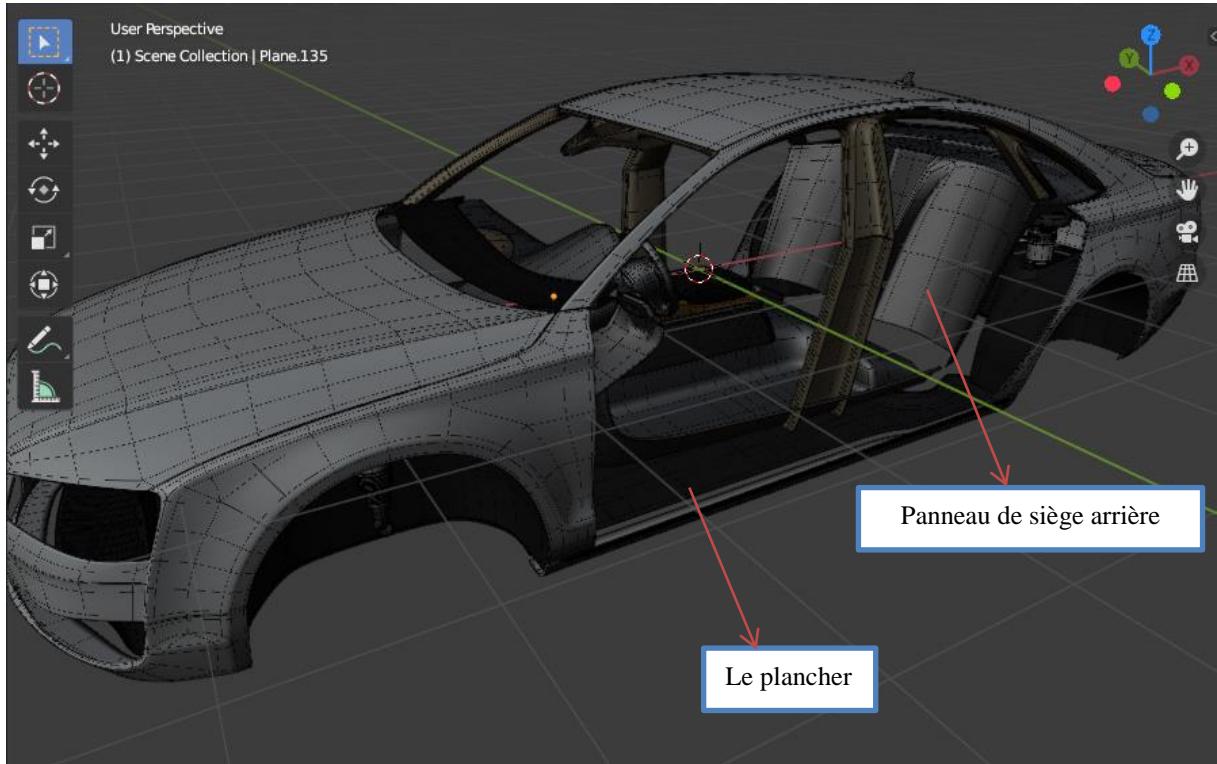


Fig V. 4: Conception de la carrosserie et du châssis

II.3 Conception de l'habitacle (Salon automobile)

L'habitacle est la partie principale d'une voiture. Il représente l'espace destiné aux occupants (conducteur et passagers). Autrement dit, c'est l'intérieur de la voiture.

Certes, l'habitacle doit procurer un espace grand et confortable, mais il doit assurer aussi et surtout la sécurité des occupants en les protégeant contre les aléas, plus ou moins importants, de la conduite ,résister aux collisions, aux chocs et aux accidents. Par ailleurs, il doit être conçu pour qu'il soit le moins possible déformable pour une protection maximale des passagers. La figure (Fig V.5) qui suit représente la modélisation des différents composants de l'habitacle.

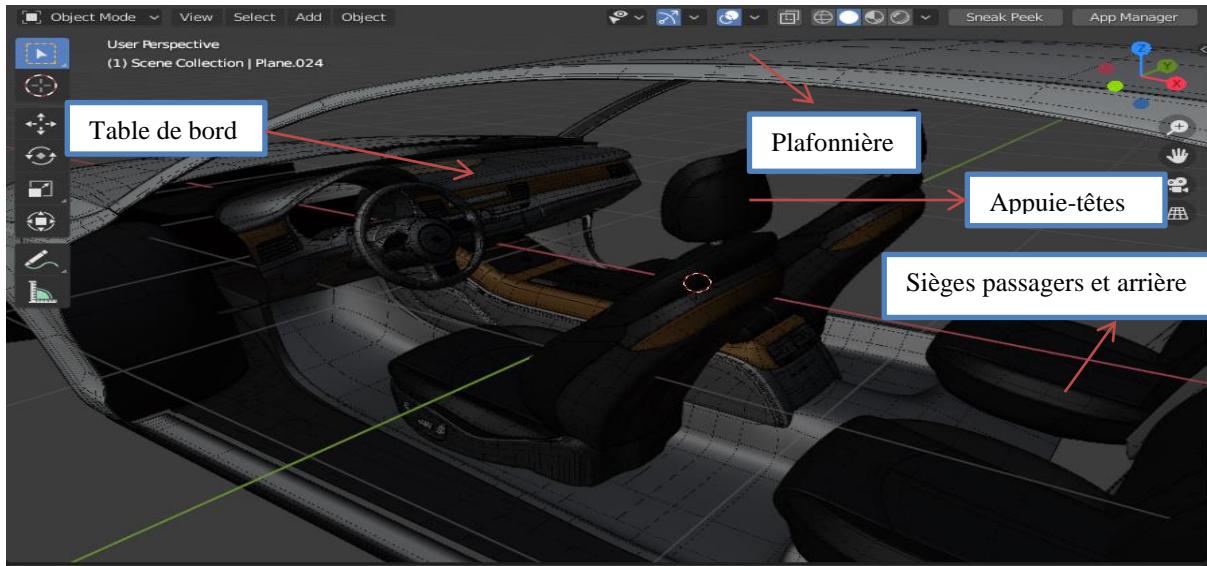
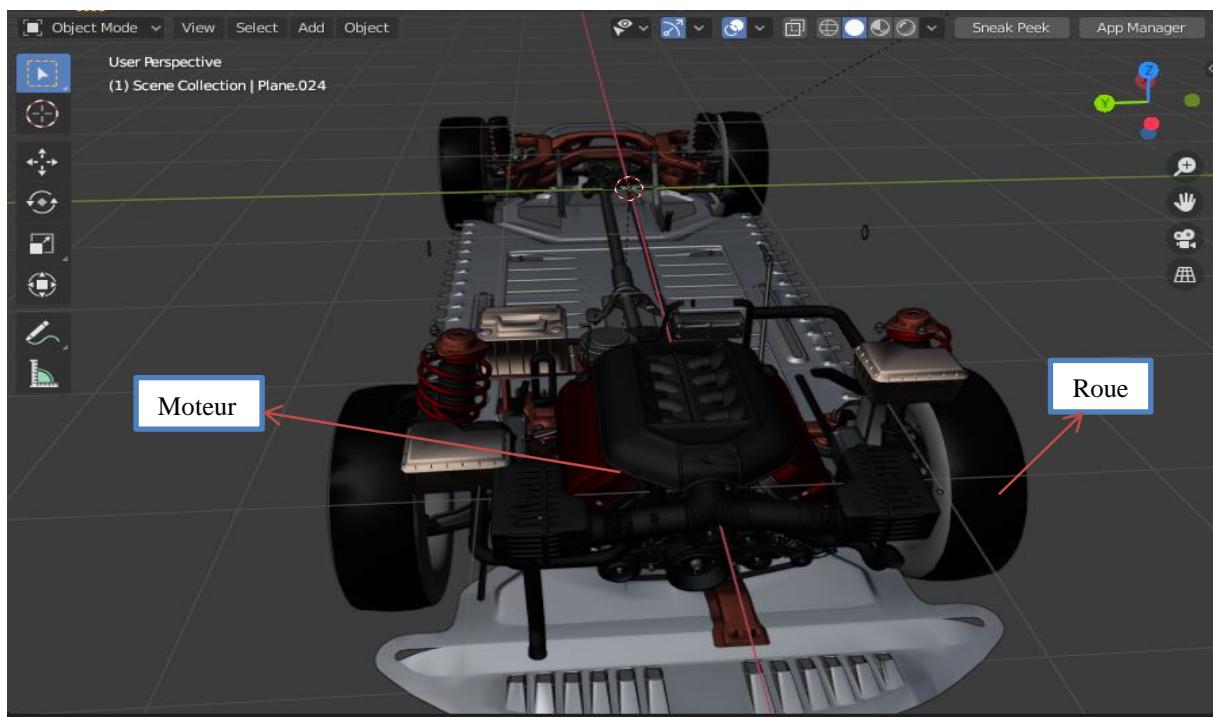


Fig V. 5: Conception de l'habitacle (Salon automobile)

II.4 Conception du groupe moteurpropulseur (GMP)

Le groupe motopropulseur est la partie d'un véhicule qui génère et distribue la puissance nécessaire pour convertir l'énergie motrice en énergie cinétique. C'est le groupe de composants d'un véhicule à moteur qui fournissent la puissance aux roues motrices. Dans les figures qui suivent on représente la modélisation des différents pièces et composants de ce système (Fig V.6).



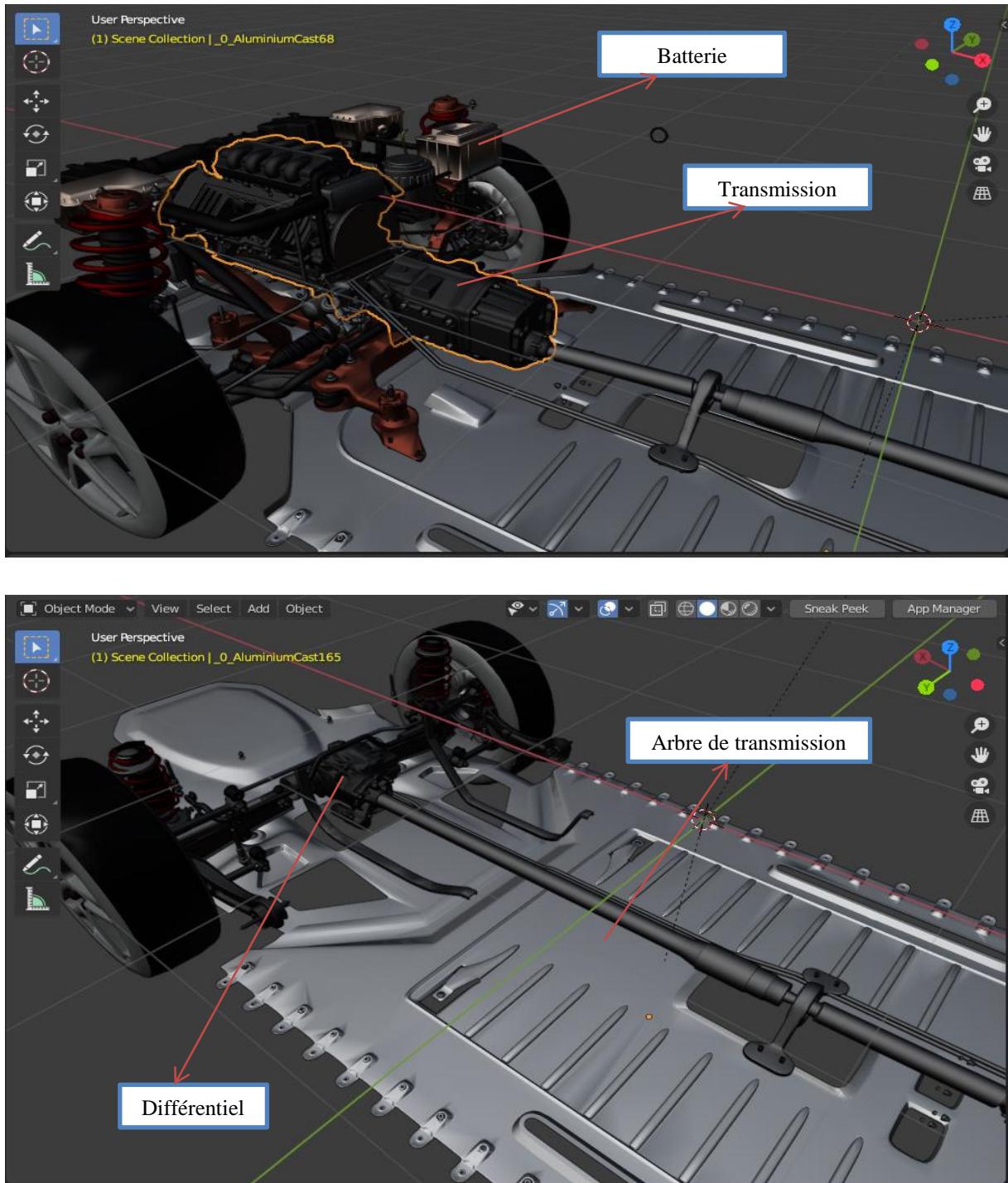


Fig V. 6: Conception du groupe moteur propulseur (GMP)

II.5 Conception de système de freinage

Les freins font partie d'un ensemble appelé système de freinage. Complexe, il assure la sécurité des passagers et des usagers de la route en ralentissant les véhicules grâce au frottement de ses composants. On représente dans la figure qui suit ses composants principaux (Fig V.7).

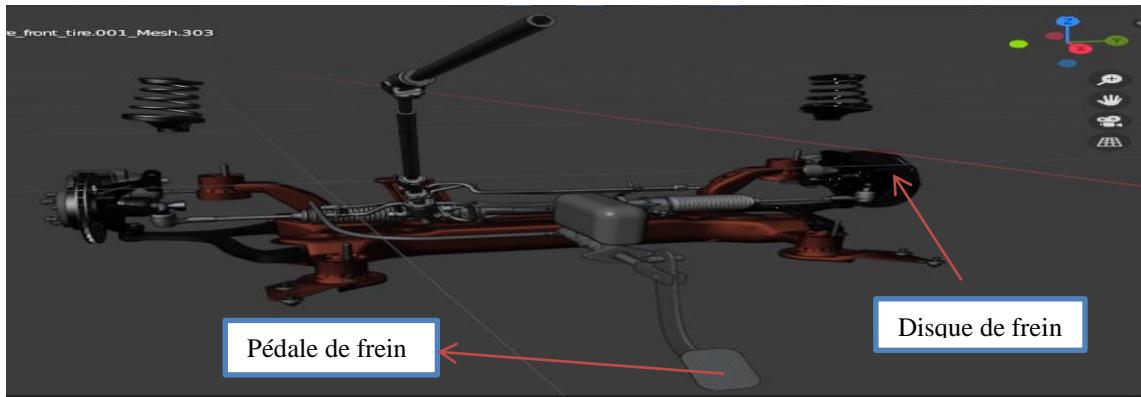


Fig V. 7: Conception de système de freinage

II.6 Conception de système de direction

Le système de direction du véhicule fonctionne grâce à l'association de plusieurs éléments mécaniques. C'est leur action commune qui permet au conducteur d'intervenir sur l'orientation qu'il souhaite donner à la trajectoire de son véhicule. On représente ici la modélisation des différents composants et pièces de ce système (Fig.V.8).

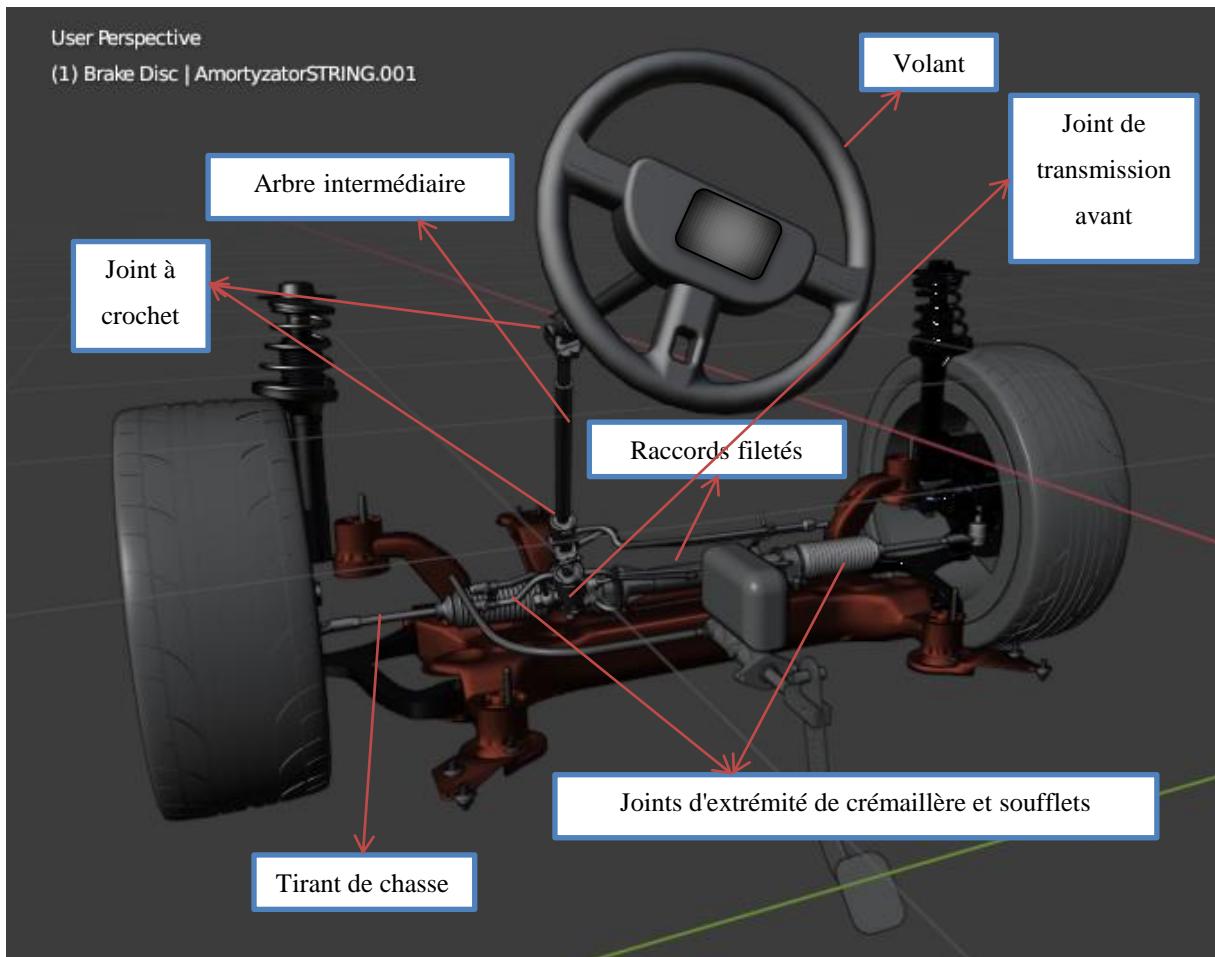


Fig V. 8: Conception de système de direction

II.7 Système de suspension

Le rôle du système de suspension d'une automobile est d'isoler la carrosserie et ses passagers des inégalités rencontrées par les roues sur la chaussée. Les différents composants et pièces sont représentés sur la figure suivante (Fig V.9).

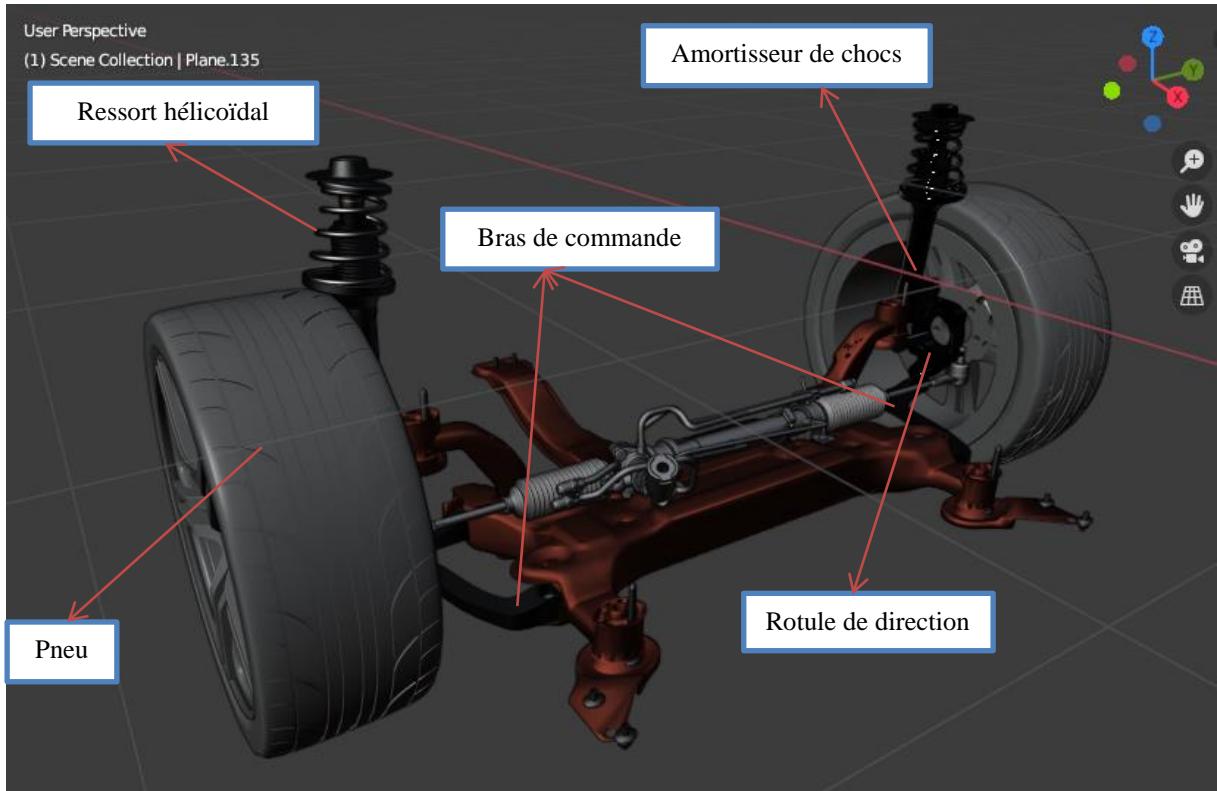


Fig V. 9: Conception du Système de suspension

II.8 Le système d'échappement

Dans un véhicule, le système d'échappement désigne le circuit permettant de rediriger tous les gaz de combustion provenant du moteur, la plus souvent situé à l'avant du véhicule, vers l'arrière de celui-ci, avant de relâcher ces gaz vers l'extérieur. Ainsi, les gaz d'échappement ne peuvent pas pénétrer à l'intérieur de l'habitacle, ou gêner la visibilité de l'usager. Dans ce qui suit on représente les figures de la modélisation de ce système (Fig V.10).

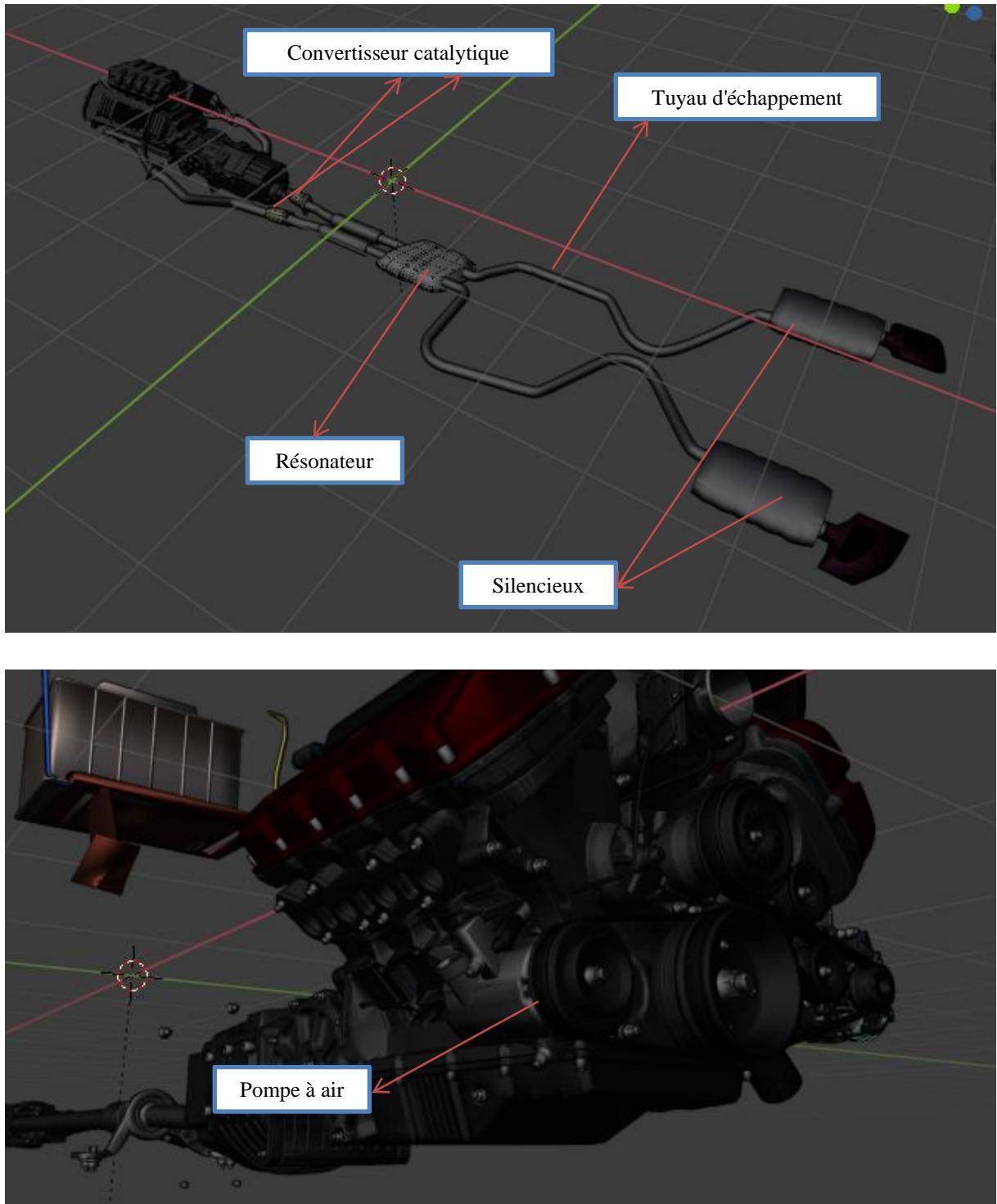


Fig V. 10: Conception du système d'échappement

II.9 Système d'allumage automobile

L'allumage permet, par l'intermédiaire des bougies, de créer une étincelle qui va se propager à l'intérieur du cylindre. C'est une source d'énergie qui enflamme le mélange air-carburant dans la chambre de combustion pour faire démarrer le moteur. Les figures suivantes représentent la modélisation de différentes parties de ce système (Fig V.11).

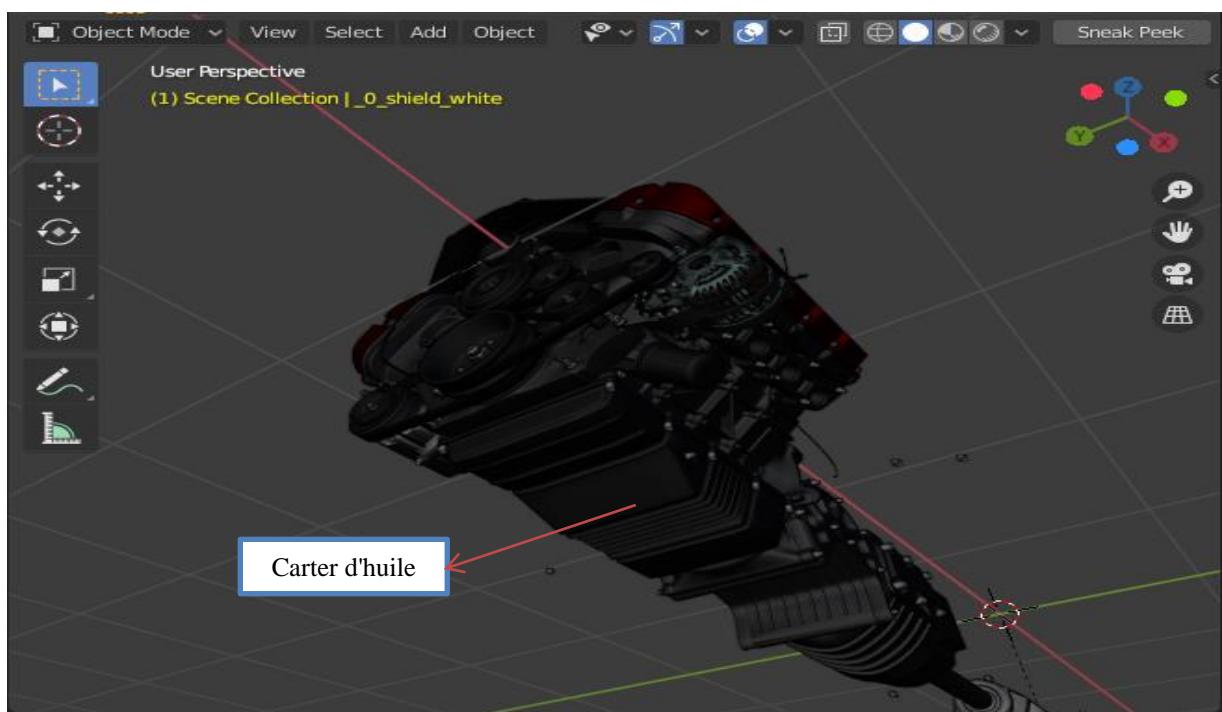
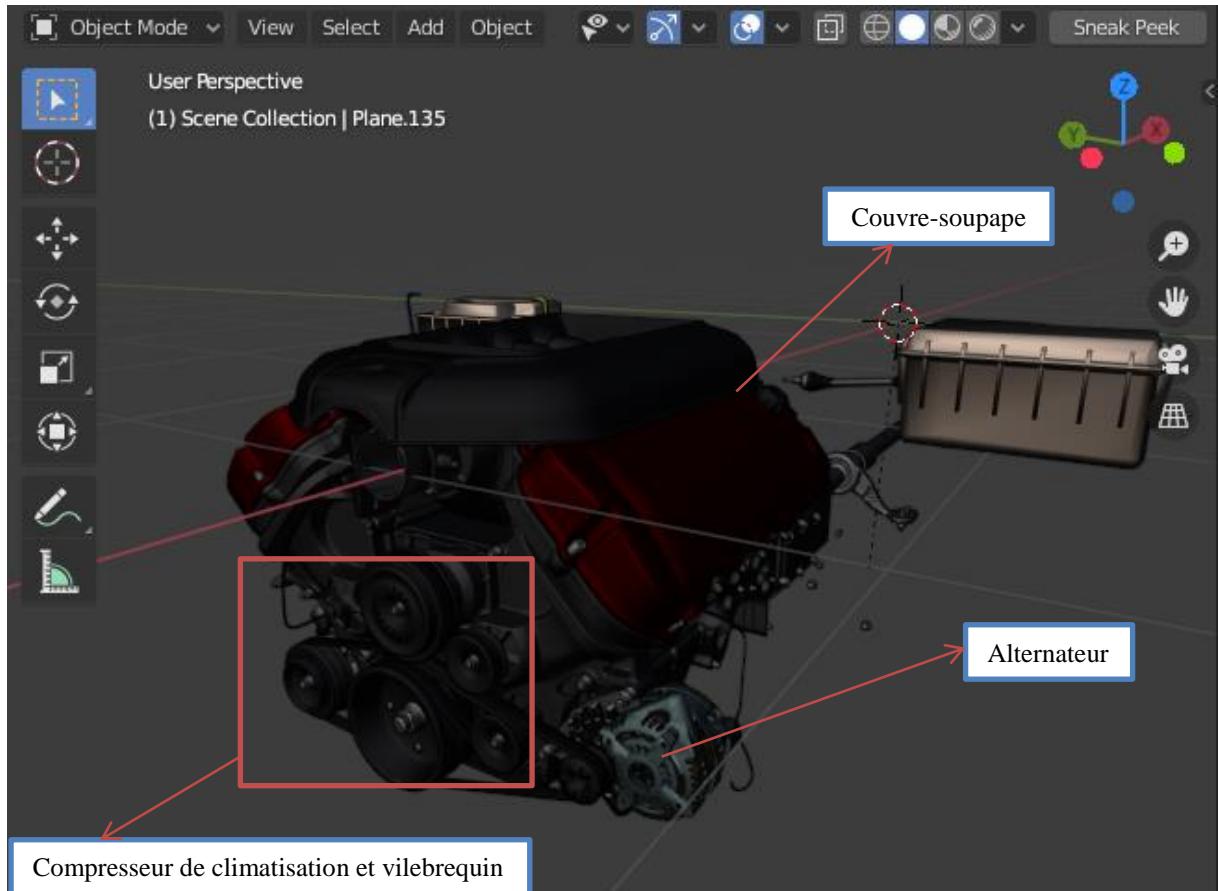


Fig V. 11 : Conception du Système d'allumage automobile

II.10 Système électrique

Le système électrique de la voiture a un circuit fermé avec une alimentation par batterie autonome. Il fonctionne sur une petite fraction de la puissance d'un circuit domestique. En plus des circuits principaux de charge, de démarrage et d'allumage, il existe d'autres circuits qui alimentent les phares, les moteurs électriques, les capteurs et les dimensions des appareils électriques, les éléments chauffants, les serrures magnétiques, la radio, etc. La modélisation de différents composants et parties de ce systèmes est représentée dans les figures qui suivent (FigV.12, Fig V.13).

II.10.1 Éclairage extérieur

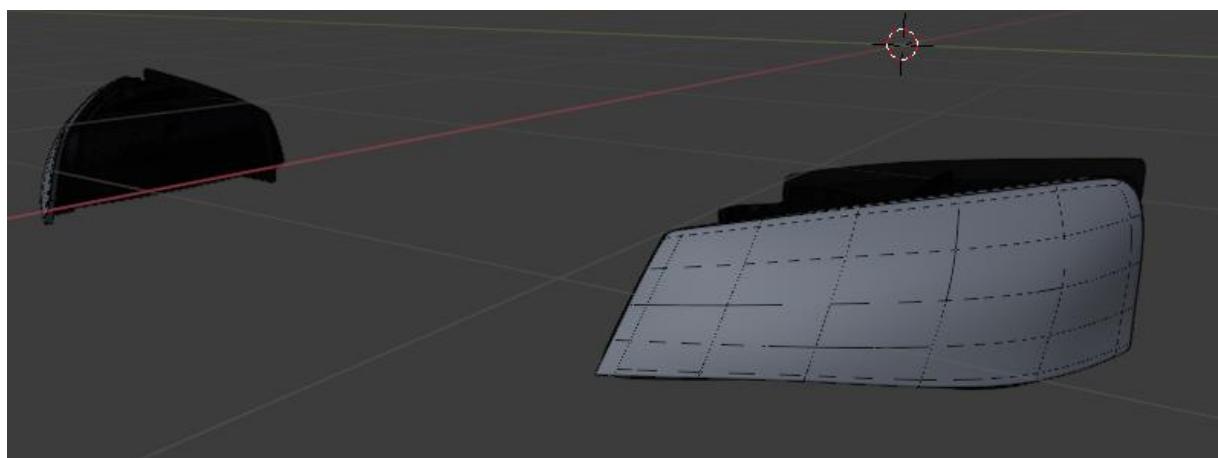


Fig V. 12: Conception de l'Éclairage extérieur devant de la voiture

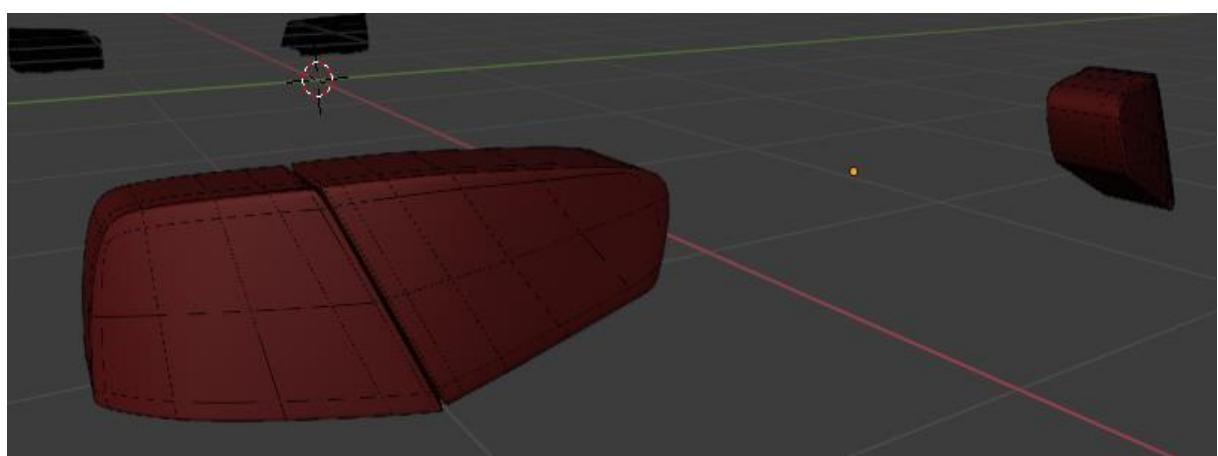


Fig V. 13: Conception de l'Éclairage extérieur arrière de la voiture

II.10.2 Alternateur et batterie

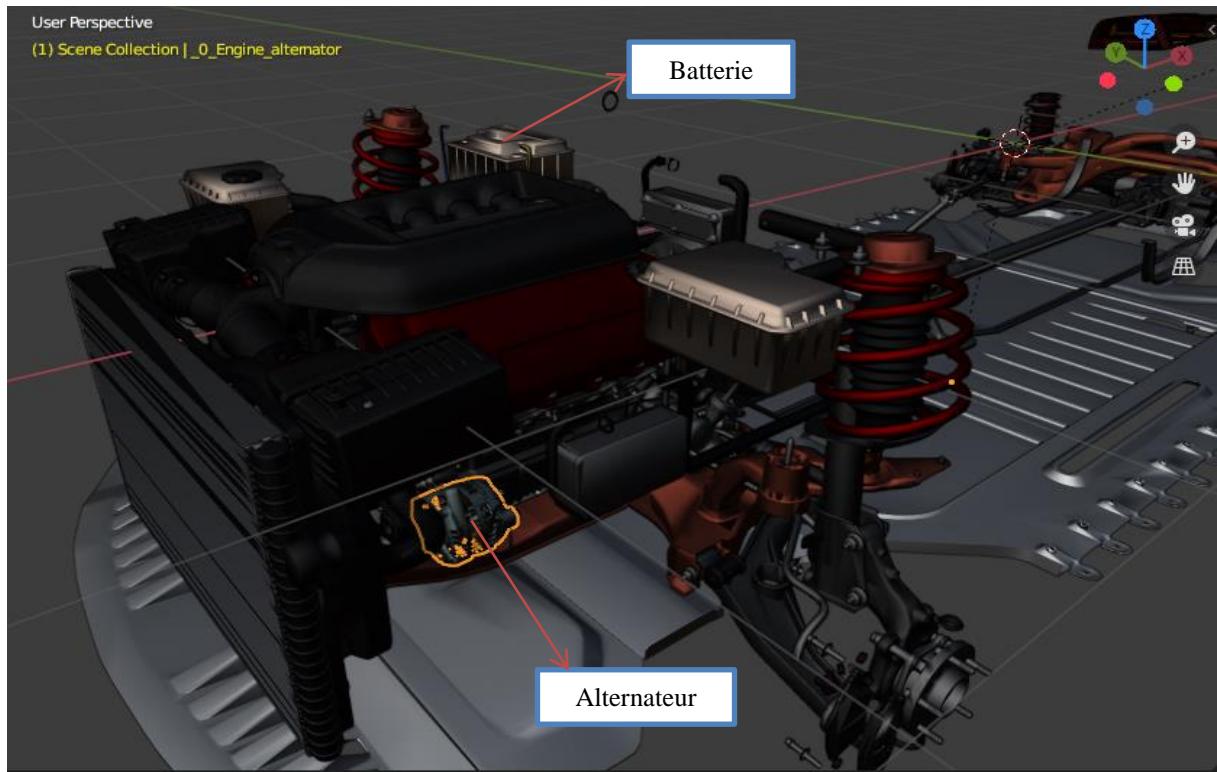


Fig V. 14: Conception de l'Alternateur et batterie

II.10.3 Climatisation

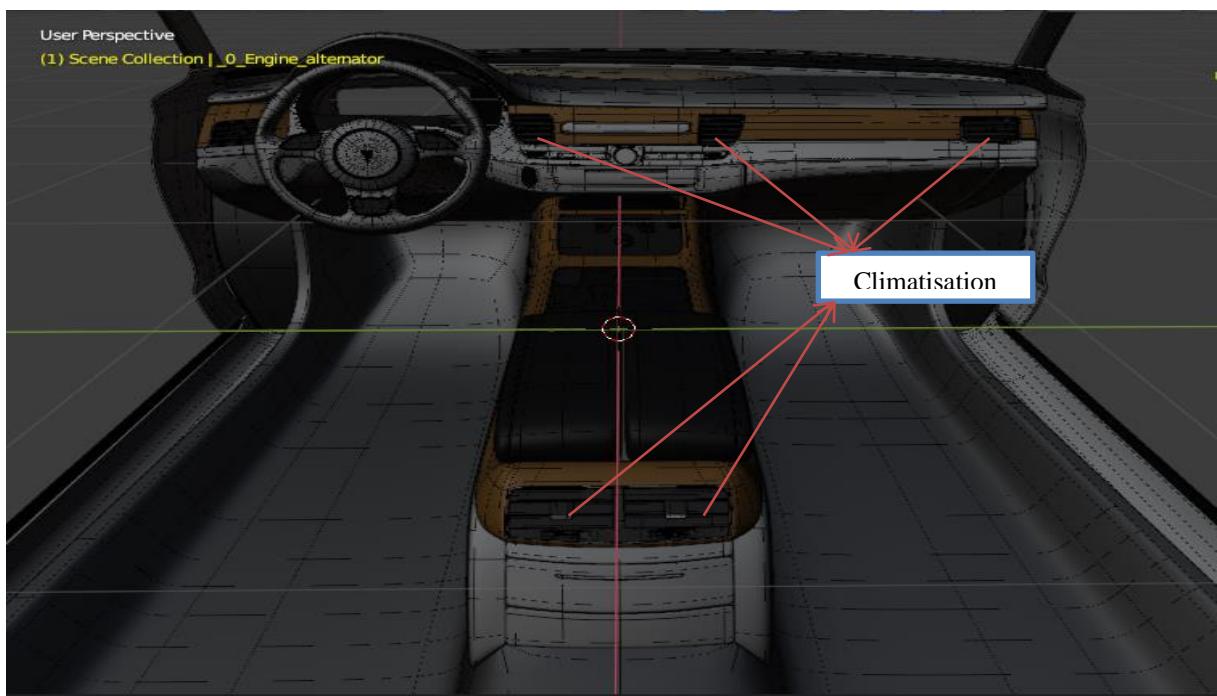


Fig V. 15: Conception de la climatisation du véhicule

II.10.4 Autoradio et démarreur

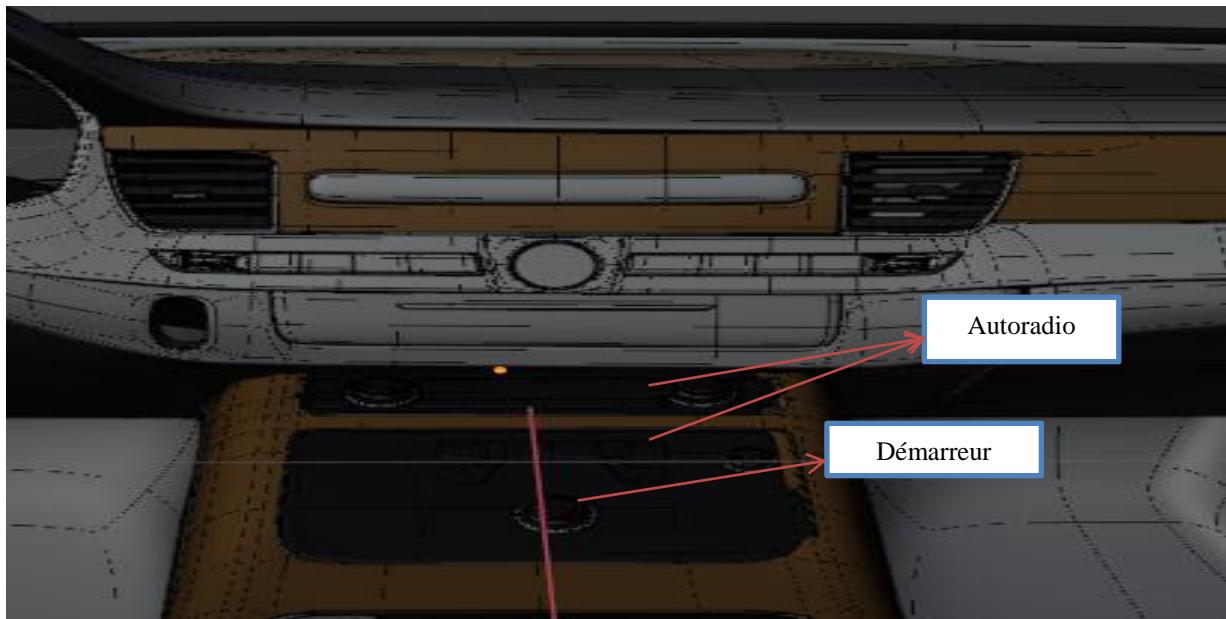


Fig V. 16: Conception du Autoradio et démarreur

III. Peinture du véhicule et définition des matériaux

Après avoir modélisé tous les systèmes de la voiture et ses différents composants et pièces, nous allons commencer à peindre la voiture, en construisant l'ombrage à partir de la base .Nous définissons également les matériaux qui constituent la voiture pour la rendre plus réel à savoir le fer, le verre, les pneus, le plastique, les textiles et autres matières (Fig V.17).

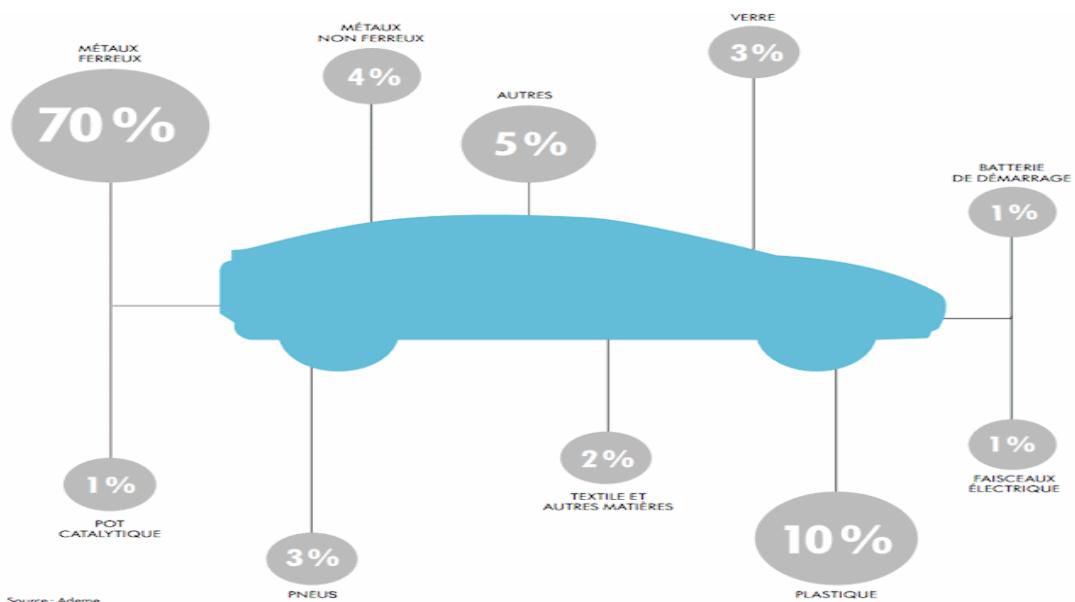


Fig V. 17: Les matériaux constituant une voiture

III.1 Définition des matériaux en fer

Dans le but de définir les paramètres des matériaux et pièces qui seront en fer, On sélectionne par exemple le capot de la voiture, on définit la matière qu'on va paramétrée sous le nom "Lakier" (Fig V.18).

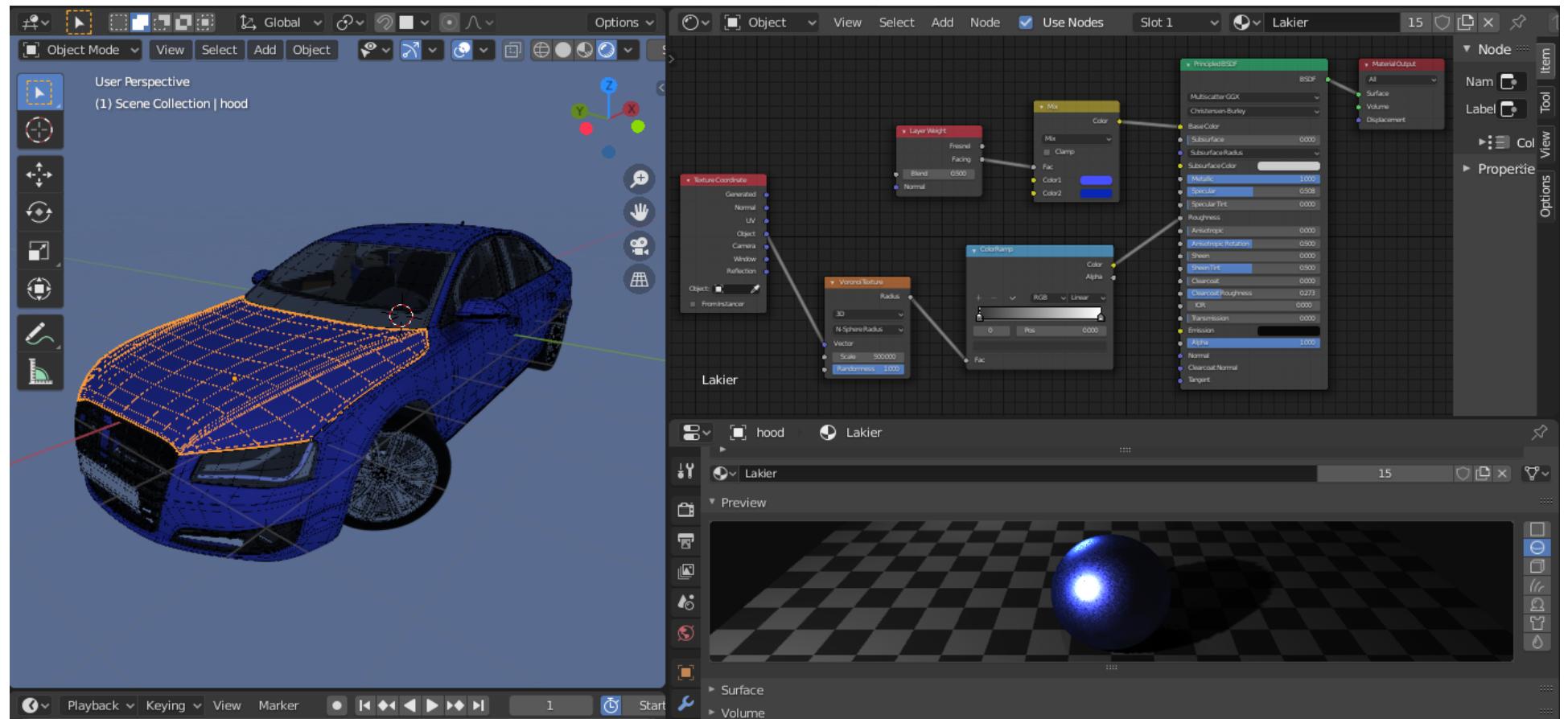


Fig V. 18: Peinture de la voiture et définition de ses matériaux en fer

Pour identifier la surface ainsi que les textures d'image peintes de la matière, on adapte le principe BSDF¹⁸ (bidirectional scattering distribution function). Ce shader¹⁹ comprend plusieurs couches pour créer une grande variété de matériaux. La couche de base est un mélange contrôlé entre diffusion, métal, diffusion sous la surface et transmission. En plus de cela, il y a une couche spéculaire, une couche de brillance et une couche de vernis.

Le paramétrage de BSDF sera comme indiqué dans la Fig V.19 :

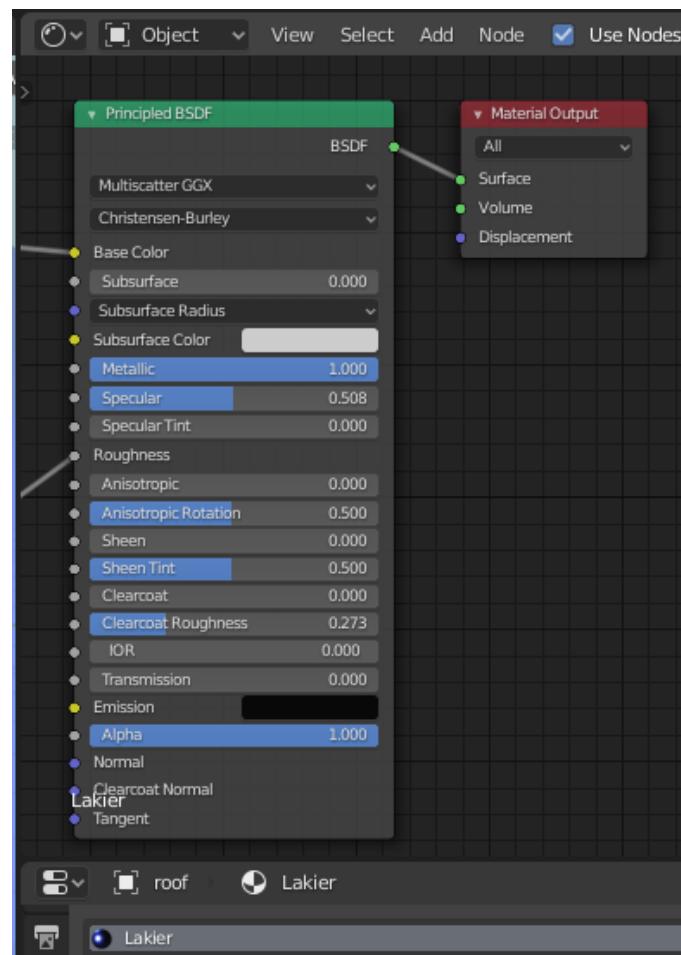


Fig V. 19 : Paramétrage BSDF

En ce qui concerne la Rugosité "Roughness" de la matière, Le nœud « Color Ramp » est utilisé pour faire correspondre des valeurs à des couleurs à l'aide d'un gradient. Ces

¹⁸ **BSDF** : (fonction de distribution de la diffusion bidirectionnelle) il est utilisé pour nommer la fonction mathématique générale qui décrit la manière dont la lumière est diffusée par une surface.

¹⁹ **Un shader** : Ou nuancer est un programme informatique, utilisé en image de synthèse, pour paramétriser une partie du processus de rendu réalisé par une carte graphique ou un moteur de rendu logiciel.

couleurs seront évaluées par un Bruit de Worley²⁰ aux coordonnées de la texture d'entrée dans les paramètres du « nœud Voronoi» Texture. Le nœud « Texture Coordinate» est habituellement utilisé pour les coordonnées de textures, utilisées typiquement comme entrées pour l'entrée « Vector » des nœuds de texture. Le paramétrage de la rugosité sera comme suit (Fig V.20) :

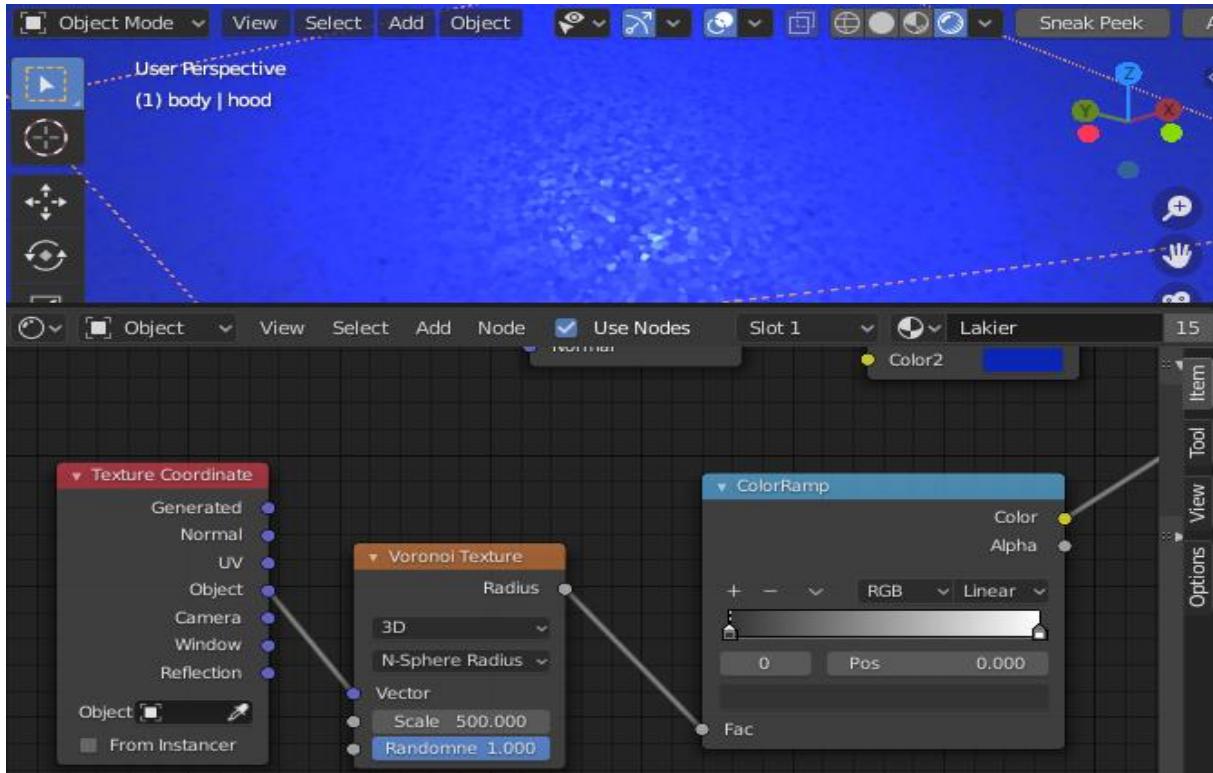


Fig V. 20 : Paramétrage de la rugosité

Pour le paramétrage de la couleur de la surface de véhicule, on doit jouer sur 2 paramètres :

Le nœud « Layer Weight» qui sort un poids utilisé typiquement pour des shaders de superposition avec le nœud Mix Shader.

Le nœud « Mix» qui mélange les images en travaillant sur les pixels individuels et correspondants des deux images d'entrée. Appelé “MixRGB” dans le contexte du shader et de la texture (Fig V.21).

²⁰ *Le bruit de Worley* : est une fonction de bruit introduite, En infographie, elle est utilisée pour créer des textures procédurales, c'est-à-dire des textures qui sont créées automatiquement avec une précision arbitraire et qui ne doivent pas être dessinées à la main.

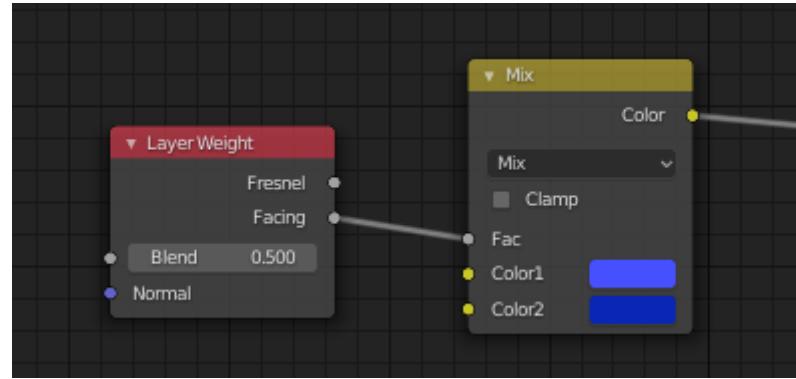


Fig V. 21: Paramétrage de la couleur de la surface de véhicule

III.2 Définition des matériaux en verre

Le BSDF Glass est utilisé pour ajouter un shader de type « Glass » mélangeant la réfraction et la réflexion à des angles rasants (Fig V.22).

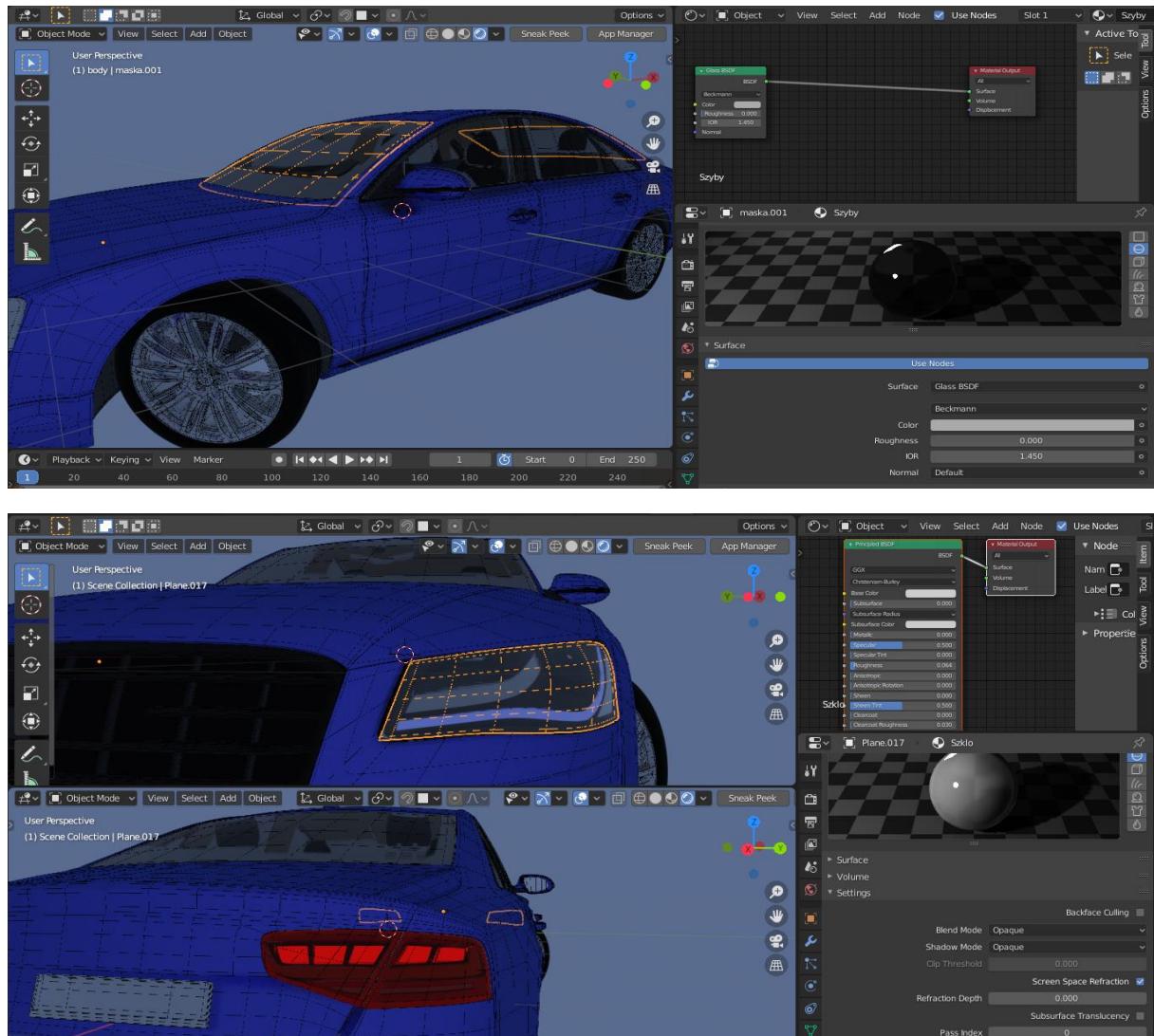


Fig V. 22: Définition des matériaux en verre de véhicule

Comme le shader transparent, seul le blanc pur le rendra transparent. Donc, Pour le paramétrage on doit jouer sur la couleur, la rugosité et sur l'index de réfraction (IOR).

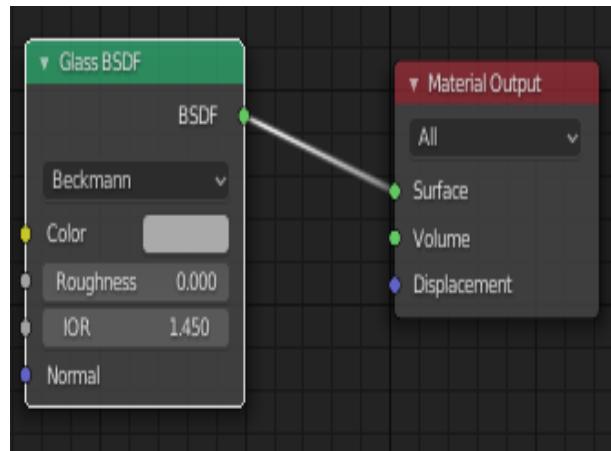


Fig V. 23 : Paramétrage BSDF Glass

III.3 Définition des matériaux en en pneu

Pour le paramétrage de la matière des pneus, on va opter encore une fois pour le BSDF (Fig V.24).

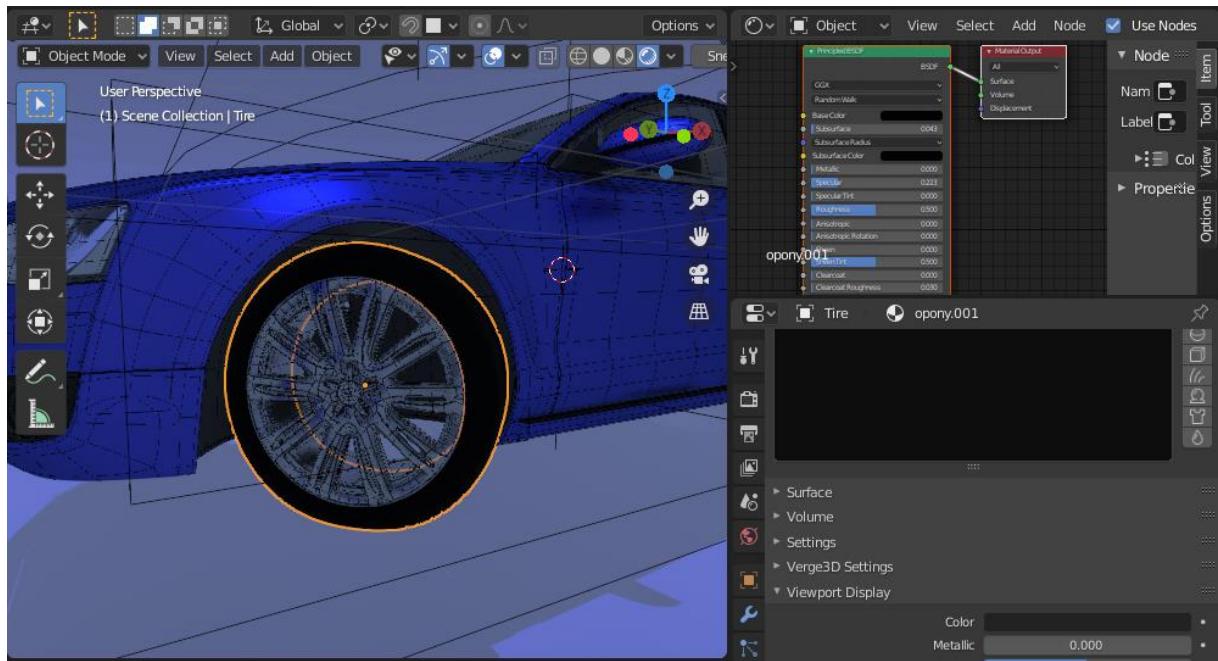


Fig V. 24 : Définition des matériaux en pneu de véhicule

Ce paramétrage est fait en effectuant quelques réglages au niveau de des paramètres de la couleur de sous surface, la rugosité, et les réflexions spéculaires par rapport aux paramétrages des matériaux de fer (Fig.V.25).

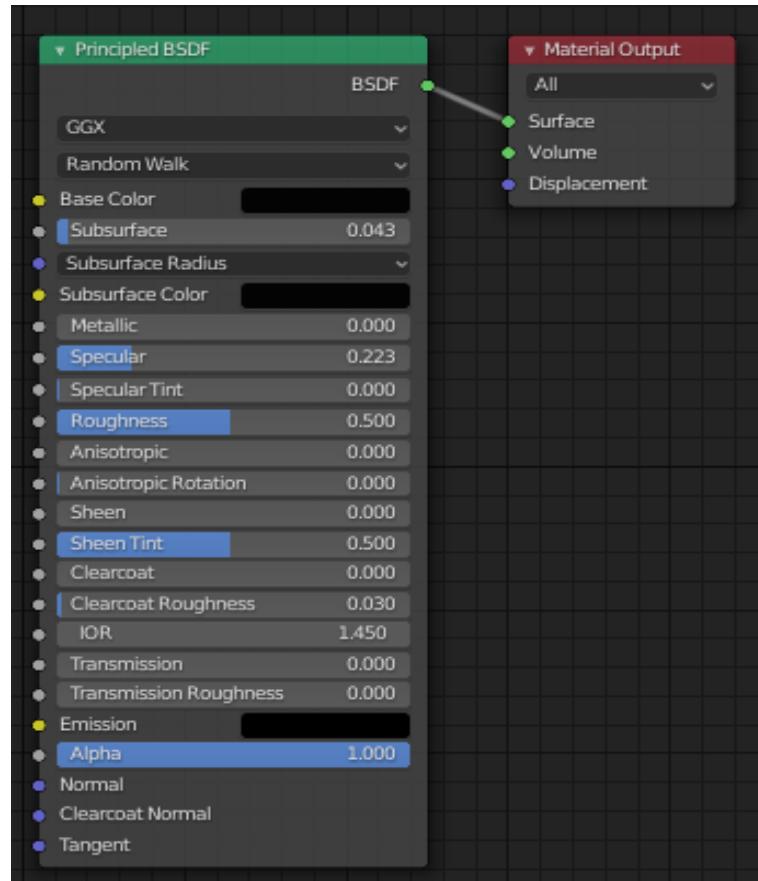


Fig V. 25 : Paramétrage BSDF Pneu

IV.Mise en réalité et paramétrage :

Pour que la voiture devienne plus réelle, on doit nécessairement passer par le paramétrage de ses différents composants, au niveau de l'éclairage et de positionnement des caméras. Ainsi que la modélisation d'un plateau qui sera l'arrière-plan de notre voiture. C'est à dire on va simuler un studio pour assurer la bonne visualisation de notre véhicule (Fig V.26).

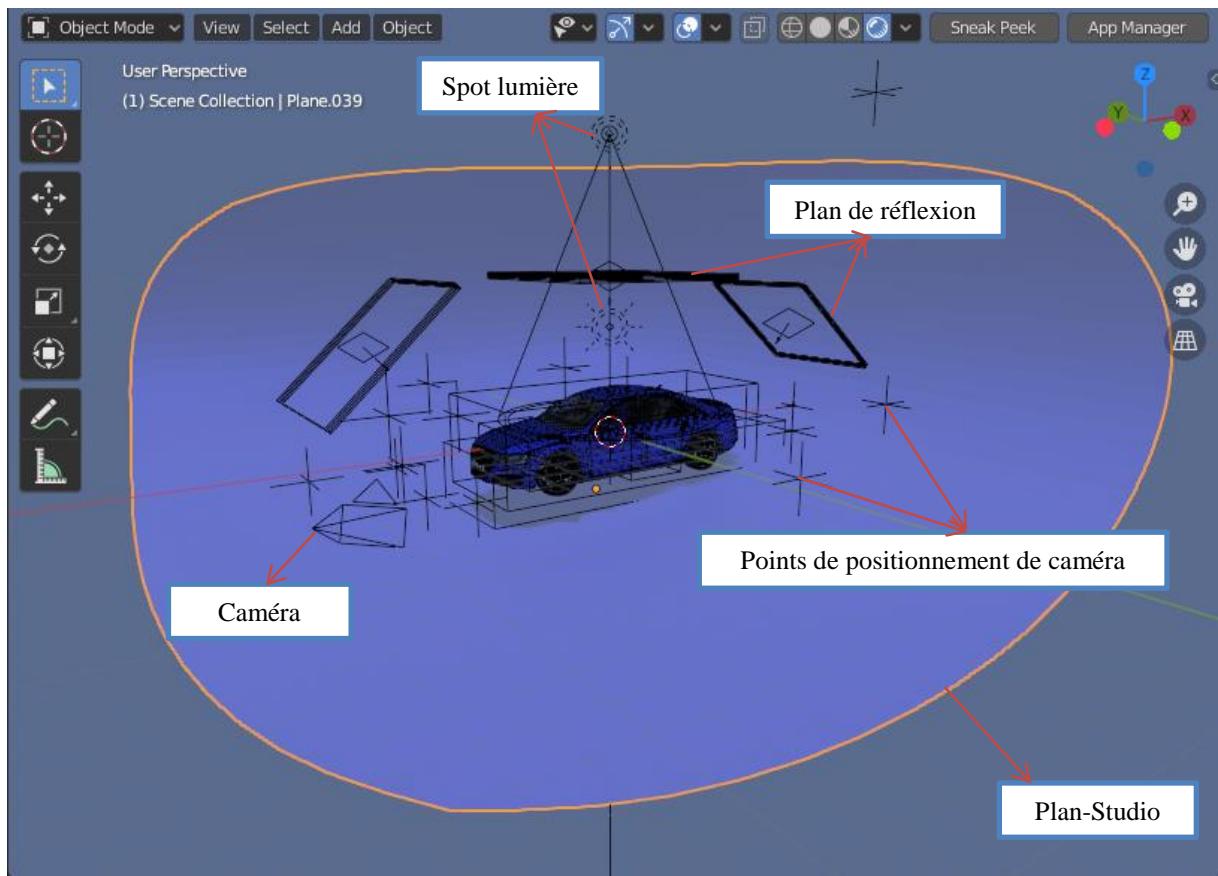


Fig V. 26 : Studio du véhicule 3D

V. Séparation des collections

Avant de rendre le système interactif, il faut tout d'abord séparer les systèmes et les composants qu'on a modélisé en des collections, de tel façon que chaque collection va contenir les composants qui constituent un système automobile (Fig V.27).

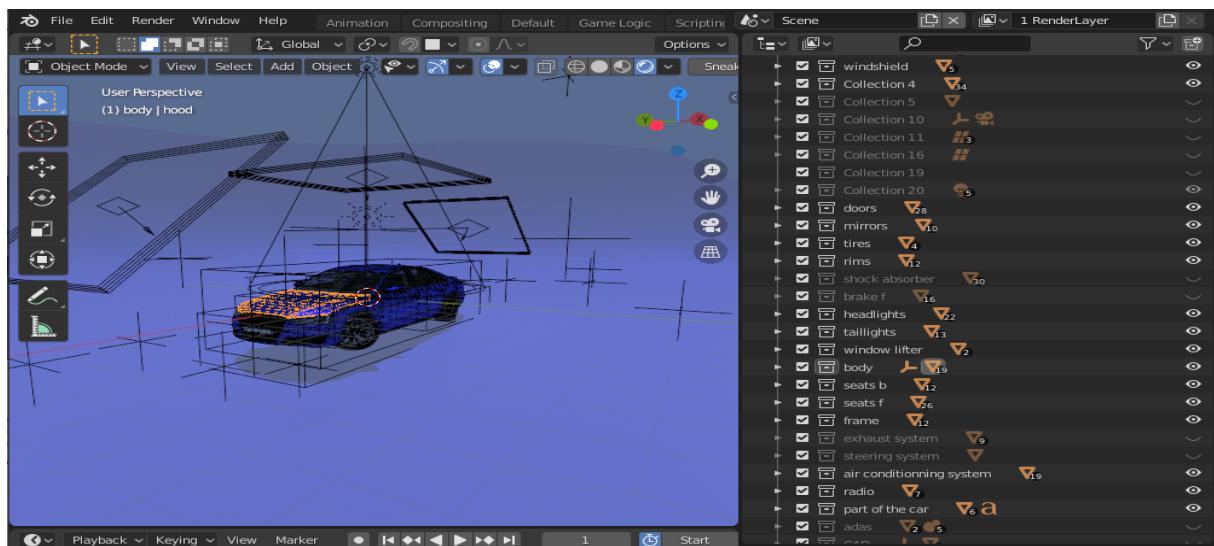


Fig V. 27 : Séparations des collections du véhicule 3D

VI. Rendre le système interactif

VI.1 Sélectionner un système

Le puzzle "on event" permet de détecter un événement (click, dbclick, mouseover,...) appliqués sur un élément HTML (bouton, checkbox,...) avec un id spécifié.

La case à cocher "in parent doc" doit être activée si l'élément HTML est situé dans un document HTML externe (dans lequel le fichier .html de l'application Verge3D est intégré à l'aide d'un iframe). Dès qu'un événement se produit, les puzzles placés dans l'emplacement "do" sont déclenchés. Fonctionne également avec des listes d'identifiants d'éléments (Fig V.28).



Fig V. 28 : Puzzle, « On event of click »

VI.2 Montrer ou cacher les composants d'un système

: Rend visible un objet spécifié, qui était initialement ou précédemment caché. Fonctionne également pour une liste d'objets, un groupe (ou une liste de groupes) ou avec le puzzle « all objects ». Si aucun objet de ce type n'est présent dans la scène, ou si un objet est déjà visible, ne fait rien.

: Rend invisible un objet spécifié. Fonctionne également pour une liste d'objets, un groupe (ou une liste de groupes) ou avec le puzzle de tous les objets. Si aucun objet n'est présent dans la scène, ou si un objet est déjà invisible, ne fait rien.

VI.3 Sélectionner un sous système

Vu qu'on ne dispose pas d'un puzzle qui va nous permettre de savoir est ce que l'utilisateur de la plateforme a coché ou bien décoché un sous-système parmi les systèmes du véhicule. Cette structure de puzzle (Fig V. 29) sert à résoudre ce problème.

Tout d'abord on doit donner un variable qui va correspondre à un checkbox d'un sous-système.

La valeur de cette variable correspond à l'état de checkbox (checkbox coché ==> false) ou (checkbox décoché==> true).

Quand on clique sur le checkbox (détecter par le puzzle "on event of click"), il change son état, donc on doit changer l'état de la variable correspondant au checkbox (Fig V.29).

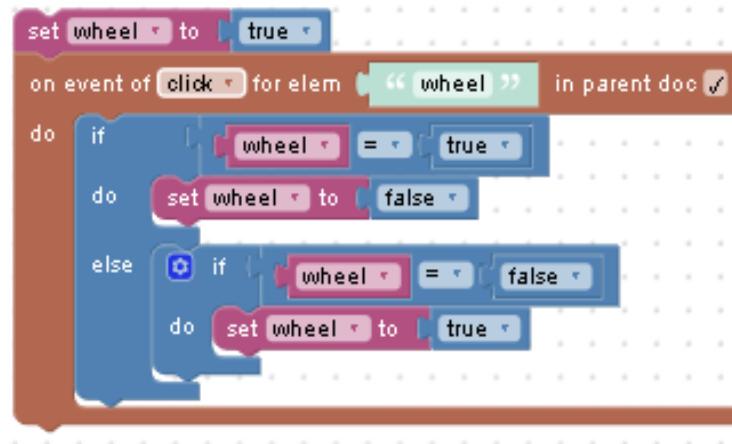


Fig V. 29 : Structure de puzzle pour sélectionner un sous système

VI.4 Contourner un composant

: Applique (enable) ou supprime (disable) l'effet de contour à/de l'objet spécifié. Il faut activer l'effet de contour dans Bender (Fig V. 30). Fonctionne également pour une liste d'objets, un groupe (ou une liste de groupes) ou avec le puzzle "all objects".

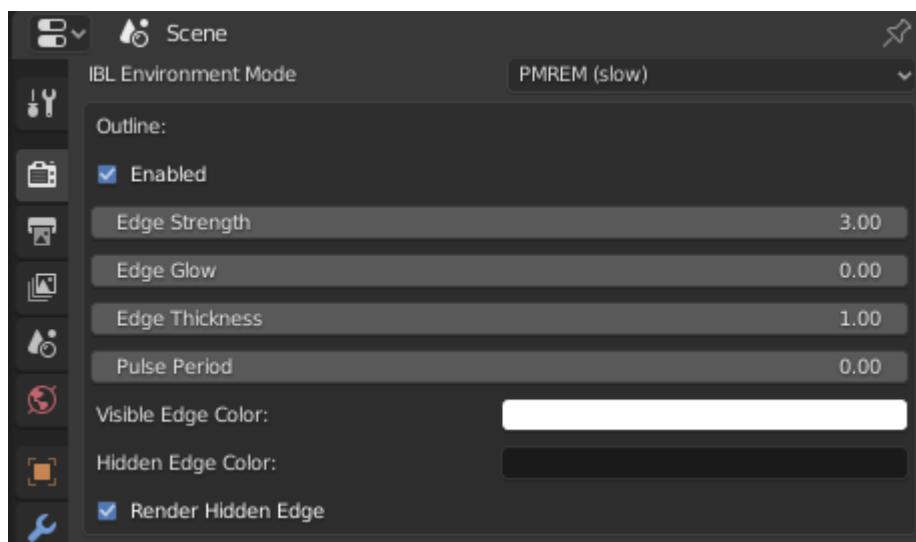


Fig V. 30 : Activation de l'effet de contour dans Bender

VI.5 Positionnement de caméra



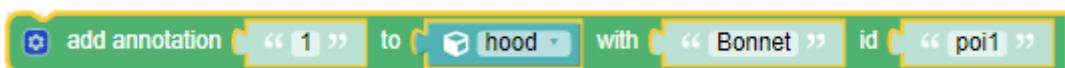
Ce puzzle, anime en douceur la caméra active de sorte que sa position change finalement pour la position d'un objet / point 3D spécifié, et que la caméra cible un autre objet / point 3D spécifié.

Les paramètres de position et de cible peuvent être spécifiés soit par des objets de la scène, soit par des tableaux de coordonnées X, Y et Z.

Le paramètre numérique spécifie la période de temps sur laquelle l'animation est réalisée (en secondes).

Le paramètre « move » spécifie l'interpolation entre les points de départ et d'arrivée : linéaire ou sphérique.

VI.6 Création des annotations des composants



Ajoute une icône de point d'intérêt à un objet que l'utilisateur peut développer en cliquant dessus pour voir une description. Fonctionne également pour une liste d'objets, un groupe (ou une liste de groupes) ou avec le puzzle de tous les objets.

VI.7 Puzzles Reference

VI.7.1 Logique de puzzles d'un système automobile

La figure suivante (Fig V.31) va décrire la logique qu'on a adoptée lorsque l'utilisateur de la plateforme choisit un système automobile, prenant par exemple le système de carrosserie "Body System". Cette structure de puzzle sert à mettre en valeur le système sélectionné en positionnant la caméra devant lui, après avoir montré les collections qui contient les différentes parties qui compose ce système, et cacher le reste des composants qu'il ne lui appartient pas.

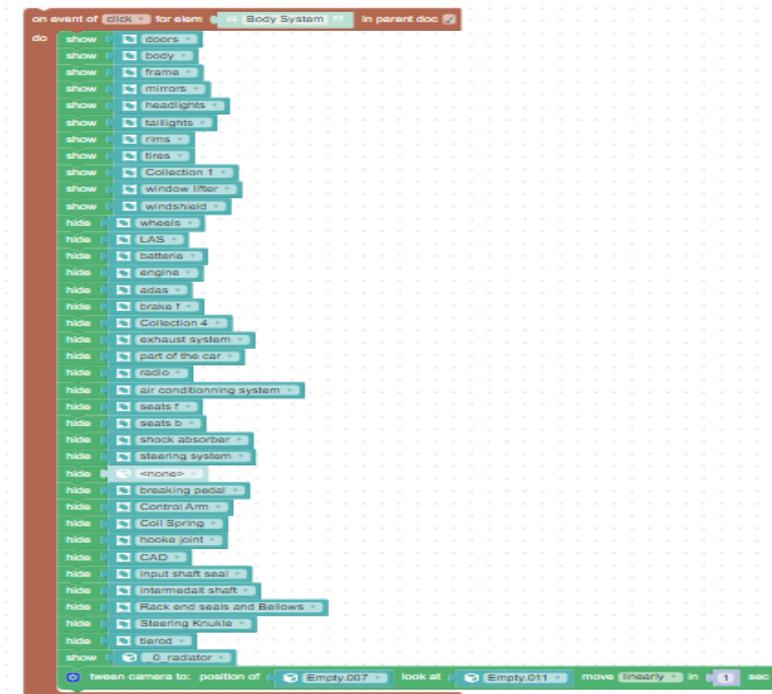


Fig V. 31 : Logique de puzzles d'un système automobile

VI.7.2 Logique de puzzles d'un sous-système automobile

La figure suivante va décrire la logique qu'on a adoptée lorsque l'utilisateur de la plateforme choisit un sous-système automobile, prenant par exemple le pare-choc "bonnet", un sous-système qui appartient au système de carrosserie "Body System". Cette structure (Fig V.32) de puzzle sert à mettre en valeur le sous-système sélectionné en positionnant la crémera devant lui, montrer les composants de ce sous-système ou cas un autre sous-système nous empêche de y accéder ou il était caché dans la configuration d'un autre sous-système et le contourné. ([Voir Annexe2](#))

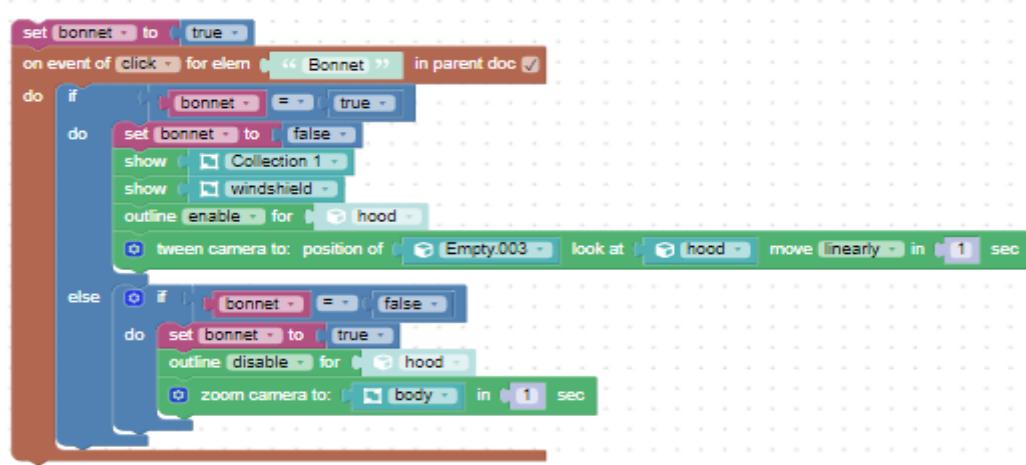


Fig V. 32 : Logique de puzzles d'un sous-système automobile

VII. Démonstration live

VII.1 Interfaces graphiques de l'application:

Le développement de l'application s'est fait en développant chacune des pages de la (Fig V.34) à savoir la page d'accueil, la page de formation et la page descriptive des détails sur les systèmes automobile. Par la suite, nous donnerons quelques captures d'écrans de pages de l'application et expliquerons les fonctionnalités qu'on y trouve.

VII.1.1 Page d'accueil

Cette interface est le portail de notre plateforme de formation, c'est un guide qui résume de quoi il s'agit cette formation automobile. Comme décrit dans cette Figure, le menu de l'application est composé de plusieurs catégories dont chaque catégorie donne lieu à une section de l'interface d'accueil. Nous donnerons les captures d'écrans de ces différentes sections :

La première section contient une brève description de la formation (Fig V.33).

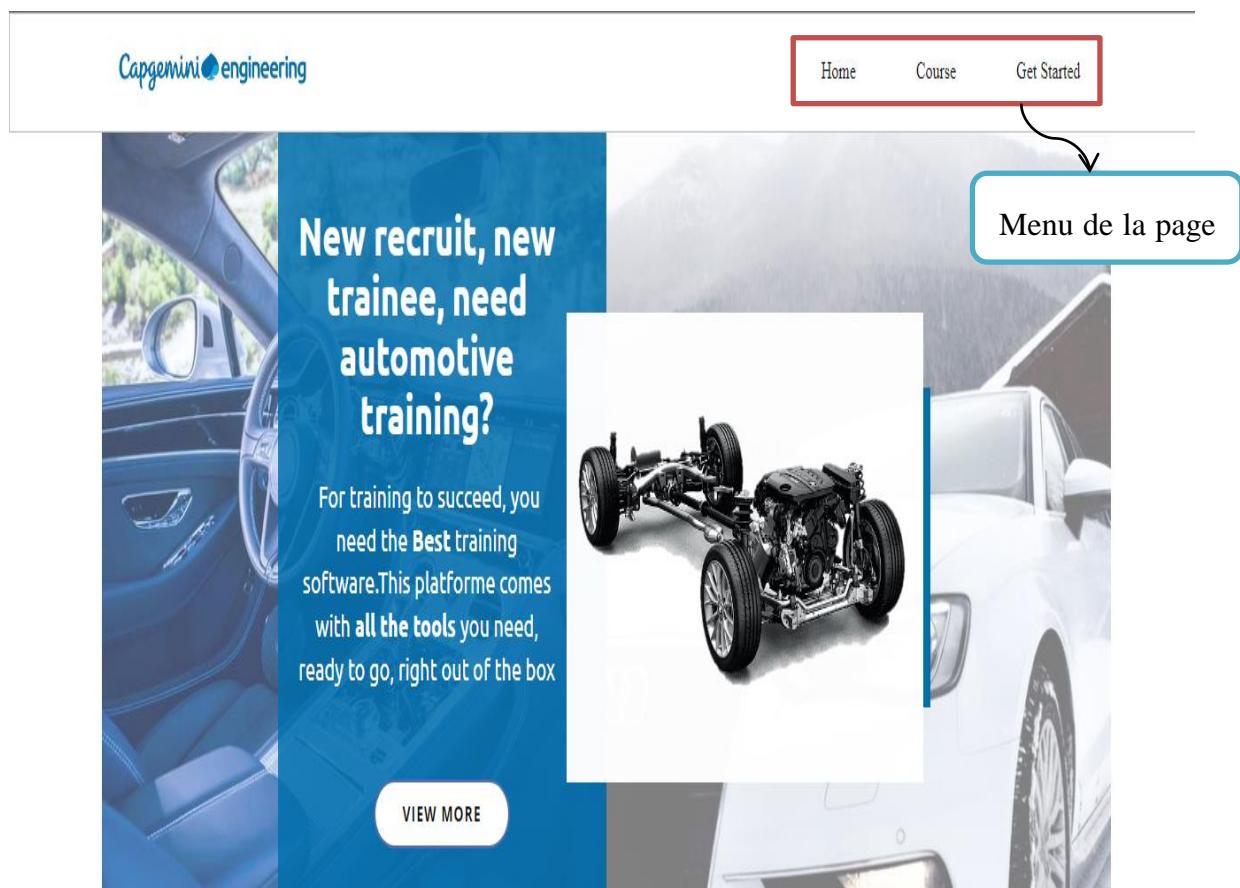


Fig V. 33 : Première section de la page d'accueil

La deuxième section décrit sur quoi porte cette formation et qu'est-ce que l'utilisateur de la plateforme va apprendre en suivant cette formation (Fig V.34).



The image shows a slide titled "What you will learn in this course". It features three main sections: "BASIC VEHICLE CONCEPTS" (with a gear icon), "VEHICLE COMPONENTS" (with a wrench icon), and "EXPLORE THE AUTOMOTIVE SYSTEMS" (with a clipboard icon). Each section includes a brief description of what the learner will gain from that part of the course.

- BASIC VEHICLE CONCEPTS**
Build a strong understanding of the Basic concepts which are at work in a vehicle which is in motion
- VEHICLE COMPONENTS**
identify the different components of a vehicle and understand their operating principles
- EXPLORE THE AUTOMOTIVE SYSTEMS**
become familiar with the parts that make up a standard motor vehicle

Fig V. 34: Deuxième section de la page d'accueil

À travers la dernière section on peut commencer l'aventure d'apprentissage de l'automobile (Fig V.35).

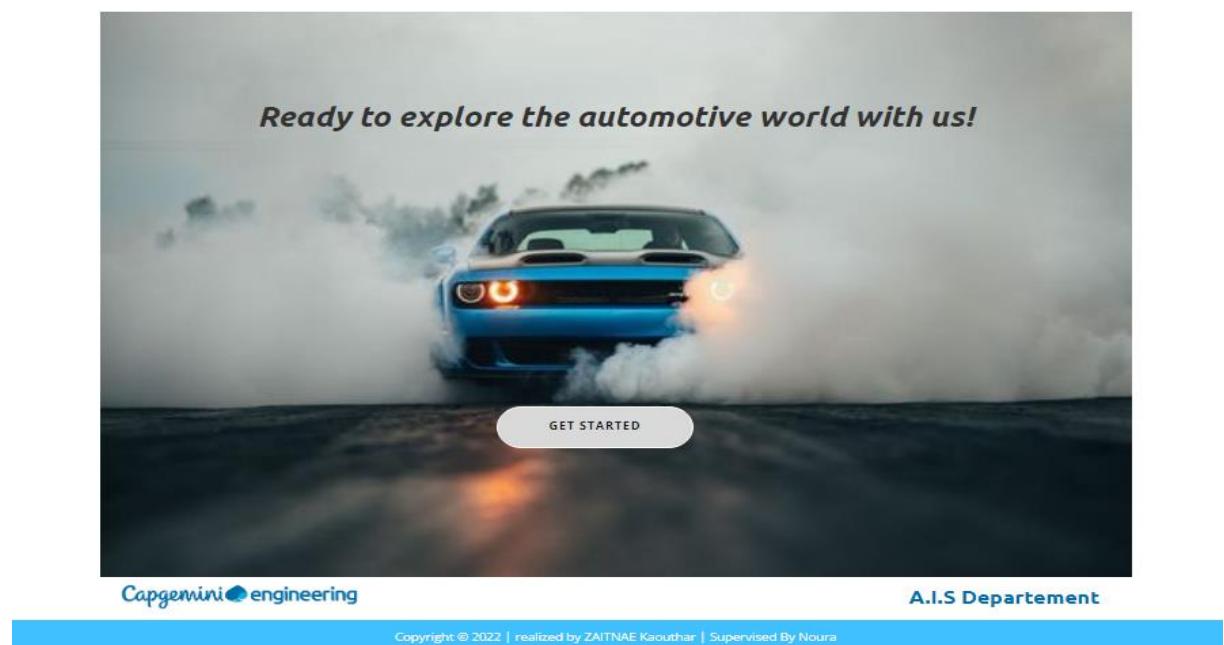


Fig V. 35: Troisième section de la page d'accueil

VII.1.2 Page de formation

Après que l'utilisateur clique sur le bouton « Get Sarted », il accède directement à la page de formation qui contient le modèle 3D et une interface utilisateur comprenant les différents systèmes automobile avec ses différents composants (Fig V.36).

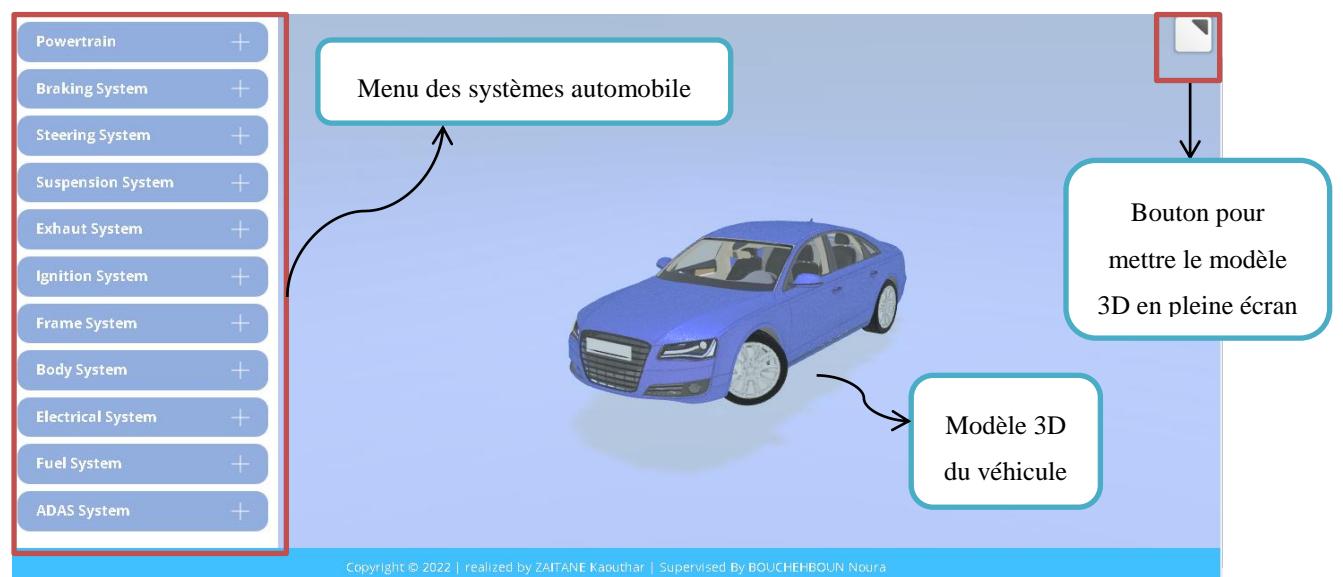


Fig V. 36: Page de formation automobile

VII.1.2.1 Systèmes automobile

Lorsque l'utilisateur accède à la page de formation, il peut consulter selon son besoin le système dont il veut se former. On représente dans les captures d'écran qui suivent les systèmes automobiles qui apparaissent après avoir sélectionné un système parmi eux à partir du menu de l'interface formation, ainsi que la liste des composants qui s'affiche par la suite.

➤ Interface de groupe moteur propulseur

La figure suivante représente l'interface utilisateur de groupe moteur propulseur (Fig V.37) :

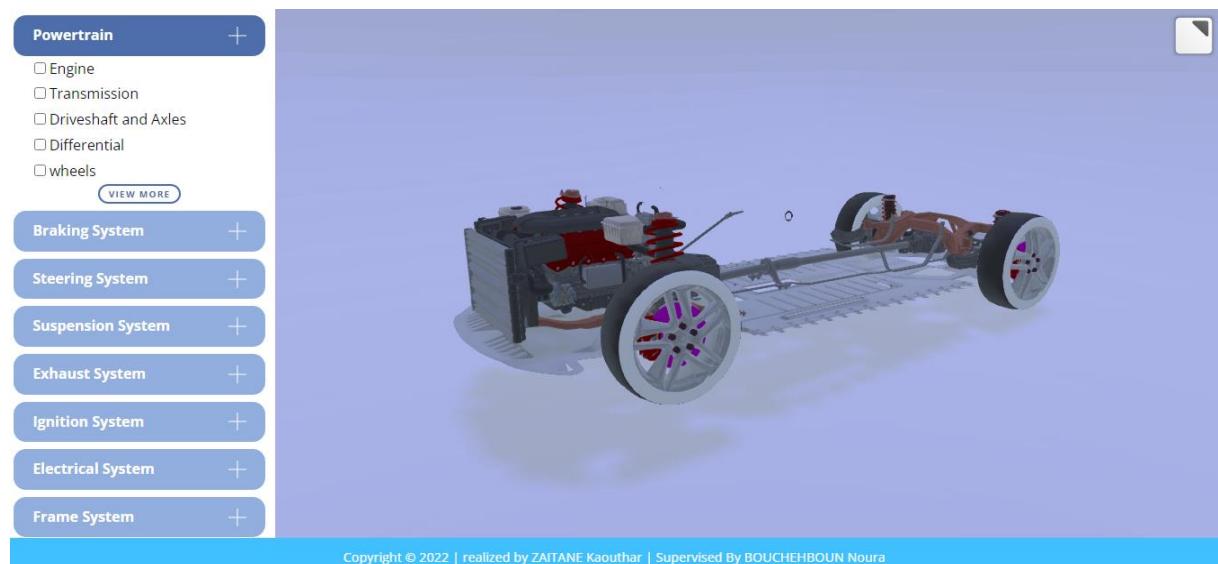


Fig V. 37: Interface GMP

➤ Interface de système de freinage

La figure suivante représente l'interface utilisateur de système de freinage (Fig V.38) :

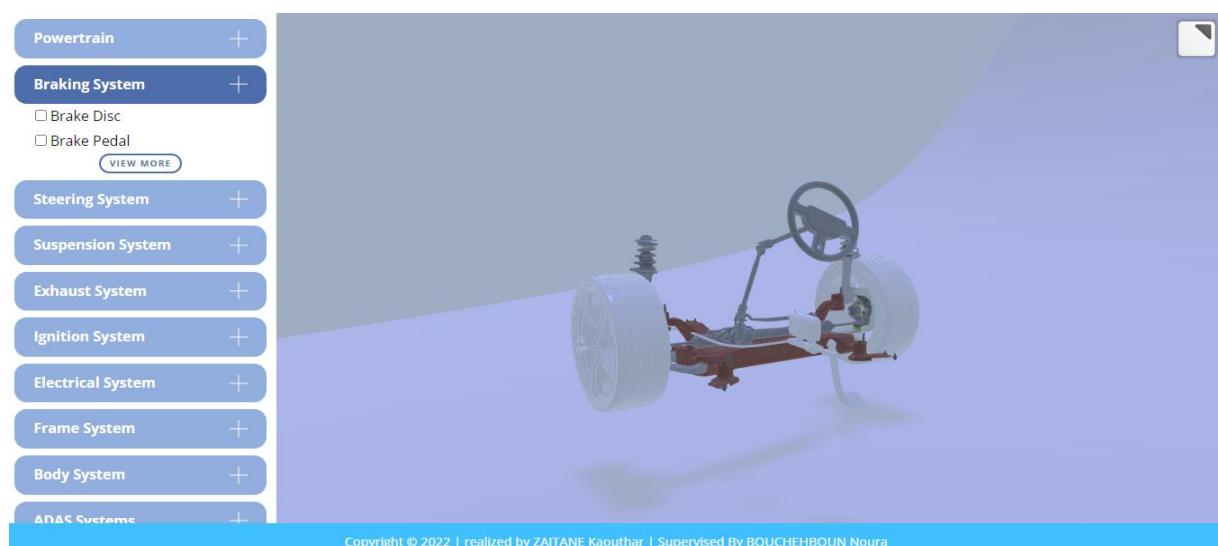


Fig V. 38: Interface système de freinag

➤ Interface de système de direction

La figure suivante représente l'interface utilisateur de système de direction (Fig V.39) :

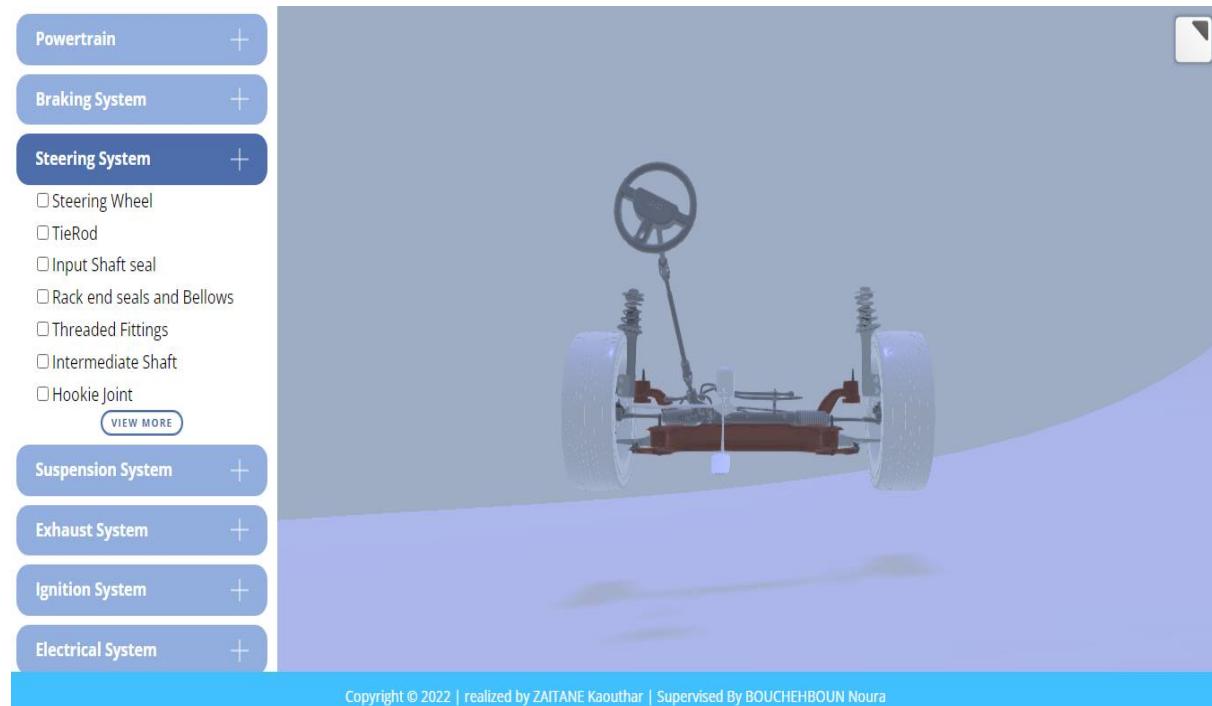


Fig V. 39: Interface de système de direction

➤ Interface de système de suspension

La figure suivante représente l'interface utilisateur de système de suspension (Fig V.40) :

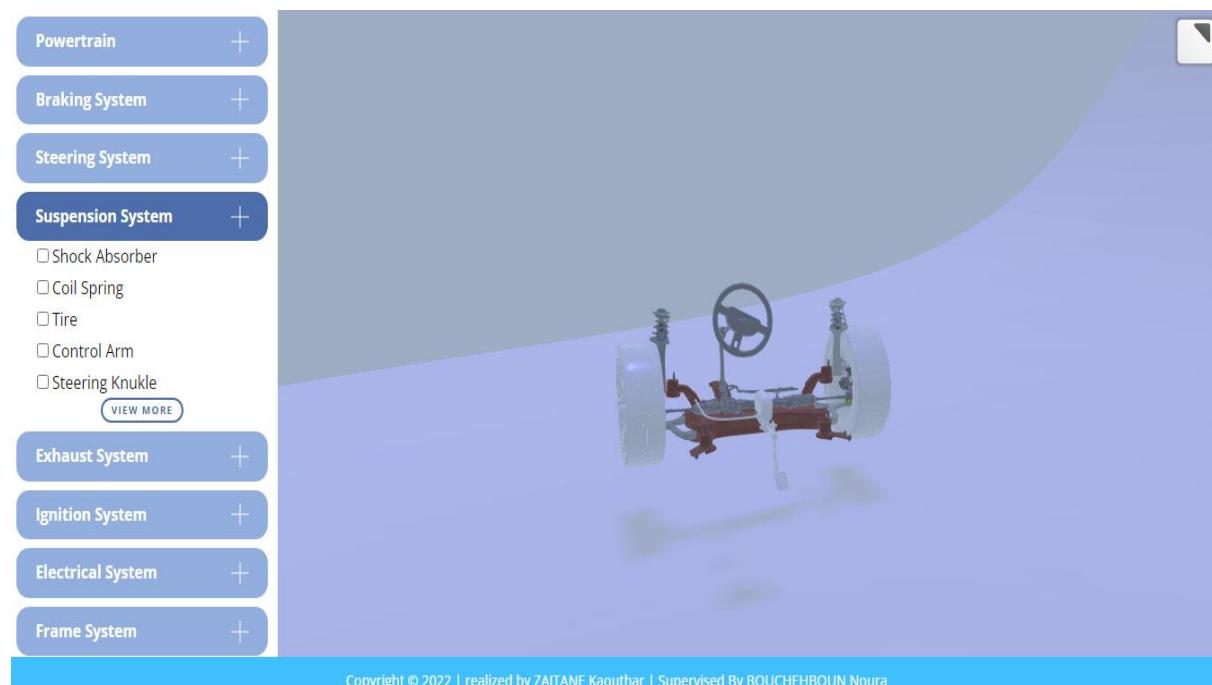


Fig V. 40:Interface de système de suspension

➤ Interface de système d'échappement

La figure suivante représente l'interface utilisateur de système d'échappement (Fig V.41) :

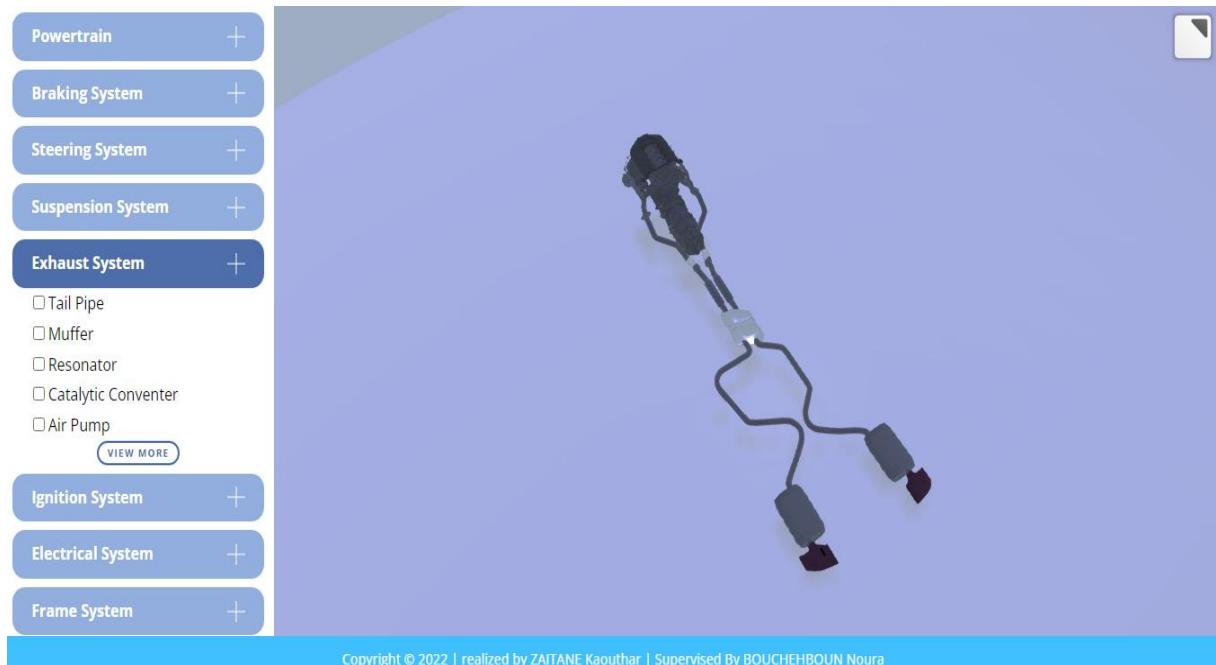


Fig V. 41: Interface de Système d'échappement

➤ Interface de système d'allumage automobile

La figure suivante représente l'interface utilisateur de système d'allumage automobile (Fig V.42) :



Fig V. 42 : Interface de système d'allumage automobile

➤ Interface de système électrique d'automobile

La figure suivante représente l'interface utilisateur de système électrique d'automobile (Fig V.43) :

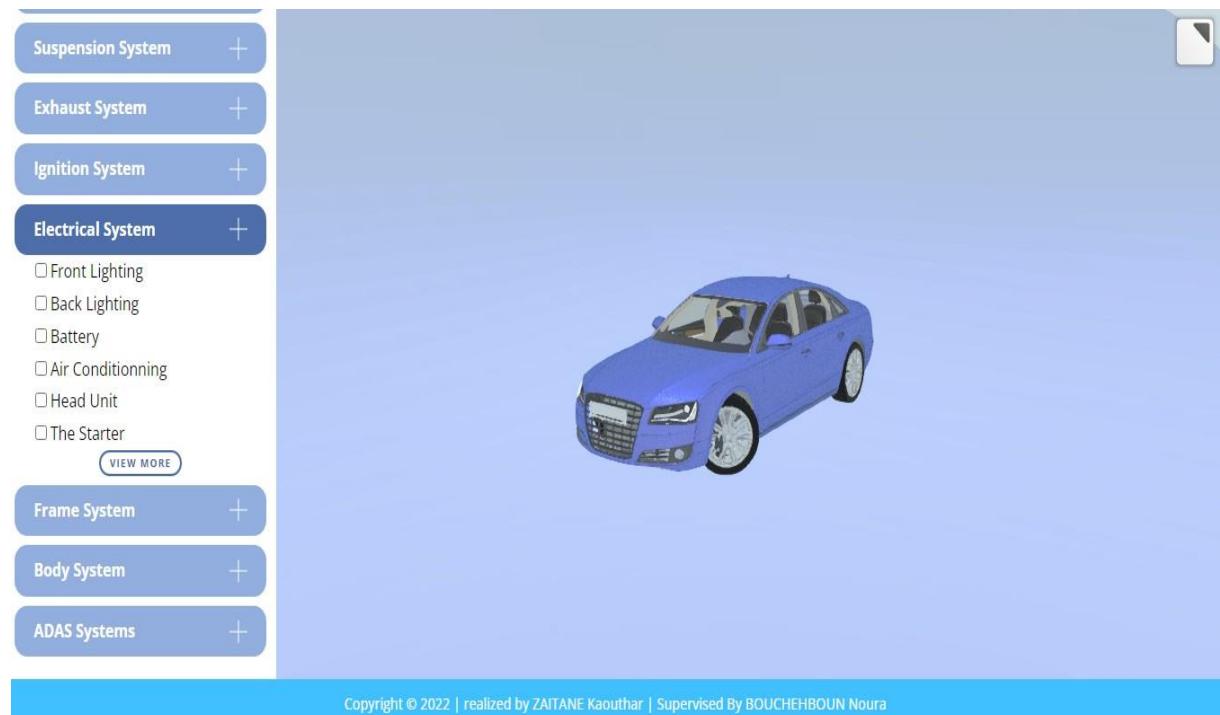


Fig V. 43: Interface de système électrique d'automobile

➤ Interface de système de châssis

La figure suivante représente l'interface utilisateur de système de châssis (Fig V.44) :

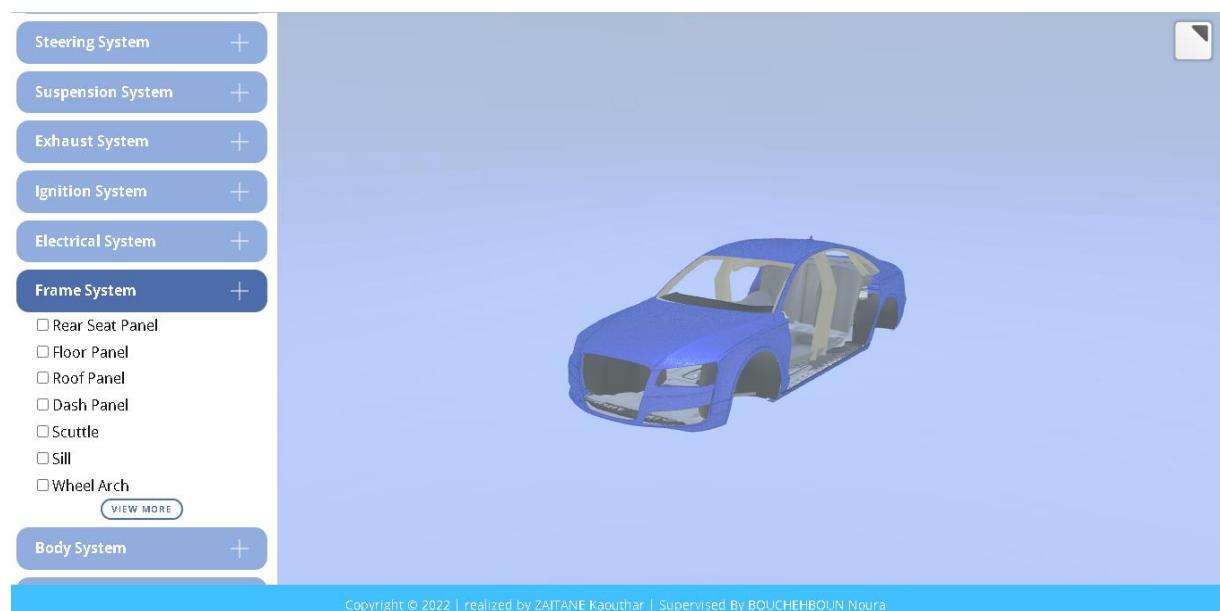


Fig V. 44: Interface de système de châssis

➤ Interface de système de carrosserie

La figure suivante représente l'interface utilisateur de système de carrosserie (Fig V.45) :

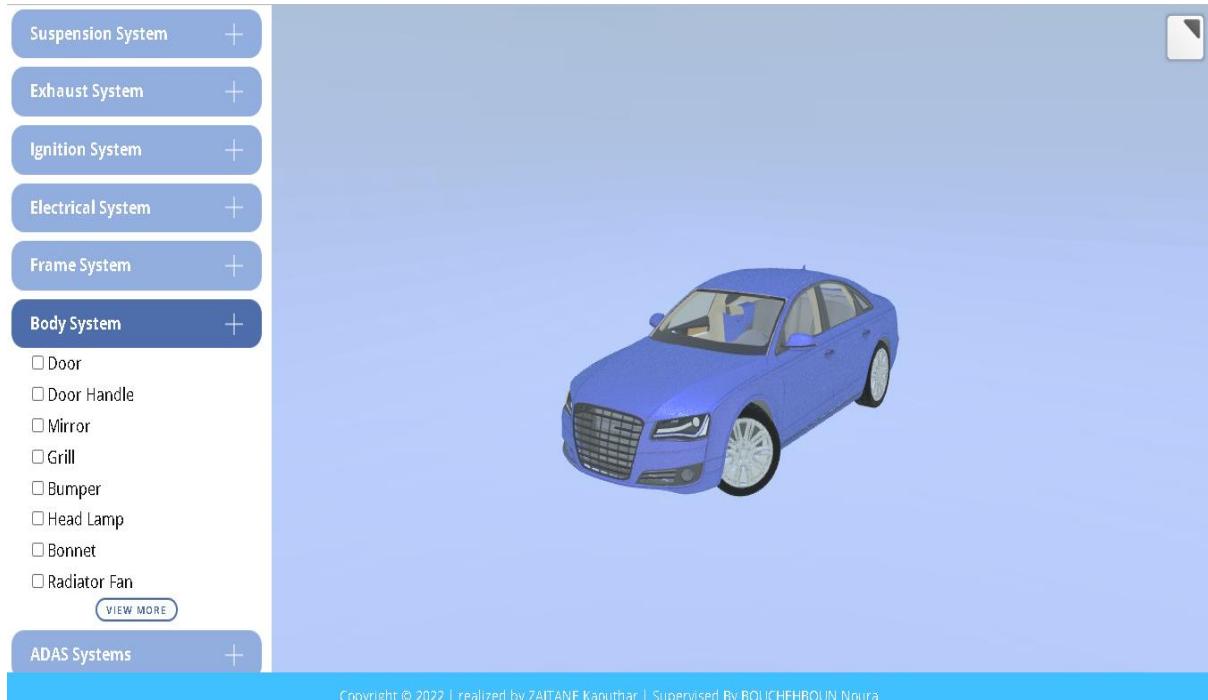


Fig V. 45: Interface de système de carrosserie

➤ Interface des systèmes ADAS

La figure suivante représente l'interface utilisateur des systèmes d'aide à la conduite ADAS (Fig V.46) :

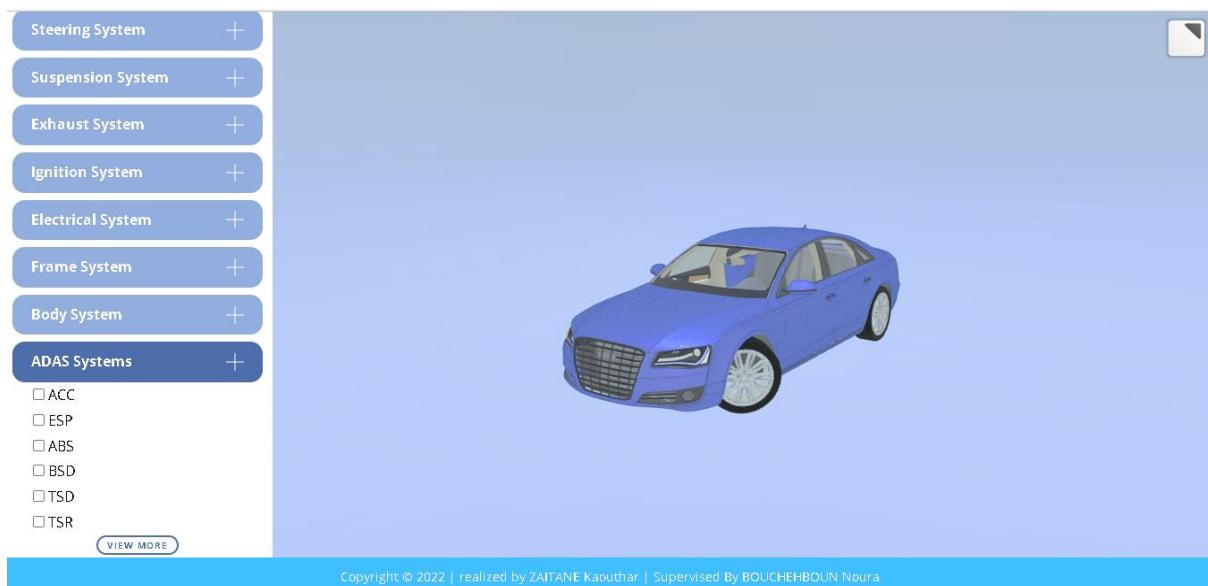


Fig V. 46: Interface des systèmes ADAS

VII.1.2.2 Configuration

Pour montrer les fonctionnalités de la page de formation, on considère que l'utilisateur veut découvrir le système de carrosserie de la voiture, en cliquant sur « **Body system** » dans le menu à gauche de la page de formation, la liste des composantes de ce système s'affiche(Fig V.47), après avoir cocher sur un composant de la liste :

La position de la caméra se change pour la mise en valeur du composant choisi, le système sera sélectionner et un indice d'annotation s'affiche.

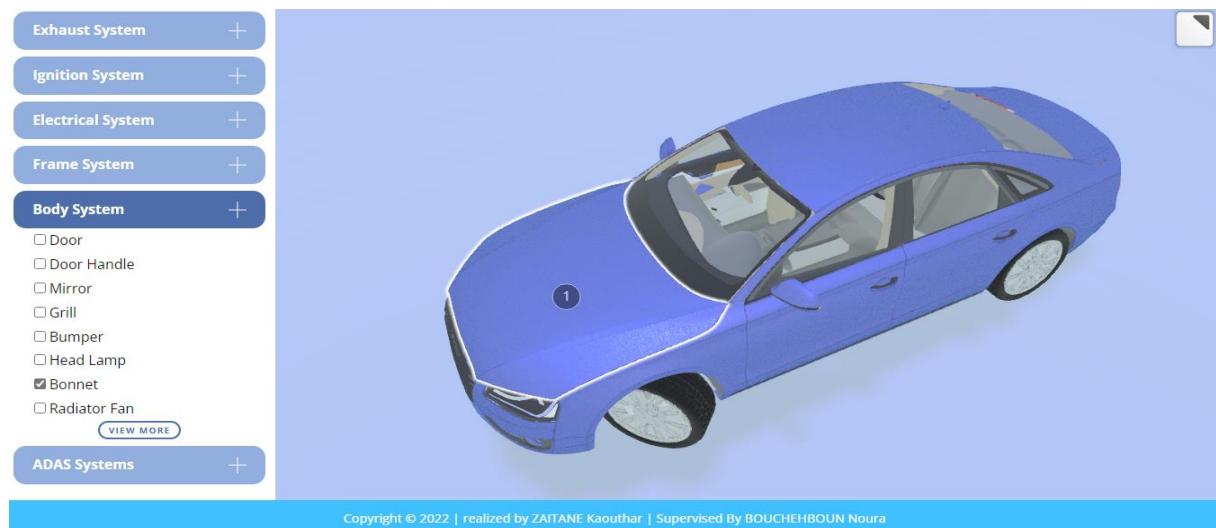


Fig V. 47 : Interface de Body System-bonnet

En cliquant sur l'indice d'annotation le nom de système sélectionné apparaisse pour bien diriger l'utilisateur (Fig V.48).



Fig V. 48 : Interface de Body System-bonnet « Annotation »

En parcourant tous les composants du système qui se trouvent dans la liste, l'utilisateur peut avoir plus de détails sur le système étudié en cliquant sur le bouton « View More » Qui va l'amener à une page descriptive qui décrit en détails le système, son principe de fonctionnement, ses fonctions d'usage, ses différentes parties et composants et finalement ses différents types.

VII.1.3 Les pages descriptives des détails sur les systèmes automobiles

Pour l'acquisition d'une solde compréhension dans l'automobile, l'utilisateur peut aussi avoir plus d'informations sur le système qu'il a choisi en accédant aux pages de descriptions détaillées. À travers ces pages, il aura une idée sur le principe de fonctionnement, les fonctions d'usages, les composants et différents parties du système automobile ainsi que ses différents types (Fig V.49).

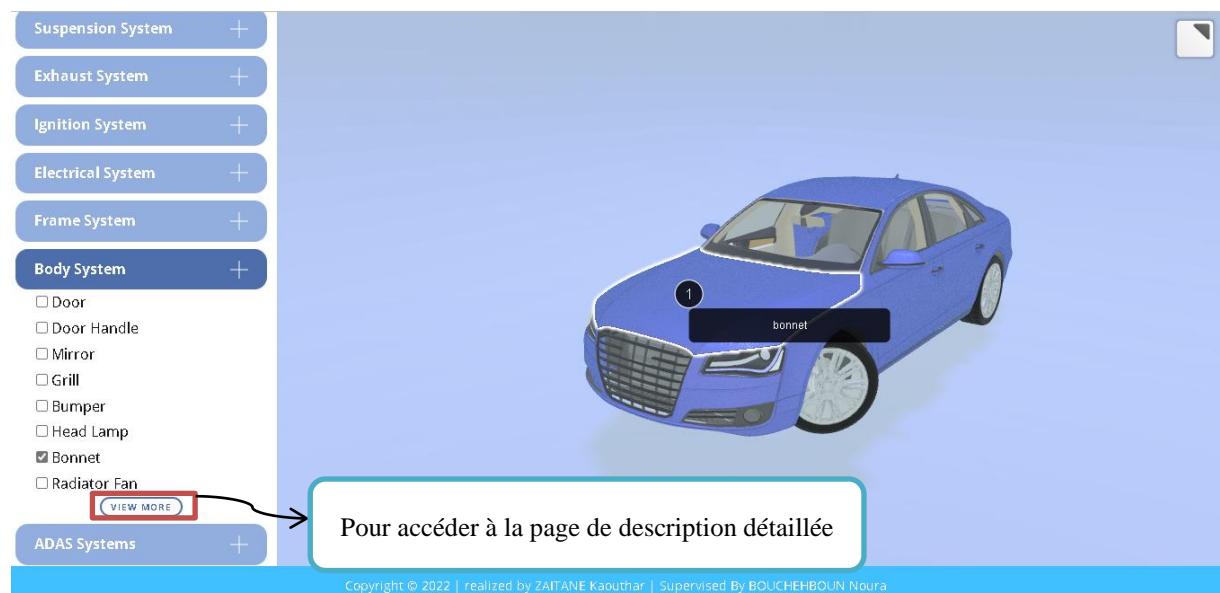


Fig V. 49: Interface de Body System-bonnet « View More »

Quand l'utilisateur clique sur le bouton « **View more** » à la fin de la liste des composants du système de carrosserie de la voiture, Il accède à la page de description qui sera représentée dans les figures suivantes :

La première section de la page (Fig V.50) contient une définition sur le système étudiée, ainsi que son principe de fonctionnement et objectif :

Body System

If the engine is called the heart of the car, then the body is its shell or body. Be that as it may, it is the body that is the most expensive element of the car. Its main purpose is to protect passengers and internal components from environmental influences, placement of seats and other elements.



While the body forms the passenger compartment, offers storage space, and houses the automobile's systems, it has other important functions as well. In most instances, its solid structure protects passengers from the force of an accident. It is an important structural element that secures the vehicle's components, accommodates passengers and cargo in the cabin, and also absorbs all loads while driving.

Fig V. 50: Première section de la page descriptive de détails du système de carrosserie

La deuxième section de la page (Fig V.51) contient les fonctions d'usages du système :

Usage Function

- Helps to reduce the level of wind resistance as the car moves, allowing the driver better handling ability and improving the efficiency of the engine,
- Allows for corrosion resistance and durability due to relatively low mass and rigidity required,
- Offers an optimal shape to ensure the repair and maintenance of all units of the vehicle, easy loading of luggage,
- Provides the required level of comfort for passengers and driver,
- Provides a certain level of passive safety in case of collision,
- While conforming to modern design standards and trends.



Parts of the frame system

The body system on your vehicle consists of the following parts :

<div style="background-color: #002060; color: white; padding: 5px; text-align: center;"> Radiator Supports <p>The vehicle radiator is supported and mounted by a mechanism called radiator support. It is a frame made of steel, plastic, or aluminum that protects the radiator from damage by securing it under the hood of the car. It also houses the condenser assembly and cooling fan system so that they are not damaged while the car is running.</p> </div>	<div style="background-color: #002060; color: white; padding: 5px; text-align: center;"> Bonnet <p>A hood, also known as a bonnet in some other countries, is the front cover that rests over the engine of a front-engined vehicle. The aim is to enable access to the engine for repairs and maintenance. A hidden latch is typically used to hold the hood in place.</p> </div>	<div style="background-color: #002060; color: white; padding: 5px; text-align: center;"> Head Lights <p>Basically, everyone knows the primary function of headlights on cars is to illuminate the road and facilitate fatigue-free driving. There are two types of headlights, low beam and high beam. These headlights are attached to the front end of the vehicle. They allow the driver to see the roadway in the dark, while also indicating to other drivers that a car is present. There are types of lights used in cars and each has its own function.</p> </div>
Bumper <p>A bumper is a structure that is attached to or integrated into the front and rear ends of a motor vehicle to absorb impact in the event of a minor collision and ideally to minimize repair costs. Bumpers ideally minimize differences in height between vehicles and protect pedestrians from injury.</p>		

Fig V. 51: Deuxième section de la page descriptive de détails du système de carrosserie

La troisième section de cette page (Fig V.52) représente les différents parties et composants de ce système automobile ainsi que leurs rôles pour le bon fonctionnement de ce dernier :



Fig V. 52: Troisième section de la page descriptive de détails du système de carrosserie

La configuration des autres systèmes automobile, figurant dans le menu de l'interface de formation se fait de la même manière et on suivant la même démarche. ([Voir Annexe3](#))

VIII. Conclusion

Ce chapitre a mené l'existence de ce qui était conceptuel. En effet il mit l'accent sur notre application web en présentant la conception 3D du véhicule et toutes ses différents systèmes automobile, ainsi que sa mise en réalité et d'interaction pour que l'utilisateur interagi facilement avec la voiture qui est sujet de notre plateforme, en exposant quelques captures d'écran décrivant quelques interfaces de l'application pour bien illustré le travail qui a été fait, et en terminant par des propositions d'utilisation de notre application pour la rendre fonctionnelle.

Conclusion générale et perspectives

Au terme de ce travail, un bilan de ce qui était étudié s'impose. L'objectif de ce stage de fin d'études, qui s'est déroulé au sein de département "AIS " du Capgemini Engineering de Casablanca, est la conception et la réalisation d'une application web e-learning en automobile. Dans ce contexte nous avons cherché à développer une application flexible, efficace et facile à exploiter, mais aussi optimisée et interactive pour tous les navigateurs.

L'accomplissement de cet objectif, a nécessité le passage par plusieurs étapes : Le point de départ était la récolte des informations nécessaires pour dresser un état de l'existant, présenter un aperçu sur la problématique ainsi que l'architecture.

Par la suite, nous nous sommes intéressés à l'analyse et la spécification des besoins qui nous a permis de distinguer l'acteur interagissant avec l'application visée, ainsi que les différents cas d'utilisation de cette plateforme.

Puis, nous avons passé par une étude technique et comparative entre les différentes technologies et outils existent pour justifier le choix de l'environnement de développement et conception de notre application web.

La dernière partie de notre projet était la partie réalisation qui a été consacrée à la présentation des interfaces significatives de notre application.

Nous avons enrichi notre projet par l'étude des tests réels de fonctionnement afin de garantir le bon fonctionnement de notre application et pour proposer d'autres cas d'utilisation de cette plateforme.

Nous avons rencontré quelques difficultés, lors de la réalisation de ce projet. Elles résultent principalement du manque d'expérience et de familiarisation avec les technologies utilisées. Néanmoins, grâce à notre détermination, les formations qu'on a effectué et l'encadrement solide et pointu que nous avons reçus, ainsi que les tâches qui nous ont été assignées en parallèle avec notre projet, nous ont permis de surmonter ces difficultés, d'améliorer nos compétences techniques, et de développer un bon esprit de travail en équipe.

L'apport de ce travail a été d'une importance très considérable, en effet, il nous a permis de suivre une méthodologie de travail bien étudiée et d'approfondir nos connaissances dans le monde de développement des applications ainsi que la conception en 3D. Cette expérience nous a permis de maîtriser le langage UML, l'environnement de développement (HTML5, CSS3, JavaScript...), l'environnement de conception en 3D et intégration des modèles 3D dans le web (Blender, Verge 3D...) sous les quels, le développement et la conception 3D n'ont pas été des tâches faciles, mais nous n'avons pas hésité à y participer. Ajoutant à ceci, la mise en application des connaissances acquises tout au long de nos études. Il nous a donné aussi l'opportunité de s'intégrer réellement dans la vie professionnelle et commencer notre carrière d'une expérience signifiante qui nous aidera certainement à continuer dans la bonne voie.

De nos travaux se dégagent plusieurs perspectives. En effet, la version actuelle de notre application pourra être améliorée à de façon à :

- ☞ Adapter la plateforme à d'autres domaines et secteurs d'activité de capgemini engineering à savoir l'aviation, rail, infrastructures et transport et aussi la science de vie.
- ☞ Ajouter d'autres types de véhicule à savoir l'hybride et l'électrique.
- ☞ Ajouter un espace forum de discussion et partage d'idées pour l'amélioration de la plateforme de formation pour automobile.

Références

✓ BIBLIOGRAPHIE

- [1]. Département des Statistiques des Echanges Extérieurs, « *Automobile-oc-2014.pdf, L'industrie automobile au Maroc.* s.l. », p. 10, 2013.
- [2]. Travail, Organisation internationale de. *wcms_741661*, « *Document d'orientation pour la Réunion technique sur l'avenir du travail dans le secteur automobile* », p. 59, 2021.
- [3]. DEBOIS, Jérôme MAES et François, « La boîte à outils du Chef de projet, Le point sur la méthode SCRUM. », 2013.
- [4]. Technique, Centre d'Instruction, « Technique automobile », 2012. p. 78.
- [5]. Elsevier, « Ebook - Automobile Mechanical and Electrical Systems Automotive Technology Vehicle Maintenance and Repai.. s.l », p. 527 , 2015.

✓ WEBOGRAPHIE

- [6].[En ligne] <https://www.kistler.com/fr/glossaire/terme/groupe-motopropulseur>, consulté en Mars 2022.
- [7].[En ligne] <https://www.ornikar.com/code/cours/mecanique-vehicule/freins>, consulté en Mars 2022.
- [8]. [En ligne] <https://www.ornikar.com/code/cours/mecanique-vehicule/freins>, consulté en Mars 2022.
- [9]. [En ligne] <https://minute-auto.fr/guide/mecanique/les-systemes-de-suspension-d'une-voiture>, consulté en Mars 2022.
- [10]. [En ligne] <https://www.brunswickautomart.com/blog/2018/february/6/a-brief-look-at-your-cars-exhaust-system.html>, consulté en Avril 2022.
- [11]. [En ligne] <https://www.howacarworks.com/basics/how-the-ignition-system-works>, consulté en Avril 2022.

- [12]. [En ligne] mai 2022. <https://studentlesson.com/vehicle-electrical-system-definition-functions-working-components/>, consulté en Avril.
- [13]. [En ligne] <https://www.synopsys.com/automotive/what-is-adas.html>, consulté en Mai 2022.
- [14]. [En ligne] <https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Modelisation-3D.html>, consulté en Mai 2022.
- [15].[En ligne] <https://www.foxrenderfarm.com/share/blender-vs-maya-vs-cinema-4d-which-one-is-the-best-3d-software>, consulté en Mars 2022.
- [16]. [En ligne] <https://www.soft8soft.com/comparing-unity-sketchfab-and-verge3d/>, Avril 2022.
- [17]. [En ligne] <https://www.soft8soft.com/>,consulté Avril 2022.
- [18]. [En ligne] <https://www.pierre-giraud.com/html-css-apprendre-coder-cours/definition-utilisation/>,consulté en Mars 2022.
- [19].[Enligne]https://developer.mozilla.org/fr/docs/Learn/JavaScript/First_steps/What_is_JavaScript,consulté en Mars 2022.

Annexes

Annexe 1 : Sites de formation en conception et développement

☞ Les sites de formation sur les outils de programmation consultés en mars et avril 2022:

[\(https://stackoverflow.com/\)](https://stackoverflow.com/)

[\(https://www.w3schools.com/\)](https://www.w3schools.com/)

[\(https://github.com/ \)](https://github.com/)

<https://openclassrooms.com/fr/>

<https://css-tricks.com/>

<https://jsfiddle.net/>

<https://codepen.io/>

<https://www.geeksforgeeks.org/>

☞ Listes de formation sur les outils de conception 3D et intégration dans le web, consulté en avril, mai et juin 2022 :

<https://www.youtube.com/watch?v=VG PvxErobFE&t=444s>

<https://www.youtube.com/watch?v=KIq2Q-DFCT0>

<https://www.soft8soft.com/>

<https://www.soft8soft.com/docs/manual/en/index.html>

<https://www.soft8soft.com/docs/manual/en/introduction/App-Manager.html>

<https://www.soft8soft.com/docs/manual/en/introduction/Puzzles-Visual-Logic-Editor.html>

<https://www.soft8soft.com/docs/manual/en/introduction/Workflow.html>

<https://www.soft8soft.com/docs/manual/en/blender/Beginners-Guide.html>

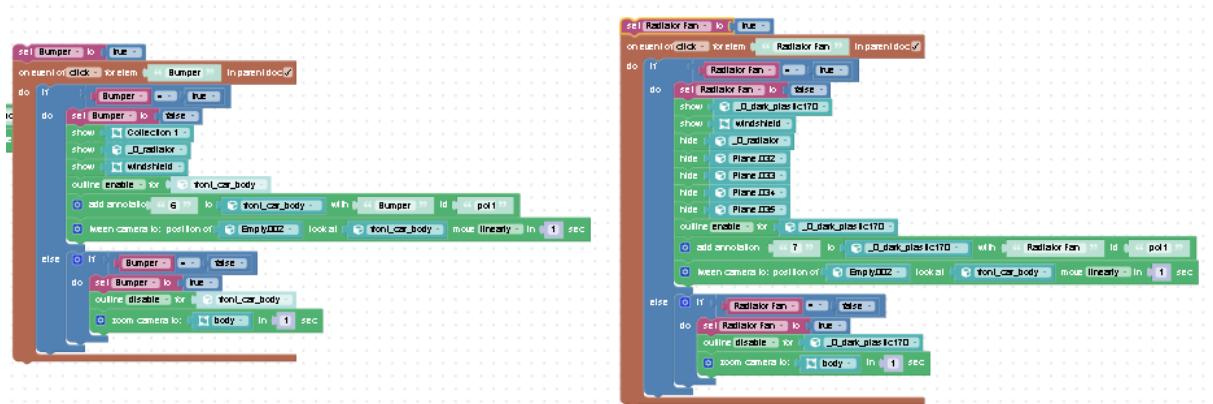
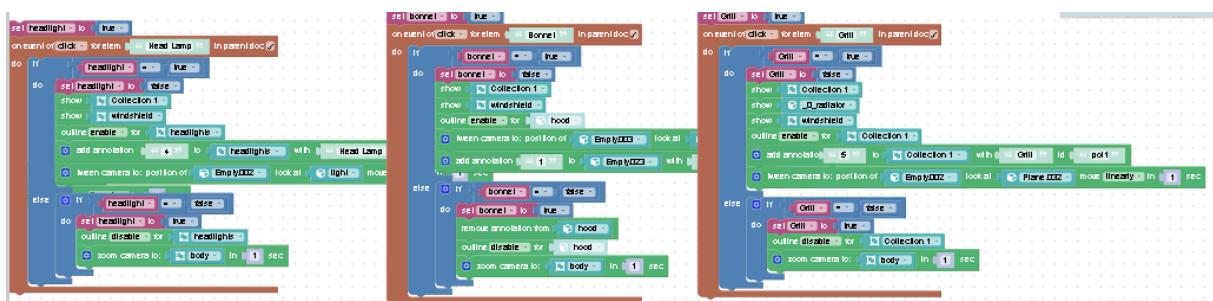
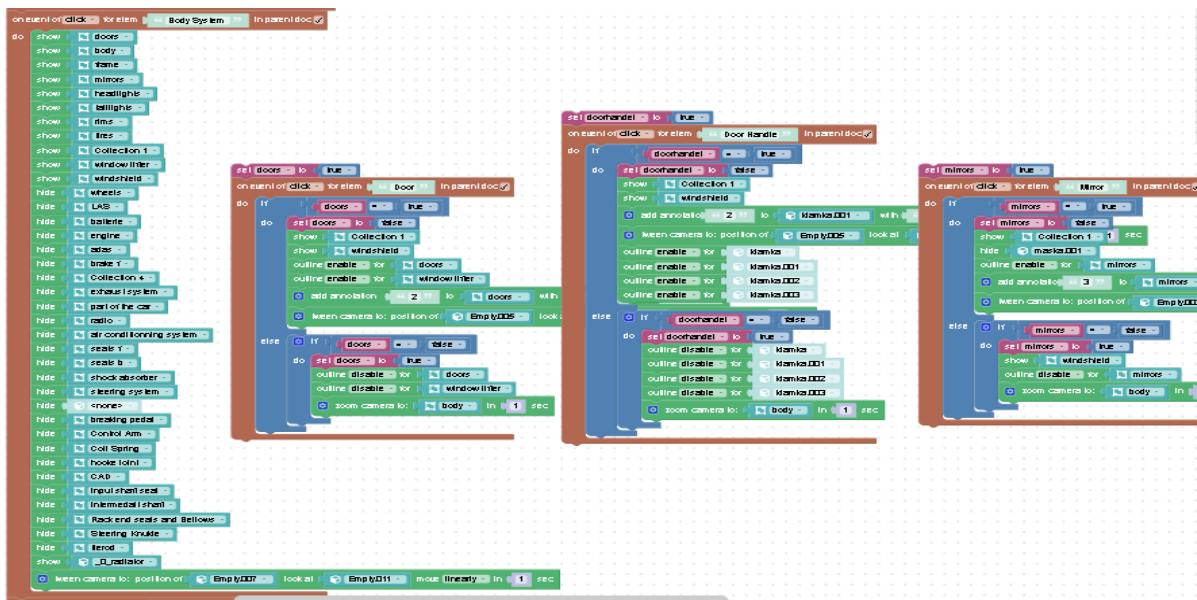
<https://www.soft8soft.com/docs/manual/en/blender/Lighting-and-Rendering.html>

<https://www.soft8soft.com/docs/manual/en/blender/Camera.html>

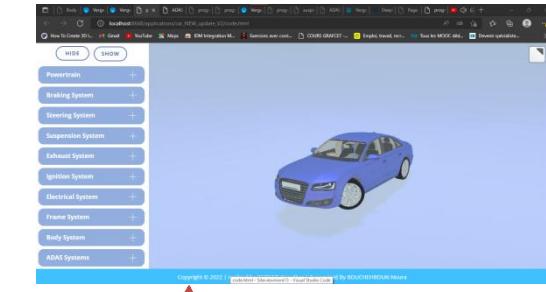
<https://www.soft8soft.com/docs/manual/en/blender/Animation.html>

<https://www.soft8soft.com/docs/manual/en/blender/Transparency.html>

Annexe 2 : Ensemble des Logiques de puzzles pour la structuration de système de carrosserie « Body System »



Annexe 3 : Pages descriptives des détails sur les systèmes automobiles



Parts of the ADAS systems

The ADAS systems on your vehicle consists of the following parts:

- Sensors**
- HD digital video cameras**

Sensors

Sensors are used to ensure that adequate safety measures are taken, based on a specific situation. Which together provide information and redundancy to enhance safety and improve the driver's performance. The standard sensor suite comprises ultrasound, LiDAR, RADAR technologies and visible cameras.

HD digital video cameras

As A pillars, often referred to as windscreen pillars, are the upright stanchions that frame your windscreen. As well as adding extra support to the front end of the vehicle, they also hold the windscreen in place.

Parts of the electrical system

The electrical system on your vehicle consists of the following parts :

- Head Unit**
- Air-Conditioning system**

Head Unit

A car audio system is composed of electronic components such as a radio tuner, processor, CD player. These are housed in a head unit. It controls the overall volume of the system and different audio sources/media players like iPod and can regulate the content of a USB.

Air-Conditioning system

works by manipulating refrigerant between a liquid and a gaseous state. As the refrigerant changes states, it absorbs heat and humidity from the vehicle and allows the system to give off cool, dry air.

car_1.html
ADAS-System.html
Body-System.html
Electrical-System.html
Frame-System.html
Braking-System.html
Steering-system.html
Exhaut-system.html
Fuel-system.html
Ignition-system.html
Powertrain.html
suspension-system.html

Parts of the steering system

The steering system on your vehicle consists of the following parts:

- Steering Wheel**
- Steering Column Or Shaft**

Steering Wheel

Present to control the direction of the car. The driver uses it to steer the automobile.

Steering Column Or Shaft

Fitted inside the hollow steering column. When it's turned, it will also be rotated. Due to this, the motion is transmitted to the steering box.

Parts of the exhaust system

The exhaust system on your vehicle consists of the following parts :

- Catalytic Converter**
- Exhaust Manifold**

Catalytic Converter

It uses a catalyst, or substance such as platinum, palladium, rhodium. It converts the harmful emissions from the engine's combustion chamber into water vapor and carbon dioxide.

Exhaust Manifold

Exhaust manifold is a single part that gathers and delivers the exhaust fumes from our car engine cylinder into the exhaust pipe. It is usually made from cast iron or stainless steel.

Parts of the ignition system

The ignition system on your vehicle consists of the following parts :

- Ignition Switch**
- Battery**

Ignition Switch

One end of the battery is grounded and the other end (positive pole) is connected to the primary winding of the ignition coil via the ignition switch. This switch (key) is used to switch the ignition system on and off.

Battery

A rechargeable lead-acid battery is used to provide electrical energy for ignition in the cylinders. This battery is charged by a dynamo powered by the engine.

Parts of the powertrain system

The powertrain system on your vehicle consists of the following parts :

- Engine**
- Transmission**

Engine

It is the most important part in the system. It is the interconnected part of the fluid flowing circuit that rotates the transmission.

Transmission

It is the power generation procedure from the fuel. It provides the required strength to a vehicle to take up its speed and convert the torque in the wheels.