

Construction de graphes d'analyse structuro-fonctionnelle avec GAIA



Hugo Falgarone (hugo.falgarone@eads.net)
EADS Innovation Works



Qui sommes nous ?



EADS Innovation works

- Modélisation des assemblages
- Modélisation des incertitudes
- Analyse de structure

Thèmes de recherche :

- ❖ Spécification géométrique ISO 3D
- ❖ Analyse structuro fonctionnelle
- ❖ Tolérancement Flexible

Plateforme / Outil :

- ❖ **GAIA**
- ❖ **AnaTole**

Partenaires universitaires:

- ❖ ENS Cachan - LURPA
- ❖ SUPMECA
- ❖ Univ. Bordeaux 1

Divers

- ❖ Publications : SAE, CIRP, ITCT
- ❖ Membres CIRP associés

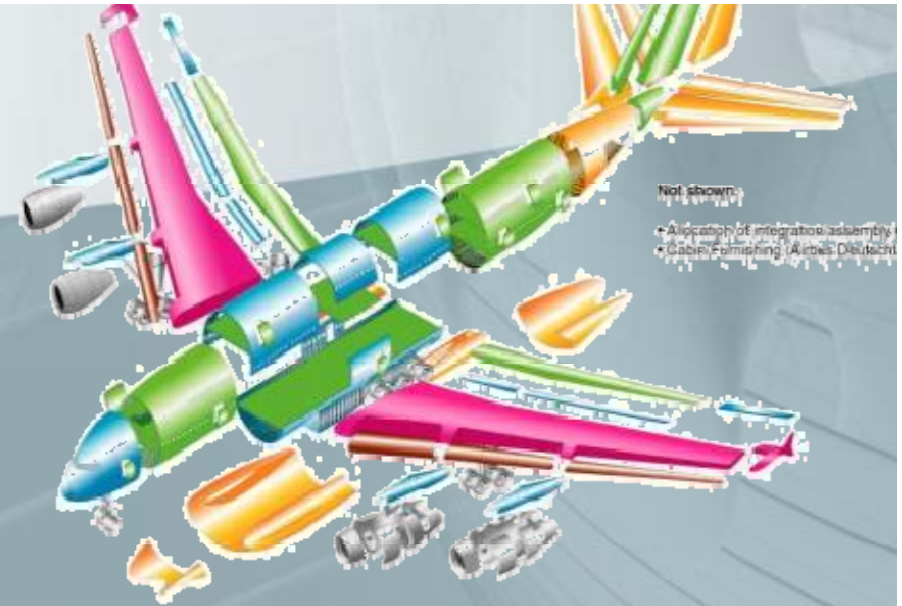




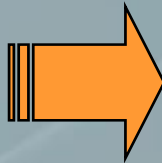
EADS at a glance



***EADS, un architecte intégrateur,
La gestion des interfaces entre sous ensembles est un enjeu majeur***



- **Produit complexe**
- **Assemblage de structures**
- **Grand nombre de pièces**
- **Nombreux niveaux d'assemblage**
- **Pas de prototypage**
- **Rôle de l'architecte industriel**
 - Développement produit
 - Intégration des composants et sous-ensembles
 - Réseau de fournisseurs étendu

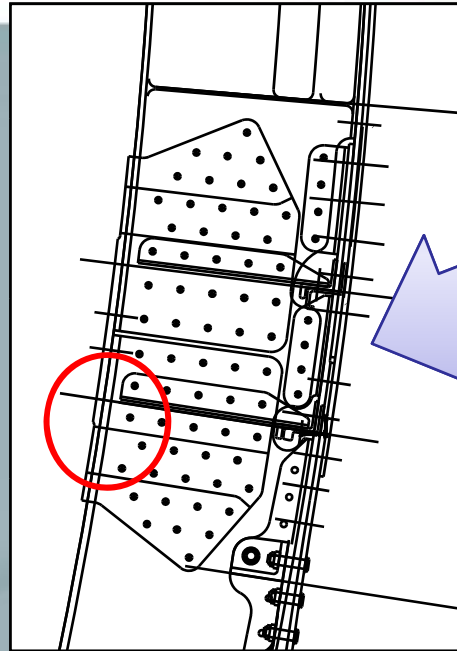


Comment gérer les coûts production ?

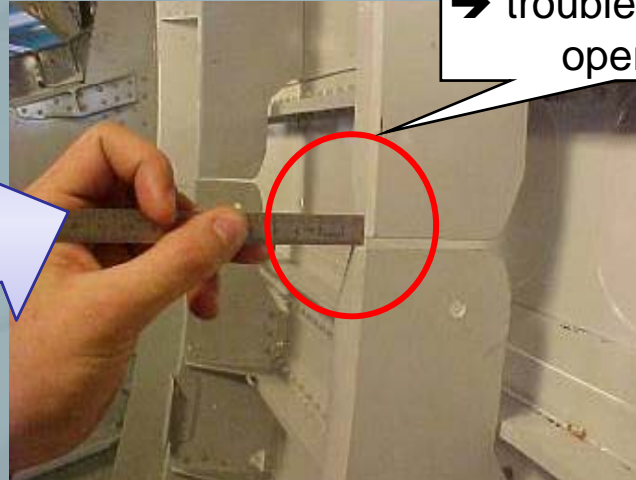
Assemblage 55%

Usinage 25%

Matériaux 20%

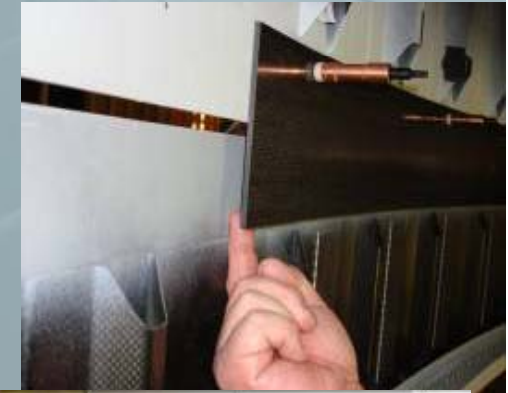


Nominal DMU



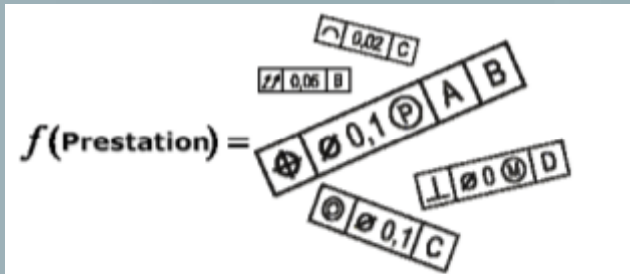
Real product

Frame misalignment
→ trouble for splicing operation



How to manage and reduce geometrical variations within assemblies ?

How to reduce rework operations to achieved expected quality ?



Tolérancement pendant la phase de conception

➤ Comment garantir la qualité du produit à partir des moyens de productions envisagés ?

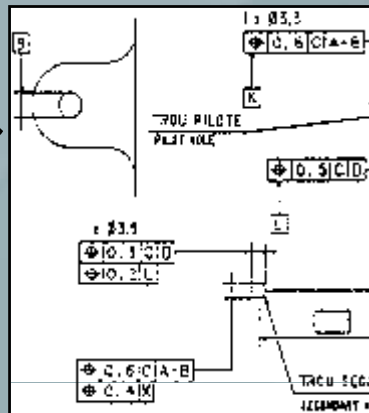
➤ Quelles sont les impacts d'une modification de fonction sur les spécifications géométriques du produits ?

Tolérancement à l'atelier

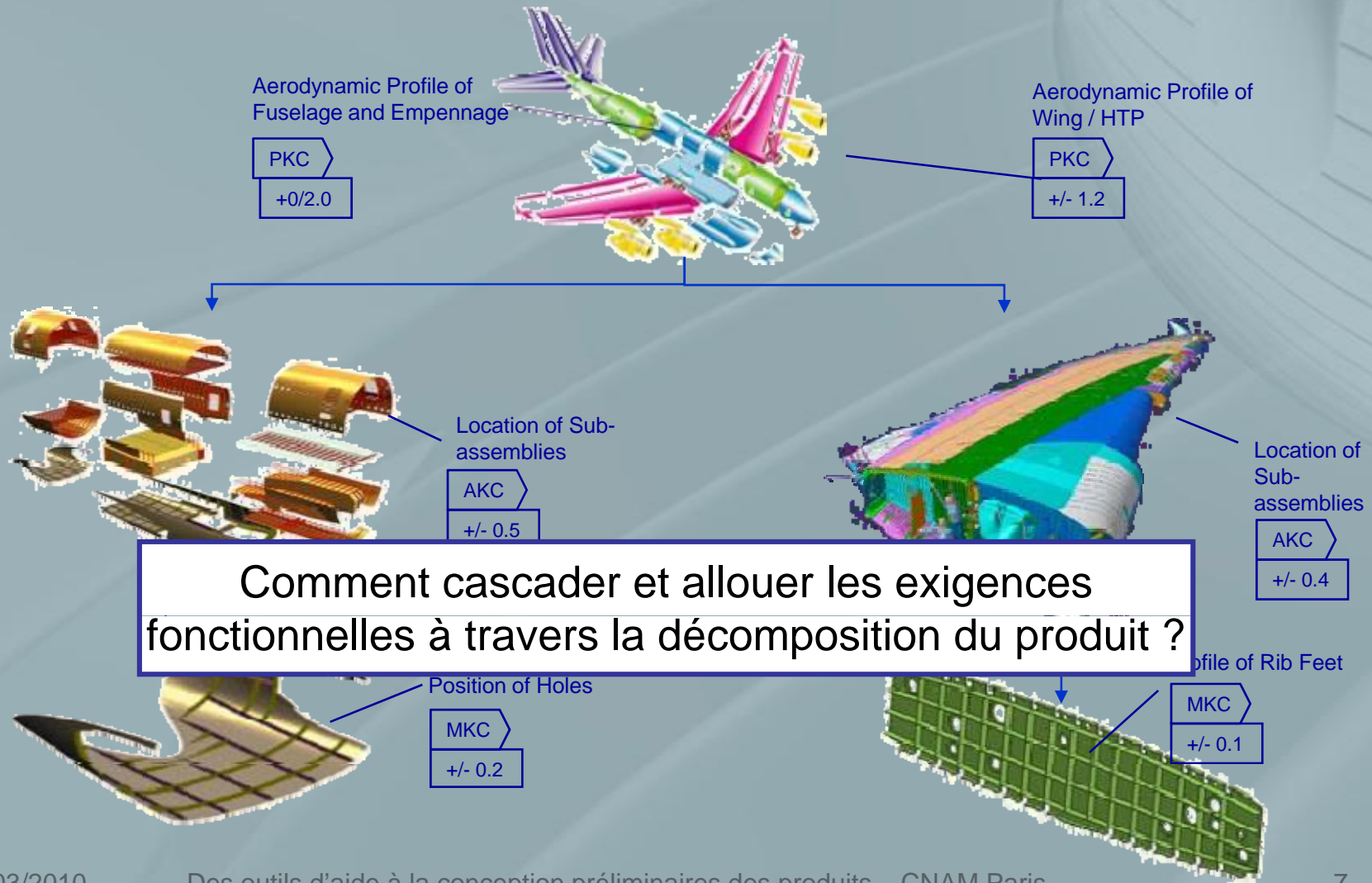
➤ Quels sont les risques et les criticités associés à une spécification de tolérances géométriques.

➤ Comment prendre une décision lorsqu'une pièce à une côte hors tolérance ?

- on l'accepte
- on la modifie
- on la jette

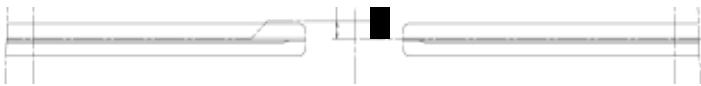


Cascade des exigences

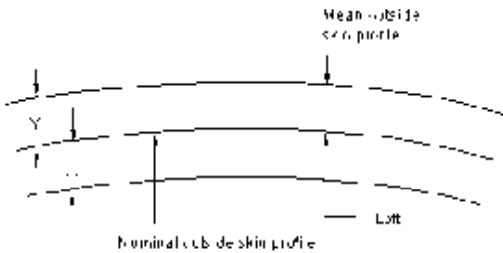


Exemples d'exigences

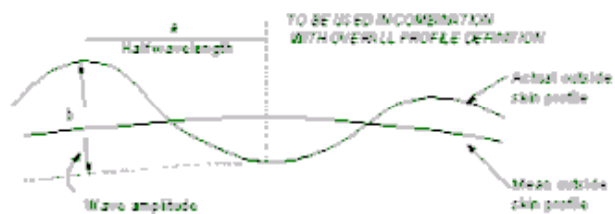
Tangential Stringer Mismatch



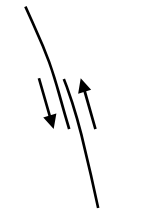
Fuselage outside skin profile



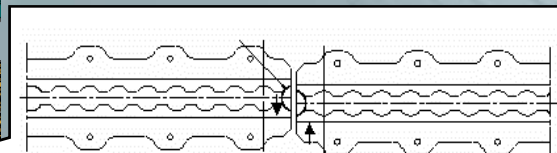
Fuselage waviness



Maximum gap between panels

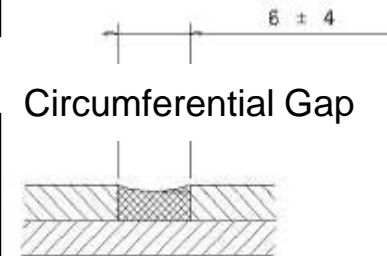


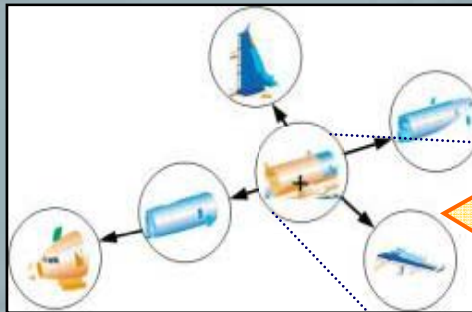
Minimum overlap between panels



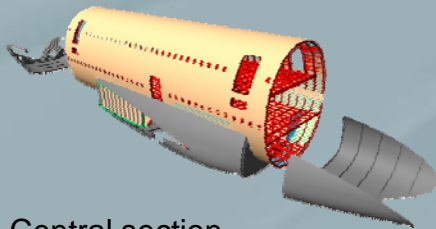
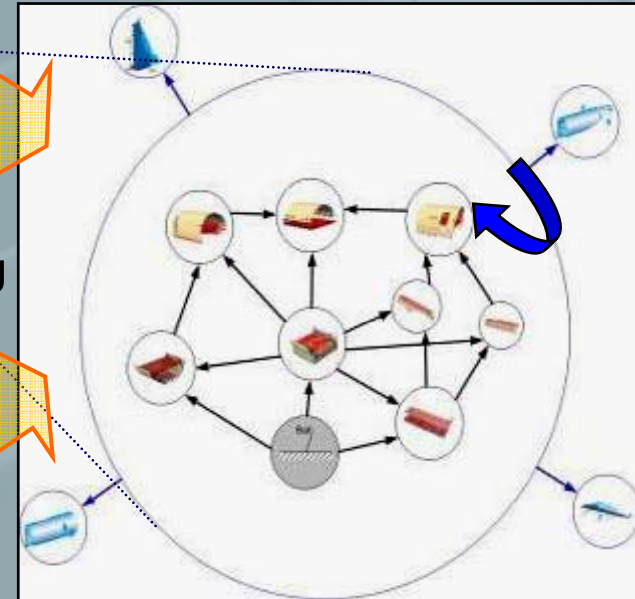
Misalignment of Seat Tracks

Circumferential Gap

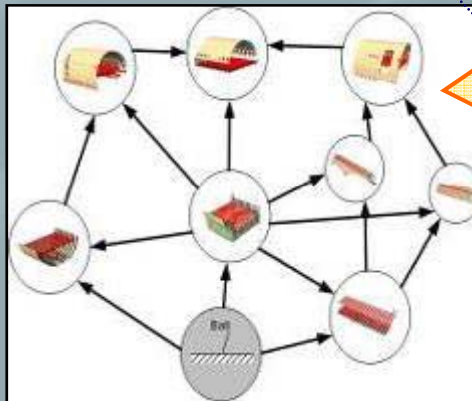




GAIA assembly modelling

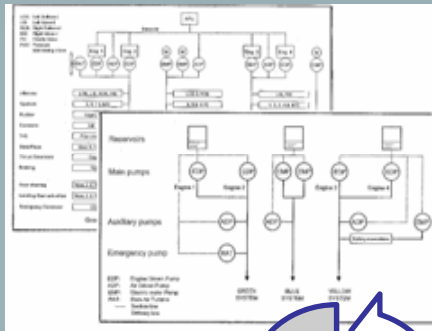


Central section



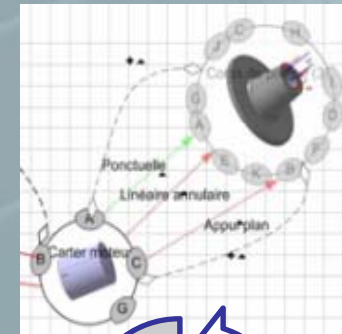
- Nested assembly graph
- Interfaces allocation and cascade
- Assembly sequence representation

Hydraulique, Electrique, ...
Saber, FM2, ...

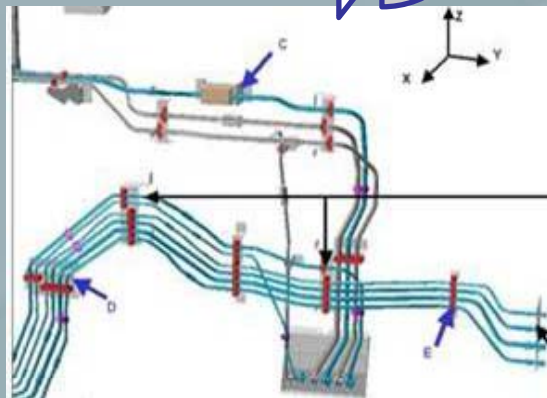
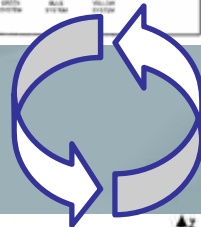


Schématique

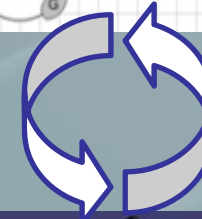
Mécanique structuro-
fonctionnelle GAIA



Lien avec la
géométrie



DMU: CATIA



❖ GAIA se base sur une méthodologie **intuitive** permettant une prise en main rapide « Easy to learn, easy to use »












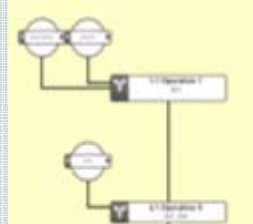


❖ GAIA est un outil métier :

- **5 ateliers** intégrés répartis par **métiers**
- Une méthode éprouvée et outillée pour créer la **maquette fonctionnelle**
- Une base de données structuro-fonctionnelle
- Création de **catalogues** process, fonctions et spécifications propre à l'entreprise et réutilisable pour garantir l'application de votre propre savoir faire
- Génération de reporting

❖ GAIA permet de formaliser et supporter une méthodologie de conception

❖ GAIA est conçu sur un noyau de données ouvert permettant une **interopérabilité** avec l'ensemble des solutions informatiques du marché

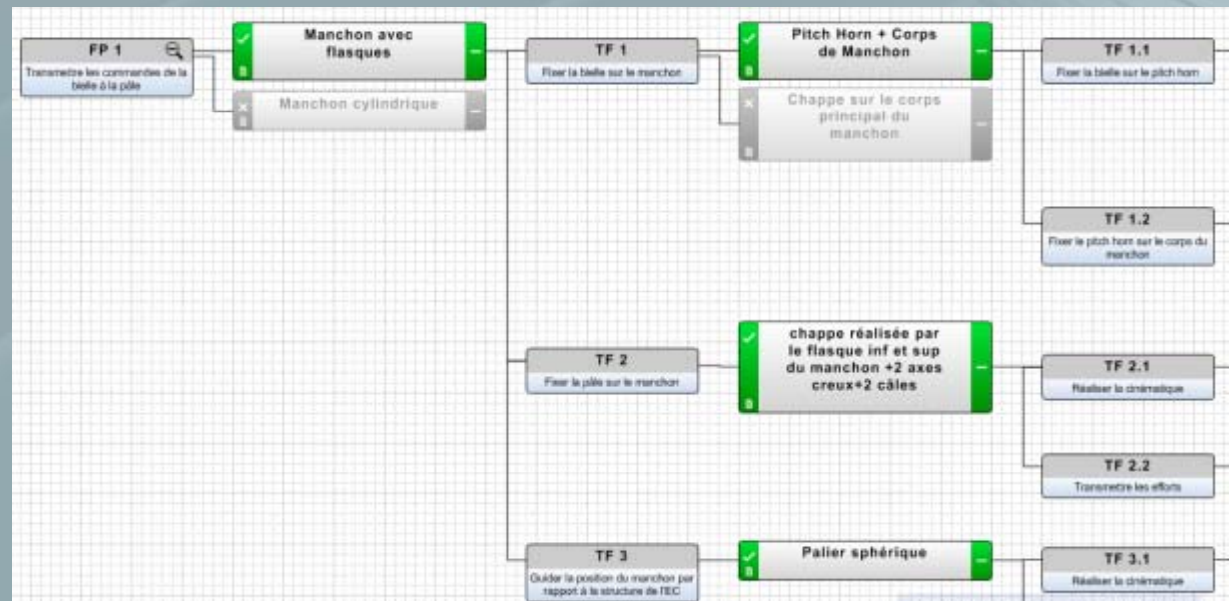


| <p>Customer Need view</p>  | <p>Solution View</p>  | <p>Product View</p>  | <p>Process View</p>  | <p>Component View</p>  | <p>Geometric View</p>  |
|--|---|---|--|--|--|
| <p>Quelle est la prestation de mon système ?</p> | <p>Quelles sont les solutions techniques pour répondre au besoin ?</p> | <p>Quelles sont les organes qui composent le système et quelles sont les interfaces entre eux ?</p> | <p>Quelle est la séquence de montage du système ?</p> | <p>Quelles sont les surfaces fonctionnelles de chaque organes et leurs spécifications ?</p> | <p>Comment évaluer la propagation des variations géométriques dans les interfaces ? Quels sont les impacts sur les fonctions produit ?</p> |
|  |  |  |  |  |  |



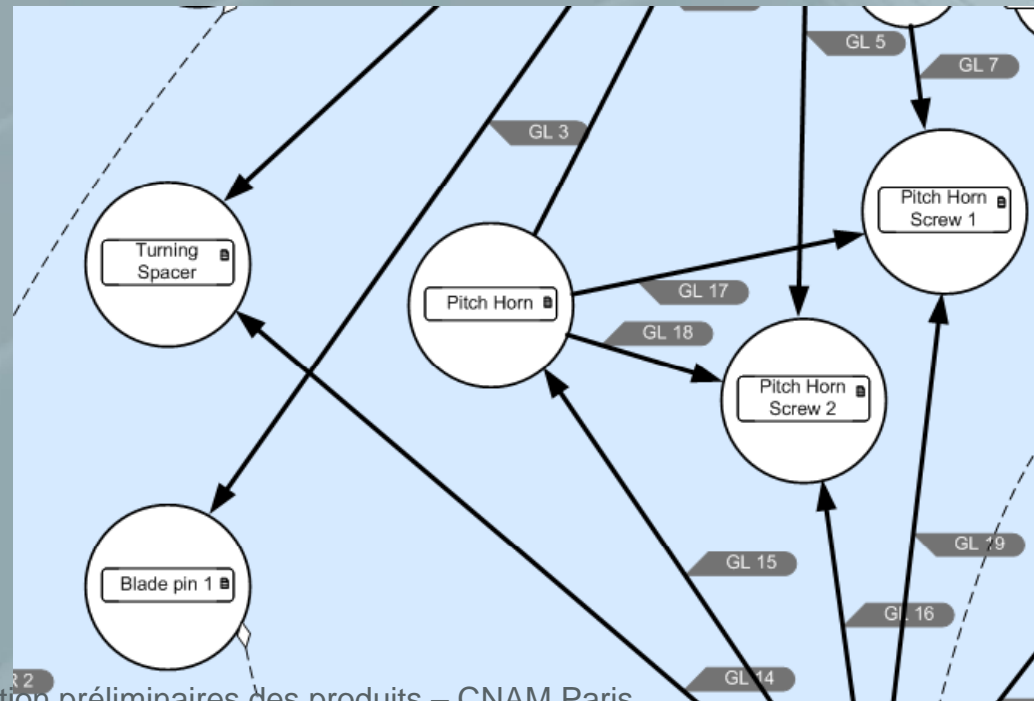
Graphe des solutions techniques (FAST)

- Décomposition du besoin en **fonctions techniques**.
- Identification des organes du systèmes générés par les solutions.
- Comparaison de différentes **solutions** techniques.
- Cascade des paramètres.
- Tracabilité des choix de conception.



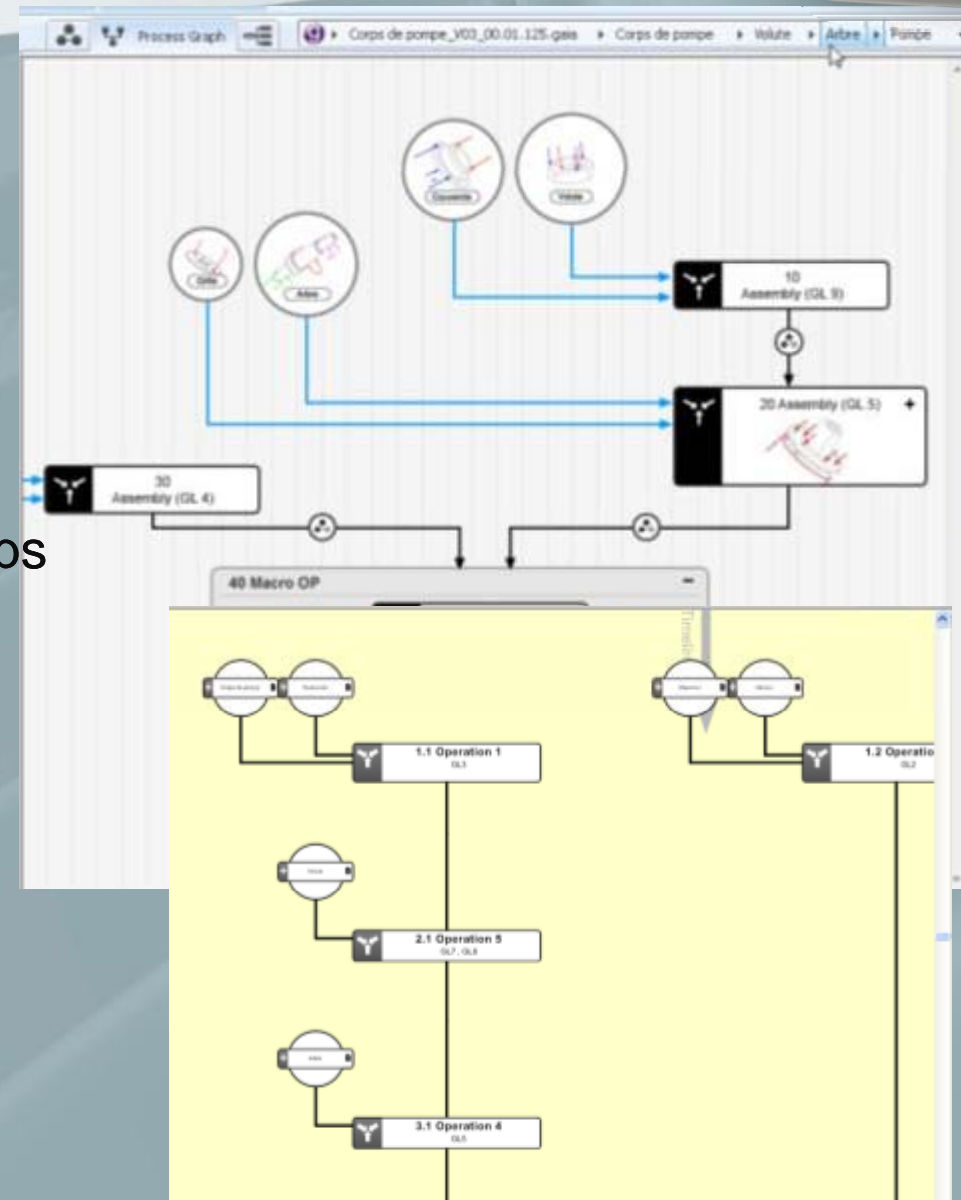


- Modélisation des **interfaces**
 - Liaisons,
 - Exigences géométriques (KC).
- Graphes imbriqués
- Définition des choix de mise en position
- Représentation des flux et des boucles fonctionnelles



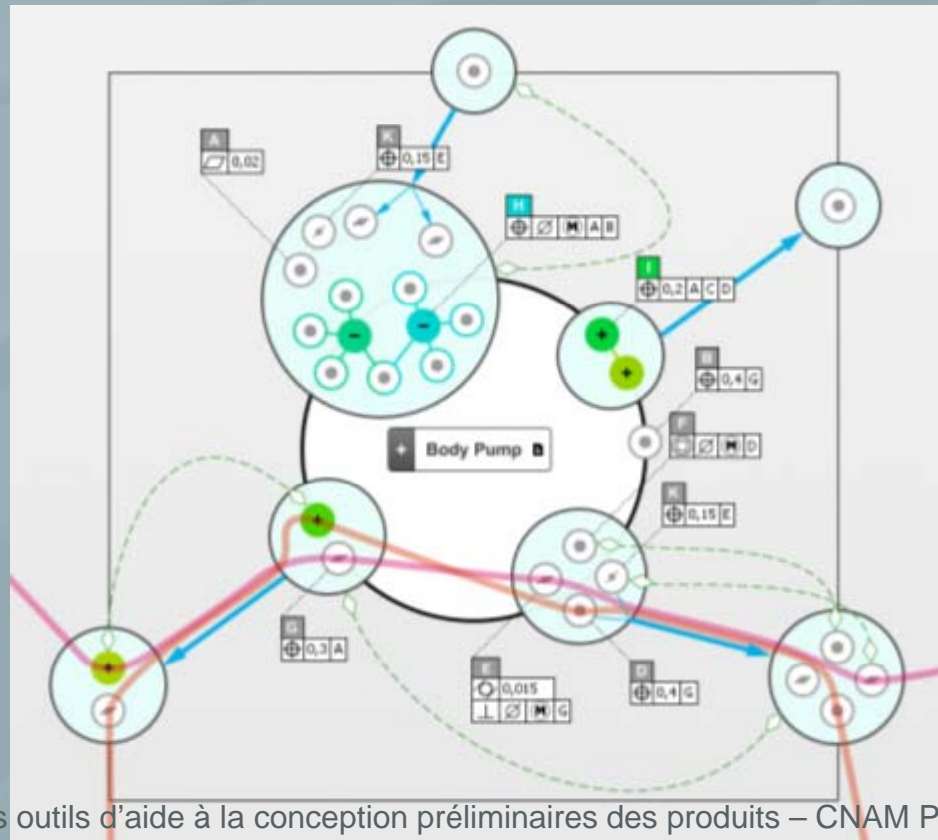


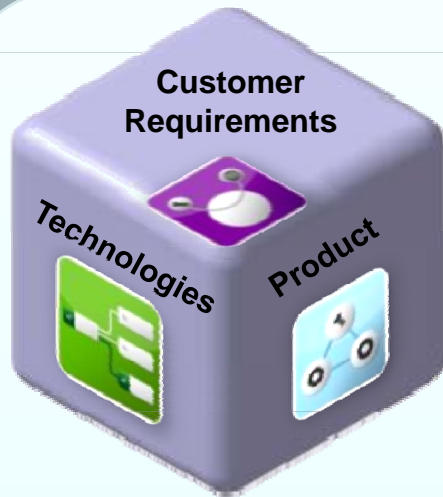
- Modélisation de la **séquence d'assemblage**
- Identification des ressources nécessaires
- Estimation de la gamme (coûts, temps de cycle, etc...)



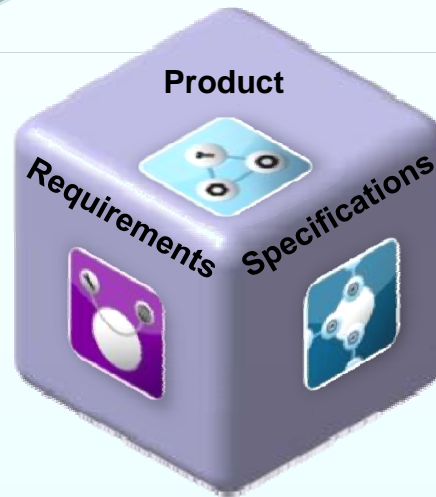


- Modélisation des **surfaces fonctionnelles**
- Représentation des **maillons** internes de chaque composant
- Définition des schémas de spécifications fonctionnelles

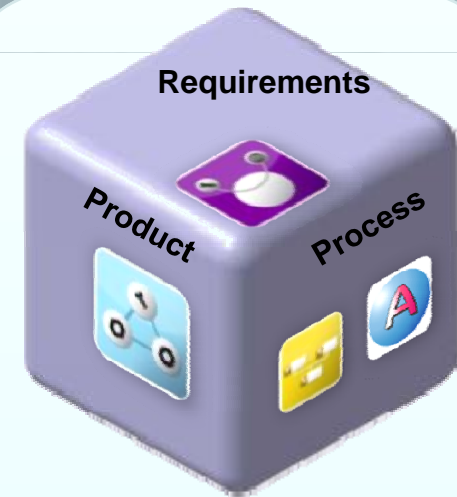




- Capitalisation et la structuration de la conception.
- Prise de décisions et choix des technologies les plus adaptées.



- Partager et comparer des objectifs fonctionnels
- Valider l'adéquation entre les spécifications et les besoins fonctionnels

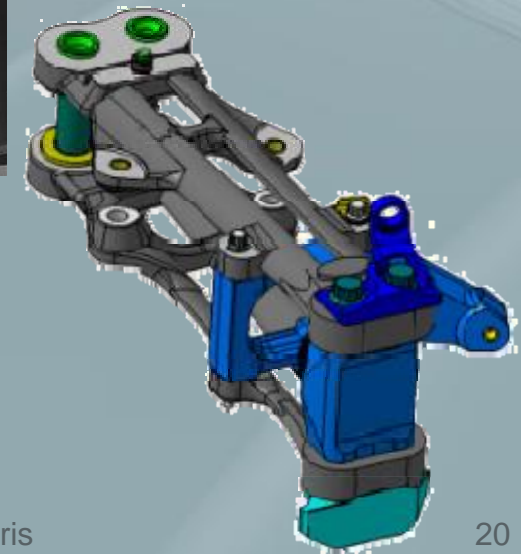


- Conception Produit-Process
- Prise en compte des problématiques d'assemblage dès la phase de conception et en les suivant jusqu'à la production

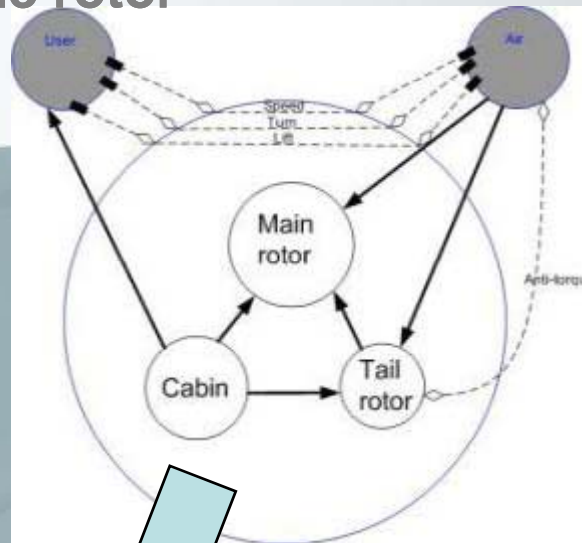




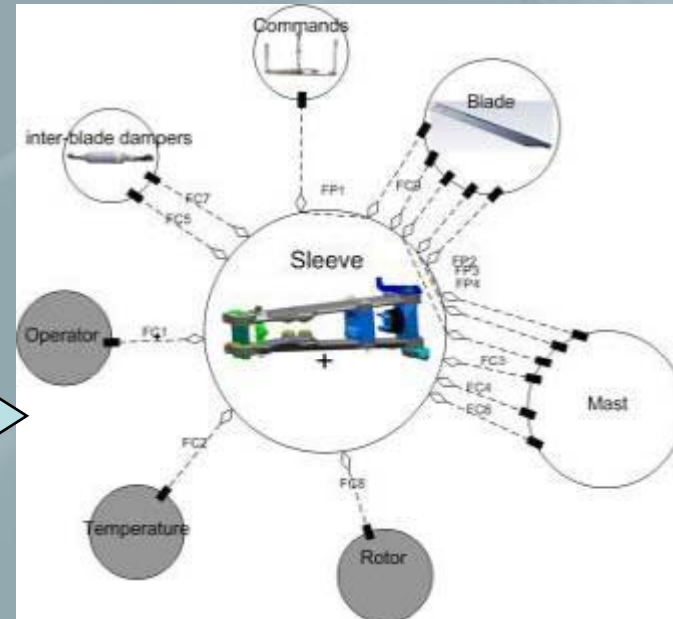
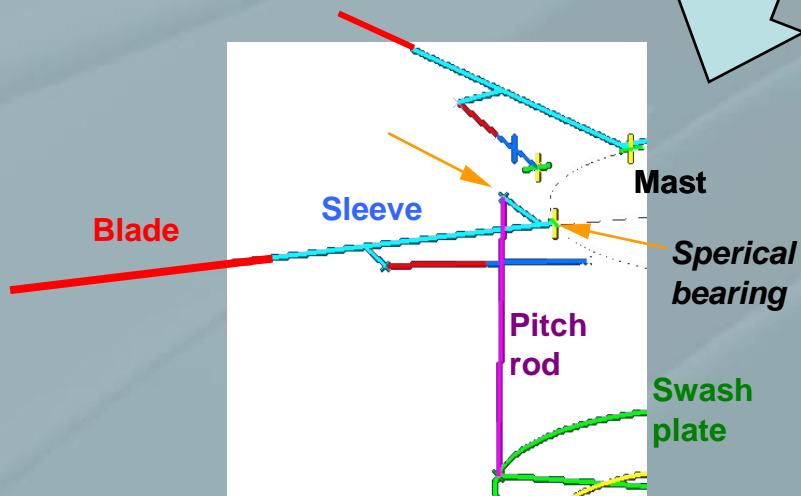
Manchon de rotor

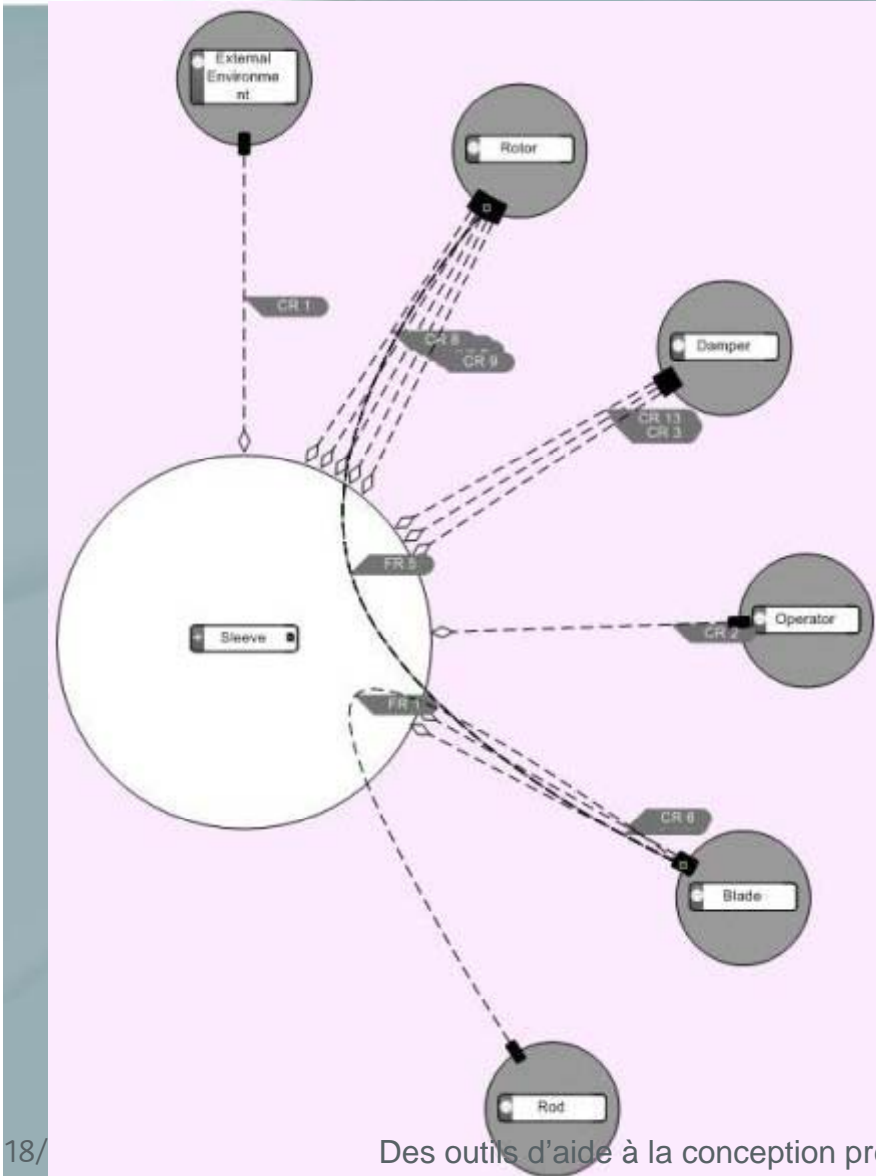


Manchon de rotor



Solution technique

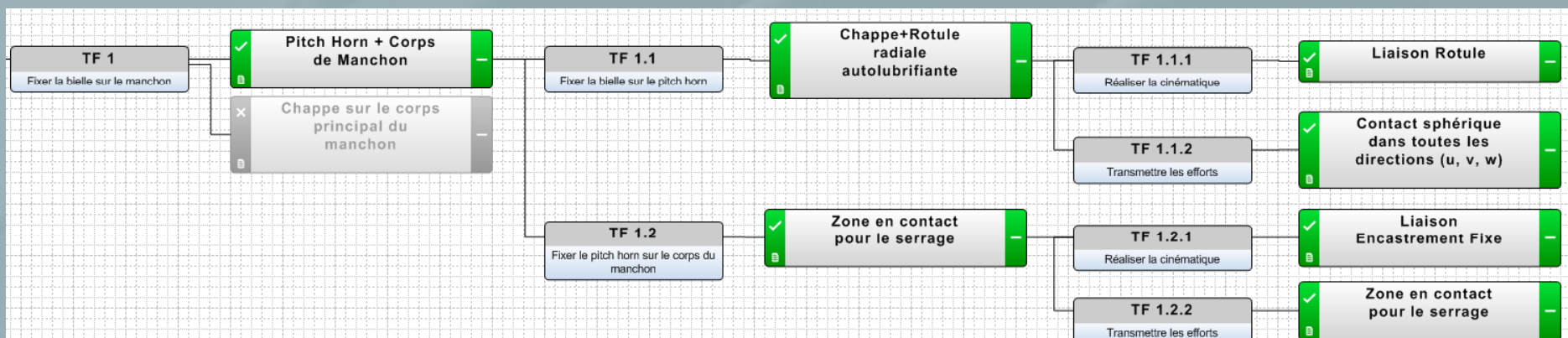
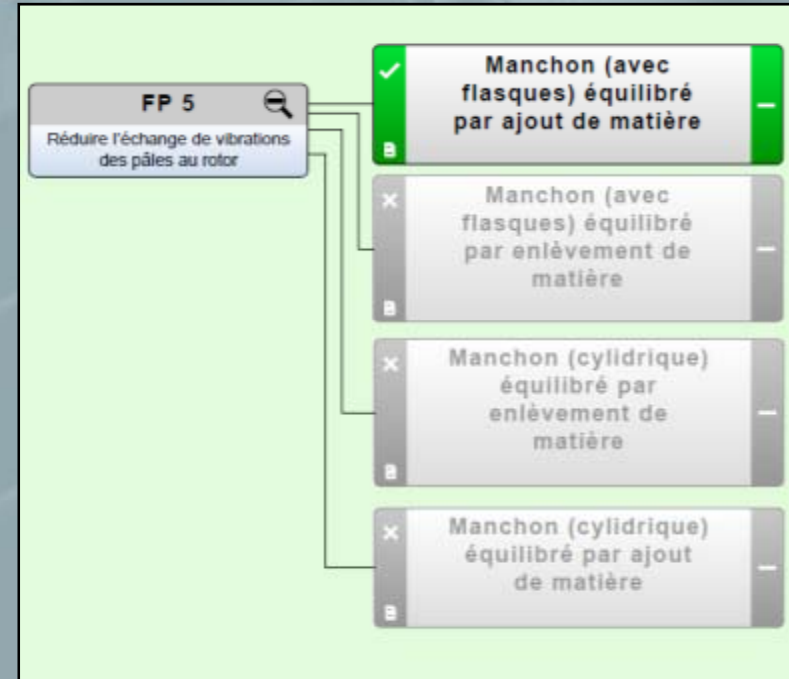
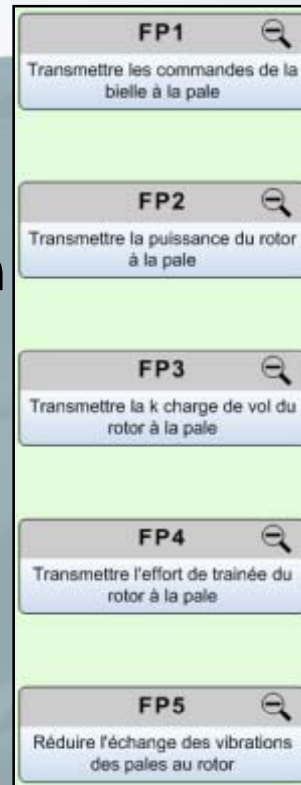




| Properties | | Values | | | | | |
|-------------------|---|--------|--------|----------------|-------------|------------|---------|
| Business | | | | | | | |
| Name | FR 4 | | | | | | |
| Description | To transmit dragged efforts from rotor to blade | | | | | | |
| Parameters | | | | | | | |
| Ref | Name | Sign | Value | Unit | Flexibility | Dependency | Formula |
| C1 | Minimiser les ef... | < | | N | 1 | | |
| C2 | Epaisseur mini... | = | 5 | mm | 0 | | |
| C3 | Volume maxi | = | 0.0095 | m ³ | 1 | | |
| C5 | Longueur max | = | 600 | mm | 0 | | |
| C6 | Longueur mini | = | 500 | mm | 0 | | |
| C7 | Hauteur maxi | = | 64 | mm | 1 | | |
| C8 | Largeur maxi | = | 250 | mm | 0 | | |
| C9 | Largeur mini | = | 150 | mm | 0 | | |
| C10 | Masse maxi | = | 3.5 | Kg | 1 | | |
| | | | | | | | |

Analyse Fonctionnelle du besoin

- FAST de créativité
- FAST de description





Manchon de rotor

FR 4
Transmettre l'effort de trainée du rotor à la pale

Manchon avec flasques

TF 1
Fixer le manchon sur le rotor

Palier sphérique

| Ref | Name | Sign | Value | Unit | Flexibility | Depen |
|-----|---------------------|------|--------|----------------|-------------|-------|
| C1 | Minimiser les ef... | < | | N | 1 | |
| C2 | Epaisseur mini... | = | 5 | mm | 0 | |
| C3 | Volume max | = | 0.0095 | m ³ | 1 | |
| C5 | Longueur max | = | 600 | mm | 0 | |
| C6 | Longueur mini | = | 500 | mm | 0 | |
| C7 | Hauteur maxi | = | 64 | mm | 1 | |
| C8 | Largeur maxi | = | 250 | mm | 0 | |
| C9 | Largeur mini | = | 150 | mm | 0 | |
| C10 | Masse max | = | 3.5 | Kg | 1 | |

| Ref | Name | Sign | Value | Unit | Flexibility | Dependency | Formule |
|-----|------------------|------|-------|------|-------------|-----------------|-------------|
| P1 | Longueur | = | | mm | | C3, C5, C6, ... | =C3/(C7*C8) |
| P2 | Largeur | = | | mm | | C8, C9 | |
| PE | Type de matériau | = | | | | | |

TF 2
fixer la pale sur le manchon

creux+2 cales

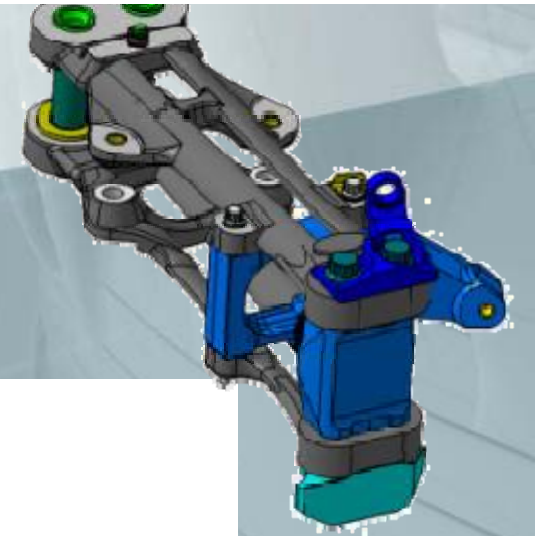
Cascade des paramètres

TF 3
Fixer les amortisseurs

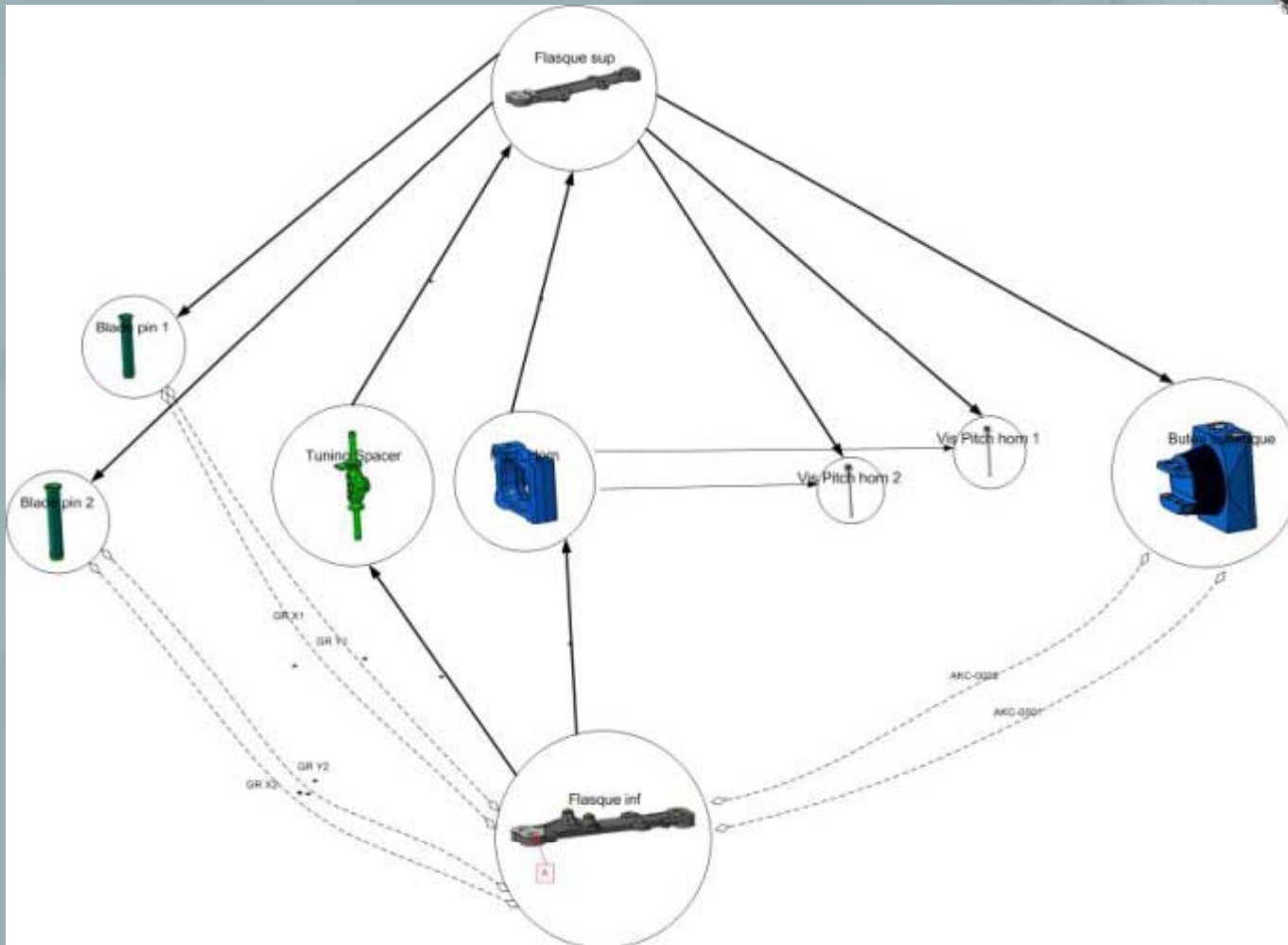
système de fixation dissocié pour chaque amortisseur

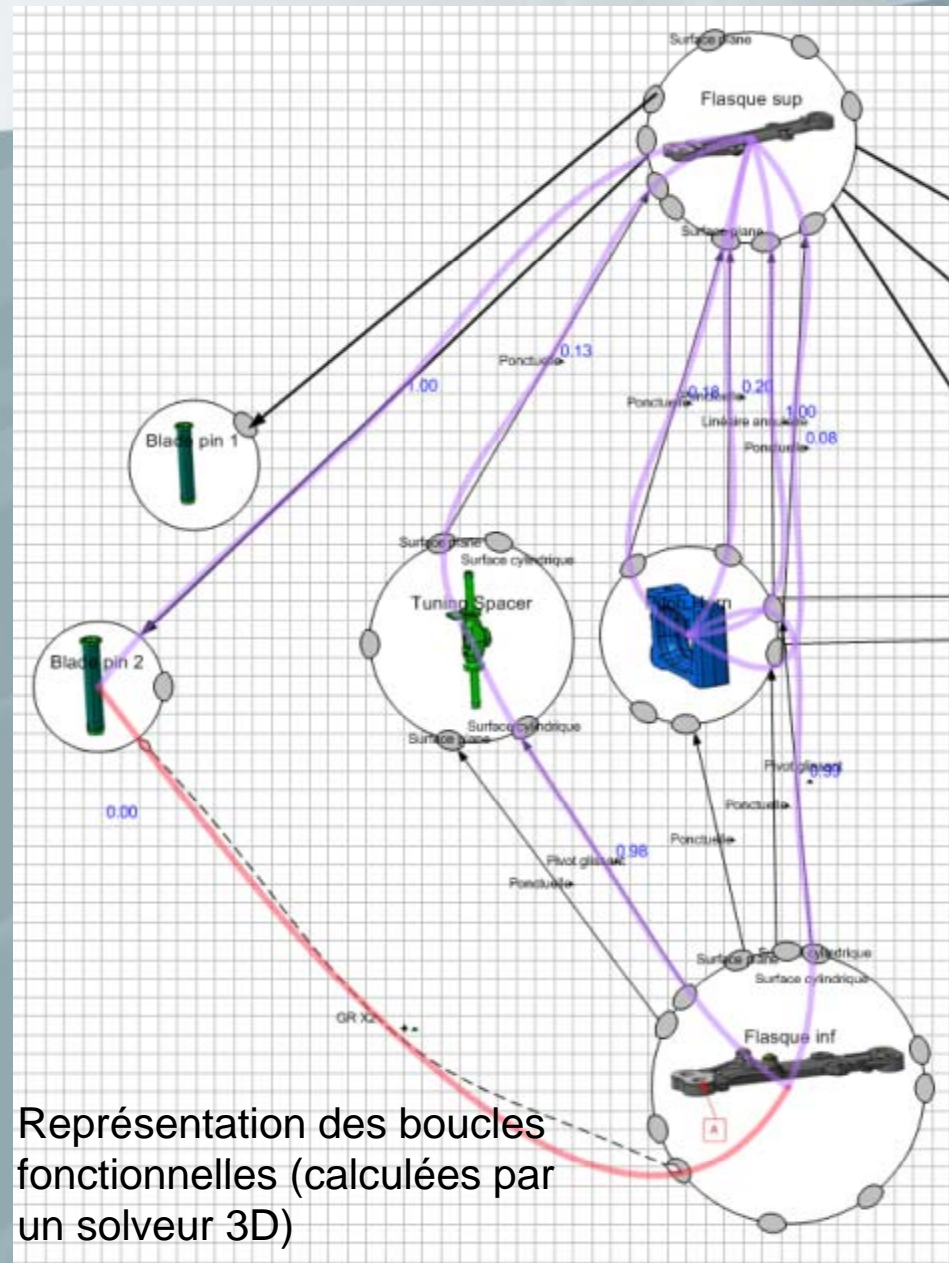
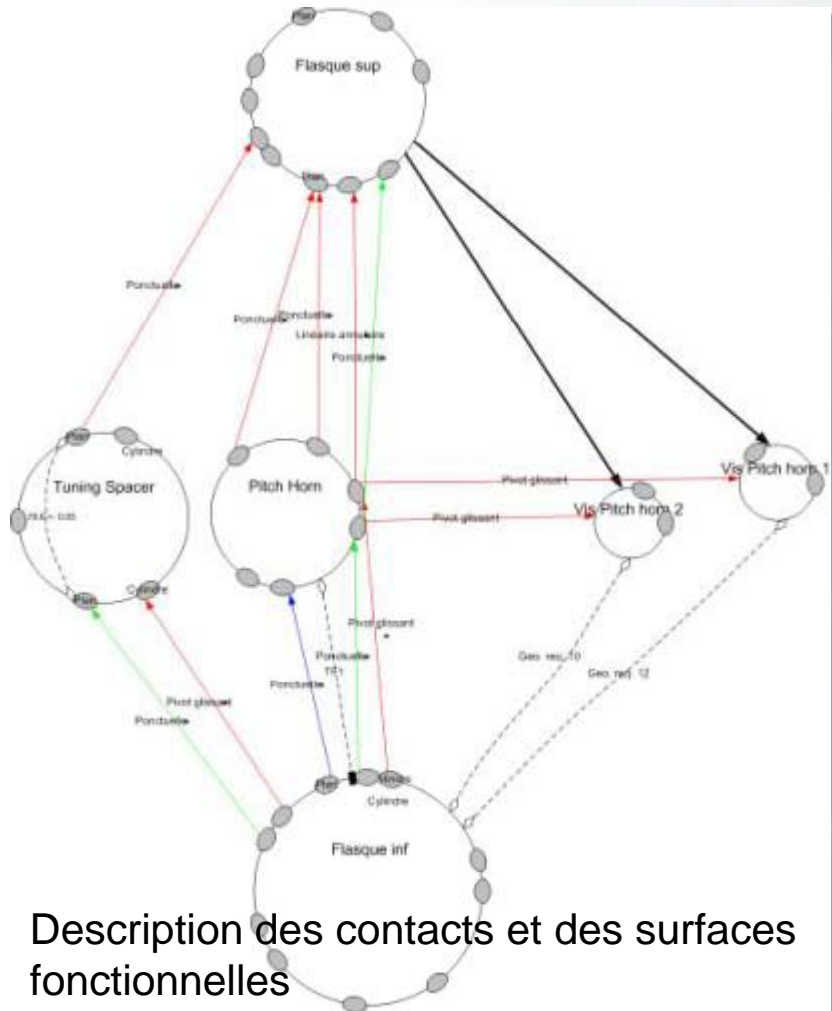
| Ref | Name | Sign | Value | Unit | Flexibility | Dependency | Formule |
|-----|---------------------|------|-------|------|-------------|------------|---------|
| C11 | Minimiser la tor... | < | | N | 1 | | |

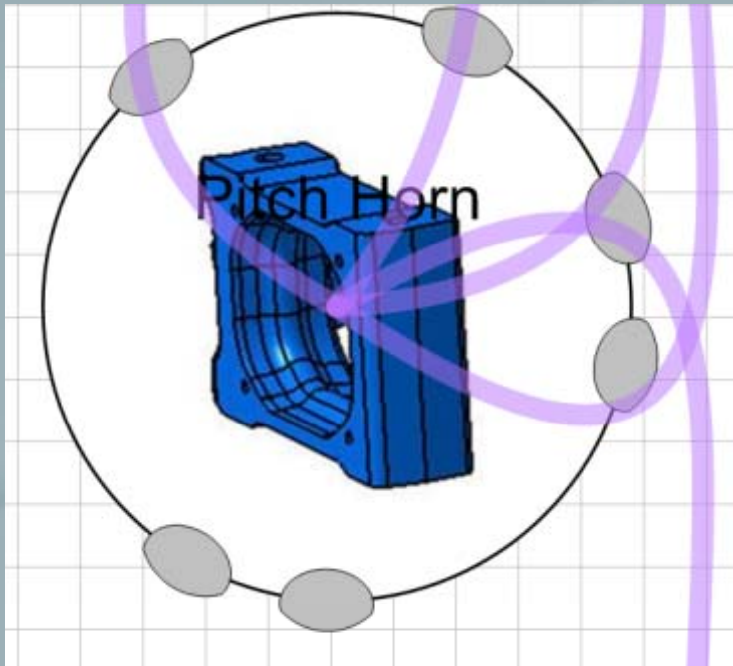
| Ref | Name | Sign | Value | Unit | Flexibility | Dependency | Formule |
|-----|------------------|------|-------|------|-------------|-----------------|-------------|
| P1 | Longueur | = | | mm | | C3, C5, C6, ... | =C3/(C7*C8) |
| P2 | Largeur | = | | mm | | C8, C9 | |
| P3 | Angle | = | | deg | | C8, C9 | |
| PE | Type de matériau | = | | | | | |
| P7 | entre-axe | = | | mm | | | |



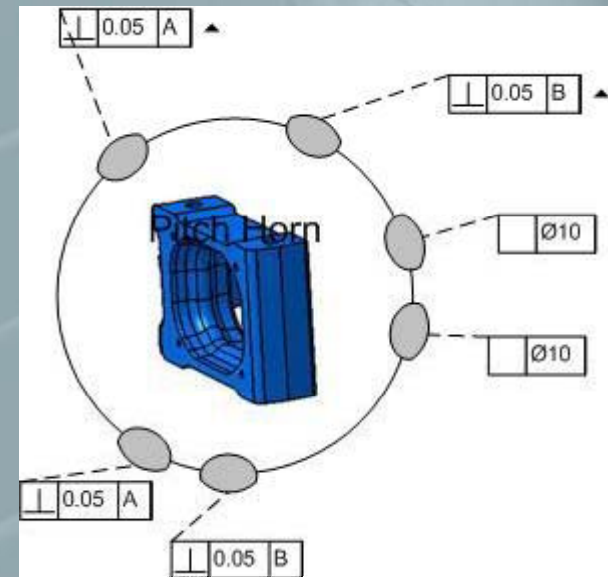
Graphe orienté d'assemblage







Identification des maillons internes de chaque organe

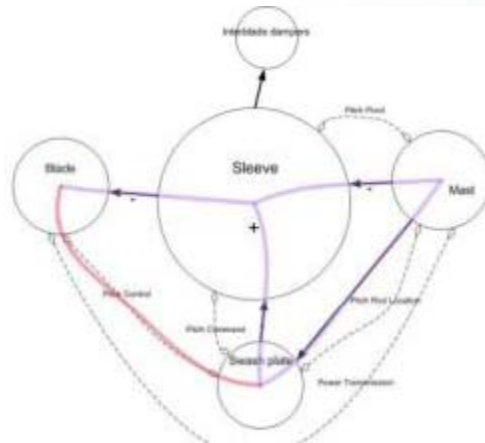


Spécifications des surfaces

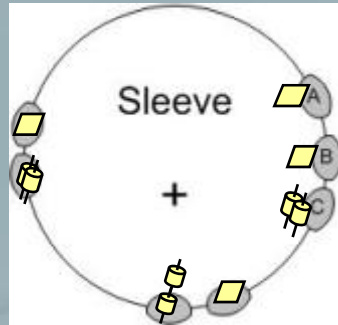
| Résultats requête | | | |
|-------------------|-------|--|---------|
| Exigences parents | | | |
| T | Nom | Label | |
| E | GR X2 | Alignement en X de la flasque Inf avec la broche de pale | Manchon |
| E | FT1.1 | Flasque Sup Positionne la pale | |
| E | FT1 | Le manchon maintient la pale | Manchon |
| E | FP1 | Transmettre les commandes de la bielle à la pale | Manchon |



Manchon de rotor



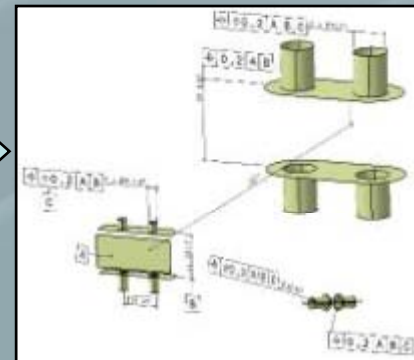
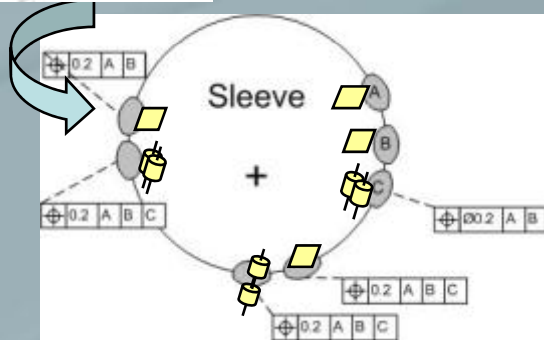
GAIA Modelling



3D Modelling

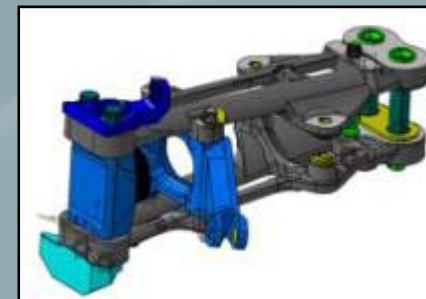


Interface modeling
(functional skeleton)

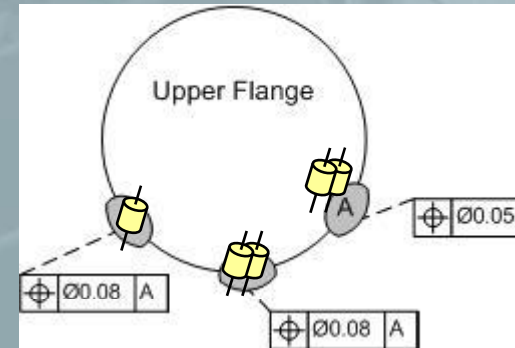
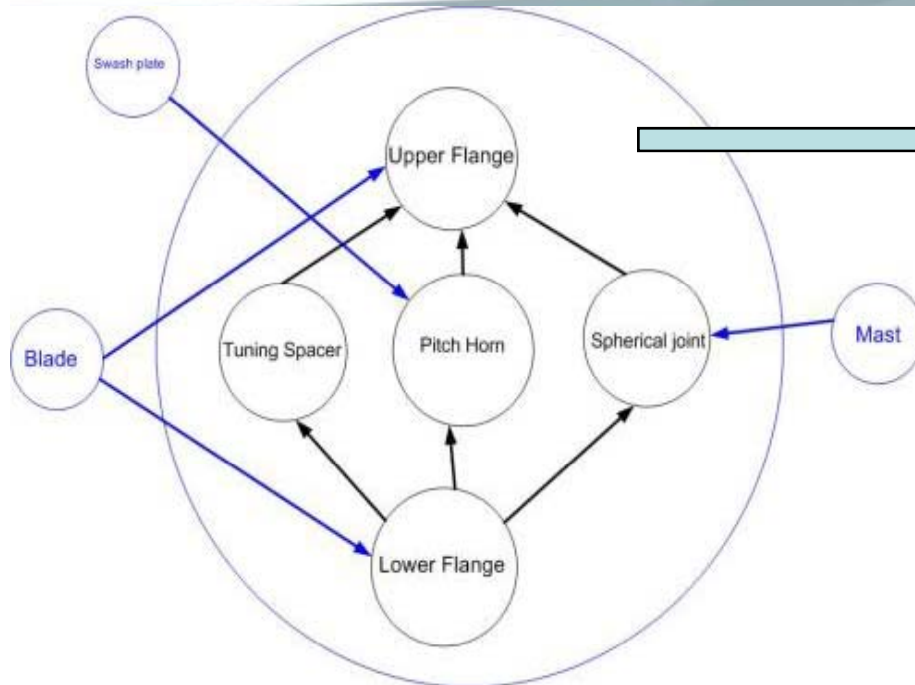


Functional tolerancing

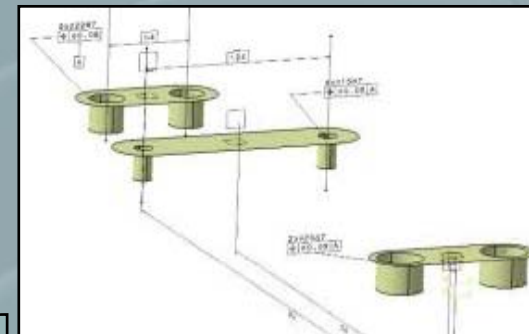
Process and materials



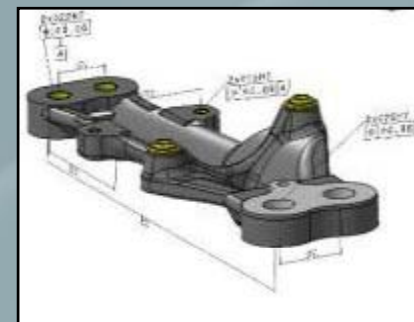
Volume modelling



Spécification des interfaces



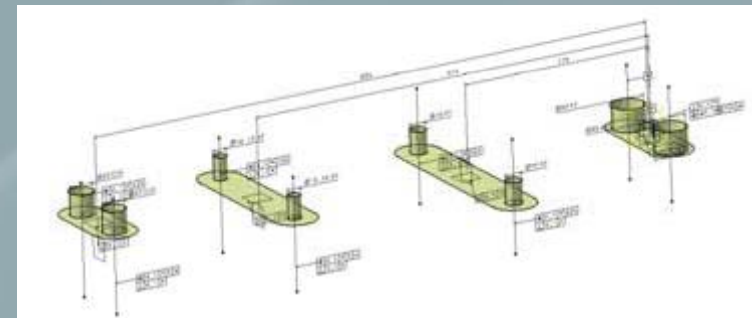
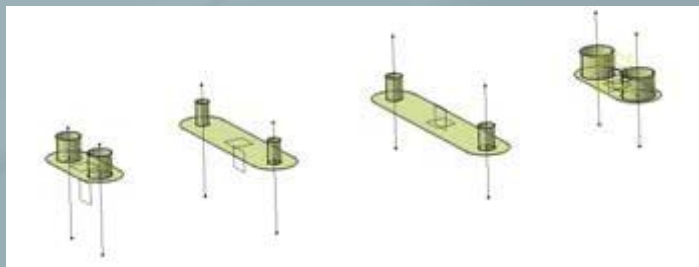
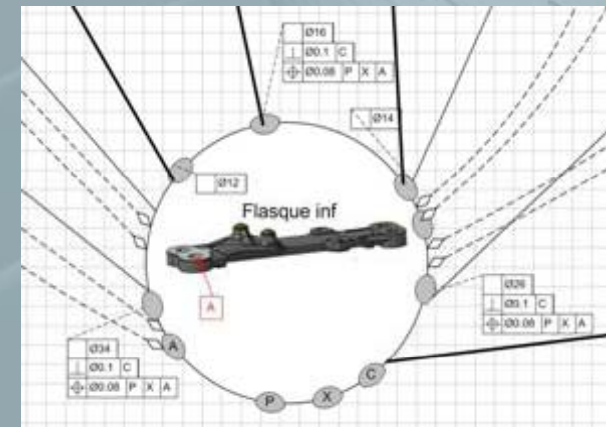
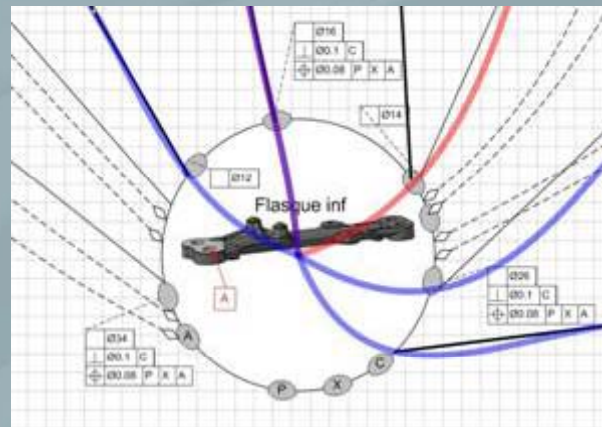
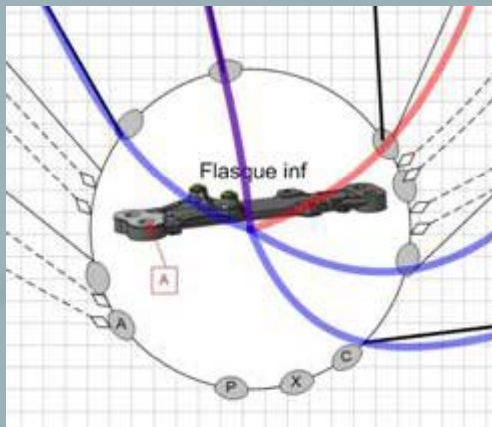
Modélisation et tolérancement des interfaces



Modélisation volumique

Exemple Rotor

- ❖ Synthèses des surfaces fonctionnelles (traversée par une chaîne de côte)
- ❖ Choix des références
- ❖ Synthèse des spécification géométriques



- Mise en place d'une méthode de conception **structuro fonctionnelle**:
 - ❖ Conception fonctionnelle paramétrique par les **interfaces**
 - ❖ Schématique à base de graphes d'assemblage imbriqués
 - ❖ Lien fonctions, choix de conception et caractéristiques géométriques
 - ❖ Méthode outillée par **GAIA** et **ANATOLE**
- Capitalisation des décisions fonctionnelles
- Analyse d'impacts: fonctions \leftrightarrow caractéristiques géométriques

