

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة عين تموشنت بلحاج بوشعيب
Université -Ain-Temouchent- Belhadj Bouchaib
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de génie électrotechnique



Projet de fin d'études
Pour l'obtention du diplôme de Master en :
Domaine : SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE
Filière : Electromécanique
Spécialité : Electromécanique
Thème

Développement de simulation d'un train d'atterrissage d'un avion

Présenté Par :

- 1) Melle CHATIBI SABRINA
- 2) Melle MOKRANE NARDJIS

Devant le jury composé de :

Dr LAKHDARI	UAT.B.B (Ain Temouchent)	Président
Dr T.KEBIR UAT.B.B (Ain Temouchent)	Examinateur
Dr Z.HARCHOUCHE	M C A UAT.B.B (Ain Temouchent)	Encadrant
Dr M.MCIRDI	M C B UAT.B.B (Ain Temouchent)	Co-Encadrante

Année universitaire 2021/2022

REMERCIEMENTS

- Nous tenons à remercier tout particulièrement:

- Notre Encadreur Maitre assistant **Dr.HARCHOUCH Zine El Abidine** et notre Co-Encadreur **Dr.MCIRDI** Maitre de Conférences du Département de Génie électrique de l'Université de Ain Témouchent pour nous avoir guidé tout au long de notre travail, pour leur contribution à notre formation et l'aide apportée pour la réalisation de ce mémoire de Master. C'est grâce à leurs qualités humaines et scientifiques qu'on a pu continuer et mener à bien ces travaux de recherches. Qu'ils trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude.

- Nous adressons nos remerciements les jury de ce mémoire de master

-Mr. LAKHDARI

-Mr.KEBIR

- Un grand merci à tous nos Enseignants et Responsables du département de Génie Mécanique et à tous nos Sincères collègues de la Faculté de Technologie ainsi qu'a tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à notre formation, à l'avancement et réalisation de ce travail de recherche.

DEDICACE :

Grace à Dieu le tout puissant, j'ai achevé la Réalisation de ce modeste travail que je tien très Chaleureusement à le dédier à :

Ma mère chérie et mon père qui m'ont encouragé et soutenu tout au long de mes études et pour leurs patience que Dieu les protègent et les gardes pour moi.

A mes adorables frères et ma nièce « RAZANE », et à mes très chères amies pour tous les moments d'échange et sans oublier mon binôme et ma meilleure amie qui est toujours a mes cotés « NARDJIS ».

SABRINE

Dédicace :

Je dédie ce travail

Surtout à Mes Parents, ma mère et mon père pour leur soutien, leur affection et surtout leur patience

A mon frère Sami et ma petite sœur Najwa

A toute ma famille

A ma chère amis avant d'être binôme « Sabrina » que m'as beaucoup aide

A tout les fonctionnels de notre faculté qui m'ont vraiment aide d'une manière ou d'autre, pendant des années et surtout mon encadreur Mr. Harchouche, qui m'as aide

A tout mes amis surtout les plus proches.

NARDJIS

Résumé

Dans ce travail on va présenter une étude de simulation numériques du train d'atterrissage en utilisant le logiciel de simulation Matlab. Pour cela notre travail est divisé entre deux parties. La première partie sera de calculer les dimensions des composants et la simulation d'un train d'atterrissage. Ces dimensions sont représentées par des calculs des éléments nécessaires et des vérifications. Dans la deuxième partie de ce travail chaque partie du train d'atterrissage a été construite indépendamment à l'aide de SolidWorks. L'assemblage des parties a été fait en utilisant 'SolidworksAssembly'. Ensuite, le logiciel Matlab a utilisé à partir de l'outil SimMechanics pour faire la simulation de la partie mécanique - Vérin de verrouillage en position base- Vérin de verrouillage de la biellette- Contrefiche principal- Compas principal- Roue-. Cela conduit au contrôle du train d'atterrissage. Ensuite, la simulation de la pompe hydraulique et vérin hydraulique du train d'atterrissage va être réalisée à l'aide de l'outil Simscape multibody physical. La combinaison entre ces modèles afin de simuler l'actionneur en boucle fermée qui se compose d'un distributeur proportionnel à 4 voies entraînant un vérin hydraulique à double effet.

Mots-clés : Train d'atterrissage, Matlab, SolidworksAssembly, vérin hydraulique, simulation numériques.

Abstract

In this work we will present a numerical simulation study of the dynamics of the landing gear using the Matlab simulation software. For this our work is divided between two parts. The first part will be to calculate the dimensions of the components and the simulation of a landing gear. These dimensions are represented by calculations of the necessary elements and verifications. In the second part of this work each part of the landing gear has been built independently using SolidWorks. The assembly of the parts was done using 'SolidworksAssembly'. Then, the Matlab software used part of the SimMechanics tool to simulate the mechanical part - Locking cylinder in base position - Linkage locking cylinder - Main strut- Main compass- Wheel-. This leads to the control of the landing gear. Then, the simulation of the hydraulic pump and the hydraulic cylinder of the landing gear will be carried out using the Simscape multibody physical tool. The combination between these models in order to simulate the closed loop actuator which consists of a proportional valve to 4-way driving a double-acting hydraulic cylinder.

Keywords: Landing gear, Matlab, SolidworksAssembly, hydraulic cylinder, numerical simulation.

Sommaire

Remerciements.....	I
Dédicace.....	II
Résumé.....	IV
Sommaire.....	VI
Liste	VIII
figures.....	

Introduction générale

Introduction générale	1
-----------------------------	---

Chapitre I

I.1. Introduction.....	3
I.2 Généralité sur l'avion.....	3
I.3 Définition	4
I.4 Histoire de l'aviation	5
I.5 Alberto Santos_Durnont.....	6
I.6 Le principe de l'avion.....	7
I.7 Les différents types d'avions.....	7
I.7.1 Les avions de sport et de loisirs.....	7
I.7.2 Les avions commerciaux.....	8
I.7.3 Les avions de service dive	9
I.7.3.2 Les avions armes.....	10
8.1 Les composants d'un avion.....	10
I.8 .1. Cellule.....	11
I.8.1.1 fuselage	11
I.8.1.1.1 Fuselage avant.....	11

I.8.1.1.2 Fuselage central	12
I.8.1.1.3 Fuselage arrière	13
I.8.1.2 des ailes ou voilure	14
I.8.4 Aileron.....	14
I .8.1.3/les nacelles des réacteurs	14
I.8.1.4Les empennages	15
I.8.1.5train d'atterrissage.....	15
I.8.1.6 gouvernes de vol	16
I.6.1.6.1 La gouverne de direction	17
I.8.1.6.2 La gouverne de profondeur	18
I.8.2groupe motopropulseur	18
I.8.2.1Types de moteurs d'avion.....	19
I. 8.3 commandes de vol	19
I.8.4 Post de pilotage	19
I.8.5 Servitudes de bord	20
I.8.6 Avionique.....	20
I.8.6.1 Les éléments de l'avionique	21
I.8.7 emports internes ou externes.....	21
I.9 Conclusion.....	21

Chapitre II

II.2 Introduction	23
II.2Généralité.....	23
II.3L'histoire	24
II.4Fabriquant	24
II.5 Évolution des trains d'atterrissage	24
II. 6Les compositions du train d'atterrissage.....	25
II.7Les différentes sortes d'un train d'atterrissage	26
II.7.1Train d'atterrissage classique.....	26
A /Roulage	27

B/Décollage	28
C/Atterrissage	28
II.7.2 train d'atterrissage tricycle	28
II.7.2.1 Avantages du train tricyc.....	29
II.7.2.2 Inconvénient du train tricycle.....	29
II.8 Roles du train d'atterrissage	31
II.9 Les efforts du train d'atterrissage	31
a) Les forces massiques	31
b) Les forces de liaison	31
c) Les forces de contact	31
II.10.Les freins de train d'atterrissage	31
a) L'action des freins	32
a.1 Simultanément	32
a.2 Différentielle ment	32
b) Les différents types de freins.....	33
b.1 Les freins à mâchoires.....	33
b.2 Les freins à disques	34
II.11Les amortisseur.....	34
II.11 .1 Les types d'amortisseurs	34
II.12.Les principaux éléments structuraux	35
II.13 Structure d'un train d'atterrissage	35
II.14 Conclusion.....	36

Chapitre III

III.3 Introduction	37
III.2 Parametres des verins.....	37
III.2.1Moteur hydraulique.....	37
III.3Détermination des appareils moteurs.....	37
III.4Vérin A	37
III. 4.1.1 Paramètres du vérin A	37
III.4.1.2 Caractéristiques.....	37

III.4.1.3 Détermination de la tige du vérin	38
III.4.1.3.1 Calcul de la longueur libre du flambage	39
III .4.1.3.3 Longueur libre	40
III.4.1.4Le choix de Vérin A : ($\varnothing 40 * 22$).....	41
III.5 Vérin B	41
III .5.1 Paramètres du vérin B	41
III.5.2 Caractéristiques	41
III.5.3 Détermination de la tige du vérin.....	42
III.5.3.1Calcul de la longueur libre du flambage.....	42
III.5.3.2Coefficient du mode de fixation.....	42
III.5.3.3Le mode de fixation du vérin	42
III.6Moteur hydraulique	44
III.6.1 Paramètres du moteur hydraulique	44
III.6.2 Détermination de la cylindrée	44
III.6.5 Détermination des débits	46
III.6.5.1 Détermination des débits de vérins A et A '	46
III.6.5.2 Détermination des débiT...47	
III.6.6Détermination de la pompe hydraulique	47
III.6.7 Détermination du rendement volumétrique	50
III.6.8 Détermination du rendement totale	50
III.6.9Détermination de la puissance du moteur électrique	50
III. 6.10Conclusion	50

Chapitre IV

IV.1 Introduction	51
IV.2 Conception 3D	51
IV.2.1 Vérin de verrouillage en postion base	51
IV.2.2 Vérin de verrouillage de la biellette	52
IV.2.3 Contrefiche principal	52

IV.2.4 Compas principal	53
IV.2.5 Roues.	53
IV.2.6 Conception du train d'atterrissage en 3D.	54
IV.3 Simulation du train d'atterrissage.	55
IV.4 Simulation du train d'atterrissage	55
IV.4.1 Simulation de la partie mecanique.	56
IV.3.2 L'interfaçage du SolidWork avec SimMechanics.	57
IV.4.3 L'interfaçage du SolidWork avec SimMechanics pour du train d'atterrissage.	58
IV.4.4 Simulation du systeme hydraulique.	59
IV.5.4 Combiner les modèles.	60
IV.5 Cinématique du train.	61
IV.5.1 Cinématique du train principal.	62
IV.5.2 Atterrisseur principal verrouillage haut.	63
IV.5.3 Sortie de l'atterrisseur principal.	64
IV.5.4 Orientation du train principal.	65
IV.6 Résultats de la simulation	66
IV.6.1 Résultats de la simulation.	66
IV.7 Conclusion.	74

Conclusion générale

Conclusion générale.	75
------------------------------	----

Références bibliographique

Références bibliographique	76
--------------------------------------	----

Listes des figures

Figure I.1 : L'avion	5
Figure I.2: Alberto Santos_Durnont	6
Figure I.3: les avions de sport et de loisirs.....	8
Figure I.4 : Les avions commerciaux.....	8
Figure I.5 :Les avions civile	9
Figure I.6 : Les avions armes.....	10
Figure I.7 : Composants d'avion.....	11
Figure I.8 : Les nacelles des réacteurs.....	15
Figure I.9 : train d'atterrissage	16
FigureI. 10: Les axes de gouvernes de vol	17
Figure II.1 : Train d'atterrissage.....	23
Figure II.2 : Train d'atterrissage classique	27
Figure II.3 : train d'atterrissage tricycle	29
Figure II.4 Le train monotrace.....	30
Figure II.5 : Freins du train principal.....	34
Figure III.1 : Choix du mode de fixation.	39
Figure III.2 : Diamètres des vérins A, A'	39
Figure III.3 Abaque de flambage (Vérin A et A') :.....	40
FigureIII. 4 : Diamètre de vérin B.....	42
Figure III.5 : Abaque de flambage de vérin B	43
FigureIII.6 Abaque des caractéristiques du moteur hydraulique:.....	45
Figure III.7: Catalogue du constructeur Eaton	45
Figur III .8: Catalogue du constructeur HYDRO LEDUC.....	48
Figure III.9 : Caractéristiques de la pompe à piston HYDRO LEDUC	49
Figure IV.1 :Vérin de verrouillage	52
Figure IV.2 : Vérin de verrouillage de la biellette	52
Figure IV.3 :. Vérin de verrouillage.....	53
Figure IV.4 : Vérin de verrouillage.....	53
Figure IV.4 Roues.....	54
Figure IV.6 :Train d'atterrissage.....	54
Figure IV.7 : Organigramme	56
Figure IV.8 : Schéma de conversion de CAO assemblage pour le modèle SimMechan.....	57
FigureIV. 9 Modèles SimMechanics de l assemblage de CAO du train d'atterrissage avec les vérin.....	58
Figure IV.10 : Visualisation de la partie mécanique	59
Figure IV.11 : Simulation le système hydraulique- Simscape multibody physical	60
Figure IV.12 : Combiner les modèles.....	61
Figure IV.13 :Train d'atterrissage.....	62
FigureIV. 14 : Sortie de l'atterrisseur.....	64
Figure IV.15 : Orientation du train.....	66
Figure IV.16: Vitesse du vérin en fonction du temps.....	66
Figure IV.17 : Variations de pression du vérin 1 en fonction du temps.....	67
Figure IV.18 : Variations de force appliquée en fonction du temps	68
Figure IV.19 : Potentiel hydrique- chambre à pression - en fonction du temps.....	68
Figure IV.20 : Variations de volume en fonction du temps.....	69

Figure IV.21: Variations de positions du vérin 2 en fonction du temps.....	70
Figure IV.22 : Vitesse du vérin en fonction du temps.....	70
Figure IV.23 : Vitesse du vérin en fonction du temps.....	71
Figure IV.24 : force du vérin en fonction du temps.....	72
Figure IV.25 : Potentiel hydrique- chambre à pression - du vérin 2 en fonction du temps.....	72
Figure IV.26 : Variations de volume en fonction du temps.....	73

Introduction générale

Introduction générale

Les fonctions principales d'un train d'atterrissage consistent à permettre les évolutions au sol d'un aéronef. Ces évolutions comprennent les manœuvres de roulage entre les différents emplacements d'un aérodrome (remorquage, taxi...), la course de décollage, l'amortissement de l'impact d'atterrissage, et, grâce à un système de freinage associé, l'arrêt de l'aéronef sur une distance acceptable.

Le train d'atterrissage est généralement de type fixe ou rétractable. S'il ne rétracte pas pendant les phases de vol, il est dit « fixe ». S'il est rétractable, il est escamoté à l'intérieur de l'aéronef pendant le vol pour diminuer sa résistance aérodynamique et ainsi diminuer la traînée qui affecte l'avion. Il est alors replié dans le logement de train d'atterrissage, qui peut se trouver dans le fuselage ou dans les ailes, si l'aéronef est un avion.

Le train d'atterrissage peut parfois être équipé de skis ou de flotteurs si l'appareil doit amerrir ou atterrir sur la neige. Certains appareils sont également équipés de patins métalliques, qui ralentissent l'aéronef par friction avec le revêtement de la piste.

Le manuscrit de cette mémoire se décompose en quatre chapitres :

Dans le premier chapitre, on va définir certains concepts fondamentaux liés à l'aéronautique en général. Et nous présentons l'histoire de l'aviation et le domaine de l'aéronautique, le principe de l'avion et aussi on va parler sur les différents types d'avions telle que Aéronefs de sport et de loisirs généralement désignés par aviation légère, Aéronefs commerciaux, Aéronefs de services divers et Aéronefs à usage militaire. D'autre part, nous présentons la fabrication de l'avion et ces composants principaux.

Le deuxième chapitre de ce mémoire porte sur généralité de train d'atterrissage d'un avion avec l'histoire, le fabricant et son évolution dans le temps ainsi que les composantes du train tel que les freins et les amortisseurs et ses types .

Dans le troisième chapitre ,on va représenter les dimensions des composante d'un train d'atterrissage avion de transport -éléments hydraulique les vérins et la pompe-Ces dimensions sont représentés par des calculs des éléments nécessaires et des vérifications .

le quatrième chapitre est divisé en trois parties, la première partie concerne la présentation des conceptions du train d'atterrissage avion de transport en tenant en compte tous calculs qui a été déterminé dans le chapitre précédent. Dans cette partie ,chaque partie du train d'atterrissage sera construite indépendamment à l'aide de SolidWorks. L'assemblage des

parties aura fait en utilisant 'SolidworksAssembly'. Dans la deuxième partie de ce chapitre, la simulation du train d'atterrissage sera représentée. Pour cela la simulation de la pompe hydraulique du train d'atterrissage va être réalisée à l'aide de l'outil Simscape multibody physical puis la simulation du train d'atterrissage avec le vérin dans le logiciel MATLAB sera faite à l'aide de SimMechanics. La combinaison de ces modèles afin de simuler le actionneur en boucle fermée qui se compose d'un distributeur proportionnel à 4 voies entraînant un vérin hydraulique à double effet.

CHAPITRE I

Généralité sur les composons d'avion

I.1 Introduction :

Dans ce chapitre, on va définir certains concepts fondamentaux liés à l'aéronautique en général. Et nous présentons l'histoire de l'aviation et le domaine de l'aéronautique, le principe de l'avion et aussi on a parlé sur les différents types d'avions telle que Aéronefs de sport et de loisirs généralement désignés par aviation légère, Aéronefs commerciaux, Aéronefs de services divers et Aéronefs à usage militaire. D'autre part, nous présentons la fabrication de l'avion et ces composants principaux.

I.2 Généralité sur l'avion :

L'avion a ouvert un espace de liberté, associé dès le départ à la transgression (Icare), mais les choses ont évolué très rapidement.

Il est loin le temps des merveilleux fous volants où l'on pouvait bricoler un aéronef problématique dans son garage et se poser dans la cour d'un château pour s'y faire inviter à prendre le thé. La règle est venue rapidement contrarier le plaisir,

l'« étrange bonheur de voler » évoqué dans le livre de Catherine Maunoury, plaisir qui avait un prix comme en témoigne la longue liste de ceux qui en sont morts.

Nous vivons maintenant dans un monde aéronautique où tout ce qui est amusant (vol à basse altitude, atterrissage en campagne) est interdit ou *confiné*, au moins dans notre vieille Europe où prolifèrent zones interdites et zones réglementées, et où la prise de risque est quantifiée et encadrée faute de pouvoir l'interdire.

Passée la période romantique de l'après-guerre qui a vu fleurir d'innombrables prototypes qui ont fait beaucoup de victimes, il a fallu biaiser et ne plus faire dans l'avion que ce que l'on pouvait faire au sol. La technique le permettant, on a vu apparaître des entraîneurs au vol où l'on pouvait apprendre les procédures, puis les simulateurs de plus en plus perfectionnés permettant d'explorer des manœuvres potentiellement dangereuses, de choisir la météorologie adaptée aux besoins de l'entraînement et de ne pas faire de bruit autour des aéroports.

Avec la montée en puissance du calcul numérique, on a pu reproduire les qualités de vol de l'avion et l'environnement avec une telle perfection que les pilotes de ligne expérimentés sont qualifiés sur un nouvel avion sans avoir effectué une seule heure de vol dans l'avion. Mieux encore, avant le premier vol d'un avion nouveau, on fabrique maintenant un simulateur

permettant de prédire et donc de corriger le comportement de l'avion et de ses principaux circuits.

L'avion virtuel a supplanté l'avion réel jusque dans des jeux permettant de piloter tous les types d'avion et même de combattre d'autres avions virtuels. Les avions sans pilotes qui participent activement aux opérations en Irak sont maintenant pilotés par de jeunes gens confortablement installés dans un fauteuil quelque part en Floride.

Dans le même temps la relation entre l'homme et l'avion a évolué. À l'origine, il y avait ce que Sébastien Perrot a appelé « l'aviation du corps ». Il fallait de l'habileté et même de la force, il fallait aussi sentir les réactions de l'avion, ce que l'on appelait « le pilotage aux fesses ».

Lorsque les efforts ont commencé à dépasser les possibilités des pilotes, après avoir épuisé toutes les ressources des compensateurs et autres aides aérodynamiques, on a introduit des servocommandes qui ont supprimé la relation physique avec le comportement de l'avion. Il a fallu créer des efforts artificiels pour la remplacer. On est passé ensuite aux servocommandes électriques. Le passage de l'analogique au numérique a permis d'intercaler un calculateur entre les mains du pilote qui modifie dans certaines circonstances l'intention du pilote de l'action sur les gouvernes pour, par exemple, l'empêcher de sortir du domaine de vol autorisé.

[1]

I.3 Définition :

Un avion selon définition officielle de l'organisation de l'aviation civile internationale (OACI), est un aéronef plus lourd que l'air, entraîné par un organe moteur (dans le cas d'un engin sans moteur, on parlera de planeur), dont la sustentation en vol est obtenue principalement par des réactions aérodynamiques sur des surfaces qui restent fixes dans des conditions données de vol.

Celui ou celle qui le dirige est appelé pilote ou aviateur/aviatrice.

Lorsque la sustentation en vol est obtenue par des réactions aérodynamiques sur des surfaces en mouvement, généralement une ou plusieurs hélices principales dont les axes sont verticales,

L'appareil est alors un hélicoptère ou un hydroptère, selon que la surface porteuse est animée par un moteur ou non [2].



Figure I .1 : L'avion

I.4 Histoire de l'aviation :

La création du mot "avion" revient à Clément Ader, qui emploie ce terme dès 1875, avant de le déposer en 1890. L'origine de ce mot serait un sigle : Appareil Volant Imitant un Oiseau. Mais il peut également venir du latin "avis" qui signifie oiseau.

Cette appellation était à la base un nom propre qui servait désigner ses propres appareils. Ce n'est qu'en 1912 qu'il fut décidé officiellement d'appeler aussi "avions" les appareils militaires. Le terme "aéroplane" qui désignait les appareils civils, est rapidement tombé en désuétude pour laisser place à son tour à l' "avion" de Clément Ader [3]

L'avion est vieux de plus de 120 ans, il a vu le jour en 1890. Il a ceci de particulier qu'on lui reconnaît plusieurs contributeurs et non un seul inventeur.

L'inventeur et ingénieur français Clément Agnès Ader est considéré comme étant le premier homme à avoir fait décoller une machine plus lourde que l'air. Avec un moteur à vapeur, il l'avait fait voler à 20 cm du sol sur une cinquantaine de mètres. C'était en 1890. Parmi les autres contributeurs, on notera l'allemand Otto Lilienthal qui a réussi à planer sur 400 mètres

avec un appareil fait en bambou et en coton, et le franco-brésilien Alberto Santos Dumont qui a travaillé à rendre les ballons manœuvrables.

Parmi les autres contributeurs, on notera l'allemand Otto Lilienthal qui a réussi à planer sur 400 mètres avec un appareil fait en bambou et en coton, et le franco-brésilien Alberto Santos Dumont qui a travaillé à rendre les ballons manœuvrable.

Mais ce sont les frères Wilbur et Orville Wright qui effectuèrent le premier vol contrôlé à bord d'un avion en 1903. Cela a précipité l'évolution de l'aviation vers celle que nous connaissons aujourd'hui. [4]

I.5 Alberto Santos_Durnont:

Alberto Santos-Dumont, né le 20 juillet 1873 à Palmira aujourd'hui ville de Santos Dumont Brésil et mort le 23 juillet 1932 à Guarujá dans ce même pays, est un pionnier brésilien de l'aviation à qui de nombreux experts attribuent le premier vol réussi d'un avion.

Santos-Dumont passe la majeure partie de sa vie en France, où il construit de nombreux ballons qu'il pilote ; il conçoit et pilote également un des premiers dirigeables. Attiré par le « plus lourd que l'air », il effectue les premiers vols sur son avion 14 Bis, à Bagatelle près de Paris, ce qui lui permet de réaliser le premier vol public d'un avion le 23 octobre 1906. Il est le premier à posséder les trois brevets de pilote : ballon, dirigeable et aéroplane .[5]



Figure I.2 : Alberto Santos_Durnont

I.6 Le principe de l'avion :

Toute l'aviation repose sur le principe de trois forces : la poussée du moteur, le poids, l'effet de la gravité sur l'avion, et sur la résultante des forces aérodynamiques : la portance et la traînée.

Ainsi, quatre vecteurs s'exercent : la traction à l'avant, la traînée à l'arrière, la portance vers le haut et le poids vers le bas de l'appareil. Pour que l'avion puisse se maintenir en vol, la traction doit être compensée par la traînée, et le poids équilibré par la portance. Le pilotage consiste donc à trouver un point d'équilibre, en sachant que la réduction des gaz entraîne une diminution de la traction et que la portance est proportionnelle au carré de la vitesse.

Aujourd'hui, l'aviation est un mode de transport de plus en plus utilisé, et l'amélioration des techniques de vol et des moteurs permet de réduire la durée des vols|. [6]

I.7 Les différents types d'avions :

Notre étude différencie d'une part les avions à usage civil et d'autre part, les avions à usage militaire.

Selon leur autonomie de vol, on distingue les avions « long courrier » pour des liaisons longue distance au-delà de 4 heures de vol, les avions « moyens courrier » de 1 à 4 heures d'autonomie et les avions « court courrier » moins d'une heure d'autonomie de vol. Nous avons, dans le présent article, regroupé les avions dans quatre catégories :

- *Les avions de sport et de loisirs
- *Les avions commerciaux
- *Les avions de services divers
- *Les avions à usage militaire [7]

I.7.1 les avions de sport et de loisirs :

L'aviation de loisirs regroupe les activités aériennes utilisant un avion à l'exclusion de celles ayant un caractère commercial ou militaire.

L'aviation de loisir est essentiellement pratiquée par des pilotes privées à bord d'avions légers, monomoteurs.

Elle recouvre la simple promenade aérienne, la voltige, ou la participation à des compétitions ou rallyes ouvertes aux amateurs.

Cette définition s'applique aussi à l'utilisation de l'hélicoptère, nettement moins courante en raison de son coût, faute d'un terme plus adapté.

La pratique de l'aviation de loisirs requiert des connaissances en pilotage, navigation et réglementation contraignantes et coûteuses. Le développement d'autres activités telles que l'ULM, le parapente, etc. permet de simplifier, sinon de s'affranchir de ces contraintes. [5]



Figure I.3: les avions de sport et de loisirs.

I.7.2 Les avions commerciaux:

L'aviation commerciale est la partie de l'aviation civile (à la fois l'aviation générale et les services aériens réguliers) qui implique la location d'avions pour le transport de passagers ou de multiples charges de fret. [



Figure 4.2 : Les avions commerciaux.

I.7.3 Les avions de service divers:

I. 7.3.1 Les avions civile:

Les avions civils sont apparus après la Première Guerre mondiale, pour le transport du courrier puis des voyageurs dans le cadre de l'aviation civile.

Le développement de l'aviation civile a eu lieu après la Seconde Guerre mondiale, puis surtout à la fin du XXe siècle, malgré les chocs pétroliers de 1973 et 1979.

On distingue aujourd'hui :

- *les avions de ligne, destinés au transport des voyageurs sur des lignes régulières ou sur des vols charter. Le développement des vols touristiques à bas prix permet à une part de plus en plus importante de la population mondiale de voyager. C'est également une cause de consommation importante d'énergie et de pollution.

- *les avions d'affaires, appartenant à des particuliers ou assurant un service d'avion-taxi.

- *les avions légers, destinés surtout au pilotage de loisirs.

- *les avions cargos, destinés au transport de marchandises. Les transporteurs express les utilisent pour transporter du courrier et des petits colis en 24 heures, grâce à une plateforme d'échange appelée hub. [2]



Figure I.5 :_Les avions civile

I.7.3.2 Les avions armés:

Un avion militaire est un avion développé pour répondre aux besoins des forces armées d'un pays. Il existe deux catégories principales, en fonction des missions : les avions de combat dotés d'armements offensifs ; les avions de soutien, non armés ou dotés d'armes de défense (ou de radars).

Cette définition s'applique aussi aux hélicoptères de combat et de soutien aérien ou terrestre.

L'aviation militaire s'est développée dès le milieu de la Première Guerre mondiale, une décennie après le premier vol, avant de devenir une composante essentielle de la stratégie militaire à partir de la Seconde Guerre mondiale.

Les forces armées de nombreux pays disposent d'une composante aérienne (armée de l'air) dédiée aux missions militaires aériennes, des avions militaires peuvent être affectés à d'autres composantes d'une force armée, par exemple une force marine disposant d'une aéronautique navale.[5]



Figure .I.5 : Les avions armés

I.8 Les composants d'un avion :

Un avion peut, d'une manière générale, être décomposé en un nombre limité de sous - ensembles : cellule, groupe motopropulseur, commandes de vol, servitudes de bord, avionique, emports internes ou externes.

Ces éléments à quelques exceptions près, sont présents sur tous les appareils.



Figure I.6 : Composants d'avion

I. 8.1 Cellule :

La cellule d'un avion est composée: du fuselage, des ailes ou voilure, ainsi que les nacelles des réacteurs, des empennages (horizontal et vertical), des gouvernes de vol, du train d'atterrissage.

La forme de la cellule, en dehors des contraintes aérodynamiques et structurelles, est déterminée par la fonction de l'appareil : ce sont les emports ou la charge *utile*. Le plus souvent la partie avant de la cellule accueille le poste de pilotage ainsi que les appareils de contrôle de la navigation et de radiocommunication [8]

I.8.1.1 fuselage

Le fuselage est la carcasse en forme de fuseau constituant le corps d'un avion ou d'un planeur et dont la forme facilite la pénétration dans l'air.

Il est, avec la voilure, l'empennage et le train d'atterrissage, un constituant de la cellule d'un aérodyne. Il est aménagé pour contenir la charge utile transportée, ainsi que le poste d'équipage. Le fuselage est le point d'attache de la voilure et de l'empennage ainsi que, fréquemment, le train d'atterrissage. Il peut aussi contenir tout ou partie du groupe motopropulseur.[5]

Il y a trois types de fuselage :

8.1.1.1 Fuselage avant : Comme son nom l'indique, le fuselage avant représente la partie antérieure du fuselage. Dans la plupart des cas, il correspond à la cabine de pilotage.

Cela est particulièrement vrai dans le cas des avions classiques servant au transport de passagers, tels que le modèle que nous avons choisi. C'est dans cette partie de l'avion que sont logés tous les organes et appareils de contrôle et de vérification. L'espace réservé au personnel navigant est plus ou moins spacieux selon la taille de l'avion.

Cependant, il doit être au moins suffisant pour les sièges du pilote et du copilote. Certains modèles d'avions de grande taille comptent une porte d'accès au poste de pilotage ainsi qu'une sortie de secours.

I.8.1.1.2 Fuselage central : Dans tous les types d'avions commerciaux servant au transport de passagers, le fuselage central correspond à la partie intercalée entre le fuselage avant et le fuselage arrière.

C'est là que généralement est aménagée la section dans laquelle les passagers prennent place. Dans la plupart des cas, on le définit comme étant un tube cylindrique ou, selon les modèles d'avions, une section légèrement ovoïde. On accède à la partie habitable de la cabine par une ou plusieurs portes, selon la taille de l'avion.

Le fuselage comporte en outre, une ou plusieurs sorties de secours et un certain nombre de hublots. Selon la longueur de l'appareil, le fuselage peut être formé d'une ou de plusieurs sections.

Ce tube cylindrique est traversé dans le sens de la hauteur, par une structure qui constitue le plancher de la section passagers. La partie supérieure est, de ce fait, la partie habitable. On utilise la partie inférieure pour passer les câbles de commande, les gaines de conditionnement de l'air, les tuyauteries hydrauliques et les harnais électriques. L'espace libre sous le plancher est en partie ou en totalité utilisé comme soute à bagages.

Une échancrure, dans la partie inférieure du fuselage, permet d'encasturer le plan central des ailes.[5]

I.8.1.1.3 Fuselage arrière :

Le fuselage arrière est la partie terminale du fuselage d'un avion. Contrairement au raccordée au fuselage central, a une géométrie similaire à ce dernier.

La principale fonction du fuselage arrière est de supporter les empennages horizontal et vertical. Dans le cas des biréacteurs avec moteur à l'arrière, on y trouve également tous les

supports et attaches de moteurs. Dans certains appareils, une partie de l'espace disponible devient une section passagers.

Celle-ci doit alors être pressurisée, comme c'est le cas pour la cabine des pilotes et le fuselage central. Toutefois, la plus grande partie ou la totalité de l'espace disponible est réservée aux systèmes électriques, hydrauliques, pneumatiques, de climatisation, de pressurisation et d'alimentation en carburant. Parfois on y aménage une soute à bagages. [5]

I.8.1.2 des ailes ou voilure :

C'est l'ensemble de la surface portante d'un aéronef. Pour un avion, ce sont les ailes ; pour un hélicoptère, ce sont les pales. Dans ce deuxième cas, on parle de voilure tournante.

Les ailes d'une voilure constituent l'essentiel des surfaces portantes d'un avion. L'aile se déplaçant dans l'air est dite en mouvement relatif ; le courant ou écoulement d'air qui entoure l'aile en mouvement est appelé mouvement relatif (vecteur v).

Les forces aérodynamiques qui s'appliquent sur l'aile pendant son déplacement dans l'air sont :

- la portance (R_z), force perpendiculaire au vent relatif, qui, étant l'effet résultant de l'ensemble des pressions qui s'exercent sur une aile en déplacement dans l'air, représente la composante "utile" ;
- la traînée (R_x), force qui, par définition, s'oppose à l'avancement de tout corps plongé dans un liquide, et qui représente la composante "nuisible"

La voilure est constituée de deux ailes ancrées sur le fuselage. Elles génèrent une force aérodynamique portante qui permet la sustentation de l'aéronef. En fonction de la façon dont elle est ancrée sur le fuselage elle est dite : **aile haute Aile médiane Aile basse**

En raison du nombre des éléments mobiles que compte une aile, les composants sont fort nombreux: - le phare d'atterrissage - les bords d'attaque (interne, central, et externe); - les aérofreins interne, central et externe; - le saumon d'aile; - les bords d'attaque des volets interne et externe; - les volets interne et externe; - les paliers des volets interne et externe; - les carénages des paliers des volets interne et externe; - l'aileron; - les diverses portes de visite.[9]

I.8.4 Aileron :

Un aileron (en français pour « petite aile » ou « aileron ») est une surface de contrôle de vol articulée faisant généralement partie du bord de fuite de chaque aile d'un aéronef à voilure fixe .

Les ailerons sont utilisés par paires pour contrôler l'avion en roulis (ou mouvement autour de l'axe longitudinal de l'avion), ce qui entraîne normalement un changement de trajectoire de vol dû à l'inclinaison du vecteur de portance . Le mouvement autour de cet axe est appelé « roulant » ou « bancaire ».

I.8.1.3 les nacelles des réacteurs :

Est le carénage entourant le moteur ou le réacteur, c'est un système complexe de haute technologie désigne l'ensemble support et capots d'un moteur d'un avion, elle intègre généralement l'inverseur de poussée permettant la vitesse d'avion lors de l'atterrissage.

La nacelle gère plusieurs fonctions fondamentales :

- protection du moteur de toutes agressions ;
- optimisation du flux d'air de l'ensemble propulsif ;
- dégivrage de l'entrée d'air ;
- gestion des écarts de températures internes/externes ;
- protection contre l'incendie ;
- atténuation des bruits du moteur ;
- reprise des efforts entre le moteur et le mât qui le relie à l'aile
- et même l'esthétisme de l'avion.

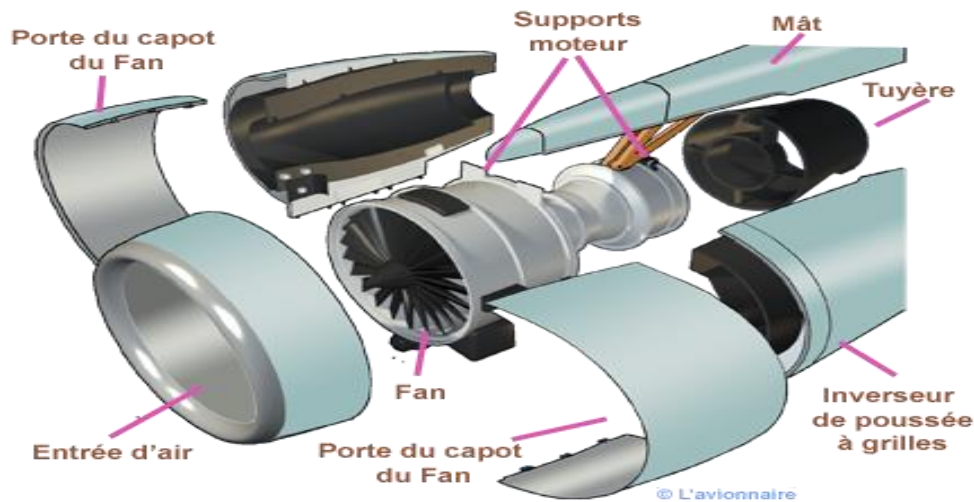


Figure I.7 : Les nacelles des réacteurs

I.8.1.4 Les empennages :

Les empennages sont un ensemble de plans fixes et mobiles, qui assurent la stabilité de l'aéronef autour de l'axe de lacet et de l'axe de tangage. Il existe deux sortes d'empennages sur un avion : l'empennage vertical que l'on appelle plus couramment "dérive" et l'empennage horizontal.

Ils sont tous les deux généralement placés à l'arrière du fuselage. Il est néanmoins possible de trouver des avions en configuration "canard", c'est-à-dire où l'empennage horizontal est placé à l'avant de l'appareil.

À l'arrière de la dérive se trouve la gouverne de direction qui permet la rotation sur l'axe du lacet. L'empennage horizontal peut être constitué d'un plan fixe et d'une gouverne de profondeur mobile permettant la rotation de l'avion sur l'axe de tangage, mais sur certains avions on trouve un empennage horizontal constitué d'une seule partie mobile : "monobloc". On trouve des empennages de trois types : les empennages cruciformes, les empennages en T et les empennages en V : dans ce dernier cas, les surfaces inclinées assurent le rôle de gouverne de profondeur ainsi que celui de la gouverne de direction (c'est le cas du "Beechcraft Bonanza").

I.8.1.5 Train d'atterrissage:

Le train d'atterrissage permet sur tous les avions d'assurer le roulage et l'atterrissage ; en effet, il amortit les efforts subis lors de la prise de contact avec le sol au moment de

l'atterrissage. Il existe deux types de train : le train classique (de moins en moins répandus) et le train tricycle.

Dans les deux cas, il peut être fixe ou rentrant. Le train tricycle comprend un atterrisseur principal et une roulette de nez. Le train classique est composé d'un atterrisseur principal et d'une roulette de queue. Son utilisation est plus difficile au roulage.

Dans les deux cas, la roulette est souvent commandée par les palonniers (commandes aux pieds du pilotes ressemblant à des pédales). On peut aussi utiliser le système de frein de chaque jambe du train principal pour diriger l'avion.



Figure I.8 : train d'atterrissage

I.8.1.6 gouvernes de vol :

C'est l'ensemble des surfaces mobiles qui permettent, lorsqu'elles sont déployées, de modifier la position de l'avion ou du missile dans les trois dimensions, de maîtriser les évolutions à basse vitesse et de faire chuter la vitesse rapidement. et aussi ils permettent de produire ou de contrôler les mouvements d'un aérodyne autour de son centre de gravité suivant trois axes :

- Axe de tangage
- Axe de roulis
- Axe de lacet

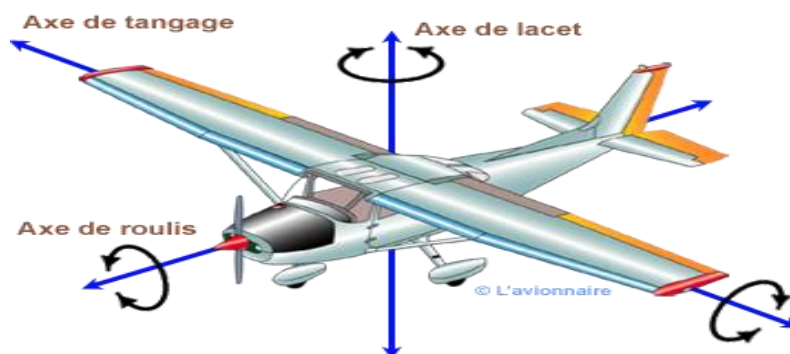


Figure I.9 : Les axes de gouvernes de vol .

I.8.1.6.1 La gouverne de direction :

Est la partie mobile de l'empennage vertical qui sert à contrôler l'avion. Elle est actionnée par les palonniers situés sous les pieds des pilotes.

Le gouvernail de direction qui prolonge la dérive est commandé par le palonnier. Par son braquage vers la droite ou vers la gauche, il crée des forces aérodynamiques permettant de faire tourner l'avion autour de l'axe de lacet. Le rôle principal de la direction en dehors du déplacement au sol, quel que soit l'appareil, est d'assurer la symétrie du vol.

C'est-à-dire l'écoulement symétrique de l'air autour du fuselage. L'avion est donc conçu aérodynamiquement pour que sa symétrie soit parfaite en croisière sans aucune correction car une action permanente sur les palonniers serait inutilement fatigante. Ainsi, l'appareil dispose en général d'un compensateur affecté au réglage de la position de la gouverne de direction en cas de correction nécessaire. Sur les avions de transport, cette tâche est assurée par le yaw dampé ou amortisseur de lacet car la symétrie du vol est importante pour les performances et la consommation.

A noter qu'un avion symétrique à sa bille au milieu et que toute déviation de la bille demande une correction aux palonniers du côté où elle est partie. Bien souvent, sur un planeur, la bille est remplacée par un bout de ficelle rouge sur la verrière. Cette ficelle est aussi présente sur certains hélicoptères.

De ce fait, pour conserver la symétrie en vol dans un virage, il faut une action au palonnier en complément de celle du manche à balai. A noter que le palonnier a deux effets secondaires

qui l'intéresse particulièrement : le lacet inverse et le roulis hollandais qui désigne une combinaison lacet-roulis donnant alors l'impression d'un bateau ivre.

8.1.1.6.2 La gouverne de profondeur :

Le gouvernail de profondeur prolongeant le plan fixe horizontal est commandé par le mouvement du manche à balai vers l'avant ou l'arrière. Par son braquage vers le haut ou vers le bas, il permet de modifier les forces aérodynamiques s'exerçant sur l'empennage horizontal.

Les variations de portance obtenues entraînent la rotation de l'avion autour de l'axe de tangage : l'angle d'incidence croît ou décroît, la vitesse diminue ou augmente[10]

I.8.2groupe motopropulseur :

Le Groupe Motopropulseur regroupe l'ensemble des éléments qui permet à l'avion de se propulser. Dans le cas de nos avions, l'hélice et le moteur à pistons contribuent à faire avancer notre avion. Cependant il existe d'autre moyen de propulser des aéronefs grâce aux turbopropulseurs ou turboréacteurs. Pendant ce cours, nous allons nous pencher sur le fonctionnement de ces différents systèmes, tout particulièrement celui de l'hélice et du moteur à pistons.

Le groupe motopropulseur joue un rôle très important dans la performance de l'avion comme la cellule et ses caractéristiques. L'hélice a généralement deux pales comparables à deux petites ailes qui, dans leur rotation, repousse l'air vers l'arrière donnant ainsi naissance à une force de traction qui permet à l'avion de se mouvoir dans l'air :

- 1) Le moteur
- 2) L'hélice
- 3) Les accessoires
- 4) Les réservoirs
- 5) Les carburants
- 6) Les lubrifiants
- 7) Les commandes du moteur
- 8) L'utilisation du moteur
- 9) Les pannes du moteur
- 10) L'entretien du moteur
- 11) Le potentiel du moteur

I.8.2.1 Types de moteurs d'avion :

Nous avons vu en détail que les moteurs à pistons fonctionnent mieux à basse altitude que les moteurs à réaction. Les turboréacteurs équipés de gros avions de ligne ont une mécanique plus simple. Cependant, il a un temps de réponse plus lent. Il fonctionne mieux à haute altitude. Un turbopropulseur est une combinaison des deux. Il est constitué de turbines comme un réacteur, mais il entraîne les hélices. Ses meilleures performances sont à des hauteurs moyennes. Il est apparu sur le Pila tus PC-6 pour les parachutistes aéroportés .

I.8.3 commandes de vol :

Les commandes de vol d'un avion englobent l'ensemble des dispositifs dans le poste de pilotage et les liaisons mécaniques, hydrauliques ou électriques qui permettent d'agir sur les gouvernes. Les manettes de commande des moteurs, les systèmes d'assistance au pilotage et les automatismes de pilotage en font partie.

I.8.4 Post de pilotage :

Les manettes et les pédales sont des commandes de vol. La poignée est parfois remplacée par un volant. Sur le tableau de bord, on retrouve des jauges et quelques commandes (vitesses escamotables, accélérateur, freins, phares). On trouve parfois une console centrale entre les deux sièges avant. Ensuite, il prend en charge le contrôle du moteur (essence, richesse du mélange air-essence, absence d'hélice, etc.). Même si chaque avion possède son propre tableau de bord, il existe certaines constantes : des panneaux qui regroupent les instruments du pilote (altitude, vitesse...) et les instruments de contrôle et de gestion moteur. (température et pression d'huile et de carburant, alarmes, régime moteur, etc.



FigureI.10 :poste de pilotage

8.1.5 Servitudes de bord :

C'est un système des réseaux qui transforme l'énergie nécessaire au fonctionnement de l'aéronef ainsi que la vie à bord.

Circuit carburant pour l'alimentation des moteurs

Circuit électrique pour l'alimentation de l'avionique et des commandes de vol

Circuit hydraulique pour le fonctionnement des commandes de vol et du train d'atterrissage

Circuit d'air conditionné pour la pressurisation du fuselage et le confort des passagers

Voici les principales servitudes de bord :

génération et distribution électrique ;

servitudes hydrauliques ;

- circuit carburant ;
- pressurisation et conditionnement d'air ;
- alimentation en oxygène ;
- protection contre les accélérations (anti-g) ;
- systèmes d'évacuation rapide (siège éjectable, toboggans, etc.) ;
- systèmes anti-givrage ;
- lutte contre l'incendie ;
- génération auxiliaire d'énergie ;
- bus de transfert de données (réseau informatique).

Par extension le terme peut référer :

- les cuisines pour la préparation des repas passagers ;
- les systèmes de téléphonie à bord pour les passagers ;
- les systèmes de distraction à bord pour les passagers aussi appelé divertissement en vol;
- les toilettes

I.8.6 Avionique:

Est l'ensemble des équipements électroniques, électriques et informatiques qui permettant : la navigation : compas, centrale à inertie, GPS, récepteur VOR-DME, etc.

Le pilotage et le contrôle du vol : indicateurs d'attitude, altimètre, variomètre, paramètres moteurs, etc. les communications la connaissance de l'environnement du vol : radar météorologique, systèmes anticollision,

I.8.6.1 Les éléments de l'avionique :

- les supports de radiocommunication aéronautique et de manière générale les systèmes de communication (UHF, VHF, HF) utilisés entre l'avion et la terre, entre avions, ou entre différents éléments de l'avion (capteurs, sondes...)
- les systèmes de navigation (TACAN, VOR, GPS, centrale à inertie, etc.) et les logiciels embarqués
- les radars (anticollision, météo, ou les radars de détection pour les avions militaires)
- le pilote automatique
- l'ILS (système électronique permettant l'atterrissage par mauvais temps).
- les systèmes de génération et distribution électrique
- les contrôles de vol à commande électrique et électronique les instruments de navigation, de contrôles moteur, et de paramètres de vol.

I.8.7 emports internes ou externes :

les emports, ou charge utile, sont les éléments que l'aéronef emporte et qui sont nécessaires à l'accomplissement de sa mission. La plupart des emports sont contenus dans le fuselage ; c'est le cas des avions de transport de passager ou de fret.

Les emports des aéronefs militaires sont constitués par des armes qui sont souvent accrochées sous le fuselage ou sous la voilure. La cellule peut aussi être adaptée à certaines missions très particulières : le fuselage d'un avion de lutte contre l'incendie est constitué d'un réservoir d'eau.[11]

I.8.8 les portes :

Il y'a quatre portes :

- Port pour passagers.
- porte d'urgence.
- porte de visite.
- porte de la soute à bagages.

I.9 Conclusion :

Dans ce chapitre, on a défini certains concepts fondamentaux liés à l'aéronautique en général. et a présenté l'historique de l'aviation et le domaine de l'aéronautique, le principe de l'avion et aussi on a parlé sur les différents types d'avions telle que Aéronefs de sport et de loisirs généralement désignés par aviation légère, Aéronefs commerciaux, Aéronefs de

services divers et Aéronefs à usage militaire. D'autre part, on a présente la fabrication de l'avion et ces composants principaux.

CHAPITRE II

Differentes types de train d'atterrissage

II.1 Introduction :

Dans ce chapitre de ce mémoire on va représenter une généralité de train d'atterrissage d'un avion avec l'histoire, le fabricant et son évolution dans le temps ainsi que les composantes du train tel que les freines et les amortisseurs et ses types.

II.2 Généralité :

Tout aéronef moderne est le produit d'un processus d'ingénierie complexe dans lequel chaque pièce ou système a son importance et où le train d'atterrissage joue un rôle essentiel. Ne perdons pas de vue qu'il s'agit du seul point de contact entre l'avion et le sol, et que son incidence sur des manœuvres aussi importantes que la circulation, le décollage et l'atterrissage est dès lors considérable.

De fait, ce système remplit trois fonctions primordiales : supporter l'aéronef, permettre le déplacement de l'engin au sol (direction et freinage) et amortir l'impact lors de l'atterrissage (absorption de l'énergie du choc).

Le train d'atterrissage peut se présenter sous différents types ou différentes configurations en fonction de sa géométrie, de l'agencement des roues, de son articulation, du type de suspension ou de la nature de la surface sur laquelle l'aéronef doit se déplacer.

Des petits avions équipés d'un train d'atterrissage à trois roues disposées en V (de type tricycle) au gigantesque Antonov An225 et son train composé de 32 roues (28 sur le train principal et 4 sur le train avant), de nombreuses variantes s'adaptent à chaque besoin. [10]



Figure II.1 : Train d'atterrissage

II.3 L'histoire:

L'histoire des trains d'atterrissage remonte à 1876. Alphonse Pénaud et Paul Gauchot, deux inventeurs français, brevètent le plan d'un monoplan amphibie biplace révolutionnaire pour son époque.

Une des nouveautés de cet aéroplane est qu'il possède un train d'atterrissage rétractable avec amortisseurs à air comprimé. Mais ce n'est pas avant 1917 que les premiers appareils dotés de trains d'atterrissage partiellement rétractables feront leur apparition et ils ne deviendront communs qu'à la fin des années 20.

À cette époque, les performances des avions s'étaient tellement améliorées que l'avantage aérodynamique des trains rétractables justifiait amplement la complexité et le surpoids du système.[2]

II.4 Fabricant :

Le leader mondial de la fabrication et de l'entretien des trains d'atterrissage est Messier-Bugatti-Dowty, une entreprise française qui a son siège à Vélizy-Villacoublay, dans la banlieue parisienne, et des usines un peu partout dans le monde, y compris aux États-Unis. Ses concurrents sont l'Allemand Liebherr, l'Américain Goodrich et le Canadien Héroux-Devtek. [5]

II.5 Évolution des trains d'atterrissage :

Alors que la conception et la fabrication des premiers aéronefs n'en étaient qu'à ses balbutiements, les pionniers aéronautiques de l'époque se retrouvèrent confrontés à un léger problème : comment supporter l'engin sur le sol.

Jusqu'à la fin du XIX^e siècle, cette fonction était remplie par la force physique du corps du pilote, et plus précisément celle de ses jambes. Il les utilisait pour entamer une course quelque peu indécise au moment de décoller et pour freiner une fois revenu au sol. Il va de soi que les fractures osseuses étaient quasiment inévitables pour ces pionniers de l'aviation.

Ce n'est qu'au début du XX^e siècle que l'utilisation d'un support plus solide et moins dommageable pour la santé du pilote commença à être envisagée. En 1903, les frères Wright réalisèrent leur premier vol avec le Flyer en utilisant une espèce de traîneau dont la seule fonction, sans rentrer dans les subtilités techniques, consistait à servir de support aux quelque 220 kg de l'aéronef.

Globalement, les premiers trains d'atterrissage n'étaient en effet que de simples patins qui, à partir de 1906, avec le vol de Santos Dumont sur son modèle 14-bis, commencèrent à être remplacés de façon généralisée par des roues de petites dimensions. Le système d'amortissement qui faisait tout juste son apparition (mais qui existait bel et bien) n'était pas soumis à d'importantes contraintes en raison de la vitesse peu élevée et du faible poids de ces aéronefs fabriqués à partir de bois et de toile. Il s'agissait donc d'un simple système faisant appel à des bandes élastiques et à des structures réticulées.

Les premiers prototypes étaient quant à eux équipés de roues de petite taille. L'absence de spécialisation concernant ce composant de l'aéronef était telle que le recours à des roues fabriquées à l'origine pour être montées sur des vélos fut considéré à de nombreuses occasions.

Les trains d'atterrissage de l'époque étaient bien entendu fixes. Il n'était pas nécessaire de les dissimuler en raison de leur influence limitée sur l'aérodynamique des aéronefs qui volaient à faible vitesse. Ce n'est qu'à partir de 1920 que les premiers modèles rétractables virent le jour. Le premier avion à en être équipé fut le Dayton-Wright RB-1, dont le train était commandé mécaniquement par l'actionnement d'un levier manipulé par le pilote.

Pourtant, certains avions conservèrent les trains fixes pendant une longue période, les équipant toutefois d'un carénage chargé de réduire leur résistance aérodynamique (certains modèles de petits avions en sont munis encore aujourd'hui). La raison était très simple : le poids d'un carénage était beaucoup plus faible que celui d'un système complet d'escamotage du train d'atterrissage.[10]

II. 6 Les compositions du train d'atterrissage :

Un train d'atterrissage est l'ensemble des composants participant aux fonctions d'atterrissage, de roulage, d'orientation, de freinage, de décollage de l'avion.

Il se compose des atterrisseurs auxiliaire(s) et principaux.

S'y rattachent également les éléments hydrauliques nécessaires, pompes, électropompes, distributeurs, composants de circuits hydrauliques?

On appelle atterrisseur une des parties constituantes du train d'atterrissage.

Les atterrisseurs sont des ensembles constitués chacun d'un élément absorbeur d'énergie, l'amortisseur,² et d'éléments structuraux qui assurent la liaison d'un côté à l'avion, de l'autre

aux roues. Sur un avion il y a plusieurs atterrisseurs, principaux et auxiliaires, qui forment le train d'atterrissage.

Les atterrisseurs principaux sont très généralement situés près du centre de gravité de l'avion.

Leurs rôles sont : Absorber de l'énergie cinétique due à la composante verticale de la vitesse de l'avion lors du contact avec le sol.

Supporter l'essentiel du poids de l'avion et assurer la suspension de l'avion lors de la phase de roulage. Sur un avion, il est usuel d'avoir un seul atterrisseur auxiliaire.

L'atterrisseur auxiliaire est positionné sous le nez de l'avion. Il est appelé alors, simplement, atterrisseur avant.

Son rôle est : Assurer l'équilibre longitudinal de l'avion au sol, statiquement et dynamiquement (notamment lors du freinage).

Faciliter la manœuvrabilité, surtout lorsqu'il a la capacité d'orienter ses roues.

II.7 Les différentes sortes d'un train d'atterrissage :

D'un train principal : les roues des avions légers sont en général sous les ailes. les roues des gros porteurs sont en général sous le fuselage. [11]

D'un train auxiliaire pouvant consister en :

Les trains « classiques », (aussi appelé taildraggers), qui sont composés de 2 trains principaux à l'avant du centre de gravité et d'un train auxiliaire à l'arrière,

les trains « tricycles » qui sont composés de deux trains principaux légèrement à l'arrière du centre de gravité et d'une roulette à l'avant.

La plupart des appareils modernes ont un tricycle ou une variante du tricycle. Les appareils à train classique sont considérés comme étant plus difficiles à faire atterrir et décoller et ainsi, requièrent parfois un entraînement spécifique. Parfois, une petite roue de queue ou un ski est ajouté sur les appareils à tricycle au cas où la queue risquerait de toucher le sol au décollage. C'est le cas du Concorde. [12]

II.7.1 Train d'atterrissage classique:

Le train classique (aéronefs à roulette de queue) Un avion à train classique se pilote, en l'air, de la même façon qu'un avion à train tricycle. Par contre des techniques particulières sont à mettre en œuvre lors du roulage, du décollage et de l'atterrissage. L'utilisation d'un

avion à train classique est soumise dans les JAR-FCL à la délivrance de la variante T-W (tail wheel) à la qualification de classe SEP (single engine piston).

Difficultés à prendre en compte :

- mauvaise visibilité vers l'avant .
- instabilité directionnelle ("cheval de bois").
- risque de" passage sur le nez".
- forte sensibilité à l'aérodynamisme et particulièrement au vent de travers. [8]



FigureII.2 : Train d'atterrissage classique

A /Roulage :

Il vaut veiller à ce que l'avion ne bascule pas sur l'avant, il n'y a pas de roulette pour l'arrêter et l'hélice toucherait le sol, ce qu'on appelle passer en pylône si l'avion reste planté dans le sol, voire sur le dos si la vitesse était importante. Donc pas de freinage brusque, il faut bien maintenir la profondeur veillé d'où vient le vent.

Le vent de travers a d'ailleurs tendance à transformer l'avion en girouette surtout si la roulette de queue n'est pas conjuguée. C'est le fameux cheval de bois (ou tête à queue).

D'autre part du fait de l'angle très cabré que fait le fuselage avec sol, le capot moteur masque la vue du pilote vers l'avant. Il faut donc avancer en zigzag, en faisant des(S) afin de voir où l'on va en regardant par les cotés de l'avion.[2]

B/Décollage :

Après la mise en puissance, on lève l'arrière de l'avion (mise en ligne de vol), la roulette de queue ne touche plus le sol et la prise de vitesse se fait en roulant sur les deux roues du train principal.

L'effet gyroscopique de la rotation de l'hélice se fait plus sentir que sur les avions à train tricycle et l'avion est alors également plus sensible au vent de travers. Une fois la vitesse de rotation atteinte, l'avion décolle tout seul.[2]

C/Atterrissage :

La également, il y a plusieurs écoles :

- L'atterrissage trois points consiste après l'arrondi à bien tenir l'avion pour casser la vitesse et faire toucher les trois roues en même temps.
- L'atterrissage deux points ou atterrissage de piste consiste après l'arrondi à toucher la piste avec des deux roues du train principal, une fois la vitesse diminuée, la roulette de queue se pose au sol. L'inconvénient de cette méthode est par vent de travers une plus longue période où l'avion est (vulnérable) au vent.

Par un fort vent de travers, l'atterrissage peut également être fait d'abord sur une des roues du train principal, celle au vent, la deuxième et enfin les roulettes de queue pour les pilotes confirmés. [2]

II.7.2 train d'atterrissage tricycle :

Le train d'atterrissage tricycle est constitué d'un atterrisseur principal avant gauche et d'un atterrisseur principal avant droit disposés sous la voilure ou le fuselage ainsi que d'une roulette de nez (nosewheel en anglais) qui permet de diriger l'avion au sol. [13]



Figure II.3 : train d'atterrissage tricycle

II.7.2.1 Avantages du train tricycle:

Cette disposition facilite grandement la visibilité pour le roulage, décollage et atterrissage. Pendant la phase de décollage l'avion est pratiquement en ligne de vol. Moins sensible au vent de travers et une bonne tenue au freinage. Influence plus faible du couple de l'hélice pendant le décollage.[13]

II.7.2.2 Inconvénient du train tricycle:

Pour améliorer le rendement aérodynamique, il faut caréner les roues et les jambes, d'où une augmentation du poids qui s'ajoute au poids de la roue avant.[13]

Le train d'atterrissage tricycle comporte trois roues dont l'une, la roulette de nez, est située à l'avant du fuselage et les deux autres, train principal, un peu en arrière du centre de gravité de l'avion.

Dans le train tricycle, l'élément secondaire est donc en principe une roue placée sous le nez de l'avion, dite roue de nez ou roulette de nez.

La roue avant est en général commandée par le palonnier.

Toutefois, sur les gros avions, on parle toujours de train avant.

Ce type de train permet à l'avion de reposer au sol en ligne de vol.

Remarquons, néanmoins, que même dans la disposition classique, le train est aussi tricycle. c'est simplement la position du train principal qui, suivant qu'il est plus ou moins reculé, fait reposer l'avion sur le nez ou sur la queue.

A noter qu'en dépit de son poids plus élevé, le train d'atterrissage tricycle est largement plus utilisé en raison de ses avantages. En effet, il facilite les manœuvres au sol, le décollage et l'atterrissage. Il donne de plus une meilleure visibilité.

En effet, sur un coup de frein brutal ou si une roue se bloque dans un trou le cas échéant, l'avion à roulette de queue peut basculer sur le nez et se mettre en pylône ce qui entraîne en général la destruction de l'hélice et d'autres dégâts.

Toutefois, les atterrisseurs tricycles qui sont l'évolution des atterrisseurs classiques, occasionnent un peu plus de traînée et une distance de décollage légèrement supérieure.[8]

7.2.3 Le train monorace :

Le train monorace appelé monowheels With outriggers (en anglais) est constitué d'un atterrisseur principal avant, et de deux balancines de voilure (stabilisateurs) pour assurer la stabilité au roulage

La majorité des planeurs sont monorace sans stabilisateur Au début les planeurs étaient équipés d'un grand patin à l'avant sous le fuselage (Nord 1300,Nord 2000,etc) et un petit patin à l'arrière,

Ci-dessous planeur Nord 1300 le patin était monté sur des silentblocs ,Ce patin fut vite remplacé par une roue facilitant ainsi les déplacements au sol et les décollage,

Le Twin Astir en comporte trois,une petite roulette de queue (pour le déplacement au sol),une roue centrale et une roue avant pour les décollage et atterrissages,

A noter qu'actuellement la plupart des planeurs ont le train principal rentrant,[8]



FigureII.4 :Le train monorace

II.8 Rôles du train d'atterrissage :

- Assurer la prise de contact entre l'avion et le sol lors de l'atterrissage ,
- Absorber l'énergie cinétique due à la vitesse verticale de l'avion,
- Assurer le freinage au sol lors de l'atterrissage ou d'une décélération _arrêt, par absorption de l'énergie cinétique horizontale,
- Assurer la suspension souple de l'avion au sol, ainsi que sa stabilité et sa maniabilité,

Ces différentes fonctions sont assurées par le train d'atterrissage lui-même, les freins ainsi que la zone d'orientation.

II.9 Les efforts du train d'atterrissage :

Un train d'atterrissage est soumis à diverses forces :

a) Les forces massiques :

Les forces massiques résultent du poids de l'avion et de la force d'inertie de l'avion.

b) Les forces de liaison :

Les forces de liaison résultent de la liaison aux attaches sur les autres éléments de l'avion.

c) Les forces de contact :

Les forces de contact résultent du contact du sol sur les pneumatiques.

En effet, au moment de l'atterrissage à l'impact, l'avion possède une vitesse verticale de descente.

Les règlements officiels fixent une valeur maximale de cette vitesse pour les divers calculs. Cette vitesse est actuellement de 3 m/s à laquelle correspond une énergie cinétique (e) que devront absorber au maximum les amortisseurs et les pneumatiques :

$$e = \frac{1}{2} \times P/g \times V^2$$

Ainsi, il y aura donc une limite du poids de l'avion à l'atterrissage.

En outre, il faut tenir compte d'une part d'un dérapage éventuel et d'autre part du cas où l'avion légèrement incliné touche le sol d'abord sur une seule jambe.

De plus, il faut tenir compte des cas du roulement au sol, avec ou sans freinage, et des virages.[13]

II.10 Les freins de train d'atterrissage :

Le train d'atterrissage est équipé maintenant de freins en raison de l'apparition de la roulette de queue ou de nez, notamment pour l'usage des pistes actuelles encore en herbe ou en dur.

Le freinage est d'autant plus efficace que l'avion va lentement et qu'il pèse lourd. Sur certains avions, un dispositif anti-patinage (anti-skid) supprime le freinage au moment où les roues vont se bloquer car une roue bloquée donne un freinage nulle.

Ainsi, les avions modernes et bien conçus ont des freins hydrauliques et à disques. Les pannes de frein sont rares mais il faut néanmoins les contrôler régulièrement en atelier et les inspecter avant les vols.

Les canalisations ne doivent pas fuir et être bien serrées. Elles sont le plus souvent maintenues en place contre les parties principales du train par des colliers qui doivent être aussi en bon état. De plus, il est nécessaire de compléter le niveau de liquide des freins chaque fois que celui-ci baisse.

Enfin, les surfaces des disques et l'usure des plaquettes doivent faire l'objet d'une inspection attentive.

En effet, une panne de frein représente toujours un danger dans la mesure où chaque pied commande le frein de la roue située de son côté. Si un des freins ne marchent pas, l'avion fera une embardée et si sa vitesse est encore importante, il quittera pratiquement toujours la piste en subissant des dégâts. Lors du roulage hors piste, le problème est moins grave, mais on risque de ne plus pouvoir tourner et aussi d'occasionner des dégâts en heurtant la bordure du taxiway ou un autre avion en circulation ou en stationnement.

Toutefois, actuellement, les pannes de freins sont dues presque uniquement à un manque de liquide ou à une canalisation desserrée. Les maître-cylindres envoyant la pression sont rarement en cause, ce qui n'empêche pas néanmoins de les surveiller lors des visites prévol et de maintenance. [13]

a) **L'action des freins :**

Ces freins peuvent être actionnés, pour arrêter l'avion, soit :

a.1 Simultanément :

En actionnant le frein, les deux roues du train principal freinent en même temps.

a.2 Différentielle ment :

- En freinant uniquement la roue gauche, on fait tourner l'avion à gauche.
- En freinant uniquement la roue droite, on fait tourner l'avion à droite.
- Pour arrêter l'avion droit, il est nécessaire de coordonner correctement et simultanément le freinage sur les deux roues.

A noter que sur les avions tricycles à roue avant commandée par le pilote lorsqu'elle est conjuguée avec le palonnier, les freins différentiels devenus alors inutilisables sont souvent supprimés.

Dans ce cas, le frein de parking à main fait éventuellement office de frein de roulage. A noter que par temps froid, il ne faut pas serrer les freins au parking mais plutôt mettre des cales. On évite ainsi que les plaquettes restent bloquées serrées contre les disques. En outre, si (V) est la vitesse horizontale de l'avion à l'impact avec le sol, l'énergie à dissiper est :

$$\frac{1}{2} \times (P/g) \times V^2$$

La traînée de l'avion étant relativement faible sur les avions modernes et diminuant de plus avec la vitesse (V), la majeure partie de cette énergie devra être dissipée dans les blocs de frein sous forme de chaleur.

Cependant, la force de freinage ne peut pas être supérieure à :

$$T = f \times F$$

(f = coefficient de frottement du pneu et F = force verticale s'exerçant sur la roue)

En principe, (f) ne dépasse pas 0,5 (pneus basse pression sur piste sèche) et peut descendre à 0,1 (pneus haute pression sur piste mouillée).

Par contre, (F) va croissant à partir de l'impact avec le sol. En effet, l'aile produit encore une certaine sustentation qui diminue avec la vitesse ce qui limite la puissance de freinage au début du roulage, sauf si l'incidence de l'aile correspond à $C_z = 0$ lorsque l'avion est sur ses roues.

Ainsi, le freinage est limité. On conçoit donc pour des avions lourds et rapides des procédés aérodynamiques pour absorber la plus grande partie possible de l'énergie à dissiper afin de réduire la distance de roulement après l'impact avec le sol.

On distingue parmi ces procédés :

- La traction négative des hélices par réversion du pas.
- La poussée négative par déviation des jets des réacteurs.
- L'action d'un parachute de queue mis en fonctionnement à l'atterrissage.[13]

b) Les différents types de freins :

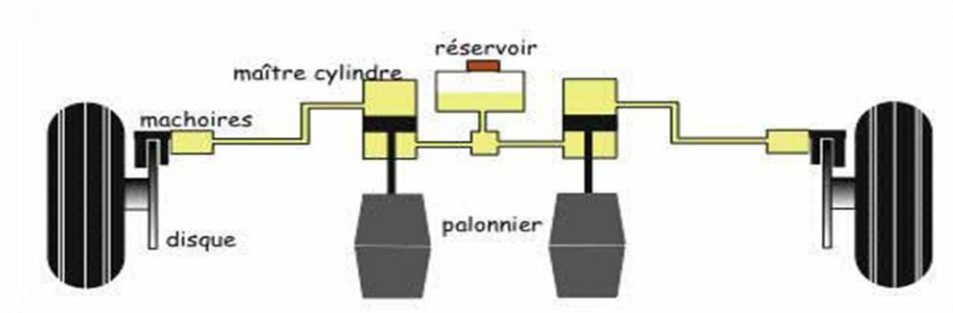
Les freins sont généralement de deux types :

b.1 Les freins à mâchoires :

Ces freins sont formés par des mâchoires munies de garnitures à coefficient de frottement élevé et commandées hydrauliquement. Ces mâchoires s'écartent et viennent alors s'appuyer sur l'intérieur d'un tambour solidaire de la jante.

b.2 Les freins à disques :

Les freins à disques sont les plus employés. En effet, sous la pression d'un liquide hydraulique, plusieurs disques mobiles solidaires de la roue peuvent frotter sur des disques fixes intercalés.



FigureII.5 : Freins du train principal

Ainsi, ces freins présentent une beaucoup plus grande surface de frottement que les freins à mâchoires d'où un échauffement moindre par unité de surface.

A noter qu'il est souvent placé sur la commande de freinage un dispositif anti-bloqueur de roue car une roue bloquée entraîne rapidement une détérioration du pneu ainsi qu'une diminution du coefficient (f) de frottement d'où une diminution de la puissance de freinage.[13]

II.11 Les amortisseurs :

Le train d'atterrissage est équipé d'amortisseurs pour absorber l'énergie en cas de collision avec le sol et éviter que les jambes du train ou le fuselage ne se cassent si nécessaire. Au contact, puis en roulant, il absorbe les vibrations pour améliorer le confort des passagers.[13]

11.2.1 Les types d'amortisseurs :

Le train d'atterrissage possède des amortisseurs:

* **Hydrauliques** : C'est le cas général.

* **A lames de ressort** : Sur certains avions légers.

***En boudins de caoutchouc:** Sur certains avions légers.

***En sandows :** Câbles en caoutchouc sur les avions légers.

11.2.2 Le rôle de l'amortisseur

Le rôle de l'amortisseur est double :

- Limiter l'effort transmis à la structure lors de l'impact en absorbant au maximum l'énergie cinétique.

- Fournit une suspension lors du roulage au sol en réduisant les bosses.

- Notez que le choc absorbe l'élan du choc, mais le libère très lentement. Pour que cela fonctionne, il doit être élastique dans un sens et très petit dans l'autre.

II.12 Les principaux éléments structuraux :

Le coisson (barrel) constitue le « corps » de l'atterrisseur, Il contient l'amortisseur et assure la transmission des efforts principaux vers la structure avion,

Le contrefiche principale (drag strut Assy) permet de transmettre les efforts axiaux venant du centre roue à la structure de l'avion.

Le compas (torque Link Assy), sur les trains principaux, permet d'empêcher la rotation de la tige coulissante par rapport au caisson. Sur le train avant, il permet de transmettre le couple de rotation entre le système de direction (steering) et la tige coulissante.

L'amortisseur (shock absorber) permet d'absorber l'énergie de l'impact d'atterrissage et supporte les évolutions au sol tout en assurant un maximum de confort pour l'équipage et les passagers. Les amortisseurs sont généralement de type oléopneumatique. Il existe des amortisseurs simple chambre ou double chambre.[13]

II.13 Structure d'un train d'atterrissage :

Le train d'atterrissage supporte le poids de l'avion et les efforts extrêmes générés lors des phases de décollage et d'atterrissage. Notre expertise métallurgique et nos capacités éprouvées de forgeage et d'extrusion ont fait de notre usine un fournisseur leader de composants de trains d'atterrissage pour petits et moyens avions, ainsi que pour les hélicoptères pour lesquels nous fournissons des assemblages complets.

LISI AEROSPACE propose des solutions totalement intégrées dans cette gamme de produits. Nos normes élevées en matière de préparation de surface et de conception répondent aux besoins de nos clients.

Nos clients peuvent bénéficier de nos services d'ingénierie communs pour optimiser les conceptions, que ce soit dans des programmes de développement ou sur des avions de démonstration tels que des trains d'atterrissage d'hélicoptère en aluminium-lithium.[13]

II.14 Conclusion:

Dans ce chapitre de ce memoire on a representer une généralité de train d'atterrissage d'un avion avec l'histoire, le fabriquant et son évolution dans le temps .

CHAPITRE III

Dimensions des composante du train d'atterrissage

III.1 Introduction :

Dans ce chapitre, on va représenter les dimensions des composants d'un train d'atterrissage avion de transport. Ces dimensions sont représentées par des calculs des éléments nécessaires et des vérifications. On va commencer par des éléments hydrauliques les vérins et la pompe.

III.2 Paramètres des vérins :

Voilà le tableau suivant ;

Vérins	Masse [kg]	C[mm]	Vs[m /s]	Vr[m/s]	η [%]
A	1000	100	0,25	0,25	0,9
B	4000	500	0,3	0,3	0,87

P= pression de service= 120bar

III.2.1 Moteur hydraulique :

V= vitesse =180 tr/min

C= couple= 370 N.m

P= pression= 110 bar [14]

III.3 Détermination des appareils moteurs :

Les deux vérins (A) et (A') sont identiques donc la détermination est la même.

III.4 Vérin A :

III.4.1 Paramètres du vérin A :

Vs= vitesse de sortie = 0,25 m/s

C= course = 120m

M= charge= 2000 kg /2 = 1000kg

η = 0,9

P= 120 bar [14]

g= accélération de la pesanteur= 9,8m/s²

III.4.2 Caractéristique : pour déterminer les dimensions d'un vérin nous devons faire certains calculs en tenant compte de toutes les forces .

Force nécessaire pour équilibrer la masse :

$$F1 = m * g \quad (III.1)$$

$$F1 = m * g = 2000/2 * 9.8 = 1000 * 9.8 = 9800N = 980daN$$

Force nécessaire pour communiquer l'accélération :

$$F2 = m * a \quad (III.2)$$

$$a = v/t \quad (III.3)$$

la durée de l'accélération représenté 1/5 du temps total :

$$t = 1/5 * T \quad (III.4)$$

$$C = v * T \quad (III.5)$$

$$T = c/v = 0.12/0.25 = 0.48s$$

$$T = 1/5 * T = 1/5 * 0.48 = 0.09s$$

$$a = v/t = 0.025 / 0.08 = 3.125m/s$$

$$F2 = m . a = 1000 * 3.125 = 3125N = 312.5 daN$$

Force réelle totale nécessaire à déplacer la charge :

$$Ft = F1 + F2 / \eta \quad (III.6)$$

$$Ft = F1 + F2 / \eta = 980 + 277.7 / 0.9 = 1397.44daN$$

η : Rendement du vérin

La section du piston :

$$S = F/P \quad (III.7)$$

$$S = F/P = 1397.44 / 120 * 10^5 = 11.64cm^2 = 12 cm^2$$

Le diamètre du piston :

$$S = \pi . D^2 / 4 \quad (III.8)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * S}{\pi}} = 3.9 = 4 [14]$$

III.4.3 Détermination de la tige du vérin :

III.4.3.1 Calcul de la longueur libre du flambage :

III.4.1.1 Coefficient du mode de fixation : k

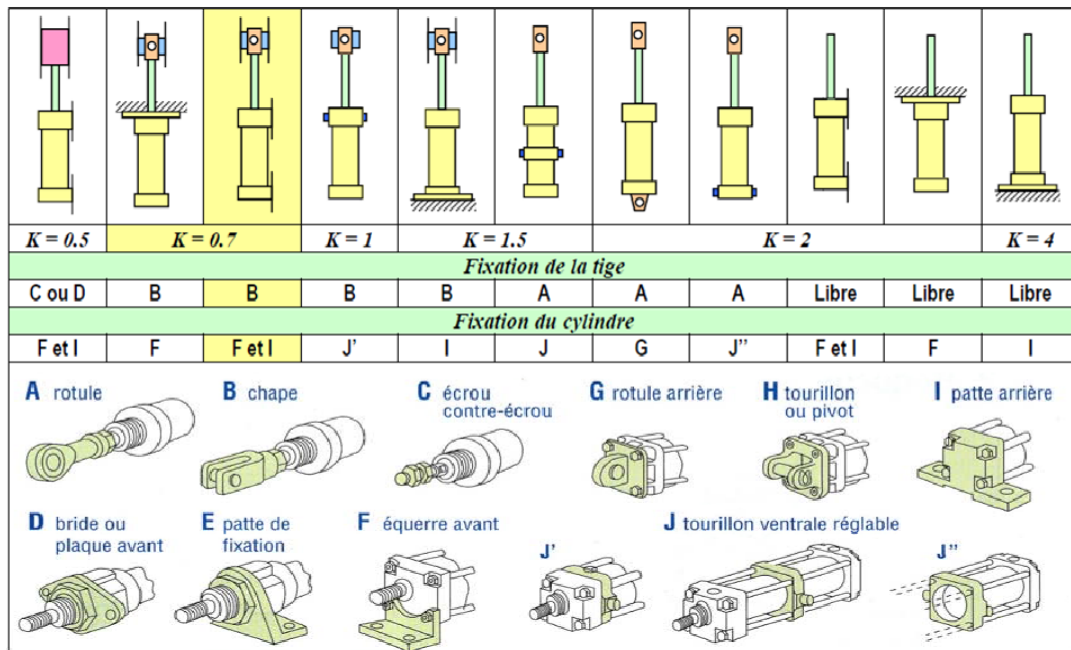


Figure 3.1 : Choix du mode de fixation.

III.4.3.2 Le mode de fixation du vérin :

Le vérin A : fixation du cylindre est sur tourillon ventrale réglable avec une fixation de la tige avec une chape.

Sur cette figure 3.2 nous trouvons pour ce type de fixation un coefficient de course est égale à $K = 1.5$

	Diamètre d'alésage du vérin (mm)																
	32		40		50		63		80		100		125		160		
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	
Diamètre de la tige (mm)	16	22	28	36	45	56	70	90	100								

Figure 3.2 : Diamètres des vérins A, A'.

D'après la figure 3.3 nous trouvons pour un diamètre du piston $D = 40$ mm une tige de diamètre 22mm. [14]

III.4.3.3 Longueur libre :

$$L=C*K$$

(III 9)

$$L=C*K=120*1.5 = 180\text{mm}$$

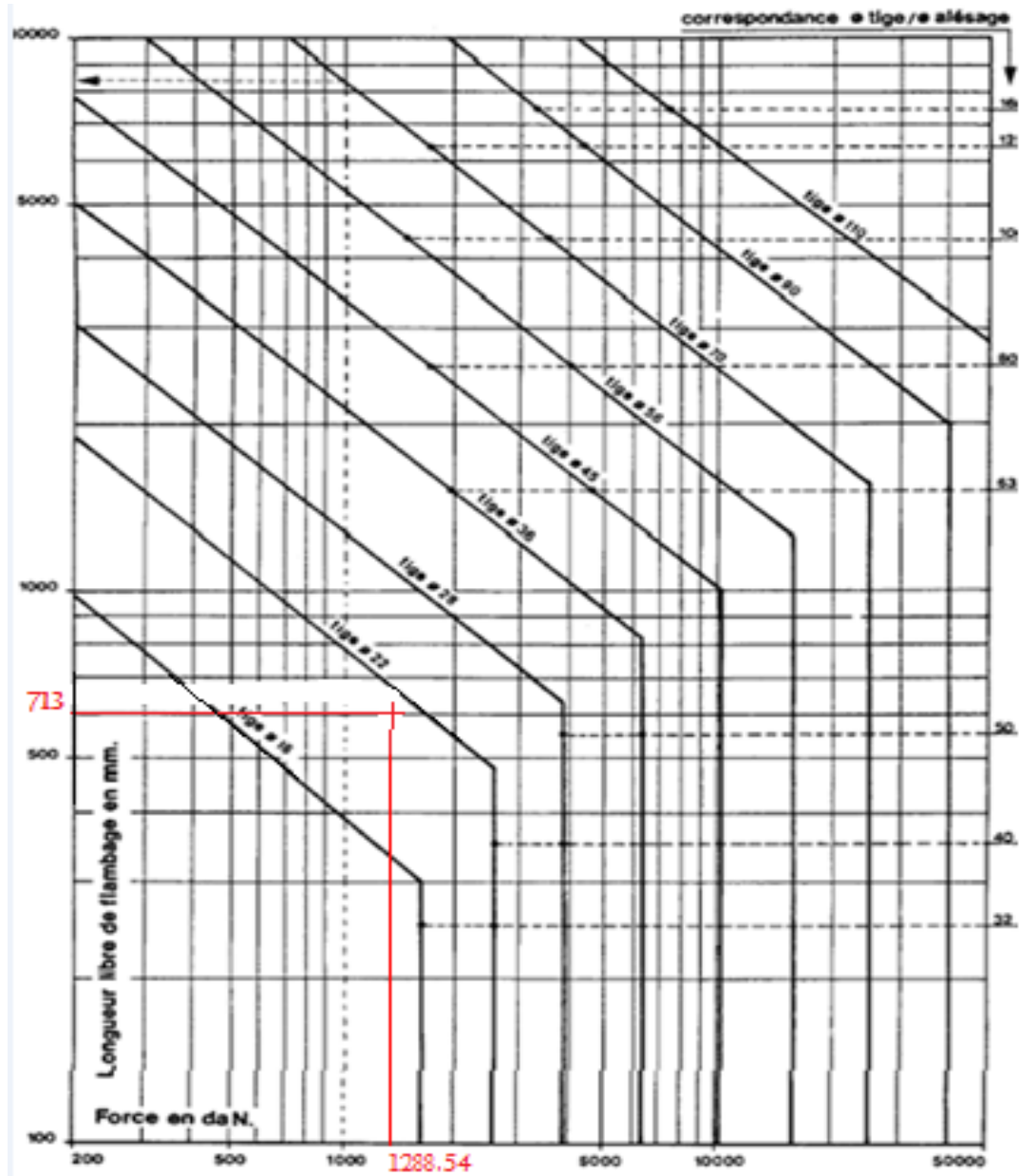


Figure 3.3 : Abaque de flambage (Vérin A et A’).

D’après la figure 3.3 nous trouvons pour une Force réelle totale de 1288.55 daN et une tige de diamètre 22mm, une longueur libre du flambage max de 713 mm

$$L_{\max f} = 713 \text{ mm}$$

Donc le vérin convient[14]

III.4.4 Le choix de Vérin A : ($\varnothing 40 * 22$) :

$$P = F/S_P = 1397.44/0.0012 = 116.45 \text{ bar}$$

III.5 Vérin B :

III.5.1 Paramètres du vérin B :

$$V = \text{vitesse} = 0.3 \text{ m/s}$$

$$C = \text{course} = 80 \text{ mm}$$

$$m = \text{charge} = 4000 \text{ kg}$$

$$p = 120 \text{ bar}$$

$$\eta = 0.87$$

$$g = \text{accélération de la pesanteur} = 9.8 \text{ m/s}^2$$

III.5.2 Caractéristiques :

Force nécessaire pour équilibrer la masse :

$$F_1 = m * g \quad (\text{III.1})$$

$$F_1 = m * g = 4000 * 9.8 = 4000 * 9.8 = 39200 \text{ N} = 3920 \text{ daN}$$

Force nécessaire pour communiquer l'accélération :

$$F_2 = m * a \quad (\text{III.2})$$

$$a = v/t \quad (\text{III.3})$$

L'adurée de l'accélération représenté 1/5 temps total :

$$t = 1/5 * T \quad (\text{III.4})$$

$$C = v * T \quad (\text{III.5})$$

$$T = C/V = 0.08/0.3 = 0.26 \text{ s}$$

$$t = 1/5 * T = 1/5 * 0.26 = 0.052 \text{ s}$$

$$a = V/t = 0.3/0.052 = 5.76 \text{ m/s}^2$$

$$F_2 = m \cdot a = 4000 \cdot 5.76 = 23040 = 2304 \text{ daN}$$

Force réelle totale nécessaire à déplacer la charge :

$$F_t = \frac{F_1 + F_2}{\eta} \quad (\text{III.6})$$

$$F_t = \frac{3920 + 2304}{0.87} = 7154.02 \text{ daN}$$

La section de piston :

$$S = E/P \quad (\text{III.7})$$

$$S = \frac{7154.02}{120 \cdot 10^5} = 5.96 \text{ cm}^2 = 6 \text{ cm}^2$$

Le diamètre de piston :

$$S = \pi \cdot D^2/4 \quad (\text{III.8})$$

$$D = \sqrt{4 \frac{S}{\pi}} = \sqrt{4 \frac{6}{3.14}} = 2.52 \text{ cm} [14]$$

III.5.3 Détermination de la tige du vérin :

III.5.3.1 Calcul de la longueur libre du flambage :

III.5.3.2 Coefficient du mode de fixation : k

III.5.3.3 Le mode de fixation du vérin est :

Le vérin B : fixation du cylindre est sur patte arrière avec une fixation de la tige avec une rotule. Sur cette figure 3.2 nous trouvons pour ce type de fixation un coefficient de course est égale à $K = 1.5$

	Diamètre d'alésage du vérin (mm)															
	32		40		50		63		80		100		125		160	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
Diamètre de la tige (mm)	16	22		28		36		45		56		70		90		100

Figure 3.4 : Diamètre de vérin B.

D= 2.52 cm on prend que D=3 cm

D'après la figure 3.5 nous trouvons pour un diamètre du piston D=3 cm = 30mm une tige de diamètre 16mm.

$$S_{pn} = D^2/4 = 3^2/4 = 7 \text{ cm}^2$$

Longueur libre :

$$L=C*K \tag{III.9}$$

$$L=c*k = 80*1.5=120\text{mm}$$

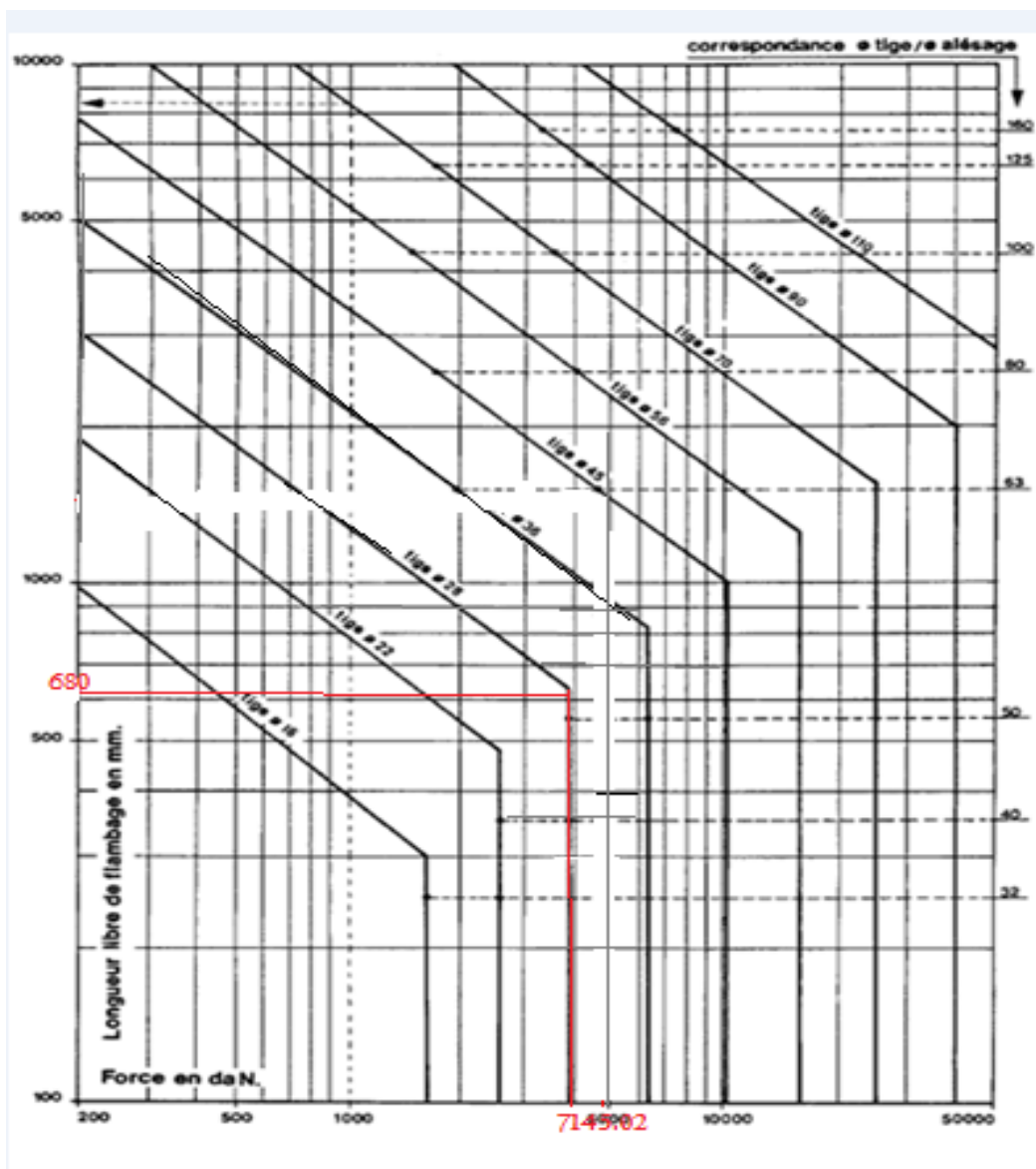


Figure 3.5 : Abaque de flambage de vérin B .

D'après la figure 3.5 nous trouvons pour une force réelle totale de 7154.02daN et une tige de diamètre 16 mm, une longueur libre du flambage max de 680 mm.

$$L_{\max f} = 680 \text{ mm [14]}$$

Donc le vérin convient

Donc le choix du vérin B : (80*45)

_ la nouvelle valeur de la pression :

$$P = E / S_p = 71540.2 / 0.0007 = 102.20 \text{ bar}$$

III.6 Moteur hydraulique :

III.6.1 Paramètres du moteur hydraulique :

$$C = \text{couple} = 37 \text{ daN.m}$$

$$N = \text{vitesse de rotation} = 270 \text{ tr/min}$$

$$\eta = \text{rendement} = 0.93$$

$$P = \text{pression} = 110 \text{ bars [14]}$$

III.6.2 Détermination de la cylindrée :

On considère que les pertes mécaniques sont faibles devant les pertes volumétriques :

$$\eta_v * \eta_m = 0.93$$

$$\eta_m = 1$$

$$C = C_{th} * \eta \quad (III.10)$$

$$C_{th} = C / \eta \quad (III.11)$$

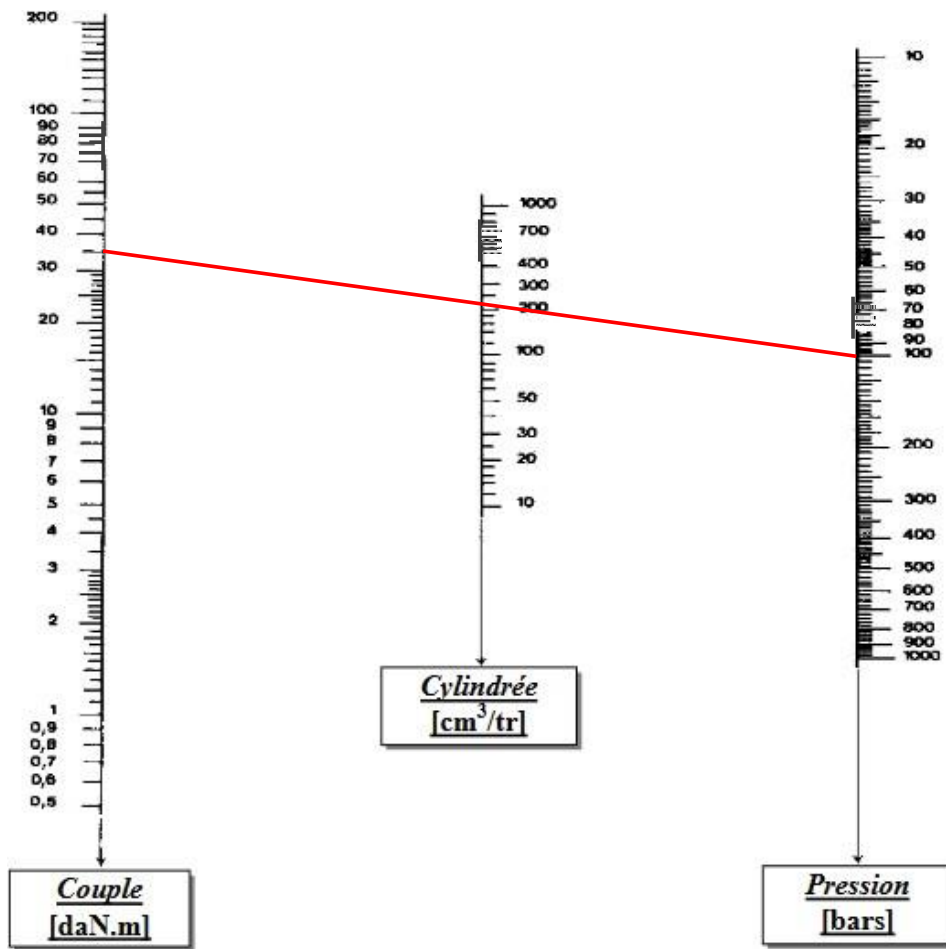
$$C_{th} = C / \eta_m = 37 / 1 = 37 \text{ N*m}$$

$$C_{yl} = C_{yl} * \Delta p / 2\pi \quad (III.12)$$

$$C_{ylg} = 2 * \pi * C / \Delta p = 2 * \pi * 37 / 110 * 10^5 = 2.11 * 10^5 \text{ m}^3/\text{tr}$$

$$C_{ylg} = 211 \text{ cm}^3/\text{tr}$$

$$C_{ylr} = C_{ylg} / \eta_v = 211 / 0.93 = 226.88 \text{ cm}^3/\text{tr}$$



La figure 3.6 : Abaque des caractéristiques du moteur hydraulique

Sur le catalogue du constructeur Eaton, nous avons trouvé un moteur Gerotor de

Cylindrée	cm ³ /tr	53	63	80	100	125	160	200	245	315	390	485
Débit (l/min)	Continu	38	45	57	57	57	57	57	57	57	57	57
	Intermittent	45	53	68	68	68	68	68	68	68	68	68
Vitesse maxi. (tr/min)	Continu	721	693	710	568	462	354	286	234	174	144	114
	Intermittent	864	806	848	678	551	421	341	282	209	171	138
Δp (bar)	Continu	124	124	124	124	124	115	110	100	90	83	69
	Intermittent	138	138	138	138	138	124	124	124	124	110	90
Couple (Nm)	Continu	83	104	130	162	200	242	287	318	377	419	426
	Intermittent	93	116	145	181	223	260	324	391	508	547	507
Masse (kg)		5	5,3	5,5	6,1	6,2	6,4	6,7	7,1	7,4	7,7	8

cylindrée 245cm³

La figure 3.7 : Catalogue du constructeur Eaton.

Avec :

$$Q_{th} = 57 \text{ l/min}$$

$$P_h = C * \omega = P * Q = 110 * 10^5 * 57 / 60000 = 10.45 \text{ Kw}$$

$$\omega = P_h / C = 10450 / 370 = 28.24 \text{ rad/s}$$

$$\omega = 2\pi * N / 60 \quad \text{(III.13)}$$

$$N = 60 * \omega / 2\pi = 60 * 28.24 / 2\pi = 269.8 \text{ tr/min [14]}$$

6.3.3 Détermination de pression de travail:

$$C = C_{y1} * \Delta p / 2\pi * \eta$$

$$\Delta p = 2 * \pi * C * \eta / C_{y1} = 2 * 3.14 * 370 * 0.93 / 0.000245 = 88.2 \text{ bar}$$

III.6.4 Détermination du débit absorbé par le moteur :

$$\omega = 2\pi * N / 60$$

$$Q_{réelle} = c * \omega / P = \frac{370 * \pi * 269.8 * 60000}{110 * 10^5 * 60} = 59.99 \text{ l/min [14]}$$

III.6.5 Détermination des débits :

III.6.5.1 Détermination des débits de vérins A et A ' :

Vérin A : (\emptyset 40 * 22) :

Débit nécessaire à l'aller :

$$S_p = \pi * D_p^2 / 4 = \pi * 4^2 / 4 = 12.56 \text{ cm}^2$$

$$S_{an} = \pi * (D_p^2 - D_t^2) / 4 = 3.14 * (4^2 - 2.2^2) / 4 = 8.76 \text{ cm}^2$$

$$V = 0.25 \text{ m/s}$$

$$Q = S_p * V = 12.56 * 0.25 = 3.14 \text{ l/s} = 18.84 \text{ l/min}$$

Débit nécessaires au retour :

$$Q' = S_{an} * v = 8.76 * 0.25 = 2.19 \text{ l/s} = 13.14 \text{ l/min [14]}$$

III.6.5.2 Détermination des débits :

Vérin B : (\emptyset 30 * 16)

$$S_d = \pi * D_p^2 / 4 = 3.14 * 3^2 / 4 = 7.065 \text{ cm}^2$$

$$S_{an} = \pi * (D_p^2 - D_t^2) / 4$$

$$= 3.14 \cdot (3^2 - 1.6^2) / 4 = 0.24 \text{ cm}^2$$

$$V = 0.3 \text{ m/s}$$

$$Q = S_p \cdot v = 7.065 \cdot 0.3 = 211.9 \text{ cm}^3/\text{s}$$

Débit nécessaire au retour:

$$Q' = S_{an} \cdot v = 0.24 \cdot 30 = 7.2 \text{ cm}^3/\text{s}$$

Débit du moteur hydraulique :

$$Q_r = C \cdot \pi / p = \frac{370 \cdot 2 \cdot 3.14 \cdot 268.8 \cdot 60000}{110 \cdot 105 \cdot 60} = 0.948 \text{ l/s} = 56.66 \text{ l/min [14]}$$

III.6.6 Détermination de la pompe hydraulique :

La pression maximale retenue est de 120 bars à laquelle s'ajoutent les pertes de charge du circuit, pour augmenter la durée de vie de la pompe, il faut que la pompe ne fonctionne pas en charge donc on fixe la pression sur 130 bars.

Le débit total est 207.59 l/mn.

Pour un moteur électrique tournant à 1750 tr/mn, il faut une pompe de cylindrée :

$$Cyl = Q/n \quad (III.13)$$

$$Cyl = Q/N = 207590/1750 = 118.62 \text{ cm}^3/\text{tr}$$

Sur le catalogue du constructeur (HYDRO LEDUC) pour les pompes à pistons, nous avons trouvé une pompe (TXV 120) de cylindrée 120 cm³ et à travers cette valeur on va essayer de déterminer les différentes caractéristiques de la pompe.

Type de pompe	Sens de rotation	Cylindrée maxi ⁽¹⁾ (cm ³ /tr)	Pression maxi de service (bar)	Vitesse maxi à pleine cylindrée ⁽³⁾ (tr/min)	
► Gamme standard					
TXV 40	0512950 0512955	SH SIH	40	400	3000
TXV 60	0512500 0512505	SH SIH	60	400	2600
TXV 75	0512510 0512515	SH SIH	75	400	2000
TXV 92	0512520 0512525	SH SIH	92	400	1900
TXV 120	0515700 0515705	SH SIH	120	380	2100
TXV 130	0515300 0515515	SH SIH	130	365	2100
TXV 150	0518600 0518605	SH SIH	150	310	2000
TXV 130 <i>indexable</i>	0520300	SH/SIH	130	365	1750
TXV 150 <i>indexable</i>	0525070	SH/SIH	150	310	1750

Figure 3.8 : Catalogue du constructeur HYDRO LEDUC

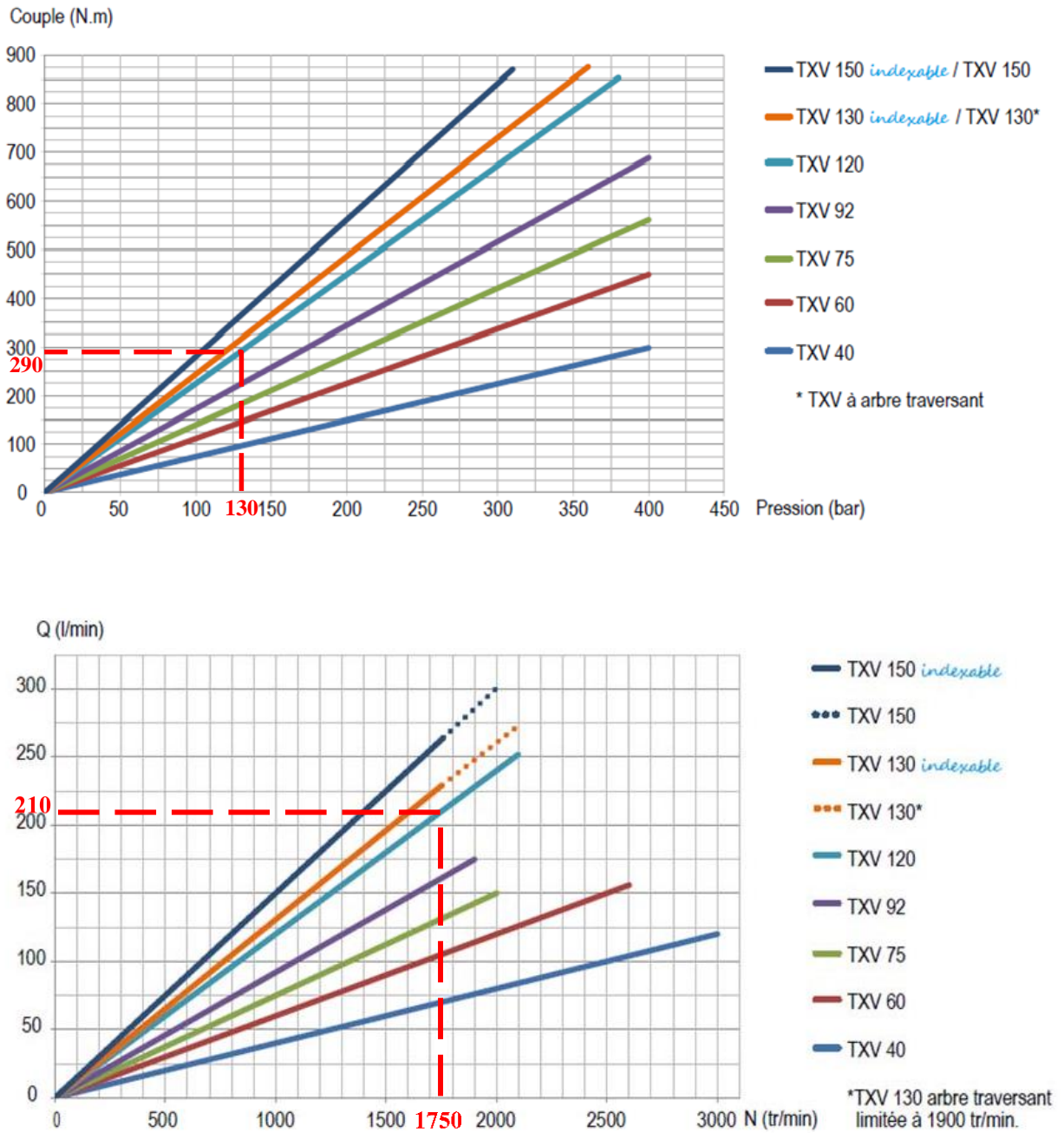


Figure 3.9 : Caractéristiques de la pompe à piston HYDRO LEDUC

A 130bars et vitesse de rotation de 1750 tr/mn on a un débit de 210 l/mn On a :

$$C = 290 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Avec un rendement mécanique de :

$$\eta_m = 0.85$$

Puissance absorbée par la pompe :

$$P = C \cdot \omega \quad (\text{III.14})$$

$$P = 290 \frac{2 \cdot \pi \cdot 1750}{60} = 53.11 \text{ KW} [14]$$

III.6.7 Détermination du rendement volumétrique :

$$\eta_v = Q_{reel} / Q_{th} = Q_{reel} / Cyl \cdot N = (207.59 / 120 \cdot 1750) \cdot 1000 = 0.98 [14]$$

III.6.8 Détermination du rendement totale :

$$\eta_t = \eta_v \cdot \eta_m = 0.98 \cdot 0.85 = 0.83 [14]$$

III.6.9 Détermination de la puissance du moteur électrique :

$$\text{Rendement moteur électrique } \eta_e = 0.85$$

$$P = P_a / \eta_e = 53.11 / 0.85 = 62.48 \text{ kw}$$

Le fluide hydraulique correspond à cette pompe est à base minérale a ISO VG 32 de viscosité

$$\nu = 32 \text{ cst} [14]$$

III.7 Conclusion :

Dans ce chapitre, on va représenter les dimensions des composante d'un train d'atterrissage avion de transport. Ces dimensions sont représentés par des calculs des elenments nécessaires et des vérifications .On va commencer par des éléments hydraulique les vérins et la pompe.

CHAPITRE IV

*Conception et simulation
de train d'atterrissage
d'avion de transport*

IV.1 Introduction :

Ce chapitre est divisé en trois parties, la première partie concerne la présentation des conceptions du train d'atterrissage avion de transport en tenant en compte tous calculs qui a été déterminé dans le chapitre précédent. Dans cette partie, Chaque partie du train d'atterrissage sera construite indépendamment à l'aide de SolidWorks. L'assemblage des parties aura fait en utilisant 'SolidworksAssembly'. Dans la deuxième partie de ce chapitre, la simulation du train d'atterrissage sera représentée. Pour cela la simulation de la pompe hydraulique du train d'atterrissage va réaliser à l'aide de l'outil Simscape multibody physical puis la simulation du train d'atterrissage avec le vérin dans le logiciel MATLAB aura fait à l'aide de SimMechanics. La combinaison entre ces modèles afin de simuler le actionneur en boucle fermée qui se compose d'un distributeur proportionnel à 4 voies entraînant un vérin hydraulique à double effet.

IV.2 Conception 3D :

Solidworks est un logiciel de conception assistée par ordinateur. ce logiciel est un outil de conception mécanique 3D, il offre des fonctionnalités très avancées dans le domaine de la modélisation des pièces, la définition des formes complexes, la création et la gestion des gros assemblages et la mise en plan.

Chaque partie du train d'atterrissage a été construite indépendamment à l'aide de SolidWorks. La conception de ce train d'atterrissage comprend les parties représentées dans les paragraphes suivantes en tenant en compte tous calculs qui a été déterminé dans le chapitre précédent.

IV.2.1 Vérin de verrouillage en position basse :

Un vérin hydraulique est un actionneur linéaire dans lequel l'énergie de l'huile comprimée est transformée en travail mécanique. Un piston muni d'une tige se déplace librement à l'intérieur d'un tube. Pour faire sortir la tige, on applique une pression sur la face avant du piston, et sur la face arrière pour faire rentrer la tige. Ces vérins de manœuvre à double fonction appelés également vérins de relevage actionnent les atterrisseurs pour les amener en position haute «train rentré» ou basse «train sorti». La figure ci-dessous est une vue perspective de ce vérin à l'aide de SolidWorks

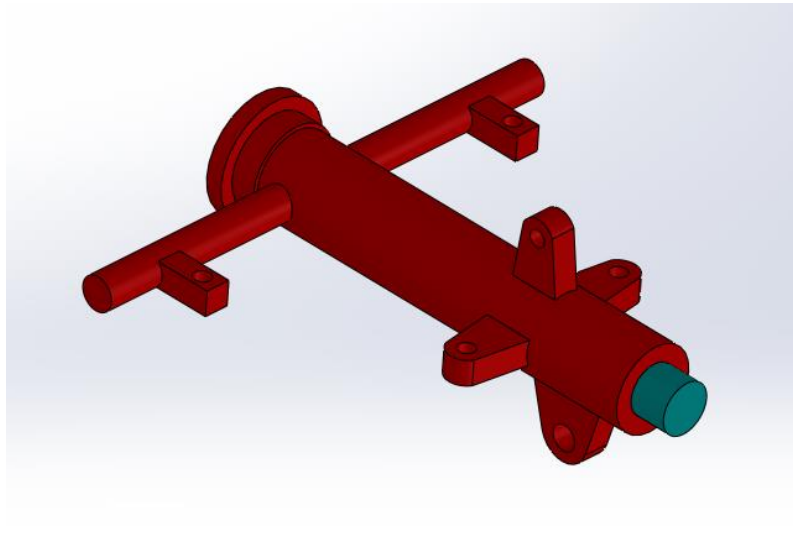


Figure IV.1: Vérin de verrouillage

IV.2.2 Vérin de verrouillage de la biellette :

Ci-dessous figure ci-dessous est une vue perspective de ce vérin à l'aide de SolidWorks

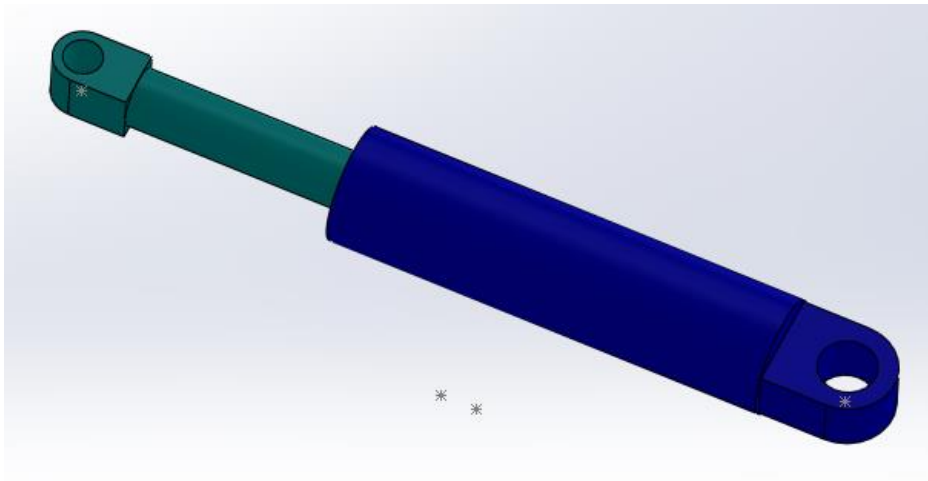


Figure IV.2: Vérin de verrouillage de la biellette

IV.2.3 Contrefiche principal

L'atterrisseur principal est manœuvré par un vérin qui agit sur un contreventement. Sur un avion de transport le contreventement est généralement assuré par une contrefiche principale

qui reprend les efforts latéraux ou longitudinaux, selon la géométrie, et par une contrefiche secondaire qui maintient la position alignée de la contrefiche principale. La figure ci-dessous est une vue perspective de ce contrefiche principal à l'aide de SolidWorks

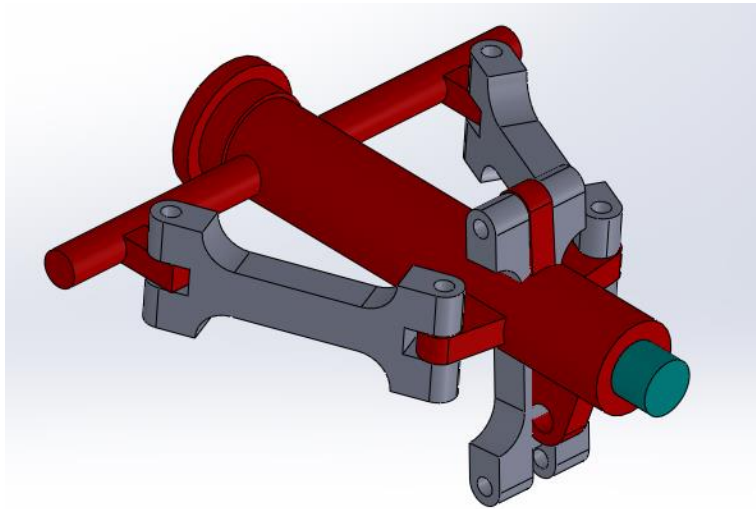


Figure IV.3: Vérin de verrouillage

IV.2.4 Compas principal

La figure ci-dessous est une vue perspective de ce contrefiche principal à l'aide de SolidWorks

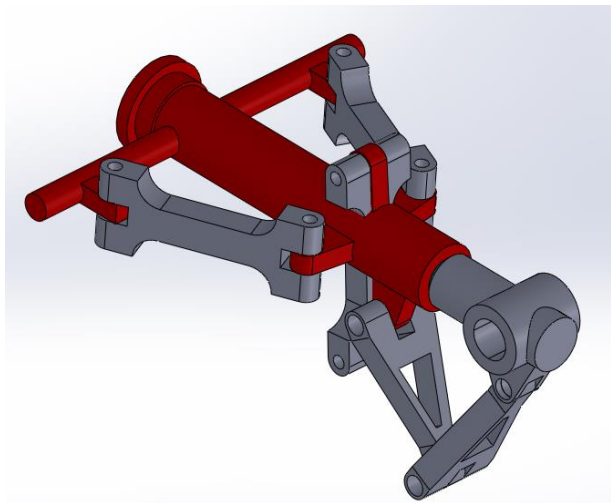


Figure IV.4: Vérin de verrouillage

IV.2.5 Roues

Les roues du train principal sont freinées automatiquement après le décollage avant que les roues entrent dans leur soute. Appelé quelquefois "freinage de relevage" il est commandé automatiquement lors de l'ouverture des portes de trappes. Ce freinage permet d'éviter les couples gyroscopiques lors de la manœuvre, ainsi que les vibrations et rotations dans les puits. Alors que les roues du train avant sont arrêtées au contact avec une bande de frottement (sorte

de sangle) située dans le puits de train avant après la rétraction, pendant la fermeture des portes. La figure ci-dessous est une vue perspective de ce roues.

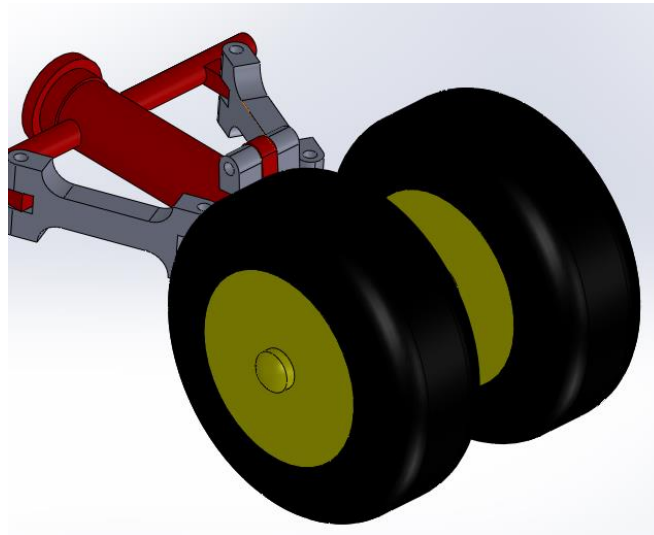


Figure IV.5: Roues

IV.2.6 Conception du train d'atterrissage en 3D

La figure ci-dessous est la conception du train d'atterrissage en 3D à l'aide de SolidWorks.

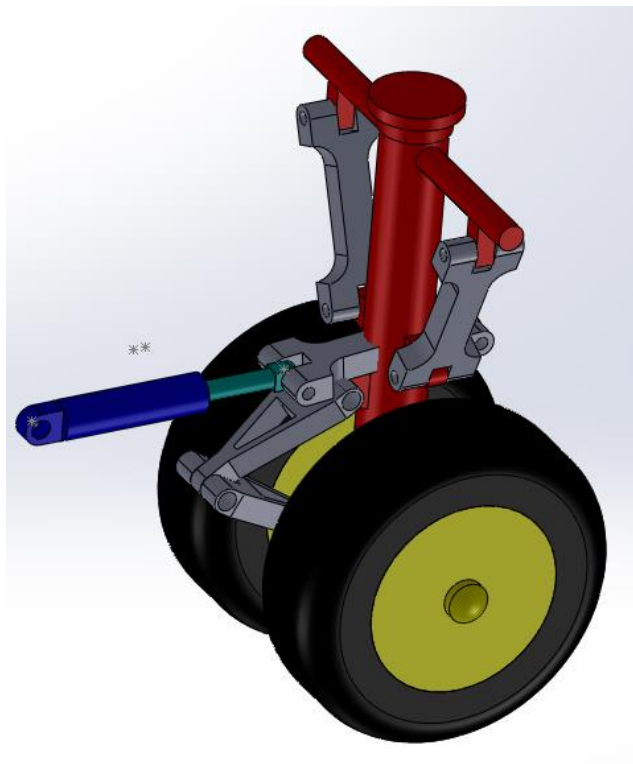
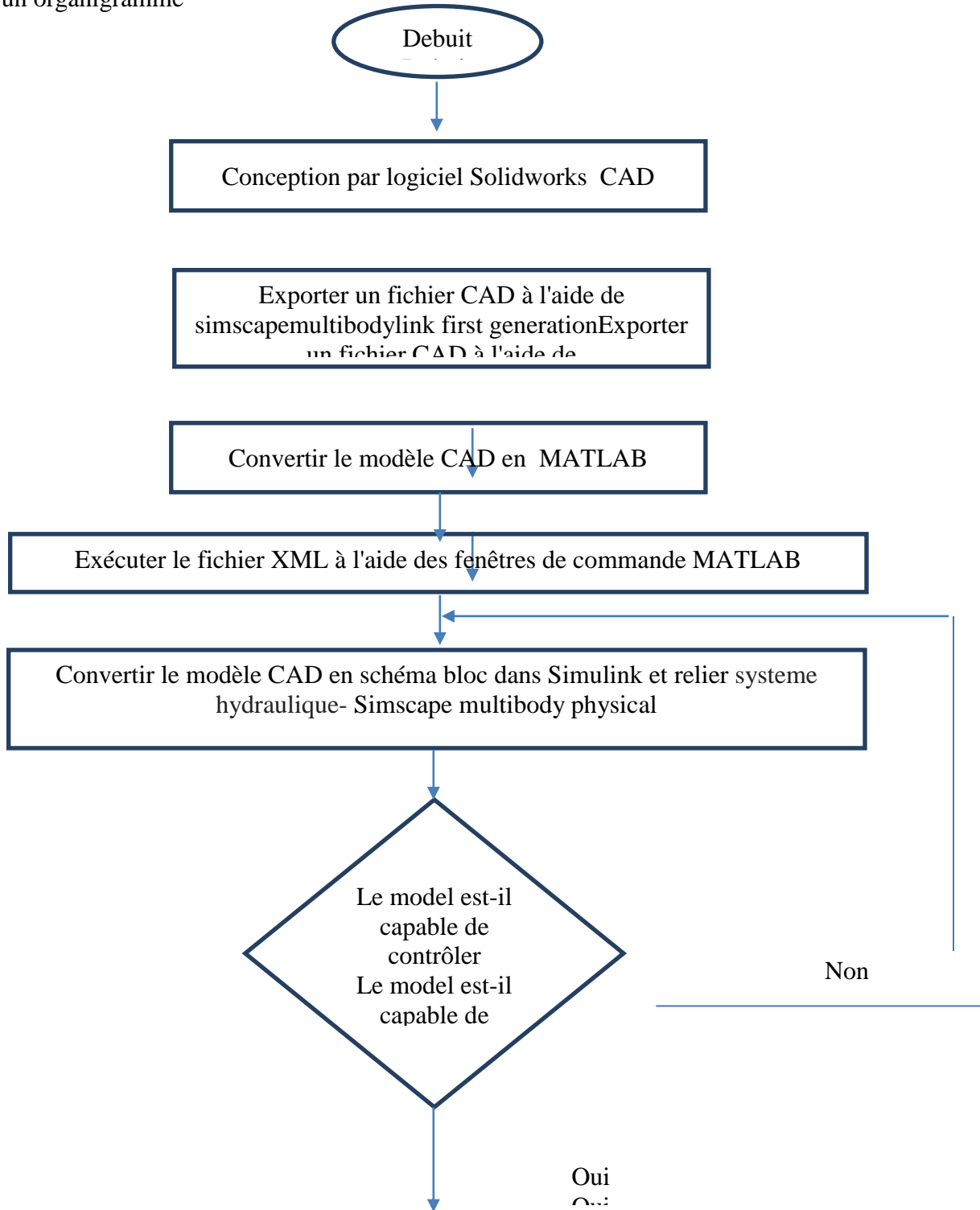


Figure IV.6: Train d'atterrissage

IV.3 Simulation du train d'atterrissage:

Ce qui suit ,la simulation du train d'atterrissage represente. Donc, la figure suivante présente un organigramme



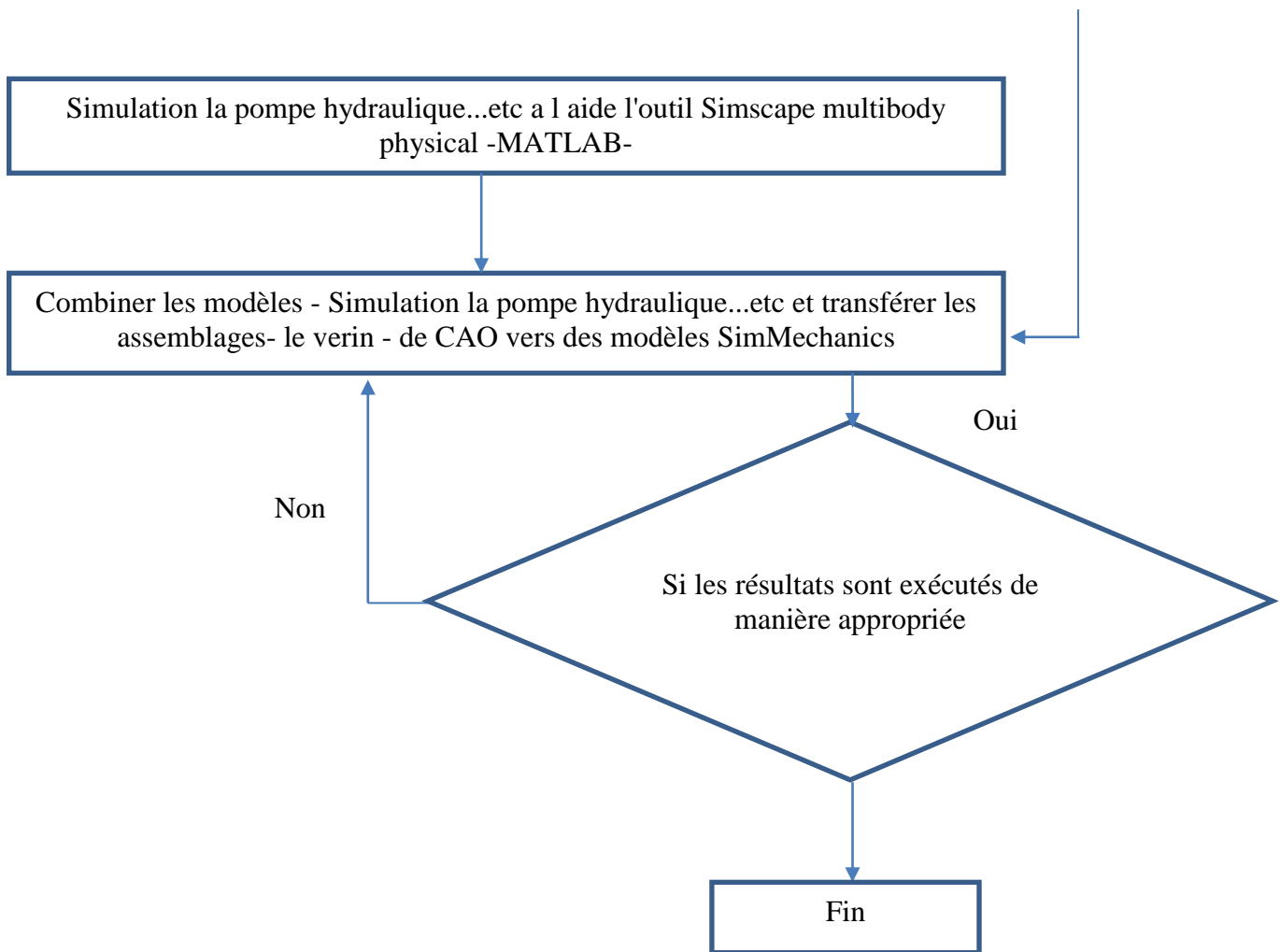


Figure IV.7 : Organigramme

IV.3.1 Simulation de la partie mécanique:

La simulation de la partie mécanique - Vérin de verrouillage en position base-Vérin de verrouillage de la biellette-Contrefiche principal-Roues- Compas principal dans le logiciel MATLAB est faite à l'aide de SimMechanics. SimMechanics est un outil du logiciel MATLAB qui sert à modéliser les systèmes mécaniques 3D [15] au sein de l'environnement Simulink. Cet outil est utilisé pour construire un modèle composé de corps, de liaisons, des contraintes, et d'éléments de force qui reflètent la structure du système. SimMechanics donne une animation 3D [16], générée automatiquement et permet de visualiser la dynamique du système [17].

IV.3.2 L'interfaçage du SolidWork avec SimMechanics:

'SimMechanicslink' est un outil intermédiaire nécessaire permettant à l'utilisateur de transférer les assemblages de CAO vers des modèles SimMechanics, L'étape intermédiaire entre l'assemblée CAO et le modèle SimMechanics c'est l'exportation du fichier XML du modèle assemblé. Le processus d'exportation crée automatiquement des fichiers STL qui contiennent des informations sur la géométrie de la partie mécanique nécessaire pour la visualisation des éléments du système. Ensuite, SimMechanics importateur convertit ces fichiers aux fichiers XML et qui sont des références aux fichiers STL afin de visualiser le de la partie mécanique. Les modèles en SimMechanics avec la structure physique systématiquement peuvent être produits à partir XML les. Le fichier XML contient la structure mécanique, DDL et la géométrie du corps [17]. La procédure de l'exploitation de la conception du robot à partir de Solidworks au SimMechanics est illustrée dans la figure suivante.

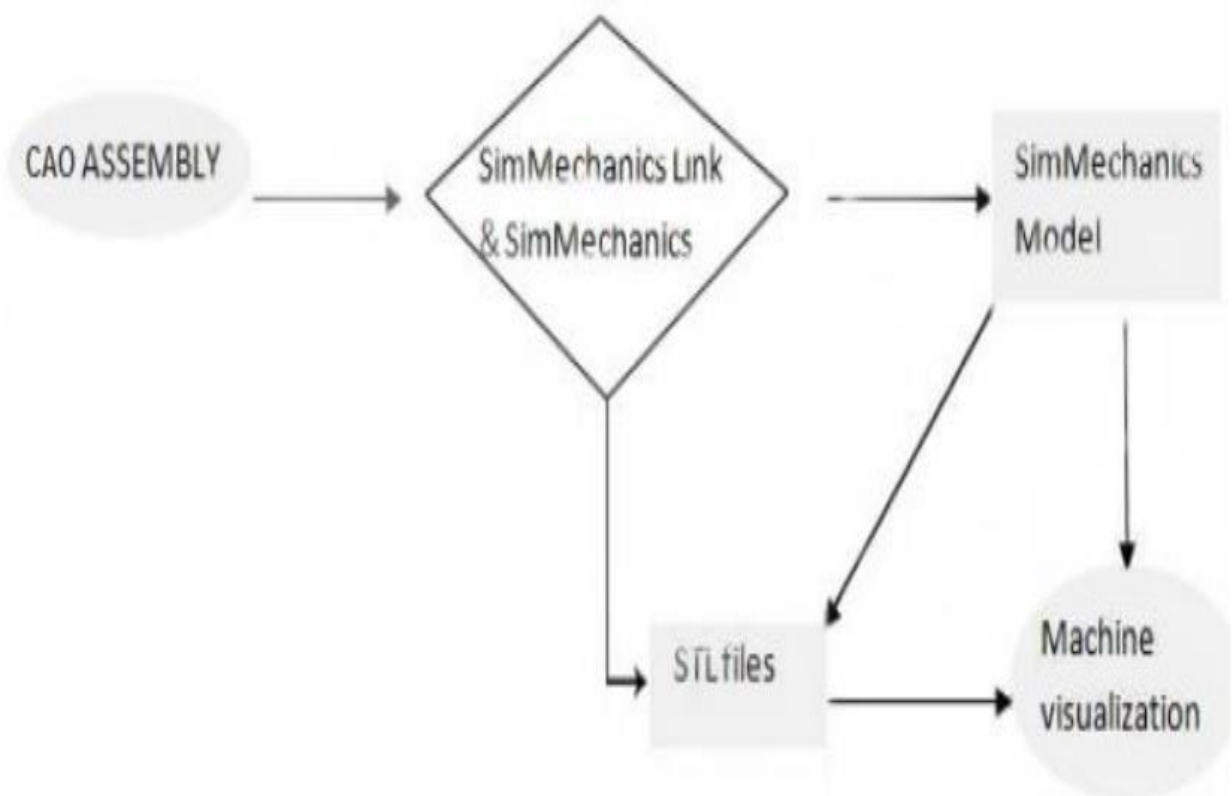


Figure IV.8 : Schéma de conversion de CAO assemblage pour le modèle SimMechanics

IV.4.3 L’interfaçage du SolidWork avec SimMechanics pour du train d'atterrissage:

Comme précisé dans les paragraphes précédents ‘SimMechanicslink’ est un outil intermédiaire nécessaire permettant à l'utilisateur de transférer les assemblages de CAO vers des modèles SimMechanics, L'étape intermédiaire entre l'assemblée CAO et le modèle SimMechanics c'est l'exportation du fichier XML du modèle assemblé. La transférer les assemblages de CAO du train d'atterrissage des modèles SimMechanics est représentée dans la figure (9.4).

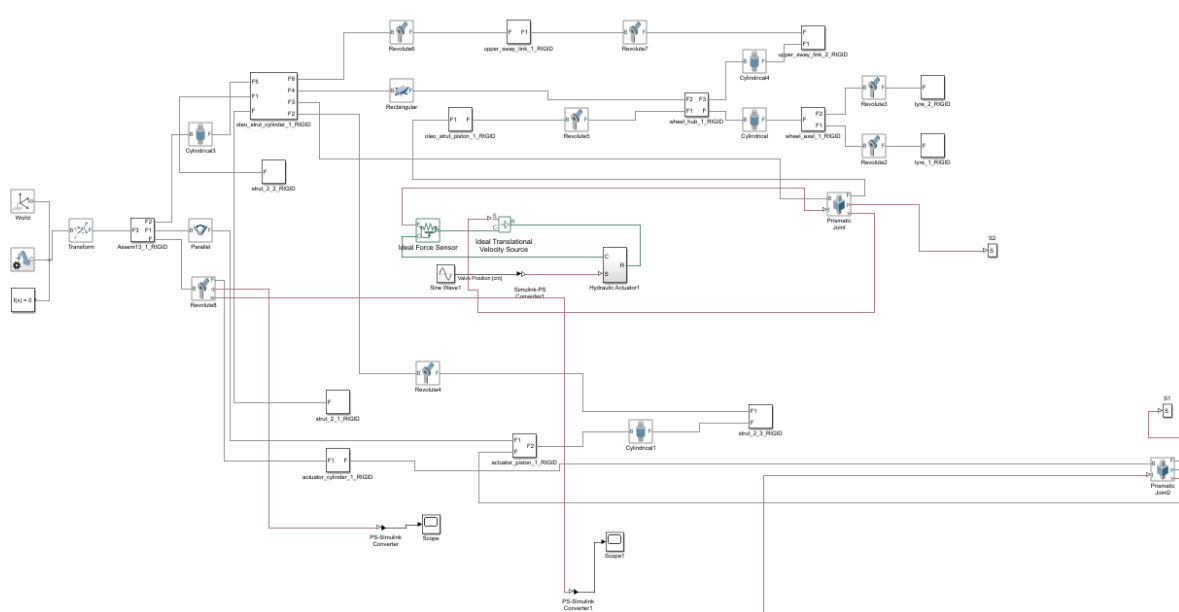


Figure IV.9 : Modèles SimMechanics de l'assemblage de CAO du train d'atterrissage avec les verin

La visualisation de la partie mecanique-l Vérin de verrouillage en position base-Vérin de verrouillage de la biellette-Contrefiche principal-Roues- Compas principal des modèles SimMechanics est représentée dans la figure suivante.

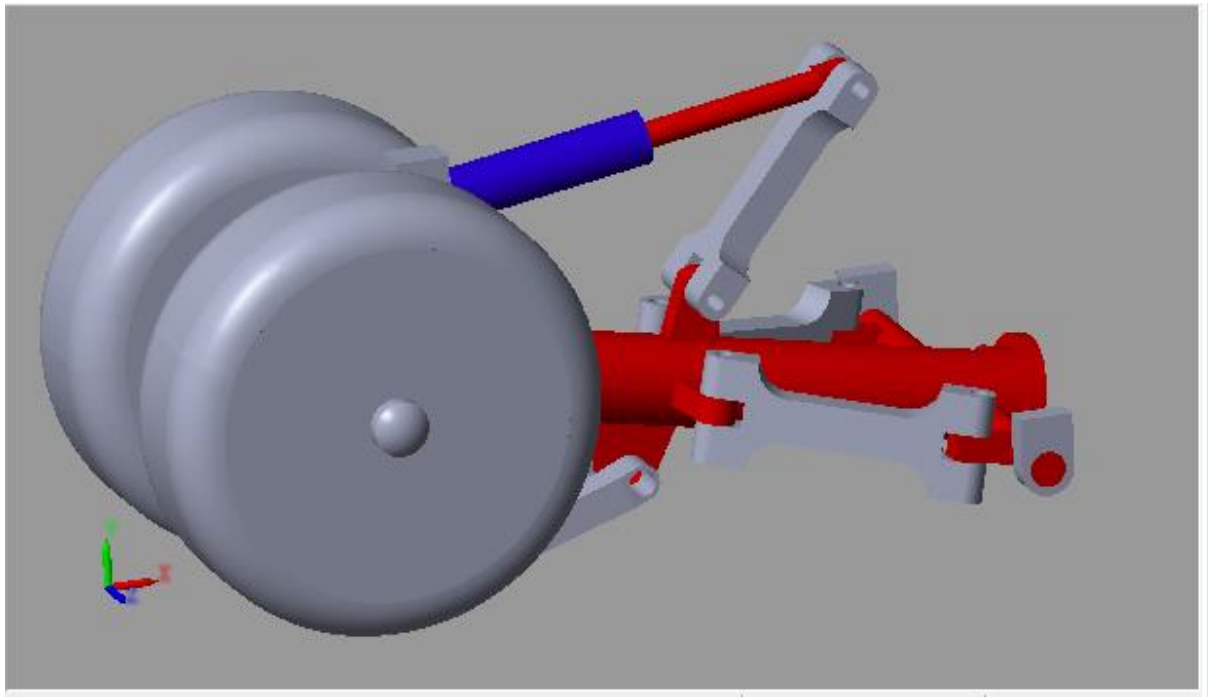


Figure IV.10 : Visualisation de la partie mecanique

IV.3.4 Simulation du systeme hydraulique

Pour la simulation la pompe hydraulique, le logiciel Matlab sera utiliser à partie de l'outil Simscape multibody physical .Cette pompe hydraulique prend l'huile hydraulique d'un réservoir de stockage et la pousse dans un circuit hydraulique sous forme de débit ainsi toutes les pompes hydrauliques produisent un débit d'huile de la même façon et un circuit utilisant une unité de détection de charge et de limitation de pression dans un système réciproque conventionnel avec une charge variable sur la course avant. Une dépression est créée du côté de l'aspiration de la pompe hydraulique puis la pression atmosphérique élevée ou la pression du réservoir pousse l'huile à travers l'orifice d'aspiration et à l'intérieur de la chambre d'aspiration de la pompe. Les engrenages de la pompe à engrenage par exemple transportent ensuite l'huile vers la chambre de refoulement de la pompe hydraulique. L'unité limite la pression de sortie à 300 bar et maintient une chute de pression prédéfinie de 10 bar à travers l'orifice de contrôle de vitesse sur l'orifice de refoulement de la pompe. L'unité est constituée de deux vannes à 3 voies et 2 positions, de deux actionneurs de vanne hydraulique à simple effet et d'un actionneur de vanne hydraulique à double effet.

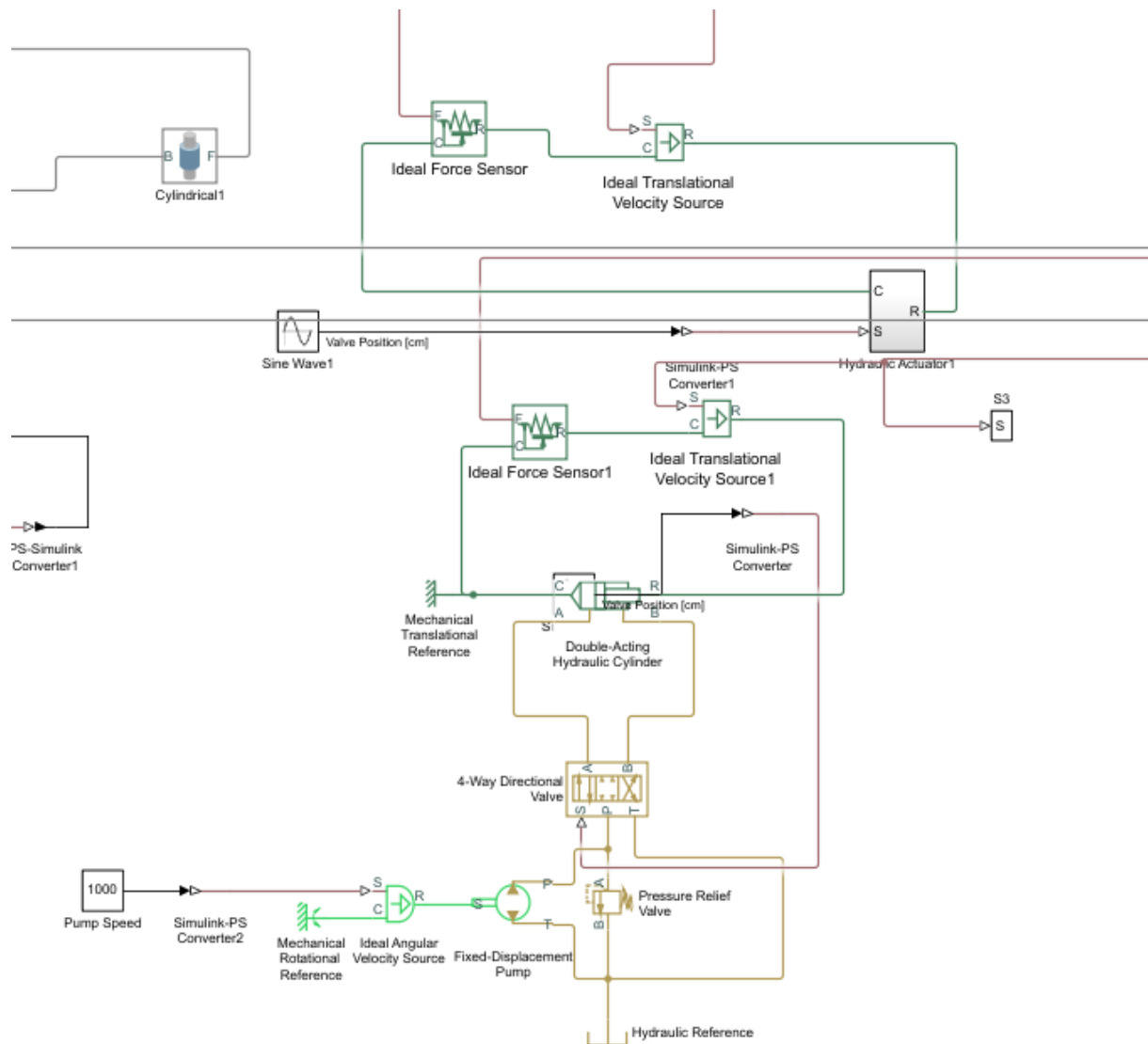


Figure IV.11 : Simulation le systeme hydraulique- Simscape multibody physical -

3.4.5 Combiner les modèles:

La simulation de la pompe hydraulique a ete realisee à l'aide de l'outil Simscape multibody physical puis la simulation de la benne avec le verin dans le logiciel MATLAB est faite à l'aide de SimMechanics. La figure (12.4) represente la combinaison entre ces modeles afin simuler le actionneur en boucle fermée qui se compose d'un distributeur proportionnel à 4 voies entraînant un vérin hydraulique à double effet. Le cylindre entraîne une charge constituée d'une masse, d'une friction visqueuse et coulombienne, d'une force constante et d'un ressort. L'actionneur est alimenté par une pompe à cylindrée variable et à pression compensée, entraînée par un moteur à vitesse constante. Les canalisations entre la vanne, le

cylindre, la pompe et le réservoir sont modélisées à l'aide des blocs de canalisation hydraulique. .Cela conduit au contrôle de la benne de la bétonnière.

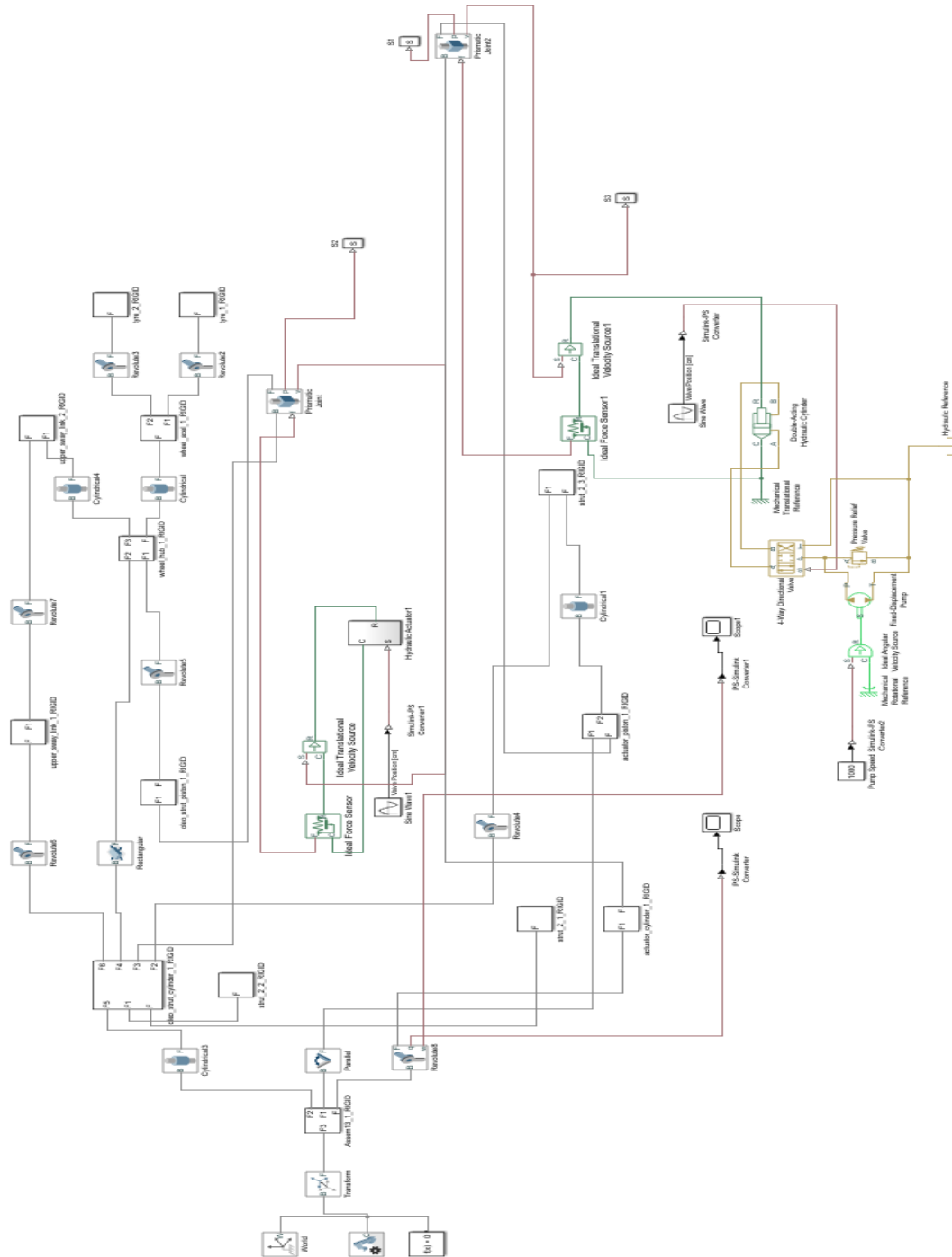


Figure IV.12 : Combiner les modèles

IV.4 Cinématique du train

On s'intéresse au mécanisme d'ouverture, de fermeture et de verrouillage du train . Le schéma de principe relatif au train avant est donné ci dessus. Le caisson est en liaison pivot avec le fuselage de l'appareil permettant le déploiement du train. En position sortie, la rotation du tube tournant par rapport au caisson doit permettre l'orientation des roues pour la direction de l'appareil lors des manœuvres au sol. Afin d'assurer la suspension du train avant, les roues sont montées sur la tige coulissante en liaison pivot glissant avec le tube tournant. Le compas composé des 2 pièces principales, le compas supérieur et le compas inférieur , permet alors de transmettre le mouvement de rotation du tube tournant à la tige coulissante en laissant libre le mouvement de translation. Une contrefiche composée des 2 bras sert à reprendre les efforts exercés sur le train et à le maintenir déployé. Elle est équipée d'un dispositif de verrouillage empêchant son repli involontaire.

IV.4.1 Cinématique du train principal

Rentrée de l'atterrisseur principal

Séquences de rentrée de l'atterrisseur principal :

- décrochage de la trappe ;
- ordre au vérin d'ouvrir la trappe ;
- ordre au vérin de déverrouiller la position basse ;
- ordre au vérin de manœuvre de remonter l'atterrisseur principal ;
- accrochage du train en position haute ;
- ordre au vérin de remonter la trappe ;
- accrochage de la trappe

IV.4.2 Atterrisseur principal verrouillage haut

Sur l'atterrisseur principal se maintient en position haute par un crochet fixé sur la cellule, ceci évite de maintenir la pression dans les vérins de manœuvre pendant le vol. Sur l'atterrisseur principal est maintenu en position haute par la pression hydraulique qui reste constante dans le circuit .

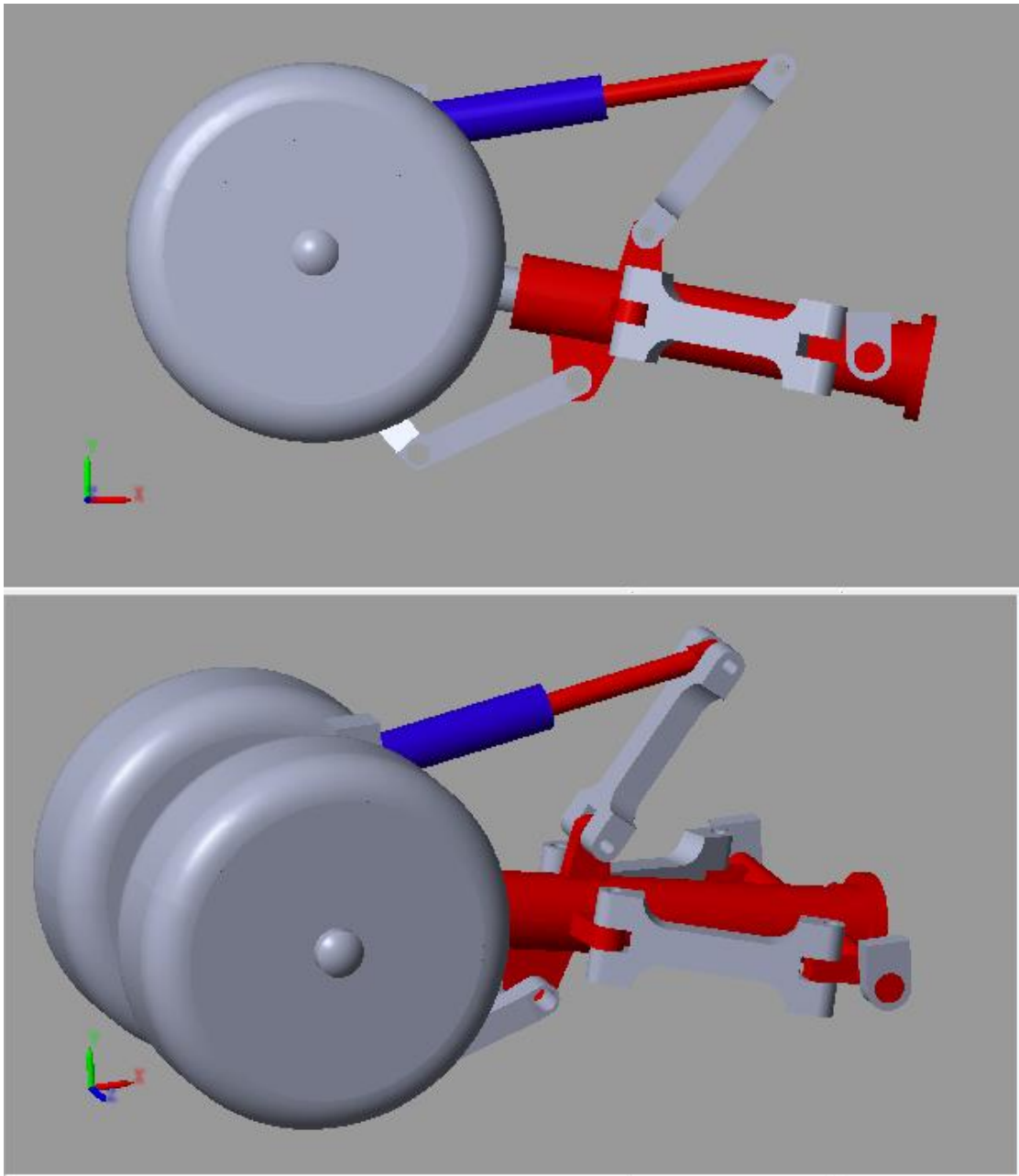
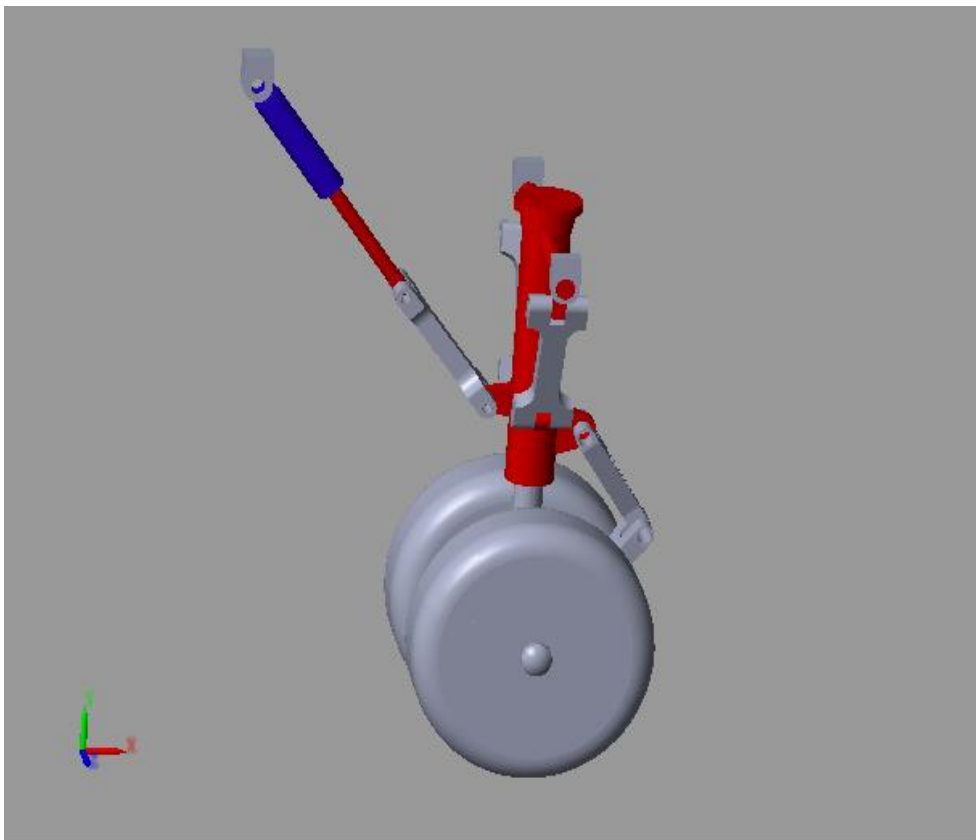


Figure IV.13 : Atterrisseur principal verrouillage haut

IV.4.3 Sortie de l'atterrisseur principal

Séquences de sortie de l'atterrisseur principal :

- décrochage de la trappe
- ordre au vérin d'ouvrir la trappe
- décrochage de la position haute de l'atterrisseur principal
- ordre au vérin de manoeuvre de descendre l'atterrisseur principal
- ordre au vérin de verrouiller la position basse
- ordre au vérin de remonter la trappe



accrochage de la trappe

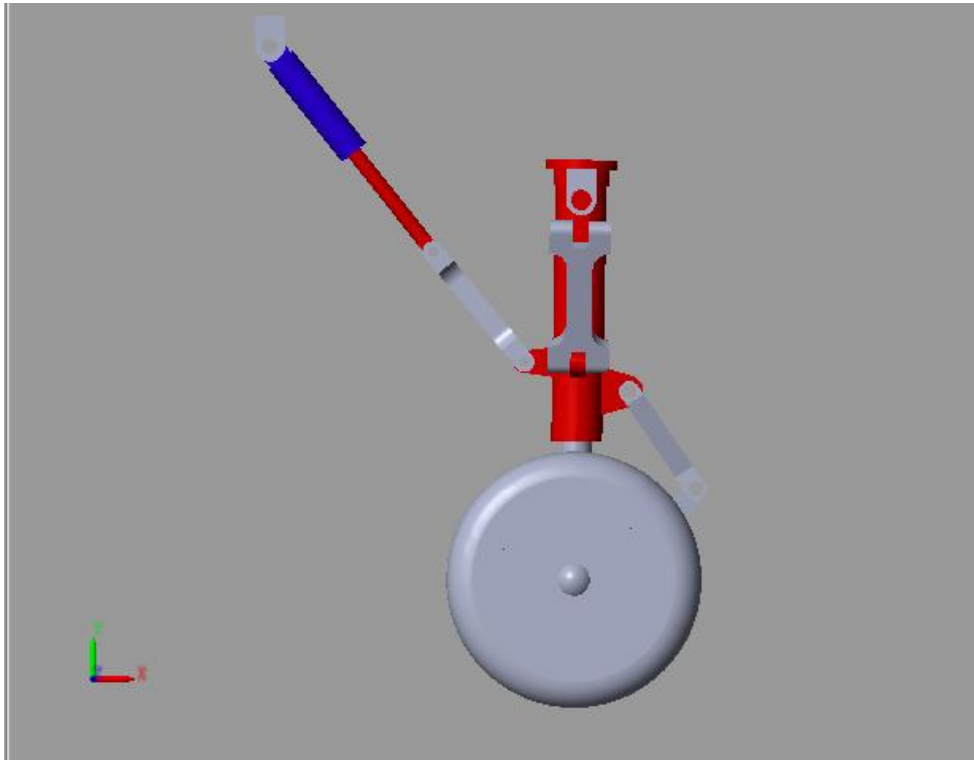


Figure IV.14 : Sortie de l'atterrisseur

IV.4.4 Orientation du train principal

Sur les plus gros porteurs, la charge très élevée supportée par le train d'atterrissage, notamment au moment où l'avion touche le sol, conduit à augmenter le nombre de roues en ajoutant aux atterrisseurs non orientables sous voilure un ou deux atterrisseurs arrière implantés sous le fuselage. Afin de ne pas accroître exagérément le rayon de braquage de l'avion au sol et d'éviter une usure accélérée des pneumatiques, les boggies ou une partie des boggies formant chacun des éléments du train arrière sont alors rendus orientables sous certaines conditions.

Ces conditions imposent :

- que l'avion soit au sol,
- que la vitesse des roues soit faible (par exemple, inférieure à environ 15Kt) mais non nulle,
- que l'angle de braquage du train avant soit supérieur à une certaine limite (par exemple, environ 20°).

Le système est désactivé quand la vitesse passe

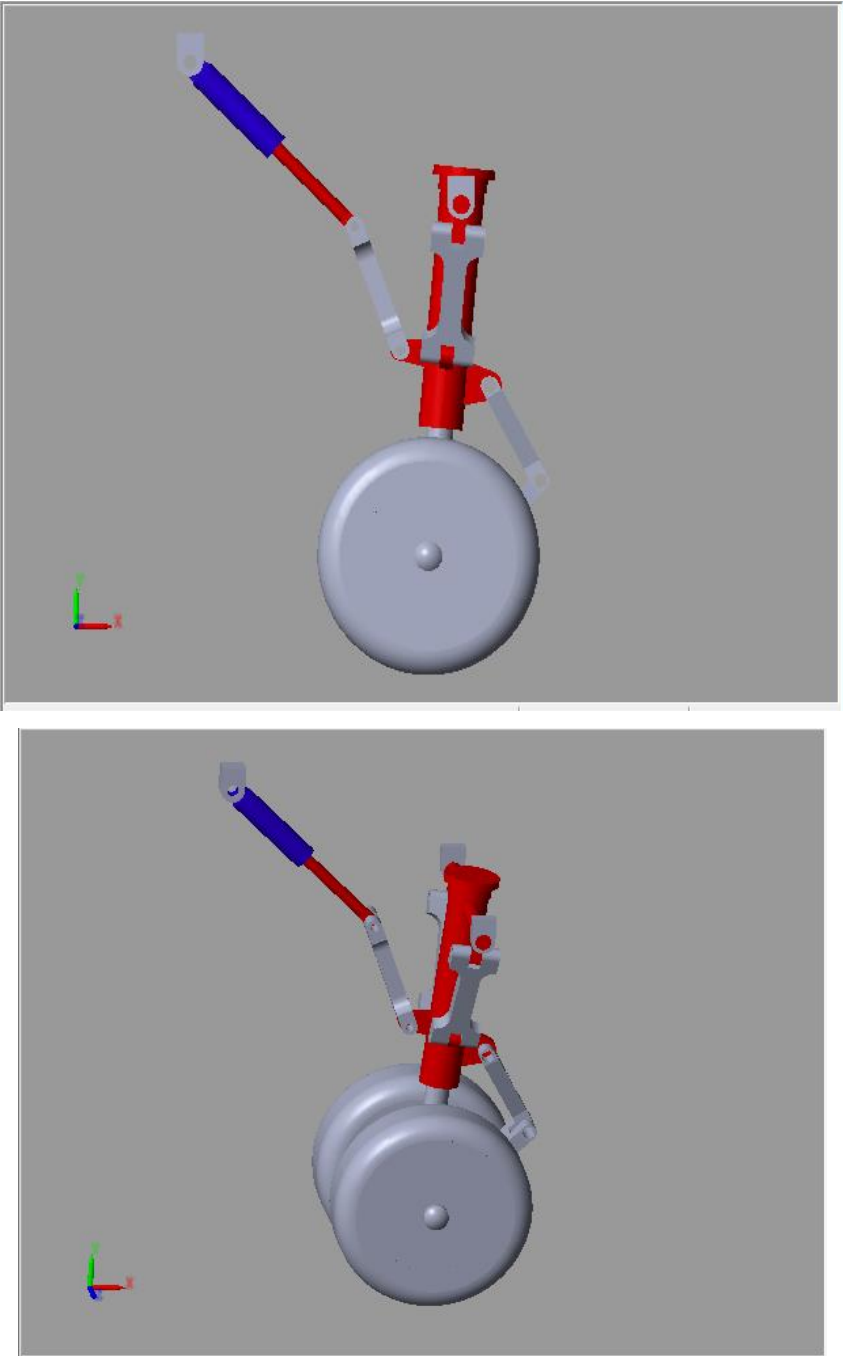


Figure IV.15 : Orientation du train

IV.5 Résultats de la simulation :

IV.5.1 Résultats de la simulation:

Les figure ci-dessous representent les resultats de la simulations .

La figure 4.38 représente le résultat de la simulation pour des varaitions de vitesse du cylindre du verin 1 en fonction du temps..

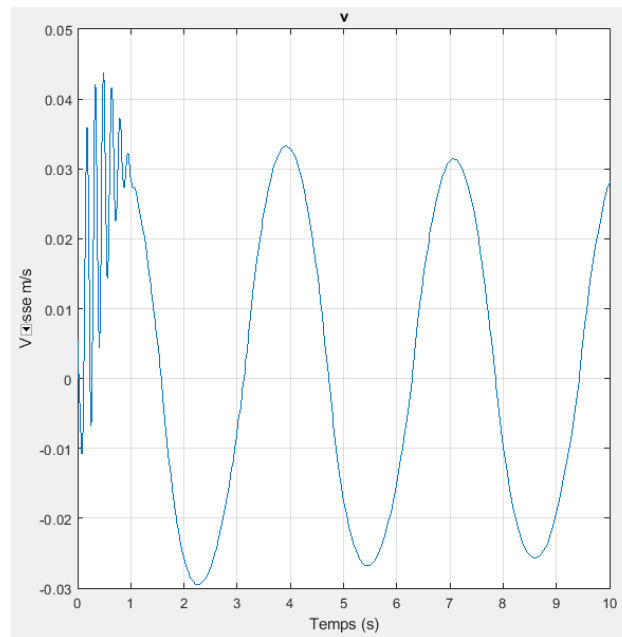


Figure IV.16 : Vitesse du vérin en fonction du temps

On remarque que la vitesse change de manière aléatoire et irrégulière et prend la valeur maximal d'environ 0,055 m/s. Ces valeurs diminueront après le temps 1-2 secondes. Également, on peut remarquer que cette variation est de forme sinusoïdale. Le changement de manière aléatoire et irrégulière de la vitesse s'explique par l'instabilité au démarrage, ce qui signifie la période transitoire que la pompe peut traverser.

La figure suivante 4.38 représente le résultat de la simulation pour des variations de pression du cylindre du vérin en fonction du temps.

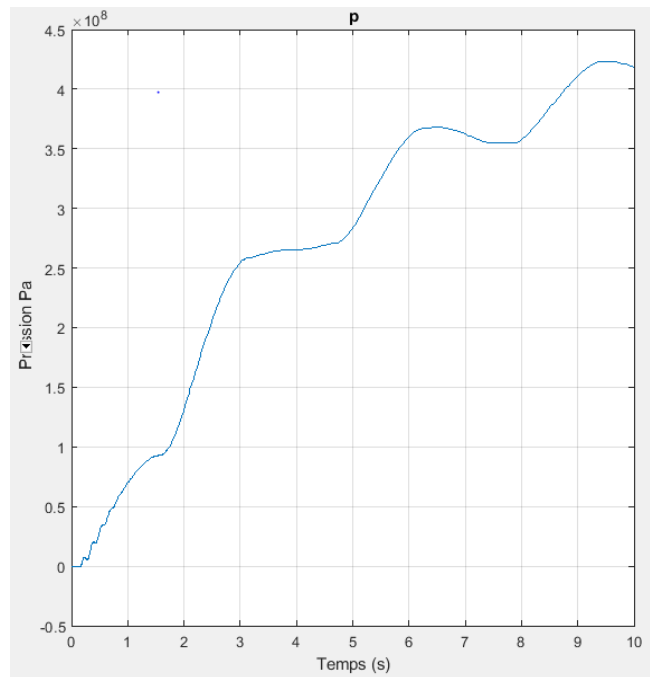


Figure IV.17 : Variations de pression du verin 1 en fonction du temps

On remarque que la pression du cylindre du verin1 évolue de plus en plus en fonction du temps et prend la valeur maximal d environ $4 \cdot 10^8$ Pa. .Egalement ,on peut remarquer que cette variation prend des palies à certaines des intervalles .

La figure suivante 4.38 représente le résultat de la simulation pour des variations de force appliquee en fonction du temps.

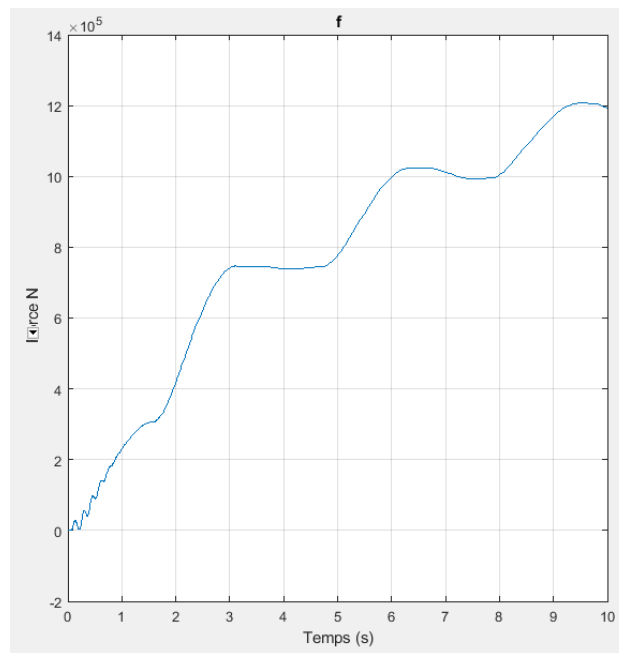


Figure IV.18 : Variations de force appliquee en fonction du temps

Les remarques citées pour les variations de pression du vérin du levier sont représentées par les variations de force appliquee.dans ce cas la valeur maximal est envion de 14 10e5N.

La figure suivante 4.38 représente le résultat de la simulation pour des variations le potentiel hydrique- chambre à pression - en fonction du temps.

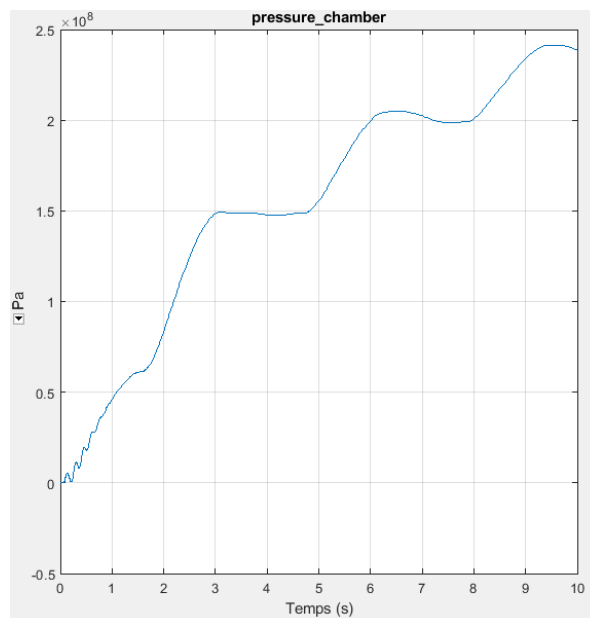


Figure IV.19 : Potentiel hydrique- chambre à pression - en fonction du temps

Les memes remarques citées pour les variations de pression du vérin du levier sont représentées par les variations le potentiel hydrique. La valeur maximal est envion de $2.5 \cdot 10^8$ Pa.

La figure suivante 4.38 représente le résultat de la simulation pour des variations de volume en fonction du temps

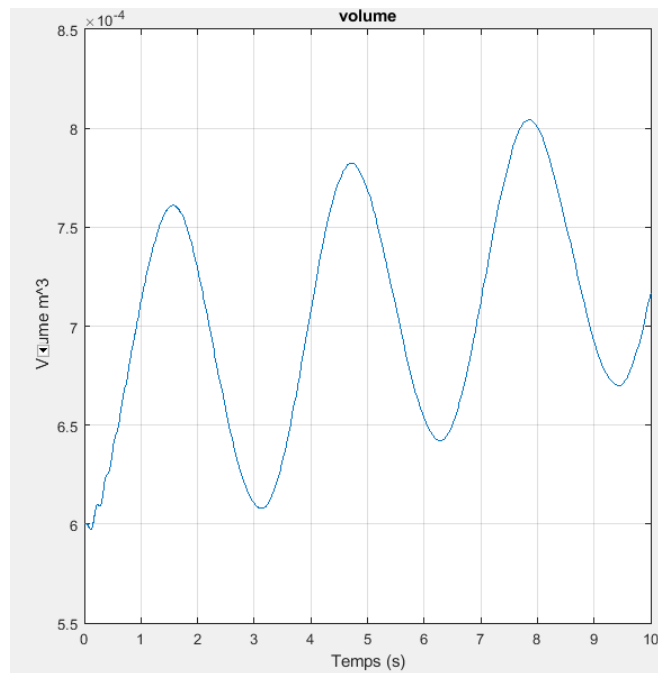


Figure IV.20 : Variations de volume en fonction du temps

On remarque que le volume évolue de plus en plus en fonction du temps et prend la valeur maximal d'envion $8 \cdot 10^{-4}$ m³. .Egalement ,on peut remarquer que cette variation est de forme sinusoidale avec l'augmentation de l'amplitude du volume.

La figure suivante 4.38 représente le résultat de la simulation pour des variations de postion en fonction du temps

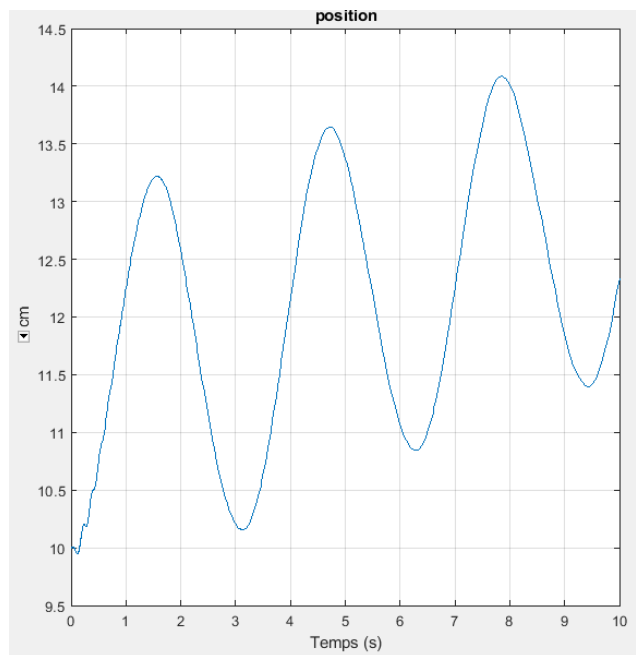


Figure IV.21 : Variations de position du verin 2 en fonction du temps

On remarque que la position du verin évolue de plus en plus en fonction du temps et prend la valeur maximale d'environ 14 cm. Aussi, on remarque que cette variation est de forme sinusoidale avec l'augmentation de l'amplitude du volume.

La figure suivante 4.38 représente le résultat de la simulation pour des variations du débit en fonction du temps.

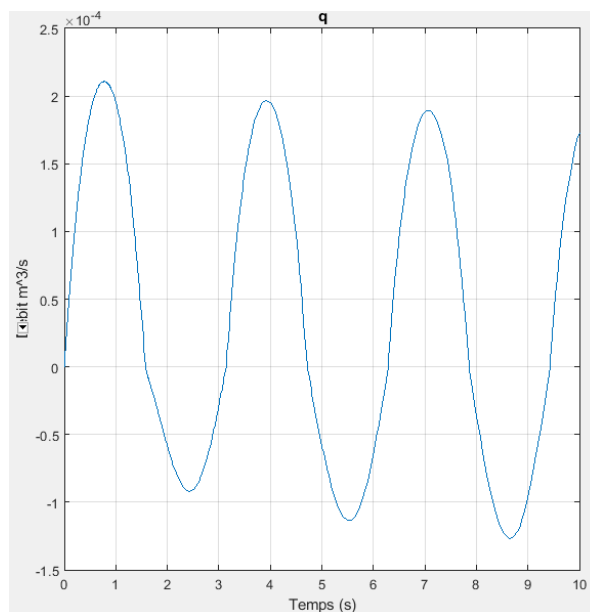


Figure IV.22 : Debit du verin en fonction du temps

On peut remarquer que le débit diminue de plus en plus en fonction du temps et prend la valeur maximale d'environ $2.5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$. Également, on peut remarquer que cette variation est de forme sinusoïdale avec la diminution de l'amplitude du volume.

La figure suivante 4.38 représente le résultat de la simulation pour des variations de pression du cylindre du vérin 2 en fonction du temps.

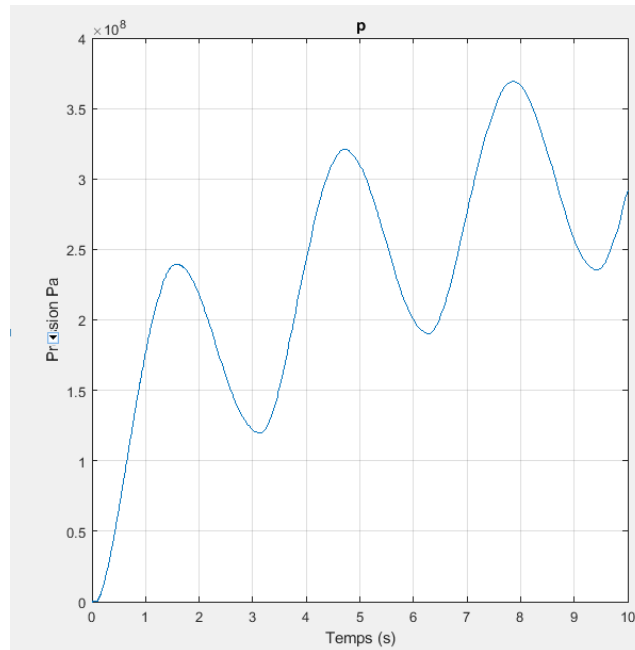


Figure IV.23 : Pression du vérin en fonction du temps

On remarque que la pression du cylindre du vérin évolue de plus en plus en fonction du temps et prend la valeur maximale d'environ $4 \cdot 10^8$ Pa. Également, on peut remarquer que cette variation prend des paliers à certaines des intervalles.

La figure suivante 4.38 représente le résultat de la simulation pour des variations de force appliquée en fonction du temps.

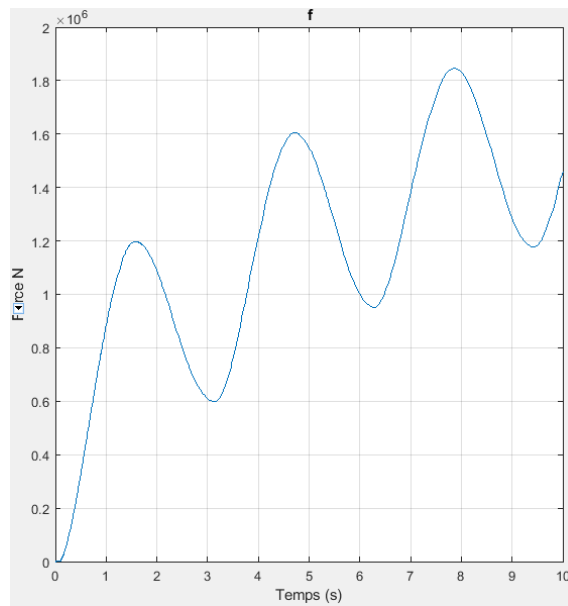


Figure IV.24 : Force du verin en fonction du temps

Les remarques citées pour les variations de force du vérin du levier sont représentées par les variations de force appliquée. dans ce cas la valeur maximal est environ de 1.8×10^6 N.

La figure suivante 4.38 représente le résultat de la simulation pour des variations le potentiel hydrique- chambre à pression - du verin 2 en fonction du temps.

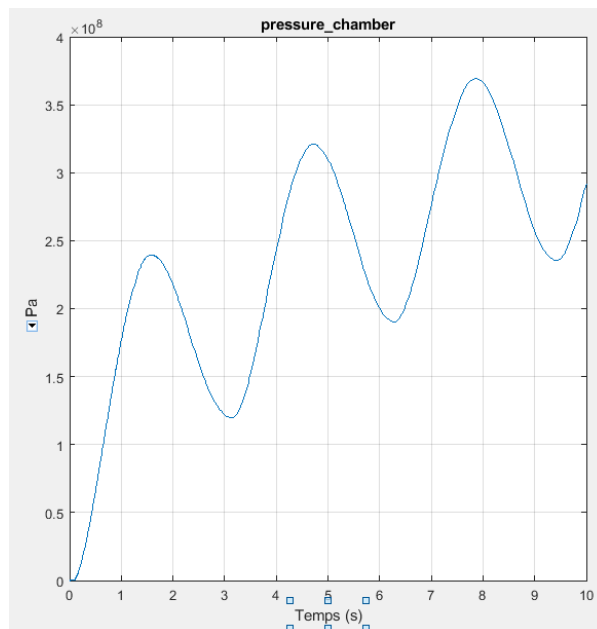


Figure IV.25 : Potentiel hydrique- chambre à pression - du verin 2 en fonction du temps.

Les memes remarques citées pour les variations de pression du vérin du levier sont représentées par les variations le potentiel hydrique. La valeur maximal est envion de 2.5 10e8 Pa.

La figure suivante 4.38 représente le résultat de la simulation pour des variations de volume en fonction du temps

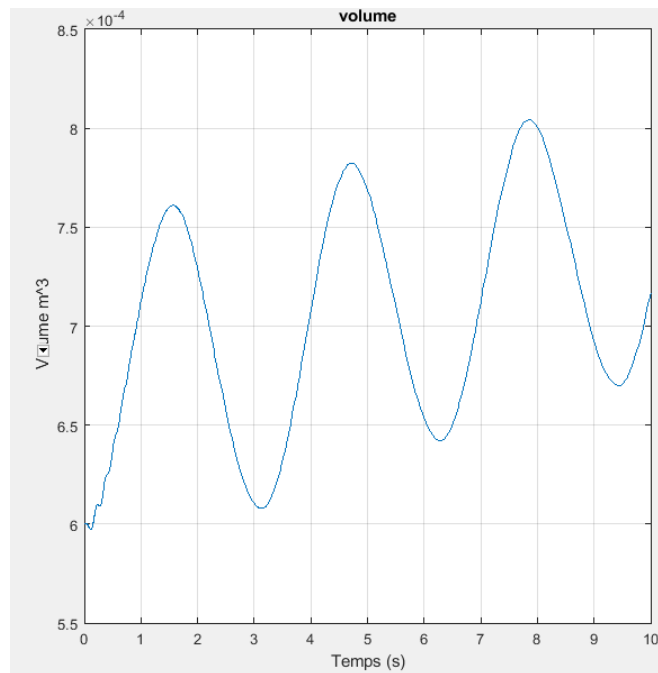


Figure IV.26 : Variations de volume en fonction du temps

On peut observer que le volume évolue de plus en plus en fonction du temps et prend la valeur maximal d'envion 8 10e-4 m³. .Egalement ,on peut remarquer que cette variation est de forme sinusoïdale avec l'augmentation de l'amplitude du volume.

IV.6 Conclusion

Dans la première partie de ce chapitre a concerne la présentation des conceptions du train d'atterrissage avion de transport en tenant en compte tous calcules qui a été déterminé dans le chapitre precedent. Dans la deuxième partie de ce chapitre,la simulation du train d'atterrissage a represente. Pour cela la simulation de la pompe hydraulique du train d'atterrissage a realiser à l'aide de l'outil Simscape multibody physical puis la simulation du train d'atterrissage avec

les vérins dans le logiciel MATLAB a fait à l'aide de SimMechanics. La combinaison entre ces modèles afin de simuler l'actionneur en boucle fermée qui se compose d'un distributeur proportionnel à 4 voies entraînant un vérin hydraulique à double effet.

*Conclusion
générale*

Conclusion générale

L'objet principal de ce travail était les calculs des dimensions des composants et la simulation d'un train d'atterrissage. Ces dimensions sont représentées par des calculs des éléments nécessaires et des vérifications. Chaque partie du train d'atterrissage a été construite indépendamment à l'aide de SolidWorks. L'assemblage des parties a été fait en utilisant 'SolidworksAssembly'. Ensuite, le logiciel Matlab a été utilisé à partir de l'outil SimMechanics pour faire la simulation de la partie mécanique - Vérin de verrouillage en position base- Vérin de verrouillage de la biellette- Contrefiche principal- Compas principal- Roue-. Cela conduit au contrôle du train d'atterrissage. Ensuite, la simulation de la pompe hydraulique et du vérin hydraulique du train d'atterrissage va être réalisée à l'aide de l'outil Simscape multibody physical. La combinaison entre ces modèles afin de simuler l'actionneur en boucle fermée qui se compose d'un distributeur proportionnel à 4 voies entraînant un vérin hydraulique à double effet. On peut tirer les conclusions suivantes :

- Le logiciel SolidWorks nous permet d'obtenir la configuration géométrique du train d'atterrissage en trois dimensions.
- L'outil SimMechanics nous permet de simuler le train d'atterrissage.
- L'outil Simscape multibody physical nous permet de simuler le mouvement des vérins hydrauliques et la pompe hydraulique.
- L'outil SimMechanics nous permet de simuler le train d'atterrissage.
- La combinaison entre ces modèles- L'outil SimMechanics et L'outil Simscape multibody physical - nous permet de simuler l'actionneur en boucle fermée qui se compose d'un distributeur proportionnel à 4 voies entraînant des vérins hydrauliques à double effet.
- La simulation nous permet de déterminer des vitesses et accélérations...etc pour chaque partie du train d'atterrissage.
- La simulation nous permet d'obtenir le mouvement du train d'atterrissage en trois dimensions.
- La simulation nous permet de conduire au contrôle du train d'atterrissage.

*Références
bibliographique*

Références bibliographique

- [1] TRE PARISIEN Claude Gauvard et Jean-Louis Robert (dir.) Éditions de la Sorbonne, 2004
- [2] site web : <https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Avion.html>
- [3] site web : <http://www.linternaute.com/encyclopedie/pionniers-aviation.shtml>
- [4] site web : <https://www.jaitoutcompris.com/questions/qui-a-invente-l-avion-1776.php>
- [5] site web : http://fr.wikipedia.org/wiki/Alberto_Santos-Dumont
- [6] site web : <https://www.futura-sciences.com/maison/definitions/maison-avion-11106>
- [7] site web : <http://www.logistiqueconseil.org/Articles/Transport-aerien/Types-aeronefs-avions.htm>
- [8] site web : <https://www.lavionnaire.fr/CelluleIntro.phe>
- [9] site web : www.futura-sciences.com/sciences/definitions/univers-voilure-2064
- [10] Antonio Rodriguez_Laiz AERTEC / Marketing & Communication
- [11] Connaissance Avion 05
- [12] Rafik Pilot DZ Flight simulator
- [13] site web : <https://dmorieux.pagesperso-orange.fr/train0001.htm>
- [14] TOUMI FAKHREDDINE. Démentionnement et simulation de l'installation hydraulique industrielle. Mémoire de Master. Université Badji Mokhtar _Anabba
- [15] Rynkevic, R. (2012). Biomechanical Modeling and Simulation of the Spider Crab (Maja Brachydactyla). Master Thesis, Institute Superior de Engenharia do Porto.
- [16] Shah, H. L. (2010). Kinematic, Dynamic And Workspace Analysis Of A Novel 6-Dof Parallel Manipulator. Master Thesis, State University of New York
- [17] Ghennam, A. (2012). Commande Compliante Intelligente d'un Bras Manipulateur Rigide pour des App Zarghani, H. N. (2009). Modeling and Simulation of an Active Robotic Device for Flexible Needle Insertion. Master Thesis, National University Of Singapore. Applications de Chirurgie Médicale. Mémoire de Magister, Université De Batna.
- [18] Zarghani, H. N. (2009). Modeling and Simulation of an Active Robotic Device for Flexible Needle Insertion. Master Thesis, National University Of Singapore

