

Démarche de spécification en conception

INTRODUCTION

La mise en œuvre d'une démarche structurée de spécification des produits nécessite la compréhension des mécanismes qui conduisent à l'organisation physique des surfaces d'une pièce.

Cette organisation découle d'une approche fonctionnelle qui partant d'un besoin, va conduire à proposer une architecture générale souvent représentée par un schéma cinématique. Suivra alors une décomposition plus fine associant à chaque liaison cinématique un ensemble de surfaces de contact interfaces entre les composants nécessaires à la matérialisation des intentions technologiques du concepteur.

Le travail de spécification commence ainsi très tôt dans le processus de conception. Les conditions fonctionnelles sont énoncées au fur et à mesure de l'avancement du projet et ont une incidence directe sur les informations qui seront reportées sur les surfaces de contact interfaces entre les composants du mécanisme.

Pour illustrer notre propos nous allons nous servir de l'exemple de la charnière pour profilés standard.

CDCF DE L'EXEMPLE

Le produit étudié répond à un besoin exprimé pour compléter une gamme d'éléments standard destinée à la réalisation de châssis modulaires. La gamme doit être étendue par l'ajout d'éléments «charnière» permettant la réalisation de fonctions d'articulation entre une structure dormante et un ouvrant. Les charnières sont destinées à fonctionner par paire.

Le besoin exprimé est illustré par l'extrait de cahier des charges ci-dessous :

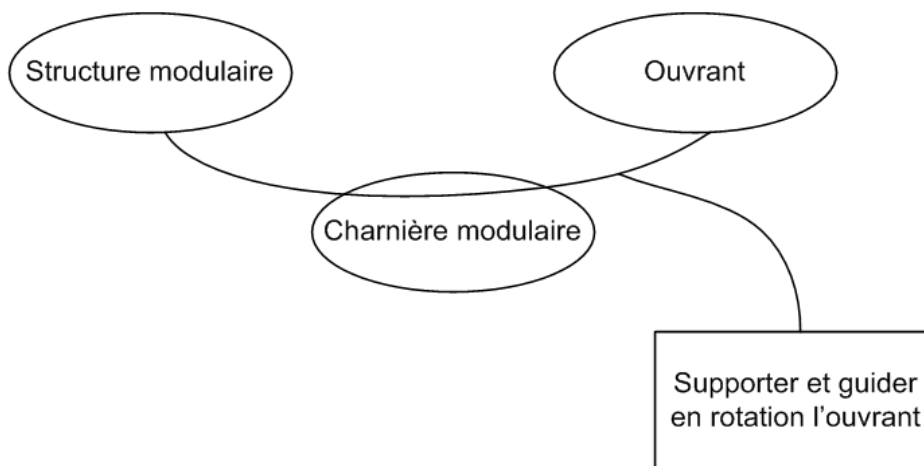


Figure 1 : Validation du besoin



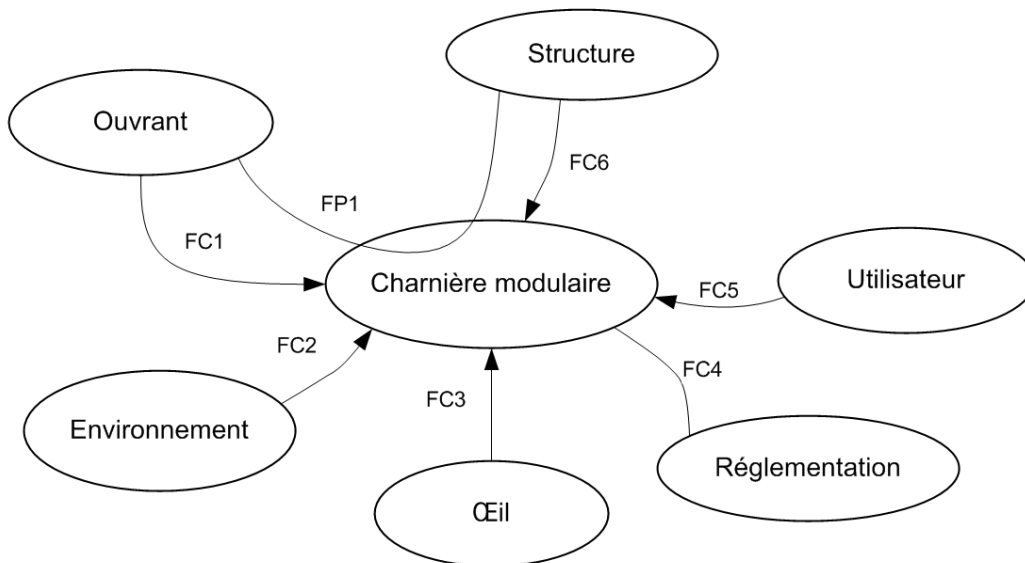
Grphe des interacteurs point de vue utilisation

Figure 2 : Interacteurs point de vue utilisation

Liste des fonctions de service associées :

- FP1 : Supporter et guider en rotation l'ouvrant,
- FC1 : S'adapter à l'ouvrant,
- FC2 : Résister aux agressions extérieures,
- FC3 : Etre agréable à l'œil,
- FC4 : Respecter les normes de sécurité en vigueur,
- FC5 : Faciliter l'utilisation,
- FC6 : S'adapter à la structure.

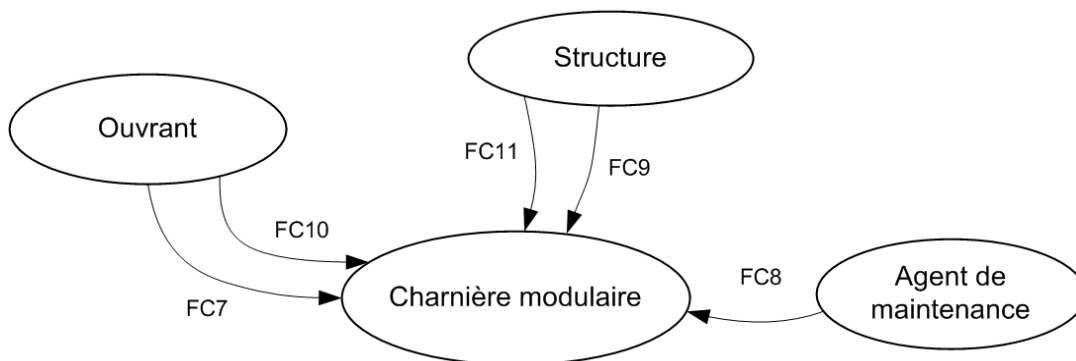
Grphe des interacteurs point de vue installation et maintenance

Figure 3 : Interacteurs point de vue installation et maintenance

Liste des fonctions de service associées :

- FC7 : S'adapter aux zones de fixation de l'ouvrant,
- FC8 : Faciliter le montage,
- FC9 : S'adapter aux zones de fixation de la structure,
- FC10 : Respecter l'intégrité de l'ouvrant,
- FC11 : respecter l'intégrité de la structure.



Grphe des interacteurs point de vue fabriquant

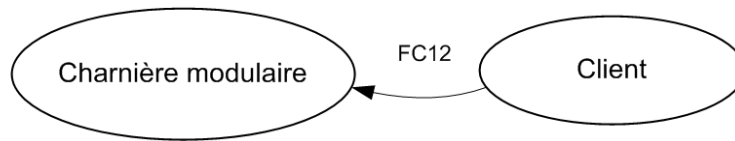


Figure 4 : Interacteurs point de vue fabriquant

Liste des fonctions de service associées :

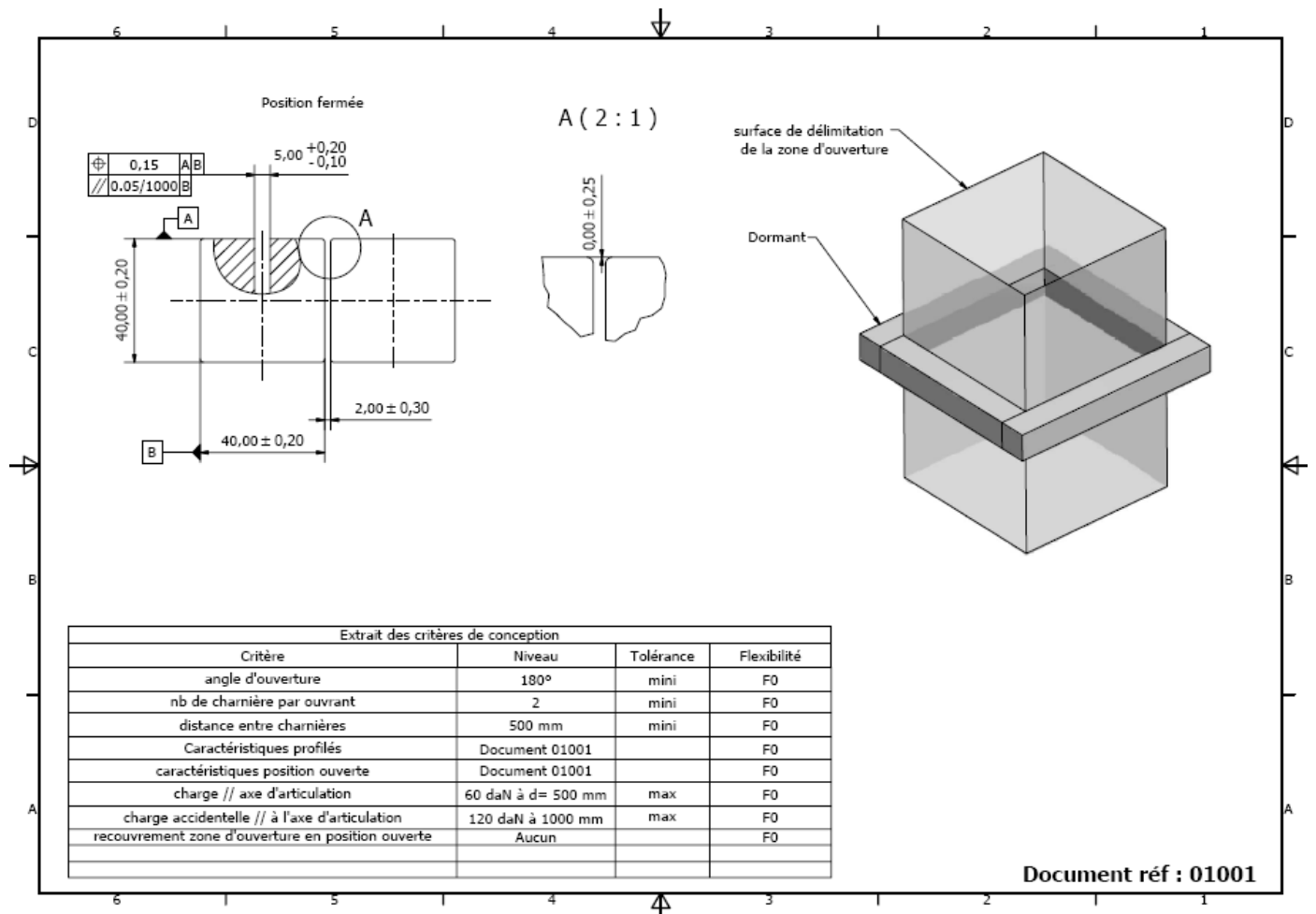
- FC12 : Permettre une utilisation quasi systématique de la charnière.

Caractérisation des fonctions de service

Fonction	Critère	Niveau	Flexibilité	Classe
FP1	Masse ouvrant	60 daN à 500 mm de l'axe d'articulation	Maxi	F0
	Angle d'ouverture	180°	mini	F0
	Position de fonctionnement	Indifférente		F0
	Nbre de charnière par ouvrant	2	mini	F0
	Distance entre les charnières	500 mm	Mini	F0
	Recouvrement zone d'ouverture en position ouverte	Aucun (cf. document 01001)		F0
FC1	Profil ouvrant	Document descriptif profil 40x40, plan de définition de section 01001		F0
FC2	Taux d'humidité	80%	Maxi	F0
	Poussières	.../m3	Maxi	F2
	Présence de corps gras	Possible mais produits non définis		F3
	Tenue au brouillard salin	... Heures	Maxi	F0
FC3	Couleur	Noir brillant (RAL ...)		F0
FC4	Textes réglementaires	Normes xxxx Recommandations INRIS documents n° yyy		F0
FC5	Couple résistant sans charge accidentelle	3 Nm	Maxi	F0
	Charge accidentelle supplémentaire	120 daN à 1 m de l'axe pivot	Maxi	F0
FC6	Profil ouvrant	Document descriptif profil 40x40, plan de définition de section 01001		F0
FC7	Profil structure	Document descriptif profil 40x40, plan de définition de section 01001		F0
FC8	Nombre d'outils	1	Maxi	F0
	Type d'outil et dimension(s)	Clé mâle 6 pans xxx Nomenclature sssss		F0
	Eléments de fixation	Nomenclature 0600-NM0500		F0



Fonction	Critère	Niveau	Tolérance	Flexibilité
FC9	Profil de structure	Document descriptif profil 40x40, plan de définition de section 01001		F0
FC10	Profondeur marques résiduelles après démontage	0,02 mm	Maxi	F0
FC11	Profondeur marques résiduelles après démontage	0,02 mm	Maxi	F0
FC12	Coût objectif	Xxxxx €/charnière	Maxi	F0
	Production souhaitée	2000 charnières/mois	± 10%	F2



ANALYSE FONCTIONNELLE TECHNIQUE

Le FAST permet de mettre en évidence les fonctions techniques à réaliser. Les solutions associées seront illustrées par différents schémas.

Au cours de la mise en œuvre de l'analyse fonctionnelle et en fonction du niveau de décomposition, le concepteur pourra être amené à tracer des schémas illustrant l'évolution de sa réflexion.

La figure suivante présente le FAST (constitué des seules fonctions qui ont conduit à une solution particulière) et les schémas associés aux différents niveaux de réflexion.



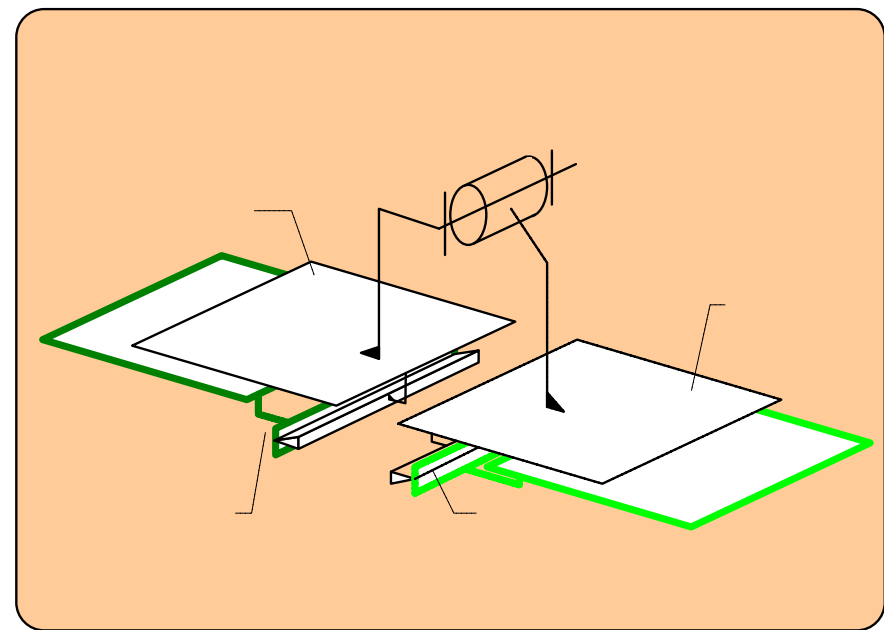
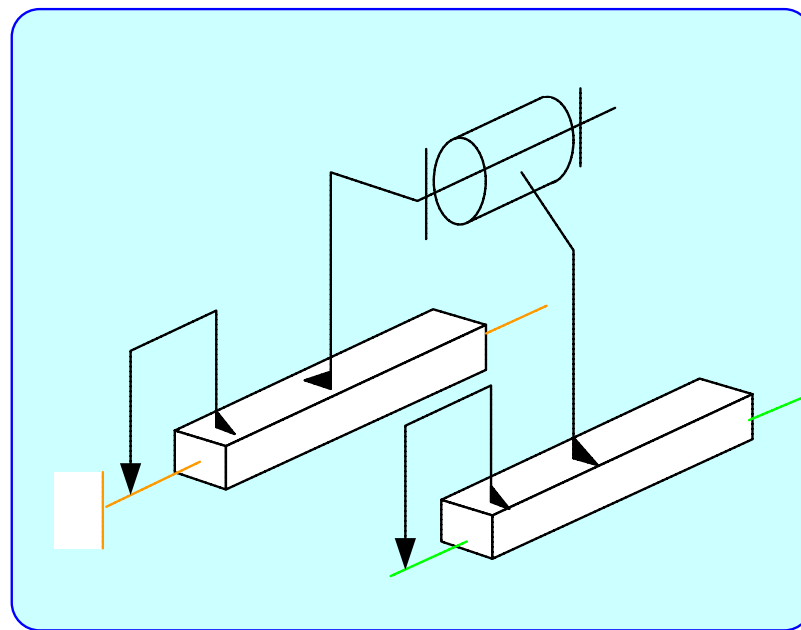
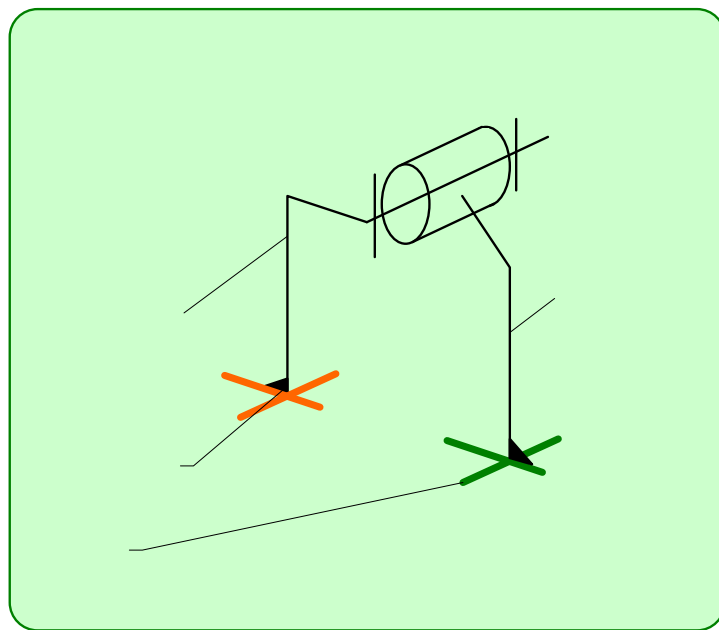
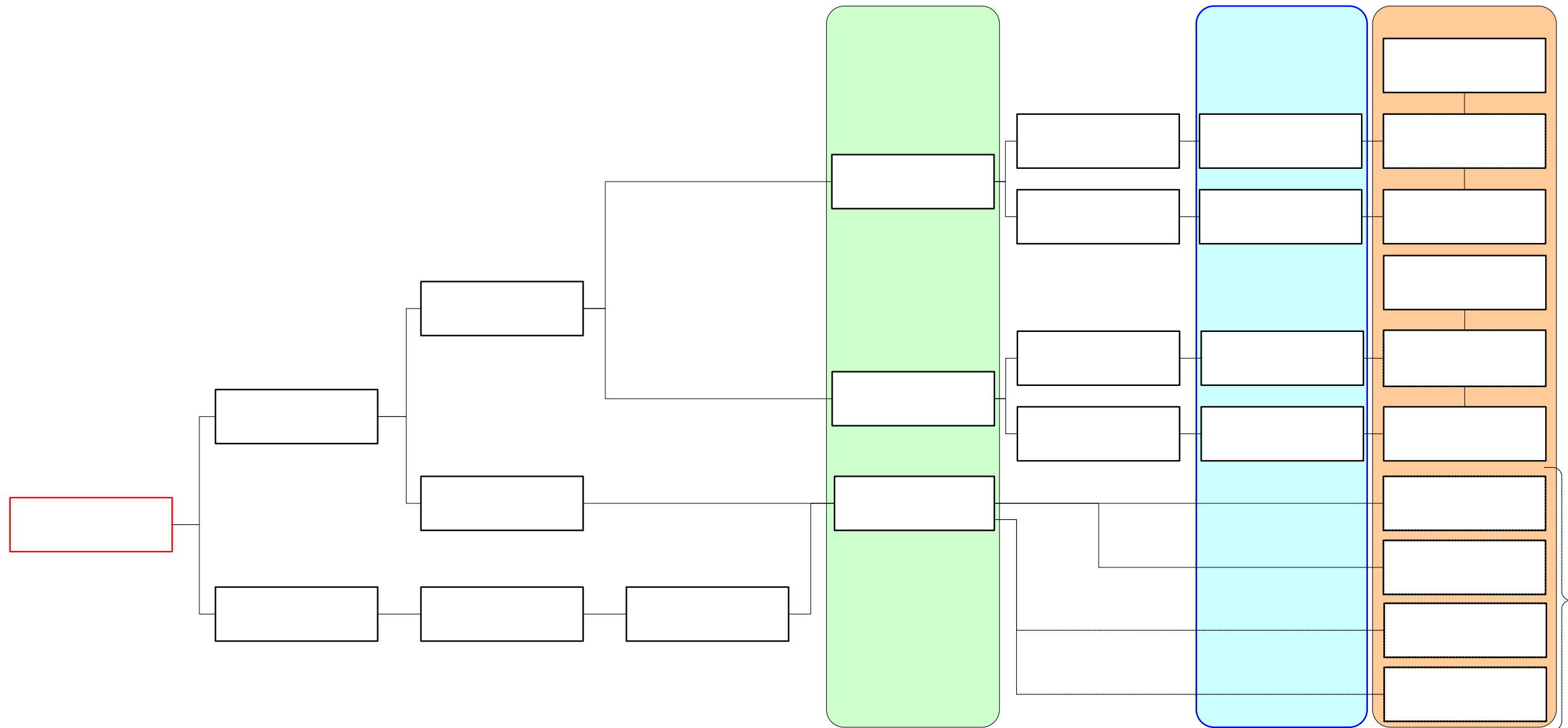


Figure 5 : FAST et schémas évolutifs de la solution choisie



LES CONDITIONS FONCTIONNELLES LIEES A L'ARCHITECTURE DU PRODUIT

Arrivé au stade du schéma architectural le concepteur peut commencer à dégager des conditions fonctionnelles entre les objets géométriques théoriques associés aux liaisons mises en œuvre.

Avant d'émettre toute condition entre les éléments, il est important de hiérarchiser les composants par un graphe de définition des liens de parenté.

Parent de ☞						
Ouvrant	☞	Paumelle fixe	☞	Paumelle mobile	☞	Dormant

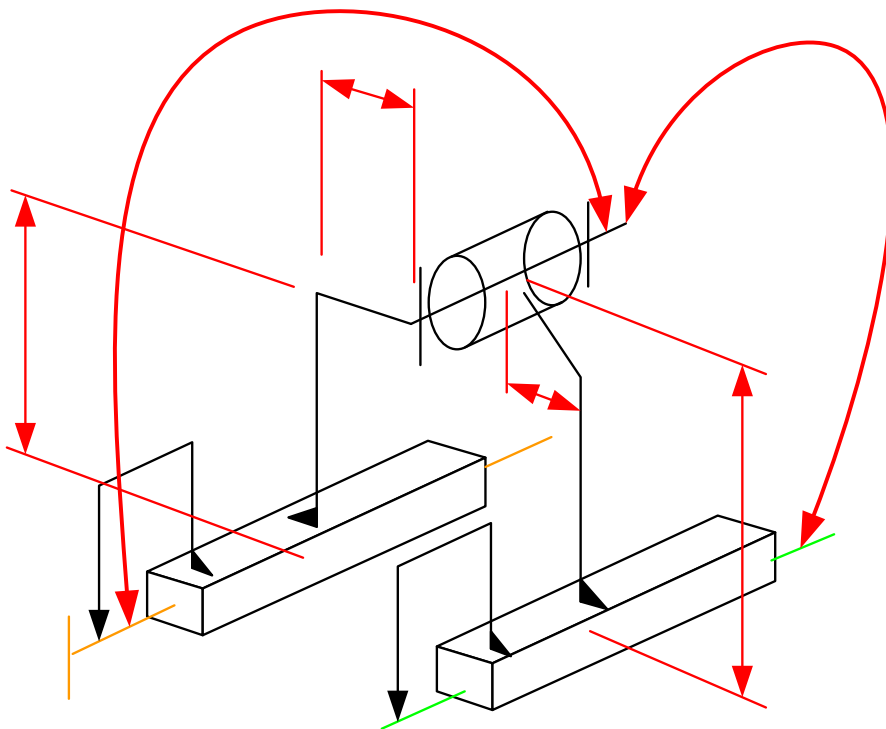


Figure 6 : Conditions fonctionnelles associées au schéma architectural primaire

Les fonctions « Guider en rotation » et « Supporter les efforts » ne sont réalisées qu'en utilisant une combinaison de deux charnières. Ces dernières sont positionnées sur les mêmes droites directions supports des glissières. Aussi pour garantir un bon fonctionnement, le concepteur peut mettre en évidence la nécessité d'une coaxialité entre les axes Δ des deux charnières qui se traduit par :

- ✓ Condition 1 : Une condition de parallélisme entre la droite direction de la glissière de liaison entre la paumelle fixe et le dormant, et l'axe Δ de la liaison pivot entre la paumelle fixe et la paumelle mobile,
- ✓ Condition 2 : Une condition de parallélisme entre la droite direction de la glissière de liaison entre la paumelle mobile et l'ouvrant, et l'axe Δ de la liaison pivot entre la paumelle fixe et la paumelle mobile,



- ✓ Condition 3 : Des conditions de positions en x et y (direction z supposée être supportée par la droite pivot Δ) entre l'axe Δ et la glissière entre le dormant et la paumelle fixe,
- ✓ Condition 4 : Des conditions de positions en x et y entre l'axe Δ et la glissière entre l'ouvrant et la paumelle mobile.
- ✓ Condition 5 : garantir une distance entre les centres des liaisons pivot des deux charnières.

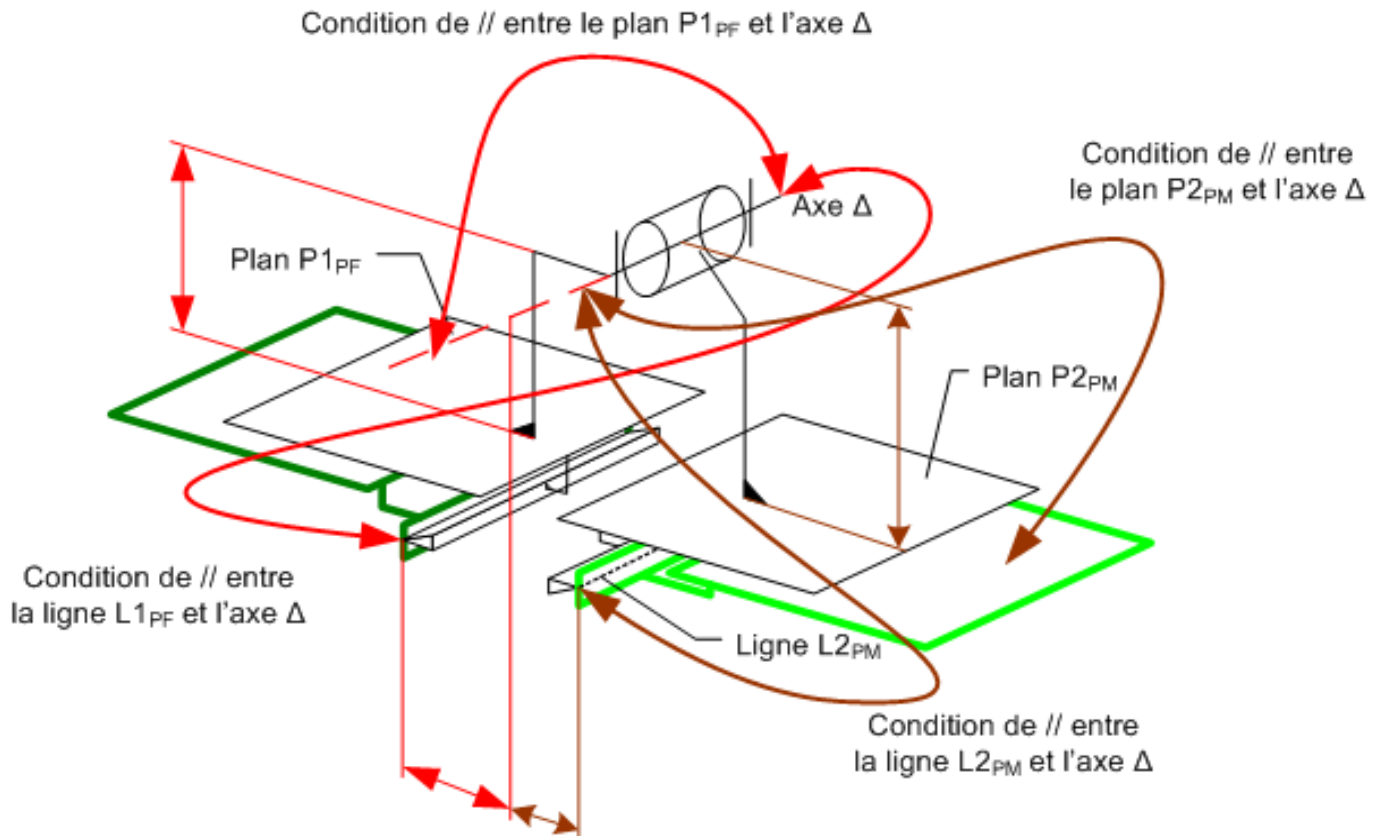


Figure 7 : Conditions fonctionnelles associées au schéma architectural détaillé

Le passage au schéma architectural détaillé permet d'affiner les conditions. Ainsi les conditions se trouvent modifiées en :

- ✓ Condition 1 :
 - Condition 1-1 : Une condition de parallélisme entre le plan $P1_{PF}$ et l'axe Δ de la liaison pivot entre la paumelle fixe et la paumelle mobile,
 - Condition 1-2 : Une condition de parallélisme entre la droite $L1_{PF}$ et l'axe Δ de la liaison pivot entre la paumelle fixe et la paumelle mobile,
- ✓ Condition 2 :
 - Condition 2-1 : Une condition de parallélisme entre le plan $P2_{PM}$ et l'axe Δ de la liaison pivot entre la paumelle fixe et la paumelle mobile,
 - Condition 2-2 : Une condition de parallélisme entre la droite $L2_{PM}$ et l'axe Δ de la liaison pivot entre la paumelle fixe et la paumelle mobile,
- ✓ Condition 3 :
 - Condition 3-1 : Une condition de distance entre le plan $P1_{PF}$ et l'axe Δ de la liaison pivot entre la paumelle fixe et la paumelle mobile,
 - Condition 3-2 : Une condition de distance entre la ligne $L1_{PF}$ et l'axe Δ de la liaison pivot entre la paumelle fixe et la paumelle mobile,



- ✓ Condition 4 :
 - Condition 4-1 : Une condition de distance entre le plan P2PM et l'axe Δ de la liaison pivot entre la paumelle fixe et la paumelle mobile,
 - Condition 4-2 : Une condition de distance entre la ligne L2PM et l'axe Δ de la liaison pivot entre la paumelle fixe et la paumelle mobile.
- ✓ Condition 5 : distance entre les éléments d'immobilisation des paumelles fixes sur les dormants et le centre des liaisons pivot.
- ✓ Condition 6 : distance entre les éléments d'immobilisation des paumelles mobile sur les dormants et le centre des liaisons pivot.

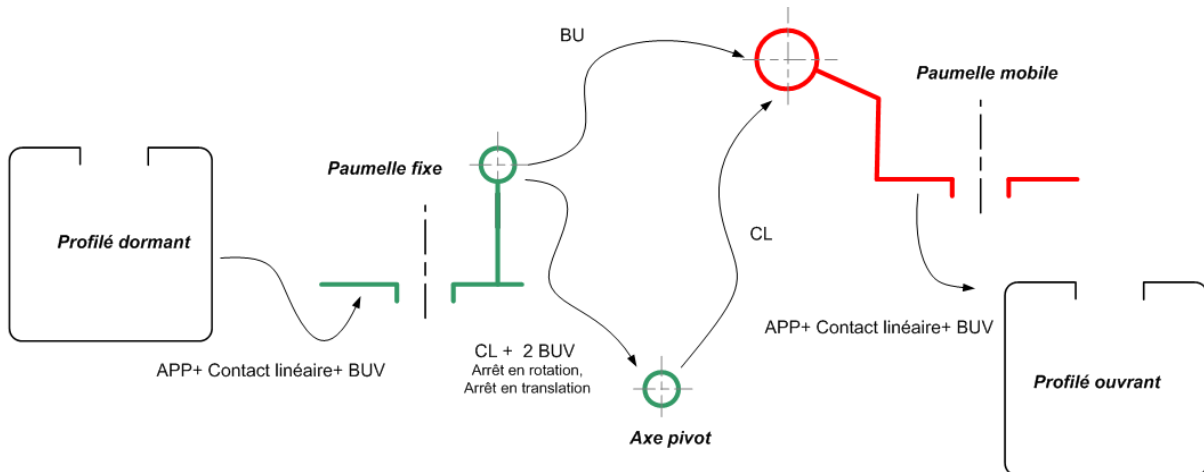


Figure 8 : Graphe de contact entre les composants imaginés

La réalisation d'un graphe de contact entre les composants imaginés pour la représentation physique du produit permet d'ordonner l'expression des conditions en tenant compte de la notion de lien de parenté entre ces composants.

Les modifications entraînées par la hiérarchisation entre les composants induit une modification de l'expression des conditions de la façon suivante :

- ✓ Condition 1 :
 - Condition 1-1 : Une condition de parallélisme entre le plan P1PF et l'axe Δ de la liaison pivot entre la paumelle fixe et la paumelle mobile,
 - Condition 1-2 : Une condition de parallélisme entre la droite L1PF et l'axe Δ de la liaison pivot entre la paumelle fixe et la paumelle mobile,
- ✓ Condition 2 :
 - Condition 2-1 : Une condition de parallélisme entre l'axe Δ de la liaison pivot entre la paumelle fixe et la paumelle mobile et le plan P2PM,
 - Condition 2-2 : Une condition de parallélisme entre l'axe Δ de la liaison pivot entre la paumelle fixe et la paumelle mobile et la droite L2PM,
- ✓ Condition 3 :
 - Condition 3-1 : Une condition de distance entre le plan P1PF et l'axe Δ de la liaison pivot entre la paumelle fixe et la paumelle mobile,
 - Condition 3-2 : Une condition de distance entre la ligne L1PF et l'axe Δ de la liaison pivot entre la paumelle fixe et la paumelle mobile,
- ✓ Condition 4 :
 - Condition 4-1 : Une condition de distance entre l'axe Δ de la liaison pivot entre la paumelle fixe et la paumelle mobile et le plan P2PM,



- Condition 4-2 : Une condition de distance entre l'axe Δ de la liaison pivot entre la paumelle fixe et la paumelle mobile et la ligne L2PM.
- ✓ Condition 5 : distance entre les éléments d'immobilisation des paumelles fixes sur les dormants et le centre des liaisons pivot.
- ✓ Condition 6 : distance entre le centre des liaisons pivot et les éléments d'immobilisation des paumelles mobile sur les dormants.

CAPABILITE DE LA SOLUTION ENVISAGEE AU REGARD DU CDCF

A ce stade de la conception les informations d'organisation sont suffisamment précises pour que soit envisagée une approche des défauts acceptables sur chacune des liaisons de la solution. Pour cela l'utilisation d'un modèle géométrique simulé permet de mettre en évidence les paramètres influents sur l'objectif de respect des contraintes du CDCF.
 voir avec Michel

En conclusion les défauts acceptables pour respecter les critères du cahier des charges se résument par le tableau suivant :

Liaison	Défauts de position acceptables	Défauts d'orientation acceptables



LES CONDITIONS FONCTIONNELLES LIEES A LA TECHNOLOGIE ASSOCIEE AUX LIAISONS

L'étape suivante de la conception consiste à traduire les différentes liaisons envisagées sous la forme de solutions technologiques.

Chaque liaison va donc mettre en œuvre une organisation particulière de surfaces de contact.

Cette organisation particulière va entraîner des conditions géométriques et de position entre les surfaces internes de la liaison. Dans la démarche de recherche du bon fonctionnement d'un mécanisme, ces contraintes seront principales devant les contraintes architecturales. Dans le principe cela signifie que le concepteur rend possible le fonctionnement de la liaison puis la situe dans le mécanisme pour garantir le fonctionnement de haut niveau.

Pour chaque liaison les surfaces vont être hiérarchisées en tenant compte des degrés de liberté qu'elles suppriment. Ainsi pour une liaison pivot constituée en combinant deux surfaces cylindriques assurant un positionnement en « contact Cylindrique Long » et une surface restreinte assurant la « butée » axiale, nous pouvons affirmer que l'ensemble des deux portées cylindriques est parent de la surface butée. La condition de bon fonctionnement de la liaison implique une condition géométrique de perpendicularité entre les surfaces de contact cylindrique long et la surface restreinte réalisation la butée. Du fait de la hiérarchisation Parent/Enfant la condition s'exprimera sous la forme : la surface butée SC1 doit être perpendiculaire au groupe de surfaces centrage long GC1. Le centrage long quant à lui, permettra un bon guidage en rotation si les deux surfaces cylindriques qui le composent sont coaxiales.

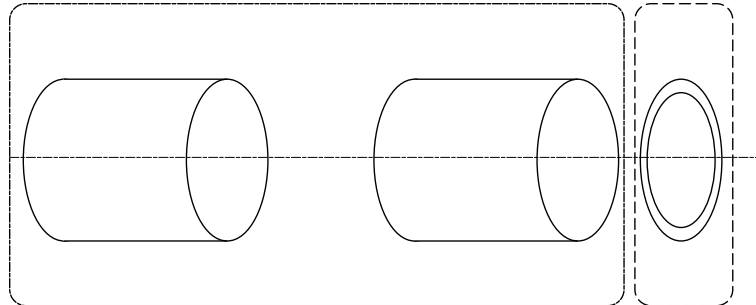


Figure 9 : Hiérarchisation des surfaces dans une liaison

Analyse des éléments surfaciques réalisant les liaisons :

- ✓ Liaison glissière entre le dormant et la paumelle fixe :

Concrètement cette dernière est réalisée par un contact plan associé à un contact linéaire. Le contact linéaire est matérialisé les deux surfaces planes restreintes latérales d'un tenon, associé à la paumelle fixe, qui trouvera place dans une rainure du profilé dormant. D'un point de vue isostatisme l'élément géométrique maître de la liaison est la surface plane du contact plan. Pour garantir un bon assemblage de la paumelle fixe sur le dormant et faire en sorte que le contact entre les faces du tenon et les flancs de la rainure du dormant se rapproche d'un contact linéique, il faut placer une condition de perpendicularité entre la surface du contact plan et les faces latérales du tenon. Après hiérarchisation cette condition s'énonce : les faces latérales du tenon doivent être perpendiculaires aux surfaces du contact plan.



- ✓ Liaison glissière entre la paumelle mobile et l'ouvrant : partant du même raisonnement que celui énoncé pour la liaison précédente, il faut une condition de perpendicularité entre les faces latérales du tenon et les surfaces du contact plan.
- ✓ Liaison pivot : éléments de la paumelle fixe.
 - Définition de l'axe de la liaison :
Une pièce intermédiaire est placée entre la paumelle fixe et la paumelle mobile : l'axe pivot. La liaison est de même type pivot + serrage radial permettant d'obtenir l'équivalent d'une liaison encastrement. Les surfaces réalisant la liaison sont deux surfaces cylindriques groupées. La caractéristique de bon fonctionnement de la liaison est essentiellement la caractéristique intrinsèque du groupement : la coaxialité relative entre ces cylindres.
 - Définition de la butée axiale : réalisée par deux surfaces planes. Ces deux surfaces doivent être perpendiculaires à l'axe de la liaison pivot.
- ✓ Création de l'effort de maintien : deux passages de vis perpendiculaires au plan d'appui.

TRAÇABILITE DE LA SPECIFICATION : LA FEUILLE D'ANALYSE

Le travail d'analyse préalable à la spécification des composants du produit « charnière » est pratiquement terminé. La tâche suivante va consister à reporter dans la feuille d'analyse les conditions énoncées en commençant par placer les conditions relatives au bon fonctionnement des liaisons puis à compléter ces informations par les conditions associées au bon fonctionnement de l'architecture en les exprimant de façon hiérarchisée.



La feuille d'analyse suivante ne comporte que les conditions fonctionnelles associées au bon fonctionnement géométrique des liaisons entre les composants du produit. Ont été ajoutées en vert les conditions de résistance et de stabilité associées aux liaisons.

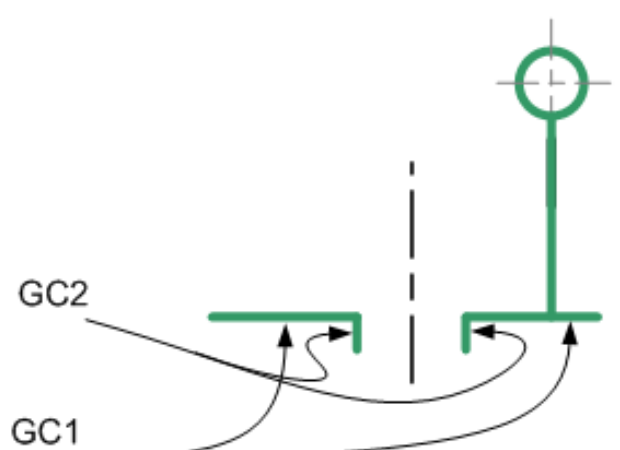
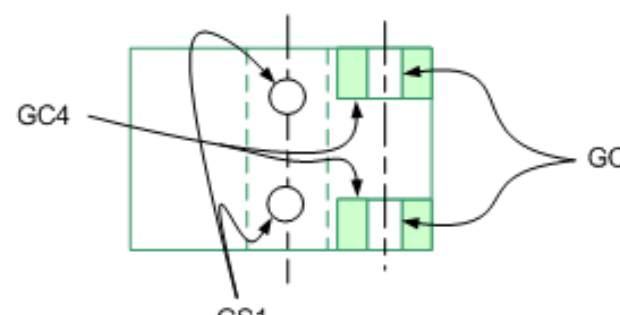
Analyse des antériorités fonctionnelles et/ou de position – Définition du modèle réf. : _____				Antériorités			Caractéristiques	
IDENTIFICATION DES SURFACES DU MODELE	Fonction Assurée	Technique	Surfaces ou groupes de surfaces fonctionnels	Primaire	Secondaire	Tertiaire	Intrinsèques	De Contact
Première vue isométrique du modèle								
	Guider en translation la PF/Dormant : Liaison glissière							
	APP		GC1 Appui semelle					
	Contact Linéaire		GC2 Faces tenon	GC1	⊥		// et distance entre les faces	
	Créer un effort normal à l'APP (MAP) -							
	BUV + MAP PF/Profilé		GS1 Perçages passage vis de maintien	GC1	⊥	GC2	Distance =0	∅ de chaque trou, distance entre les trous.
	Guider en rotation la paumelle mobile : pivot d'axe Δ							
CL		GC3 Alésage pivot					∅ de chaque portée et coaxialité relative entre les portées	
BU		GC4 Chappe d'appui		GC3	⊥		// et distance entre les faces	
Deuxième vue isométrique du modèle								
								

Figure 10 : Mise en place des caractéristiques géométriques et dimensionnelles fonctionnelles associées aux liaisons



L'étape suivante va consister à compléter la feuille d'analyse par les conditions de bon fonctionnement énoncées au stade architectural du produit (informations reportées en mauve). Les éléments géométriques théoriques sont associés aux surfaces éléments nominaux ou à leurs éléments dérivés (axes). Les informations sont portées de façon hiérarchisée.

La dernière phase consiste à compléter la feuille d'analyse par les informations relatives aux caractéristiques de contact des surfaces étudiées (bleu).

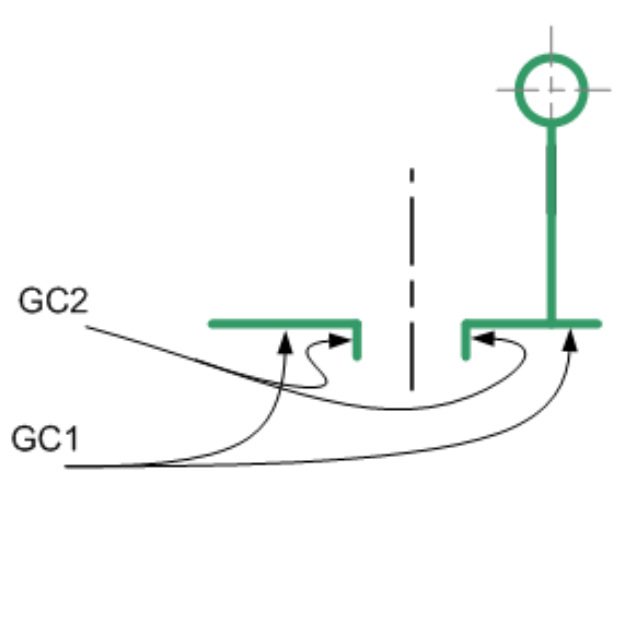
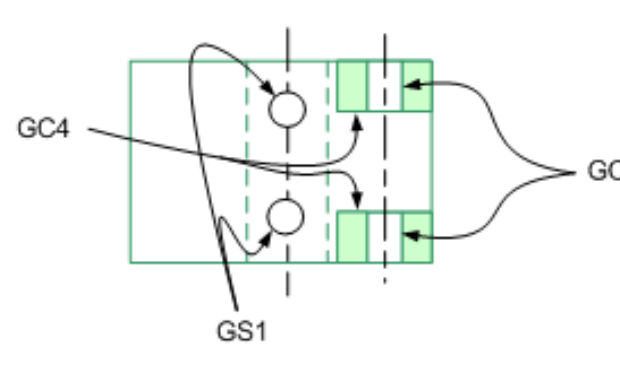
Analyse des antériorités fonctionnelles et/ou de position – Définition du modèle réf. : _____				Antériorités			Caractéristiques	
IDENTIFICATION DES SURFACES DU MODELE	Fonction Assurée	Technique	Surfaces ou groupes de surfaces fonctionnels	Primaire	Secondaire	Tertiaire	Intrinsèques	De Contact
Première vue isométrique du modèle								
	Guider en translation la PF/Dormant : Liaison glissière							
	APP	GC1	Appui semelle					AF moyen
	Contact Linéaire	GC2	Faces tenon	GC1	⊥		// et distance entre les faces	AF moyen
	Créer un effort normal à l'APP (MAP) -							
	BUV + MAP PF/Profilé	GS1	Perçages passage vis de maintien	GC1	⊥	GC2	Distance =0	∅ de chaque trou, distance entre les trous.
	Guider en rotation la paumelle mobile : pivot d'axe Δ							
CL	GC3	Alésage pivot	GC1	// et distant	GC2	// et distant	∅ de chaque portée et coaxialité relative entre les portées	AF moyen
BU	GC4	Chappe d'appui	GC3	⊥	GS1	Distance =0	// et distance entre les faces	FG moyen
Deuxième vue isométrique du modèle								
								

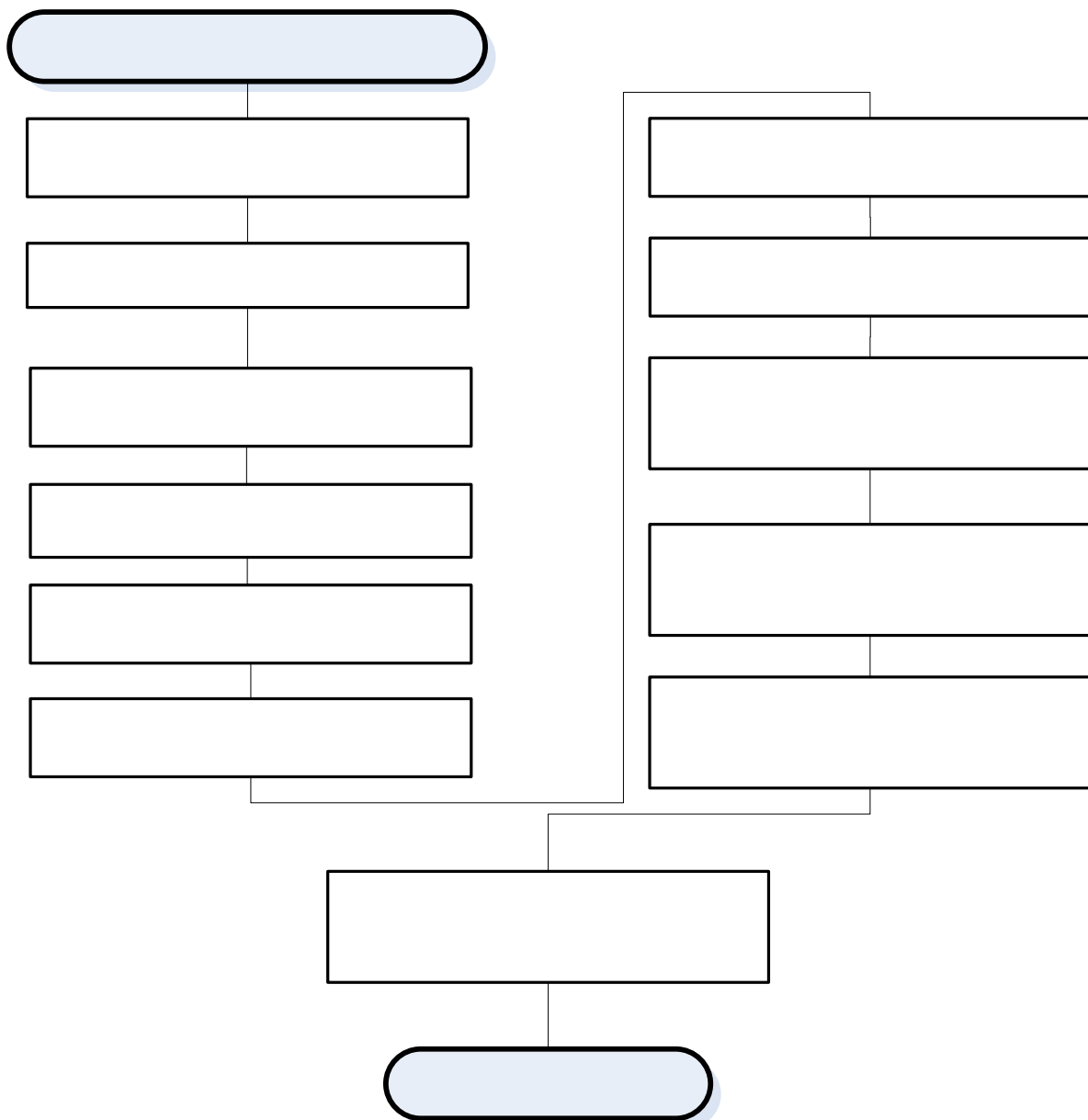
Figure 11 : Mise en place des caractéristiques géométriques et dimensionnelles associées aux conditions fonctionnelles associée à l'architecture



ORGANIGRAMME DEMARCHE DE SPECIFICATION EN CONCEPTION

La démarche suivie pour remplir ce tableau peut être résumée par l'organigramme de la page suivante.

Le résultat obtenu est identique à celui que nous obtenons par une analyse géométrique de la pièce (démarche présentée au séminaire d'Albi 12/2004). Dans le raisonnement tenu (réponse à la question : quelles sont les surfaces qui positionnent et oriente l'élément étudié [surface ou groupe de surfaces] dans la pièce pour qu'il assure la fonction à laquelle il est associé ?) l'orientation et le positionnement primaire sont toujours associés au bon fonctionnement de la liaison élémentaire à laquelle il participe. Viennent ensuite les éléments géométriques parents de positionnement et d'orientation de l'élément liaison par rapport au contexte.



L'étape suivante consiste à compléter la feuille d'analyse en ajoutant les éléments d'analyse sur les surfaces et groupes de surfaces restants. Ces objets fonctionnels sont généralement liés à des considérations de résistance mécanique, d'esthétique ou liées aux procédés d'obtention.

L'ensemble des surfaces ayant été analysé, il reste à mettre en forme le dessin de définition de chaque composant.

Le codage ISO est une phase quasi systématique de traduction des informations d'analyse en représentation normalisée. En documents annexes sont présentés deux organigrammes d'aide au codage. Ces organigrammes sont amenés à être modifiés en fonction de l'évolution des normes. Ils restent toutefois une aide à l'apprentissage du codage ISO.

Les dessins xxx, yyyy, zzz des trois composants présentent les schémas de spécification primaires résultant de l'analyse effectuée.

La phase de tolérancement appuyée sur le tableau des défauts acceptables par liaison va permettre de renseigner les champs intervalles de tolérance des spécifications géométriques et dimensionnelles. Il en résulte la disparition de certaines spécifications restrictives d'orientation.

Exemple de prise en compte des défauts acceptables sur une liaison particulière :

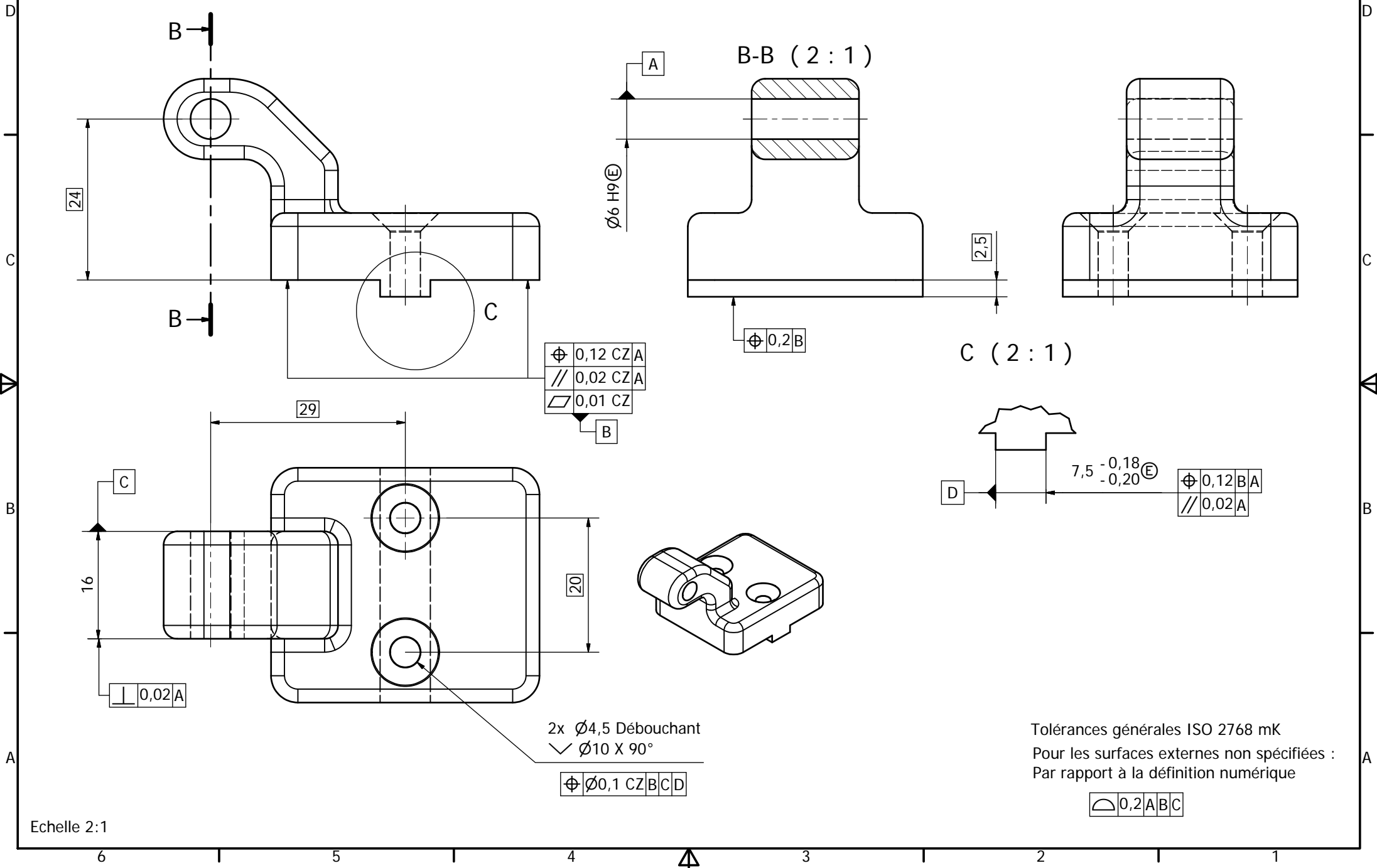
Les dessins de définition terminés reprennent les IT permettant de répondre au mieux au CDCF.

La démarche de définition des IT s'est faite d'un point de vue géométrique. Compte tenu du nombre de pièces à fabriquer une approche statistique permettrait d'élargir ces IT.

En allant plus loin il faudrait tenir compte des caractéristiques (capabilité, dérive,...) des procédés de réalisation pour aller vers un tolérancement de type inertielle...



Liste des pièces			
Référence	Désignation	Matière	Masse
001-0002	Paumelle mobile	EN AC - AlCu4MgTi (A-U4GT)	0,049 kg



(5 : 1)

35

8

Ø6 c9E

6,15

A

A (30 : 1)

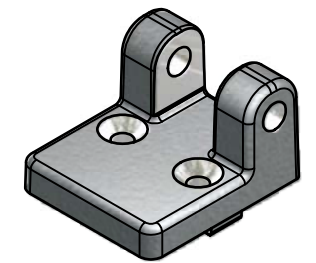
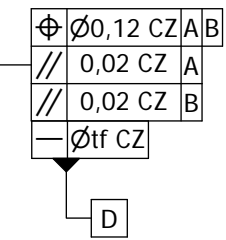
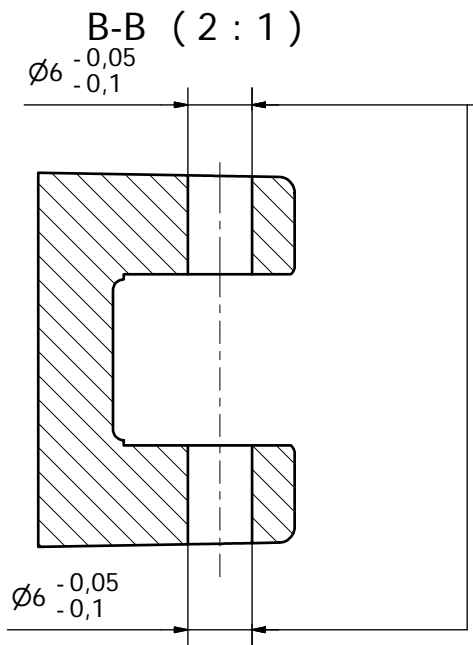
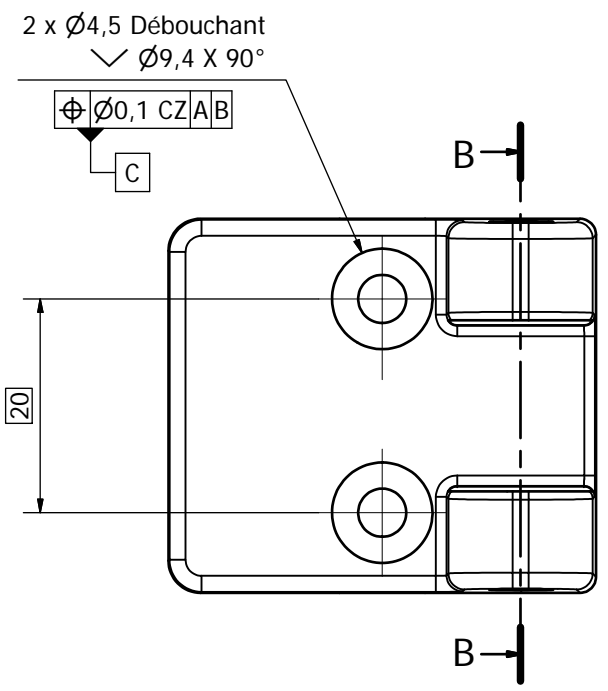
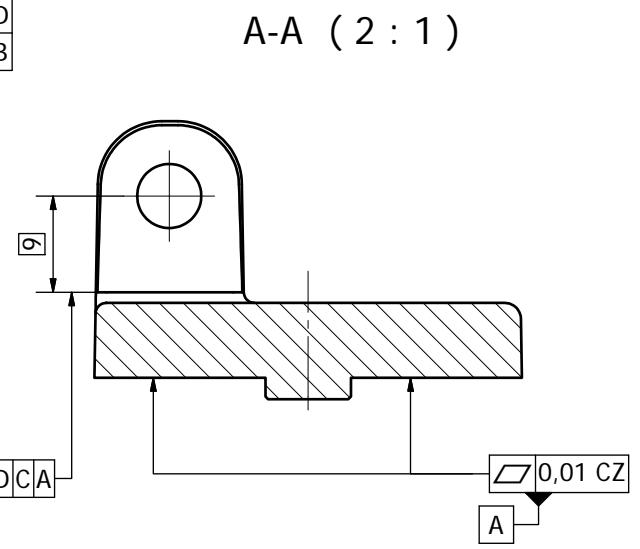
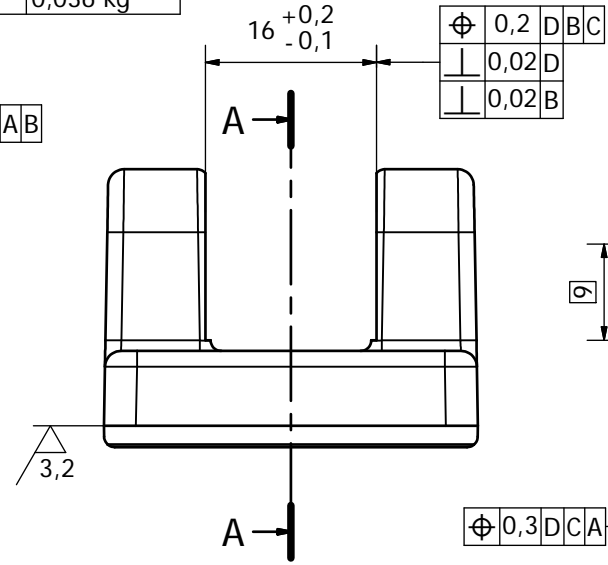
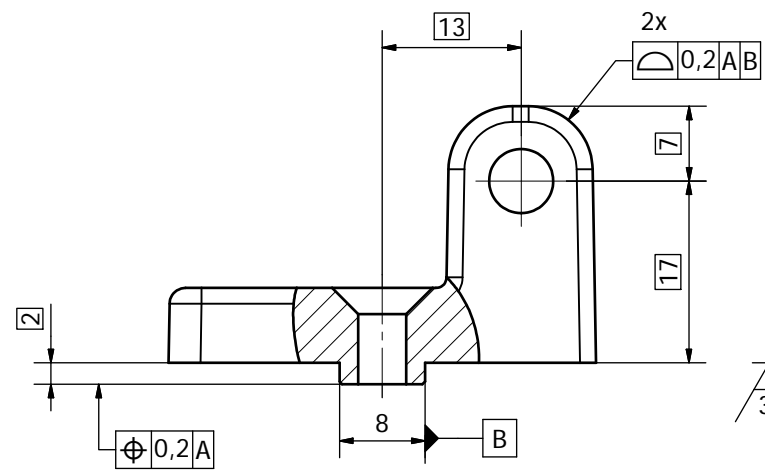
100 dents profondeur 0,015

Tolérances générales ISO 2768 mK

Liste des pièces

Référence	Désignation	Matière	Masse
001-0003	Axe pivot crennelé	X30Cr13	0,008 kg

Liste des matières			
Référence	Désignation	Matière	Masse
001-001F1-02	Paumelle fixe 40 x 40	Al Cu 4 Mg	0,036 kg



Tolérances générales ISO 2768 mK
 Pour les surfaces externes non spécifiées :
 Par rapport à la définition numérique

