

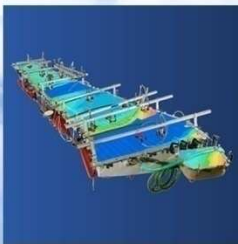
# Fabrication additive : application industrielle



CETIM-CERTEC : les rendez-vous technologiques

Enjeux industriels en mécanique : de l'impression 3D à la fusion laser

BOURGES le jeudi 10 octobre 2013



# Sommaire

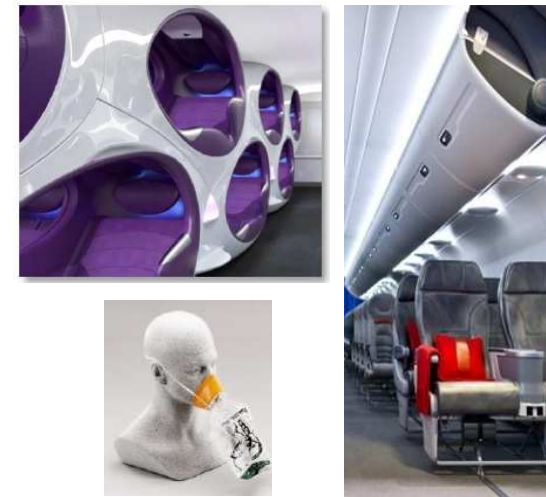
- **Zodiac Aerospace & Zodiac Hydraulics**
- **Étude : corps de servovalve**
- **Conception et fabrication additive**
- **Bénéfices escomptés**
- **Risques identifiés, interrogations**
- **Développements**
- **Questions**

# Le groupe Zodiac Aerospace

- La maîtrise des éléments depuis 1896
- Leader mondial des équipements et systèmes aéronautiques montés à bord des avions commerciaux et hélicoptères
- 98 sociétés réparties sur les différents continents.
- Plus de 30 000 collaborateurs

- **5 + 1 Secteurs d'activités**

- Zodiac Cabin & Structures
- Zodiac Seats
- Zodiac Galleys & Equipment
- **Zodiac Aircraft Systems**
- Zodiac Aerosafety
  
- Zodiac Services



# Zodiac Hydraulics

- Conception et fabrication d'équipements et de sous-systèmes hydrauliques (civil et militaire)
- CHATEAUDUN (28)
- Environ 340 collaborateurs



# Zodiac Hydraulics

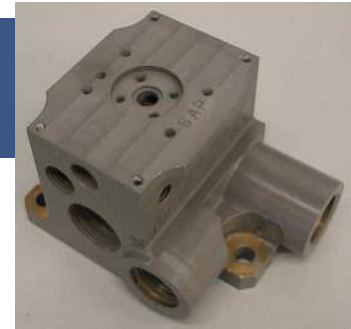
## ■ Applications

- Gestion du train d'atterrissage ●
  - Entrée / sortie du train
  - Freinage
  - Dirigeabilité
- Commandes de vol ●
  - Ailerons, volets, plan de queue ...
- Gestion moteur ●
  - Dosage de carburant
  - Vérins de commande d'aubes
  - Vannes
- Gestion des fluides : contrôle et régulation ●
  - Manocontacts
  - Electro robinets
  - Dégivrage des bords d'attaque des ailes

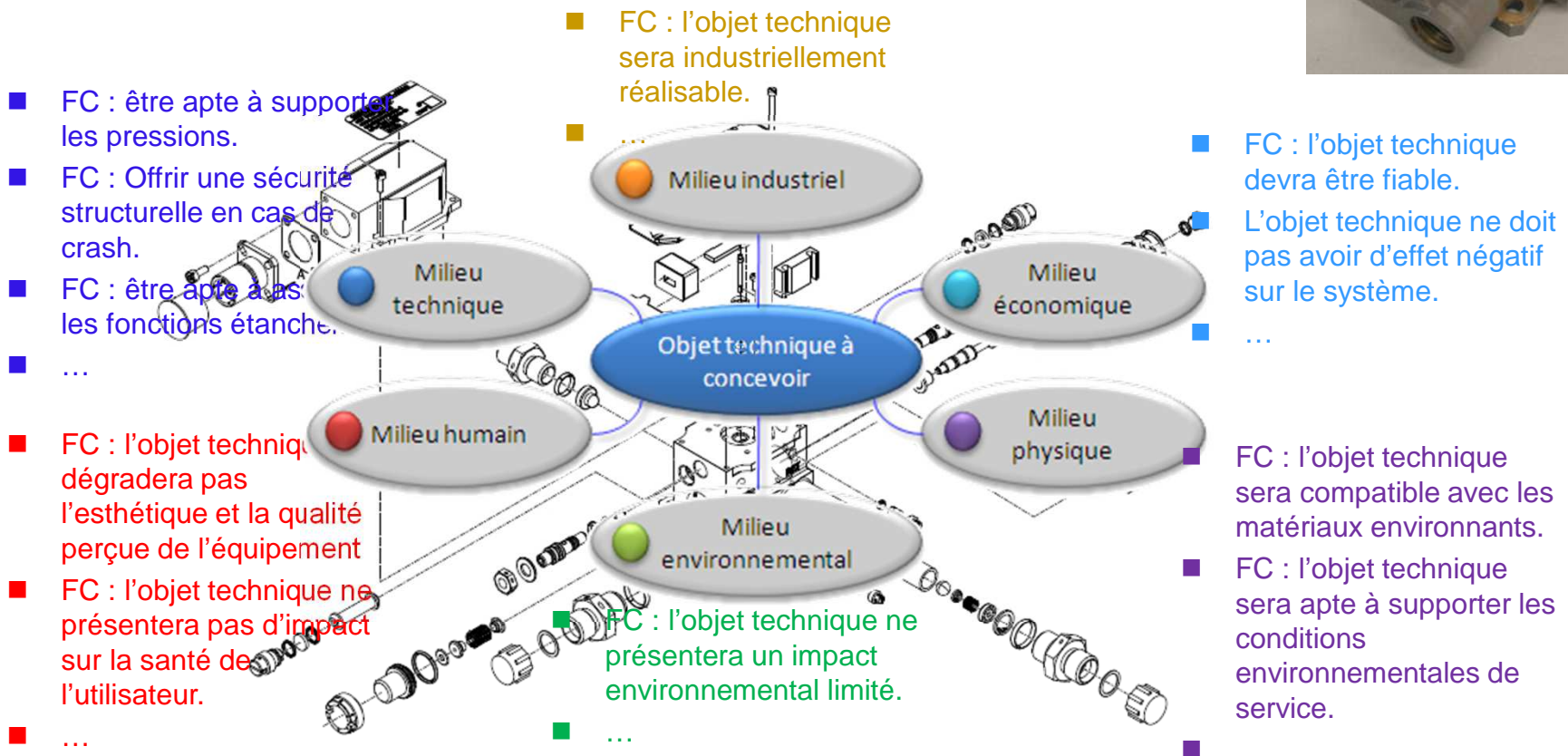




# Étude : corps de servovalve



## FP : Créer une enveloppe structurelle



# Étude : corps de servovalve

Construire  
l'architecture  
fonctionnelle

Construire  
l'enveloppe  
fonctionnelle

Connecter les  
chambres  
hydrauliques

Construire la  
structure

Ajouter les  
fonctions  
techniques  
annexes

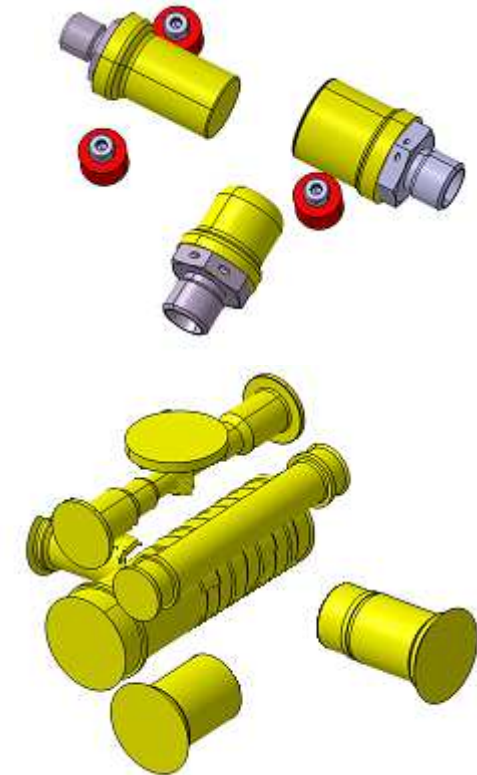
Prendre en  
compte les  
surépaisseurs  
d'usinage

## ■ Matérialiser les points d'interface système :

- interfaces mécaniques,
- ports hydrauliques,
- connecteurs électriques.

## ■ Matérialiser les surfaces fonctionnelles :

- la ligne de fourrure,
- les lignes de gicleurs,
- ...



A partir du besoin client, des interactions et interconnections, distribuer les surfaces fonctionnelles de façon "idéale".



# Étude : corps de servovalve

Construire  
l'architecture  
fonctionnelle

Construire  
l'enveloppe  
fonctionnelle

Connecter les  
chambres  
hydrauliques

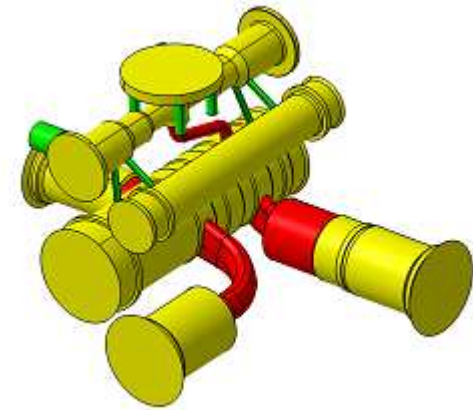
Construire la  
structure

Ajouter les  
fonctions  
techniques  
annexes

Prendre en  
compte les  
surépaisseurs  
d'usinage

## ■ Identifier les interconnexions entre les volumes fonctionnels :

- communications mécaniques (supports de taraudages),
- communications hydrauliques (pilotage, PC0, ...)
- ...

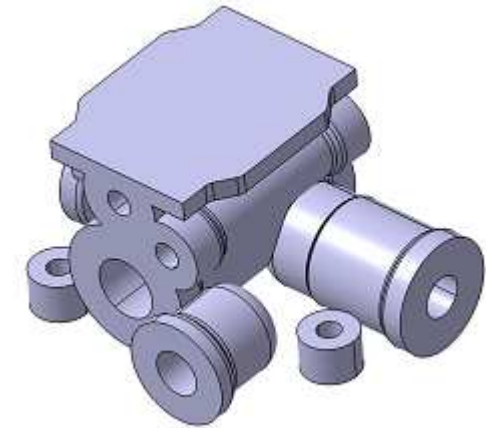


# Étude : corps de servovalve



## ■ A partir :

- des sollicitations mécaniques statiques (pressions, efforts, ...),
- des chargements dynamiques prévus (profil de mission, fatigue, ...),
- des conditions de service (températures,...) ,
- des données matière.



**construire une peau uniforme autours des surfaces fonctionnelles.**

# Étude : corps de servovalve



- **Construire les interconnexions par « trous de vers » pour les circuits hydrauliques.**



# Étude : corps de servovalve

Construire  
l'architecture  
fonctionnelle

Construire  
l'enveloppe  
fonctionnelle

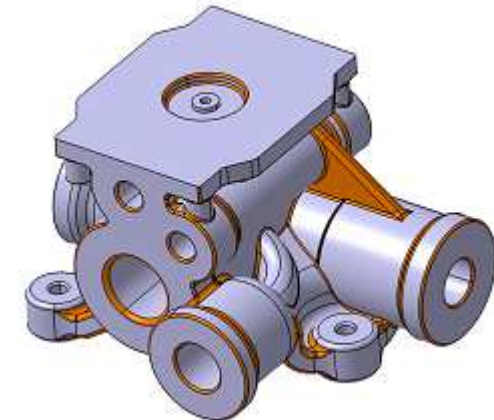
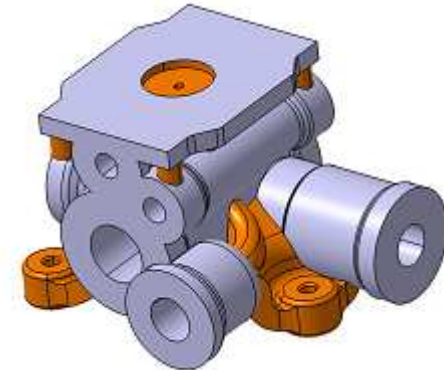
Connecter les  
chambres  
hydrauliques

Construire la  
structure

Ajouter les  
fonctions  
techniques  
annexes

Prendre en  
compte les  
surépaisseurs  
d'usinage

- Relier les volumes et créer les éventuelles nervures de renfort (résistance structurelle aux vibrations et accélérations)
- Éliminer les angles vifs (faisabilité technique) et les transitions brusques de formes (supports d'édification "naturels").
- Combler les vides pour "lisser" la surface (résistance aux formes de corrosion).



# Étude : corps de servovalve

Construire  
l'architecture  
fonctionnelle

Construire  
l'enveloppe  
fonctionnelle

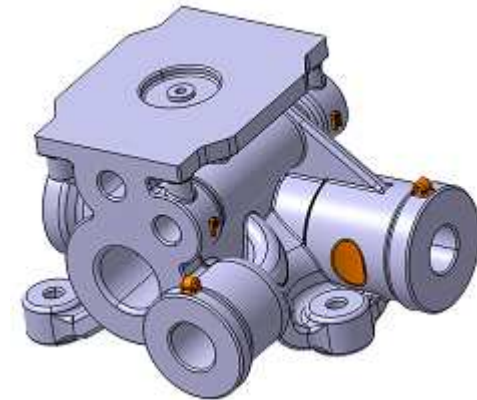
Connecter les  
chambres  
hydrauliques

Construire la  
structure

Ajouter les  
fonctions  
techniques  
annexes

Prendre en  
compte les  
surépaisseurs  
d'usinage

- Passage de fils freins (« donuts »),
- marquages,
- passages de clés de serrage,
- ...



# Étude

Construire  
l'architecture  
fonctionnelle

Construire  
l'enveloppe  
fonctionnelle

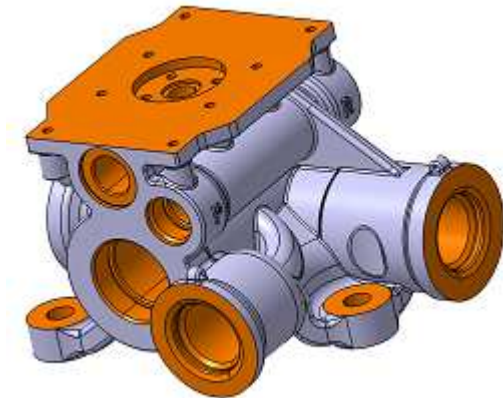
Connecter les  
chambres  
hydrauliques

Construire la  
structure

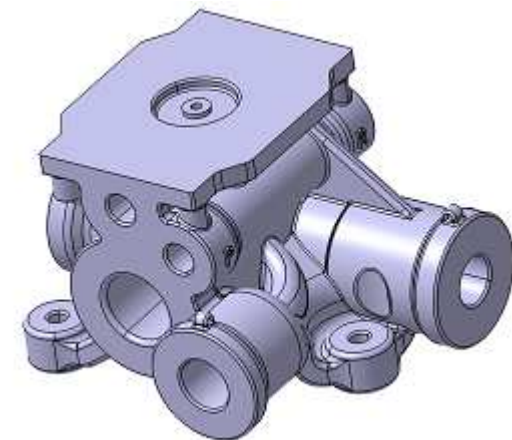
Ajouter les  
fonctions  
techniques  
annexes

Prendre en  
compte les  
surépaisseurs  
d'usinage

- Le brut obtenu doit être assimilé à une ébauche avancée qui nécessite des reprises d'usinage sur les surfaces fonctionnelles.



- Ajouter les surépaisseurs pour l'usinage conventionnel



# Conception et fabrication additive

## ■ Remise en cause de certaines règles de conception

- Penser à exploiter les avantages du procédé (formes évolutives, imbrications de géométries,...) sans oublier ses limitations (supports d'édification, stratification, anisotropie, dépoudrage...)
- Oublier l'usinage conventionnel dans la construction du modèle 3D (passages d'outil coupant, dépouilles, symétries,...).
- Penser à combiner les composants qui devaient être usinés séparément car complexes (1/2 assemblages, zones rigides et flexibles,...).
- Intégrer directement les fonctions techniques annexes (passage de fils freins ("donuts"), marquages,...)
- Ne pas hésiter à s'inspirer de la biologie pour optimiser les géométries (certaines solutions ont été éprouvées par des millions d'années d'évolution)
- Ne pas brider son inventivité.

## ■ Plan d'étude



# Bénéfices escomptés

## ■ Conception :

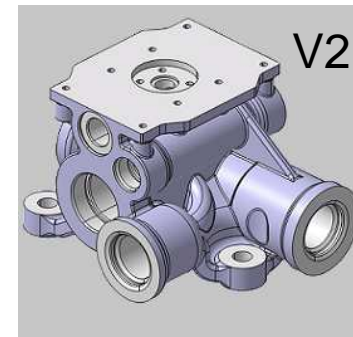
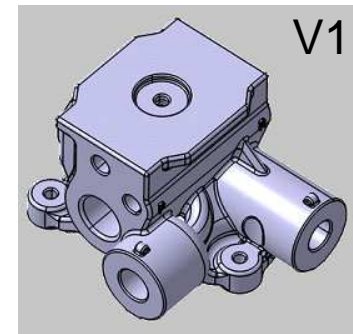
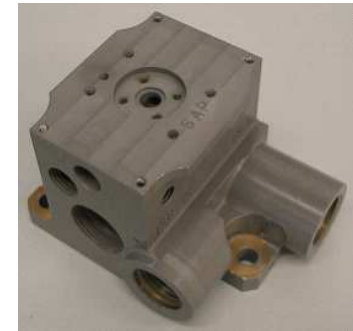
- Formes optimisées
- Gain de masse (V1 : gain  $\approx 13\%$  et V2 : gain  $\approx 25\%$  par rapport à la version taillée masse)

## ■ Chaîne d'approvisionnement

- Obtention directe de pièces à partir du fichier CAO

## ■ Matière première

- Réduction de la consommation de matière première





# Risques identifiés, interrogations

## ■ Conception

- Changement des règles de conception.
- Peu de données numériques sur les matériaux ainsi transformés.

## ■ Chaîne d'approvisionnement

- Réseau de fournisseur.
- Ajout d'un nouveau maillon dans la chaîne d'approvisionnement.

## ■ Matière première

- Pérennité des sources, formes et caractéristiques.
- Qualité de la matière première

# Risques identifiés, interrogations

## ▪ Édification

- Qualité des couches
- Maîtrise et répétabilité des paramètres d'édification.
- Effet de la manipulation des poudres sur les opérateurs.

## ▪ Post traitement

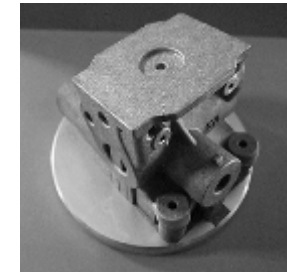
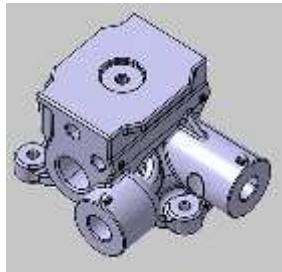
- Définition du traitement thermique adapté.
- Définition des protocoles de parachèvement et de finition adaptés.
- Dépoudrage, nettoyage, décontamination.

## ▪ Composant

- Comportement du composant face aux différentes formes de corrosion.
- Justifications mécaniques.
- Maîtrise de la décontamination et risque de pollution sur le système.
- Effet des microporosités sur les fonctions étanchéité

# Développements

## ■ Alliages d'aluminium (travaux avec le CETIM-CERTEC)



- Corps en cours d'édification
- Objectif : démonstrateur opérationnel en 2014.

## ■ Acier et alliage de titane (Clean Sky Open Rotor)

- Démonstrateur : 2015
- Cible : 2016
- Entrée en service : 2025



# Questions ?

