



## MEMOIRE D'INGENIEUR ESTIA 2<sup>nd</sup> ANNÉE



### Missions :

#### Au sein du laboratoire d'essais j'ai participé aux missions suivantes :

- Etude de faisabilité d'un banc d'essai universel pour les manettes de gaz et mini-manches avion
- Conception d'un banc d'endurance accéléré pour les amortisseurs du mini-manche nouvelle génération AIRBUS
- Conception d'un banc d'endurance pour le switch moteur de la manette de gaz LearJet 85
- Préparation d'essais
- Mise en œuvre et suivi d'essais

Elève : Romain PINQUIE

Promotion : ESTIA 2012

Dates du stage : 02/05/2011 au 02/09/2011

Maîtres de stage : Philippe BAILLY – Christophe LACARRIERE

### Confidentialité :

Ce document est la propriété de Ratier-Figeac et ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation écrite préalable.



## REMERCIEMENTS

Le travail présenté dans ce mémoire a été effectué au sein du laboratoire d'essais de la société RATIER-FIGEAC.

Je tiens à remercier tout particulièrement Monsieur Jean-Luc PHILIPPE et Monsieur Philippe BAILLY, respectivement directeur du bureau d'études et responsable du laboratoire d'essais, pour m'avoir permis de réaliser mon stage au sein de leur département.

Je remercie vivement mon maître de stage Monsieur Christophe LACARRIERE, ingénieur moyens d'essais, pour son encadrement et son attention tout au long du stage.

Je tiens également à remercier Monsieur Olivier PATROUX, responsable des études, d'avoir instauré un stage industriel à l'issue de chaque année du cycle ingénieur ESTIA.

Mes remerciements s'adressent également à tout le personnel du département essais de la société RATIER-FIGEAC : A.BELON, T.BESSIERES, F.BOIREAU, J.BROS, A.CANTAREL, C.GENRIES, P.HEREIL, M.MERIT et J-P.VOLPILHAC pour sa disponibilité, sa convivialité, et sa bonne humeur.

## GLOSSAIRE

▪ A400M	<i>Dernier avion militaire de la société Airbus</i>
▪ BE	<i>Bureau d'Etudes</i>
▪ CAO	<i>Conception Assistée par Ordinateur</i>
▪ CdC	<i>Cahier des Charges</i>
▪ CIR	<i>Centre Instantané de Rotation</i>
▪ Clinomètre	<i>Capteur servant à mesurer les angles</i>
▪ Datasheet	<i>Documentation technique</i>
▪ EH&S	<i>Environnement Hygiène et Sécurité</i>
▪ Hz	<i>Hertz</i>
▪ Kg	<i>Kilogramme</i>
▪ LJ	<i>Learjet (avion Bombardier)</i>
▪ MAP	<i>Maintien en position</i>
▪ MIP	<i>Mise en position</i>
▪ mm	<i>Millimètre</i>
▪ Pitch	<i>Tangage</i>
▪ RDM	<i>Résistance des Matériaux</i>
▪ Roll	<i>Roulis</i>
▪ Sidestick	<i>Mini-Manche</i>
▪ SGDT	<i>Système de Gestion de Données Techniques</i>
▪ Spinner/Casserole	<i>Carénage du moyeu d'hélice qui améliore l'aérodynamisme</i>
▪ THSA	<i>Trimmable Horizontal Stabilizer Actuator (Vérin de Commande de Plan Horizontal)</i>

## **RATIER-FIGEAC**

Date de création de cette fiche : 01/08/2011

**ENTREPRISE : RATIER-FIGEAC**

Adresse : *BP n°2 Route de Ratier*

CP : 46101                    VILLE : *FIGEAC*                    CEDEX

N° SIRET : 309 954 006 00024

Code APE : 3030Z

Statut juridique : *Société par Actions Simplifiées (S.A.S)*

Groupe : *Hamilton Sundstrand division du groupe U.T.C*

*Nom de :*

**Président : M. Michel FEREY**

**Directeur de Production : M. François POMMIER**

**Responsable du Bureau d'Etudes : M. Jean-Luc PHILIPPE**

**Maîtres de stages (Nom / Fonction / Service) :**

*M. Philippe BAILLY*

*Responsable du Laboratoire Essais*

*M. Christophe LACARRIERE*

*Ingénieur Moyens d'Essais*

*Département E13*

**Activité de l'entreprise : Production d'équipements aéronautiques**

**Chiffre d'affaire : 182 000 000€ en 2009**

**Principaux clients :**

*EADS*

*BOEING*

*BOMBARDIER*

*GOODRICH*

## SOMMAIRE

1	INTRODUCTION	8
2	PRESENTATION DE RATIER-FIGEAC	10
3	ETUDE DE FAISABILITE D'UN BANC D'ESSAI UNIVERSEL	20
4	CONCEPTION D'UN BANC D'ENDURANCE ACCELEREE	36
5	CONCEPTION DU BANC D'ENDURANCE SWITCH MANETTE LJ85	42
6	AUTRES MISSIONS	50
7	AVANCEMENT DU STAGE	52
8	BILAN DU STAGE	52
	ANNEXE A. CARACTERISTIQUES CINEMATIQUES DES MANETTES DE GAZ	54
	ANNEXE B. ENCOMBREMENTS DES MANETTES DE GAZ	55
	ANNEXE C. EQUILIBRAGE DE L'ENSEMBLE BRAS + PINCE + MASSELOTE	56
	ANNEXE D. DEMANDE D'ESSAI AMORTISSEURS AIRBUS	57

## TABLE DES FIGURES

FIGURE 1 : PAULIN RATIER .....	10
FIGURE 2 : AVION COMET LORS DE LA COURSE LONDRES-MELBOURNE .....	10
FIGURE 3 : GROUPE UTC .....	12
FIGURE 4 : PRINCIPAUX AVIONS À HÉLICES .....	12
FIGURE 5 : EQUIPEMENTS COCKPIT .....	13
FIGURE 6 : COMMANDES DE COCKPIT AVION .....	13
FIGURE 7 : THSA .....	14
FIGURE 8 : PRINCIPALE PIÈCE SOUS-TRAITÉE "ROTOR D'HÉLICOPTÈRE" .....	14
FIGURE 9 : OPÉRATIONS DE MAINTENANCE SUR LES PALES AVION .....	15
FIGURE 10 : ETUDES R&D AU BUREAU D'ETUDES .....	15
FIGURE 11 : PRINCIPAUX CLIENTS DE RATIER-FIGEAC .....	16
FIGURE 12 : RÉPARTITION DU CHIFFRE D'AFFAIRES EN FONCTION DES ACTIVITÉS DE RATIER-FIGEAC .....	16
FIGURE 13 : RÉPARTITION DE L'EFFECTIF RATIER-FIGEAC .....	17
FIGURE 15 : MODÈLE CAO DU BANC D'ESSAI ACTUEL .....	20
FIGURE 16 : BANC D'ESSAI POUR MANETTES DE GAZ ACTUEL .....	20
FIGURE 17 : INTERFACE DE FIXATION .....	21
FIGURE 18 : PINCE .....	21
FIGURE 19 : DÉTAIL N°1 DU BANC D'ESSAI MANETTES .....	21
FIGURE 20 : DÉTAIL N°2 DU BANC D'ESSAI MANETTES .....	22
FIGURE 21 : DÉTAIL N°2 DU BANC D'ESSAI MANETTES .....	22
FIGURE 22 : EXEMPLE D'ACQUISITION D'UNE LOI EFFORT-POSITION .....	23
FIGURE 23 : DÉFINITION DE L'ANGLE AVION .....	24
FIGURE 24 : DÉFINITION DU BRAS DE LEVIER .....	24
FIGURE 25 : DÉFINITION DE LA COURSE .....	25
FIGURE 26 : DÉFINITION DU C.I.R .....	25
FIGURE 27 : MOUVEMENT DE PITCH .....	26
FIGURE 28 : MOUVEMENT DE ROLL .....	26
FIGURE 29 : ENCOMBREMENT AVEC LA MANETTE DE L'A380 .....	27
FIGURE 30 : ENCOMBREMENT AVEC LE MINI MANCHE DE L'A380 .....	27
FIGURE 31 : CONNEXIONS DE L'ÉQUIPEMENT .....	27
FIGURE 32 : CÂBLAGE DU BANC À LA BAIE D'ACQUISITION .....	27
FIGURE 33 : BRAS .....	28
FIGURE 36 : QUELQUES CAS DE MANETTES OÙ LA POSITION CHANGE .....	29
FIGURE 37 : CAS DE LA MANETTE DE GAZ ET DU MINI-MANCHE .....	29
FIGURE 38 : MISE EN ÉVIDENCE DU PLAN DE SYMÉTRIE DU BRAS .....	29
FIGURE 39 : LIAISON BIELLE/BRAS .....	30
FIGURE 40 : ORIENTATION D'UN MINI-MANCHE .....	30
FIGURE 41 : MINI-MANCHE PILOTE .....	31
FIGURE 42 : MINI-MANCHE COPILOTE .....	31
FIGURE 43 : PINCE UNIVERSELLE AUX MINI-MANCHES DANS SON ENVIRONNEMENT .....	31
FIGURE 44 : PINCE UNIVERSELLE EN DÉTAIL .....	32
FIGURE 45 : ESSAI SUIVANT L'AXE ROLL .....	32
FIGURE 46 : EQUILIBRAGE DU BRAS EN FONCTION DE LA PINCE UTILISÉE .....	33
FIGURE 47 : AMORTISSEURS À TESTER AU SEIN DU MINI-MANCHE .....	36
FIGURE 48 : BANC PRÉSENT DANS LE LABORATOIRE D'ESSAIS .....	37
FIGURE 49 : OUTILLAGE D'ESSAI RÉALISÉ .....	37
FIGURE 50 : AMORTISSEUR À TESTER DANS SA POSITION DE FONCTIONNEMENT MOYENNE .....	38
FIGURE 51 : MANETTE DE GAZ DE L'AVION LJ85 ET SON SWITCH MOTEUR .....	42
FIGURE 52 : SWITCH ENGINE SHUT OFF DE LA MANETTE DE GAZ LJ85 .....	45
FIGURE 53 : SYSTÈME DE VERROUILLAGE DU SWITCH .....	46
FIGURE 54 : DÉTAIL N°1 DU BANC D'ESSAI .....	47
FIGURE 55 : DÉTAIL N°2 DU BANC D'ESSAI .....	47
FIGURE 56 : BRAS DE LEVIER DE LA BIELLE .....	48
FIGURE 57 : CINÉMATIQUE GRAPHIQUE DU FONCTIONNEMENT DE LA BIELLE .....	48
FIGURE 58 : ESSAI DE VIBRATION DU SPINNER DE L'A400M .....	50
FIGURE 59 : ESSAI DE RUPTURE EN TRACTION DE LA PALE DE L'A400M .....	51

## 1 PREAMBULE

---

Dans le cadre de la seconde année du cycle ingénieur ESTIA, le rapport présent retracera mon expérience au sein du laboratoire d'essais RATIER-FIGEAC.

Acteur majeur dans la recherche et le développement des équipements aéronautiques, RATIER-FIGEAC se doit donc contraint d'assurer à ses clients le bon fonctionnement des différents produits dont elle assure la production. J'ai donc pu au cours de ces quatre derniers mois prendre part à quelques activités qu'exerce l'ingénieur d'essais.

## 2 INTRODUCTION

---

### 2.1 SUJET DE STAGE

Le stage n'ayant pas de sujet préalablement défini, l'ensemble des missions traitées ont été rythmées par les différentes demandes d'essais et besoins internes au laboratoire. Cependant, les travaux accomplis ont été les suivants :

- ***Etude de faisabilité d'un banc d'essai universel***
- ***Conception d'un outillage d'essai pour des amortisseurs***
- ***Réalisation d'un banc d'endurance pour un switch***
- ***Suivi d'essais***
- ***Missions occasionnelles (préparation d'essais, modélisations 3D de pièces mécaniques, etc.)***

L'ensemble des projets m'a permis d'utiliser une grande partie de mes compétences acquises lors de ma scolarité, de mes stages accomplis ultérieurement, mais aussi de mes emplois d'été en tant qu'opérateur sur machine outil. Effectivement, j'ai mis en application mon savoir en termes de CAO sur le logiciel de modélisation 3D CATIA V5, cotation GPS, RDM, conception mécanique, etc.).

### 2.2 ENJEUX ET OBJECTIFS

Le stage comprenait plusieurs objectifs relatifs aux missions réalisées. La conception d'un banc d'essai doit offrir un moyen de tester un produit en respectant les contraintes mentionnées dans la demande d'essai. Tandis que la phase d'essai permet de qualifier le produit testé ou d'expérimenter son comportement dans des conditions d'évolution qui lui sont propres.

Les enjeux sont aussi fonction de la mission réalisée, néanmoins les plus courants sont les suivants :

- Rentabiliser au maximum les produits conçus
  - Une conception à moindre coût est synonyme de bénéfice et compétitivité
  - Conception robuste des outillages qui permet d'accroître leur durée de vie
  - Conception ergonomique pour faciliter les interventions des opérateurs
- Fiabiliser les essais
  - Garantir les conditions exigées par la demande d'essai
  - Assurer une traçabilité tout au long du test
- Accroître le savoir faire de RATIER-FIGEAC
  - Développer de nouveaux bancs capables de tester les derniers produits

Il faut également être conscient que ce stage comprend des objectifs et enjeux qui me sont propres. En effet, il a pour buts de mettre en œuvre mes compétences personnelles tant théoriques que pratiques, d'enrichir ma culture technologique et de rencontrer des personnes ayant des statuts et compétences très variées.

## 2.3 PLAN DU MEMOIRE

Le rapport suivant est fondé sur quatre grandes parties :

Dans un premier temps, je vais retracer l'historique de la société RATIER-FIGEAC et en faire sa présentation générale (organisation, domaines d'intervention, moyens de l'entreprise).

Dans la seconde partie j'aborderai l'ensemble des missions développées au cours du stage. Pour chacune d'entre elles on définira son contexte, le besoin exprimé, les contraintes qui lui sont associées, les réalisations et résultats, les moyens et ressources utilisées ainsi qu'un bref bilan.

Une troisième partie mettra en évidence l'avancement du projet dans le temps.

Pour conclure, un bilan exhaustif du stage sera établi selon trois points de vue (scientifique, humain et personnel).

### 3 PRESENTATION DE RATIER-FIGEAC

#### 3.1 100 ANS D'HISTOIRE

**1904 :** Création de la société par Paulin RATIER (photo), artisan ébéniste à Malakoff Montrouge (région parisienne) : Fabrication des premières hélices en bois. Deux années après, les premières hélices RATIER firent leur apparition sur les avions DEPERDUSSIN, SOMMER et BREGUET. 1908 : Premiers pas dans l'aéronautique pour Paulin RATIER qui, associé à un ingénieur des Arts et Métiers, Bernard Montet, se lance dans la fabrication d'hélices en bois. Ratier fabriquera plus de 12000 hélices pour l'avion mythique du début du siècle, le Breguet XIV.

**1914-1918 :** Avec la guerre, les besoins en hélices sont de plus en plus importants et les délais de fabrication doivent être réduits. Paulin RATIER loue en 1917, à Figeac, une entreprise de sciage qu'il transformera en scierie mécanique, à l'emplacement actuel du lycée Champollion. Entre Ratier et Figeac, l'histoire commence.



Figure 1 : Paulin RATIER

**1919-1929 :** Les hostilités terminées, l'industrie française de l'aviation n'est guère florissante et la diversification est impérative. Outre le débit des grumes, et des fabrications d'ébénisterie pour appareils électriques et téléphones, les ateliers de Figeac vont produire de 1927 à 1929 des voitures jouets, « la citroennette à pédales », ainsi que la 5HP Ratier, fabriquée à 4000 exemplaires et distribuée par le réseau Citroën. En 1925 apparaissent les premières hélices à pales métalliques. En 1929, Paulin RATIER dépose un brevet d'hélice à pas variable en vol : c'est le début de la renommée mondiale des hélices Ratier.

**1934 :** L'hélicier à pas variable et à commande pneumatique conçue par Ratier permet à l'avion anglais Comet de remporter la course Londres-Melbourne.



Figure 2 : Avion Comet lors de la course Londres-Melbourne

**1939 :** A l'aube de la 2<sup>ème</sup> guerre mondiale, les hélices Ratier équipent 90% de l'aviation française. La maison détient 63 records du monde, dispose de 32 licences à l'étranger et possède des succursales en Algérie, en Suisse et au Maroc. Ratier est déjà le premier employeur du département avec un effectif qui est passé rapidement au cours des années 30 de 100 à 300, puis 500 personnes à la veille de l'occupation.

**1941 :** Les commandes pour l'aviation deviennent rares et Ratier se lance dans la fabrication de bicyclettes qui porteront la marque Hera.

**1949-1950 :** Les licenciements pour manque de commandes se succèdent et les effectifs retombent au dessous de 100. Ratier tente une diversification dans la fabrication de machines à bois.

**1951 :** C'est le début de la reprise et d'une période de conjoncture exceptionnelle qui, en dix ans, verra les effectifs de l'entreprise pratiquement multipliés par dix. Une nouvelle direction est en place autour de G.Forest. Ratier démarre la fabrication de fraiseuses à grande vitesse qui serviront de base à l'ouverture d'une usine de machines outils à Capdenac.

**1961 :** - Activité soutenue dans les hélices avec les avions NORD 262 et Potez 840.

- Fabrication sous licence des premières hélices pour les avions TRANSALL et ATLANTIC
- Premiers pas en tant qu'équipementier avec les commandes de vol de l'avion CARAVELLE.

**1966 :** Sous l'enseigne Ratier-Forest, Ratier-Figeac et Forest Capdenac sont unis autour de deux pôles, aéronautique et machines-outils.

**1968 :** L'entreprise se lance dans la fabrication d'hélices et ventilateurs de sustentation, conçus dans son centre de recherches, pour des véhicules à coussins d'air.

**1970 :** Débuts du programme AIRBUS pour lequel RATIER-FIGEAC fabrique les commandes de vol.

**1976-1978 :** Ratier tourne une page pour entrer dans une ère nouvelle au cœur de grands groupes industriels.

**Années 1980 :** Étude et développement d'une nouvelle génération d'hélices à pales en matériaux composites. Première application : nouvelle hélice pour l'avion TRANSALL. Développement de l'activité équipementier aéronautique, notamment sur la gamme des avions AIRBUS.

**Années 1990 :** - Développement de nouvelles pales composites en coopération avec Hamilton Sundstrand. Ces pales équipent les avions ATR 42, ATR 72 et, bientôt, de nouveaux avions (C295, MA60, IL114...),

- L'Américain HAMILTON SUNDSTRAND, le plus gros fabricant mondial d'hélices, détient 20.5% du capital de RATIER-FIGEAC.

**1998 :** En rachetant les parts du groupe Bertrand Faure, Hamilton Sundstrand devient actionnaire à 100% de Ratier, désormais entreprise américaine en terre lotoise.

**1999 :** RATIER-FIGEAC confirme sa place d'acteur majeur dans le domaine des hélices de grandes puissances, ainsi que dans les équipements aéronautiques, grâce au succès commercial du programme AIRBUS.

**2001/2002 :** Ratier décroche la fabrication d'un système complet de commande de plan horizontal de l'A380 ainsi que les Equipements de Cockpit, mini-manche et commande de gaz.

**2003 :** Ratier signe avec Airbus Military un contrat pour développer et fabriquer les hélices 8 pales du futur avion de transport militaire A400M.

**2004/2005 :** Ratier est sélectionné pour le système complet de commande de plan horizontal de l'A400M ainsi que la manette de gaz.

**2007 :** Hanwha sélectionne Ratier pour le développement du Système de Frein Rotor de l'Hélicoptère KHP. Bombardier choisit Ratier pour la fourniture de la manette de gaz de l'avion d'affaire LJ85.

### 3.2 LE GROUPE UTC

La société RATIER-FIGEAC fait partie du Groupe UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION (UTC) à 100 % depuis le 28 Février 1998 et est rattachée à la Division HAMILTON SUNDSTRAND.

UTC a réalisé un chiffre d'affaires de plus de 54 milliards de dollars pour l'année 2010. Le groupe est un fournisseur incontournable de produits de haute technologie pour les industries aéronautiques, aérospatiales et du bâtiment à travers le monde.

UTC opère pratiquement partout dans le monde et ses 200 000 employés travaillent dans 180 pays. Ses divisions d'exploitation figurent parmi les chefs de file des marchés mondiaux.

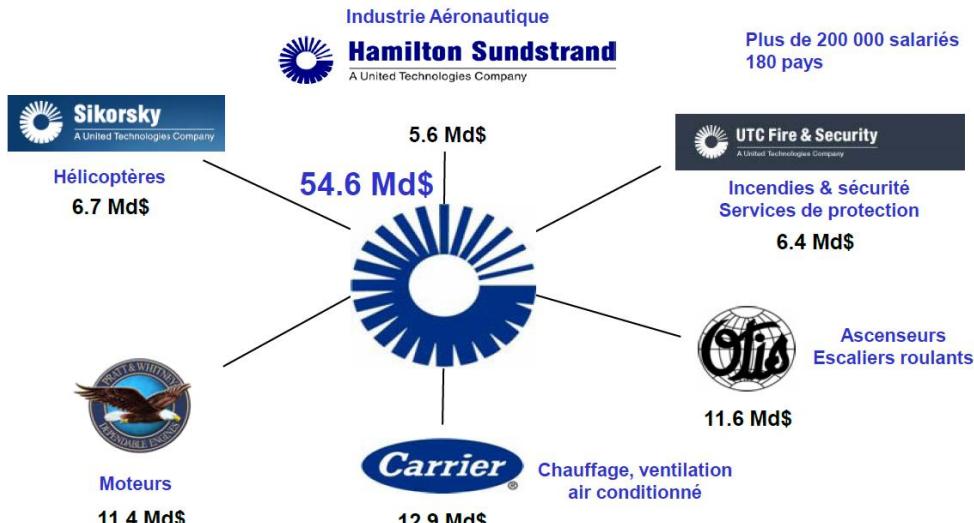


Figure 3 : Groupe UTC

### 3.3 SECTEUR D'ACTIVITE

#### 3.3.1 Hélices

Ratier-Figeac possède une expérience unique au monde dans la conception et la production de système d'hélices à pales composite. Elle est d'ailleurs considérée comme le centre d'excellence de fabrication de pales, moyeux d'hélices et systèmes d'hélices européens. La grande majorité d'elles équipent les turbopropulseurs régionaux ou les avions de transports militaires.

42% du total des ventes



Figure 4 : Principaux avions à hélices

### 3.3.2      Equipements de cockpit et cabine

S'appuyant sur une longue expérience dans le domaine des commandes de vol (Transall, Caravelle, A300/310...), Ratier-Figeac conçoit et assemble aujourd'hui des équipements et systèmes de cockpit pour les principaux programmes aéronautiques civils et militaires (Airbus : A320, A330/340, A380, A400M, A350 - Bombardier : CRJ, Challenger, Global Exp, Dash 8-400, Learjet LJ85 - Dassault Falcon).

Le département est organisé autour de plusieurs produits spécifiques :

- Manche et Mini-manche latéral : Airbus
- Pylône central : Airbus et Bombardier
- Commande de gaz : Airbus et Bombardier
- Manette de volets et d'aérofreins : Airbus et Bombardier



**Airbus A400M**



**Learjet LJ85**



**Airbus A350**

*Figure 5 : Equipements cockpit*

Le savoir-faire Ratier-Figeac s'étend également à d'autres produits tels que :

- Palonnier
- Bielle capteur d'effort
- Régulateur de tension de câble
- Boîtier amortisseur capteur de position
- Vérin de porte

### 33% du total des ventes



**Mini-Manche Airbus**



**Cockpit Airbus**



**Manettes de Gaz**



**Frein Rotor & Frein d'hélice**



**Vérin de Porte**

*Figure 6 : Commandes de cockpit avion*

### 3.3.3 THSA (Vérin de commande de plan horizontal)

Le THSA a pour fonction d'assurer le positionnement angulaire du plan horizontal arrière en fonction des ordres venant soit du pilote (levier de commande), soit du calculateur de l'appareil (vol automatique). Il doit en outre maintenir le plan horizontal arrière en position en cas de défaillance. Il réalise une fonction de vérin linéaire. L'une de ses attaches est reliée à la structure avion et l'autre au plan horizontal arrière.

Ces produits sont développés en complémentarité avec les différentes unités du groupe Hamilton Sundstrand.

**10% du total des ventes**



Figure 7 : THSA

### 3.3.4 Sous-traitance

A l'aide de son pôle sous-traitance (fraisage, tournage, rectification, traitement de surface, etc.) RATIER-FIGEAC assure la production de pièces vitales d'hélicoptère et de pièces de structure. L'objectif étant de maintenir un haut niveau d'expertise d'usinage avec des travaux de sous-traitance pour les principaux acteurs de l'Aéronautique.

**9% du total des ventes**



Figure 8 : Principale pièce sous-traitée "Rotor d'hélicoptère"

### 3.3.5 Maintenance et réparations

Cette unité indépendante est spécialisée dans la maintenance et la réparation d'hélices, de pièces d'hélicoptères, de pièces moteurs, de vis-à-billes et toutes pièces en composite.

L'expérience de RATIER-FIGEAC dans le domaine aéronautique associée à la technicité du département Maintenance, permet d'offrir aux donneurs d'ordre des solutions de réparations « sur mesure »



Figure 9 : Opérations de maintenance sur les pales avion

### 3.3.6 Recherche et développement

Ratier-Figeac intervient en amont dans le développement de nouveaux systèmes d'avions. Le bureau d'études conçoit les équipements et systèmes tels que les actionneurs électro-hyromécaniques, les équipements de cockpit et les hélices. Composé d'environ 150 personnes, il dispose de compétences spécifiques en aérodynamique, l'aéroélasticité, vibration, bruit, dégivrage, matériaux, tenue au roulement, fatigue, tolérances aux dommages, fiabilité, maintenabilité, sécurité, électronique, modélisation et intégration systèmes. Ses compétences sont aussi utilisées en sous-traitance d'études pour les grands donneurs d'ordres aéronautiques européens (AIRBUS, EUROCOPTER, ...).



Figure 10 : Etudes R&D au Bureau d'Etudes

### 3.4 LES CLIENTS

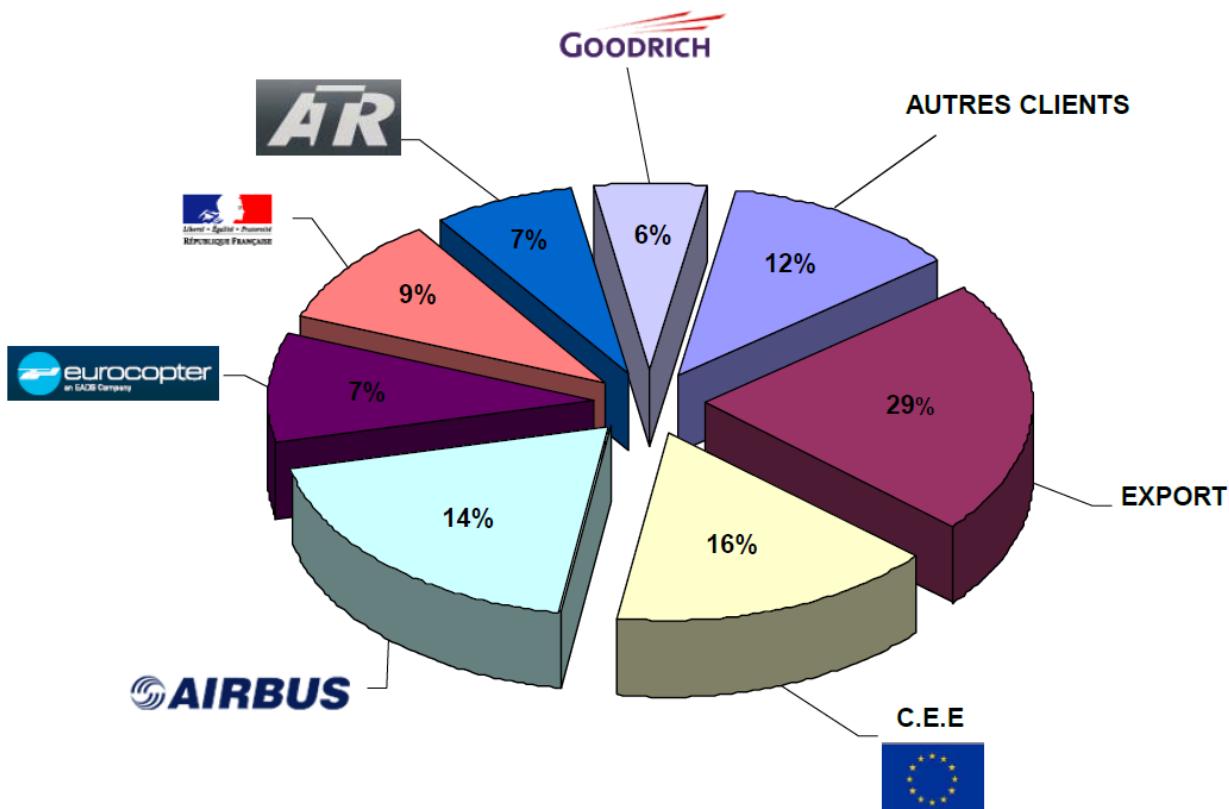


Figure 11 : Principaux clients de RATIER-FIGEAC

### 3.5 LE CHIFFRE D'AFFAIRES

Le chiffre d'affaires de l'année 2009 de la société RATIER-FIGEAC est de 182 M€ qui se réparti de la façon suivante :

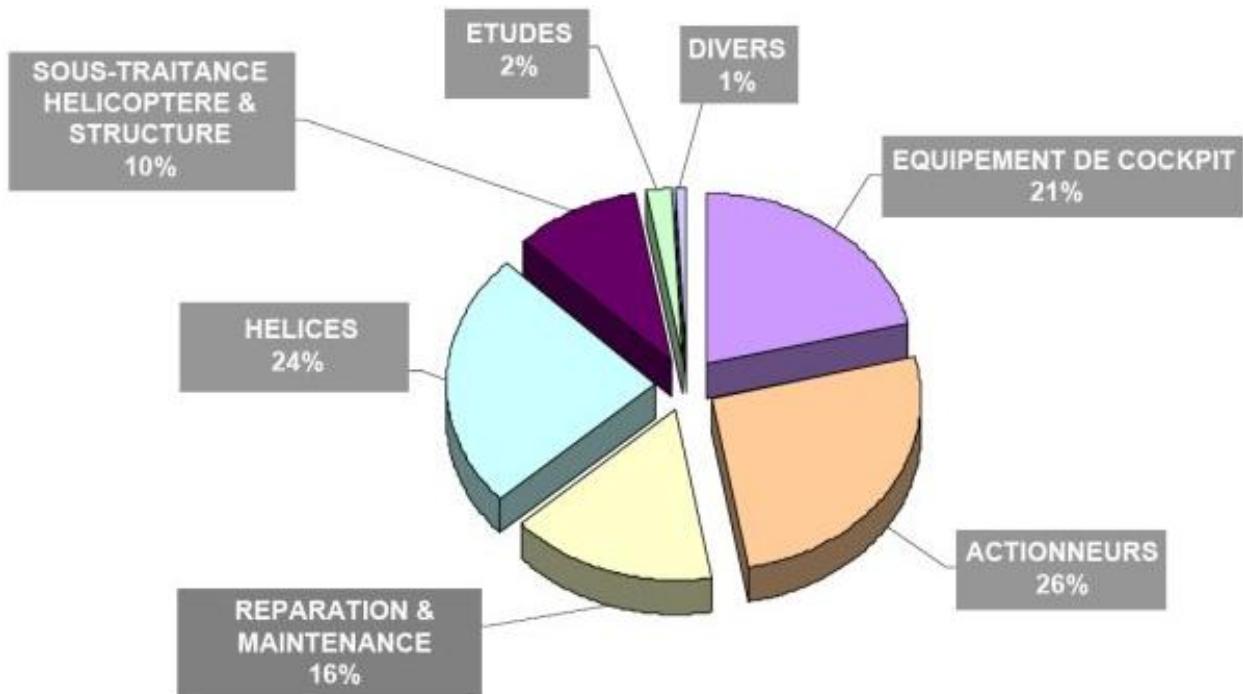


Figure 12 : Répartition du chiffre d'affaires en fonction des activités de RATIER-FIGEAC

### 3.6 LE PERSONNEL

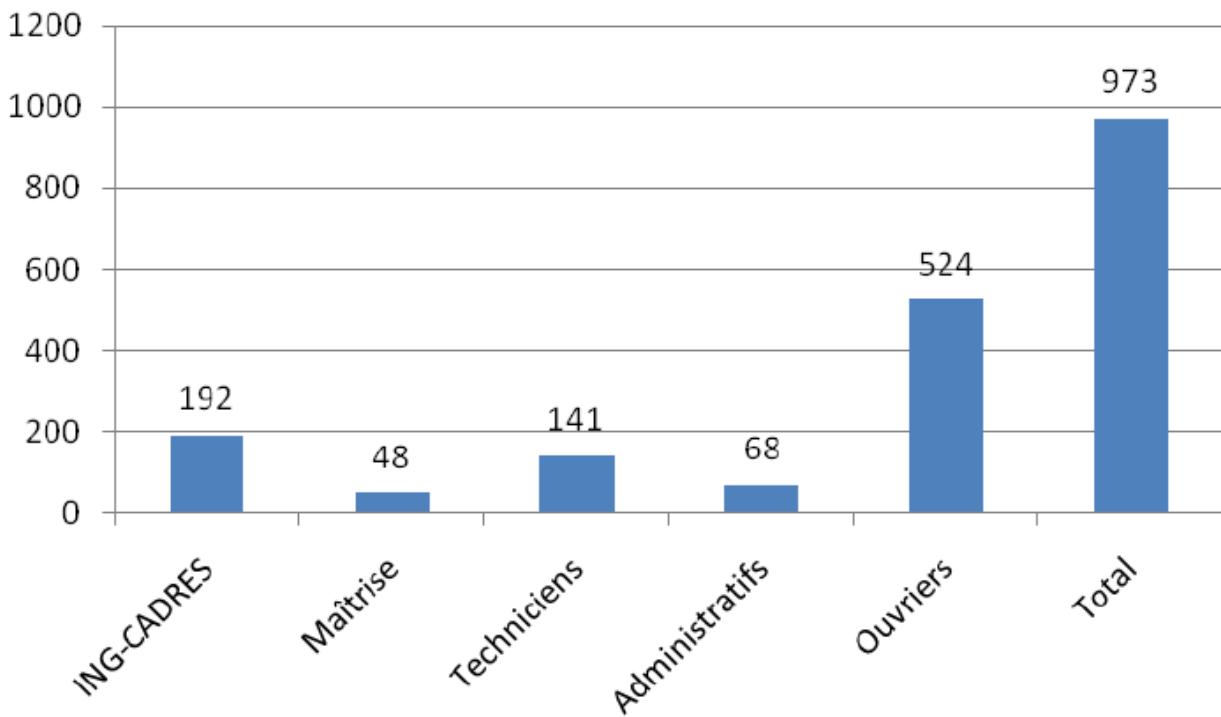


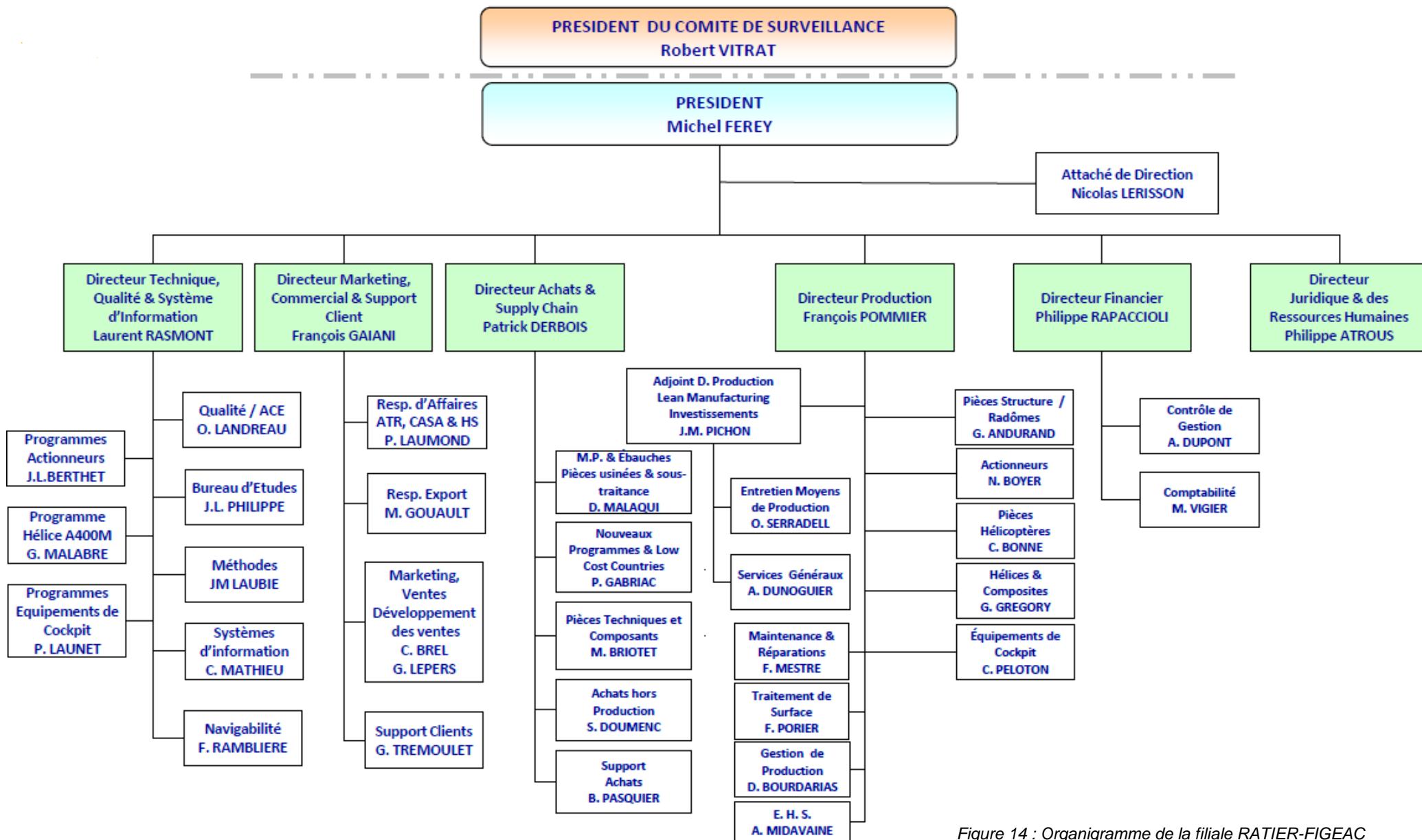
Figure 13 : Répartition de l'effectif RATIER-FIGEAC

### 3.7 ORGANISATION

#### 3.7.1 Générale

RATIER-FIGEAC est organisée en « départements » qui sont des subdivisions des principaux services liés au fonctionnement de la société.

Ces départements sont ensuite regroupés en fonctions de leurs missions respectives en cinq blocs, chacun d'eux étant sous la tutelle d'un membre du directoire :



*Figure 14 : Organigramme de la filiale RATIER-FIGEAC*

### **3.7.2 Bureau d'études**

Le département bureau d'études est composé d'environ 150 employés Ratier-Figeac ainsi que de 52 sous-traitants, dont le chef est Jean-Luc PHILIPPE.

Le Service Essais est composé de dix employés Ratier-Figeac ainsi que de quatre prestataires, dont le chef est Philippe BAILLY.

Le bureau d'études s'articule autour de 4 pôles de savoir-faire produits :

- Hélices
- Equipements Cockpit
- Actionneurs hydrauliques et mécaniques
- Sous-traitance

Pour lesquels chaque métier est présent :

- Calcul
- Conception
- Intégration systèmes
- Fiabilité/sécurité
- Essais
- Electronique...

### **3.7.3 Laboratoire d'essais**

Le service a été créé dans les années 60 et se rattache au bureau d'études. Son rôle est de mener les tests et la qualification des produits réalisés au sein de l'entreprise afin de vérifier leur conformité.

Le laboratoire d'essais comporte un grand nombre de bancs d'essais spécifiques et d'appareils de mesures :

- machines de fatigues électro-hydrauliques
- Enceintes climatiques
- Vibrateurs électrodynamiques

Ces équipements permettent un important nombre d'essais et d'homologations :

- Recherche et Développement : validation de matériaux et de nouvelles technologies
- Qualification : essais de fatigue, vibration, endurance...
- Réception : vérification des performances d'un produit client.

Ce service conçoit et réalise de nombreux bancs répondants aux exigences des besoins du client. Dans cette tâche, il travaille en étroite collaboration avec le service électronique pour la conception et la réalisation des parties électroniques et informatiques.

## 4 ETUDE DE FAISABILITE D'UN BANC D'ESSAI UNIVERSEL

### 4.1 CONTEXTE

RATIER-FIGEAC assure la conception et la fabrication de multiples manettes de gaz avion et mini-manches (Airbus A320, A330, A380, A350, A400M, Bombardier Learjet85, CL 300, CRJ700, Irkut, Comac, etc.). Or, les équipements de cockpit demandent une série de tests (Conditions de Réception) exigée par le client. Dans un premier temps, chaque modèle de manette avait son propre banc d'essai. Par la suite, l'idée a été d'universaliser le produit, c'est-à-dire de tester plusieurs modèles de manettes sur un seul banc dans l'objectif de diminuer les coûts de développement, de production et d'utilisation. Il faut savoir qu'un banc d'essai nécessite un asservissement électronique onéreux, une main d'œuvre qualifiée et un mécanisme robuste. Ne pas concevoir un nouveau banc pour chaque nouvelle manette diminuerait logiquement le coût des investissements. L'idéal serait donc de pouvoir tester toute la gamme des manettes de gaz sur un seul banc d'essai afin d'éviter à l'opérateur de changer de matériel de façon intempestive et de réduire les frais occasionnés par un nouveau besoin.

### 4.2 OBJECTIFS

A ce jour le laboratoire d'essais est doté d'un banc capable de tester deux modèles de manettes de gaz qui ont des géométries similaires. L'objectif étant d'étendre ses capacités à l'ensemble des manettes RATIER-FIGEAC.

La mission est donc de réaliser une étude de faisabilité d'un banc d'essai universel et plus précisément de :

- Rechercher et analyser les mises en plan des manettes de gaz existantes
- Rassembler les modèles 3D des manettes de gaz et mini-manches en respectant les contraintes
- Regrouper les équipements de cockpit et le banc dans un même environnement
- Analyser l'équilibrage statique du bras mobile
- Estimer l'encombrement nécessaire
- Anticiper la conception du système de préhension des manettes
- Donner un avis de faisabilité ou d'infaisabilité du banc universel

### 4.3 ARCHITECTURE DU BANC EXISTANT

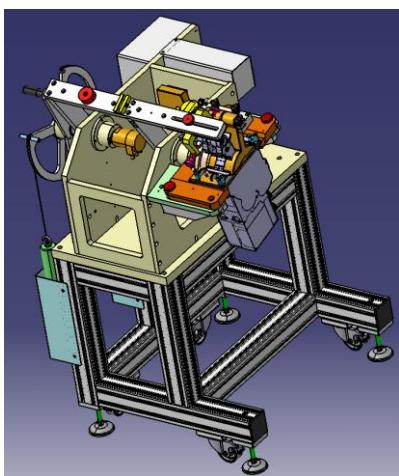


Figure 15 : Modèle CAO du banc d'essai actuel



Figure 16 : Banc d'essai pour manettes de gaz actuel

Le banc se compose des parties suivantes :

- Une interface de MIP/MAP de la manette de gaz grâce aux 4 vis de serrage. Il en existe une par type de manette.

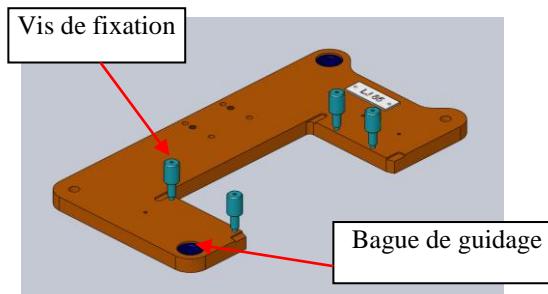


Figure 17 : Interface de fixation

- Une pince de serrage de l'extrémité de la manette de gaz :

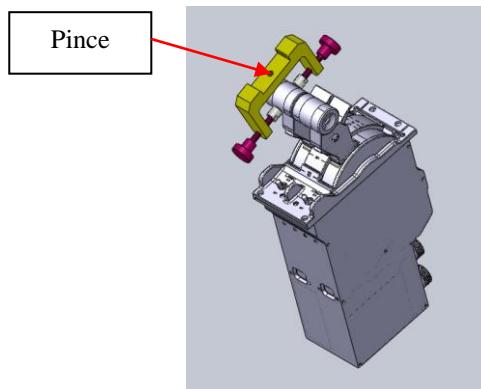


Figure 18 : Pince

Cette pince permet d'aligner le 0° mécanique de la manette avec le 0° mécanique du banc. Elle est fixée et coulisse sur le bras oscillant

- Un bras oscillant supportant la pince ci-dessus et un support pour un clinomètre, monté sur deux paliers, accouplé à un codeur angulaire.
- Une poulie avec son poids permettant d'appliquer un couple constant sur le bras oscillant.

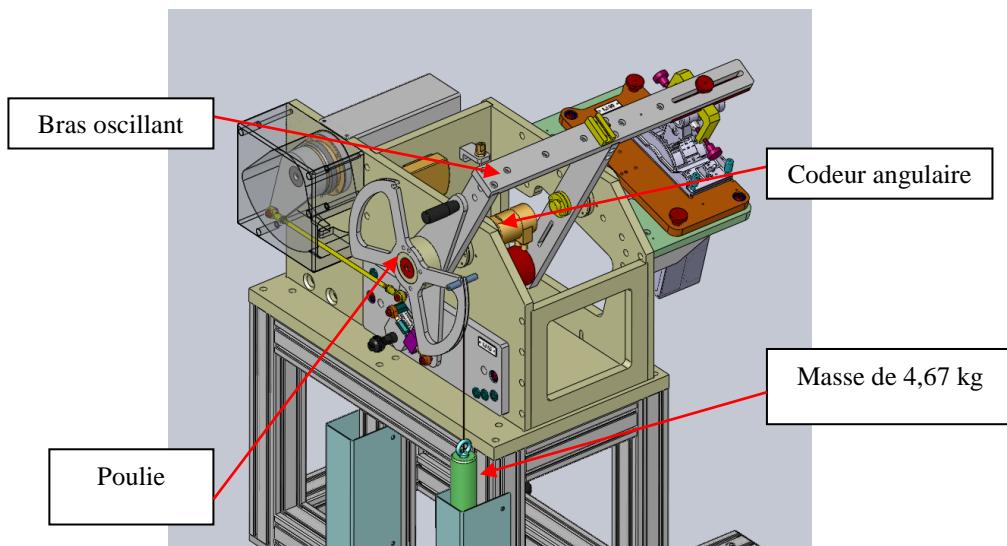


Figure 19 : Détail n°1 du banc d'essai manettes

- Un capteur de force permettant de relever l'effort appliqué sur la manette de gaz. Ainsi, le bras de levier étant connu on en déduit le couple appliquée à la manette. Cette technologie a été préférée à un couplemètre pour une meilleure précision et minimiser les phénomènes d'ondulation.
- Une plaque d'indexage de la position angulaire du bras oscillant. Il existe une plaque dédiée à la manette. Cette plaque permet d'immobiliser angulairement le bras oscillant et de contrôler l'effort lu au niveau du capteur de force, en appliquant le poids sur la poulie (*cf. photo ci-dessous*).
- Une poignée permettant d'effectuer la rotation du bras oscillant.
- Une motorisation de la rotation du bras oscillant équipé d'un embrayage électromagnétique. La motorisation permet de motoriser la rotation du bras oscillant, tandis que l'embrayage permet de désaccoupler la motorisation quand on effectue une rotation manuelle.

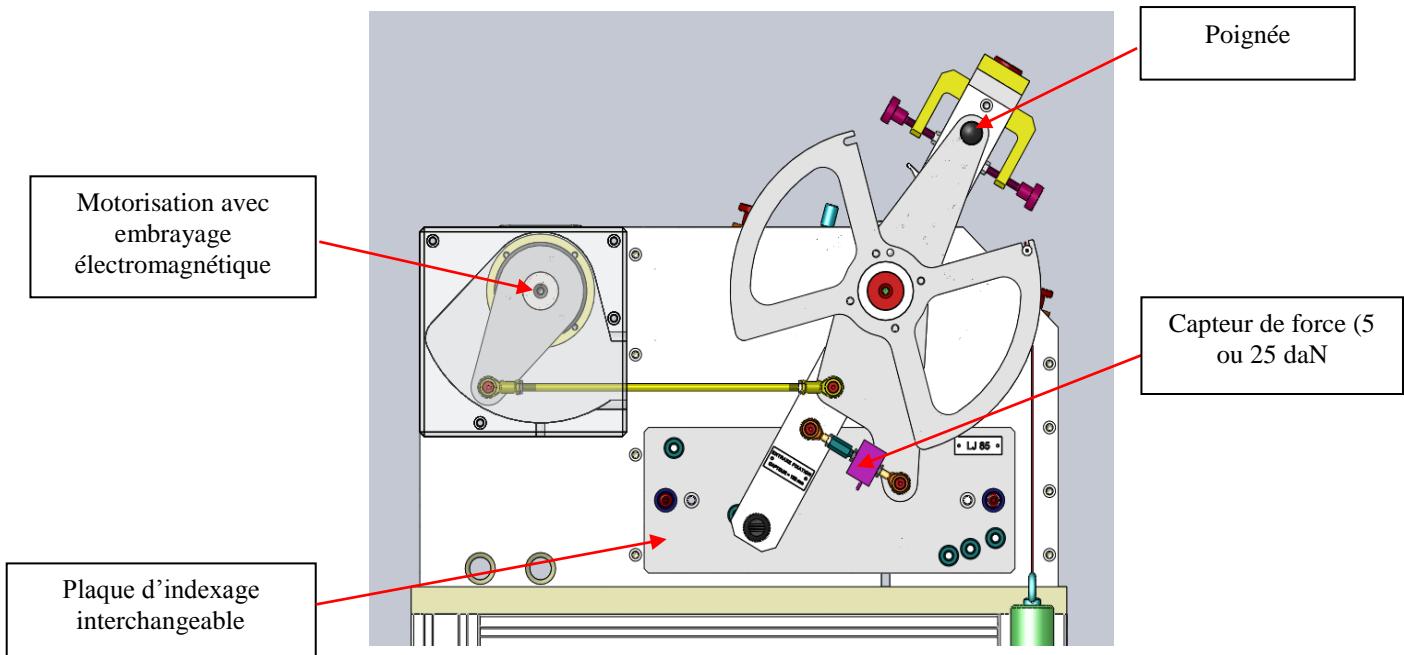


Figure 20 : Détail n°2 du banc d'essai manettes

- Un outillage de mesure des jeux tangentiels et latéraux.

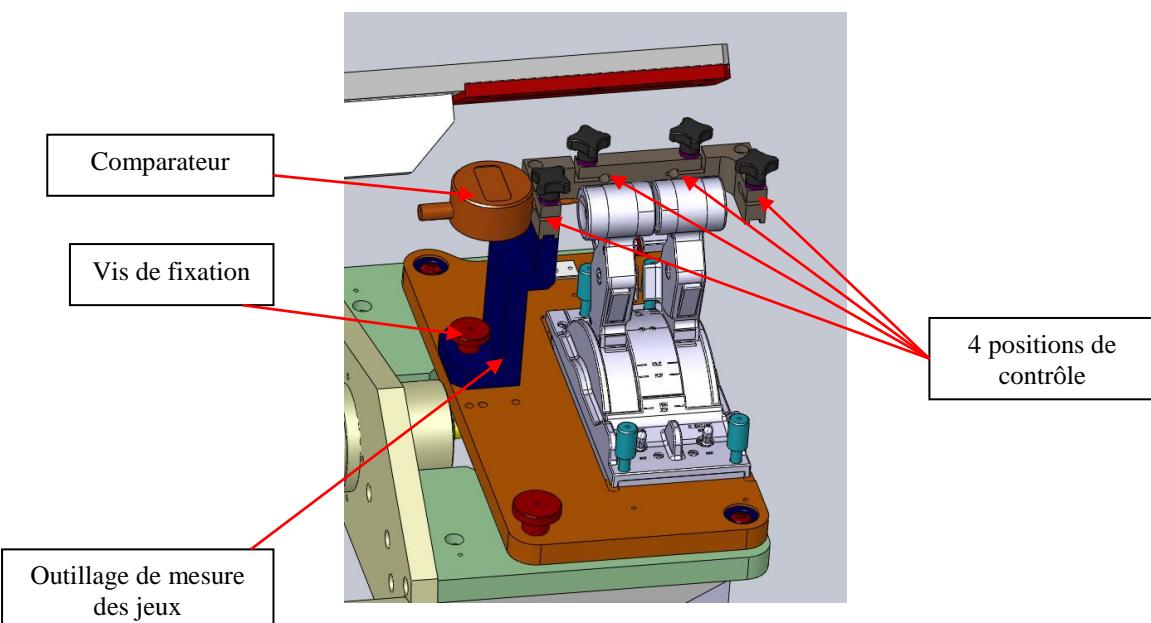


Figure 21 : Détail n°2 du banc d'essai manettes

## 4.4 FONCTIONS PRINCIPALES

A l'aide de son asservissement le banc d'essai permet principalement de :

- Mesurer la loi Effort-Position, i.e. de déterminer la position angulaire de la manette en fonction de l'effort appliquée par le pilote à vitesse constante. Ainsi, on définit précisément l'effort de sensation musculaire qu'a le pilote lorsqu'il active une commande de gaz, en sachant que l'objectif est de maintenir autant que possible un coefficient de friction constant sur toute la course de la manette afin que le pilote puisse lui aussi exercer un effort constant pour la déplacer.

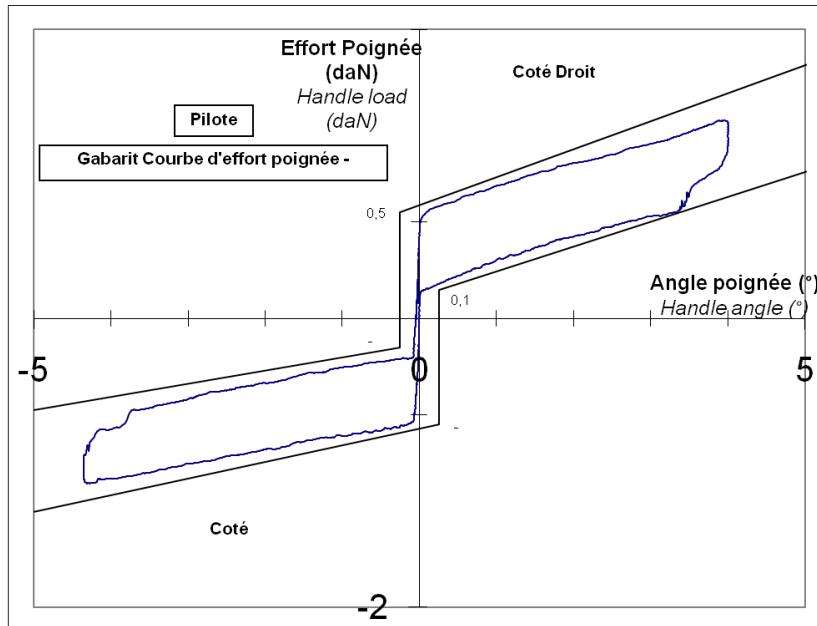


Figure 22 : Exemple d'acquisition d'une loi Effort-Position

- Mesurer les jeux tangentiels et latéraux des manettes.

Du point de vue mécanique, la fonction principale du banc d'essai est de pouvoir réaliser les tests énoncés ci-dessus sur toutes les manettes de gaz et mini-manches produits en interne.

## 4.5 CONTRAINTES

### 4.5.1 Planning

Actuellement le laboratoire d'essai intervient en grande partie dans le plan RFM (RATIER-FIGEAC Maroc). Effectivement, RATIER-FIGEAC est en phase de développement d'une nouvelle usine d'assemblage pour les commandes de cockpit. L'objectif étant de transférer les bancs existants au Maroc et de se procurer un banc universel sur le site de FIGEAC, l'étude de faisabilité devra donc être close fin aout afin de présenter le CdC aux sous-traitants.

### 4.5.2 Techniques

Afin de répondre au besoin énoncé précédemment la conception du banc devra respecter six contraintes fondamentales qui sont :

- **L'encombrement du corps de la manette (hauteur, largeur et longueur)**

- La mise en position de la manette dans le cockpit : « angle avion »

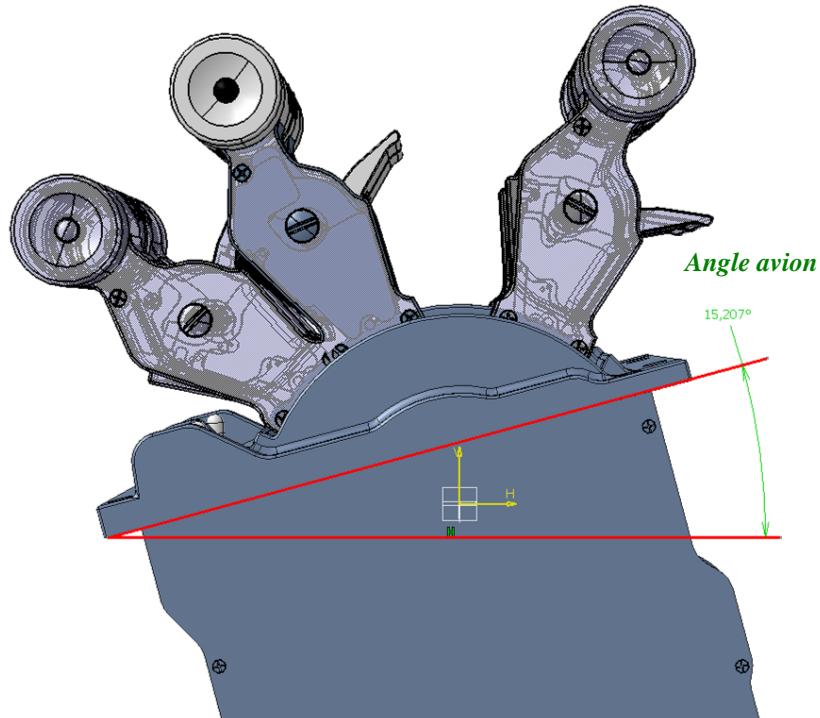


Figure 23 : Définition de l'angle avion

Afin d'assurer l'intégration de la manette dans le cockpit avion, il est obligatoire de simuler un environnement similaire.

- Le bras de levier de la manette

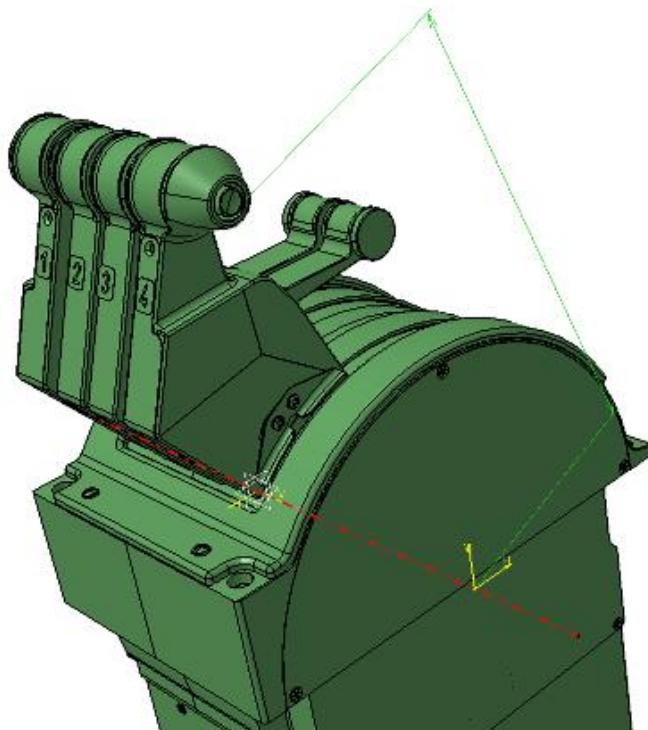


Figure 24 : Définition du bras de levier

La pince doit être capable de saisir toutes les manettes de gaz. Rédiger une liste de tous les bras de levier à partir des mises en plan limitera le choix des solutions lors de la phase de conception détaillée.

- La course totale de la manette

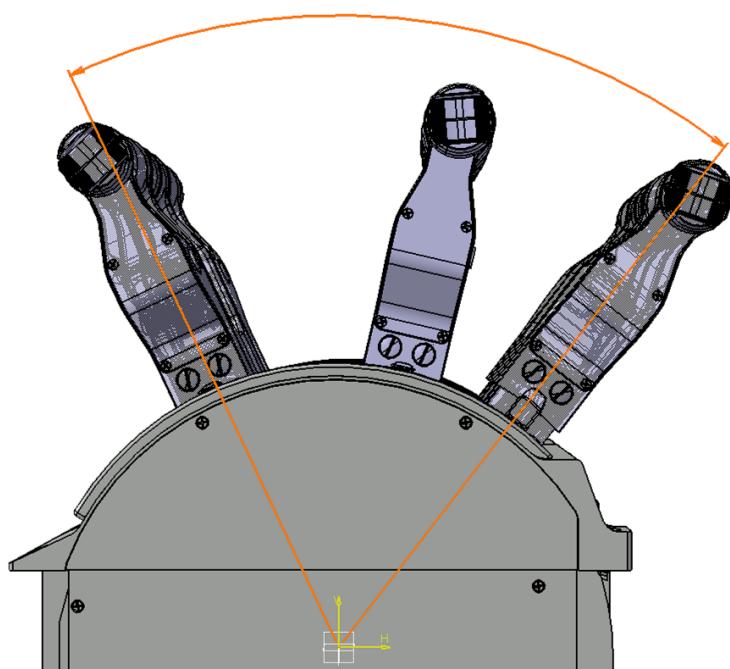


Figure 25 : Définition de la course

Connaître la course maximale engendrée par les déplacements de chacune des manettes permet au concepteur de déterminer le débattement nécessaire à son bras.

- Un axe de rotation commun à toutes les manettes

Chacun des axes de rotation des leviers doit être colinéaire à l'axe de rotation du bras oscillant.

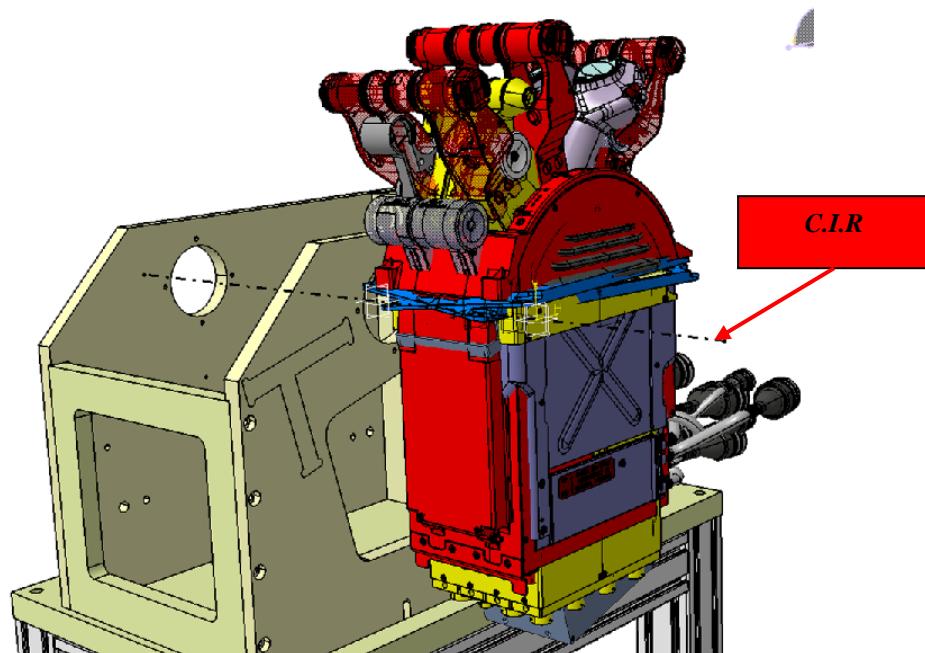


Figure 26 : Définition du C.I.R

- Des interfaces de masse inférieure à 12 kg pour des conditions d'EH&S

Dans le but de préserver la santé de l'opérateur lors des actes de montage/démontage, il faut s'assurer que l'ensemble manette-interface soit allégé au maximum.

- Les mini-manches doivent être sollicités selon l'axe « pitch » et l'axe « roll »

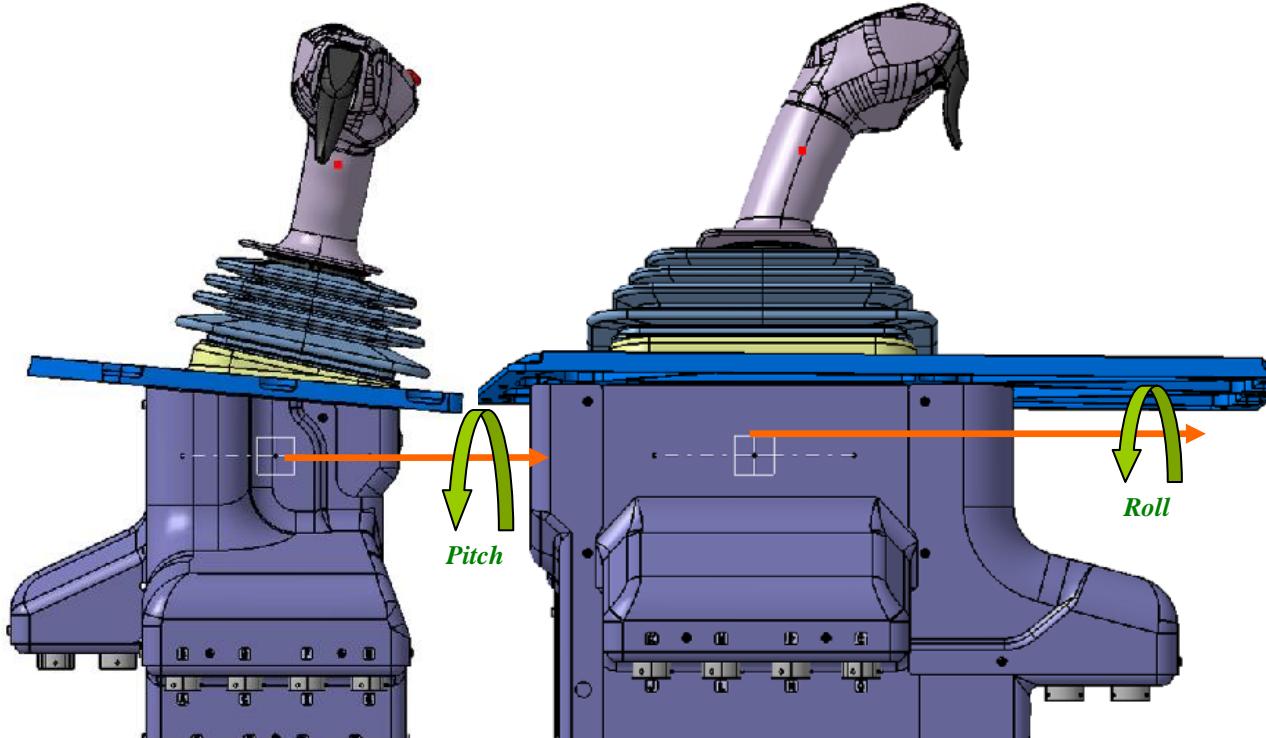


Figure 27 : Mouvement de Pitch

Figure 28 : Mouvement de Roll

## 4.6 REALISATIONS ET RESULTATS

### 4.6.1 Documents rédigés

Dans un premier temps la mission a été de retrouver tous les modèles de manettes de gaz existants, de constituer une liste regroupant les noms et caractéristiques nécessaires (cf. §3.3.2). Des feuilles Excel (cf. annexe A et B) ont donc été réalisées dans l'objectif d'analyser facilement l'ensemble des données récoltées et qui sera a fortiori utile lors d'une simulation 3D.

### 4.6.2 Modèles CAO

L'idée principale étant d'adapter le banc existant à tous les équipements de cockpit RATIER-FIGEAC, la conception a donc été basée sur le modèle existant. De plus, du point de vue gestion de projet et financier le fait de réutiliser un modèle existant demande simplement de dupliquer les parties à conserver. Par conséquent on supprime l'ensemble des coûts qu'engendre une nouvelle étude.

Dans un premier temps, l'idée fut de récupérer les modèles CAO réutilisables pour notre banc universel et de reconstruire l'assemblage.

La seconde étape consistait à récupérer dans la base de données les 3D des manettes de gaz et mini-manches à tester et de les insérer dans notre environnement 3D.

A partir de là démarre le travail de recherche des solutions possibles pour répondre à nos fonctions contraintes vues précédemment.

Les points à éclairer sont donc les suivants :

- **Est-il envisageable d'assurer la MIP/MAP de l'ensemble des commandes cockpit ?**

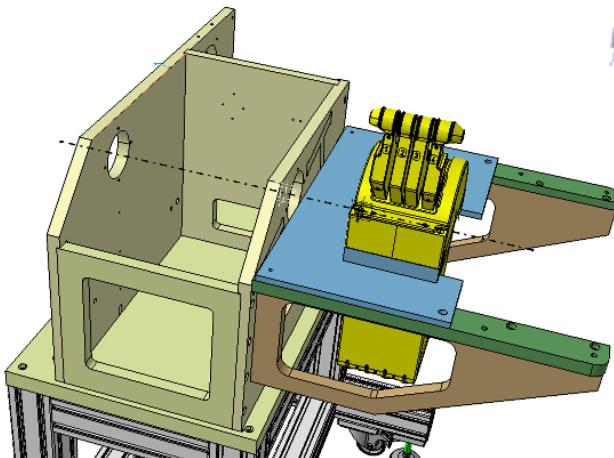


Figure 29 : Encombrement avec la manette de l'A380

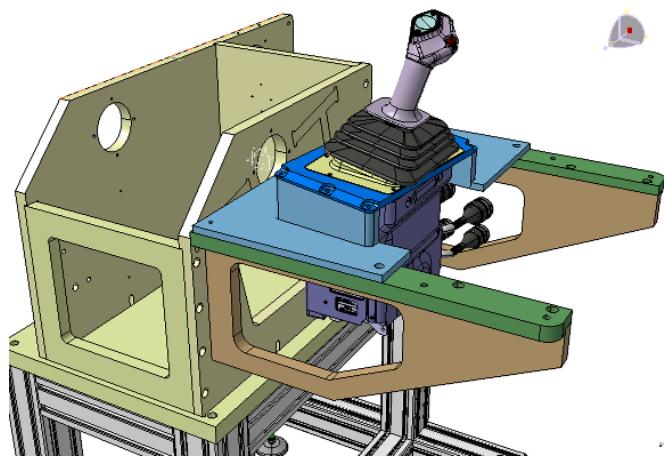


Figure 30 : Encombrement avec le mini manche de l'A380

Après réflexion le principe de MIP/MAP du banc existant reste la meilleure solution, la conception détaillée du banc devra donc définir une interface de fixation pour chaque manette afin de respecter l'angle avion et d'avoir l'axe de rotation de la manette commun à celui du bras. On peut remarquer que le châssis et le bâti reste identique, une mise à jour des plans existants suffira donc à leur fabrication.

- **Est-il préférable de positionner les manettes en porte à faux ou à l'intérieur du carter ?**

Le problème qui se pose est le suivant, quelle est la contrainte de plus haut niveau entre la surface occupée au sol par le banc ou son ergonomie, *i.e.*, faciliter à l'utilisateur l'accessibilité à la partie électronique de la manette située au dessous. On constate que les commandes sont munies d'un nombre assez important de connecteurs qui demandent de la place pour être logés. De plus l'opérateur doit relier ces derniers au module de traitement qui récole les grandeurs électriques des équipements testés.

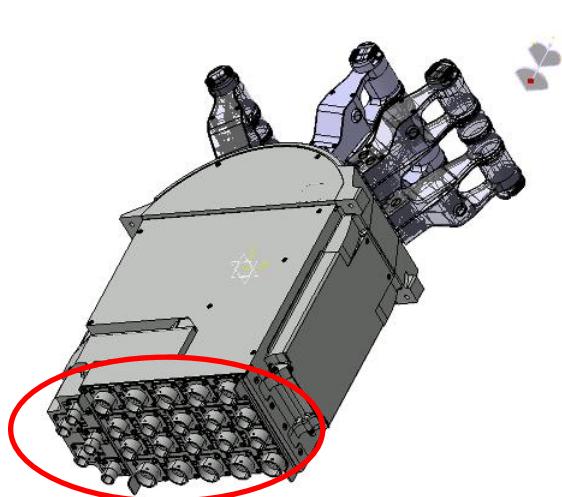


Figure 31 : Connexions de l'équipement

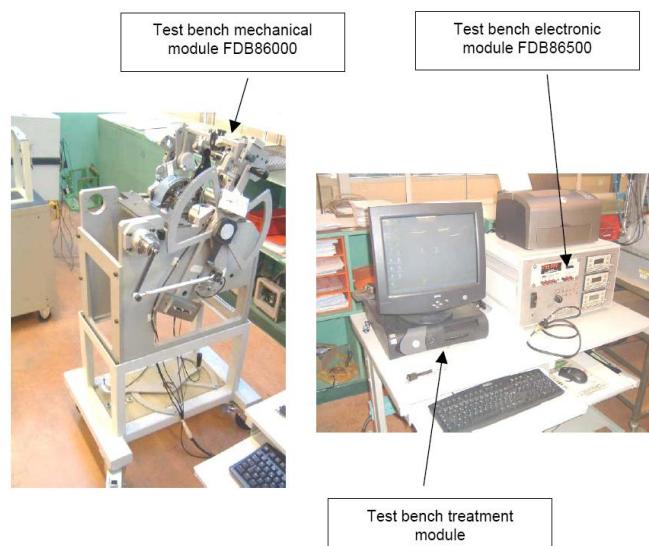


Figure 32 : Câblage du banc à la baie d'acquisition

Comme on le voit sur les images plus haut, le confort de l'utilisateur a été priorisé. Contraint à manipuler un équipement qui est considérablement lourd et fastidieux à connecter, il est donc intéressant de lui dégager au maximum l'accès à la mise en place des commandes. De plus, travailler dans un environnement ouvert permet de manipuler le produit en ayant les câbles électriques connectés au module de réception. Néanmoins, la géométrie de la partie positionnement des manettes (Equerres et tables) devra être revue afin de pouvoir accueillir la manette ayant l'encombrement maximal. Par conséquent, le carter sur lequel les équerres sont fixées devra être mis à jour en fonction des modifications géométriques apportées.

- **Choix de conception du bras**

Lors de la conception du bras il était indispensable de prendre en considération la contrainte d'équilibrage statique qui est décrite par la suite. Ma première idée a été de concevoir un bras amovible à guidage linéaire, qui par réglage offrirait une position à chaque bras de levier. Toutefois, la solution constructive reviendrait onéreuse et son équilibrage pourrait être faussé par des dispersions.

Afin de faciliter l'équilibrage il est intéressant de conserver le bras existant qui possède un plan de symétrie et une répartition de la masse assez uniforme qui réduit les produits d'inertie et par conséquent le phénomène de balourd et donc améliore l'équilibrage dynamique du bras autour de son axe de rotation. Le bras présent sur le premier banc universel sera donc réutilisé dans le nouveau.



Figure 33 : Bras

- **Pince universelle ou pince unique pour chaque modèle de manette ?**

Lorsqu'on parle de banc universel, la première idée qui vient à l'esprit est aussi de concevoir une pince universelle. Notre pince étant fixée sur notre bras, nous devrions imaginer un système capable de respecter les contraintes suivantes :

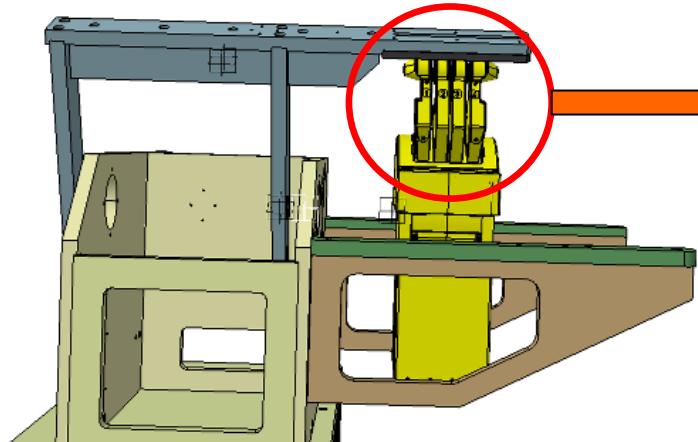


Figure 34 : Vue générale d'une manette sur le banc

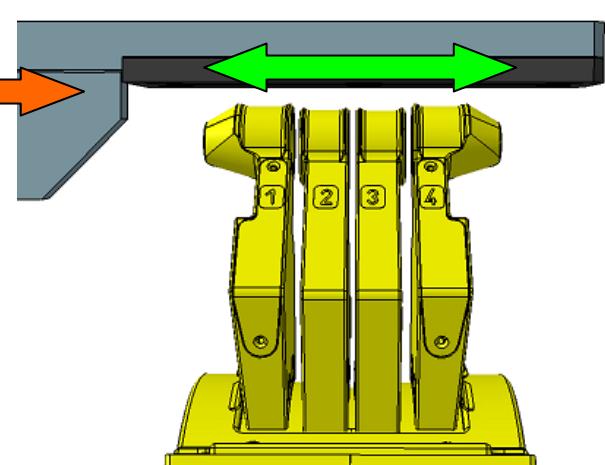
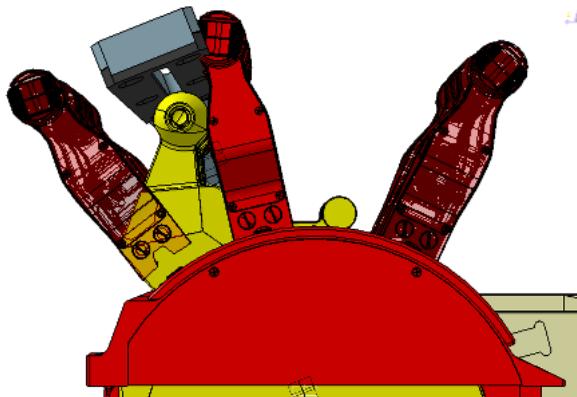


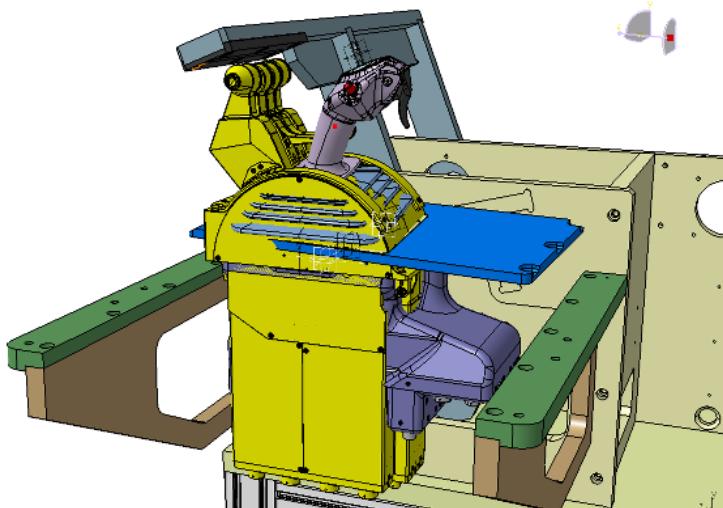
Figure 35 : Course nécessaire à la pince

La pince doit pouvoir être positionné sur la longueur du bras afin de pouvoir être alignée avec l'ensemble des manettes à tester.



*Figure 36 : Quelques cas de manettes où la position change*

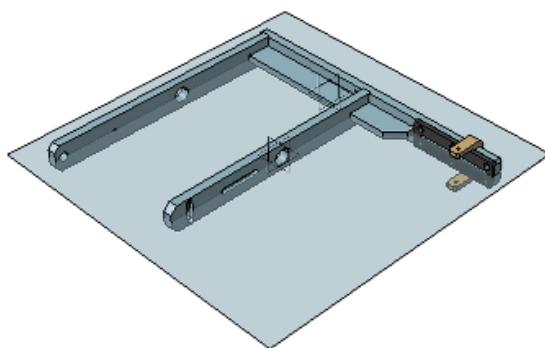
De plus, elle doit s'adapter à toutes les hauteurs de manettes, on s'aperçoit notamment que certaines d'entre elles sont plus haute que le bras, il faut donc trouver un moyen pour les brider sans avoir besoin d'agrandir la taille du bras. Un allongement du bras amplifierait le phénomène de balourd à notre liaison or il est intéressant de le minimiser afin d'acquérir les mesures les plus fines possibles.



*Figure 37 : Cas de la manette de gaz et du mini-manche*

Sur l'image ci-dessus on constate rapidement que les manettes de gaz et les sidesticks ont des formes totalement distinctes, il faut donc que la pince puisse épouser les deux styles.

La totalité de ces contraintes techniques m'a emmenée à concevoir un système de préhension par commande de cockpit. Effectivement, le fait de concevoir une pince universelle obligerait à se rapprocher de la liaison anthropomorphe, soit une cinématique plus complexe à réaliser. Ainsi, la hauteur nécessaire à la pince a été définie ainsi que sa forme en fonction de la manette à tester en essayant de préserver dans le maximum des cas le plan de symétrie existant.



*Figure 38 : Mise en évidence du plan de symétrie du bras*

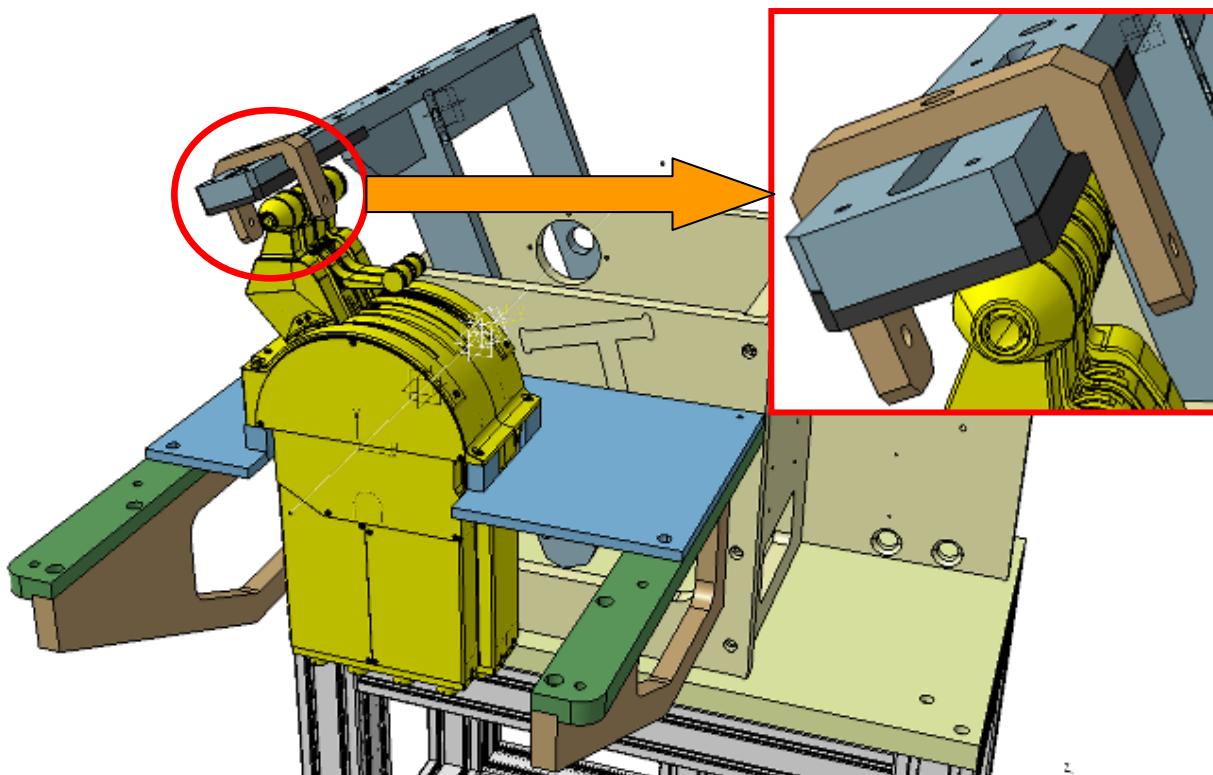


Figure 39 : Liaison bielle/bras

Dans le cas des manettes de gaz le système est identique à l'existant, il est donc réglable à l'aide du trou oblong présent sur la partie haute du bras et afin de pouvoir saisir tous les bras de leviers existants, chaque pince aura sa propre longueur. Le maintien en position sur le bras est effectué par un système vis/écrou tandis que la liaison encastrement entre la manette et la pince sera assurée par deux vis moletées qui facilitent le montage/démontage et le réglage.

L'un des principaux avantages d'arriver à concevoir un banc universel étant de pouvoir tester les mini-manches, il faut savoir qu'ils possèdent une orientation avion un peu particulière ce qui emmené à concevoir une pince spécifique. On s'aperçoit sur les schémas ci-dessous que la base du manche est inclinée d'un angle de 5° et que le manche est aussi contraint à deux angles particuliers.

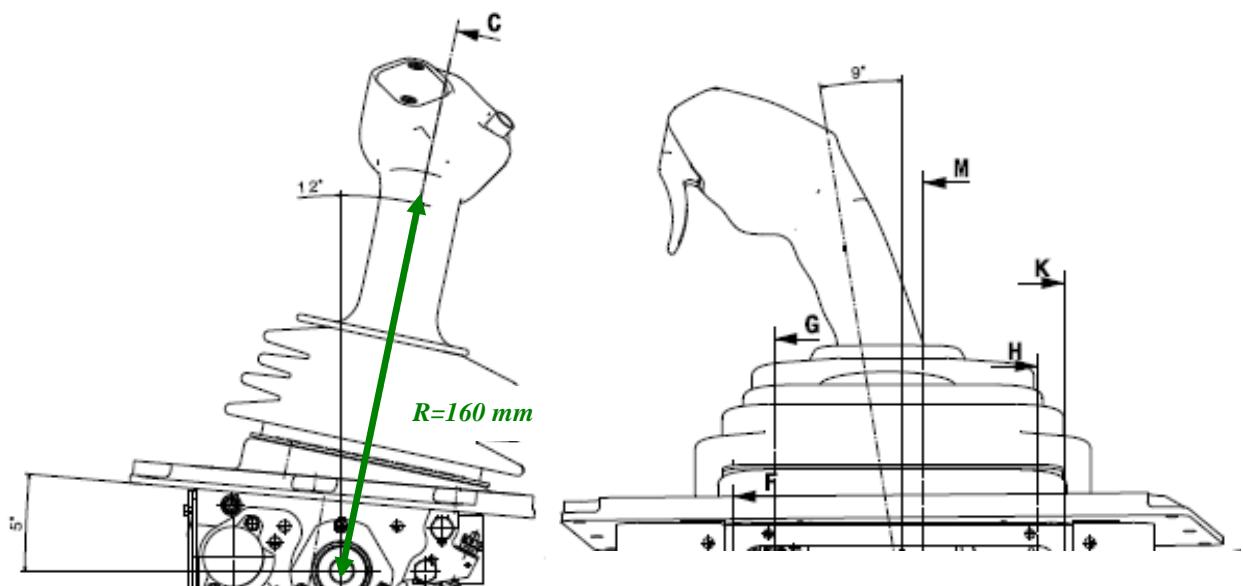


Figure 40 : Orientation d'un mini-manche

De plus la mesure du couple se fait au bras de levier (160 mm), il faut donc que le système d'attache respecte cette condition. On sait que la valeur d'un couple est relative à la longueur du bras de levier et serait donc facilement extrapolable, néanmoins il obligerait à modifier le programme d'acquisition.

S'ajoute à toutes ces propriétés le cas du mini-manche pilote ou copilote, les deux ont une orientation opposée.

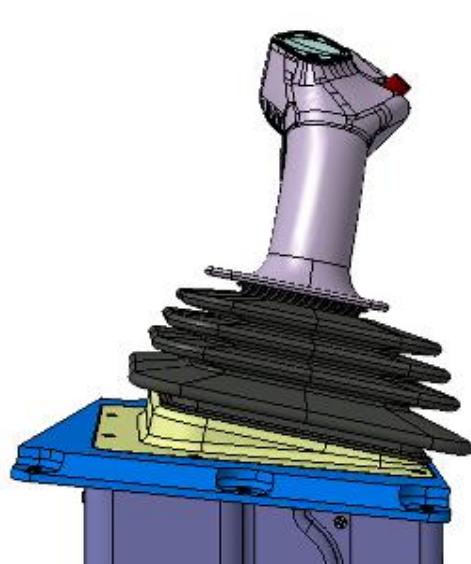


Figure 41 : Mini-manche pilote

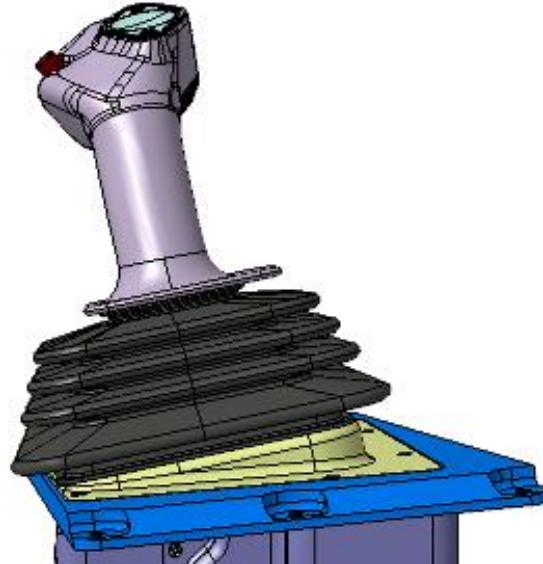


Figure 42 : Mini-manche copilote

Malgré toutes ces contraintes, un prototype de pince universelle à tous les types de mini-manches a été envisagé.

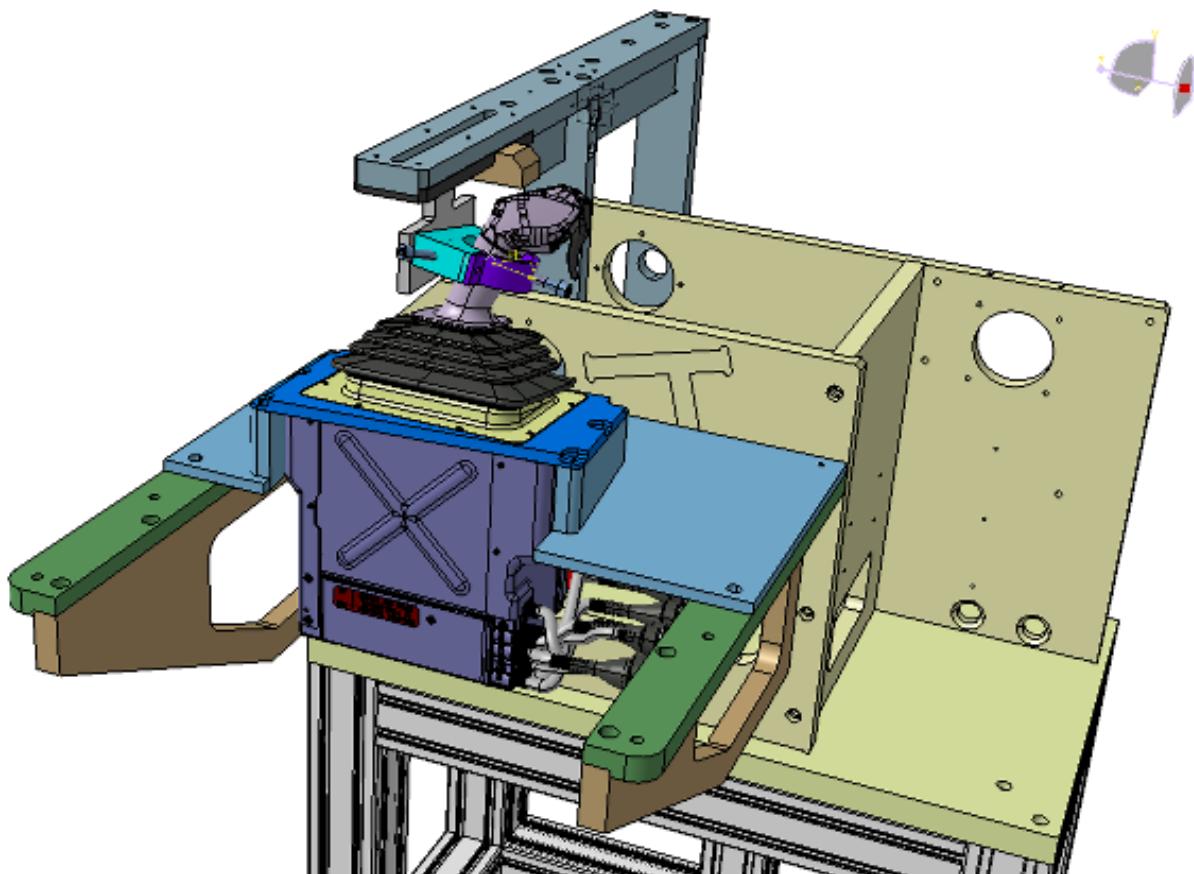


Figure 43 : Pince universelle aux mini-manches dans son environnement

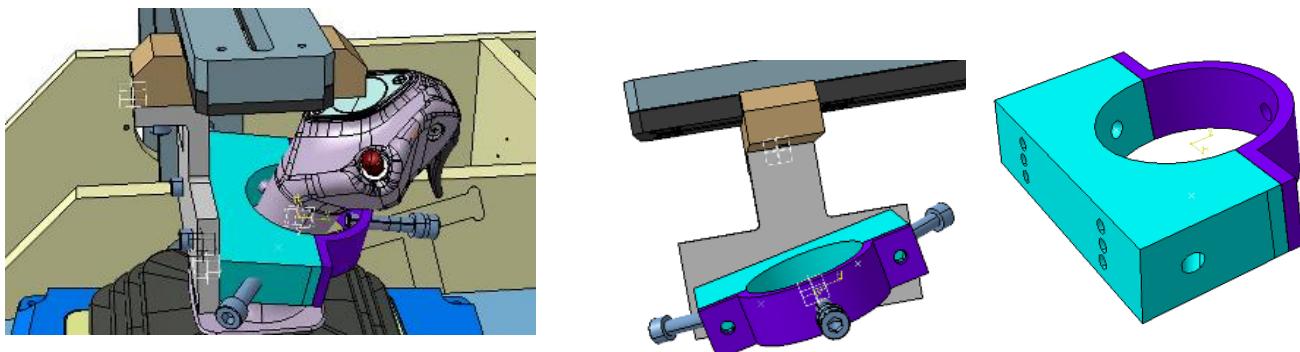


Figure 44 : Pince universelle en détail

Basée sur le même principe que pour les manettes de gaz le banc dispose d'une pince taraudée qu'on fixe par l'intermédiaire du trou oblong avec une vis moletée. Le manche est tenu en trois points par trois vis en nylon que l'on vient ajuster au repos. L'orientation est respectée grâce au plan incliné de 9° et les perçages sont disposés de telle sorte qu'une position correspond à la manette pilote et l'autre à celle du copilote. On pourra donc tester les deux manches sur ses deux axes de fonctionnement avec une seule pince. Au final, il existera donc une pince par programme (A320 Néo/A350/A380) qui respectera à chaque fois les angles d'orientation.

Dans ce test seul le mouvement de *pitch* sera sollicité, pour effectuer le *roll* l'opérateur devra positionner la manette à 90° comme sur l'image suivante.

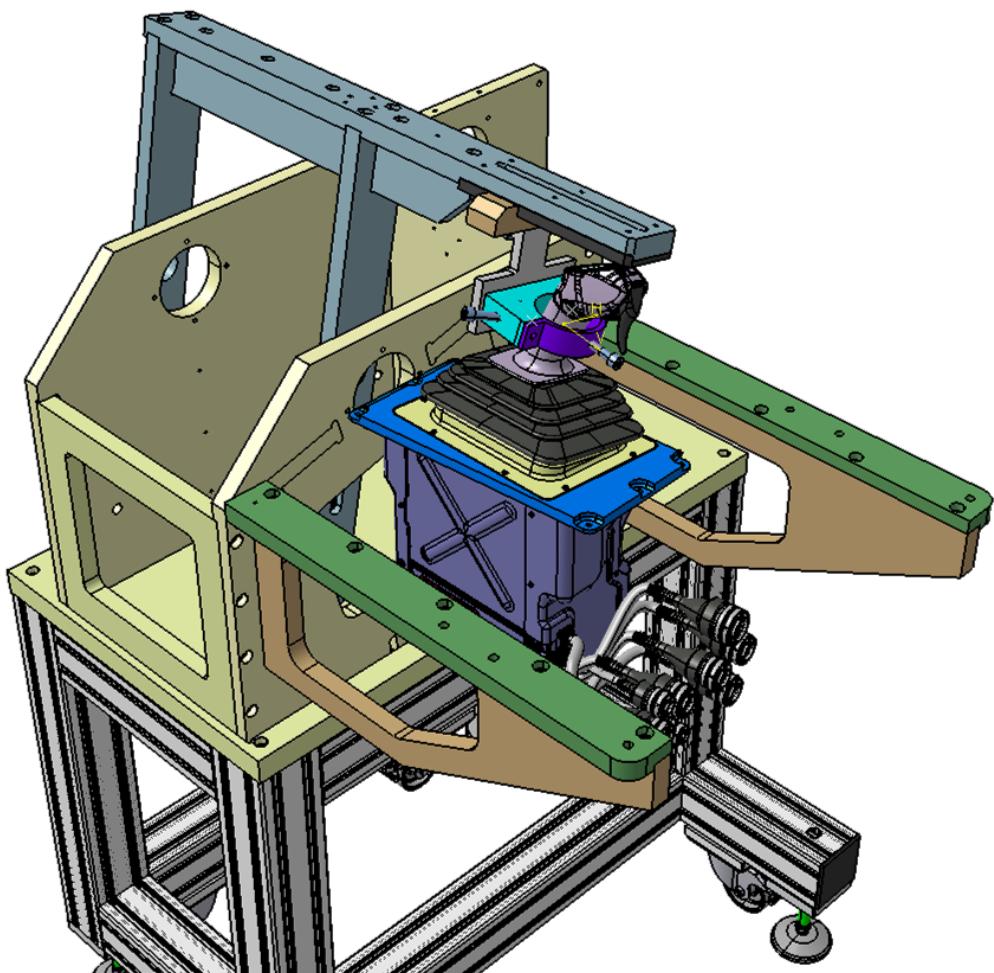


Figure 45 : Essai suivant l'axe ROLL

- **Comment équilibrer statiquement le bras ?**

Concrètement une pièce mécanique en rotation autour d'un axe fixe est dite équilibrée statiquement lorsque la seule action extérieure qui lui est appliquée est la force de gravité et si on lâche le bras à n'importe qu'elle position angulaire alors ce dernier doit rester immobile.

Théoriquement le centre de gravité de l'ensemble du bras doit être confondu avec l'axe de rotation. Pour cela la stratégie actuelle a été maintenue, c'est-à-dire utiliser une masse en contrepoids qui sera dimensionnée en fonction de la pince utilisée. C'est pourquoi conserver l'axe de symétrie et une répartition de la masse la plus équitable possible facilite l'équilibrage. Dans le cas où la pince n'est pas symétrique, c'est-à-dire lorsque le bras de levier de la manette dépasse la hauteur du bras alors on pourra régler la position de la masse à l'aide d'un trou oblong.

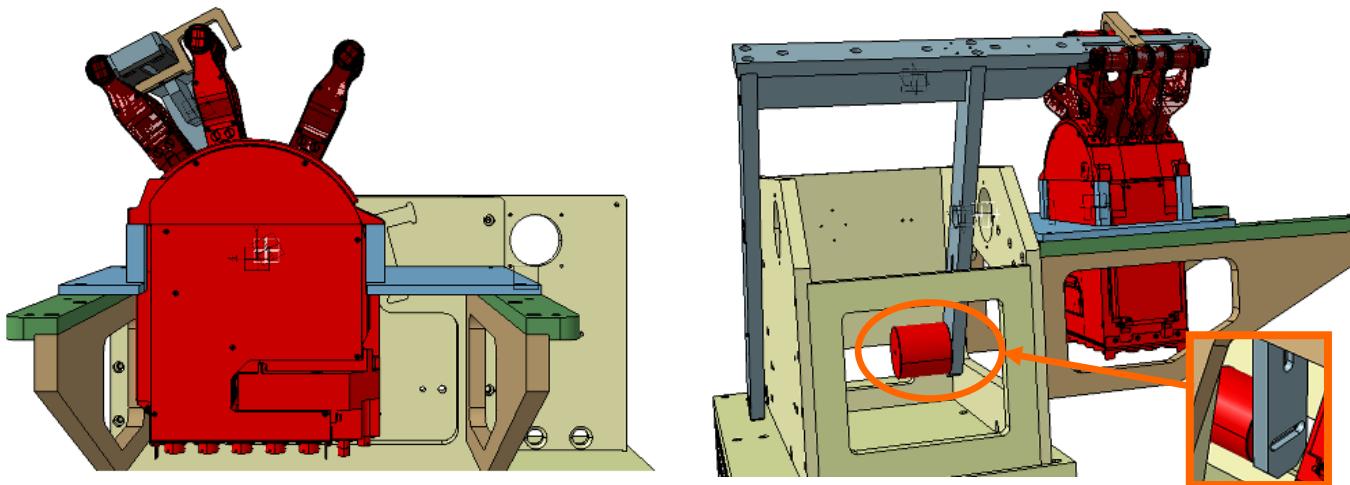


Figure 46 : Equilibrage du bras en fonction de la pince utilisée

Afin de permettre à l'opérateur de déterminer rapidement la position de la masse sur le trou oblong, j'ai rédigé une feuille de calculs qui retourne la position du centre de gravité du bras. L'utilisateur à juste à jouer sur la position de la masse dans l'objectif de rendre la position du barycentre coïncidente à l'axe de rotation (cf. annexe C). Néanmoins, l'idéal serait de concevoir des pinces à centre de gravité commun le bras serait donc équilibré pour toujours, l'opérateur n'aurait nullement besoin de modifier la position de la masse d'équilibrage.

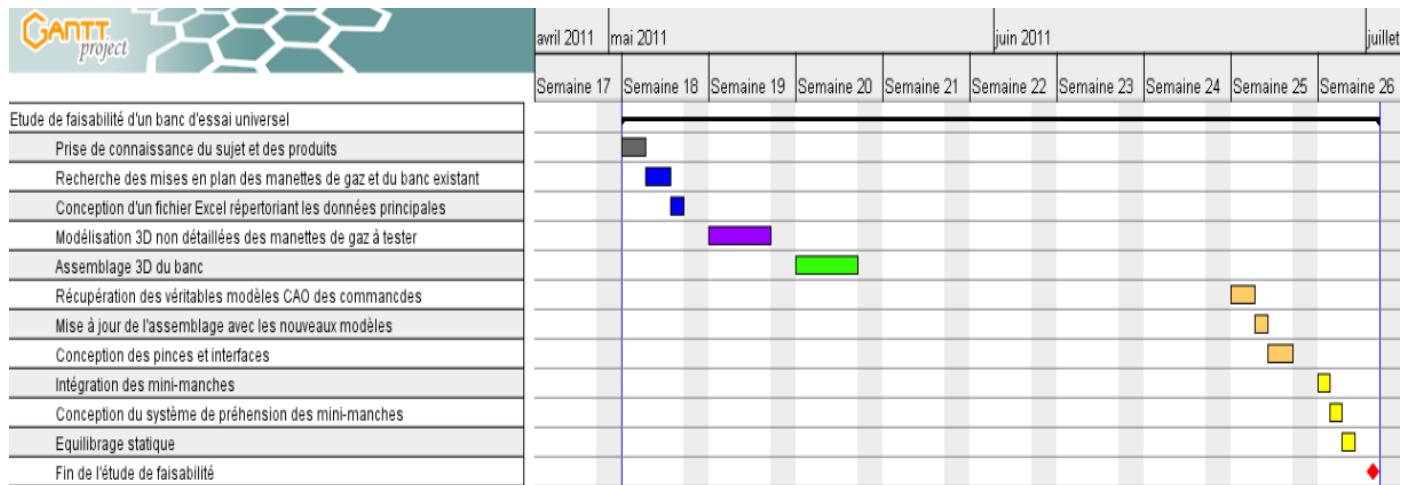
#### 4.6.3 Résultats

A ce jour le laboratoire B.E dispose de tous les modèles CAO élaborés durant mon stage, ainsi que des feuilles de calculs qui sont situées en annexes.

L'objectif principal d'une étude de faisabilité étant de juger si l'on continue ou non l'étude d'un nouveau produit, il faut donc se positionner. Par le biais des modèles numériques nous pouvons affirmer que la réalisation d'un banc d'essai universel est envisageable en prenant en compte toutes les contraintes techniques. Cependant, les solutions présentées ci-dessus ne sont que des ébauches du produit final, au cours de la phase de conception détaillée elles pourront faire preuve d'amélioration ou même de reconception si nécessaire. La mission nous a donc permis de visualiser un premier prototype capable d'accomplir les fonctions principales qui lui sont attribuées, de voir quelles pièces existantes pouvaient être reprises ou modifiées et de regrouper les modèles 3D des commandes de cockpit dans un même ensemble.

## 4.7 GESTION DU PROJET

### 4.7.1 Planning



### 4.7.2 Acteurs

Le développement d'un banc d'essai étant pluridisciplinaire, il demande donc l'intervention de divers spécialistes. C'est pourquoi l'un des membres ayant travaillé sur le premier modèle universel, en l'occurrence Christophe LACARRIERE, m'a aidé à découvrir le banc existant et guidé dans l'approche du nouveau projet. Ce dernier est donc responsable du projet, l'étude de faisabilité lui a permis de rédiger le cahier des charges pour investir sur ce type de produit

### 4.7.3 Outils

Afin de mener à bien le travail demandé, un poste informatique accompagné d'une licence Catia V5 était à ma disposition. La modélisation 3D et l'assemblage des pièces a donc été respectivement fait à partir des modules « *part design* » et « *assembly design* ». De plus afin d'avoir une vision plus concrète du banc d'essai existant l'accès à ce dernier m'était autorisé.

### 4.7.4 Problèmes rencontrés

Les principales difficultés rencontrées sont issues de l'inexistence d'un cahier des charges retranscrivant le besoin et les contraintes qui limitent les choix de conception du produit désiré. Il est important de souligner aussi d'un point de vue personnel que c'est le premier projet développé au sein d'une société importante et par conséquent structurée qui demande une organisation draconienne en particulier du point de vue informatique (logiciels, droits d'accès...). De plus, durant la semaine 2, n'ayant pas les modèles CAO des manettes existantes, j'ai pris l'initiative de les modéliser à nouveau (modèles approximatifs) afin d'avancer le projet. Or, semaine 8 j'ai découvert qu'il était possible de récupérer les véritables esquisses à l'aide du logiciel de conception collaborative TeamCenter, au final on peut regretter une perte d'efficacité considérable.

## 4.8 CONCLUSION

### 4.8.1 Avancement du projet

A l'heure actuelle l'étude de faisabilité est terminée, on peut affirmer que le banc d'essai universel à toutes les commandes conçues au sein de RATIER-FIGEAC est réalisable. L'étude détaillée a permis de rédiger le Cahier des Charges qui a déjà été présenté à des sociétés extérieures puisque RATIER-FIGEAC a opté pour la stratégie de la sous-traitance, car la réalisation des bancs n'est pas le cœur de métier de l'entreprise.

### 4.8.2 Perspectives d'évolution

A court terme, les responsables du projet, M.BAILLY et M. LACARRIERE, sélectionneront l'entreprise qui assurera la réalisation.

A moyen terme, le développement du projet poursuivra le déroulement du cycle en V avec donc comme prochaine étape la réalisation de la conception détaillée suivie de sa fabrication.

A long terme, on peut imaginer que les fichiers soient mis à jour avec la prise en compte de nouveaux équipements de cockpit. RATIER-FIGEAC ayant déjà remporté de nombreux marchés comme le développement des mini-manches Irkut et Comac C919, la possibilité d'intégrer ces équipements au banc universel sera étudiée *a posteriori*.

### 4.8.3 Bilan personnel

Tout au long du projet j'ai pu tirer de nombreux bénéfices techniques et culturels. J'ai notamment découvert le fonctionnement de la gestion collaborative des fichiers CAO à l'aide de l'interface « *TeamCenter* », mais aussi les différents types de commandes de vol existants et réalisés par RATIER-FIGEAC. Ce projet a également été l'opportunité de côtoyer la technicité présente dans les manettes de gaz, les mini-manches et les bancs d'essais. Cependant, réaliser l'étude détaillée du banc universel aurait été pour le moins très enrichissant du point de vue technique et personnel.

## 5 CONCEPTION D'UN BANC D'ENDURANCE ACCELERÉ

### 5.1 CONTEXTE

Aujourd'hui l'avionneur Airbus cherche à utiliser une technologie commune pour toute sa gamme de mini-manches (A320/330/340, A350XWB et A380). L'une des pièces maîtresses est l'amortisseur hydraulique qui permet de créer la sensation d'effort aller/retour (principe des Conditions de Réceptions vues précédemment), ils sont au nombre de deux (*pitch & roll*). La réalisation de ce banc d'essai permettra de caractériser la tenue en endurance des amortisseurs en vue de sa qualification.

Puisqu'il existe à ce jour dans le laboratoire un banc fonctionnant d'une manière très similaire à notre besoin il sera donc réutilisé pour adapter notre outillage. La multifonctionnalité de ce banc diminuera les coûts de fabrication et assurera un fonctionnement optimal étant donné qu'il a été utilisé à de nombreuses reprises par les opérateurs.

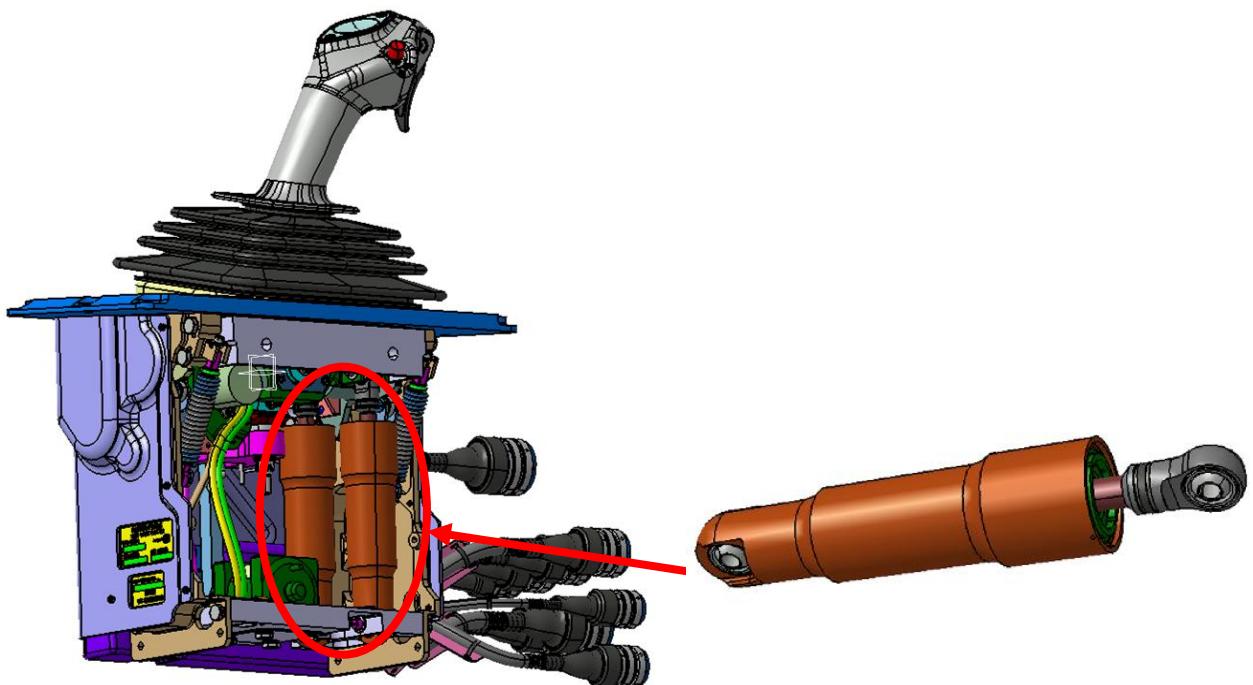


Figure 47 : Amortisseurs à tester au sein du mini-manche

### 5.2 OBJECTIFS

La conception du banc d'endurance regroupe les phases suivantes :

- Outilage répondant aux contraintes de la demande d'essai
- Conception de l'outillage permettant la MIP/MAP des amortisseurs
- Mises en plan des pièces conçues
- Lancement de la fabrication
- Montage de l'outillage sur le banc d'essai
- Lancement et suivi de l'essai

## 5.3 ARCHITECTURE

### 5.3.1 Banc existant

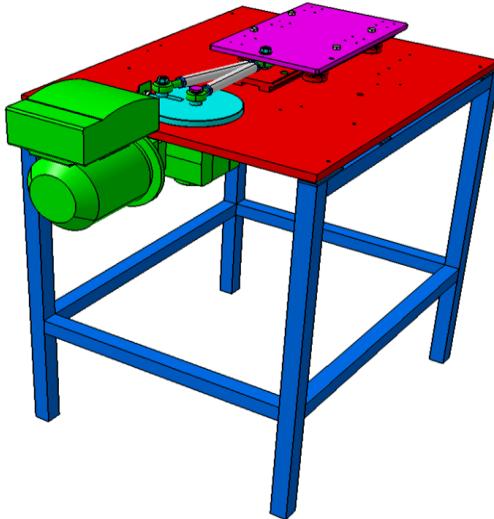


Figure 48 : Banc présent dans le laboratoire d'essais

A ce jour le laboratoire d'essais possède un banc d'essai offrant la cinématique recherchée pour tester nos amortisseurs. Il se compose d'un châssis métallique, d'une table fixe, d'un moteur électrique, d'un guidage linéaire (monorail + roulettes), d'une bielle, d'un plateau d'indexage et d'une table mobile.

Le fonctionnement est trivial, le mouvement de rotation de l'arbre de sortie du moteur est transformé en mouvement de translation à l'aide de la bielle et du plateau d'indexage (système bielle-vilebrequin).

### 5.3.2 Outilage conçu

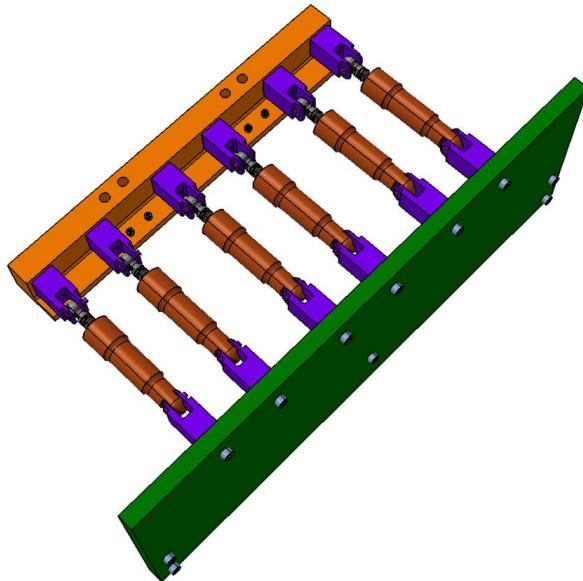


Figure 49 : Outilage d'essai réalisé

L'outilage comprend donc :

- Une équerre solidaire de la table mobile
- Une plaque fixée au châssis
- Douze chapes permettant de fixer les amortisseurs à l'outilage

## 5.4 FONCTIONS PRINCIPALES

La fonction principale de l'outillage est d'assurer la mise et le maintien en position des amortisseurs durant la phase de test. Cependant le banc d'essai a pour fonction principale de réaliser un certain nombre de cycles avec des courses définies et à des fréquences précises, afin d'évaluer les dommages causés par la fatigue cyclique et d'en identifier les causes.

En cas de défaillance prématuée le produit pourra être revu par le bureau d'études cockpit, dans le meilleur des cas les relevés effectués permettront de prévenir les actions de maintenances lors de sa mise en service.

## 5.5 CONTRAINTES

### 5.5.1 Planning

La demande d'essai (cf. Annexe D) exige le lancement de la phase de test pour la semaine 32.

### 5.5.2 Techniques

- **Prévoir au moins six amortisseurs par test**
- **Assurer les courses totales à effectuer par rapport à la position médiane de l'amortisseur (160 mm)**

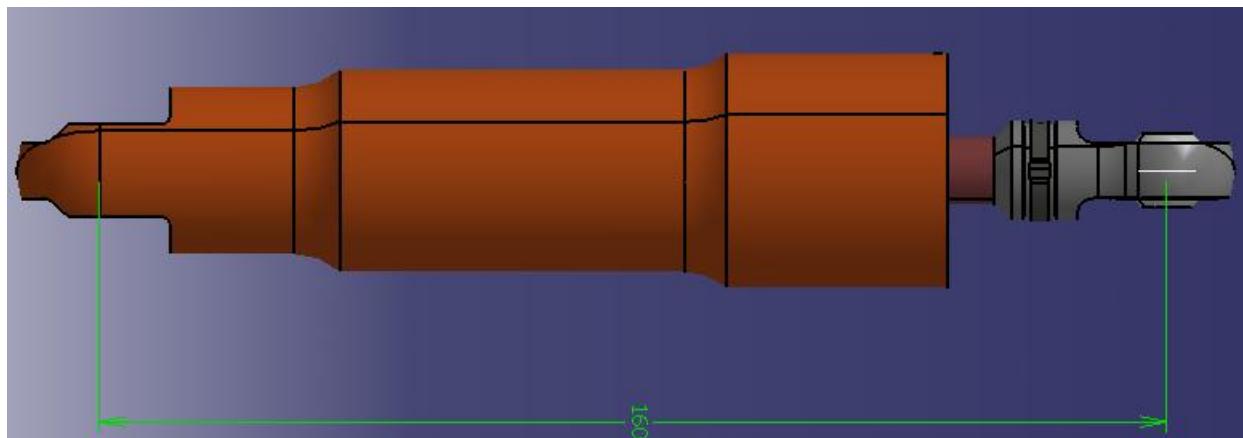


Figure 50 : Amortisseur à tester dans sa position de fonctionnement moyenne

Courses à assurer :

- $\pm 0,6 \text{ mm} ; \pm 1,2 \text{ mm} ; \pm 1,8 \text{ mm} ; \pm 2,4 \text{ mm} ; \pm 3 \text{ mm} ; \pm 5,9 \text{ mm} ; \pm 7,1 \text{ mm et } \pm 11 \text{ mm}$

On remarque que les courses sont assez faibles il est donc impératif de respecter au mieux les ajustements.

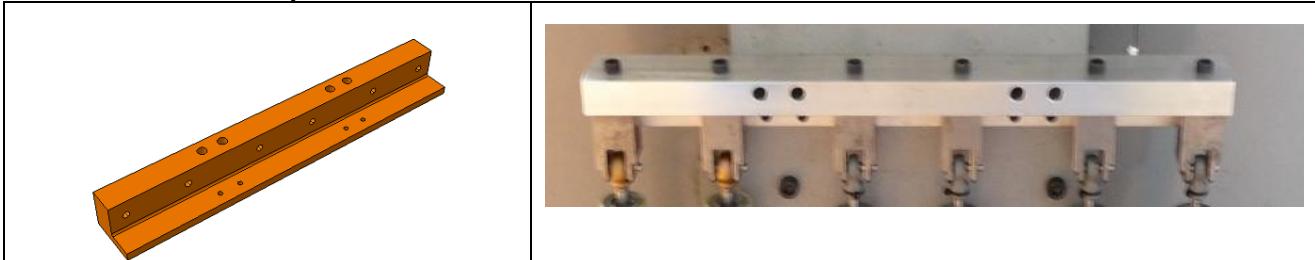
- **Prendre en considération les fréquences de test : 0,5 Hz ; 1Hz et 2 Hz**
- **S'inspirer du montage réel dans la manette afin que le test puisse évoluer dans un contexte proche de la réalité :**
  - Le vérin doit être vertical avec la sortie de tige orientée vers le haut
  - Les éléments de fixation sont normalisés et seront repris de la manette (axes, rondelles, goupilles)

## 5.6 REALISATIONS ET RESULTATS

### 5.6.1 CAO et production

Les modèles CAO mise à part le banc existant qui ont été conçus sont les suivants :

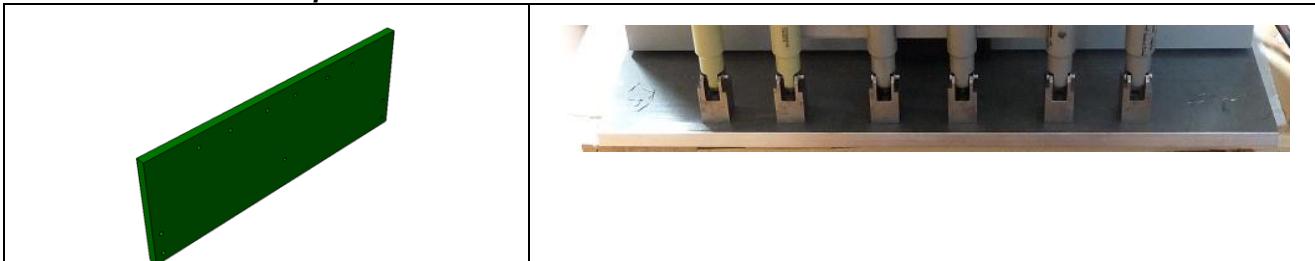
- *Equerre de fixation à la table mobile*



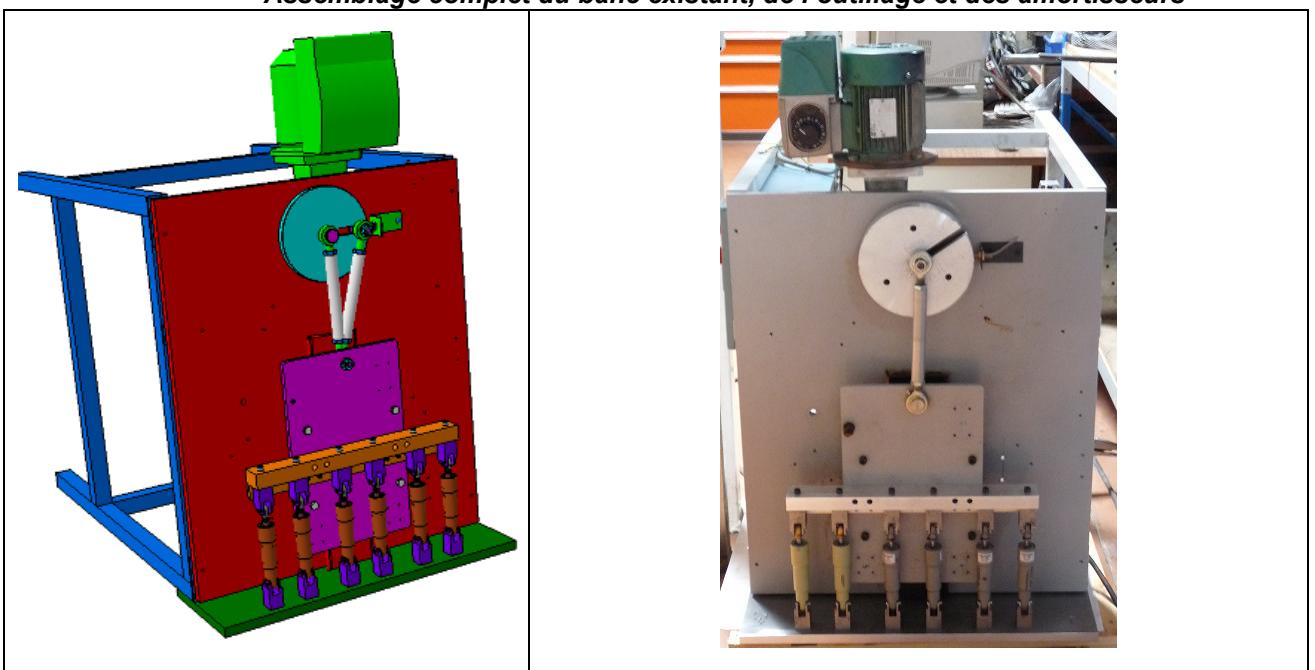
- *Chape*



- *Plaque de fixation au châssis*



- *Assemblage complet du banc existant, de l'outillage et des amortisseurs*



### 5.6.2 ESSAI

La phase d'essai comprend plusieurs étapes :

- Inspections/contrôles avant l'essai
- Conduite de l'essai
- Inspections/contrôles pendant l'essai
- Expertise/contrôles/inspections après l'essai
- Rapport d'essai

Pour ma part j'ai participé aux étapes 2 et 3. La conduite de l'essai consiste à régler le banc en fonction des conditions exigées par la demande d'essai. Au cours de l'essai, trois paramètres seront variables (course, fréquence et nombre de cycles). Le réglage de la course se fait à l'aide d'un comparateur, la fréquence avec le potentiomètre moteur et le nombre de cycles est programmé à partir de l'interface du codeur (*cf. photos 49 et 50*). L'ensemble du test est divisé en deux « duty cycle », en sachant que la somme des deux correspond à une vie avion.



Figure 49 : Réglage de la course avec un comparateur

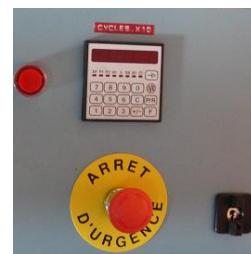


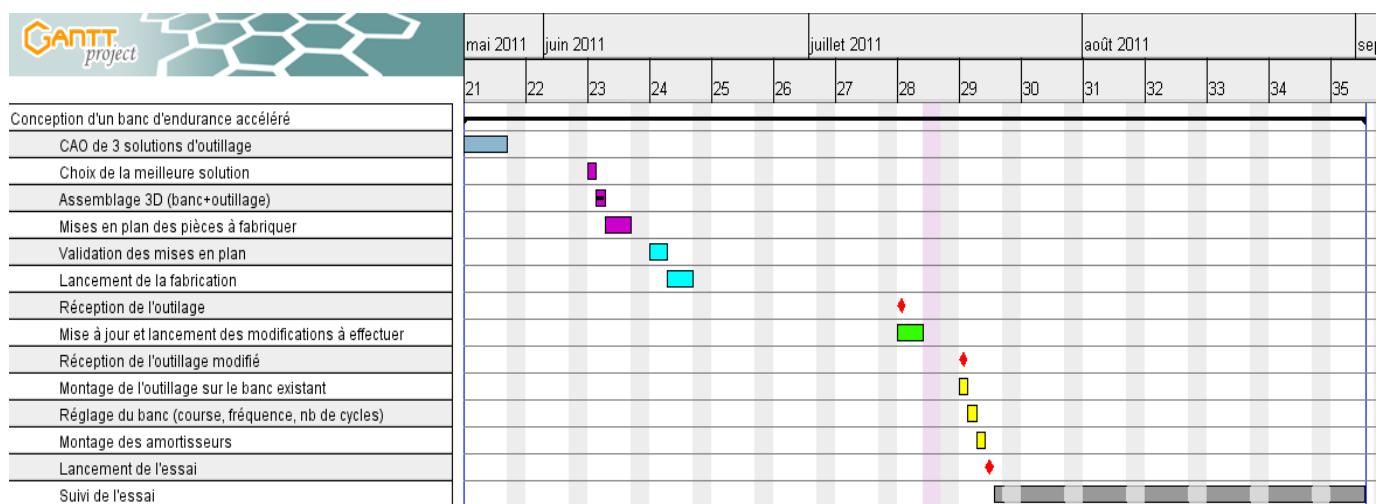
Figure 50 : Réglage du nb de cycles avec un compteur

La phase d'inspection pendant l'essai n'est qu'une surveillance visuelle, elle permet de vérifier l'étanchéité du produit. Néanmoins, l'une des principales tâches au cours de la phase d'essai est de remplir le *Log Book*, c'est-à-dire renseigner sur un formulaire alloué les paramètres appliqués, la progression de l'essai et les observations faites.

L'expertise après essai consiste à s'assurer que l'amortisseur n'est pas endommagé, que sa masse soit identique à celle de départ (pas de fuite), vérifier l'homogénéité de l'amortissement tout au long de la course, mesurer l'effort nécessaire pour faire bouger la tige et caractériser le temps de retour manette et « overshoot » sur une mécanique de manche simplifiée.

### 5.7 GESTION DU PROJET

#### 5.7.1 Planning



## 5.7.2 Acteurs

Dans un premier temps trois conceptions différentes ont été proposées à M. BESSIERES qui est le principal concepteur du laboratoire BE, ce dernier m'a guidé afin de choisir celle qui serait la plus adaptée à mon besoin et la moins couteuse. Par la suite les mises en plan ont été réalisées et validées par M. BESSIERES également. Pour la production des pièces j'ai rencontré le responsable du département « Prototypage », M. LACROIX, qui s'est chargé de la fabrication de l'outillage. A noter que l'outillage a été validé par un ingénieur BE, M. BOULARAN, responsable du projet. Pour conclure, l'ensemble de la phase d'essai s'est déroulée avec l'aide de M. CANTAREL, ingénieur moyens d'essais et responsable des essais du mini-manche latéral A350.

## 5.7.3 Outils

Comme dans ma première mission les outils qui m'ont été mis à disposition étaient : une station CAO Catia V5 avec le modèle CAO du banc existant et l'accès au laboratoire où se situe le banc.

## 5.7.4 Problèmes rencontrés

En premier lieu, j'ai pu m'apercevoir que l'aspect coût de fabrication correspond à la fonction contrainte de plus haut niveau. Plusieurs conceptions furent envisageables, néanmoins la moins onéreuse a primé sur les autres caractéristiques telles que la masse du corps ou son encombrement. Le seul problème rencontré a donc résidé dans le fait de sélectionner le modèle le plus efficace en termes de coût et délai.

En second lieu, une erreur de production de la part des ouvriers de l'atelier prototypage et un manque de communication avec le bureau d'études ont nécessités d'apporter des modifications à l'outillage.

## 5.8 CONCLUSION

### 5.8.1 Avancement du projet

A ce jour la partie conception mécanique est achevée, le banc est en service et nous sommes actuellement en phase d'essai, au deuxième « duty cycle ». Une première phase de contrôle a été réalisée sur chaque amortisseur à la fin du premier « duty cycle », la deuxième aura lieu à la fin de l'essai.

### 5.8.2 Perspectives d'évolution

Aucune perspective d'évolution n'est envisagée à ce jour puisque le banc rempli ses fonctions principales et contraintes. Cependant il est tout à fait possible qu'un nouveau besoin demande de mettre à jour le banc actuel.

### 5.8.3 Bilan personnel

Durant cette mission j'ai pu me rendre compte que la conception d'outillage dédié à un banc d'essai est en règle générale un produit dont le but est d'avoir un coût de fabrication attractif avec un délai parfois très serré. Par conséquent il doit être : assez simple, extrêmement robuste puisque seul un pré-dimensionnement lui est accordé, une conception surdimensionnée est donc plus appréciée afin d'assurer la pérennité et la résistance de l'outillage en particulier pour les bancs de fatigue qui requièrent un facteur de service important. Les bancs sont réalisés à l'unité ils n'exigent donc pas une phase d'optimisation, il n'y a pas comme pour les éléments de vol la contrainte de masse. Tous ces facteurs requièrent une phase de développement rapide et efficace.

Tout au long du projet j'ai pu exploiter plusieurs compétences (CAO, cotation GPS, relations humaines et savoir-faire), c'est d'ailleurs l'un des points attractif de cette mission. Le fait de mener de bout en bout la demande d'essai m'a permis de voir l'ensemble des phases nécessaires pour tester un produit, bien que ce dernier soit quand même simple de technologie. Néanmoins, avoir la possibilité d'assembler le banc conçu par soi-même et suivre l'essai procure une plus ample satisfaction.

## 6.1 CONTEXTE

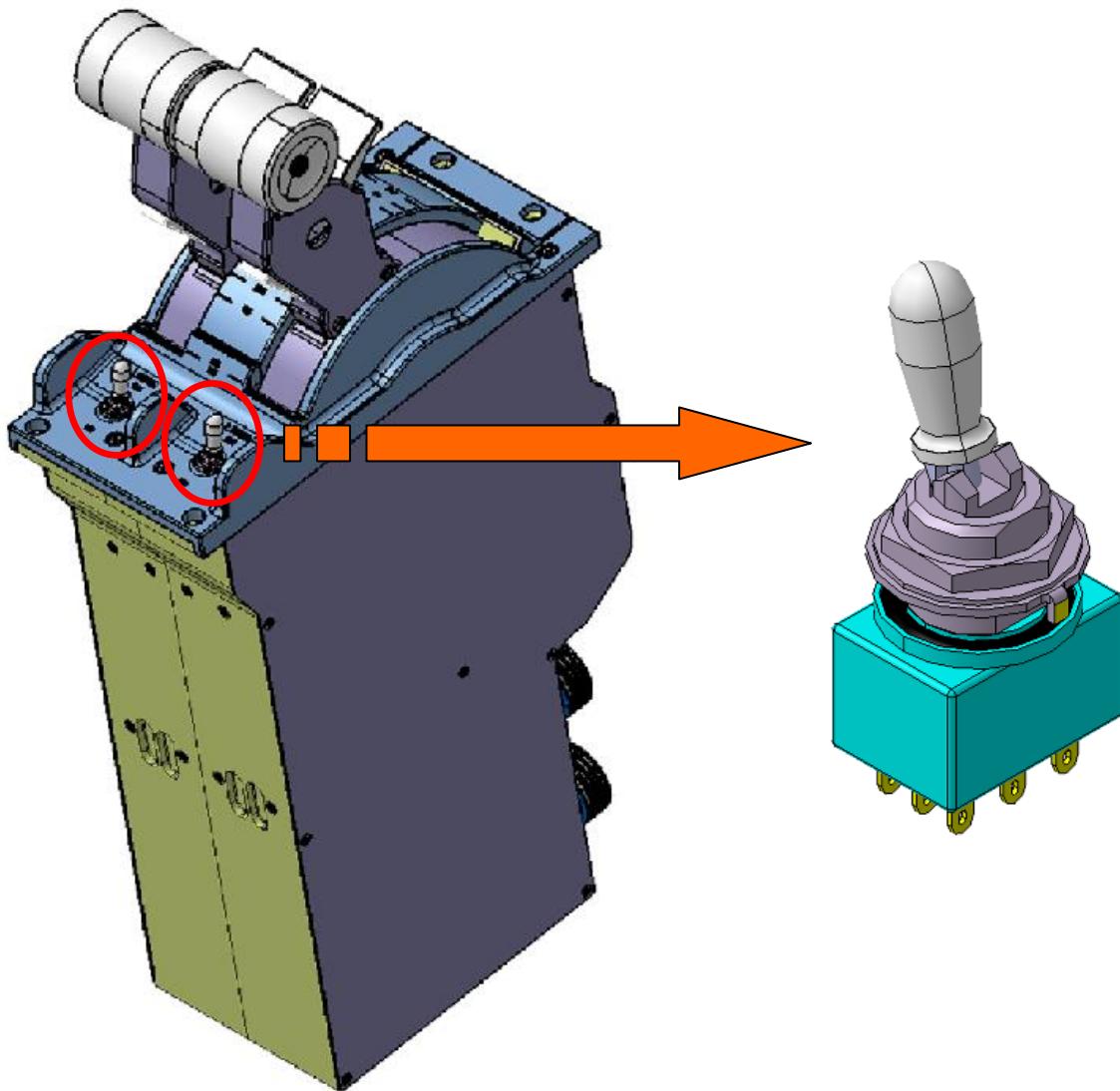


Figure 51 : Manette de gaz de l'avion LJ85 et son switch coup moteur

Chacune des commandes de cockpit développées par RATIER-FIGEAC est composée de multiples éléments. De ce fait, une qualification totale doit donc également inclure celles des unités de niveau moindre. Afin de garantir la durée de vie du switch, RATIER-FIGEAC se doit de fournir un rapport d'essai à ses clients. Dans le cas présent, le produit concerné est le switch coupe moteur de l'avion d'affaires Bombardier LearJet 85. Afin d'estimer sa durée de vie, un nouveau banc d'essai d'endurance doit être développé. Le banc devra donc être capable d'actionner le levier du switch en autonomie tout en respectant les contraintes décrites *a posteriori*.

## 6.2 OBJECTIFS

L'objectif principal de la mission est donc de concevoir un banc d'essai qui remplira les fonctions principales et respectera les fonctions contraintes. L'étude comprendra les points suivants :

- Rechercher la référence exacte et la documentation du switch à tester
- Analyser la cinématique du produit
- Concevoir un modèle 3D du banc d'essai en prenant en compte le matériel alloué (un vérin simple effet et un double effet).
- Regrouper dans un même assemble le switch et l'outillage conçu auparavant
- Réaliser les mises en plan des pièces dessinées afin de lancer leur production
- Lancer la production

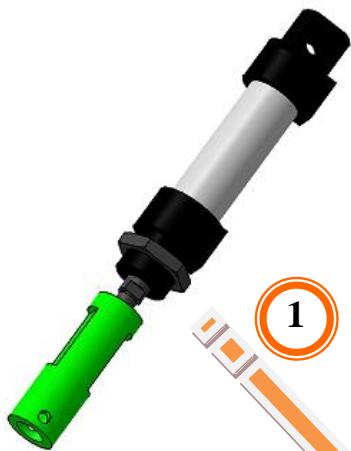
## 6.3 ARCHITECTURE

### 6.3.1 Outilage conçu

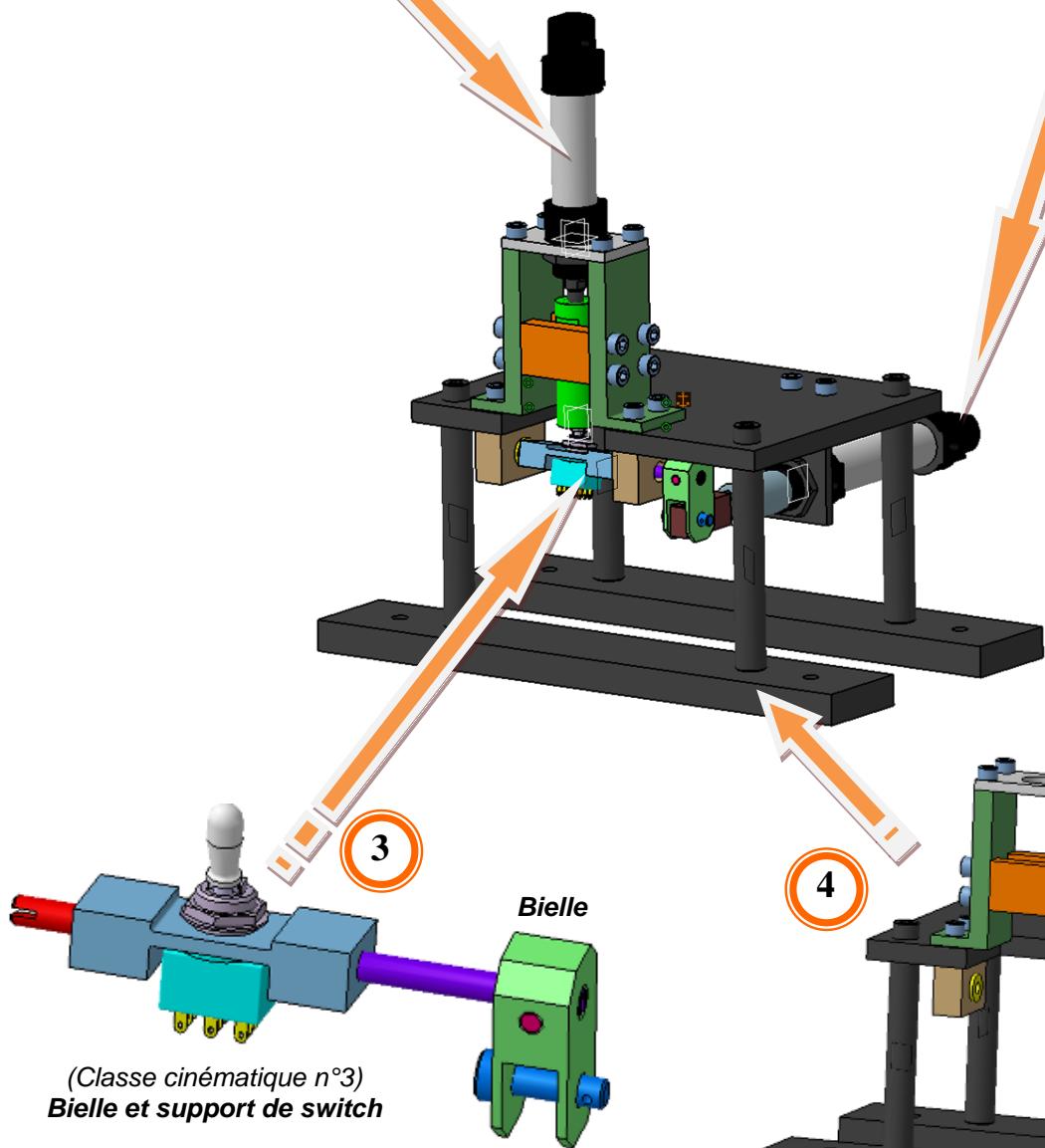
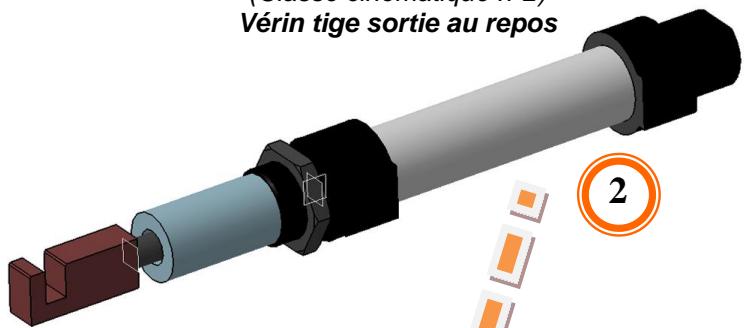
L'outillage conçu se compose principalement de quatre classes cinématiques (cf. photos ci-dessous) :

- La première permet de tirer sur le levier du switch lors de la rentrée de tige du vérin afin de passer l'ergo de sécurité (1)
- La seconde incite indirectement la rotation du switch lors de la rentrée de tige du vérin, sa fonction principale est de faire basculer la bielle verte (2)
- La troisième correspond à l'ensemble solidaire du switch qui suit le mouvement de rotation dicté par le modèle bielle-vilebrequin, il engendre la commutation du levier (3)
- L'ultime classe cinématique correspond bien évidemment au bâti supportant l'ensemble des éléments (4)

(Classe cinématique n°1)  
Vérin tige rentrée au repos



(Classe cinématique n°2)  
Vérin tige sortie au repos



(Classe cinématique n°3)  
**Bielle et support de switch**

(Classe cinématique n°4)  
**Bâti**

## 6.4 FONCTIONS PRINCIPALES

La fonction principale du banc d'essai sera de réaliser les mouvements nécessaires pour tester la durée de vie du switch. On notera que le mouvement se décompose selon deux degrés de libertés, dans un premier temps une translation du levier afin d'autoriser par la suite sa rotation permettant la commutation.

La fonction générale du test est de garantir la durée de vie du produit. Comme pour chaque demande d'essai, un rapport d'essai sera rédigé afin de rendre compte du déroulement du test et des conclusions retenues.

## 6.5 CONTRAINTES

### 6.5.1 Planning

Le banc d'essai doit être opérationnel pour la semaine 39.

### 6.5.2 Techniques

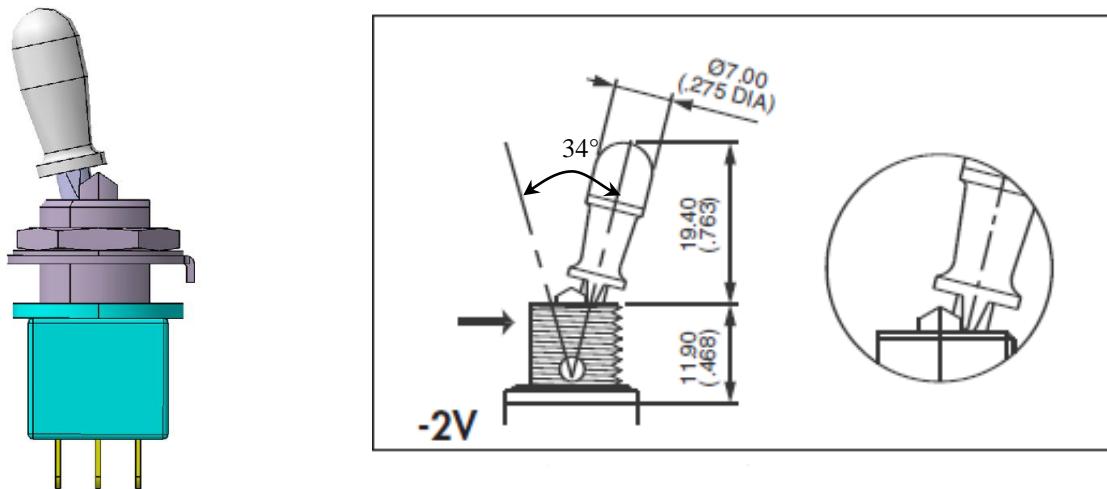


Figure 52 : Switch coupe moteur de la manette de gaz LJ85

- Afin de déverrouiller le levier, le vérin devra tirer sur ce dernier sans l'endommager
- Le levier devra parcourir la totalité de sa course dans la mesure du possible, c'est-à-dire se rapprocher au maximum des 34° et éviter d'aller au-delà afin de ne pas fausser les résultats (un excès de course impliquerait des dégâts anticipés).

## 6.6 REALISATIONS ET RESULTATS

### 6.6.1 Modèles CAO

L'ensemble des pièces représentées §5.3.2 ont été conçues durant ma mission. Le détail de chacune ne sera pas présenté puisqu'elles sont au nombre de vingt et que les modélisations sont ordinaires. Ce banc d'essai respecte les règles de conception classiques néanmoins il est intéressant de s'attarder sur sa cinématique et les conditions géométriques à respecter pour assurer un bon fonctionnement.

On a vu précédemment que le switch a besoin d'être déverrouillé pour pouvoir commuter. Pour ce faire, il faut venir exercer un effort vertical orienté vers le haut. Néanmoins, il faut prendre soin de ne pas venir solliciter le levier au-delà des courses dont il est capable, dans le cas contraire l'essai serait entièrement faussé par une usure prématûrée du produit. Pour cela deux méplats seront usinés sur le profilé afin de limiter la course autorisée.

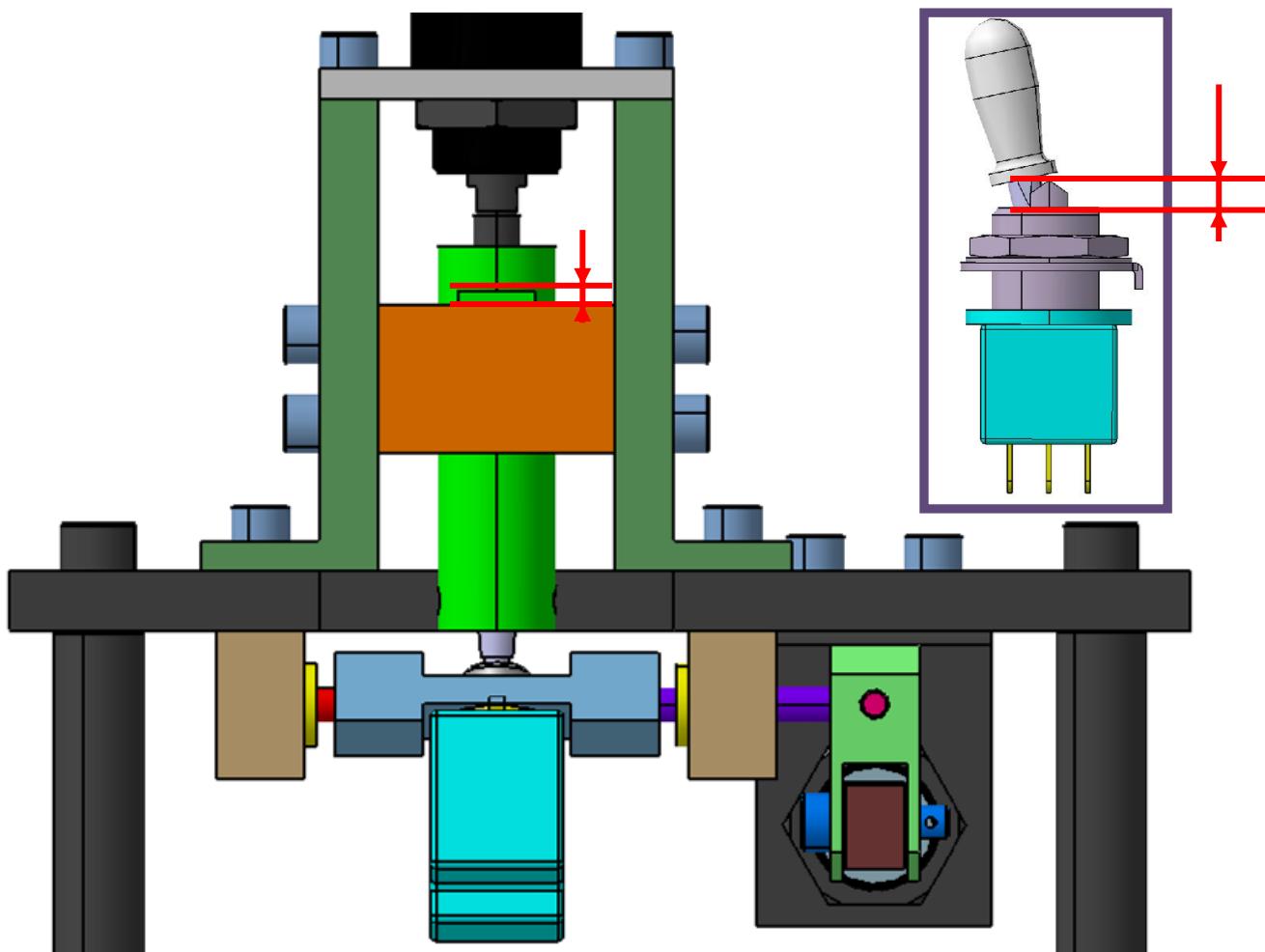
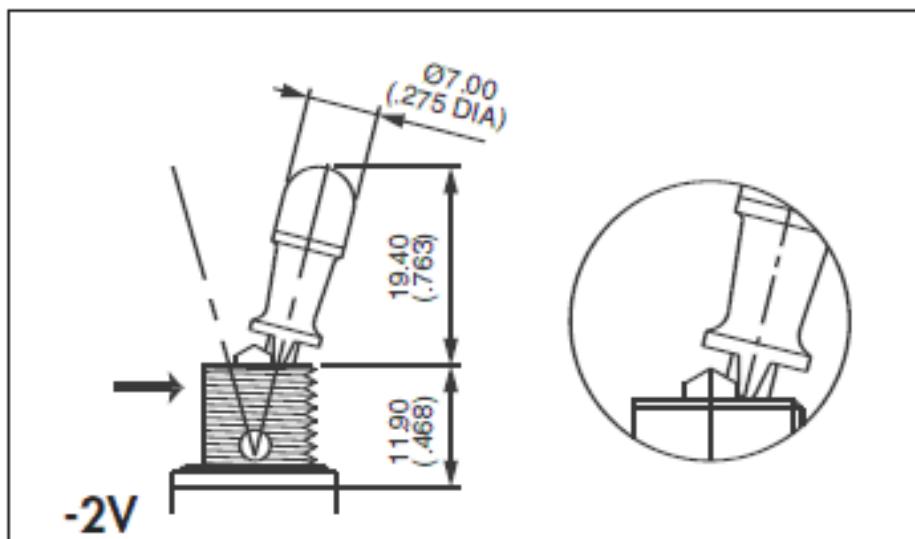


Figure 53 : Système de verrouillage du switch

Le deuxième degré de liberté à contrôler correspond à l'angle de commutation du switch. Comme pour la phase de déverrouillage il est important de contrôler l'angle de rotation. Un angle inférieur à la valeur nominale ne rendrait pas le test optimal tandis qu'un excès de déplacement dégraderait une nouvelle fois le matériel. Dans le cas d'un essai de qualification, une sollicitation surdimensionnée ne serait pas dramatique elle assurerait le bon fonctionnement du produit soumis à une sollicitation de niveau moindre, or ici c'est un essai de fatigue soit des milliers voir des millions de cycles, il est donc important de se rapprocher au maximum des conditions de fonctionnement sans les excéder.



La maîtrise de ce phénomène passe par la définition de la course nécessaire lors de la rentrée de tige du vérin 2. Pour cela il y a une entretoise dont la longueur a été judicieusement évaluée en fonction de l'angle à parcourir ( $34^\circ$  dans notre cas à tester). Effectivement à partir du bras de levier et de l'angle souhaité on peut définir la course nécessaire à la tige du vérin.

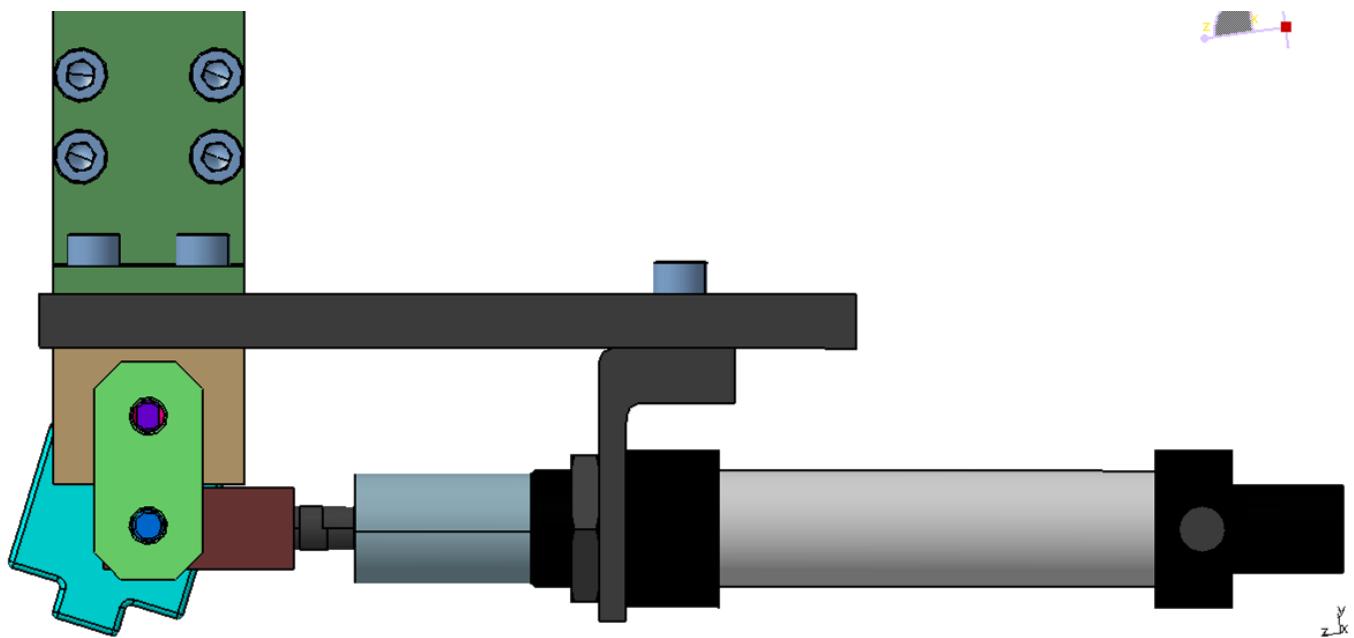


Figure 54 : Détail n°1 du banc d'essai

Néanmoins, avant de s'intéresser au dimensionnement il est important de comprendre comment fonctionne la liaison au niveau de la bielle. Comme on peut le voir sur l'image qui suit, sur l'extrémité de la tige du vérin on viendra visser une pièce dans laquelle est usinée une rainure. Un pion en liaison pivot avec la bielle viendra lors de la rentrée de tige monter dans la rainure pour autoriser la rotation du switch.

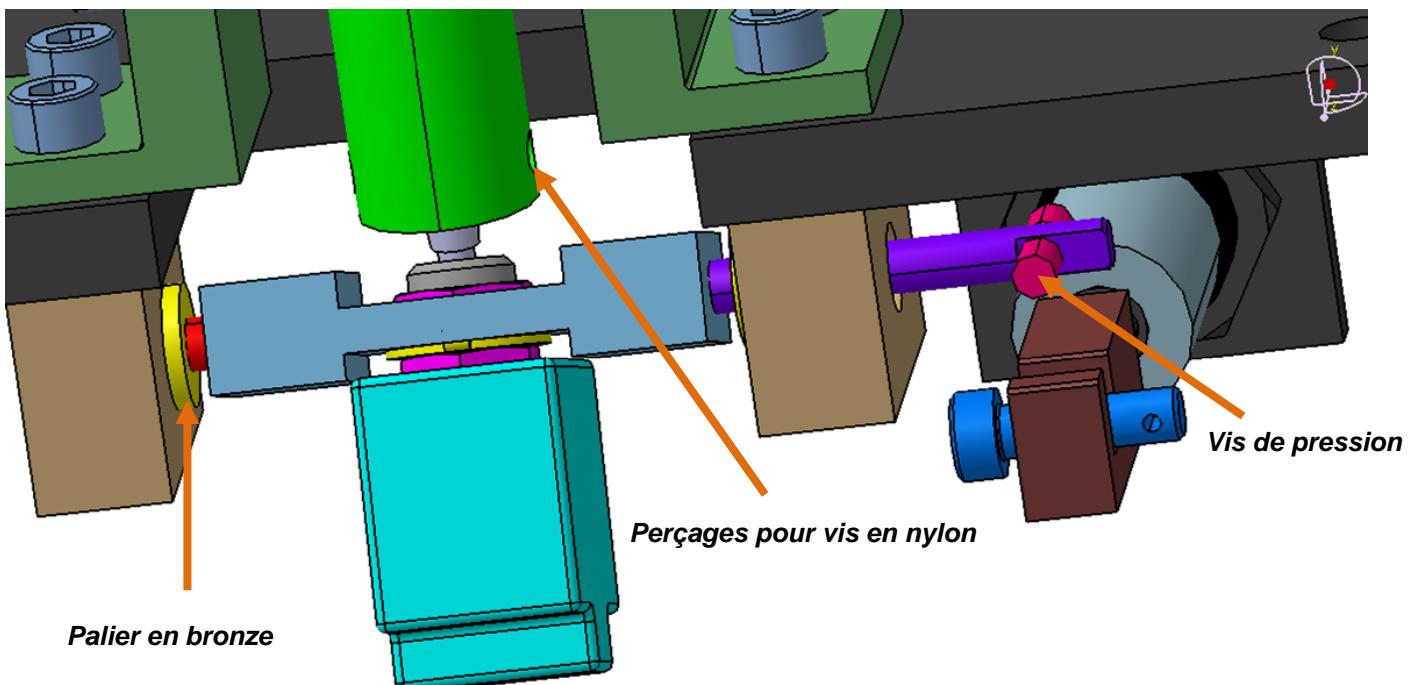


Figure 55 : Détail n°2 du banc d'essai

Afin d'évaluer la course optimale du vérin il faut s'intéresser à la cinématique de la bielle.

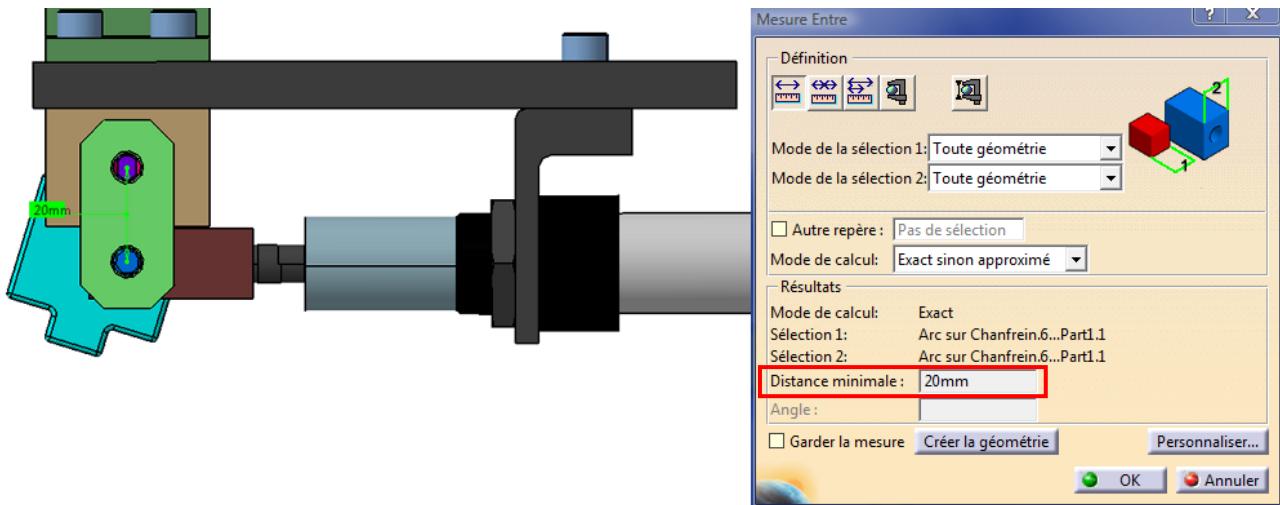


Figure 56 : Bras de levier de la bielle

L'image ci-dessus montre que l'entraxe de la bielle est de 20 mm, de plus on sait que sa trajectoire de fonctionnement correspond à un cercle de centre O et de rayon R égal à son entraxe (distance entre les deux pions) puisqu'elle est en liaison pivot. A partir de ces caractéristiques on peut représenter la cinématique graphique du problème, cf. photos ci-après.

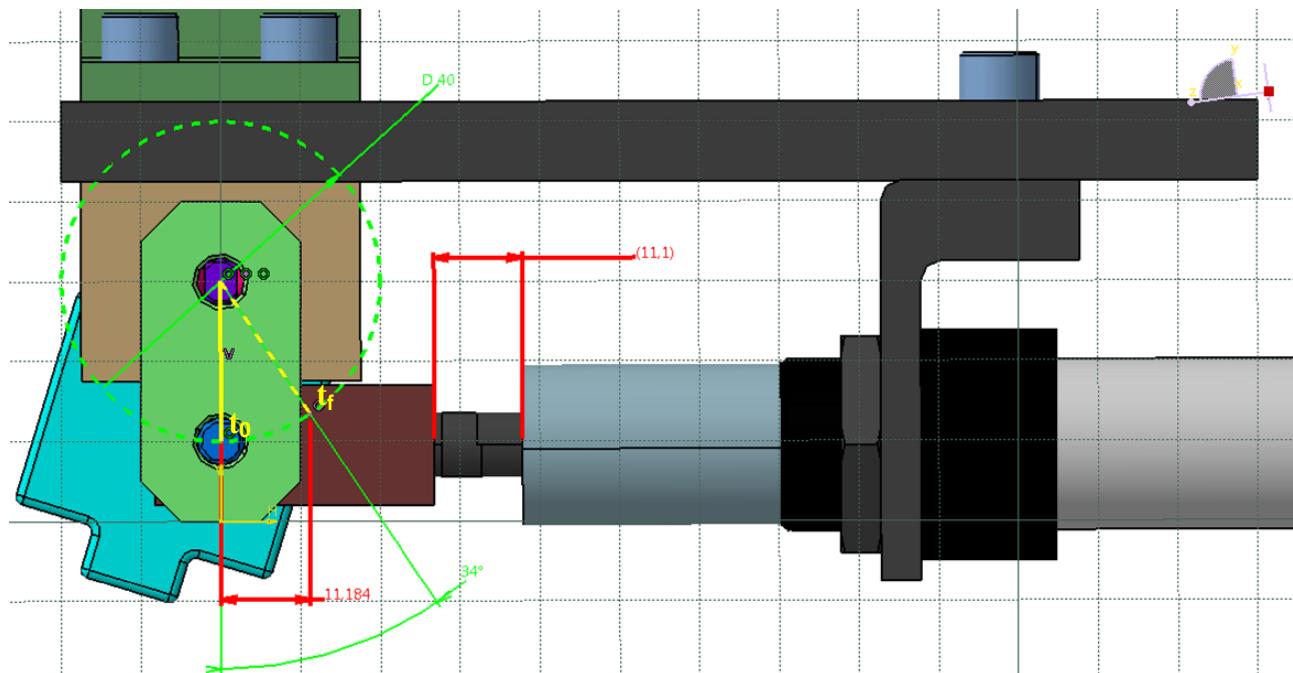
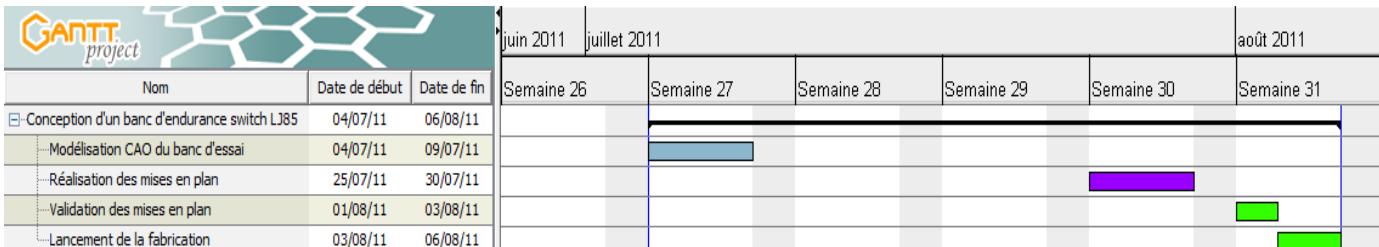


Figure 57 : Cinématique graphique du fonctionnement de la bielle

De ce fait, on représente en premier lieu la trajectoire de la bielle (rayon de 20 mm centré sur l'axe de la liaison pivot). De plus, on met en évidence la position initiale ( $t_0$ ) et la position finale ( $t_f$ ) après la course angulaire de  $34^\circ$ . Ayant nos deux positions on peut maintenant mesurer la distance linéaire parcourue (voie côte en rouge), cette dernière correspond à la course nécessaire à la tige de notre vérin afin que le switch puisse commuter. On peut remarquer qu'elle a bien été reproduite et quelque peu modifiée (11,1 mm au lieu de 11,184 mm), le banc avoisinera donc les conditions de travail réelles tout en évitant une sollicitation angulaire excessive.

## 6.7 GESTION DU PROJET

### 6.7.1 Planning



### 6.7.2 Acteurs

Les acteurs principaux du projet sont M. BESSIÈRES toujours présent pour m'aiguiller dans mes choix de conception ainsi que pour valider l'ultime solution et M. FARGEAUDOUX, ingénieur d'essais et responsable du projet, il aura la charge de sanctionner l'étude menée.

### 6.7.3 Outils

Afin de réaliser les mouvements nécessaires, deux vérins m'ont été fournis lors du lancement du projet. De plus, dans l'objectif de respecter au mieux les géométries et contraintes du composant à tester, un switch était à ma disposition, j'ai ainsi pu récupérer l'ensemble des « datasheets ».

L'ensemble des modèles 3D et mises en plan ont été conçus à partir de Catia V5.

### 6.7.4 Problèmes rencontrés

La totalité de la conception s'est déroulée dans de bonnes conditions, aucun problème majeur ne s'est révélé. On peut simplement regretter le manque de temps disponible des responsables de projet, qui a engendré un important délai entre la fin des mises en plan et la validation qui a retardé le lancement de la fabrication du banc.

## 6.8 CONCLUSION

### 6.8.1 Avancement du projet

Actuellement, le banc est en cours de production à l'atelier prototypage de RATIER-FIGEAC.

### 6.8.2 Perspectives d'évolution

Le banc d'essai étant en cours de production, il est donc difficile d'affirmer avec certitude qu'il répondra en bonne et due forme à la demande d'essai. Si lors de son montage ou de sa mise en service il s'avère qu'il y ait des anomalies, alors une action de mise à jour des vues 3D et des mises en plan sera à envisager avant de relancer l'atelier prototypage pour d'éventuelles retouches.

### 6.8.3 Bilan personnel

Au cours de ce projet j'ai particulièrement apprécié la partie cinématique du problème, la gestion des degrés de liberté et les contraintes dimensionnelles. Il aurait été intéressant de participer au montage du banc pour vérifier par soi-même le bon fonctionnement du système. Cependant la phase de production des pièces a été retardée par le manque de personnel dû aux congés estivaux. Ce dernier paramètre ne devra pas être négligé lorsque je serai dans la vie active, il est préférable de finaliser les projets communs en amont des périodes de congés.

## 7 AUTRES MISSIONS

En plus de mes missions principales, j'ai eu la chance de participer à différentes demandes d'essais qui m'ont permises de côtoyer tous les métiers présents au sein du laboratoire. J'ai donc pu découvrir à plusieurs reprises le temps d'une journée le quotidien d'un technicien d'essais avec qui j'ai participé au montage d'un essai de vibration mais aussi à un essai de traction de pale A400M. L'ensemble de ces missions m'ont données l'opportunité de rencontrer de nouvelles personnes ainsi que de découvrir des produits à la pointe de la technologie aéronautique.

### 7.1 MONTAGE SPINNER A400M



Figure 58 : Essai de vibration du spinner de l'A400M

#### 7.1.1 Objectifs :

Un spinner, est une pièce placée sur l'avant de l'hélice et recouvrant le moyeu. Sa fonction principale est d'améliorer l'écoulement d'air afin d'obtenir un aérodynamisme optimal, elle permet aussi de protéger la partie mécanique des projectiles (glace, pierres, oiseaux, etc.)

Le spinner sera testé en vibration afin de déterminer les premiers modes propres de la structure. L'acquisition des premières fréquences de résonnance permet de définir les limites vibratoires de la pièce et de vérifier que ses conditions de travail réelles n'engendrent pas de dégât matériel.

Pour réaliser le test, on utilise un pot vibrant permettant au moyen de la force de Laplace (résultante du courant traversant une bobine placée dans un champ magnétique) d'exciter la structure en vibration. Une baie d'acquisition permettra de récupérer les données mesurées par les accéléromètres et les jauge de déformation placés sur le spinner.

### 7.1.2 Réalisations :

Cette mission m'a permis de découvrir à la fois un nouveau métier et un nouveau produit. Effectivement, le fait de passer deux journées avec un technicien essais m'a permis de découvrir ses activités et compétences. Avec l'aide de ce dernier j'ai donc découvert l'architecture d'un *spinner*, mais aussi le fonctionnement d'un pot vibrant. De plus, nous avons pu placer ensemble les jauge extensométriques et les accéléromètres aux points stratégiques de la structure afin d'extraire les caractéristiques souhaitées.

## 7.2 ESSAI DE TRACTION PALE A400M



Figure 59 : Essai de rupture en traction de la pale de l'A400M

### 7.2.1 Objectifs :

L'essai a pour objectif de certifier la pale du nouvel avion de transport militaire A400M de la société Airbus. Pendant la phase de vol, le mouvement de rotation de l'hélice occasionne par le biais de la force centrifuge une sollicitation en traction de la pale.

Le test s'est déroulé sur une tour équipée d'un vérin, qui lui-même est asservi d'un groupe hydraulique délivrant une pression capable d'exercer un effort maximal en traction de 1 400KN (140 tonnes).

Le suivi de l'évolution du comportement de la pale, en particulier les déplacements relatifs, a été assuré par l'instrumentation de jauge de déformation à des points stratégiques, ainsi que des cibles visées à distance avec une lunette appropriée.

La qualification du produit est définie suivant trois étapes importantes. Le premier palier correspond à l'effort centrifuge maximal, soit la phase où la vitesse de rotation est optimale puisque la masse reste constante, 35577 daN (35,577 tonnes). Le deuxième correspond au palier de qualification, en effet les normes exigent une résistance en traction égale à deux fois la force centrifuge, soit approximativement 71555 daN (71,555 tonnes). Enfin, l'ultime palier définira la limite à la rupture de la pale.

### 7.2.2 Réalisations :

Au cours de l'essai j'ai réalisé les tâches suivantes :

- Montage de la pale sur son outillage
- Montage de l'outillage sur le banc d'essai
- Câblage des jauge de déformation au conditionneur
- Etalonnage des jauge de déformation (réglage du gain et équilibrage du pont de Wheatstone)
- Mesure et relevé des déformations relatives pendant toute la période d'essai
- Traçage des courbes représentant les déplacements relatifs
- Démontage de l'outillage d'essai

## 8 AVANCEMENT DU STAGE

	semaines																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Etude de faisabilité d'un banc d'essai universel	●	●	●					●	●									
Conception d'un outillage d'essai pour des amortisseurs				●	●	●	●	●				●	●					
Conception d'un banc d'endurance pour un switch										●	●			●	●			
Suivi des essais														●	●	●	●	●
Rédaction rapport de stage et présentation powerpoint							●	●			●			●	●	●	●	●

Le planning présenté ci-dessus décrit de façon très globale la manière dont s'est échelonné l'ensemble des missions qui m'ont été attribuées. Au cours de ces quatre mois j'ai pu rendre plusieurs services aux employés du laboratoire, ces derniers ne sont pas détaillés. Néanmoins, il est intéressant de constater la nécessité de toujours revenir sur un projet en parallèle d'un autre. On remarque aussi qu'il faut attendre environ 5 à 6 semaines à compter de la demande d'essai pour voir le banc opérationnel.

## 9 BILAN DU STAGE

### 9.1 SCIENCES & TECHNIQUES

La conception de bancs d'essais a été une excellente opportunité de mettre en application mes compétences en conception mécanique et numérique 3D, notamment sur le logiciel CATIA V5. Cependant, ce fut aussi l'occasion de confronter la réalité d'un produit fini et de son modèle virtuel. Un bon concepteur doit pouvoir se positionner du côté de l'opérateur machine afin de lui faciliter la tâche et de minimiser à la fois les erreurs de production et les dispersions d'usinage. J'ai ainsi remarqué qu'au final les notions acquises à l'école méritaient d'être approfondies, on se rend vite compte que c'est l'expérience qui prime, les erreurs font entièrement parties de la formation mais doivent être bannies au cours du temps.

De plus le développement de bancs d'essais a deux aspects qui sont aussi valorisants l'un que l'autre : l'objectif étant de répondre à un besoin qui est en corrélation directe avec un produit à tester, c'est donc l'occasion de découvrir et de s'imprégner de la technologie dont il dispose. En plus de l'aspect purement technologique, c'est la possibilité de laisser libre recours à son imagination en prenant en compte l'ensemble des contraintes (techniques, matérielles, opérationnelles, financières...).

Sans aucun doute, le dernier point à mettre en valeur est la pluridisciplinarité présente au sein du laboratoire d'essais. En effet, la réalisation d'un essai requiert des compétences en mécanique, électronique, hydraulique, sciences et résistance des matériaux, mesures, etc. Mais il ne faut pas négliger le côté pratique présent à chaque mission, la partie étude est souvent suivie d'une opération manuelle (câblage de la baie d'acquisition des données, montage du produit à tester ou d'un nouveau banc, réglage du banc, etc.). Le fait de changer régulièrement d'activité et de collaborateur évite toute forme de redondance et rend le métier plus attractif. Néanmoins, certaines personnes peuvent être réticentes à cette méthode de travail qui permet très peu d'habitudes.

## **9.2 HUMAIN**

L'appréciation humaine du métier d'ingénieur d'essais rejoint étroitement son aspect technique. Comme souligné précédemment, le quotidien d'un tel métier emmène à travailler sur des produits multi-technologiques et donc à interagir avec l'ensemble des départements composants la société et par conséquent tous les corps de métier. C'est donc un échange de savoir-faire et de savoir-être qui s'instaure lors des différentes rencontres. Il est extrêmement important de tirer bénéfice des compétences d'autrui afin d'améliorer la qualité et la rentabilité d'un produit ou d'un projet sans oublier de restituer d'une quelconque manière l'aide apportée.

En terme de responsabilité, l'ingénieur d'essais est dans le cas d'une demande d'essai chargé de rédiger le rapport d'essai et de suivre le bon déroulement du test en suivant les consignes établies par le demandeur d'essai. Ce dernier peut être un chef de projet BE dans le cadre de la qualification d'un nouveau produit RATIER-FIGEAC ou une personne extérieure pour un quelconque produit développé extra-muros. Dans chacune de ces deux situations, c'est le demandeur d'essai qui aura l'entièvre responsabilité du projet.

Cependant l'ingénieur d'essais est régulièrement responsable du développement de nouveaux bancs d'essais, il doit alors rédiger le CdC ainsi que l'ensemble des documents contractuels à fournir au sous-traitant, à savoir qu'en général la conception et la fabrication des bancs d'essais est sous-traitée, seul les outillages sont produits en interne.

## **9.3 APPRECIATION PERSONNELLE**

Au final, le stage de seconde année du cycle ingénieur ESTIA a été pour ma part à la fois enrichissant et formateur. Ayant déjà effectué deux stages en entreprise, l'un dans le domaine de la conception mécanique et l'autre dans le calcul de bâtiments industriels, ma période au sein de RATIER-FIGEAC est venue compléter mes deux premières expériences tout en élargissant le panel des compétences mises en œuvre, de plus dans un tout autre secteur d'activité pour le moins passionnant, l'aéronautique. J'ai ainsi accru mes connaissances générales des aéronefs, en particulier les équipements de cockpit. Durant ces quatre mois j'ai pu côtoyer des produits de haute-technologie soumis à des normes draconiennes. J'ai ainsi découvert un métier bien spécifique qui demande une culture technique très diversifiée et des qualités d'adaptabilité prononcées.

Néanmoins, bien que cette mission compte bon nombre de points positifs, je regrette ne pas avoir abordé des notions plus théoriques comme le calcul par éléments finis. Avant mon entrée je pensais travailler sur des projets faisant appel aux disciplines telles que la mécanique des milieux continus et la dynamique des structures, or aucune d'entre elles ne furent présente au cours de mes projets. Ayant depuis la fin de ma classe préparatoire aux grandes écoles la passion des structures complexes, j'ai à cœur de devenir ingénieur calcul spécialisé dans les éléments finis. Le DUT GMP spécialité Techniques Aérospatiales de l'université Paul SABATIER que j'ai pu suivre avait révélé en moi le début d'une passion pour le monde de l'aéronautique qui vient aujourd'hui à être confirmée par mon immersion au sein de la société RATIER-FIGEAC. L'ensemble des formations théoriques et professionnelles acquises à ce jour m'ont permises de définir une possible carrière en tant qu'ingénieur calcul spécialisé dans les cellules aéronautiques. L'année prochaine je participerai au Master of Science Computational & Software Techniques in Engineering option Computer Aided Engineering de l'université de Cranfield, qui j'espère sera sanctionné d'un succès et me permettra d'internationaliser ma carrière comme le souhaite les principaux acteurs de l'industrie aéronautique.

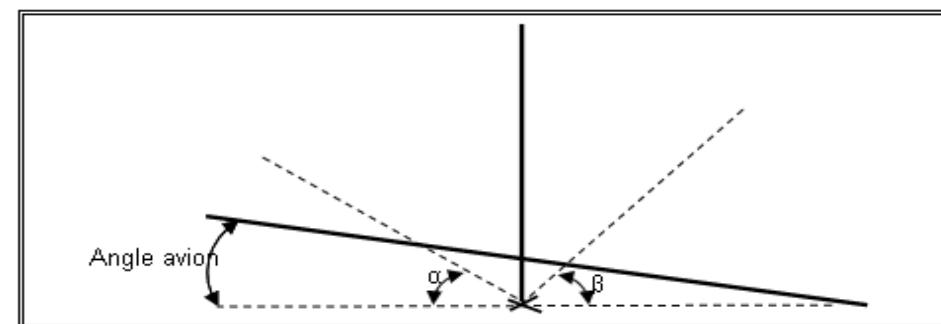
**ANNEXE A. CARACTERISTIQUES CINEMATIQUES DES MANETTES DE GAZ**  
**CARACTERISTIQUES CINEMATIQUES ET GEOMETRIQUES DES MANETTES DE GAZ**

Programme	Liste des PN	Rayon/CIR (mm)	Course (°)			Angle avion(°)	Distance Face/CIR (mm)
			totale	alpha	beta		
<b>CL300</b>	FE314	175	80	57,65	42,35	10,234	26,8
	FE331	165,1	48	62	70	0	63,5
<b>CL605</b>	FE341	252,4	70	70	40	5,58	37,33
	FE279	161,3	40	70	70	0	0
<b>DASH8-400</b>	FE280	218,4	100	45	35	0	0
	FE281	191	95	62	23	0	0
	FE282	178,08	67,5	30	82,5	0	0
	CRJ210	247,65	70	70	40	5,58	37,33
<b>CRJ700</b>	FE284	227,65	69	70	41	5,58	37,33
<b>Ancien FE210</b>	FE247	247,65	70	70	40	5,58	37,33
<b>A380</b>	FE370	213	54,55	56,95	68,5	0	2,8
<b>A400M</b>	FE383	250	65,8	61,85	52,35	0	42,84
<b>LJ85/200</b>	FE391	175	80	64,87	35,13	15	26,8
<b>GE</b>	FE269	164,5	46,67	63	70,33	0	63,5
<b>Extremums</b>	<b>Max</b>	<b>252,4</b>	<b>100</b>	<b>70</b>	<b>82,5</b>	<b>15</b>	<b>63,5</b>
	<b>Min</b>	<b>161,3</b>	<b>40</b>	<b>30</b>	<b>23</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	<b>Cas défavorable</b>	<b>252,4</b>	<b>127</b>	<b>30</b>	<b>23</b>	<b>15</b>	<b>63,5</b>

Liste des PN	Rayon/CIR	Course totale	alpha	beta	Angle/Face	Distance Face/CIR
FE284	227,65	69	70	41	5,58	37,33

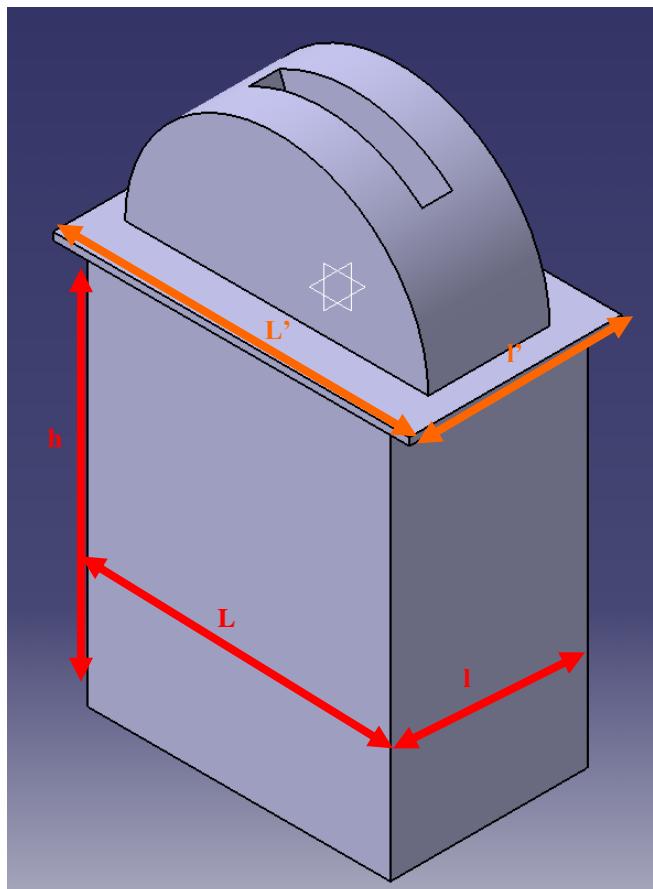
<b>BILAN:</b>	
Rayon/CIR (mm)	252,4
Course (°)	127
Angle/Face (°)	15
Distance Face/CIR (mm)	63,5

Conversion "in" en "mm"	
inches	1,055
mm	26,8



## ANNEXE B. ENCOMBREMENTS DES MANETTES DE GAZ

ENCOMBREMENTS CORPS MANETTES						
Nom	PN	L (mm)	I (mm)	h (mm)	L' (mm)	I' (mm)
CL300	FE314	200	120	227	210	130
	FE331	122	43,2	158	163,85	62,3
CL605	FE341	130	90	195	154,94	101,6
DASH8-400	FE279	250	64,2	100	260	64,2
	FE280	250	140	160	260	140
	FE281	250	86,5	150	260	91,5
	FE282	250	62	90	260	62
CRJ200	FE210	130	90	180	154,94	101,6
CRJ700	FE284	140	95	260	154,79	101,6
Ancien FE210	FE247	130	90	200	154,94	101,6
A380	FE370	200	130	260	235	140
A400M	FE383	270	130	260	279,5	140
LJ85/200	FE391	200	100	295	216	104
GE	FE269	150	40	160	205	45
<b>Extremums</b>	<b>Max</b>	<b>270</b>	<b>140</b>	<b>295</b>	<b>280</b>	<b>140</b>
	<b>Min</b>	<b>122</b>	<b>40</b>	<b>90</b>	<b>155</b>	<b>45</b>



### ANNEXE C. EQUILIBRAGE DE L'ENSEMBLE BRAS + PINCE + MASSELOTE

Masse de chaque élément

<b>CRJ700</b>	
	$m_i$
Ensemble	6,759
Pince	0,26
Poids	3,12
Total	10,14
<b>OG<sub>i</sub></b>	
x	-75,57
y	-108,318
z	-0,03
Portique	205,00
Pince	-249,60
Poids	235,00
	<b>-5</b>
<b>Projection m<sub>i</sub>OG<sub>i</sub>/Σm<sub>i</sub></b>	
x	-60,53
y	<b>-6,26</b>
z	<b>-0,24</b>
<b>Masse du poids</b>	
rho	7850
r	0,04
h	0,08
V perçage	4,62E-06
m	<b>3,12</b>

Position des centres de gravité

<b>A380</b>	
	$m_i$
Ensemble	6,759
Pince	0,16
Poids	3,12
Total	10,06
<b>OG<sub>i</sub></b>	
x	-75,57
y	-108,318
z	-0,03
Portique	269,998
Pince	-243,432
Poids	235,00
	<b>0</b>
<b>Projection m<sub>i</sub>OG<sub>i</sub>/Σm<sub>i</sub></b>	
x	-61,49
y	<b>-4,22</b>
z	<b>-0,02</b>
<b>Masse du poids</b>	
rho	7850
r	0,04
h	0,08
V perçage	4,62E-06
m	<b>3,12</b>

Position du centre de gravité de l'ensemble

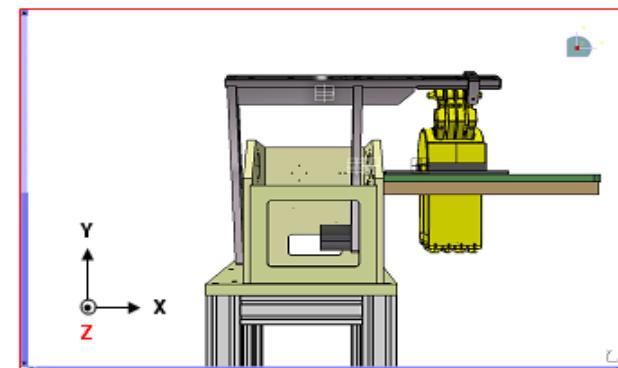
<b>A400M</b>	
	$m_i$
Ensemble	6,759
Pince	0,14
Poids	3,12
Total	10,02
<b>OG<sub>i</sub></b>	
x	-75,57
y	-108,318
z	-0,03
Portique	230
Pince	-255,15
Poids	235,00
	<b>0</b>
<b>Projection m<sub>i</sub>OG<sub>i</sub>/Σm<sub>i</sub></b>	
x	-63,25
y	<b>-3,52</b>
z	<b>0,51</b>
<b>Masse du poids</b>	
rho	7850
r	0,04
h	0,08
V perçage	4,62E-06
m	<b>3,12</b>

Masse du poids

<b>LJ85</b>	
	$m_i$
Ensemble	6,759
Pince	0,27
Poids	3,12
Total	10,15
<b>OG<sub>i</sub></b>	
x	-75,57
y	-108,318
z	-0,03
Portique	262,5
Pince	-220,511
Poids	235,00
	<b>0</b>
<b>Projection m<sub>i</sub>OG<sub>i</sub>/Σm<sub>i</sub></b>	
x	-58,74
y	<b>-5,73</b>
z	<b>-0,02</b>
<b>Masse du poids</b>	
rho	7850
r	0,04
h	0,08
V perçage	4,62E-06
m	<b>3,12</b>

<b>Mini-manche</b>	
	$m_i$
Ensemble	6,759
Pince	0,23
Poids	3,12
Total	10,11
<b>OG<sub>i</sub></b>	
x	-75,57
y	-108,318
z	-0,03
Portique	270
Pince	-198,578
Poids	235,00
	<b>0</b>
<b>Projection m<sub>i</sub>OG<sub>i</sub>/Σm<sub>i</sub></b>	
x	-59,85
y	<b>-4,38</b>
z	<b>0,23</b>
<b>Masse du poids</b>	
rho	7850
r	0,04
h	0,08
V perçage	4,62E-06
m	<b>3,12</b>

Position du centre de gravité du poids  
(0 = dans le plan Oxy de la rainure)



Chacun des tableaux permet de calculer la position dans l'espace du centre de gravité du bras. Pour équilibrer statiquement le bras on recherche à avoir les composantes Y et Z nulles. Pour cela on joue sur la position du centre de gravité du poids en le faisant translater dans sa rainure.

ANNEXE D. DEMANDE D'ESSAI AMORTISSEURS AIRBUS

**CONFIDENTIEL**

<b>NOM :</b> PINQUIE	<b>Entreprise :</b> RATIER-FIGEAC Avenue RATIER 46100 FIGEAC	<b>Début :</b> 02 mai 2011 <b>Fin :</b> 02 septembre 2011
<b>Prénom :</b> Romain <b>Date :</b> 23/08/2011		
<b>Maîtres de stage :</b> M. Philippe BAILLY M. Christophe LACARRIERE		
<b>Tuteur pédagogique :</b> M. Olivier PATROUX		
<b>OBJET DE L'ETUDE :</b>  Essais de développement et de qualification.		
<b>RESUME :</b>  Dans le cadre de la deuxième année du cycle ingénieur ESTIA j'ai effectué mon stage au sein de la société RATIER-FIGEAC membre du groupe américain HAMILTON-SUNDSTRAND.  La filiale RATIER-FIGEAC est un des leaders mondiaux dans la conception et la production des hélices à pales composite et des équipements de cockpit. La société assure aussi le développement d'actionneurs, la sous-traitance de pièces usinées et la maintenance des produits livrés.  Mon stage s'est déroulé au sein du laboratoire d'essais, département dans lequel RATIER-FIGEAC assure la totalité des essais de qualification et d'endurance des produits développés intra-muros.  Au cours de ces quatre mois, j'ai eu l'opportunité de concevoir des outillages et bancs d'essais à l'aide du logiciel de CAO CATIA V5, ainsi que de participer à la préparation de plusieurs essais. De plus j'ai pu assurer la mise en œuvre et le suivi de certains d'entre eux.  Ce stage m'a permis de découvrir différents aspects du travail d'ingénieur essais et du monde de l'aéronautique :  <ul style="list-style-type: none"><li>- Fonctionnement global d'une entreprise de taille conséquente (1000 salariés)</li><li>- Technologie présente dans les équipements de cockpit (manettes de gaz et mini-manches)</li><li>- Derniers produits qui seront mis sur le marché (spinner et pale de l'A400M, mini-manche nouvelle génération commun aux programmes A320/330/340, A350XWB et A380)</li><li>- Mise en œuvre et suivi d'un essai de qualification et d'endurance</li><li>- Système de Gestion de Données Techniques (TeamCenter)</li></ul>		