

MATH0001 : COMMUNICATION GRAPHIQUE

Université de Liège - Faculté des sciences appliquées

Professeur : Éric Béchet

Assistants : Alex Bolyn

Benjamin Moreno

Projet-examen : Train d'atterrissage de Corsair

Cahier des charges

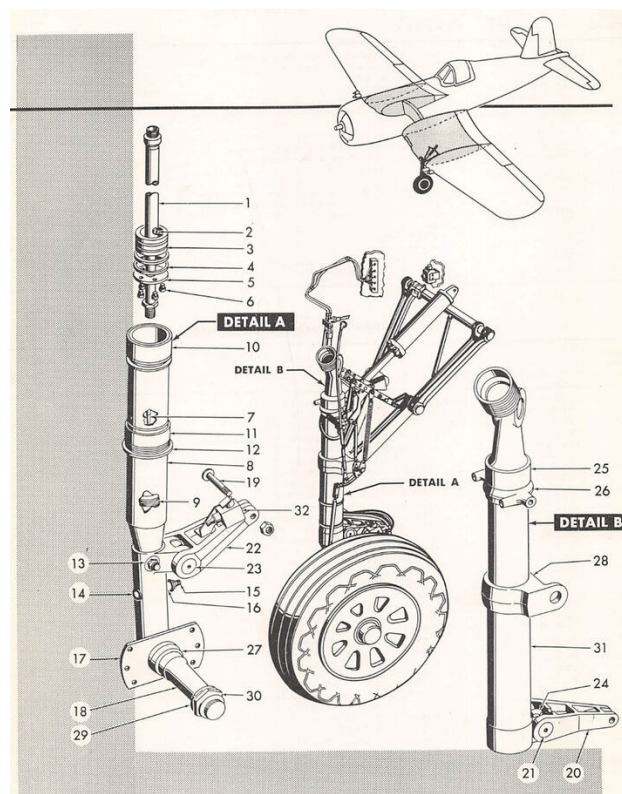
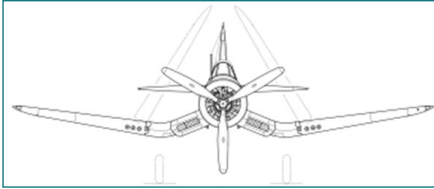


Table des matières

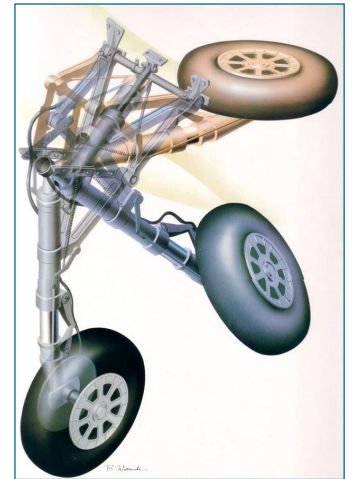
1. Introduction	3
2. Objectifs principaux	3
3. Délivrables	3
4. Réalisations de pièces	5
4.a. Pièces totalement définies	5
4.b. Pièce partiellement définie	5
4.c. Modèle paramétrique	5
5. Réalisation de l'assemblage	6
6. Simulation du mécanisme de rétractation	7
7. Plans à réaliser	7
8. Contenu du rapport	8

1. Introduction

Le Chance Vought F4U Corsair, dit "Corsair", est un avion fabriqué par l'entreprise Vought pour la US Navy qui a marqué la seconde guerre mondiale. Conçu à la fin des années 1930 dans le but de servir principalement en tant qu'appui aérien lors des batailles navales, cet avion a été pensé pour pouvoir être transporté sur des porte-avions. Il est équipé d'un moteur à double étoile de 18 cylindres (2000 chevaux). Ce sont ces objectifs qui ont donné au Corsair sa forme très reconnaissable, à savoir des ailes pliables en forme de W (aussi appelée "ailes de mouette inversée").



Le sujet du projet porte sur le train d'atterrissage du Corsair. Le train d'atterrissage du Corsair est rétractable pour améliorer son aérodynamisme en vol. Sa particularité réside dans le fait que la roue effectue un quart de tour pour se loger dans l'aile, comme illustré dans la représentation ci-contre. Ce mouvement est entièrement mécanique et est actionné par un vérin. La raison de ce mouvement particulier réside dans l'agencement des axes de rotation du système de support principal.



2. Objectifs principaux

L'objectif de ce projet est de modéliser un train d'atterrissage de Corsair à l'échelle 1/5 afin de simuler son mécanisme de rétractation (en vue de cet objectif, le train à réaliser est simplifié et les plans sont déjà à la bonne échelle). Le projet se divise en 5 grandes étapes :

1. Réalisation des pièces à partir des plans fournis (8 pièces).
2. Réalisation de l'assemblage du train (à partir des pièces réalisées et de pièces fournies) suivant le plan d'assemblage.
3. Réalisation d'une simulation cinématique du mécanisme de rétractation.
4. Mise en plan de certaines pièces fournies (3 plans)
5. Rédaction d'un rapport présentant les données et résultats du projet.

3. Délivrables

Pour rappel, le projet est personnel. Tous les projets seront passés au logiciel anti-copie afin de vérifier l'absence de plagiat. Cependant, rien ne vous empêche de vous entre-aider, pour autant que votre œuvre reste bien personnelle.

Fichiers à rendre :

Un seul fichier peut être déposé sur la page de dépôt (dont le lien est indiqué sur la page du cours dans la section concernant le projet). Vous devez donc fournir tous les fichiers de votre projet compressé dans un seul fichier *zip*.

Le nom de ce fichier *zip* sera votre matricule (exemple : "s123456.zip"). Veuillez organiser le fichier zip en trois dossier comme pour l'énoncé, à savoir :

- "Parts" : Ce dossier doit contenir toutes les pièces, les assemblages et simulations que vous avez créés avec NX (les fichiers *prt* et *sim*). Veuillez à ne stocker que les versions finales de vos pièces, et assurez-vous que leurs noms sont explicites et ne comportent pas de caractères spéciaux. Gardez à l'esprit que **dès qu'une pièce est ajoutée à un assemblage, son nom et emplacement ne peuvent plus être modifiés.**
- "Documents" : Ce dossier doit inclure tous les plans que vous avez créés et le rapport, tous au format PDF uniquement. Le rapport peut être conçu à l'aide du logiciel de votre choix (Word, LaTeX,...) et les résultats peuvent être représentés avec un logiciel de votre choix (Excel, Matlab, Python...). Cependant, nous ne pouvons accepter que des fichiers au format PDF, veuillez donc effectuer l'exportation correctement.
- "Other" : Ce dossier est destiné à stocker des annexes pour votre projet, comme des fichiers de données provenant de simulations ou d'autres éléments pertinents. Veuillez n'y inclure que des éléments que vous mentionnez dans le rapport, sinon, ils ne seront pas examinés. Si vous n'avez pas besoin de ce dossier, vous ne devez pas ajouter de dossier vide.

Votre projet (le fichier *zip*) est à rendre avant le **23 décembre 2023 à 23h59**. Tout retard ou non-respect des consignes engendrera un retrait de points proportionnel au retard ou à l'importance de la consigne en question.

Questions sur le projets :

N'hésitez pas à poser des questions lors des séances d'exercices, que ce soit avant ou après la séance, de manière à ne pas perturber son bon déroulement. Le **forum** est également disponible sur eCampus, dans la section discussion. Si vous avez des questions, le forum est votre premier ami. Nous sommes susceptibles d'y publier des conseils pour la réalisation du projet. Les questions envoyées par courriel n'obtiendront pas de réponse car nous préférons qu'elles soient sur le forum afin que tous les étudiants puissent profiter des conseils et astuces proposées par les différents encadrants du cours. Si nécessaire, la salle CAO peut être utilisée, un lien vers une page de réservation est disponible sur la page web du cours.

Conseils généraux sur le projet :

Enfin, deux conseils essentiels : tout d'abord, vous disposez de deux mois pour accomplir ce projet, et cela n'est pas sans raison. Attendre jusqu'à la dernière minute comporte le risque de réaliser un travail incomplet ou incorrect, en plus de sacrifier votre sommeil à l'approche de la période de blocus et du réveillon. Commencez le travail assez tôt, afin de pouvoir poser toutes vos questions.

Ensuite, vérifiez une dernière fois que tout est en ordre avant de soumettre votre travail. Extrayez le fichier *zip* que vous comptez soumettre et vérifiez que vous trouvez directement les dossiers mentionnés en haut avec tous les fichiers qui peuvent être ouvertes sur NX directement (nous n'allons pas commencer à vérifier et modifier les emplacements des fichiers).

4. Réalisation de pièces

Dans le répertoire "Documents" du fichier *zip* de l'énoncé se trouvent les plans des pièces à réaliser.

4.a. Pièces totalement définies

Sur les 7 plans donnés, 6 sont complets : il vous est demandé de les modéliser fidèlement sur NX, en respectant les directives enseignées durant l'année. Vous devez également affecter un matériau à chaque pièce comme indiqué dans le cartouche. Les matériaux indiqués dans les plans sont volontairement généraux, vous êtes libres de choisir la variante que vous souhaitez dans le catalogue du logiciel (faites cependant attention à ne pas laisser la pièce en mode *Studio*).

Dans cette partie, votre capacité à interpréter les plans et à créer les modèles dans NX sera évaluée. Il existe plusieurs approches pour réaliser un modèle CAO, et les méthodes que vous choisirez ne seront pas prises en compte dans l'évaluation (à condition qu'elles restent un minimum logiques).

Les pièces que vous devez réaliser depuis les plans complets sont :

- Amortisseur
- Axe de l'amortisseur
- Support arrière (gauche)
- Axe pivot arrière
- Pivot amortisseur - fourches
- Jambe

4.b. Pièce partiellement définie

Pour le plan partiellement défini ("bielle supérieure"), vous devez respecter les indications du plan et vous êtes libres de compléter la pièce comme vous le souhaitez quand les indications sont manquantes. Il faut cependant penser que la pièce que vous réaliserez peut être mise en plan et être produite.

Une section vous est suggérée pour la partie manquante. Celle-ci est issue des vrais plans et sa forme particulière (en "H") est due à une étude de résistance mécanique (tout en voulant minimiser le poids de l'avion) et aux procédés de fabrication (la pièce est moulée, il y a donc des dépouilles, des arrondis et des congés de raccordement). Pour vous donner une idée, vous pouvez regarder la pièce "fourche double". Cette pièce, et donc sa section, est très similaire à la bielle supérieure.

4.c. Modèle paramétrique

Dans le plan du support arrière, vous pouvez voir des astérisques sur les cotes. Ce sont des paramètres de design (c'est-à-dire que ce sont les cotes principales pour le design et non la conception de la pièce), elles doivent donc être considérées comme les paramètres principaux du modèle CAO.

Il vous est demandé de réaliser la pièce de manière paramétrique, en prenant en compte que les valeurs indiquées par ces cotes sont susceptibles de changer. Pour ce modèle, l'évaluation portera sur l'adaptation de votre modèle en plus de sa réalisation. Pour que nous puissions plus facilement comprendre votre modèle, nous vous demandons de nommer les paramètres de la même manière que sur le plan (et le tableau à la page suivante).

Afin de vous aider dans la réalisation, le tableau de la page suivante indique les plages de valeurs pour chacun des paramètres de design. Il faut cependant noter qu'il s'agit de plages individuelles. Il se peut que certaines combinaisons de valeurs dépassent les limites de votre modèle.

Puisque les deux supports de l'axe arrière sont similaires, un seul plan vous a été fourni. Vous devez

Paramètre	Plage de valeur [mm]	Support gauche [mm]	Support droit [mm]
ae	4 - 6	4,5	4,5
ax	22 - 27	25,5	$tx + 5 + M1 / 2$
az	14 - 20	16	16
e	2 - 6	5	5
n	2 - 3	3	3
tx	13 - 18	17,5	$13 + M2 / 2$
ty	11,5 - 25	14,5	$11,5 + M3$

réaliser le support de droite en modifiant les paramètres du support gauche (les cotes sur le plan concerne le support gauche) avec les valeurs indiquées dans le tableau. Attention, sauvegardez les deux supports sous deux fichiers *prt* différents (nommez les pièces de la manière suivante : "support_arriere_droit" et "support_arriere_gauche"). Pour les valeurs du support de droite, les paramètres M1, M2 et M3 sont respectivement le dernier, l'avant-dernier et l'antépénultième chiffre de votre matricule étudiant (exemple : s123456 donnera M1=6, M2=5, M3=4).

5. Réalisation de l'assemblage

Afin de réaliser la simulation du mouvement de rétraction, il est nécessaire de réaliser l'assemblage du train complet. Le fichier "train.prt" que vous avez reçu contient déjà le début de l'assemblage (disponible dans le dossier "Parts" avec toutes les autres pièces nécessaires). Les positions de deux supports ont été déterminées par la forme de l'aile et fixées dans l'assemblage. En plus de cela, l'assemblage contient déjà le système de vérin.

Pour réaliser cet assemblage, conformez vous aux plans d'assemblage mis à votre disposition dans les fichiers du projet. Les pièces de l'assemblage sont soit données avec l'énoncé du projet (sous format STEP214 disponibles dans le dossier "Other"), soit vous devez les réaliser à partir des plans donnés (voir point 4).

Sur le plan d'assemblage figurent des boulons qui ne sont pas nécessaires pour la simulation et donc pas nécessaires pour votre assemblage (ils ne servent dans le plan d'assemblage qu'à mieux visualiser).

Avant de passer à la phase de simulation, vérifiez que toutes les positions sont correctement déterminées (c'est normal si vous ne pouvez pas vérifier tout le mouvement de rétraction avec la fonction *Move Component* une fois que vous avez ajouté toutes les contraintes d'assemblages).

Conseil pour la réalisation :

Suivez bien le plan d'assemblage :

- L'amortisseur doit être vertical,
- La fourche double et les bielles supérieures sont alignées,
- Les trois supports arrières s'appuient tous sur le même plan (ils sont coplanaires).

Le respect de ces trois conditions assure la bonne position de toutes les pièces. Une fois l'assemblage terminé, vous pouvez fixer les positions des supports arrières.

6. Simulation du mécanisme de rétractation

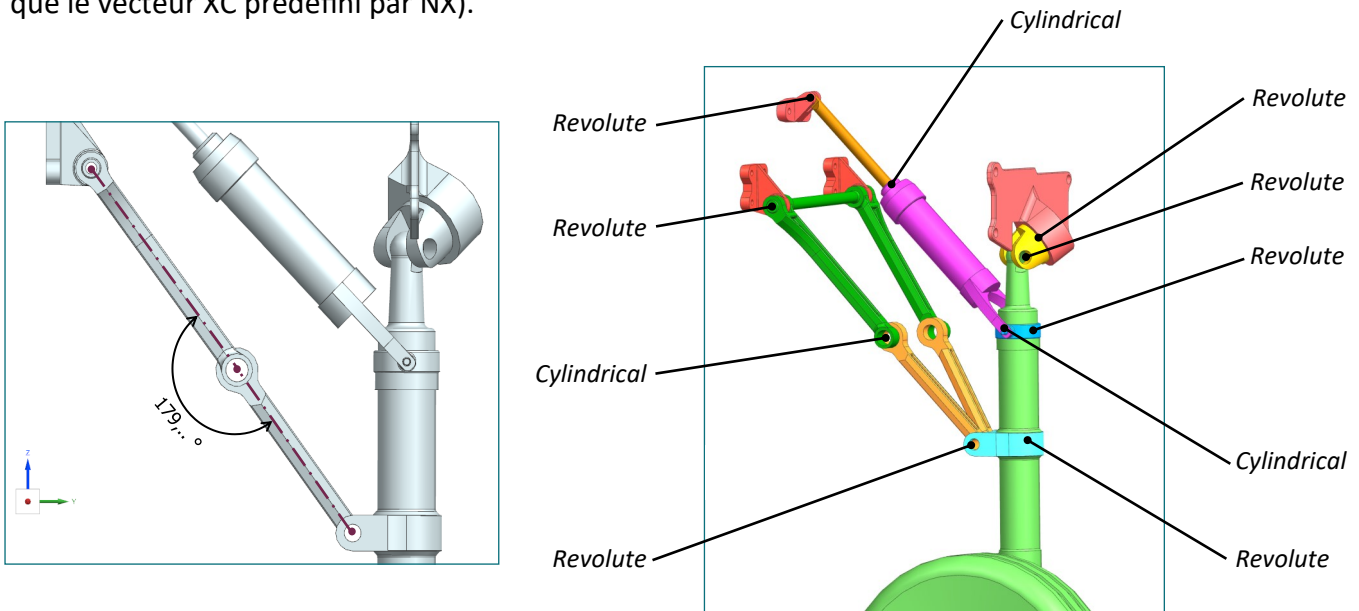
Comme mentionné en cours, la simulation de mécanismes est un domaine spécifique des sciences appliquées. Voici les lignes directrices pour obtenir le mouvement correct de rétraction du train d'atterrissage.

Ajustement du fichier d'assemblage :

Lorsque l'assemblage est terminé et avant de créer les fichiers de simulation, faites en sorte que les fourches ne soient pas complètement alignées dans le fichier d'assemblage. Imposez que l'angle formé par les fourches (double fourche et bielle supérieure) soient strictement inférieur à 180° (entre 179° et 180°). Si nécessaire, supprimez les contraintes d'assemblage qui empêcheraient cette position. Si vous gardez un angle de 180° , la simulation ne fonctionnera pas (pour des raisons qui dépassent la matière de ce cours). L'image ci-dessous à gauche illustre le propos.

Choix des *Motion Bodies* et des joints cinématiques :

Pour les joints cinématiques, nous vous demandons de bien vous fier au schéma ci-dessous à droite : chaque couleur de pièce correspond à un corps, nous avons donc 11 *Motion Body*, dont 3 sont fixes en rouge (car les supports arrière gauche et droit sont un seul *motion body*). Pour chacun des joints, veuillez à bien définir le vecteur d'orientation par rapport à un des *Motion Bodies* (et non les vecteurs de base tel que le vecteur XC prédéfini par NX).



Pour créer le mouvement de rentrée, imposez un mouvement polynomial sur le joint cylindrique du vérin avec une vitesse de translation constante de 2.7 mm/s (attention, en fonction du vecteur de référence que vous avez choisi pour le joint, cette vitesse peut être négative). Faites une simulation cinématique de 0 à 20 s avec un pas de temps de 0.01s. Des données sont à extraire pour le rapport (cf. point 8).

7. Plans à réaliser

Parmi les pièces qui vous ont été données pour l'assemblage, il faut fournir le plan coté des trois pièces suivantes :

- Pivot vérin-amortisseur
- Jante
- Support centre

Vous êtes libres d'utiliser l'échelle qui vous semble la plus adéquate, ainsi qu'à présenter, ou non, une vue de coupe. La convention européenne doit être respectée et le plan doit être complet. Comme

complément d'information, sachez que ces pièces sont réalisées en acier, sauf le pivot qui est en aluminium.

Pour cette partie, l'évaluation portera sur le cartouche, le respect des normes et les cotes du plan. Pour rappel, ces plans doivent être remis en format pdf dans le dossier "Documents" (cf. point 3).

8. Contenu du rapport

Votre rapport doit reprendre les principales informations que vous ne savez pas spécifier dans votre travail, ainsi que les résultats de votre simulation. La longueur maximale du rapport est de 2 pages de contenu (page de garde non comprise) avec une taille de police 11 ou 12 pt. Afin que votre rapport soit propre et compréhensif, veuillez utiliser la même mise-en-page que ce document (et des énoncés des séances) avec :

- Une page de garde similaire à celle de ce document, où votre nom, prénom et matricule ULiège sont clairement indiqués. Indiquez le même titre mais remplacez "Cahier des charges" par "Rapport". Il n'est pas nécessaire de mettre d'image.
- Indiquez clairement les différentes questions (ou sections) par des sous-titres (de la même manière que ce document) avant de répondre en-dessous. Recopiez la question en **gras** en guise de sous-titre.

Votre rapport doit répondre aux questions suivantes (découlant pour certaines des étapes précédemment expliquées) :

- 1) Précisez les données M1, M2 et M3 de votre modèle paramétrique (cf. point 4).
- 2) Analysez les résultats de la simulation :
 - a. Prouvez avec un graphique que la roue effectue bien un mouvement d'un quart de tour selon son axe principal pendant la rétraction : Donnez le graphique traçant l'angle du joint liant l'amortisseur et le pivot amortisseur-fourche. Donnez les extrema et concluez.
 - b. Donnez la vitesse et l'accélération angulaire au cours du temps de l'axe principal par rapport à son support (mesure relative du joint). Donnez les extrema de chacun des graphes. Quel est le lien mathématique entre les deux courbes tracées ?
- 3) La section 3) contiendra tout les commentaire que vous voudriez ajouter (p.ex. pour nous aider à comprendre votre travail, erreurs,...).

Pour rappel, le document est à mettre dans le dossier "Documents" au format pdf (cf. point 3). Le nom du document sera votre matricule ULiège suivi de "_rapport" (ex: "s123456_rapport.pdf").

Bon travail !