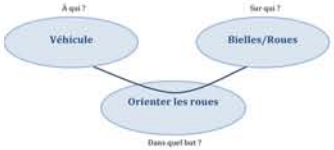
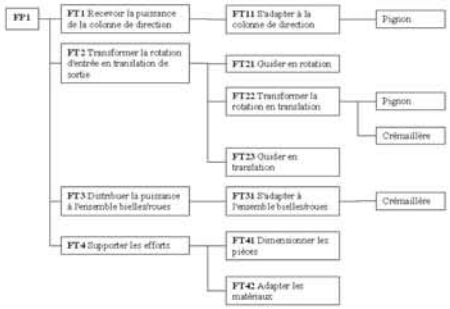
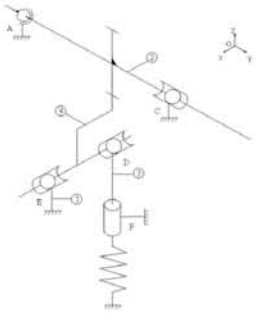
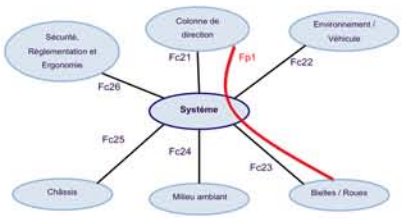


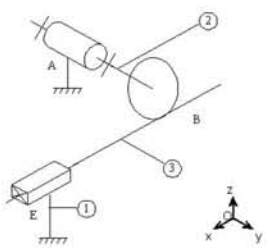


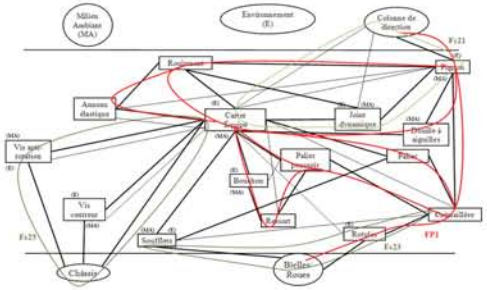


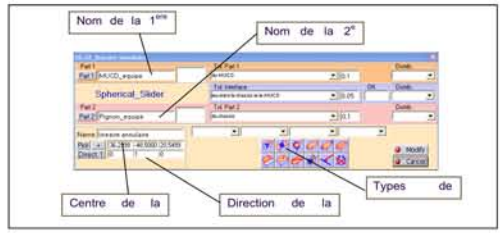
Démarche de conception préliminaire

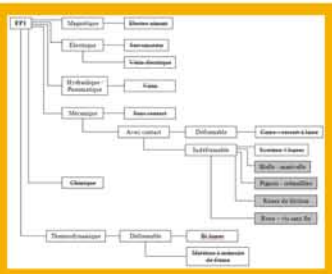
Les enjeux des outils d'aide à la conception dans la formation d'ingénieurs.

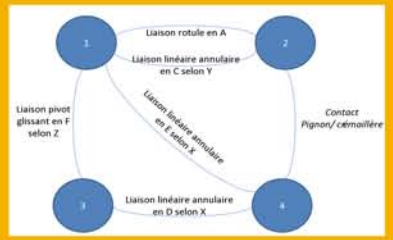


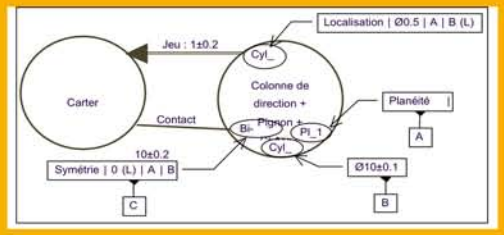


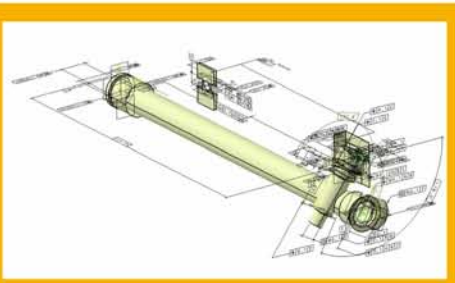












Dessins : MuCD - GM3A (Delot, Hummel, Michault, Tersou, Ticot, Vignerol)

CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET METIERS
Cnam
Frédéric CHARPENTIER

Jeudi 18 mars 2010

cefipa Ingénieur autrement...

eiCnam ÉCOLE D'INGÉNIEUR

Présentation.

I – Une approche de la conception.

II – Outils et méthodes.

III - Bilan.

Frédéric CHARPENTIER
Frederic.Charpentier@cfc-technic.fr

Expert AFNOR – ISO
Membre du GRT

I – Une approche de la conception.

Quels sont les espaces des expressions de la conception ?

Quels sont les espaces des expressions de la conception ?

I – Une approche de la conception.

Quels sont les espaces des expressions de la conception ?

« Fonctions »

« Caractéristiques »

I – Une approche de la conception.

Quels sont les espaces des expressions de la conception ?

« Fonctions »

Monde abstrait

(Espace définitionnel)

« Caractéristiques »

Le monde abstrait représente les pensées, les modèles que l'homme conceptualise.

I – Une approche de la conception.

Quels sont les espaces des expressions de la conception ?

« Fonctions »

Monde abstrait

(Espace définitionnel)

Le monde abstrait représente les pensées, les modèles que l'homme conceptualise.

« Caractéristiques »

Monde physique.

(Espace opérationnaliste)

Le monde physique est considéré en tant qu'ensemble de choses et de phénomènes que l'homme peut observer

I – Une approche de la conception.

Monde physique.

« Caractéristiques »

Monde physique.

« Caractéristiques »

$Cp_{i,}$

Cp_i — φ — $Cp_{i,j}$

$Cp_{i,n}$

Caractéristique mère.

Caractéristiques filles.

$$Cp_i = \underline{\underline{f}}(Cp_{i,1},..,Cp_{i,j},....,Cp_{i,n})$$

I – Une approche de la conception.

Monde physique.

« Caractéristiques »

$Cp_{i,}$

Cp_i — φ — $Cp_{i,j}$

$Cp_{i,n}$

Caractéristique mère.

Caractéristiques filles.

$$Cp_i = \underline{\underline{f}}(Cp_{i,1},..,Cp_{i,j},....,Cp_{i,n})$$

Filiation des caractéristiques physiques

$$(Cp_{i,1},..,Cp_{i,j},....,Cp_{i,n}) = \underline{\underline{g}}(Cp_i)$$

Monde physique.

« Caractéristiques »

$Cp_{i,}$

Cp_i — φ — $Cp_{i,j}$

$Cp_{i,n}$

Caractéristique mère.

Caractéristiques filles.

$$Cp_i = \underline{\underline{f}}(Cp_{i,1},..,Cp_{i,j},....,Cp_{i,n})$$

Filiation des caractéristiques physiques

$$(Cp_{i,1},..,Cp_{i,j},....,Cp_{i,n}) = \underline{\underline{g}}(Cp_i)$$

Héritage

Monde physique.

« Caractéristiques »

$Cp_{i,}$

Cp_i — φ — $Cp_{i,j}$

$Cp_{i,n}$

Caractéristique mère.

Caractéristiques filles.

$$Cp_i = \underline{\underline{f}}(Cp_{i,1},..,Cp_{i,j},....,Cp_{i,n})$$

Filiation des caractéristiques physiques

$$(Cp_{i,1},..,Cp_{i,j},....,Cp_{i,n}) = \underline{\underline{g}}(Cp_i)$$

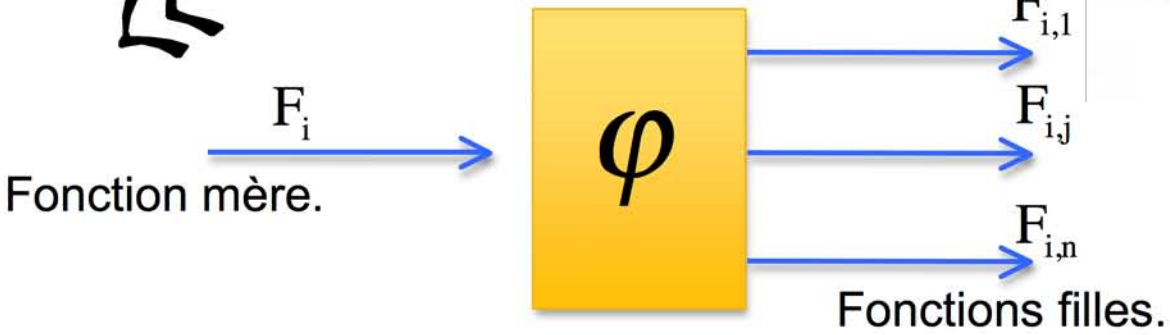
Héritage

Classe de robustesse

I – Une approche de la conception.

Monde abstrait.

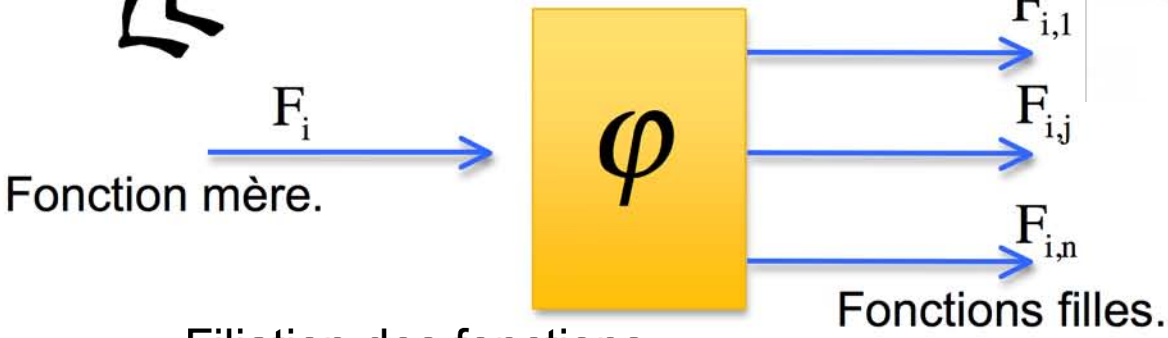
« Fonctions »



I – Une approche de la conception.

Monde abstrait.

« Fonctions »



Filiation des fonctions

$$(F_{i,1},..,F_{i,j},...,F_{i,n}) = \underline{\underline{G}}(F_i)$$

Le système doit s'adapter au milieu ambiant.

Le système doit s'adapter : à une pression,
à une température,
…

I – Une approche de la conception.

Monde abstrait.

« Fonctions »

Obtention d'une phrase explicite permettant d'exprimer des solutions.

I – Une approche de la conception.

Monde abstrait.

« Fonctions »

Obtention d'une phrase explicite permettant d'exprimer des solutions.

Heuristiques de conception.

- Règle identifiée prouvée ou non scientifiquement
- Orientation de la réflexion
- Approche progressive d'un problème donné en vue d'en trouver la solution

I – Une approche de la conception.

Monde abstrait.

« Fonctions »

Obtention d'une phrase explicite permettant d'exprimer des solutions.

Heuristiques de conception.

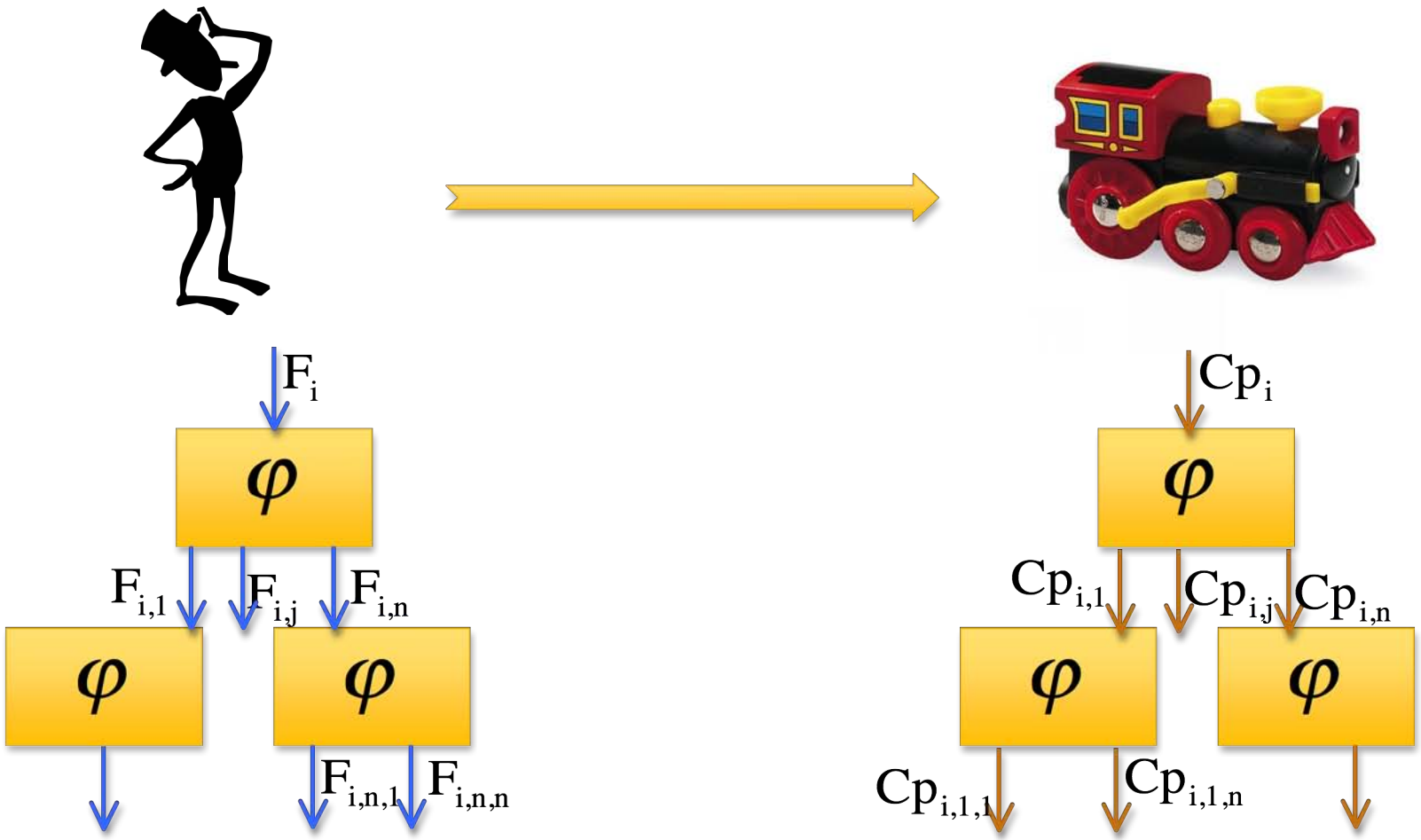
- Règle identifiée prouvée ou non scientifiquement
- Orientation de la réflexion
- Approche progressive d'un problème donné en vue d'en trouver la solution

Heuristiques existantes :

- Principes d'innovation de TRIZ.
- Solutions standard de TRIZ.
- Séparation des exigences contradictoires de MAL'IN (Méthode TREFLE – matrice des contradictions).
- Règles de POLOVINKIN.
- Règles de connaissances de base de l'ingénieur.

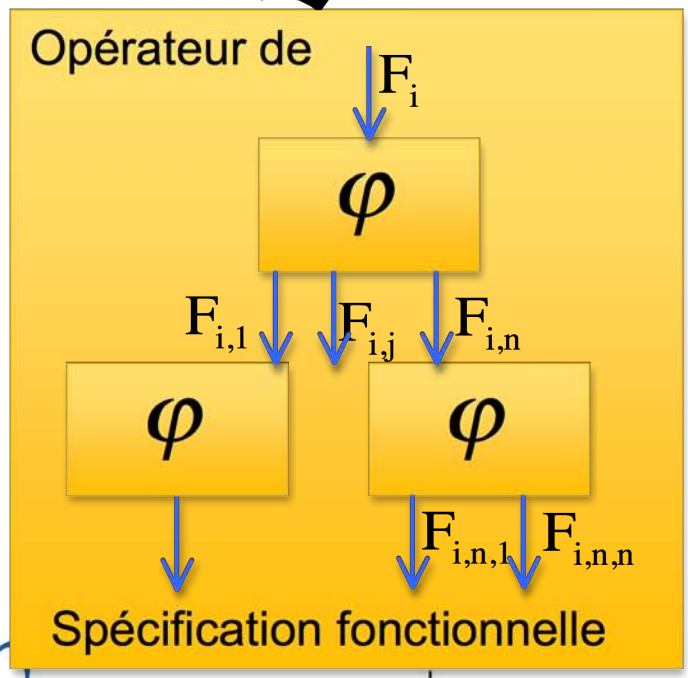
I – Une approche de la conception.

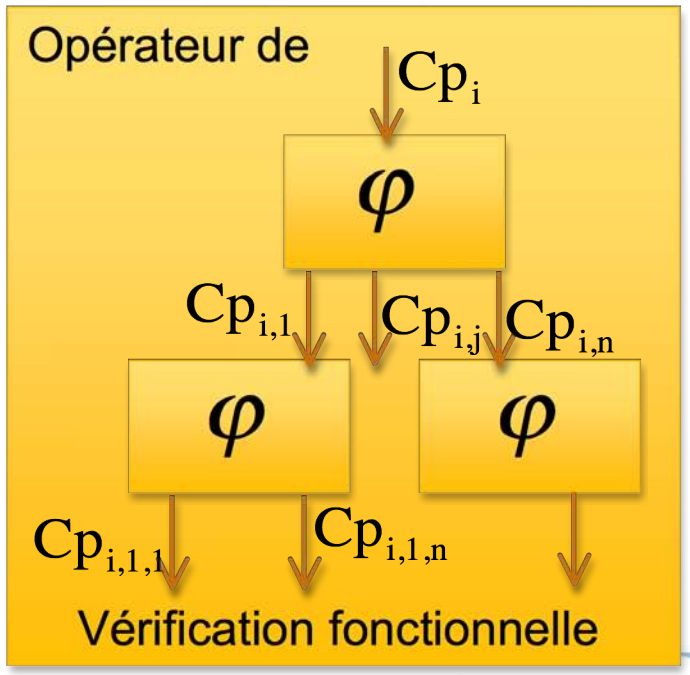
Monde abstrait & Monde physique.



I – Une approche de la conception.

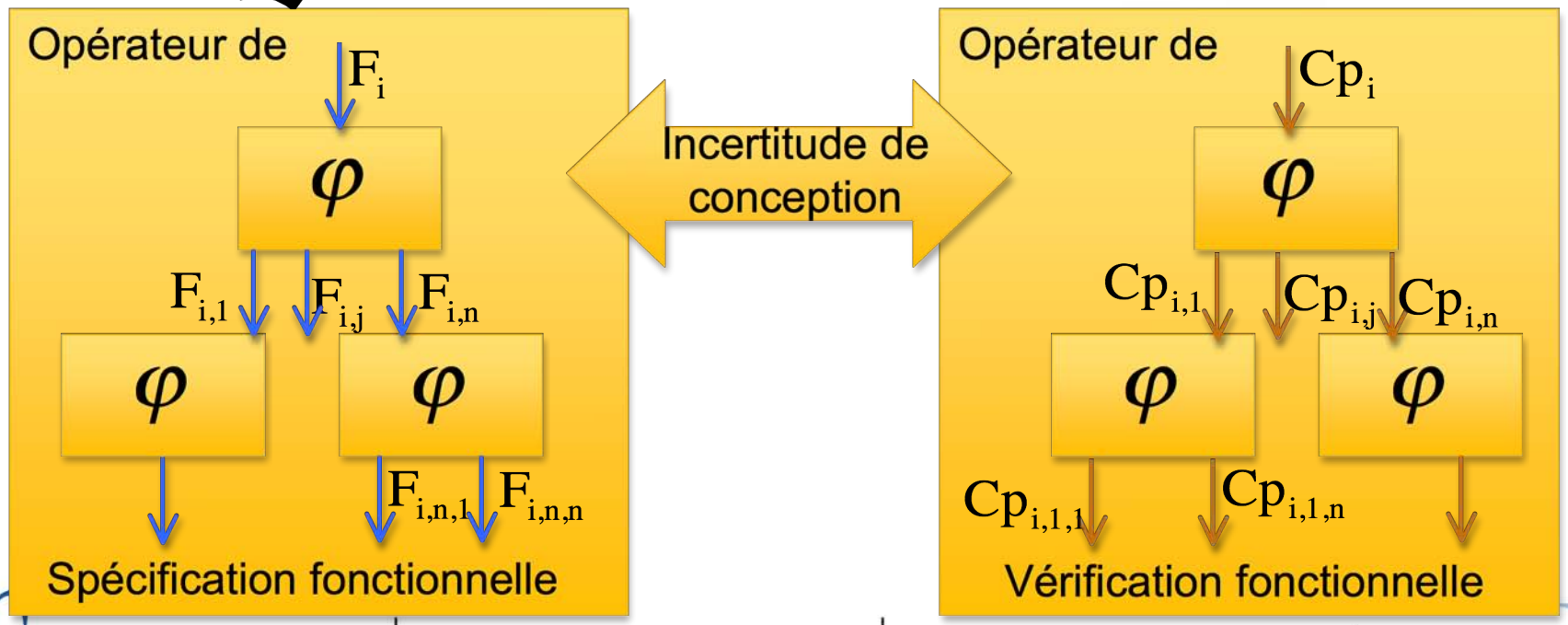
Monde abstrait & Monde physique.



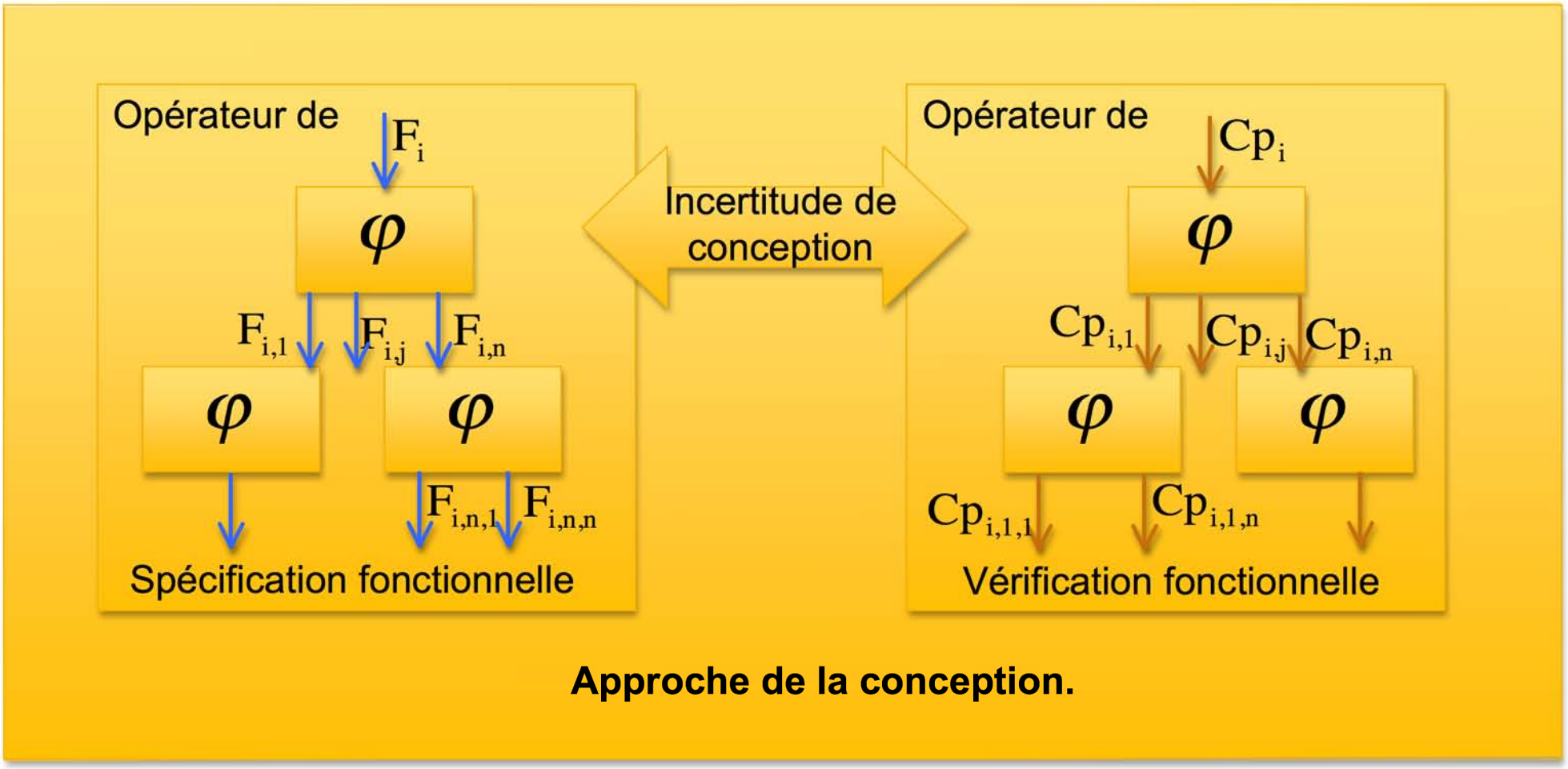


I – Une approche de la conception.

Monde abstrait & Monde physique.

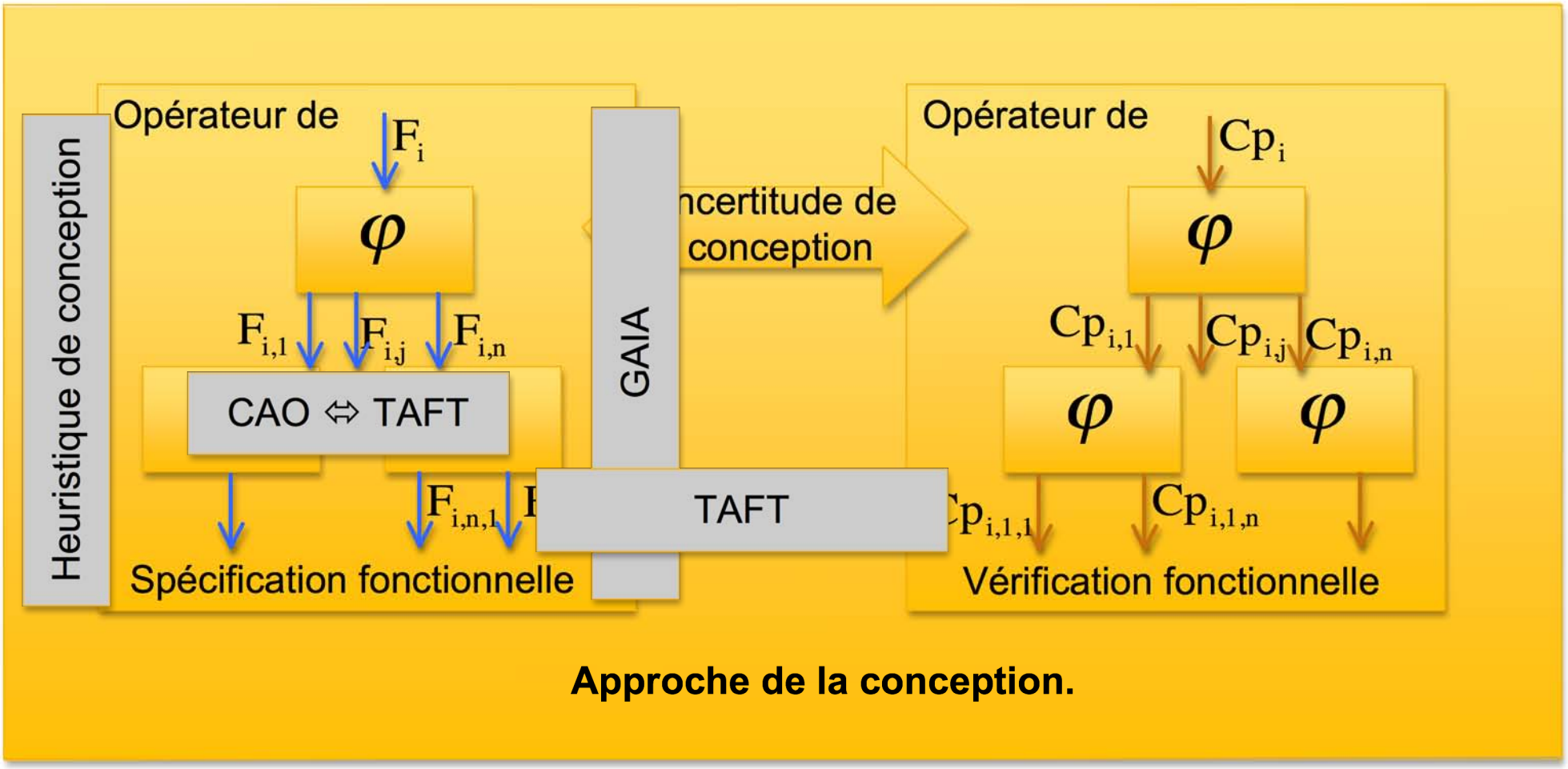


Monde abstrait & Monde physique.



Approche de la conception.

Monde abstrait & Monde physique.



Approche de la conception.

II – Outils et méthodes.

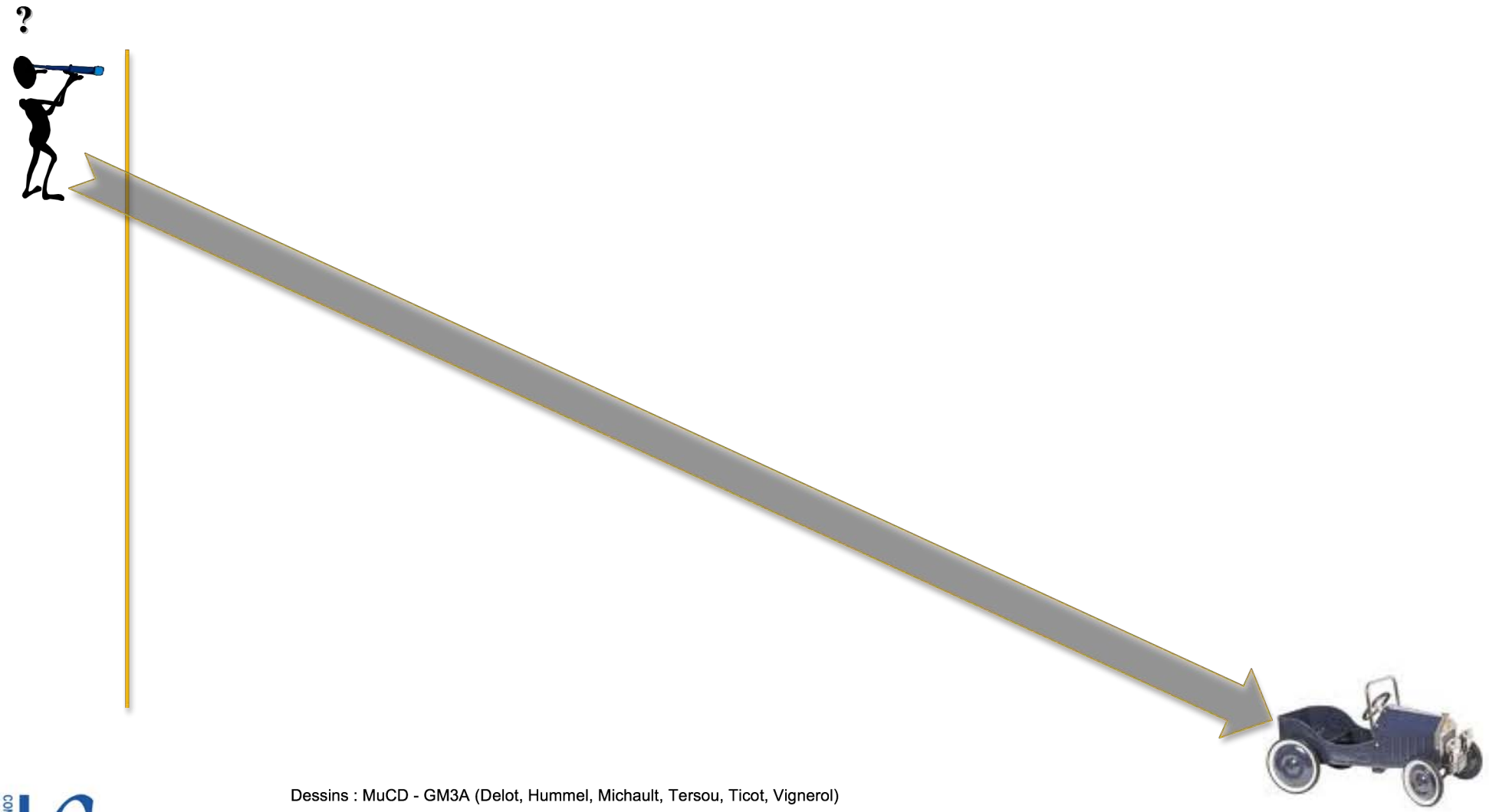
?

L'idée est de « suivre » les « caractéristiques » et les « fonctions » tout au long de processus de conception de l'analyse fonctionnelle du besoin à l'analyse fonctionnelle technique.

Parmi les outils et les méthodes :

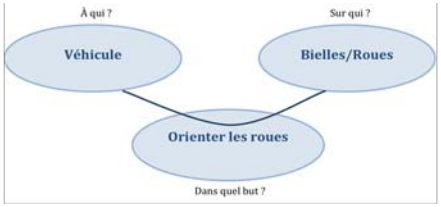
- FAST (de créativité et de description)
- Bloc diagramme (schéma de flux).
- TAFT (tableau d'analyse fonctionnelle technique)
- Graphe des contacts.

II – Outils et méthodes.



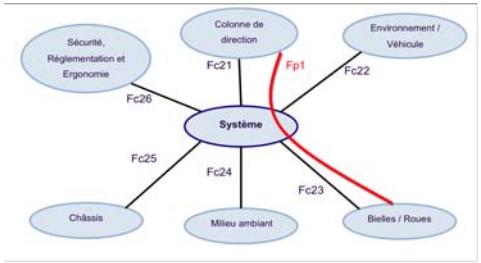
Dessins : MuCD - GM3A (Delot, Hummel, Michault, Tersou, Ticot, Vignerol)

II – Outils et méthodes.



3.5.2 Système monté en fonctionnement

Fonction	Caractéristiques de l'environnement	Caractéristiques de la fonction	Mesures ou validation	Flexibilité
Fp1: transmettre la puissance de la colonne de direction à l'ensemble bielles/roues	bielles: conditions définis par le fabricant. Colonne de direction: conditions définis par le fabricant.	"transmettre": faire passer la puissance de la colonne de direction aux bielles.	Mesurer la différence d'orientation du volant par rapport à l'orientation des roues. Vérifier que le couple de manœuvre du volant soit inférieur à 15 N.m. Limiter les "remontés de direction". Essais de roulage.	0

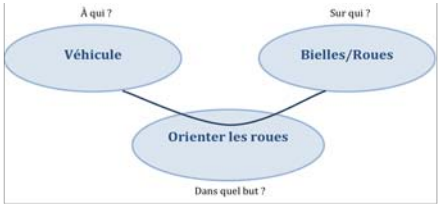


CDCF

X 50-150, X 50-151

Dessins : MuCD - GM3A (Delot, Hummel, Michault, Tersou, Ticot, Vignerol)

II – Outils et méthodes.

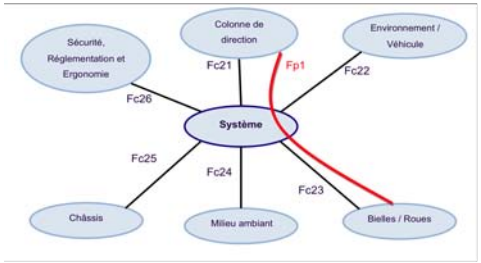


FAST

Créativité | Description

3.5.2 Système monté en fonctionnement

Fonction	Caractéristiques de l'environnement	Caractéristiques de la fonction	Mesures ou validation	Flexibilité
Fp1: transmettre la puissance de la colonne de direction à l'ensemble bielles/roues	bielles: conditions définis par le fabricant. Colonne de direction: conditions définis par le fabricant.	"transmettre": faire passer la puissance de la colonne de direction aux bielles.	Mesurer la différence d'orientation du volant par rapport à l'orientation des roues. Vérifier que le couple de manœuvre du volant soit inférieur à 15 N.m. Limiter les "remontés de direction". Essais de roulage.	0

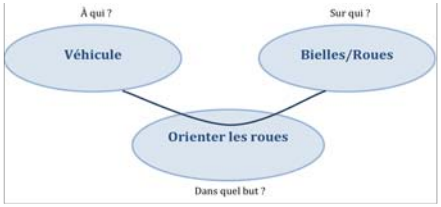


CDCF

X 50-150, X 50-151

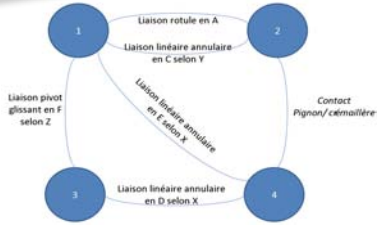
Dessins : MuCD - GM3A (Delot, Hummel, Michault, Tersou, Ticot, Vignerol)

II – Outils et méthodes.



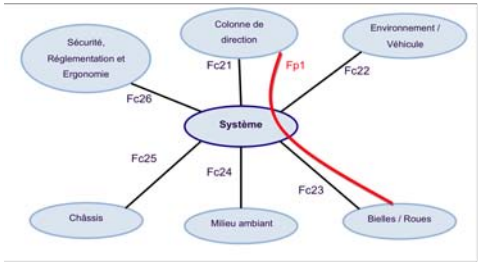
FAST

Créativité | Description



3.5.2 Système monté en fonctionnement

Fonction	Caractéristiques de l'environnement	Caractéristiques de la fonction	Mesures ou validation	Flexibilité
Fp1: transmettre la puissance de la colonne de direction à l'ensemble bielles/roues	bielles: conditions définis par le fabricant. Colonne de direction: conditions définis par le fabricant.	"transmettre": faire passer la puissance de la colonne de direction aux bielles.	Mesurer la différence d'orientation du volant par rapport à l'orientation des roues. Vérifier que le couple de manœuvre du volant soit inférieur à 15 N.m. Limiter les "remontés de direction". Essais de roulage.	0

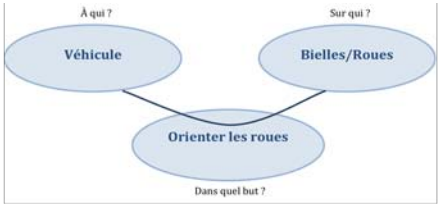


CDCF

X 50-150, X 50-151

Dessins : MuCD - GM3A (Delot, Hummel, Michault, Tersou, Ticot, Vignerol)

II – Outils et méthodes.

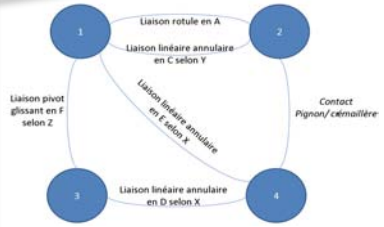


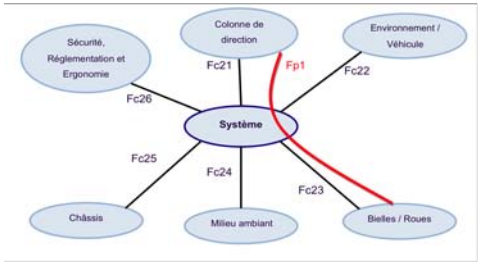
FAST

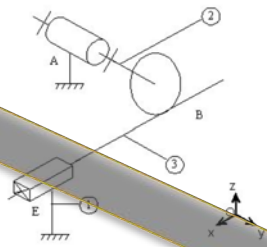
Créativité | Description

3.5.2 Système monté en fonctionnement

Fonction	Caractéristiques de l'environnement	Caractéristiques de la fonction	Mesures ou validation	Flexibilité
Fp1: transmettre la puissance de la colonne de direction à l'ensemble bielles/roues	bielles: conditions définis par le fabricant. Colonne de direction: conditions définis par le fabricant.	"transmettre": faire passer la puissance de la colonne de direction aux bielles.	Mesurer la différence d'orientation du volant par rapport à l'orientation des roues. Vérifier que le couple de manœuvre du volant soit inférieur à 15 N.m. Limiter les "remontés de direction". Essais de roulage.	0





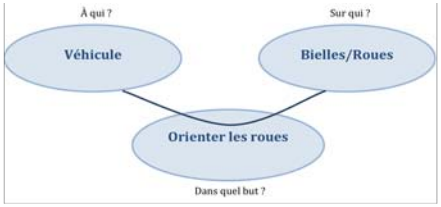


CDCF →

X 50-150, X 50-151

Dessins : MuCD - GM3A (Delot, Hummel, Michault, Tersou, Ticot, Vignerol)

II – Outils et méthodes.

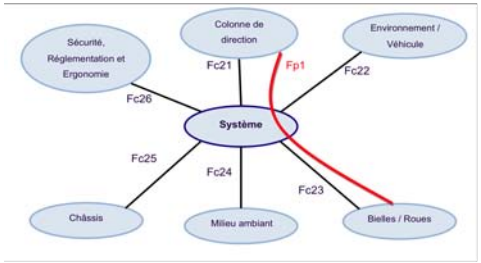


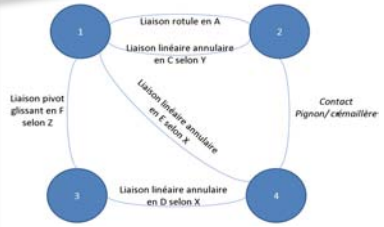
FAST

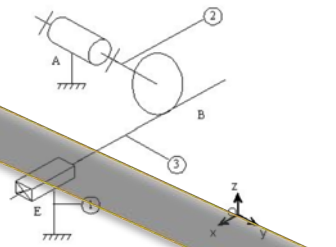
Créativité | Description

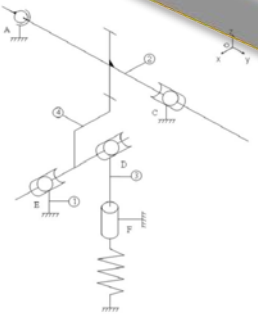
3.5.2 Système monté en fonctionnement

Fonction	Caractéristiques de l'environnement	Caractéristiques de la fonction	Mesures ou validation	Flexibilité
Fp1: transmettre la puissance de la colonne de direction à l'ensemble bielles/roues	bielles: conditions définis par le fabricant. Colonne de direction: conditions définis par le fabricant.	"transmettre": faire passer la puissance de la colonne de direction aux bielles.	Mesurer la différence d'orientation du volant par rapport à l'orientation des roues. Vérifier que le couple de manœuvre du volant soit inférieur à 15 N.m. Limiter les "remontés de direction". Essais de roulage.	0







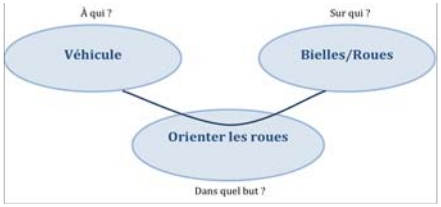


CDCF

X 50-150, X 50-151

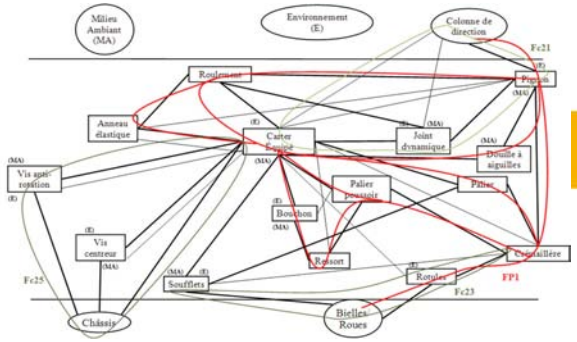
Dessins : MuCD - GM3A (Delot, Hummel, Michault, Tersou, Ticot, Vignerol)

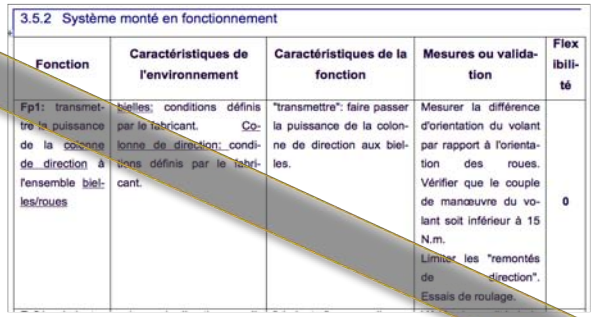
II – Outils et méthodes.



FAST

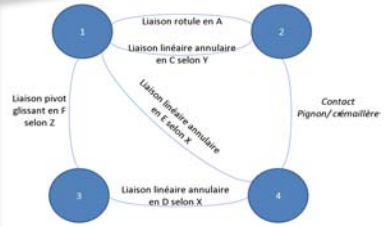
Créativité | Description

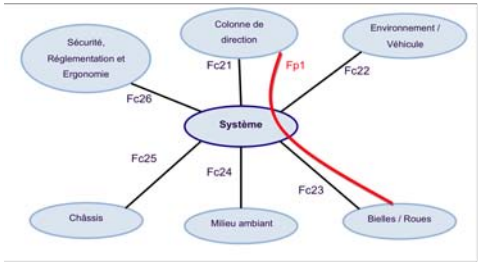


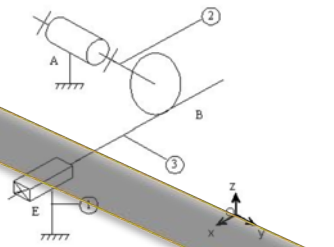


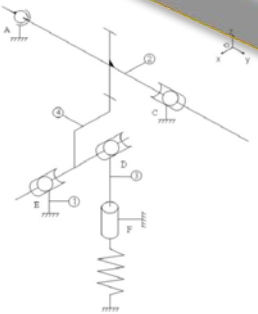
3.5.2 Système monté en fonctionnement

Fonction	Caractéristiques de l'environnement	Caractéristiques de la fonction	Mesures ou validation	Flexibilité
Fp1: transmettre la puissance de la colonne de direction à l'ensemble bielles/roues	bielles: conditions définis par le fabricant. Colonne de direction: conditions définis par le fabricant.	"transmettre": faire passer la puissance de la colonne de direction aux bielles.	Mesurer la différence d'orientation du volant par rapport à l'orientation des roues. Vérifier que le couple de manœuvre du volant soit inférieur à 15 N.m. Limiter les "remontés de direction". Essais de roulage.	0







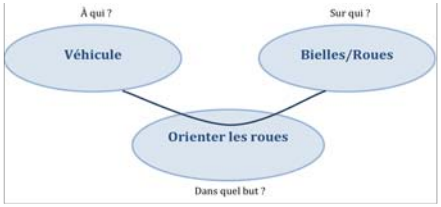


CDCF →

X 50-150, X 50-151

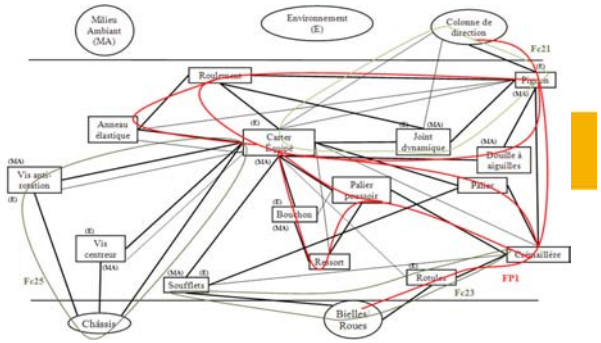
Dessins : MuCD - GM3A (Delot, Hummel, Michault, Tersou, Ticot, Vignerol)

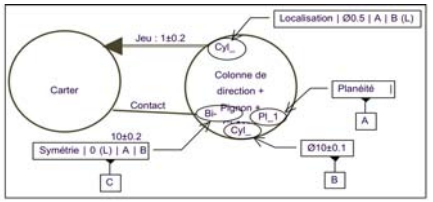
II – Outils et méthodes.



FAST

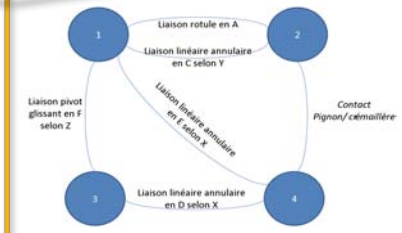
Créativité | Description

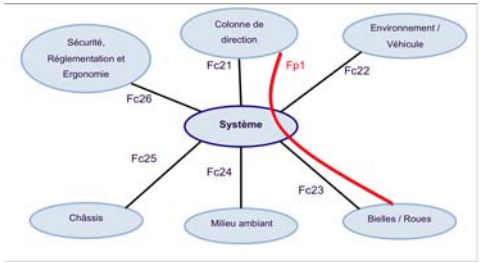


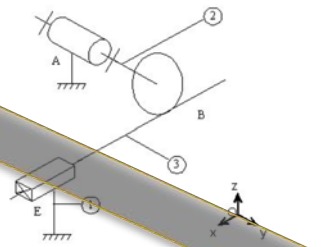


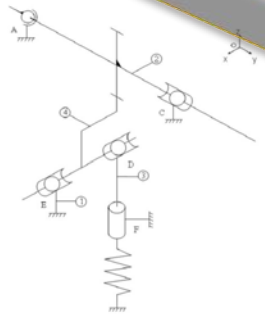
3.5.2 Système monté en fonctionnement

Fonction	Caractéristiques de l'environnement	Caractéristiques de la fonction	Mesures ou validation	Flexibilité
Fp1: transmettre la puissance de la colonne de direction à l'ensemble bielles/roues	bielles: conditions définis par le fabricant. Colonne de direction: conditions définis par le fabricant.	"transmettre": faire passer la puissance de la colonne de direction aux bielles.	Mesurer la différence d'orientation du volant par rapport à l'orientation des roues. Vérifier que le couple de manœuvre du volant soit inférieur à 15 N.m. Limiter les "remontés de direction". Essais de roulage.	0







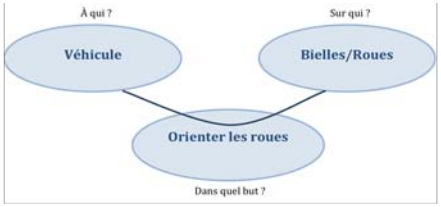


CDCF

X 50-150, X 50-151

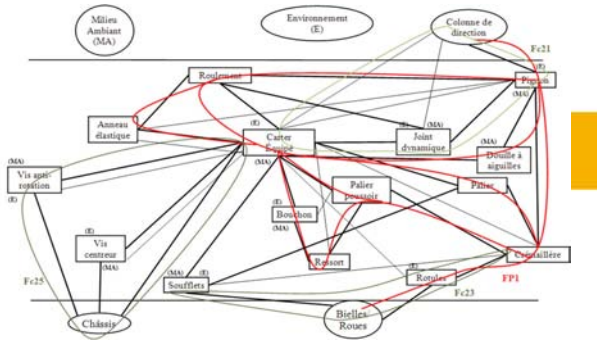
Dessins : MuCD - GM3A (Delot, Hummel, Michault, Tersou, Ticot, Vignerol)

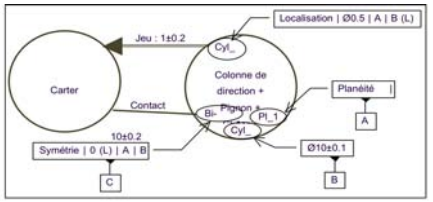
II – Outils et méthodes.



FAST

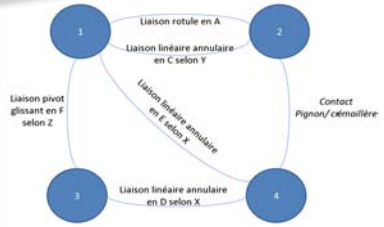
Créativité | Description

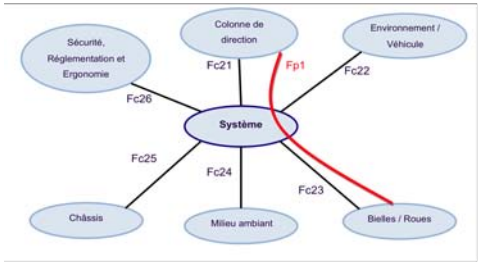


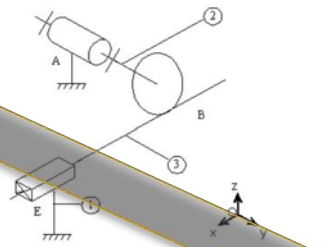


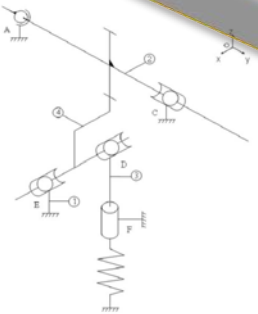
3.5.2 Système monté en fonctionnement

Fonction	Caractéristiques de l'environnement	Caractéristiques de la fonction	Mesures ou validation	Flexibilité
Fp1: transmettre la puissance de la colonne de direction à l'ensemble bielles/roues	bielles: conditions définis par le fabricant. Colonne de direction: conditions définis par le fabricant.	"transmettre": faire passer la puissance de la colonne de direction aux bielles.	Mesurer la différence d'orientation du volant par rapport à l'orientation des roues. Vérifier que le couple de manœuvre du volant soit inférieur à 15 N.m. Limiter les "remontés de direction". Essais de roulage.	0







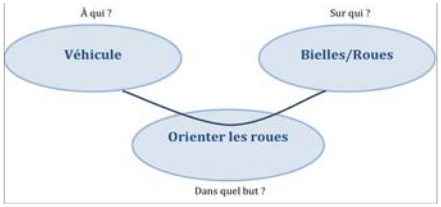


CDCF

X 50-150, X 50-151

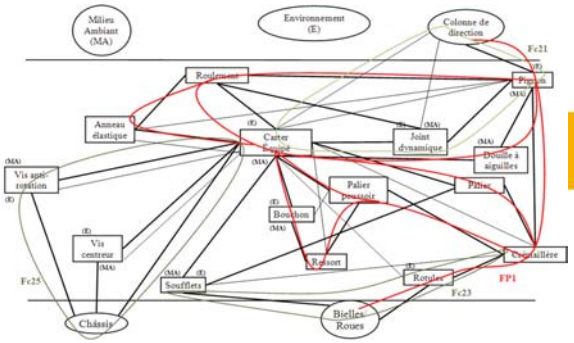
Dessins : MuCD - GM3A (Delot, Hummel, Michault, Tersou, Ticot, Vignerol)

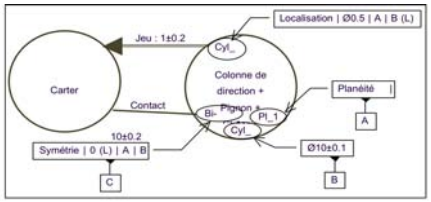
II – Outils et méthodes.

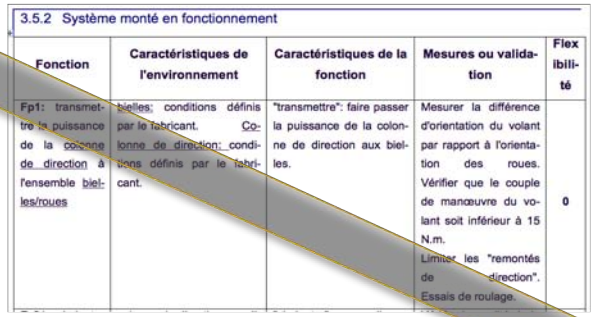


FAST

Créativité | Description

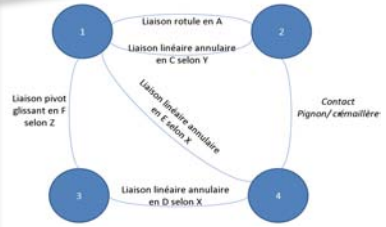


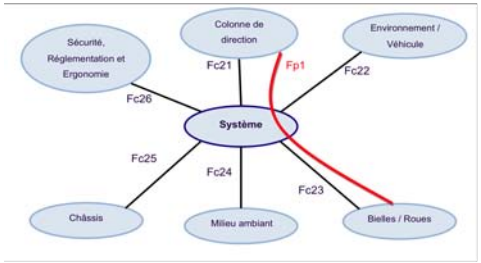


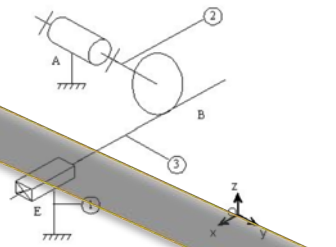


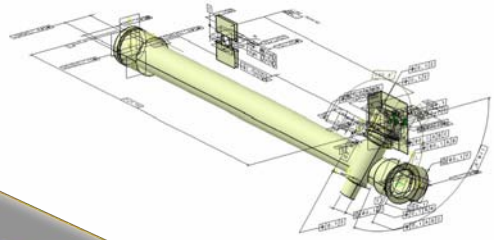
3.5.2 Système monté en fonctionnement

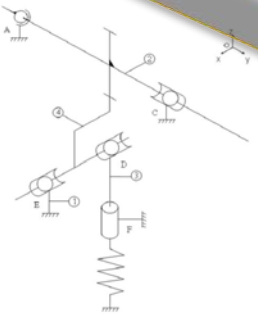
Fonction	Caractéristiques de l'environnement	Caractéristiques de la fonction	Mesures ou validation	Flexibilité
Fp1: transmettre la puissance de la colonne de direction à l'ensemble bielles/roues	bielles: conditions définis par le fabricant. Colonne de direction: conditions définis par le fabricant.	"transmettre": faire passer la puissance de la colonne de direction aux bielles.	Mesurer la différence d'orientation du volant par rapport à l'orientation des roues. Vérifier que le couple de manœuvre du volant soit inférieur à 15 N.m. Limiter les "remontés de direction". Essais de roulage.	0











CDCF

X 50-150, X 50-151

Dessins : MuCD - GM3A (Delot, Hummel, Michault, Tersou, Ticot, Vignerol)

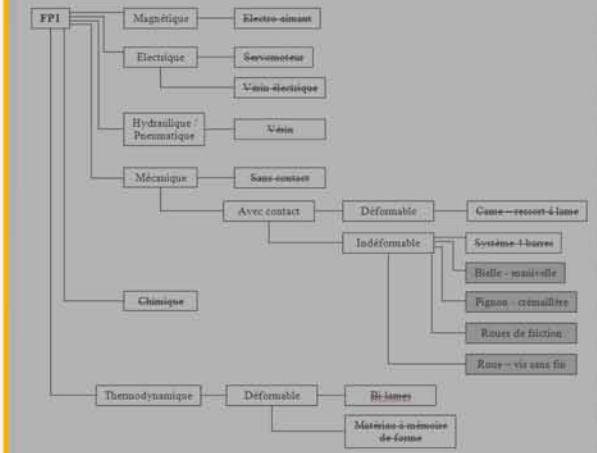
II – Outils et méthodes (FAST).

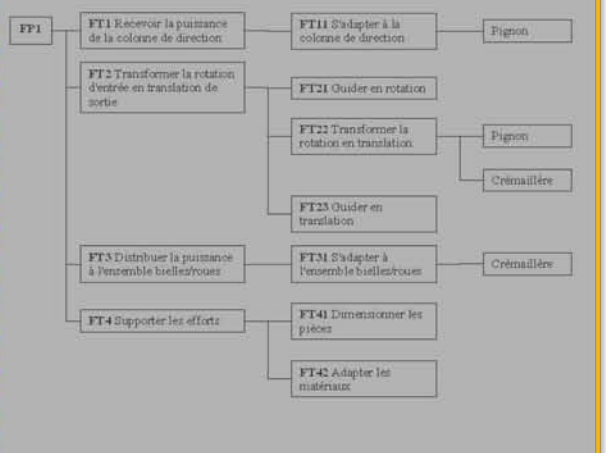
FAST

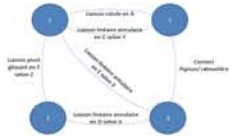
« Function Analysis System Technique »
« technique d'analyse fonctionnelle et systématique ».

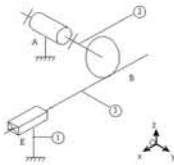
Créativité

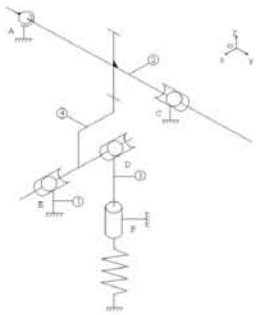
Description











Dessins, MuCD - GM3A (Delot, Hummel, Michault, Tersou, Ticot, Vignerol)

AFB

AFT

Frédéric CHARPENTIER
Frederic.Charpentier@cfc-technic.fr

Expert AFNOR – ISO
Membre du GRT

II – Outils et méthodes (FAST).

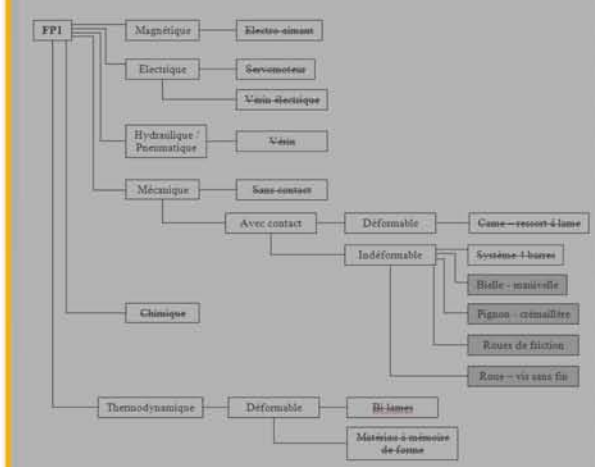
?

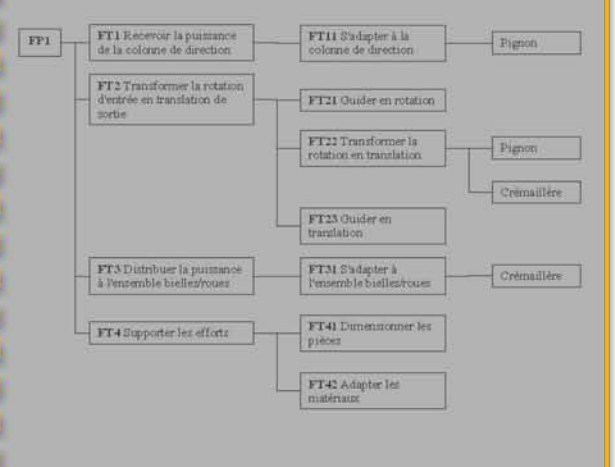
FAST

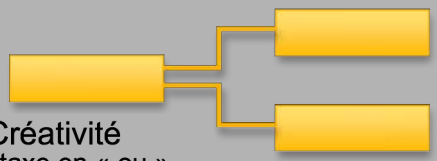
« Function Analysis System Technique »
« technique d'analyse fonctionnelle et systématique ».

Créativité

Description



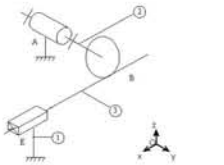


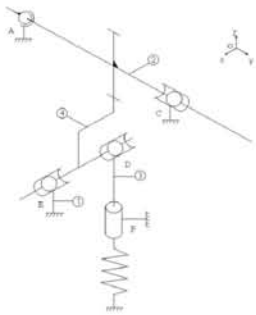


Créativité
Syntaxe en « ou »

AFB

AFT





Dessins, MuCD - GM3A
(Delot, Hummel, Michault, Tersou, Ticot, Vignerol)

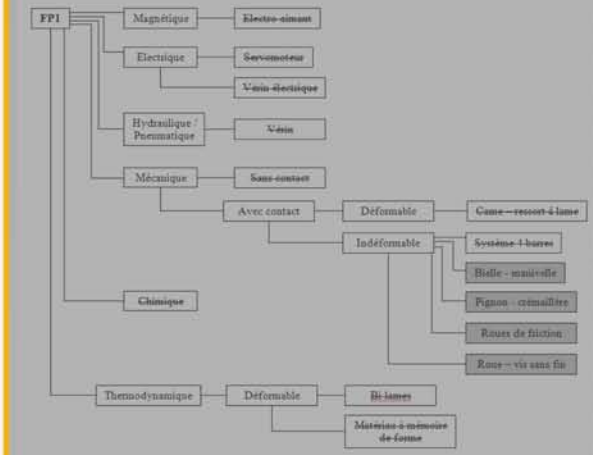
II – Outils et méthodes (FAST).

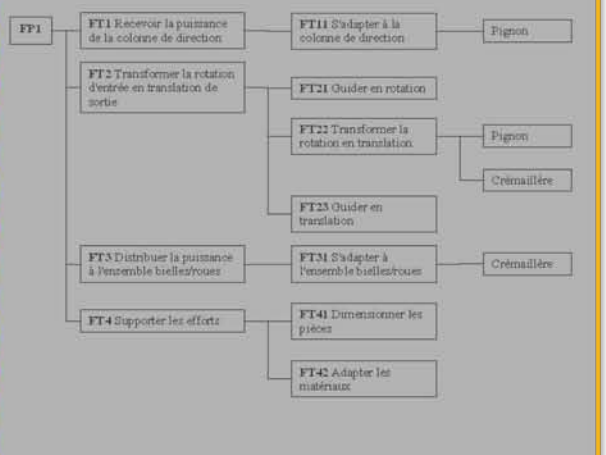
FAST

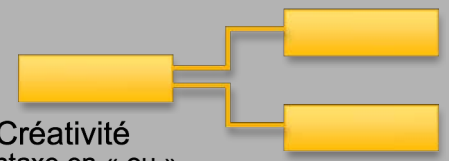
« Function Analysis System Technique »
« technique d'analyse fonctionnelle et systématique ».

Créativité

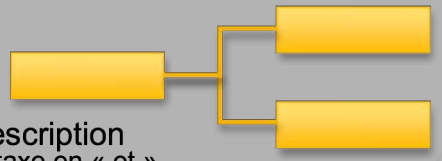
Description







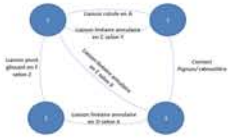
Créativité
Syntaxe en « ou »

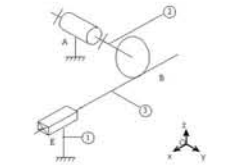


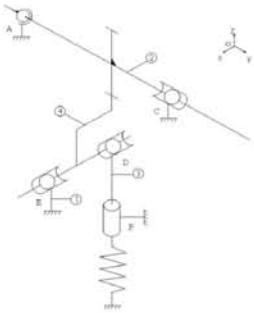
Description
Syntaxe en « et »

AFB

AFT







Dessins, MuCD - GM3A
(Delot, Hummel, Michault, Tersou, Ticot, Vignerol)

II – Outils et méthodes (Schéma de flux).

Le schéma de flux (ou bloc diagramme).

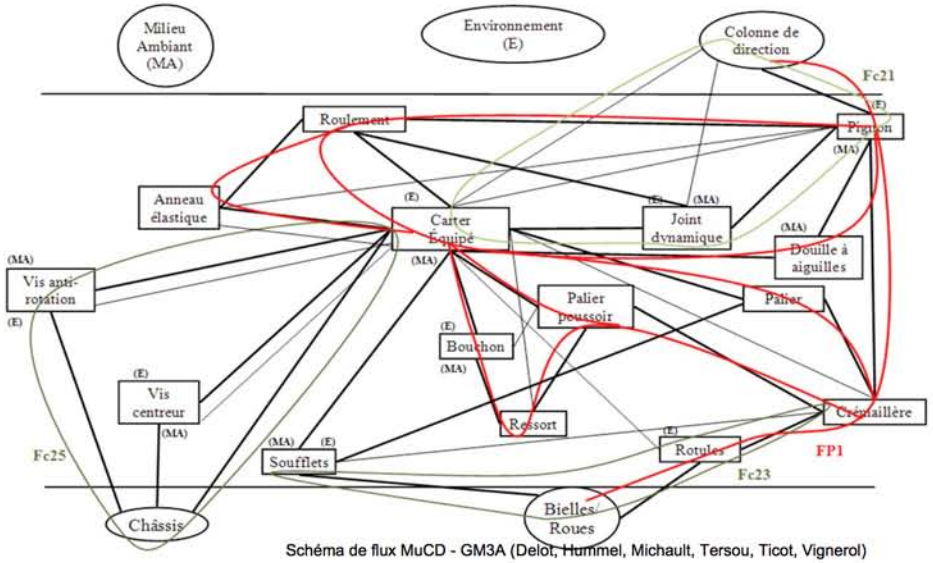
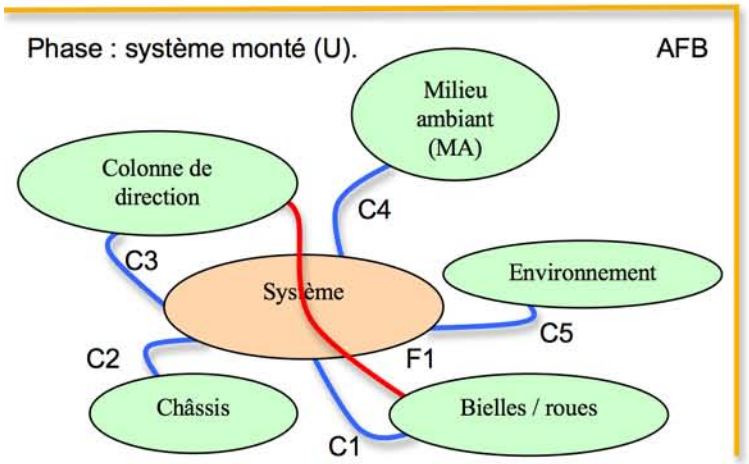
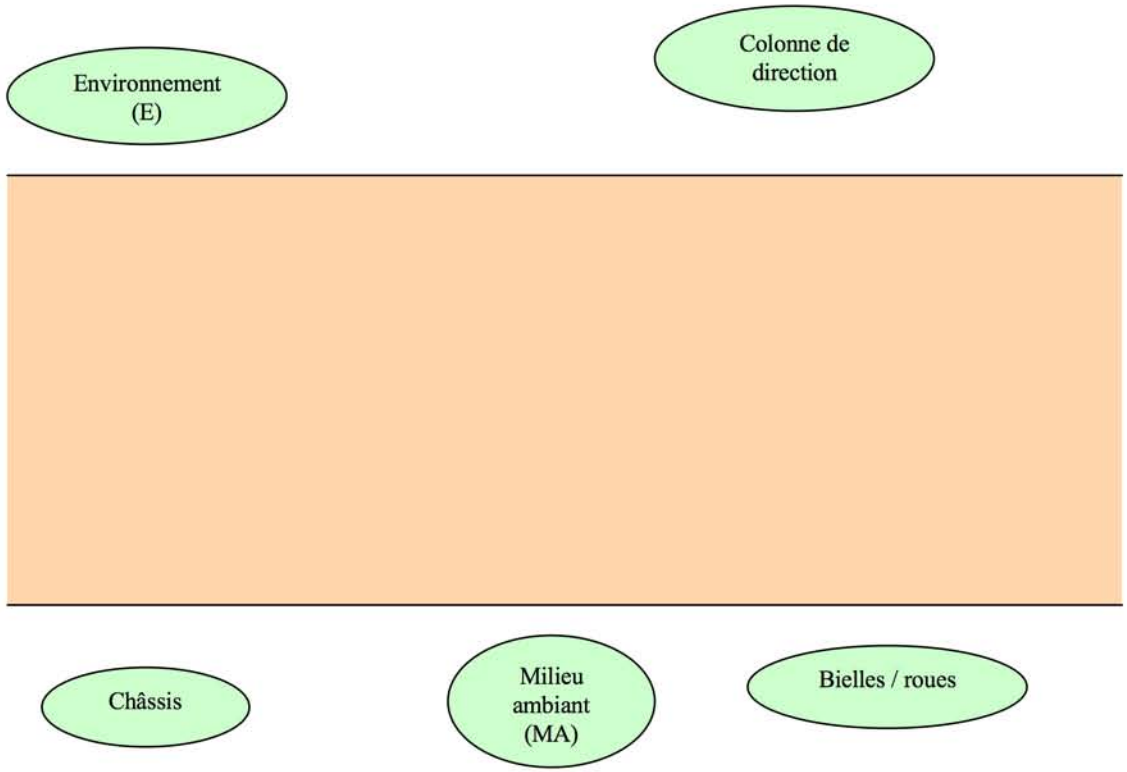


Schéma de flux MuCD - GM3A (Delot, Hummel, Michault, Tersou, Ticot, Vignerol)

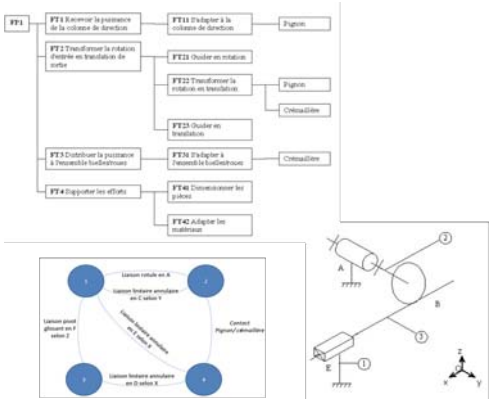
Le schéma de flux permet d'identifier toutes les relations de **contact** entre les composants du système et avec les Eléments du Milieu d'Utilisation dans la phase considérée du profil de vie.

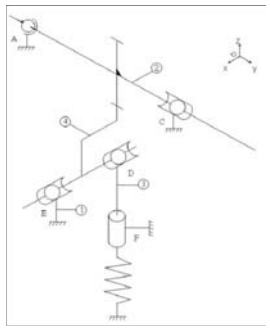
II – Outils et méthodes (Schéma de flux).

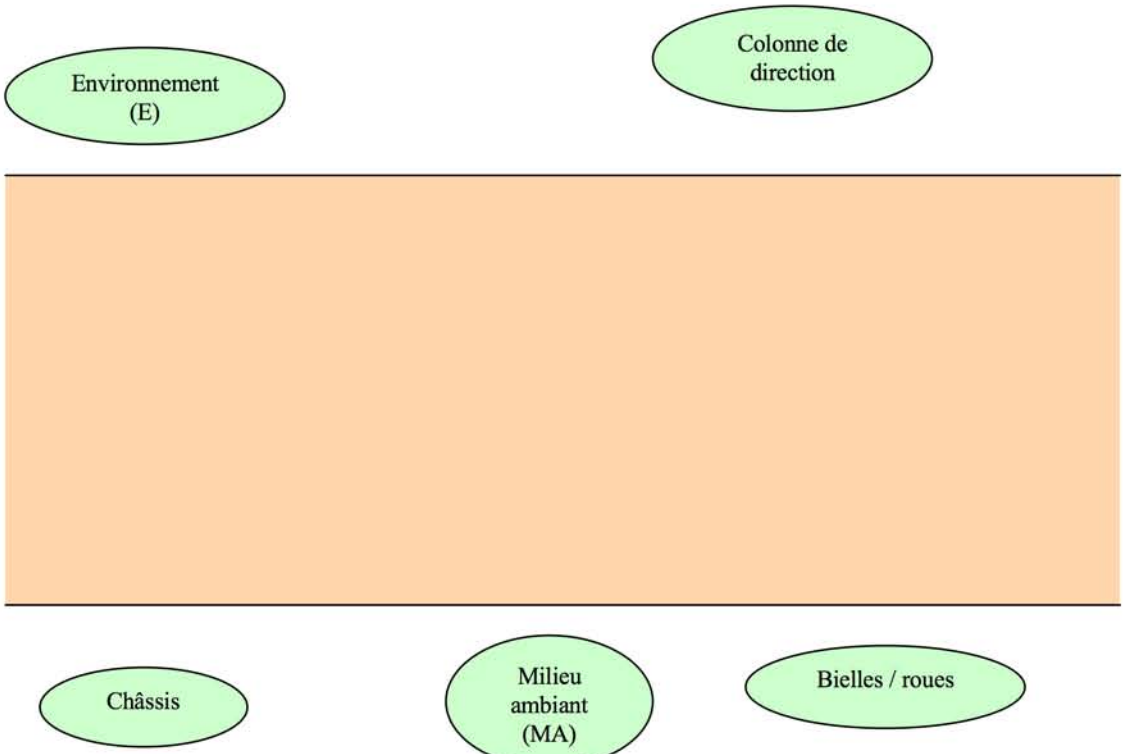


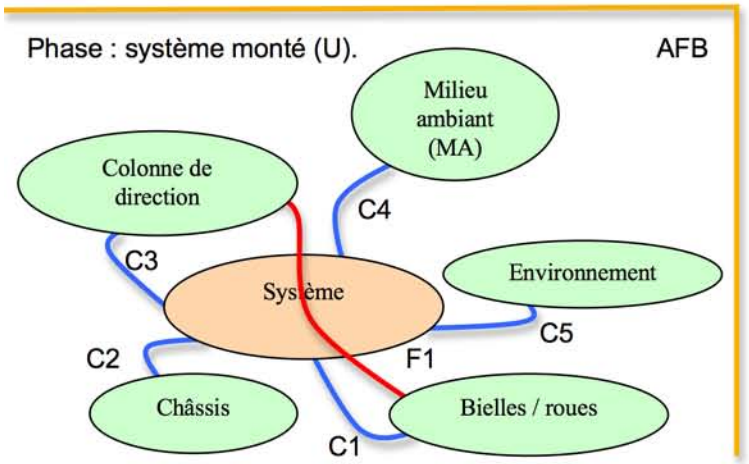


II – Outils et méthodes (Schéma de flux).

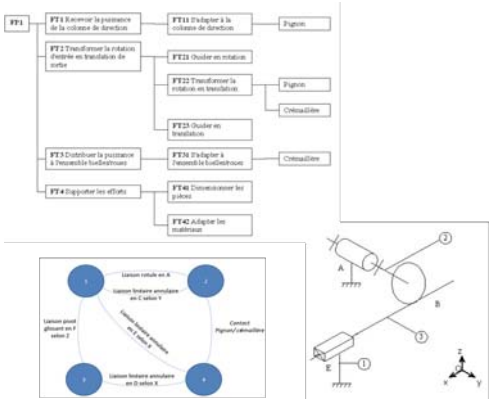


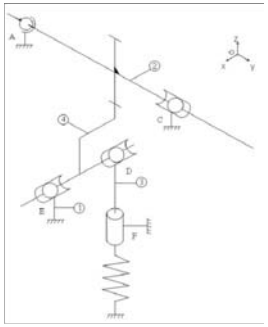


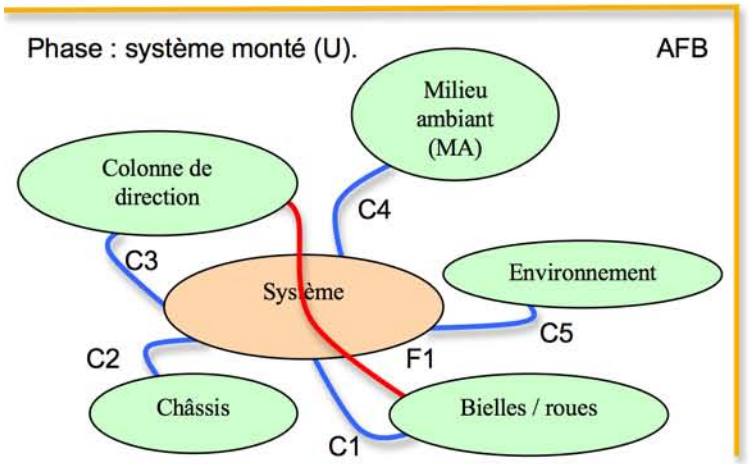


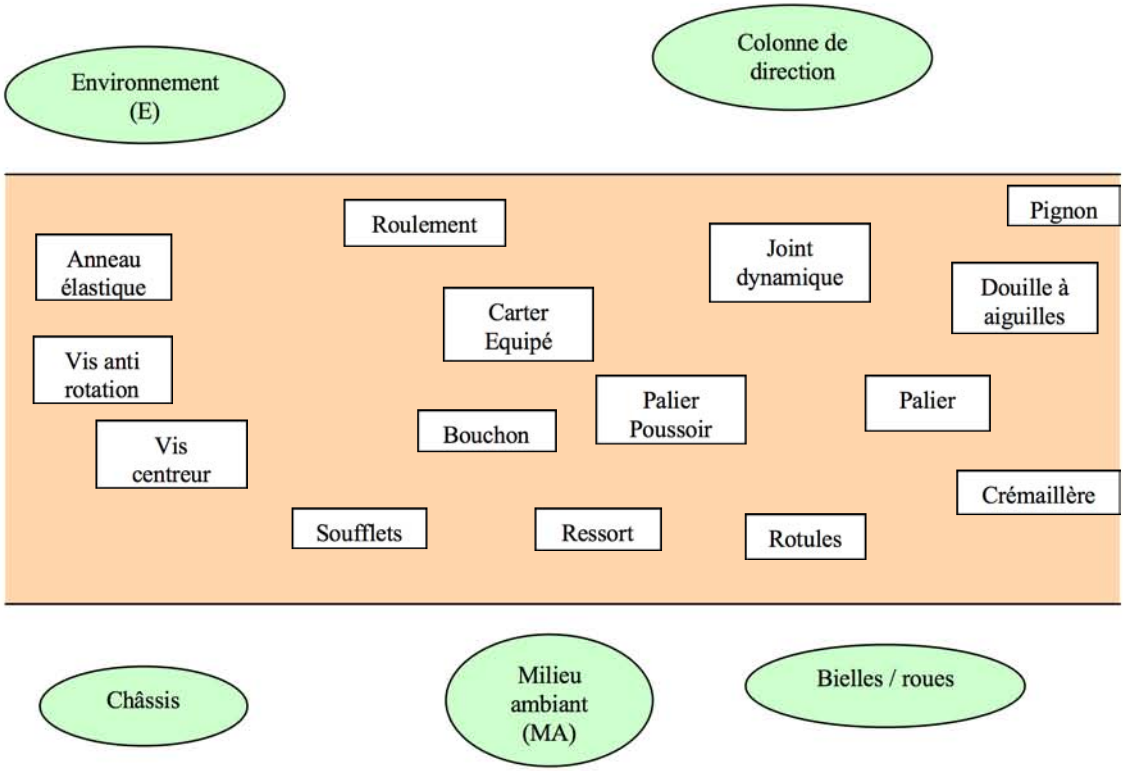


II – Outils et méthodes (Schéma de flux).

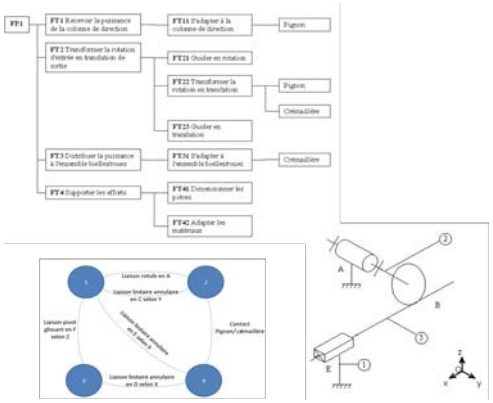


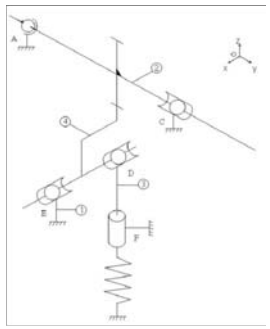


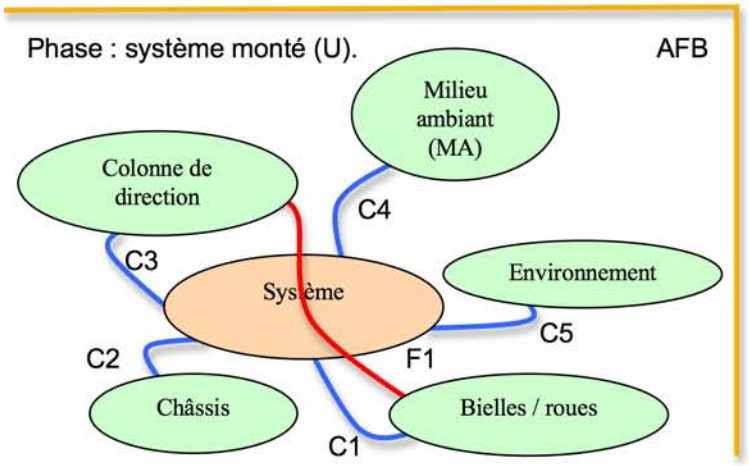


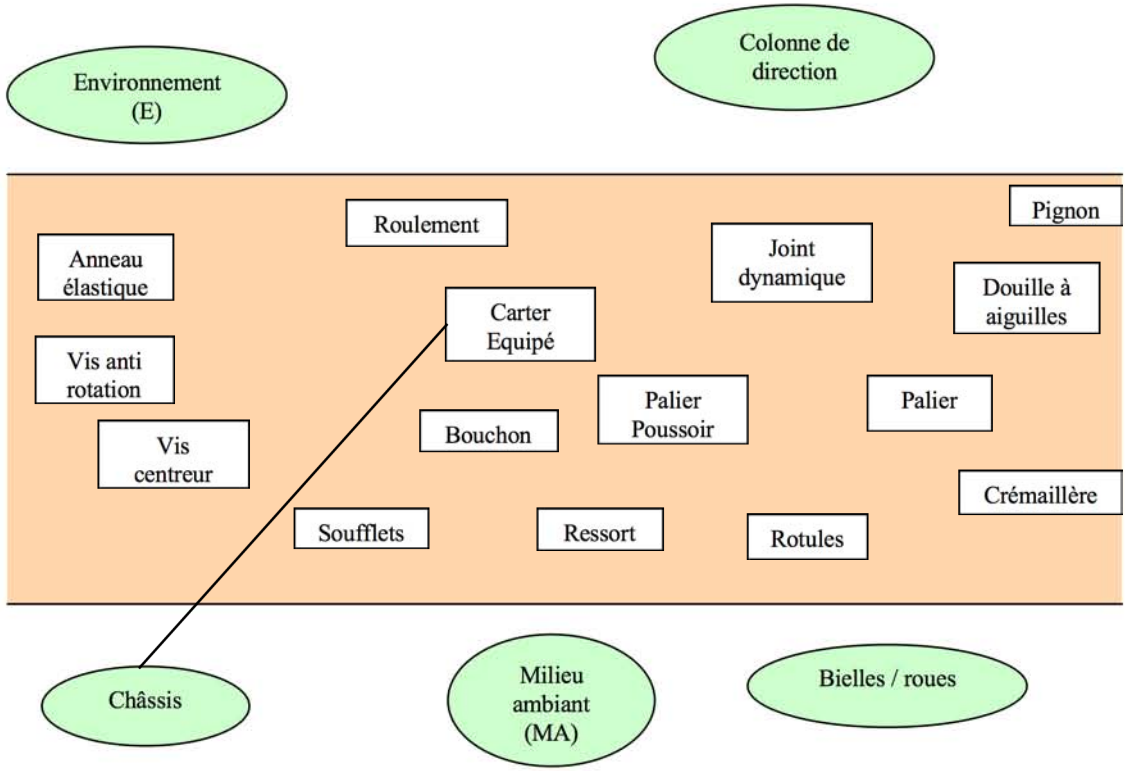


II – Outils et méthodes (Schéma de flux).

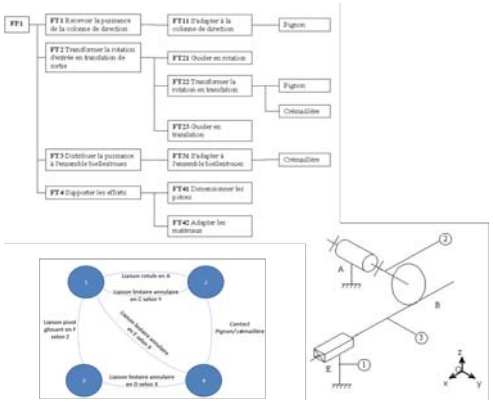


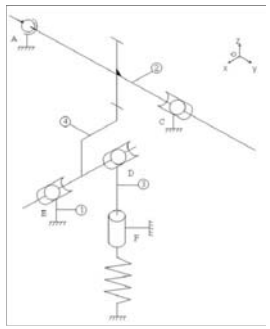


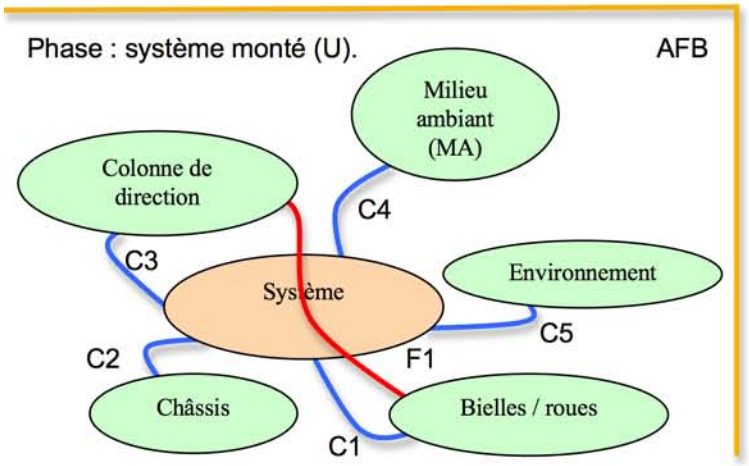


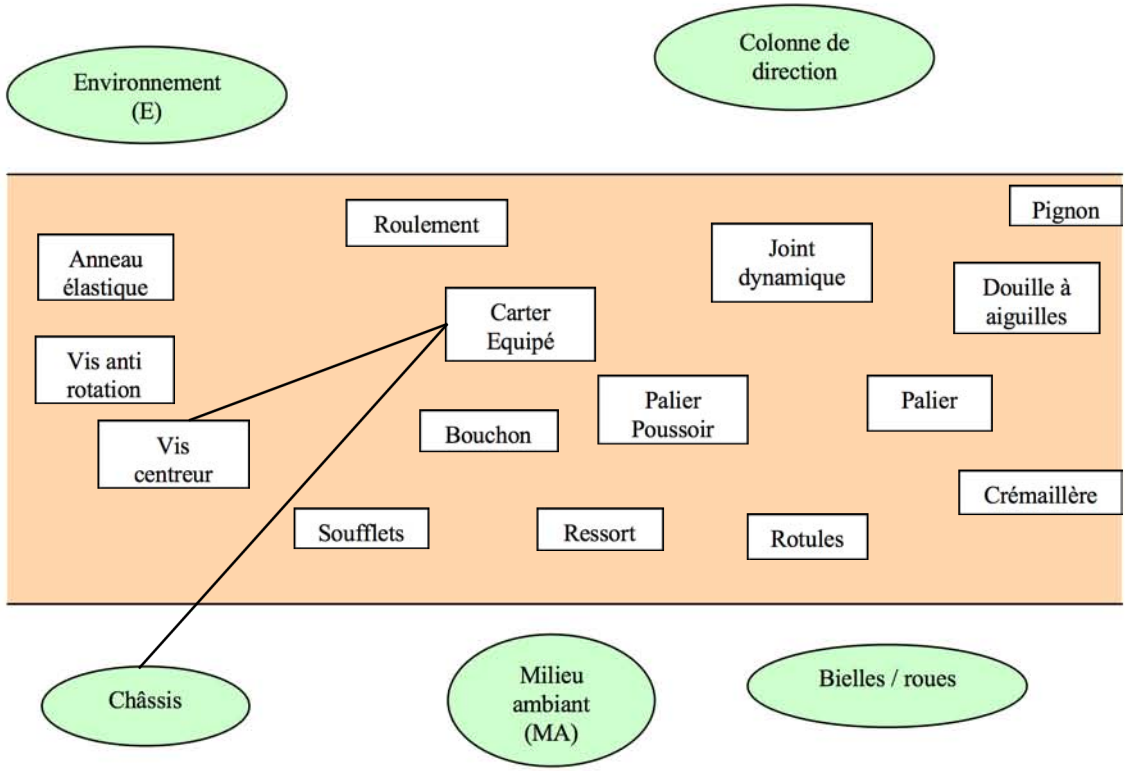


II – Outils et méthodes (Schéma de flux).

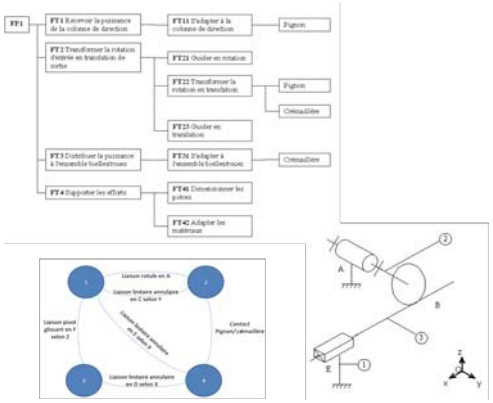


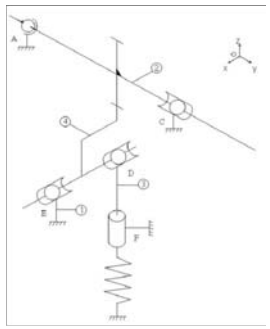


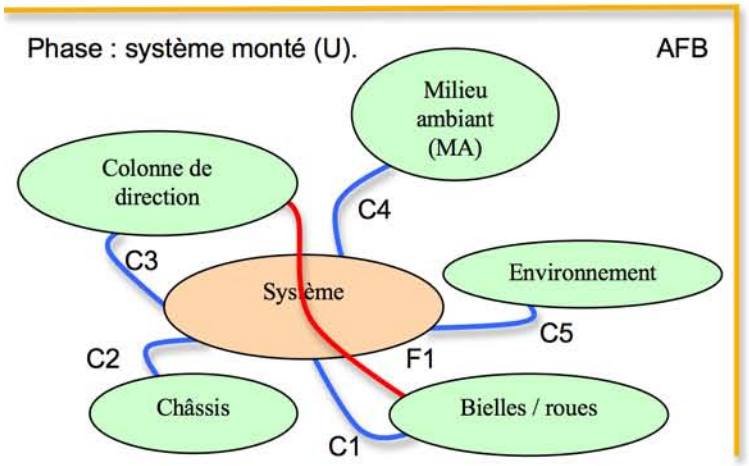


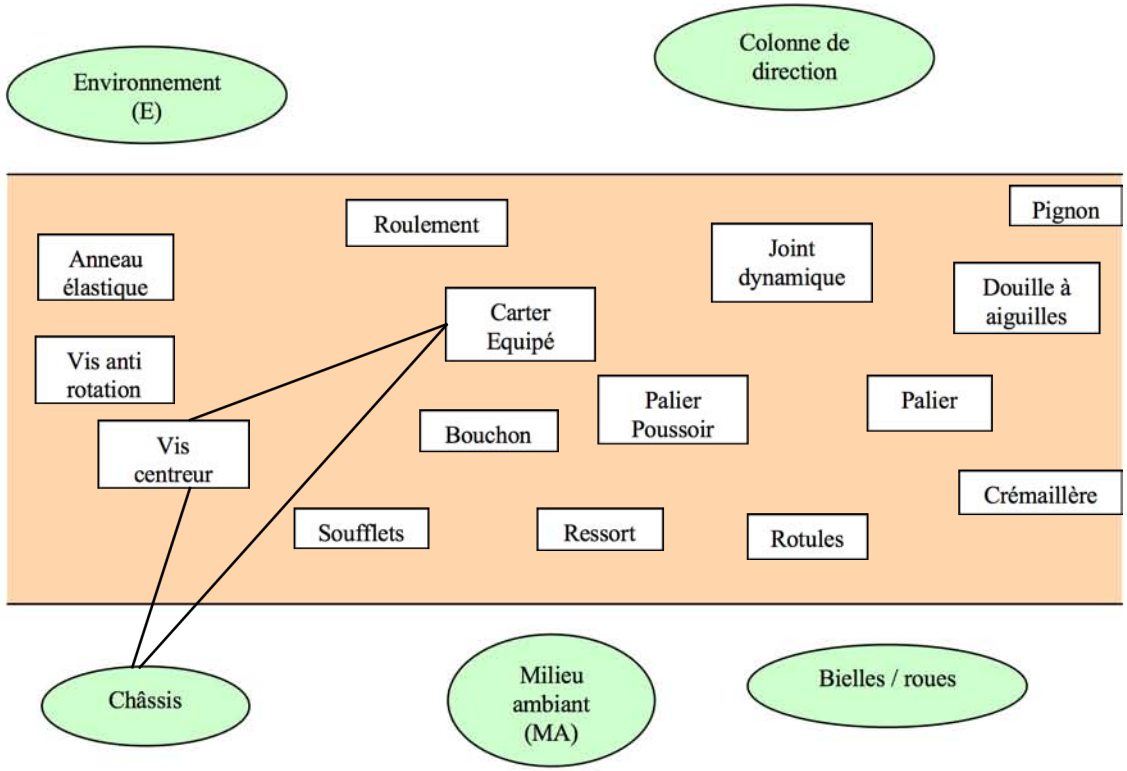


II – Outils et méthodes (Schéma de flux).

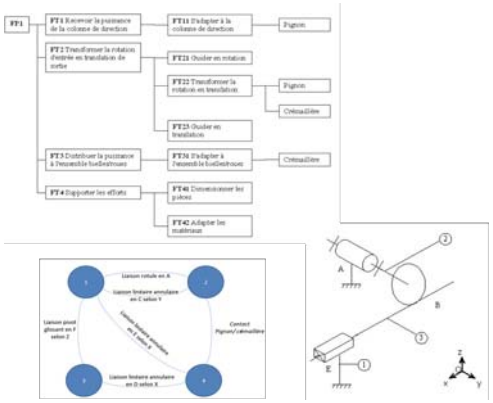


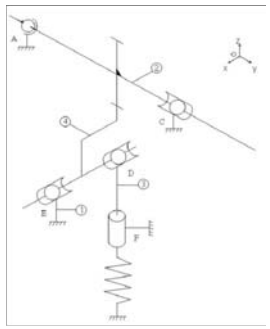


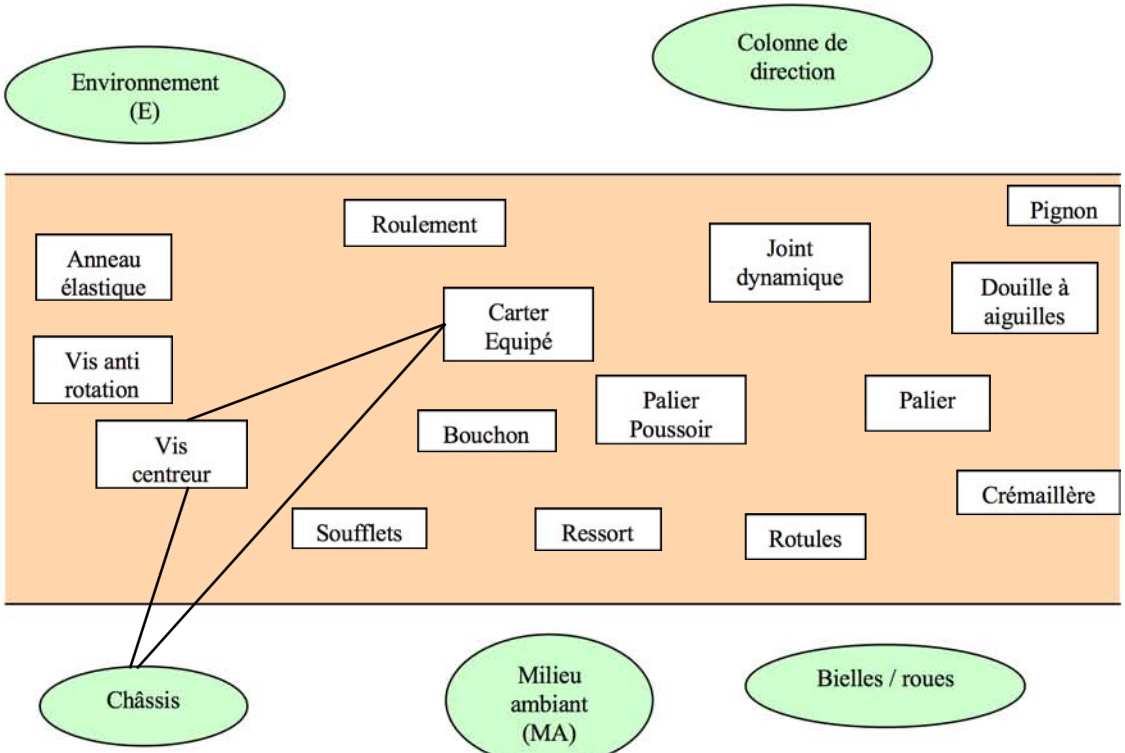


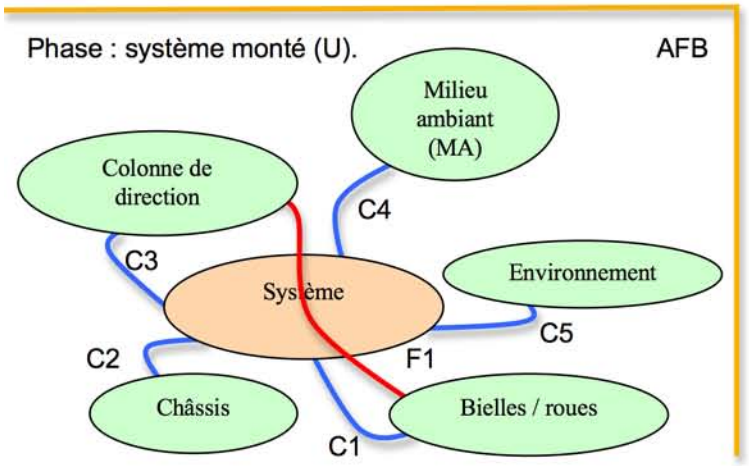


II – Outils et méthodes (Schéma de flux).







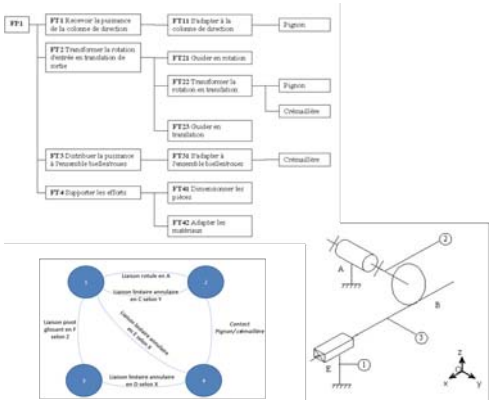


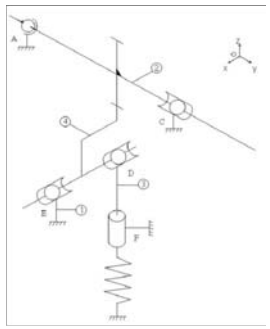
Les Fonctions Techniques Elémentaires de contact.

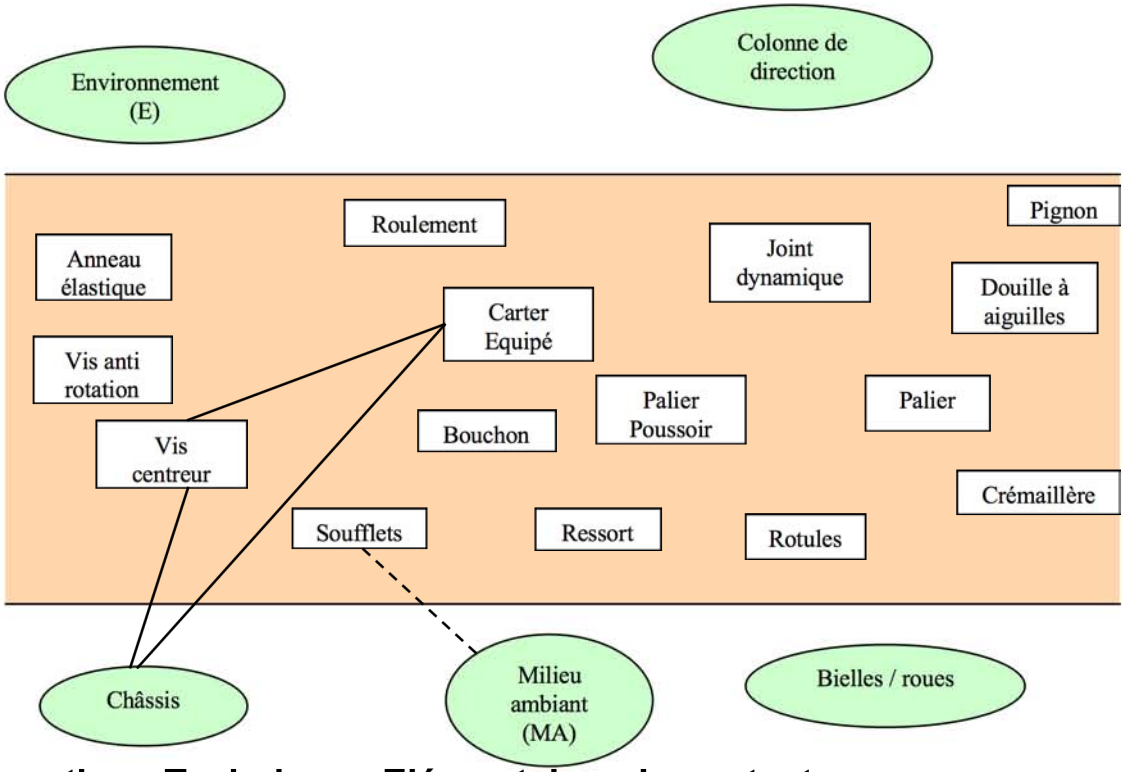
Une fonction technique élémentaire est une action d'un composant qui participe à la mise en œuvre d'un principe de solution constructive du système.

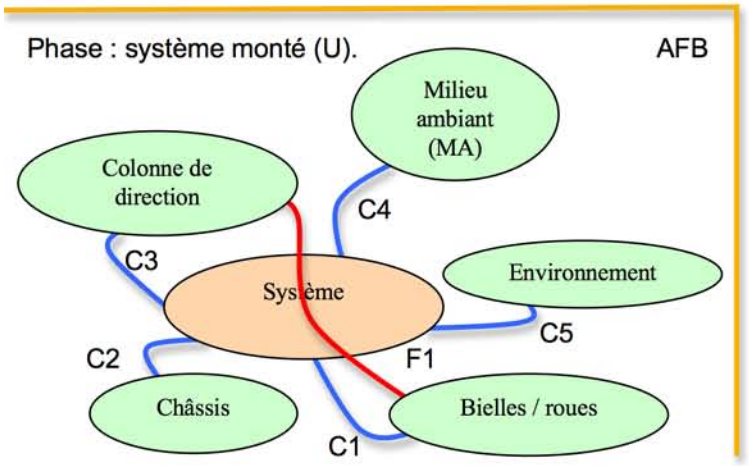
Dans le bloc diagramme, ***les traits rectilignes*** représentent ***les fonctions techniques élémentaires de contact*** souhaité ou non souhaité.

II – Outils et méthodes (Schéma de flux).







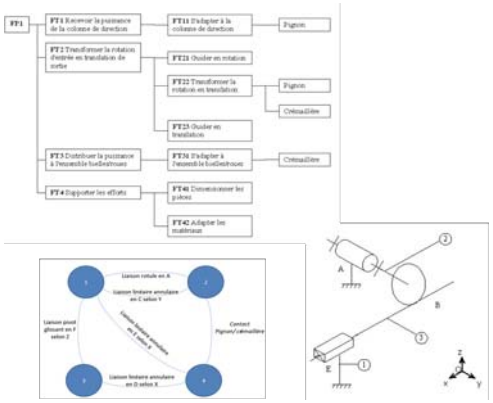


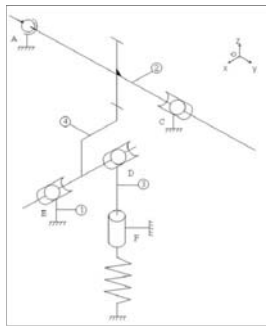
Les Fonctions Techniques Elémentaires de contact.

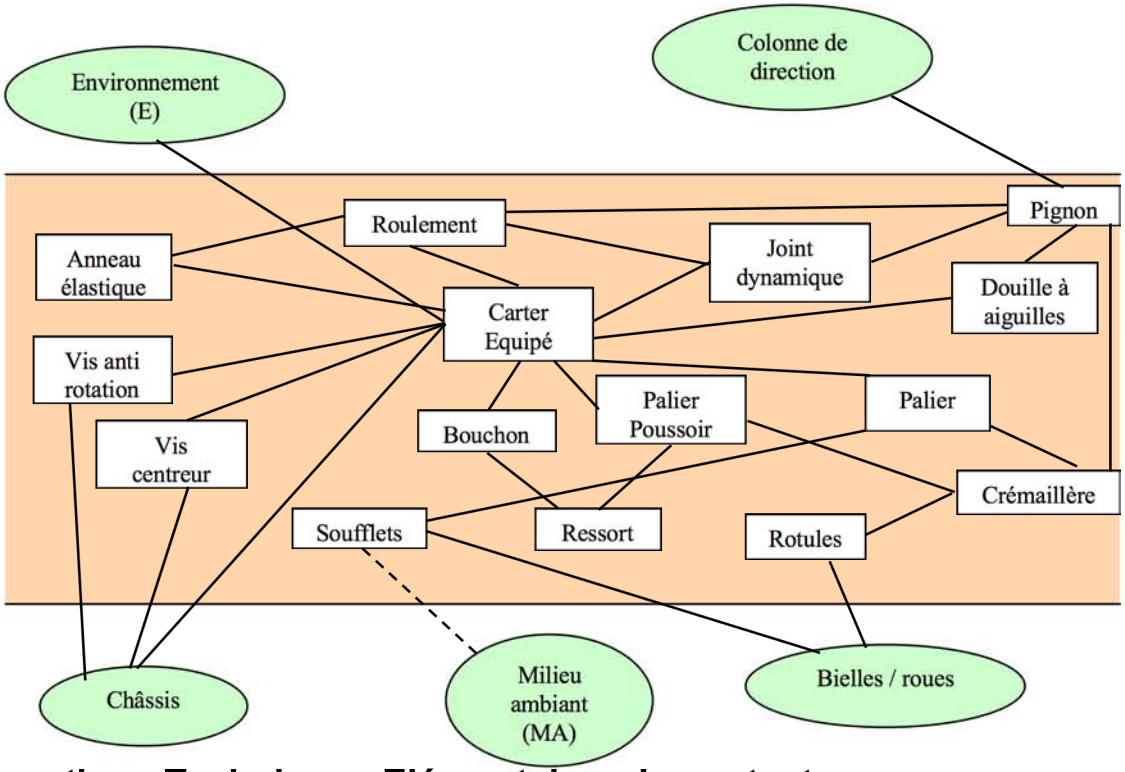
Une fonction technique élémentaire est une action d'un composant qui participe à la mise en œuvre d'un principe de solution constructive du système.

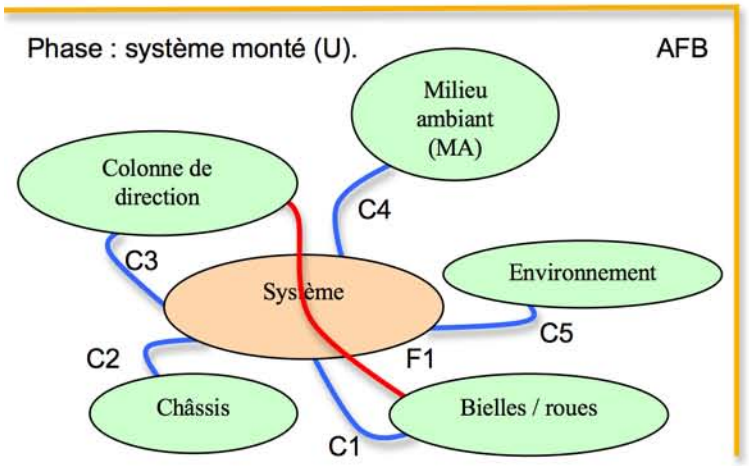
Dans le bloc diagramme, ***les traits rectilignes*** représentent ***les fonctions techniques élémentaires de contact*** souhaité ou non souhaité.

II – Outils et méthodes (Schéma de flux).









Les Fonctions Techniques Elémentaires de contact.

Une fonction technique élémentaire est une action d'un composant qui participe à la mise en œuvre d'un principe de solution constructive du système.

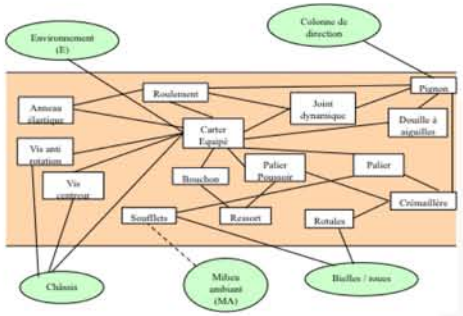
Dans le bloc diagramme, ***les traits rectilignes*** représentent ***les fonctions techniques élémentaires de contact*** souhaité ou non souhaité.

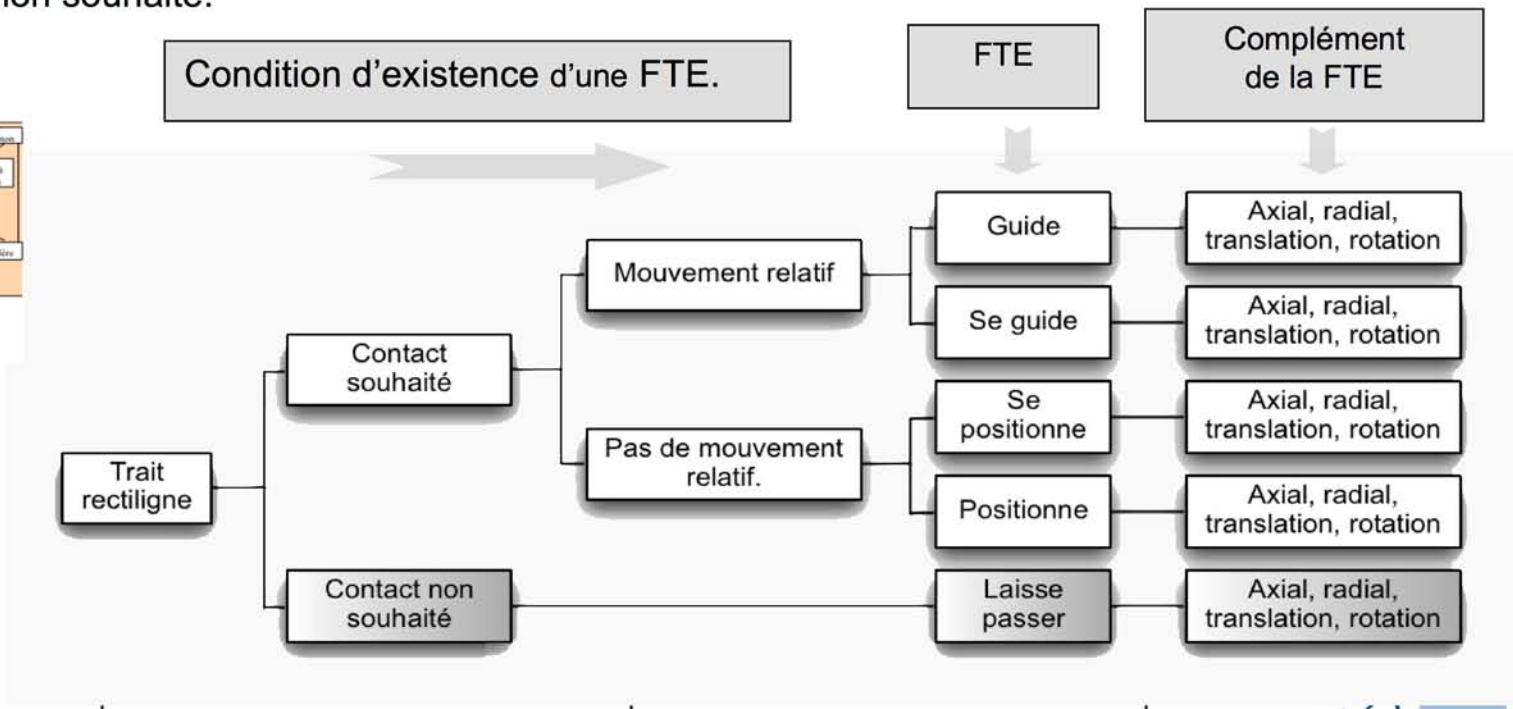
Bloc diagramme (schéma de flux).

Les Fonctions Techniques Elémentaires de contact.

Une fonction technique élémentaire est une action d'un composant qui participe à la mise en œuvre d'un principe de solution constructive du système.

Dans le bloc diagramme, ***les traits rectilignes*** représentent ***les fonctions techniques élémentaires de contact*** souhaité ou non souhaité.



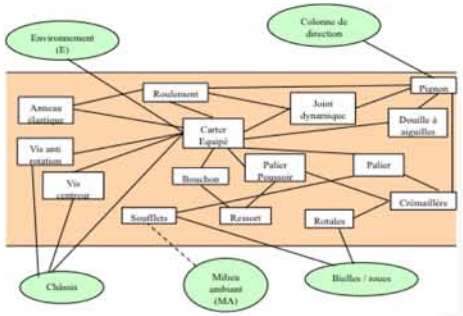


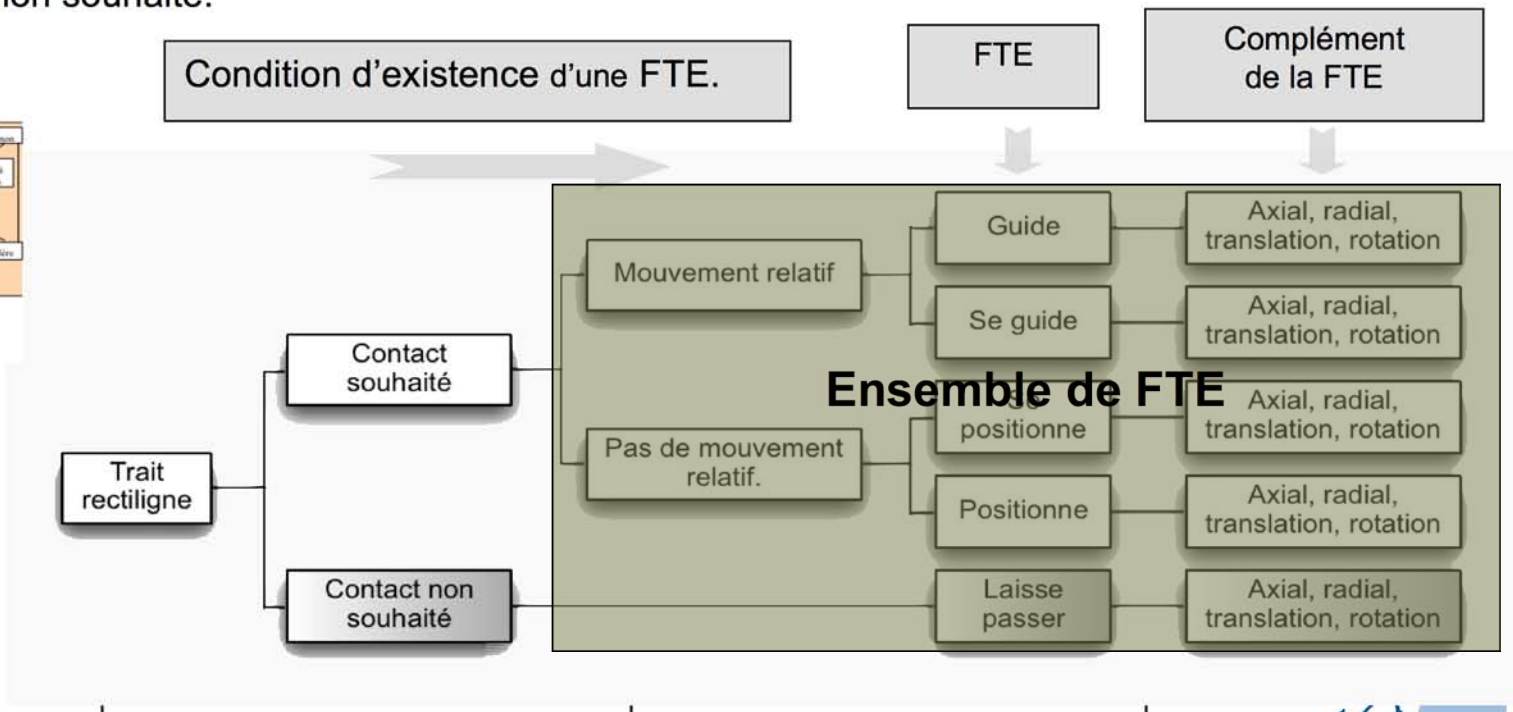
Bloc diagramme (schéma de flux).

Les Fonctions Techniques Elémentaires de contact.

Une fonction technique élémentaire est une action d'un composant qui participe à la mise en œuvre d'un principe de solution constructive du système.

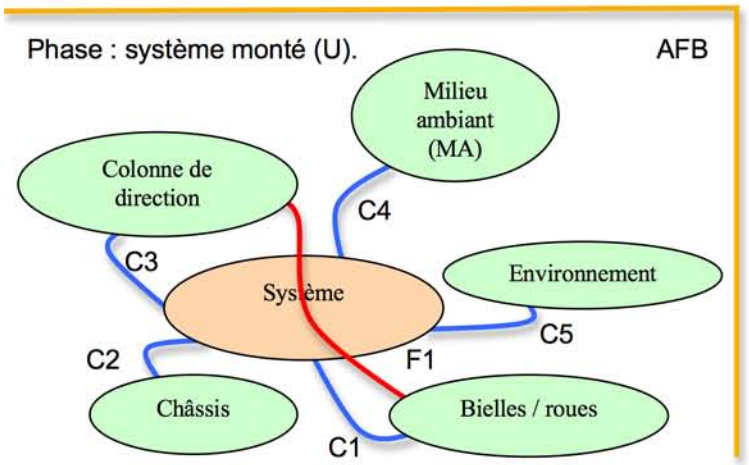
Dans le bloc diagramme, ***les traits rectilignes*** représentent ***les fonctions techniques élémentaires de contact*** souhaité ou non souhaité.

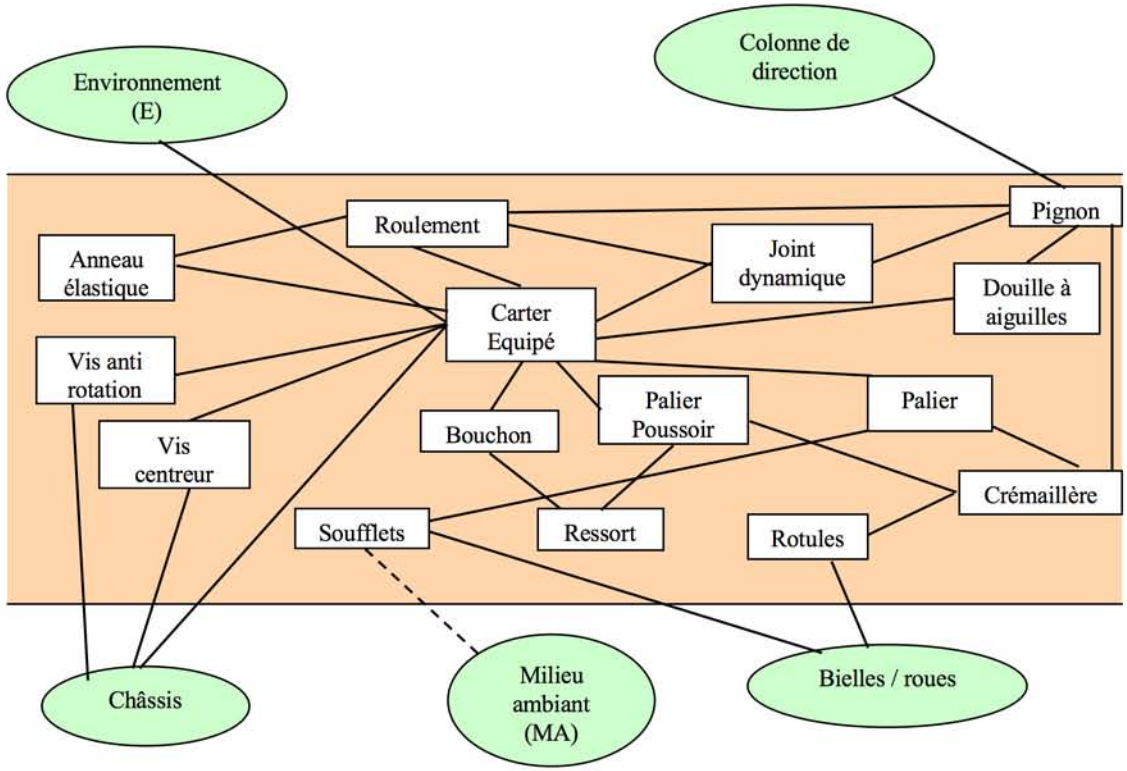




II – Outils et méthodes (Schéma de flux).

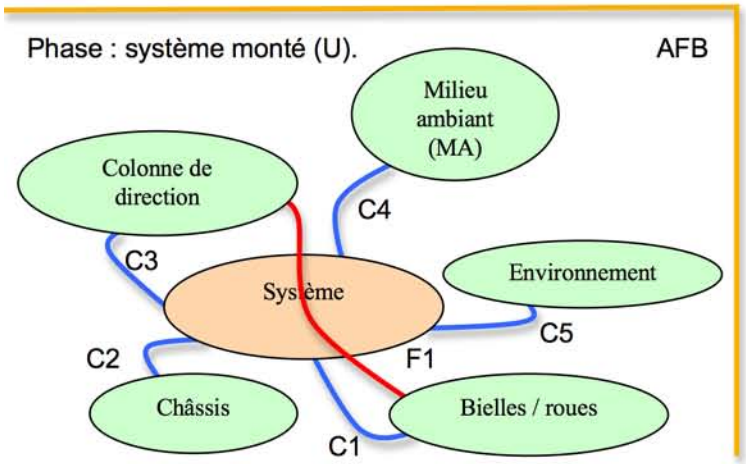
Transfert des flux de l'analyse fonctionnelle du besoin dans l'organisation interne des composants du système.

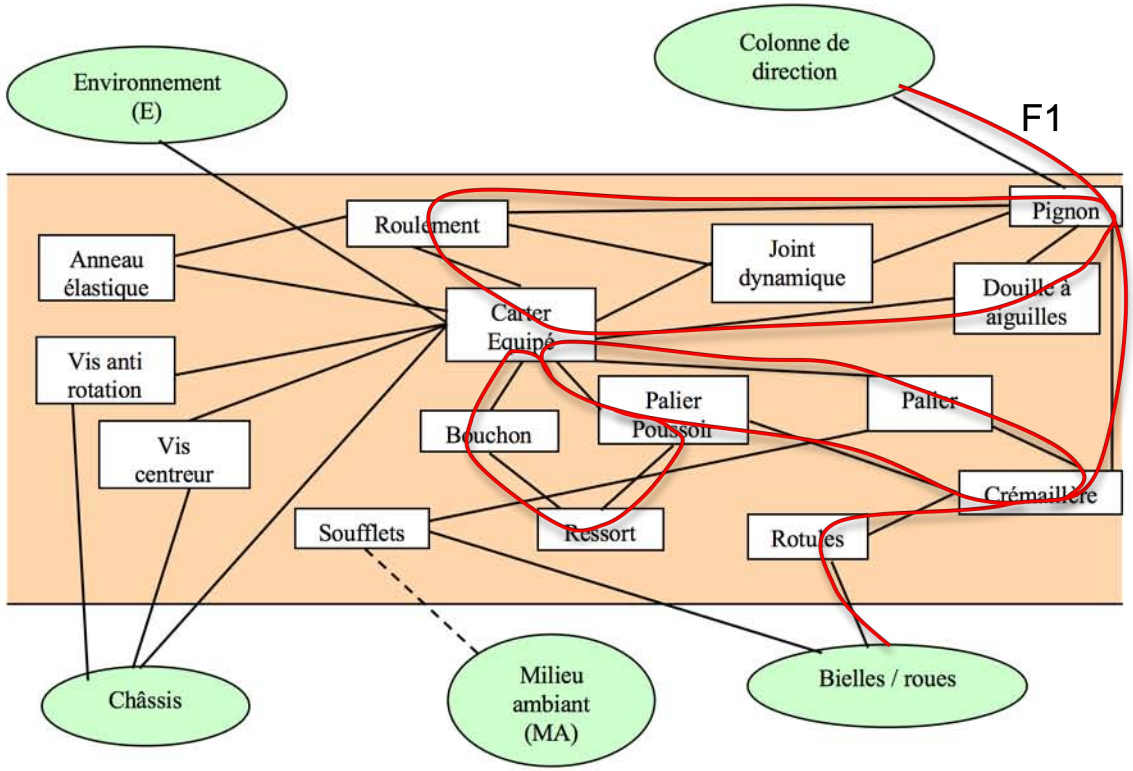




II – Outils et méthodes (Schéma de flux).

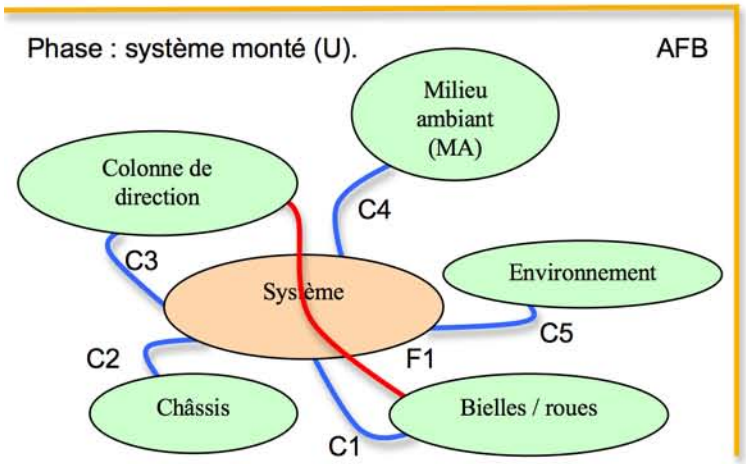
Transfert des flux de l'analyse fonctionnelle du besoin dans l'organisation interne des composants du système.

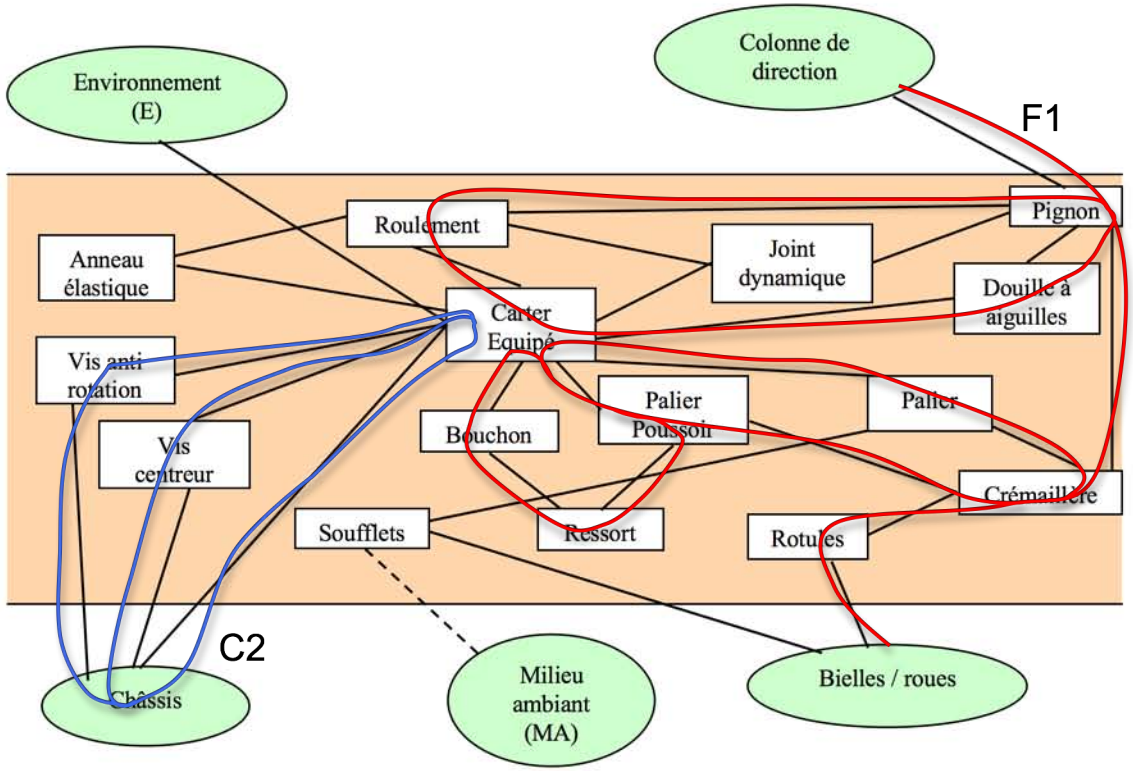




II – Outils et méthodes (Schéma de flux).

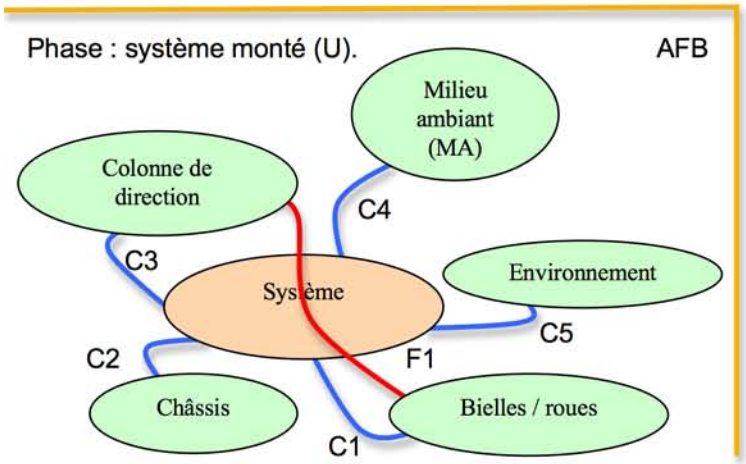
Transfert des flux de l'analyse fonctionnelle du besoin dans l'organisation interne des composants du système.

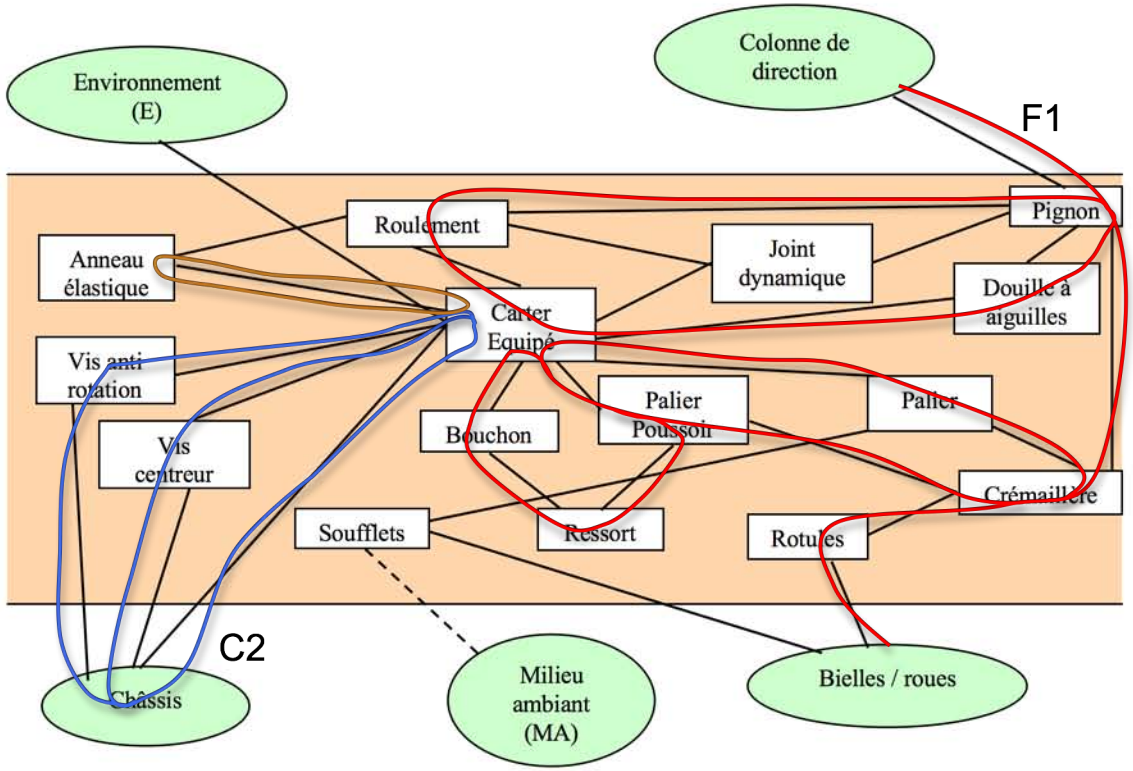




II – Outils et méthodes (Schéma de flux).

Transfert des flux de l'analyse fonctionnelle du besoin dans l'organisation interne des composants du système.



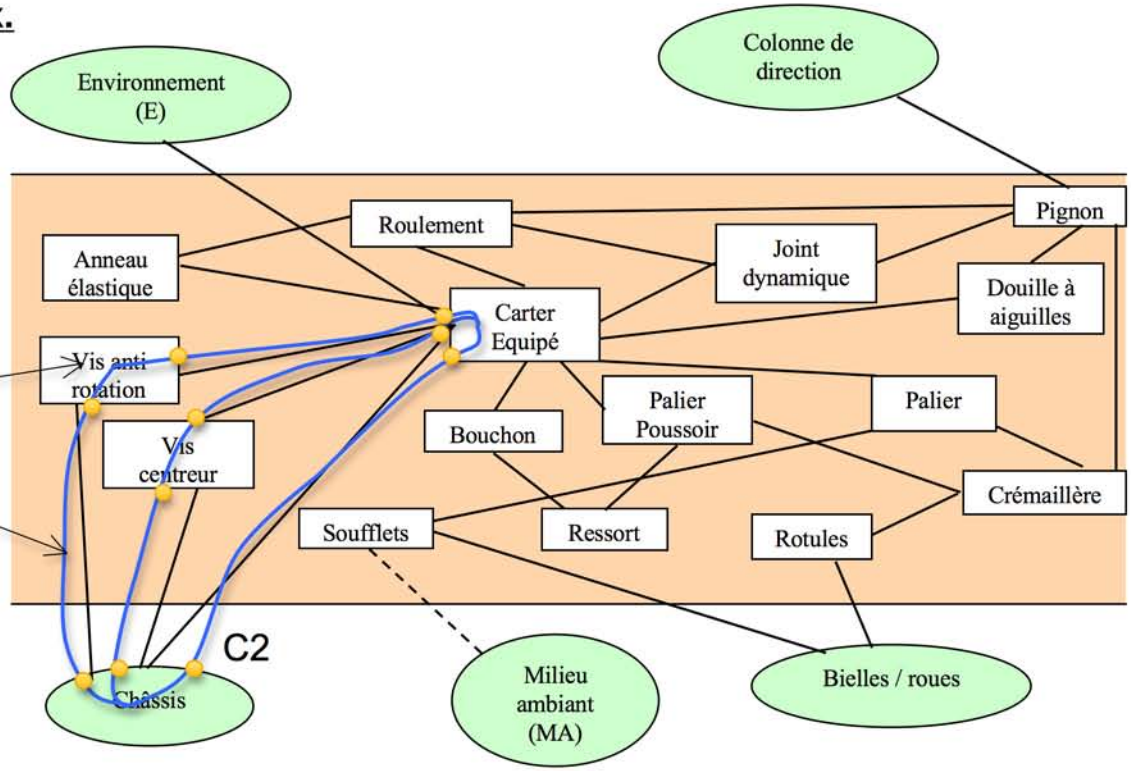


II – Outils et méthodes (Schéma de flux).

Les Fonctions Techniques Elémentaires de flux.

Décomposition des flux de l'analyse fonctionnelle du besoin en des fonctions techniques élémentaires de flux (FTE Flux).

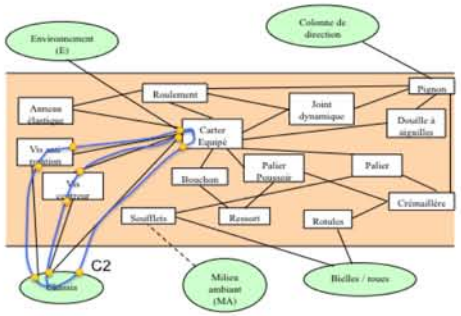
FTE Flux

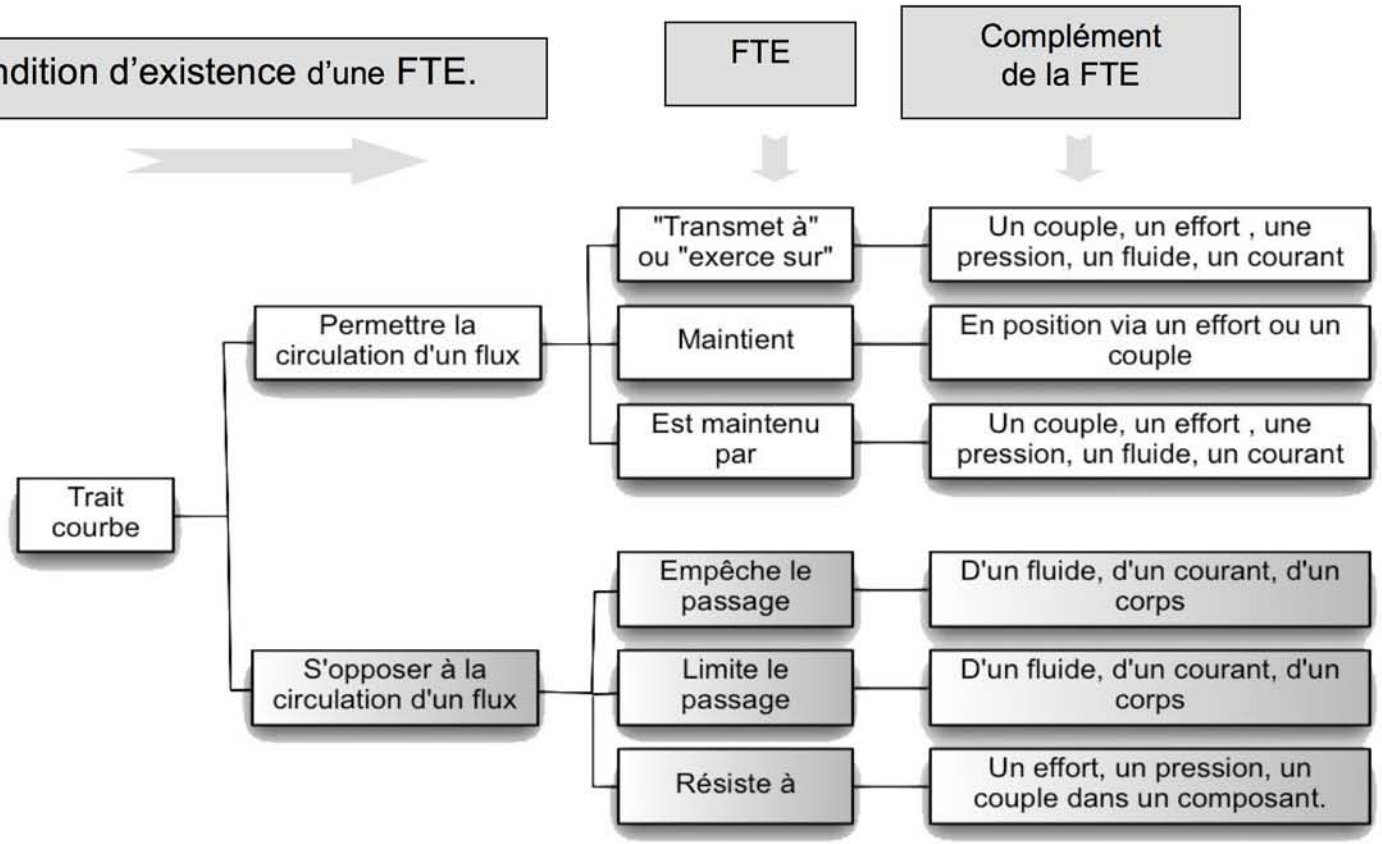


Les traits courbes permettent de caractériser ***les fonctions techniques élémentaires*** de flux.

Les Fonctions Techniques Elémentaires de flux.

Les traits courbes permettent de caractériser ***les fonctions techniques élémentaires*** de flux.

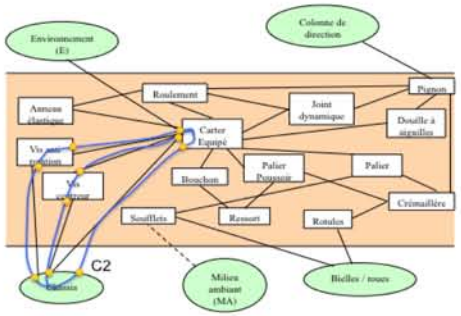




II – Outils et méthodes (Schéma de flux).

Les Fonctions Techniques Elémentaires de flux.

Les traits courbes permettent de caractériser ***les fonctions techniques élémentaires*** de flux.



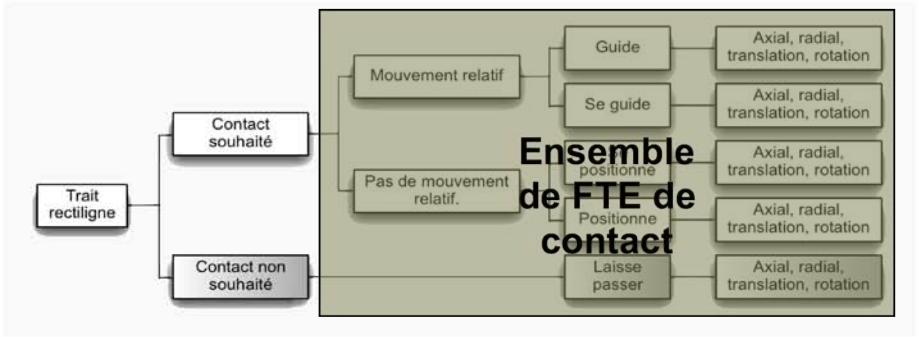
Condition d'existence d'une FTE.

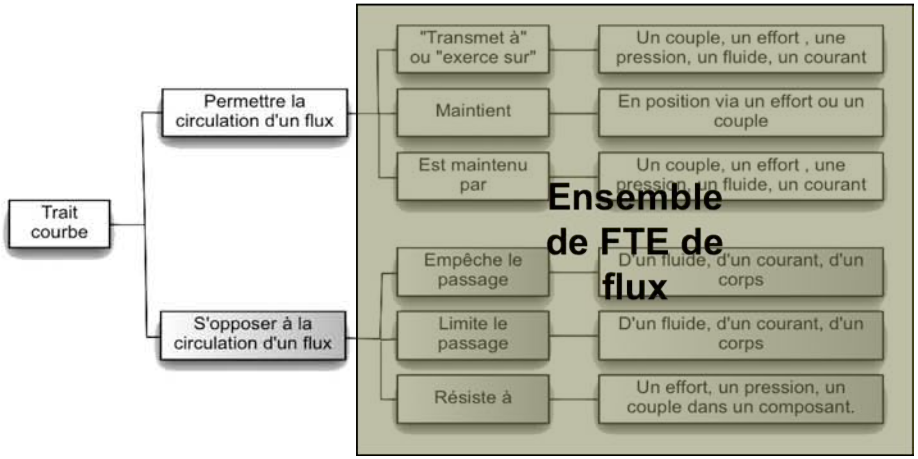
FTE	Complément de la FTE
Trait courbe → Permettre la circulation d'un flux → "Transmet à" ou "exerce sur"	Un couple, un effort , une pression, un fluide, un courant
Trait courbe → Permettre la circulation d'un flux → Maintient	En position via un effort ou un couple
Trait courbe → Permettre la circulation d'un flux → Est maintenu par	Un couple, un effort , une pression, un fluide, un courant
Trait courbe → S'opposer à la circulation d'un flux → Empêche le passage	D'un fluide, d'un courant, d'un corps
Trait courbe → S'opposer à la circulation d'un flux → Limite le passage	D'un fluide, d'un courant, d'un corps
Trait courbe → S'opposer à la circulation d'un flux → Résiste à	Un effort, un pression, un couple dans un composant.

Ensemble de FTE

II – Outils et méthodes (FTE).

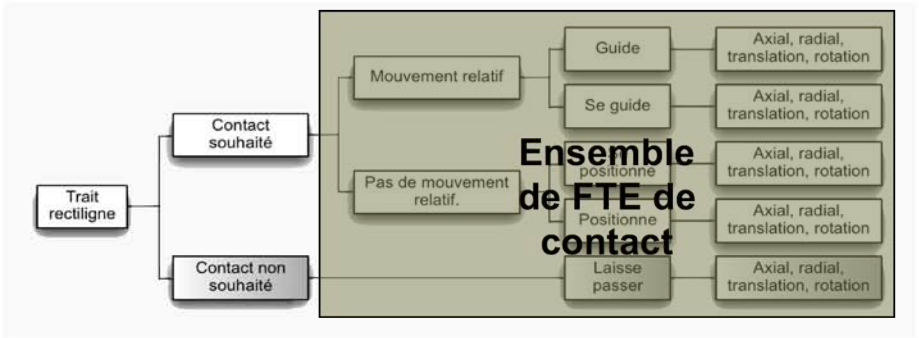
Les fonctions techniques élémentaires.

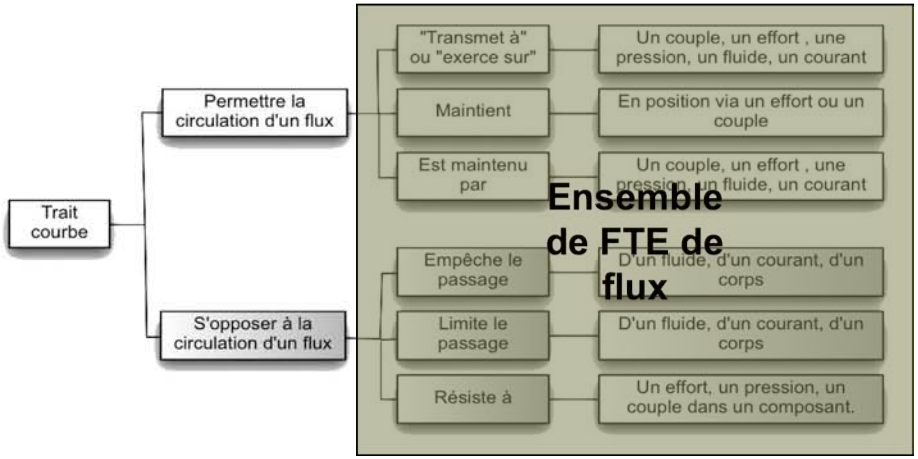


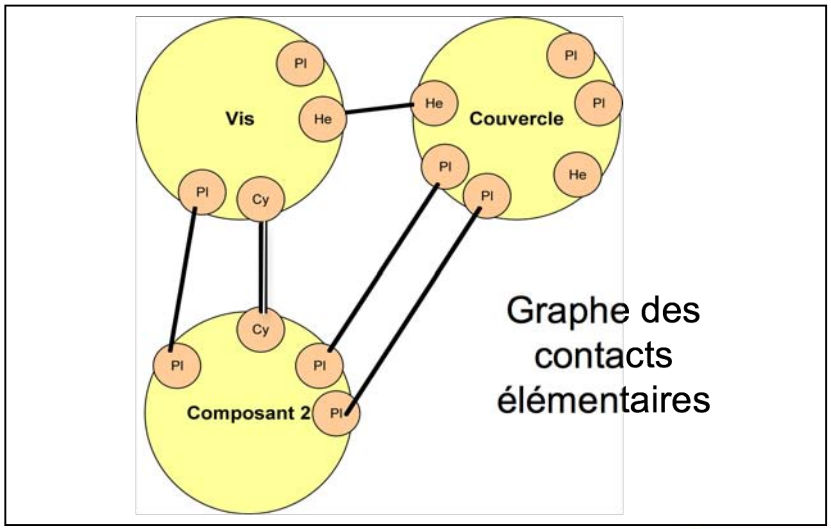


II – Outils et méthodes (FTE).

Les fonctions techniques élémentaires.

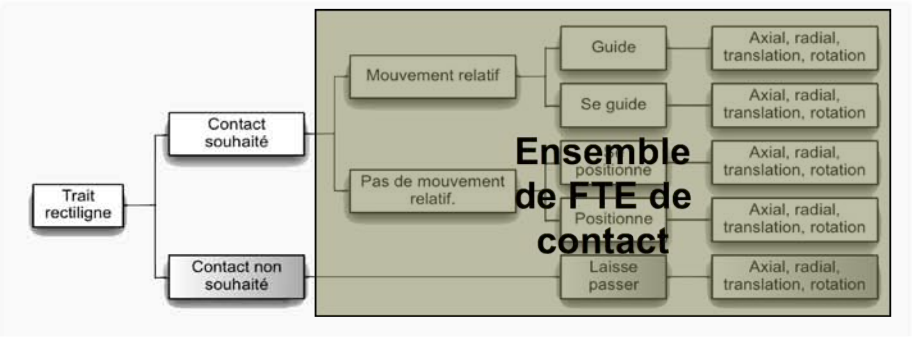


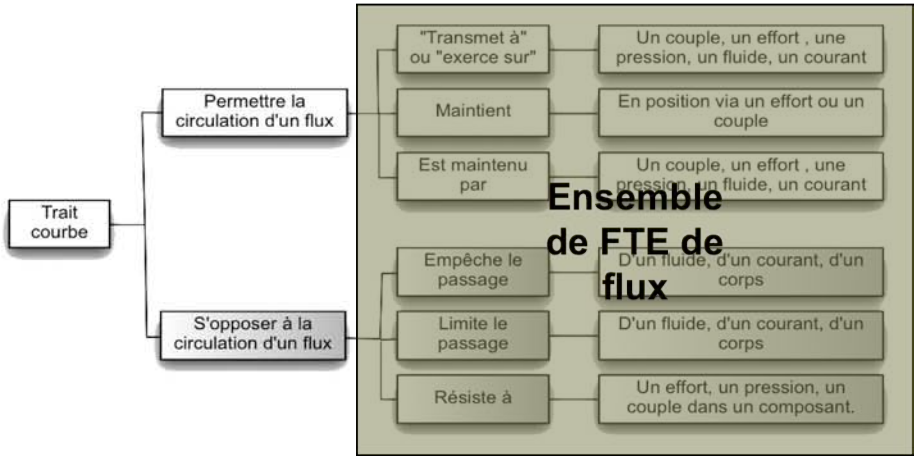


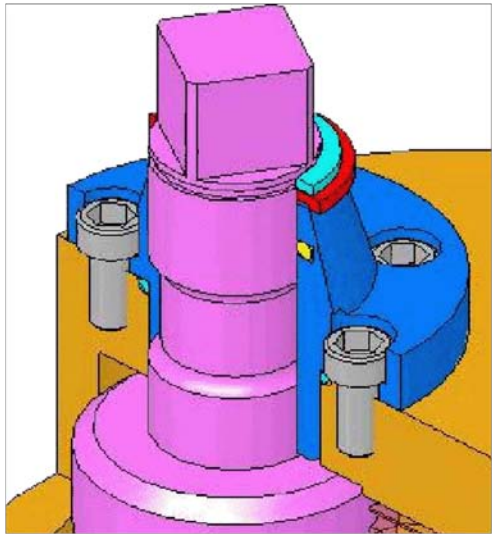


II – Outils et méthodes (FTE).

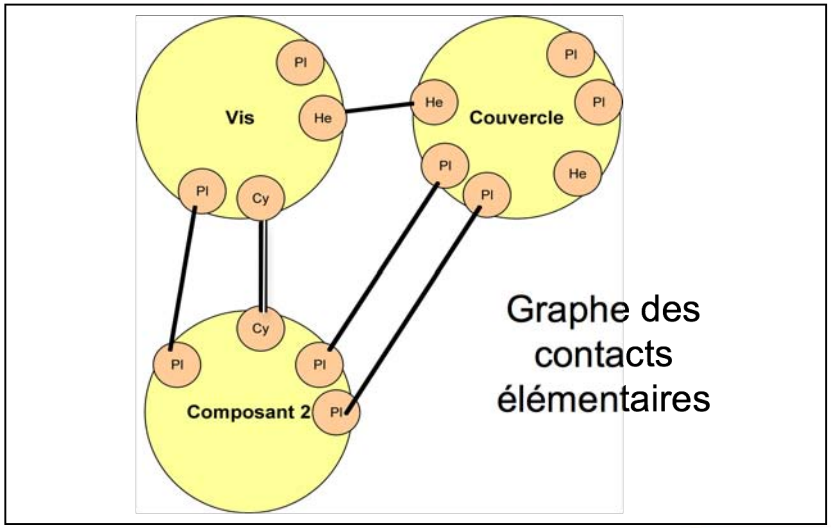
Les fonctions techniques élémentaires.





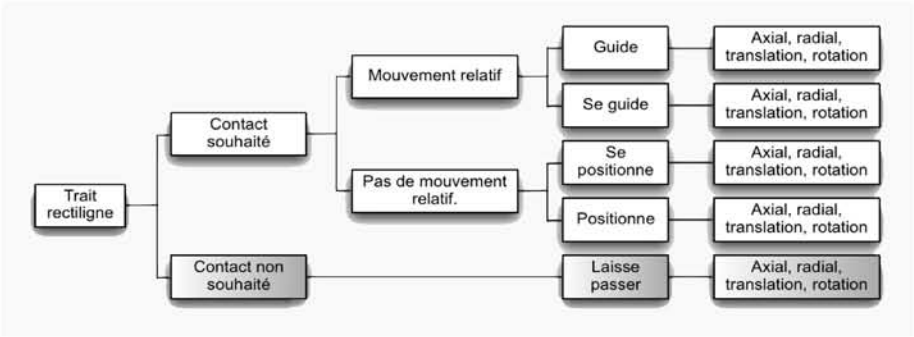


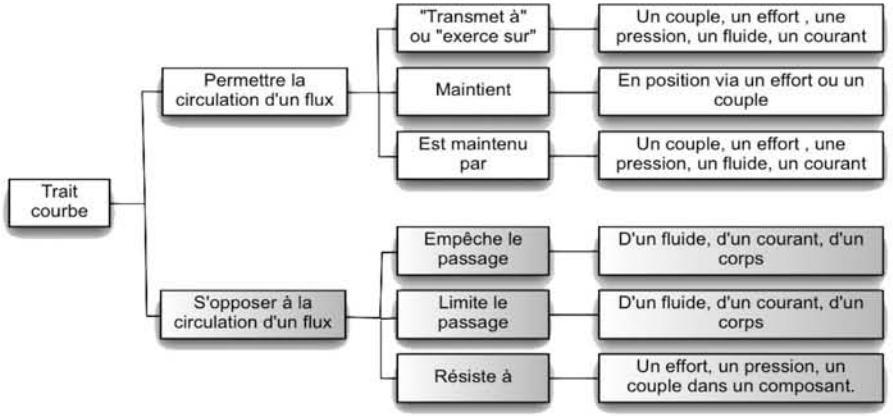
\+ Gamme d'assemblage prévisionnelle

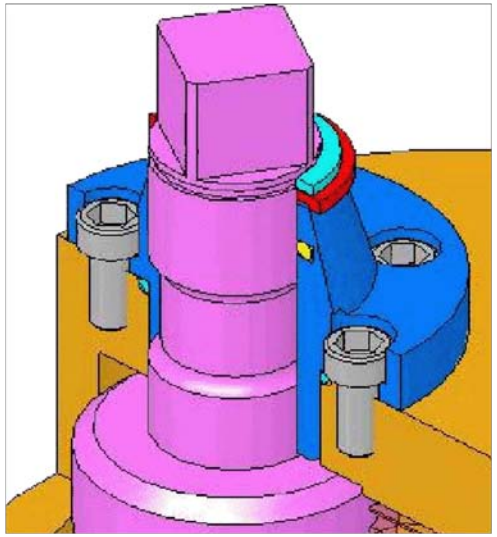


II – Outils et méthodes (FTE).

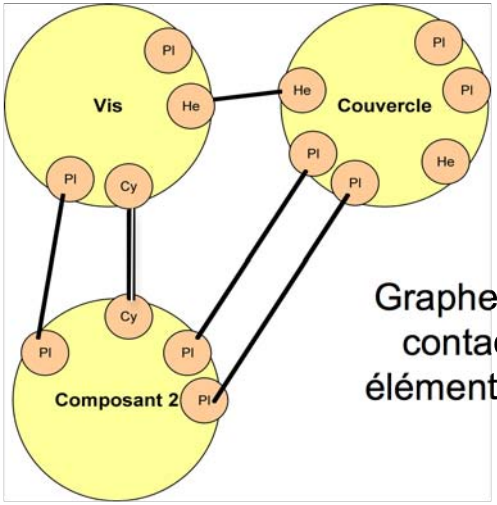
Les fonctions techniques élémentaires.







\+ Gamme d'assemblage prévisionnelle



Graphe des contacts élémentaires

II – Outils et méthodes (Tableau d'analyse fonctionnelle technique).

L'ensemble de la démarche d'analyse du fonctionnement est capitalisé pas à pas dans un outil appelé le TAFT.

II – Outils et méthodes (Tableau d'analyse fonctionnelle technique).

L'ensemble de la démarche d'analyse du fonctionnement est capitalisé pas à pas dans un outil appelé le TAFT.

L'outil TAFT pour chaque composant

II – Outils et méthodes (Tableau d'analyse fonctionnelle technique).

L'ensemble de la démarche d'analyse du fonctionnement est capitalisé pas à pas dans un outil appelé le TAFT.

L'outil TAFT pour chaque composant

- recense l'ensemble des phases du profil de vie du composant.

II – Outils et méthodes (Tableau d'analyse fonctionnelle technique).

L'ensemble de la démarche d'analyse du fonctionnement est capitalisé pas à pas dans un outil appelé le TAFT.

L'outil TAFT pour chaque composant

- recense l'ensemble des phases du profil de vie du composant.
- s'appuie sur un tableau constitué d'un ensemble de colonnes.

II – Outils et méthodes (Tableau d'analyse fonctionnelle technique).

Le noyau du TAFT est constitué des colonnes :

- des fonctions techniques élémentaires (FTE).

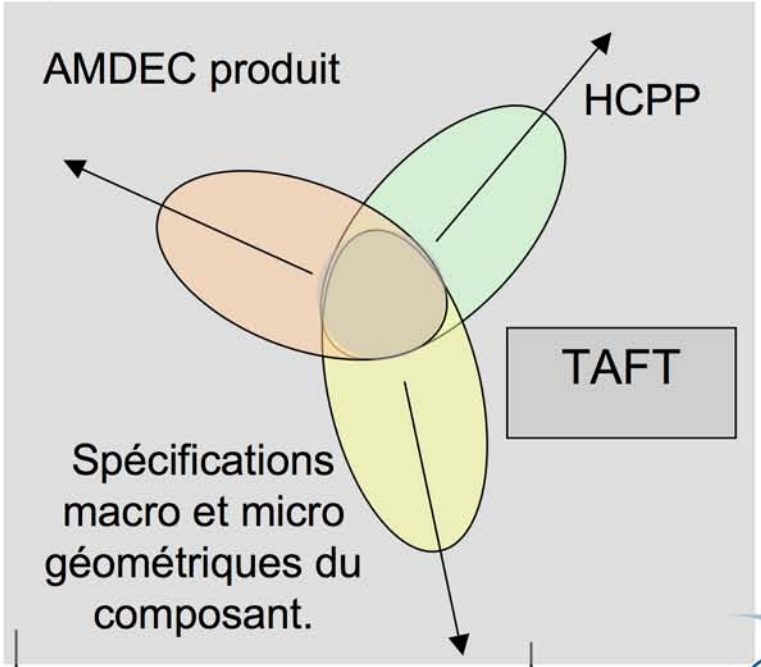
Éléments en contact			
Fonctions Techniques Elémentaires	Composant 2	Complément	Remarques complémentaires

- des sollicitations du composant en interaction avec le composant étudié.

Sollicitations	
Quoi	Combien

- des critères d'acceptation des FTE.

Caractéristiques des interfaces		
Quoi (CrAE, CrFG)	Combien (CAE, CFG)	Comment

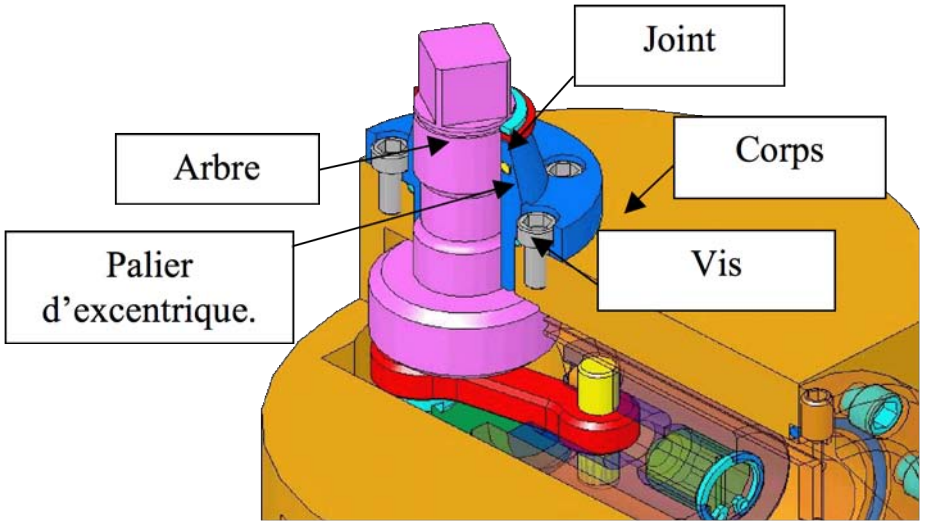


II – Outils et méthodes (Tableau d'analyse fonctionnelle technique).

Éléments en contact				Liaisons - Surfaces				Sollicitations		Caractéristiques de l'interface				Risque		Caractéristiques des surfaces		
Agit	sur quoi	Complément	Remarques complémentaires	Surf. 1	Surf. 2	Surf. 3	GF	Quoi	Combien	CAE	CFG	Combien	Comment	Mode de défaillance	Classe de robustesse	Quoi	Combien	HCP

II – Outils et méthodes (Tableau d'analyse fonctionnelle technique).

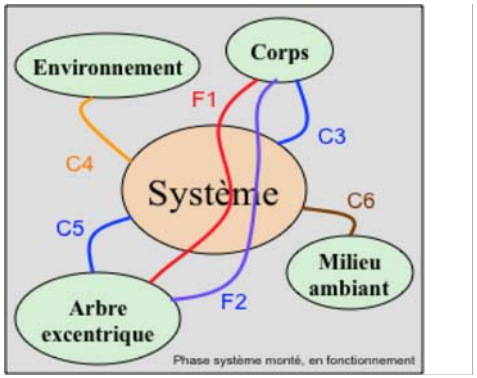
Éléments en contact				Liaisons - Surfaces				Sollicitations		Caractéristiques de l'interface				Risque		Caractéristiques des surfaces		
Agit	sur quoi	Complément	Remarques complémentaires	Surf. 1	Surf. 2	Surf. 3	GF	Quoi	Combien	CAE	CFG	Combien	Comment	Mode de défaillance	Classe de robustesse	Quoi	Combien	HCP

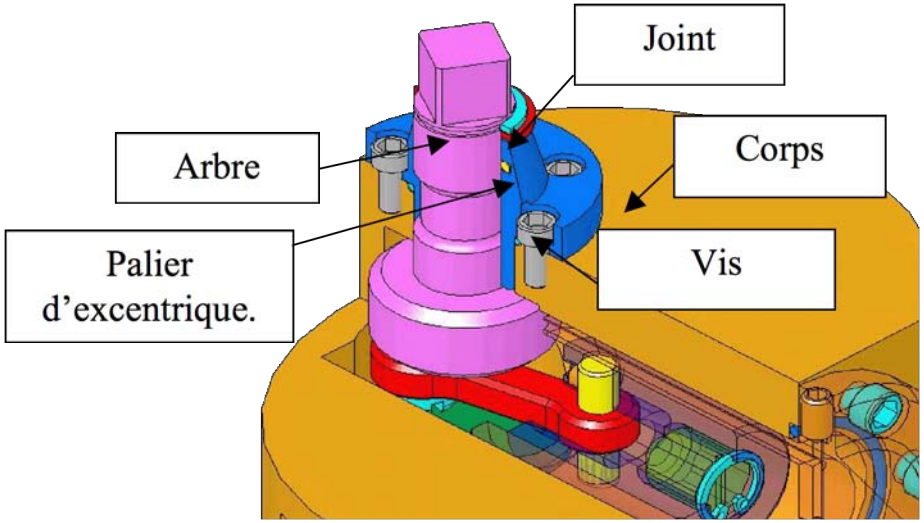


Maquette numérique de L. CARILLET

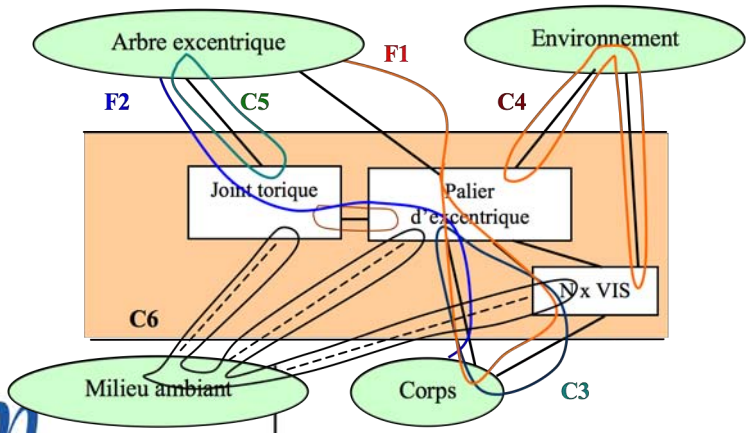
II – Outils et méthodes (Tableau d'analyse fonctionnelle technique).

Éléments en contact				Liaisons - Surfaces				Sollicitations		Caractéristiques de l'interface				Risque		Caractéristiques des surfaces		
Agit	sur quoi	Complément	Remarques complémentaires	Surf. 1	Surf. 2	Surf. 3	GF	Quoi	Combien	CAE	CFG	Combien	Comment	Mode de défaillance	Classe de robustesse	Quoi	Combien	HCP





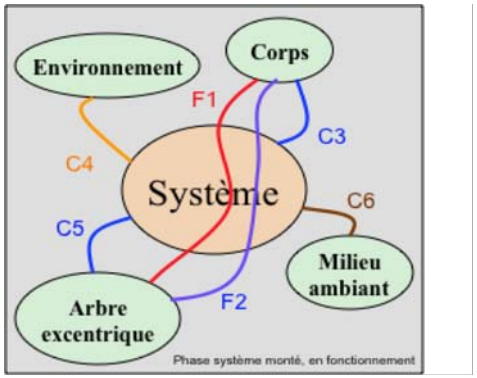
Maquette numérique de L. CARILLET

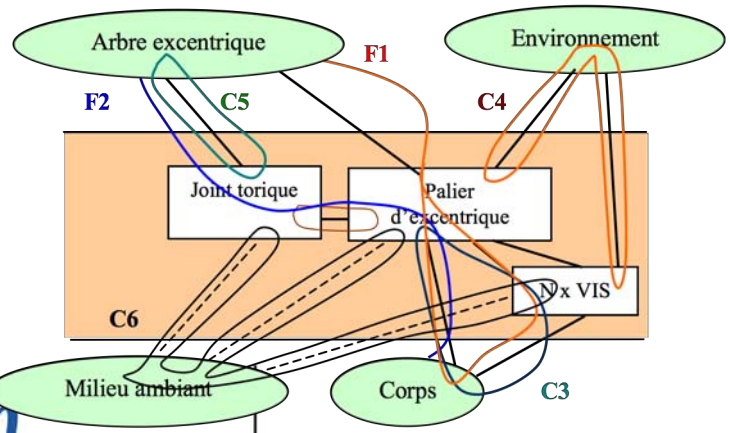


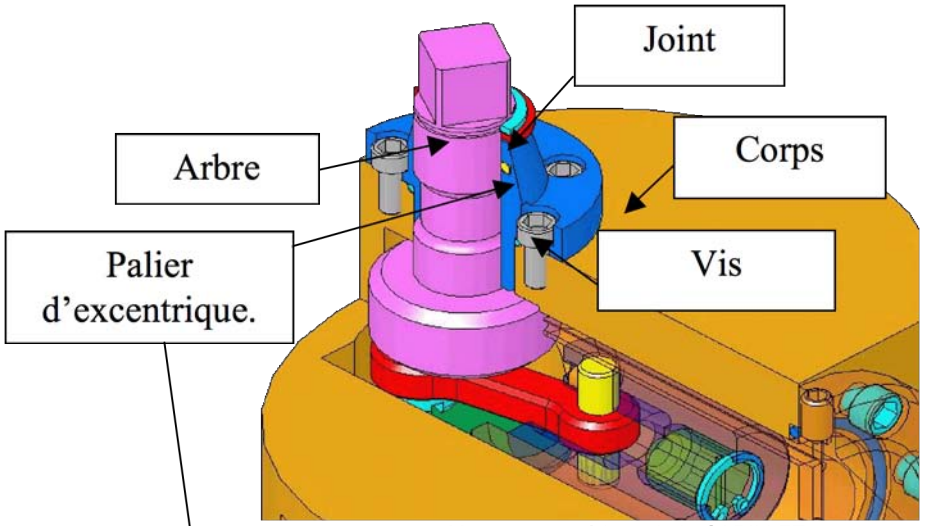
Frédéric CHARPENTIER
Frederic.Charpentier@cfc-technic.fr

II – Outils et méthodes (Tableau d'analyse fonctionnelle technique).

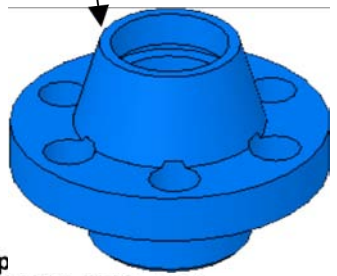
Éléments en contact				Liaisons - Surfaces				Sollicitations		Caractéristiques de l'interface				Risque		Caractéristiques des surfaces		
Agit	sur quoi	Complément	Remarques complémentaires	Surf. 1	Surf. 2	Surf. 3	GF	Quoi	Combien	CAE	CFG	Combien	Comment	Mode de défaillance	Classe de robustesse	Quoi	Combien	HCP







Maquette numérique de L. CARILLET

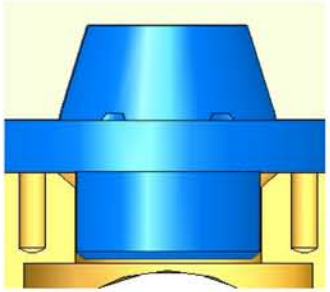


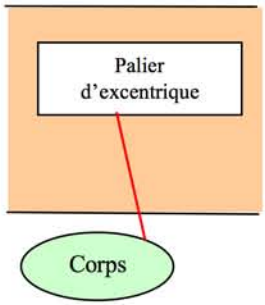
Exp
Membre du GRT

Frédéric CHARPENTIER
Frederic.Charpentier@cfc-technic.fr

II – Outils et méthodes (Tableau d'analyse fonctionnelle technique).

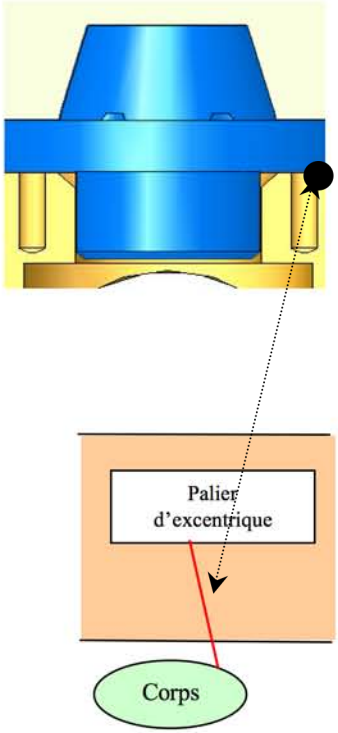
Liens entre le schéma de flux, l'esquisse numérique et le TAFT

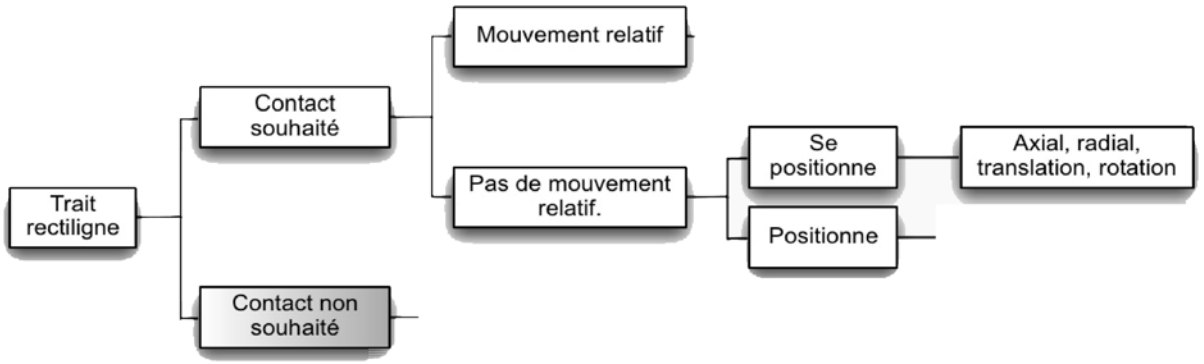




II – Outils et méthodes (Tableau d'analyse fonctionnelle technique).

Liens entre le schéma de flux, l'esquisse numérique et le TAFT

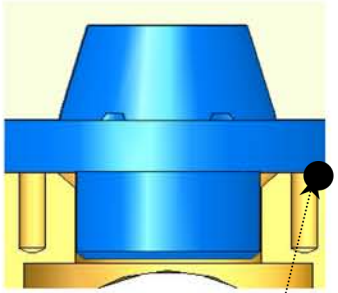


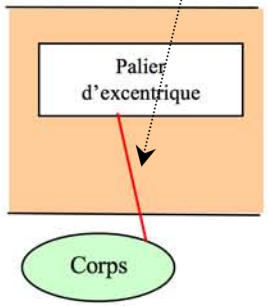


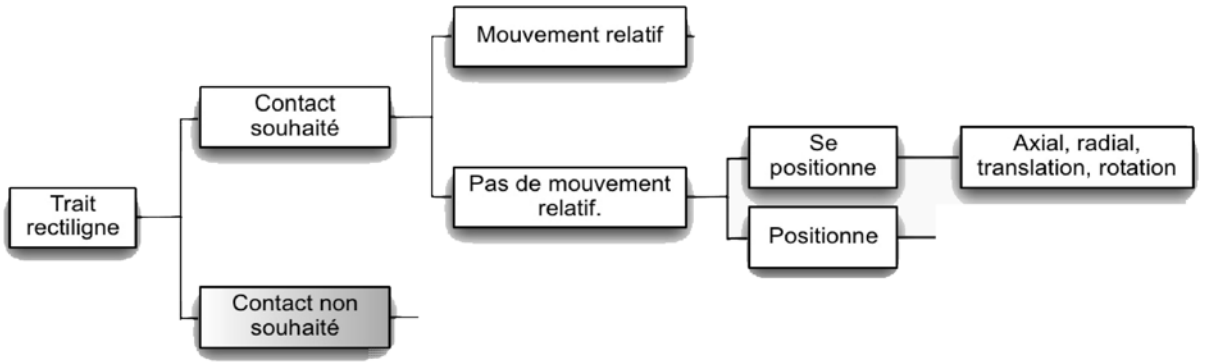
II – Outils et méthodes (Tableau d'analyse fonctionnelle technique).

Liens entre le schéma de flux, l'esquisse numérique et le TAFT

	Palier d'excentrique du simulateur de rameur			
N°	Agit	sur quoi	Complément	Remarques complémentaires
Interface avec le corps				
	Plan (appui plan du palier sur le corps)			
1	se positionne	sur le corps	axialement	La FTE permet de caractériser la qualité de la mise en position du palier sur le corps (contact fixe). La surface réputée plane est un élément de référence spécifiée "A"



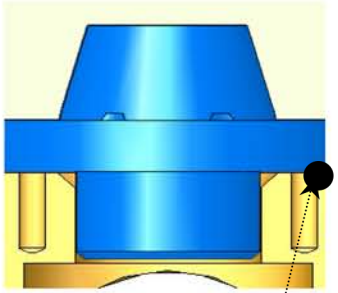


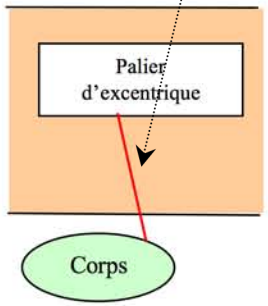


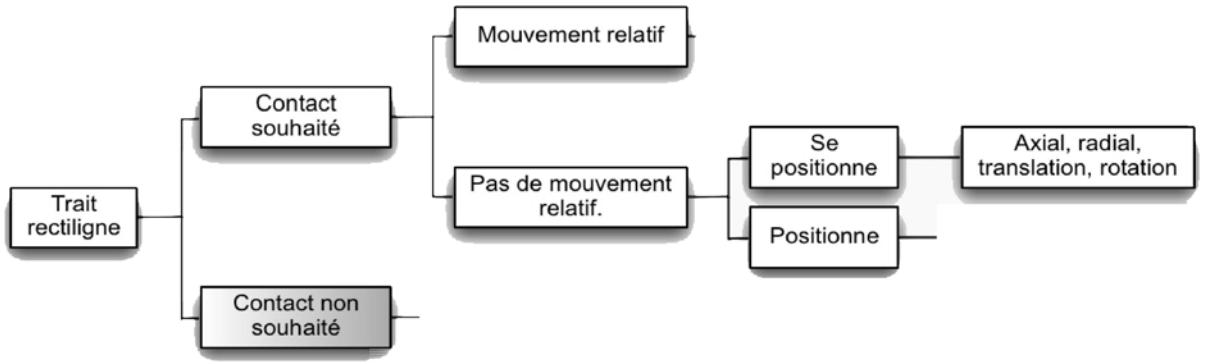
II – Outils et méthodes (Tableau d'analyse fonctionnelle technique).

Liens entre le schéma de flux, l'esquisse numérique et le TAFT

	Palier d'excentrique du simulateur de rameur				Liaisons - Surfaces			
N°	Agit	sur quoi	Complément	Remarques complémentaires	Surf. 1	Surf. 2	Surf. 3	GF
Interface avec le corps								
	Plan (appui plan du palier sur le corps)							
1	se positionne	sur le corps	axialement	La FTE permet de caractériser la qualité de la mise en position du palier sur le corps (contact fixe). La surface réputée plane est un élément de référence spécifiée "A"	Plan			1



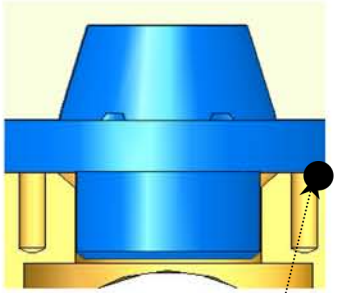


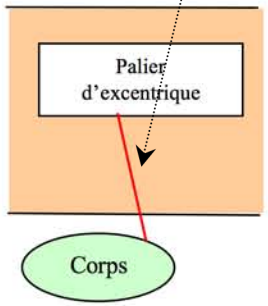


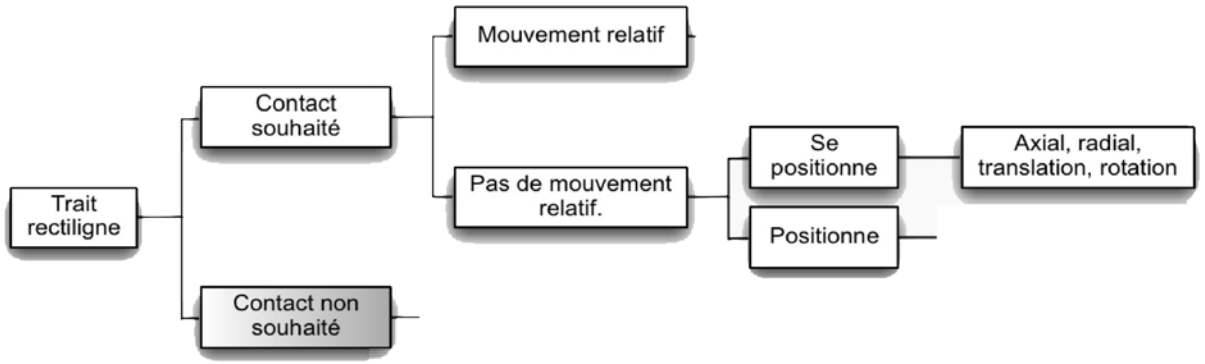
II – Outils et méthodes (Tableau d'analyse fonctionnelle technique).

Liens entre le schéma de flux, l'esquisse numérique et le TAFT

	Palier d'excentrique du simulateur de rameur				Sollicitations	
N°	Agit	sur quoi	Complément	Remarques complémentaires	Quoi	Combien
Interface avec le corps						
	Plan (appui plan du palier sur le corps)					
1	se positionne	sur le corps	axialement	La FTE permet de caractériser la qualité de la mise en position du palier sur le corps (contact fixe). La surface réputée plane est un élément de référence spécifiée "A"		



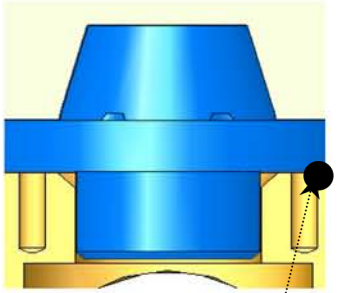


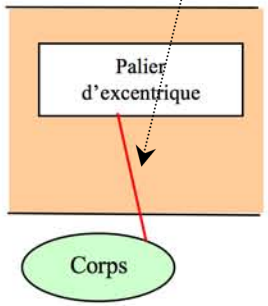


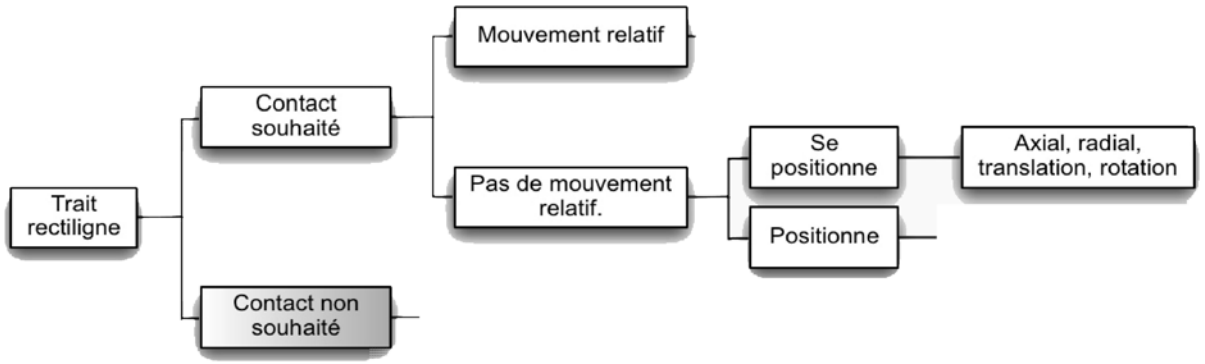
II – Outils et méthodes (Tableau d'analyse fonctionnelle technique).

Liens entre le schéma de flux, l'esquisse numérique et le TAFT

	Palier d'excentrique du simulateur de rameur				Critères d'acceptation			
N°	Agit	sur quoi	Complément	Remarques complémentaires	CAE	CFG	Combien	Comment
Interface avec le corps								
	Plan (appui plan du palier sur le corps)							
1	se positionne	sur le corps	axialement	La FTE permet de caractériser la qualité de la mise en position du palier sur le corps (contact fixe). La surface réputée plane est un élément de référence spécifiée "A"		Il est nécessaire de consulter toutes les CFG impactées par ce maillon.	CFG impactées par ce maillon	(CHAINES DE COTES)



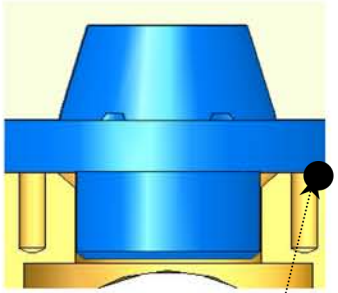


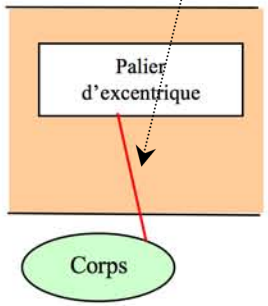


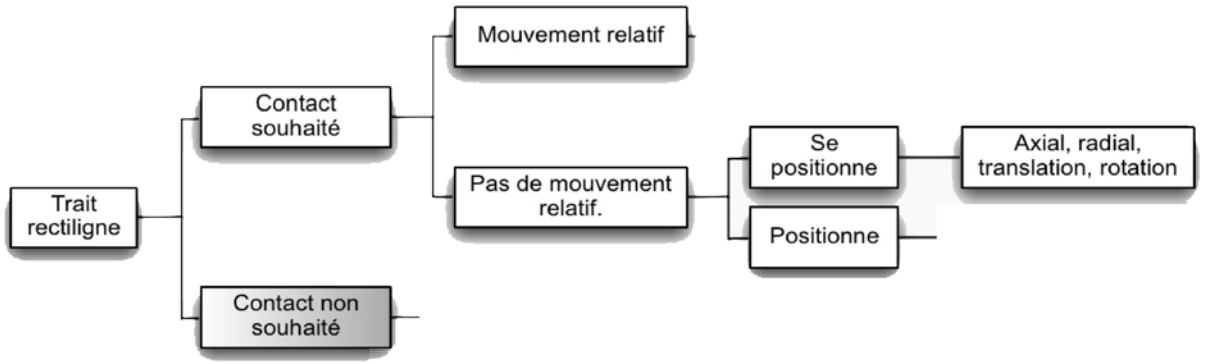
II – Outils et méthodes (Tableau d'analyse fonctionnelle technique).

Liens entre le schéma de flux, l'esquisse numérique et le TAFT

	Palier d'excentrique du simulateur de rameur				Risque	
N°	Agit	sur quoi	Complément	Remarques complémentaires	Mode de défaillance	Classe de robustesse
Interface avec le corps						
	Plan (appui plan du palier sur le corps)					
1	se positionne	sur le corps	axialement	La FTE permet de caractériser la qualité de la mise en position du palier sur le corps (contact fixe). La surface réputée plane est un élément de référence spécifiée "A"		



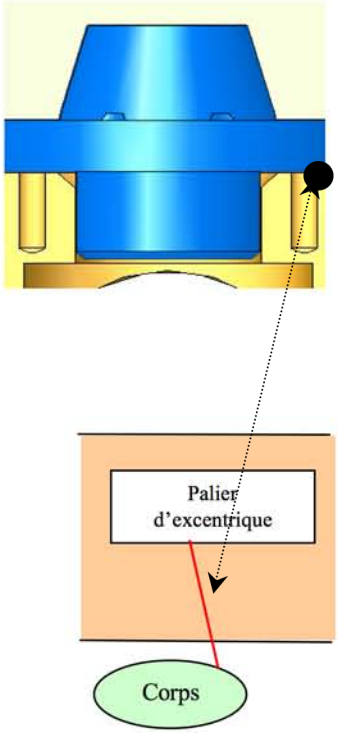


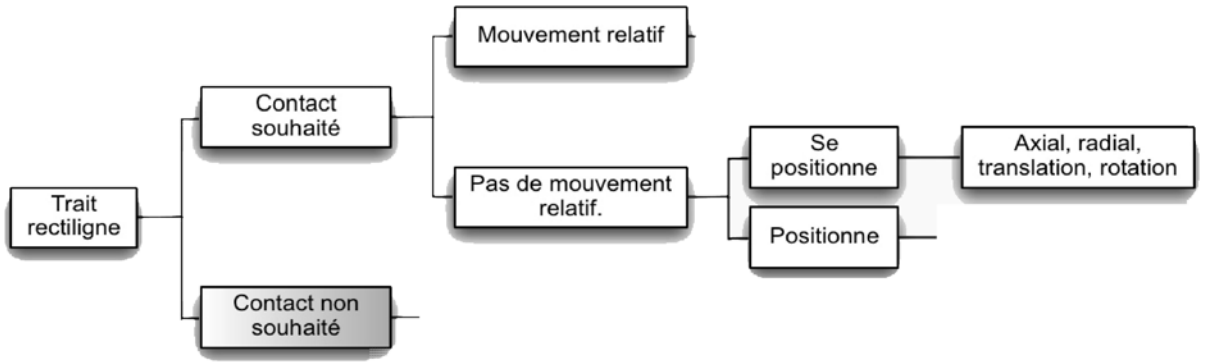


II – Outils et méthodes (Tableau d'analyse fonctionnelle technique).

Liens entre le schéma de flux, l'esquisse numérique et le TAFT

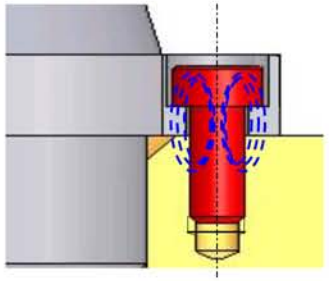
	Palier d'excentrique du simulateur de rameur				Caractéristiques des surfaces		
N°	Agit	sur quoi	Complément	Remarques complémentaires	Quoi	Combien	HCP
Interface avec le corps							
	Plan (appui plan du palier sur le corps)						
1	se positionne	sur le corps	axialement	La FTE permet de caractériser la qualité de la mise en position du palier sur le corps (contact fixe). La surface réputée plane est un élément de référence spécifiée "A"	planéité | |		

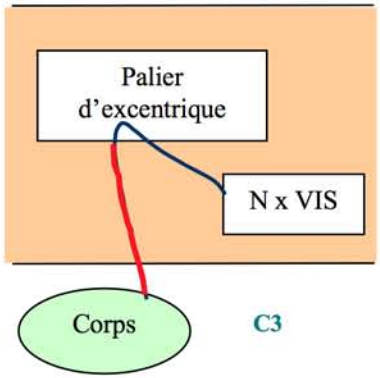




II – Outils et méthodes (Tableau d'analyse fonctionnelle technique).

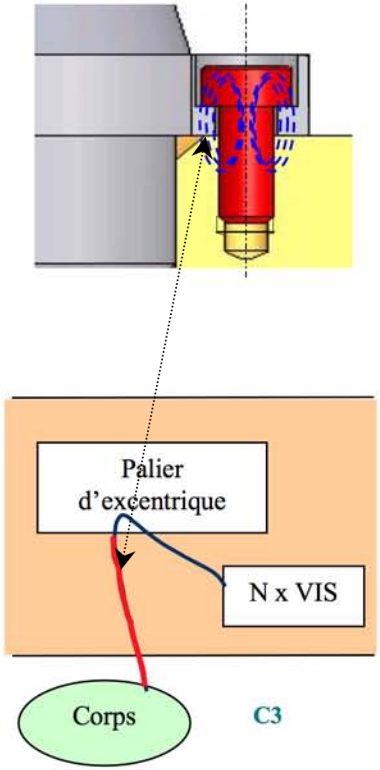
Liens entre le schéma de flux, l'esquisse numérique et le TAFT

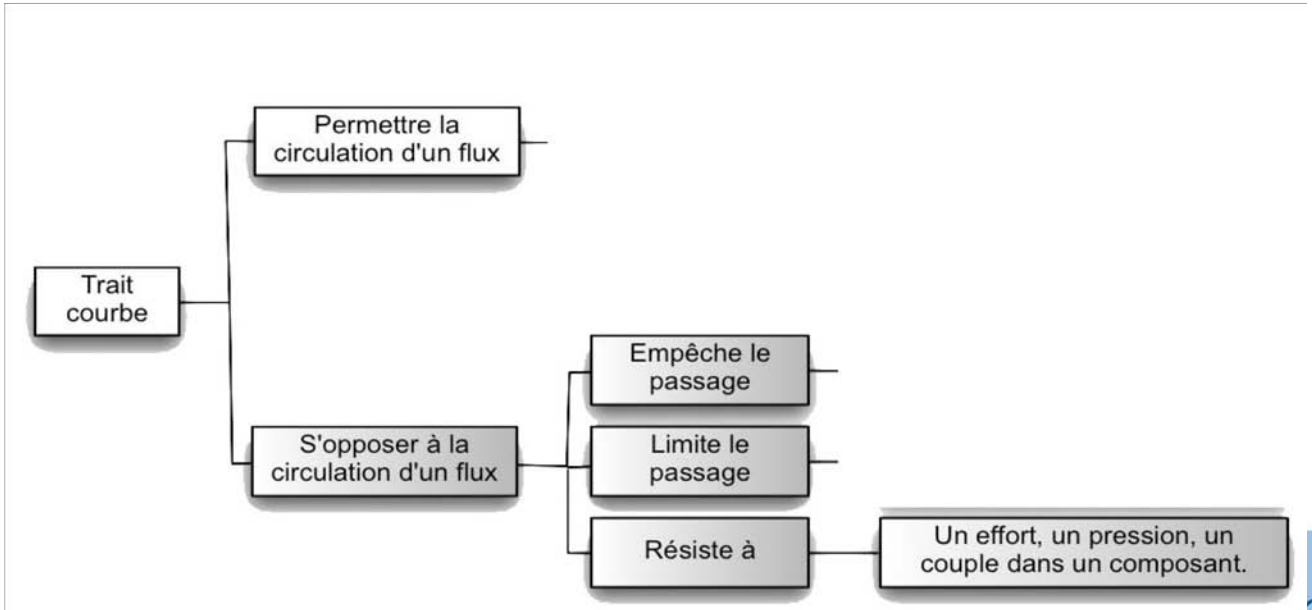




II – Outils et méthodes (Tableau d'analyse fonctionnelle technique).

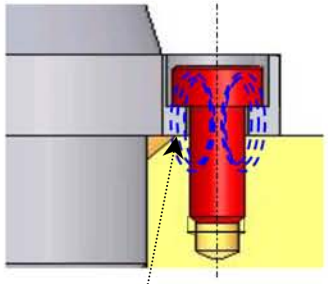
Liens entre le schéma de flux, l'esquisse numérique et le TAFT

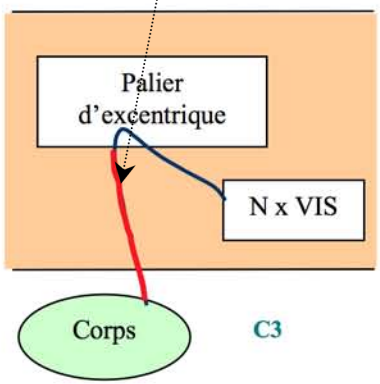




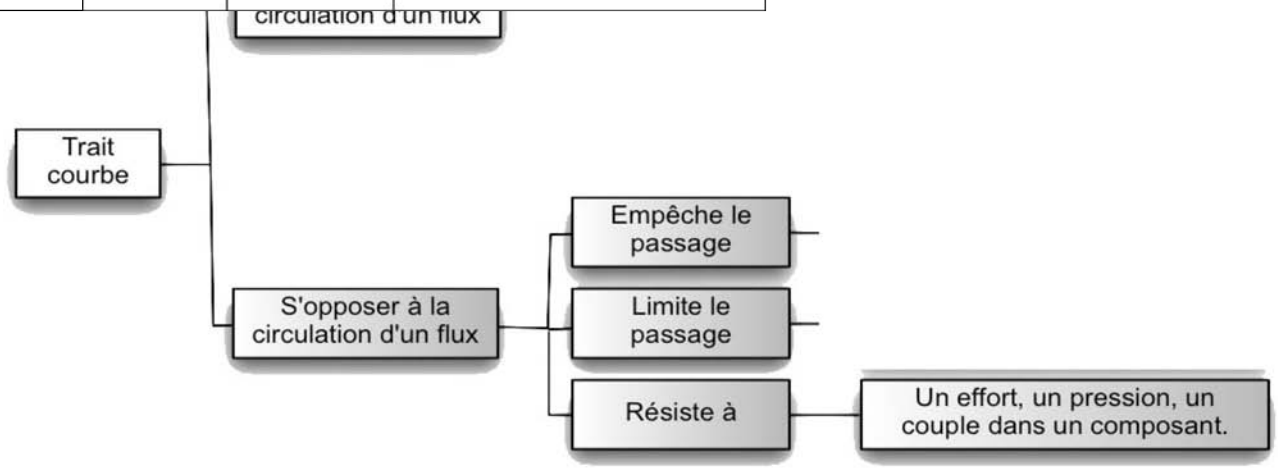
II – Outils et méthodes (Tableau d'analyse fonctionnelle technique).

Liens entre le schéma de flux, l'esquisse numérique et le TAFT



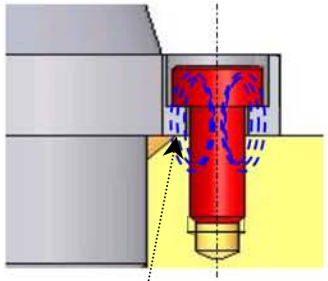


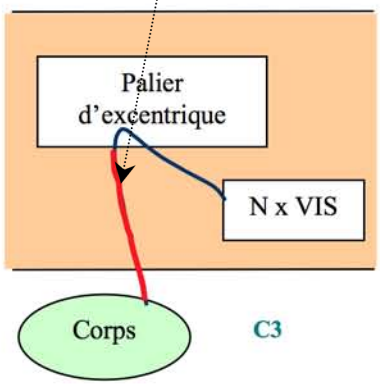
N°	Agit	sur quoi	Complément	Remarques complémentaires
	Palier d'excentrique du simulateur de rameur			
Interface avec le corps				
	Plan (appui plan du palier sur le corps)			
1	se positionne	sur le corps	axialement	La FTE permet de caractériser la qualité de la mise en position du palier sur le corps (contact fixe). La surface réputée plane est un élément de référence spécifiée "A"
2	résiste au	corps	à une pression	La FTE permet de caractériser la tenue mécanique de la liaison (qualité de la surface défaut macro géométrique).



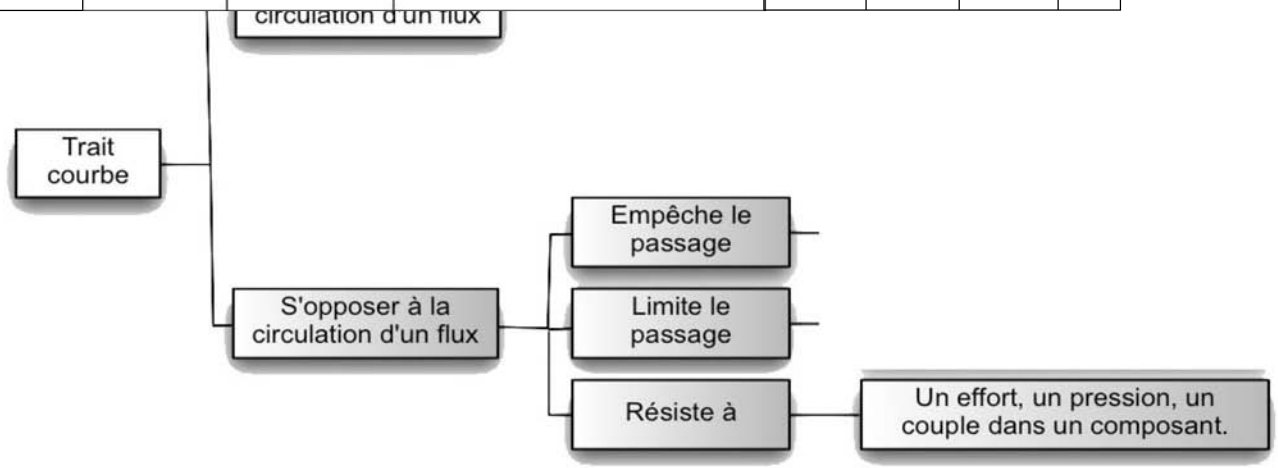
II – Outils et méthodes (Tableau d'analyse fonctionnelle technique).

Liens entre le schéma de flux, l'esquisse numérique et le TAFT



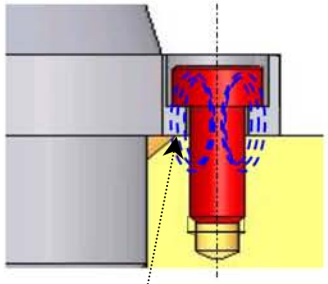


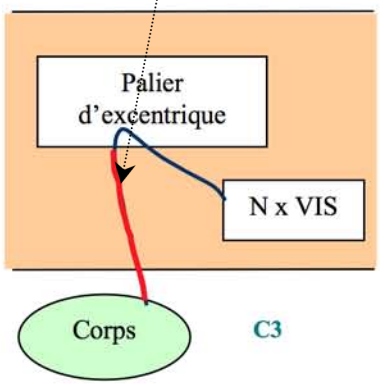
	Palier d'excentrique du simulateur de rameur				Liaisons - Surfaces			
N°	Agit	sur quoi	Complément	Remarques complémentaires	Surf. 1	Surf. 2	Surf. 3	GF
Interface avec le corps								
	Plan (appui plan du palier sur le corps)							
1	se positionne	sur le corps	axialement	La FTE permet de caractériser la qualité de la mise en position du palier sur le corps (contact fixe). La surface réputée plane est un élément de référence spécifiée "A"	Plan			1
2	résiste au	corps	à une pression	La FTE permet de caractériser la tenue mécanique de la liaison (qualité de la surface défaut macro géométrique).	Plan			



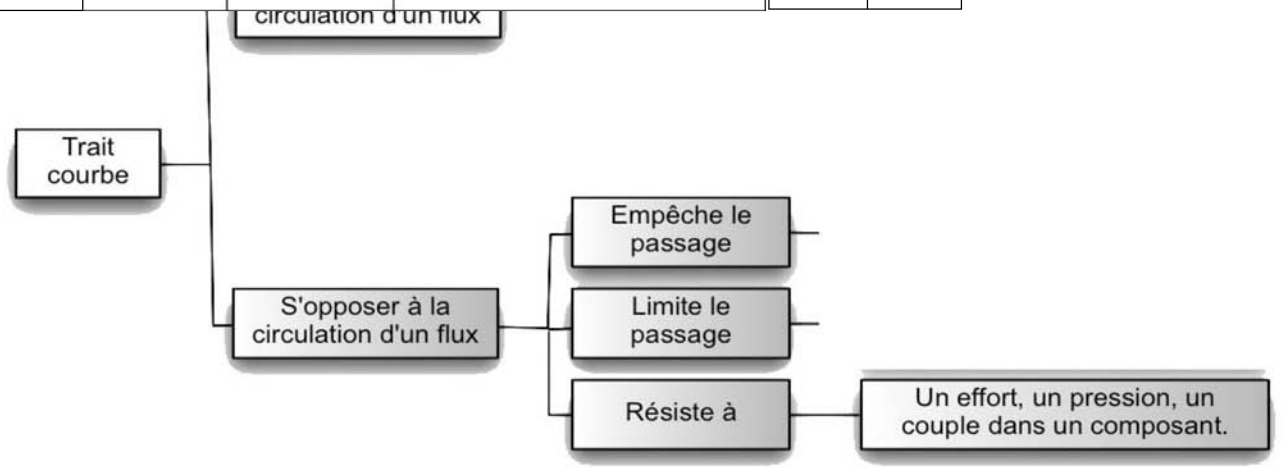
II – Outils et méthodes (Tableau d'analyse fonctionnelle technique).

Liens entre le schéma de flux, l'esquisse numérique et le TAFT



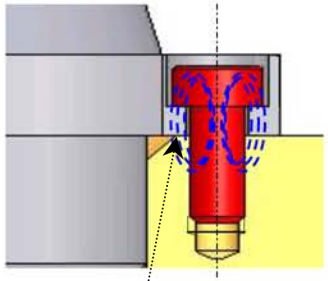


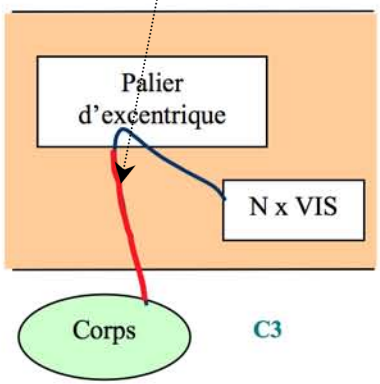
	Palier d'excentrique du simulateur de rameur				Sollicitations	
N°	Agit	sur quoi	Complément	Remarques complémentaires	Quoi	Combien
Interface avec le corps						
	Plan (appui plan du palier sur le corps)					
1	se positionne	sur le corps	axialement	La FTE permet de caractériser la qualité de la mise en position du palier sur le corps (contact fixe). La surface réputée plane est un élément de référence spécifiée "A"		
2	résiste au	corps	à une pression	La FTE permet de caractériser la tenue mécanique de la liaison (qualité de la surface défaut macro géométrique).	Couple de serrage des vis de fixation (Nm)	25 Nm classe M



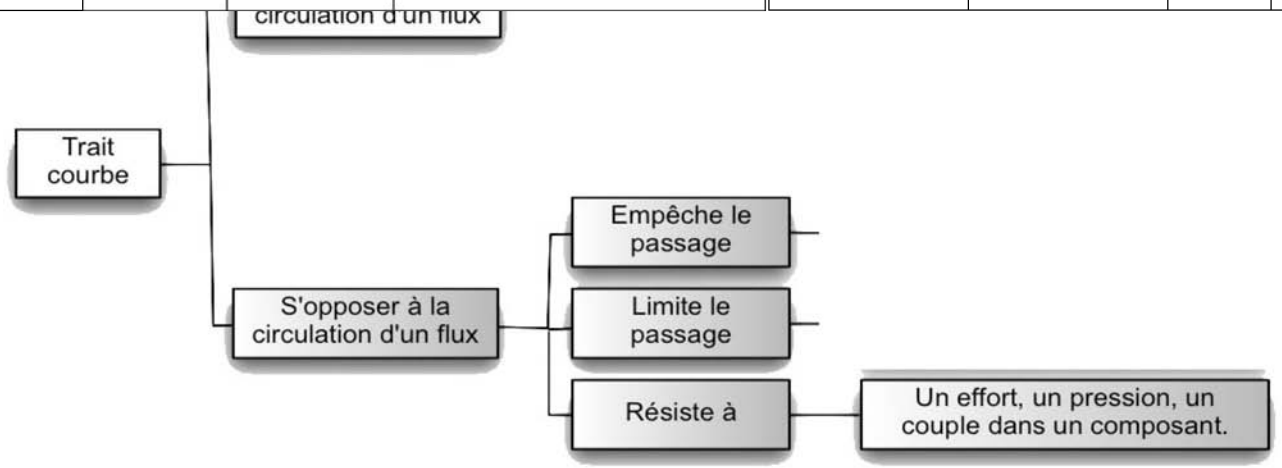
II – Outils et méthodes (Tableau d'analyse fonctionnelle technique).

Liens entre le schéma de flux, l'esquisse numérique et le TAFT



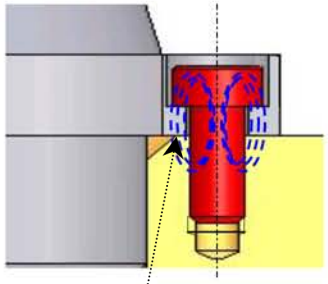


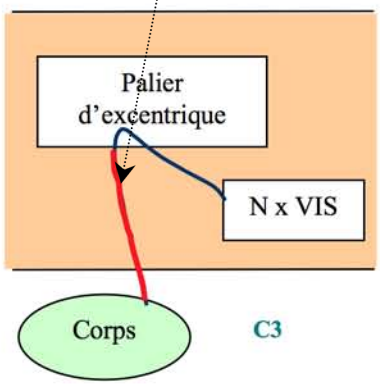
	Palier d'excentrique du simulateur de rameur				Critères d'acceptation			
N°	Agit	sur quoi	Complément	Remarques complémentaires	CAE	CFG	Combien	Comment
Interface avec le corps								
	Plan (appui plan du palier sur le corps)							
1	se positionne	sur le corps	axialement	La FTE permet de caractériser la qualité de la mise en position du palier sur le corps (contact fixe). La surface réputée plane est un élément de référence spécifiée "A"		Il est nécessaire de consulter toutes les CFG impactées par ce maillon.	CFG impactées par ce maillon	(CHAINES DE COTES)
2	résiste au	corps	à une pression	La FTE permet de caractériser la tenue mécanique de la liaison (qualité de la surface défaut macro géométrique).	effort maxi	Ecart macro géométrique maxi (taux de portance)	Δ Fmaxi Δforme maxi	ESSAI



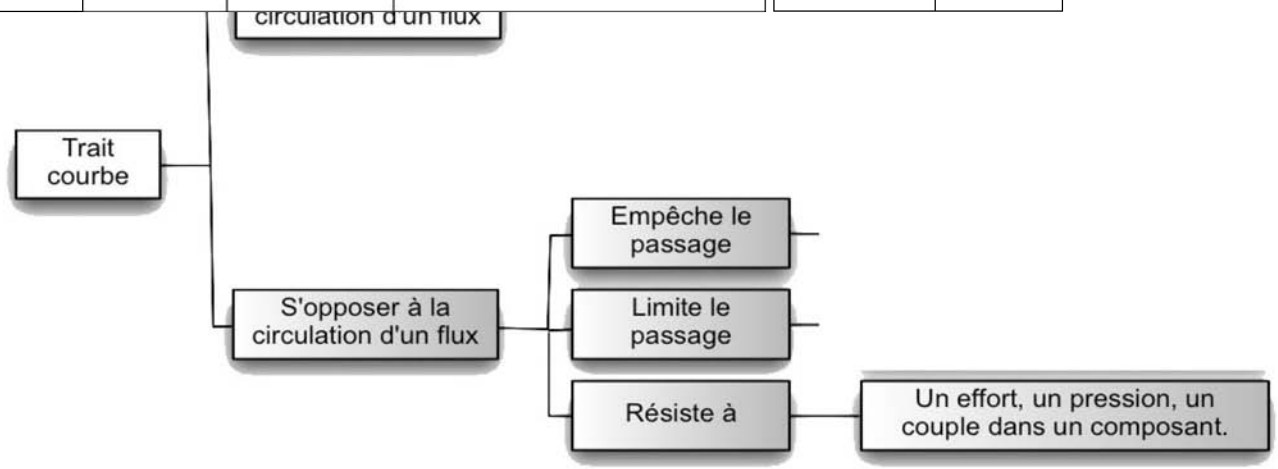
II – Outils et méthodes (Tableau d'analyse fonctionnelle technique).

Liens entre le schéma de flux, l'esquisse numérique et le TAFT



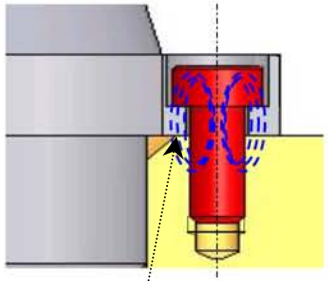


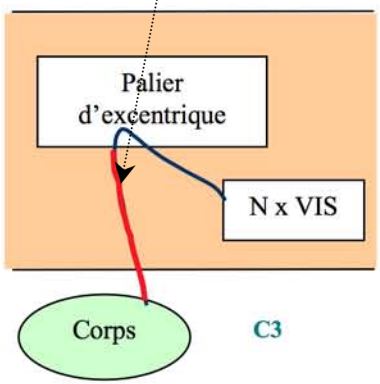
N°	Palier d'excentrique du simulateur de rameur – Agit	sur quoi	Complément	Remarques complémentaires	Risque – Mode de défaillance	Classe de robustesse
Interface avec le corps						
	Plan (appui plan du palier sur le corps)					
1	se positionne	sur le corps	axialement	La FTE permet de caractériser la qualité de la mise en position du palier sur le corps (contact fixe). La surface réputée plane est un élément de référence spécifiée "A"		
2	résiste au	corps	à une pression	La FTE permet de caractériser la tenue mécanique de la liaison (qualité de la surface défaut macro géométrique).	Risque de matage de la surface, perte de tension dans les vis, desserrage	3



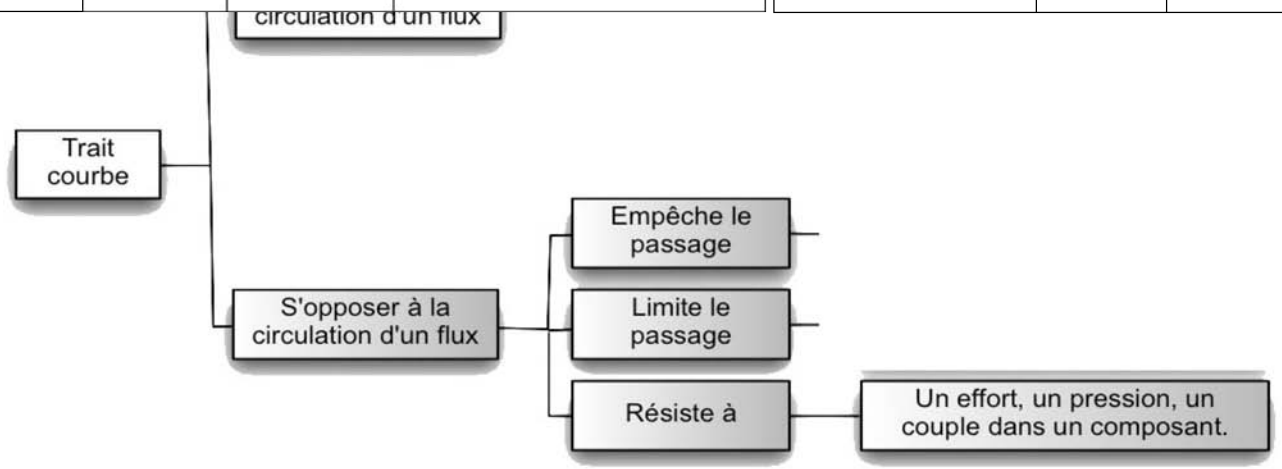
II – Outils et méthodes (Tableau d'analyse fonctionnelle technique).

Liens entre le schéma de flux, l'esquisse numérique et le TAFT



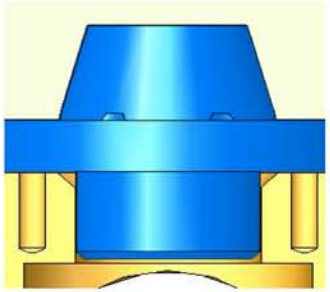


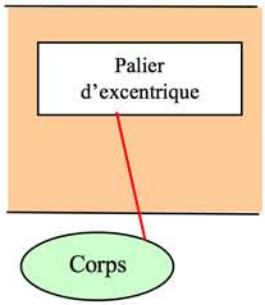
N°	Palier d'excentrique du simulateur de rameur				Caractéristiques des surfaces		
	Agit	sur quoi	Complément	Remarques complémentaires	Quoi	Combien	HCP
Interface avec le corps							
	Plan (appui plan du palier sur le corps)						
1	se positionne	sur le corps	axialement	La FTE permet de caractériser la qualité de la mise en position du palier sur le corps (contact fixe). La surface réputée plane est un élément de référence spécifiée "A"	planéité | |		
2	résiste au	corps	à une pression	La FTE permet de caractériser la tenue mécanique de la liaison (qualité de la surface défaut macro géométrique).	planéité | |		



III – Outils et méthodes (Tableau d'analyse fonctionnelle technique).

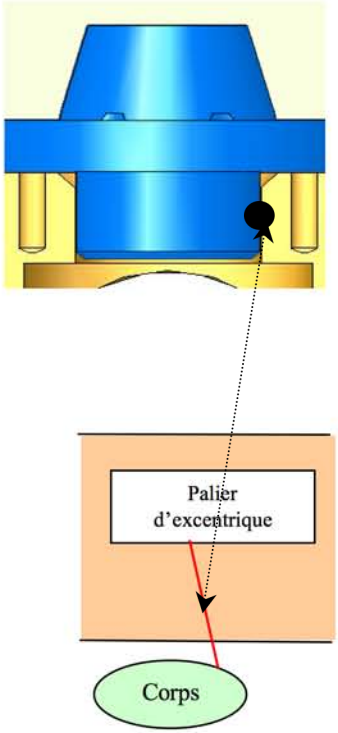
Liens entre le schéma de flux, l'esquisse numérique et le TAFT

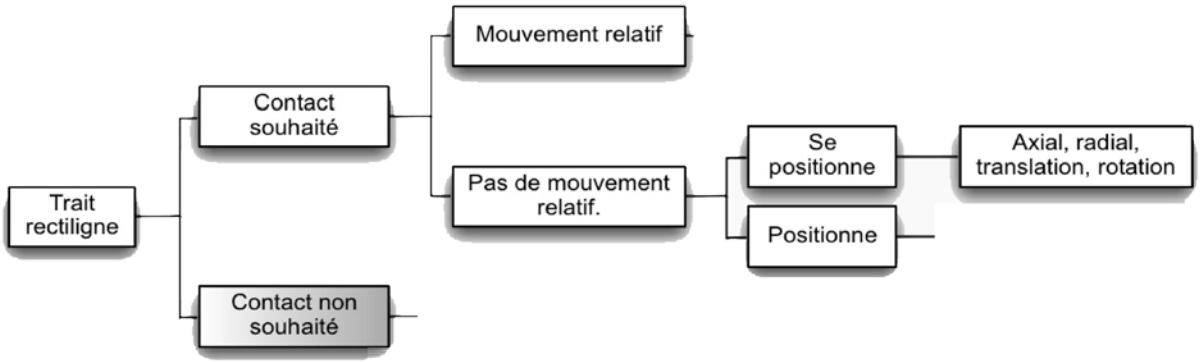




III – Outils et méthodes (Tableau d'analyse fonctionnelle technique).

Liens entre le schéma de flux, l'esquisse numérique et le TAFT

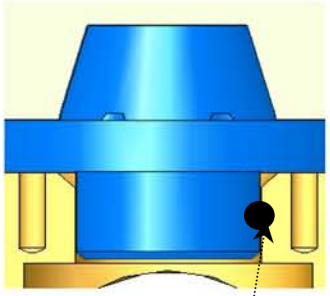


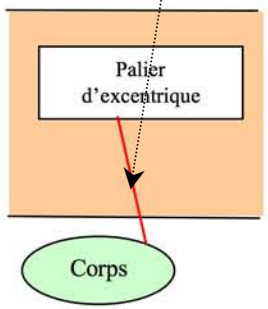


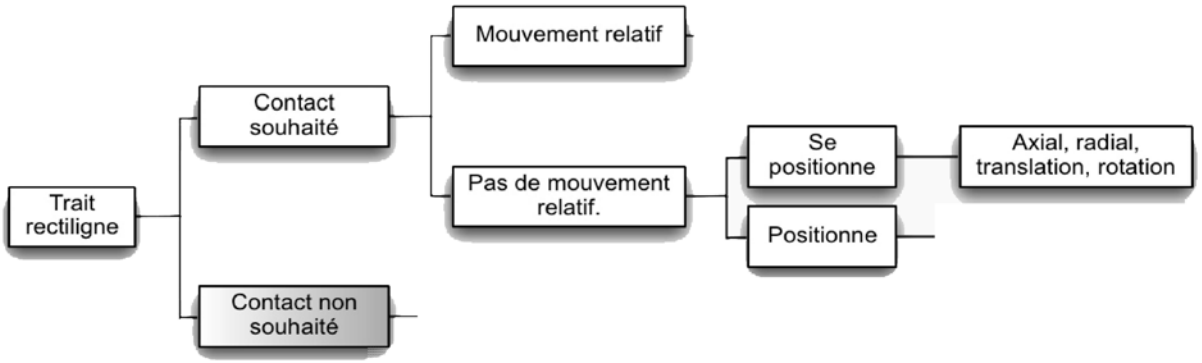
III – Outils et méthodes (Tableau d'analyse fonctionnelle technique).

Liens entre le schéma de flux, l'esquisse numérique et le TAFT

	Palier d'excentrique du simulateur de rameur			
N°	Agit	sur quoi	Complément	Remarques complémentaires
Interface avec le corps				
	Cylindre (centreur)			
3	se positionne	sur le corps	radialement	La FTE permet de caractériser la qualité de la mise en position radiale du palier sur le corps. La surface réputée cylindrique est un élément de référence spécifiée "B"



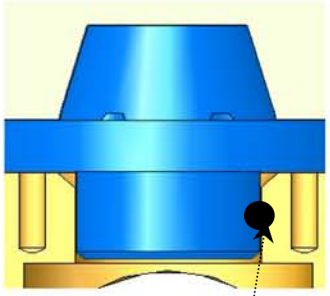


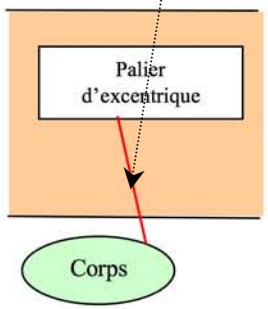


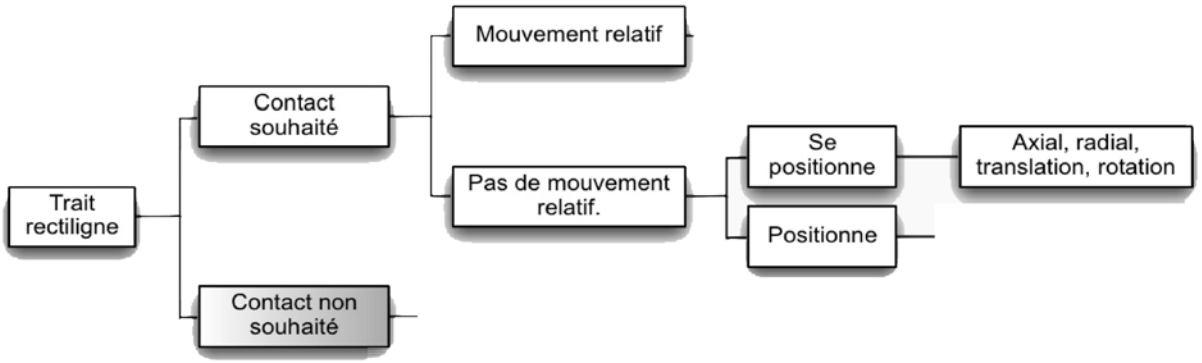
III – Outils et méthodes (Tableau d'analyse fonctionnelle technique).

Liens entre le schéma de flux, l'esquisse numérique et le TAFT

	Palier d'excentrique du simulateur de rameur				Liaisons - Surfaces			
N°	Agit	sur quoi	Complément	Remarques complémentaires	Surf. 1	Surf. 2	Surf. 3	GF
Interface avec le corps								
	Cylindre (centreur)							
3	se positionne	sur le corps	radialement	La FTE permet de caractériser la qualité de la mise en position radiale du palier sur le corps. La surface réputée cylindrique est un élément de référence spécifiée "B"		Cylindre		1



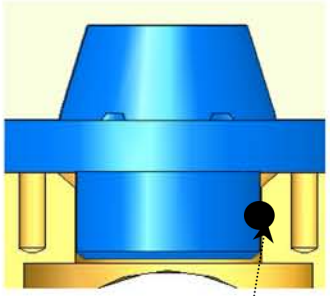


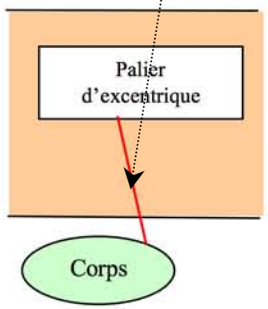


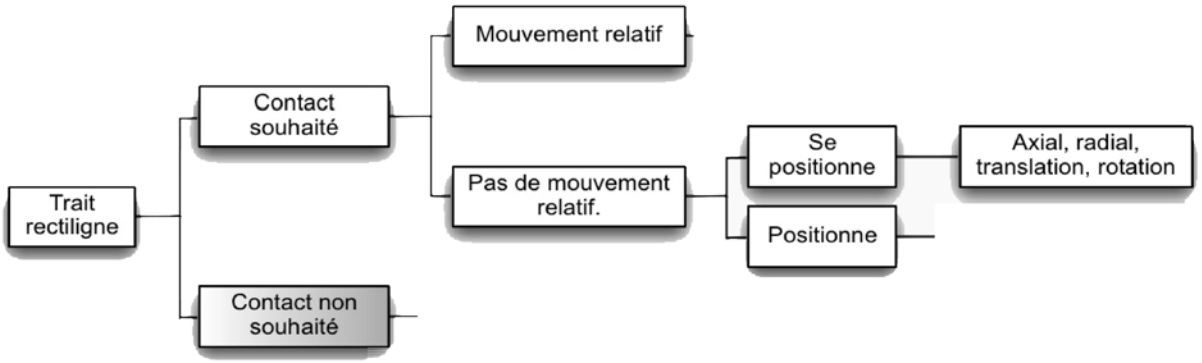
III – Outils et méthodes (Tableau d'analyse fonctionnelle technique).

Liens entre le schéma de flux, l'esquisse numérique et le TAFT

	Palier d'excentrique du simulateur de rameur				Sollicitations	
N°	Agit	sur quoi	Complément	Remarques complémentaires	Quoi	Combien
Interface avec le corps						
	Cylindre (centreur)					
3	se positionne	sur le corps	radialement	La FTE permet de caractériser la qualité de la mise en position radiale du palier sur le corps. La surface réputée cylindrique est un élément de référence spécifiée "B"		



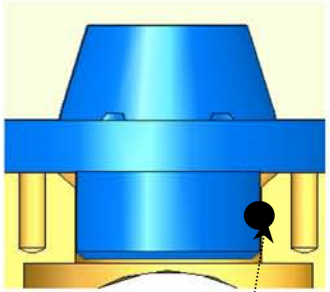


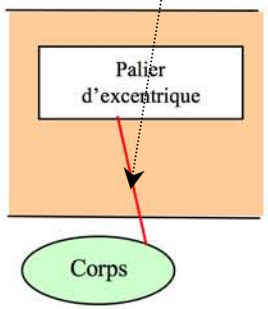


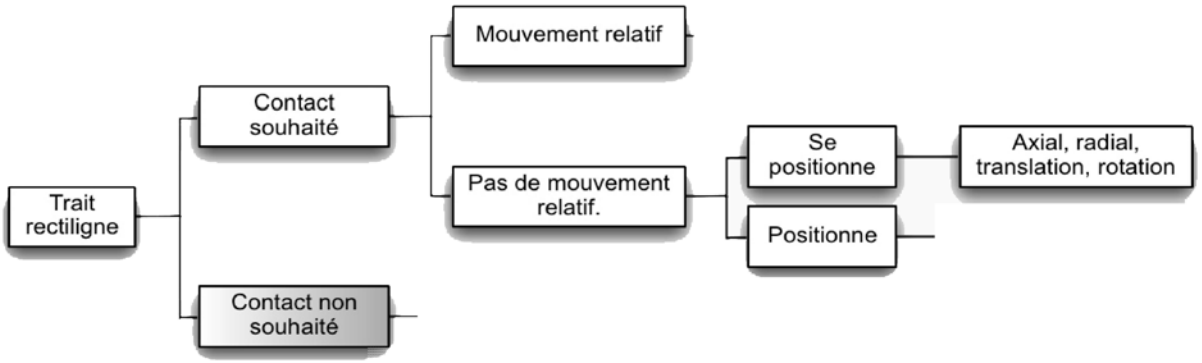
III – Outils et méthodes (Tableau d'analyse fonctionnelle technique).

Liens entre le schéma de flux, l'esquisse numérique et le TAFT

	Palier d'excentrique du simulateur de rameur				Critères d'acceptation			
N°	Agit	sur quoi	Complément	Remarques complémentaires	CAE	CFG	Combien	Comment
Interface avec le corps								
	Cylindre (centreur)							
3	se positionne	sur le corps	radialement	La FTE permet de caractériser la qualité de la mise en position radiale du palier sur le corps. La surface réputée cylindrique est un élément de référence spécifiée "B"		Il est nécessaire de consulter toutes les CFG impactées par ce maillon.	CFG impactées par ce maillon	(CHAINES DE COTES)



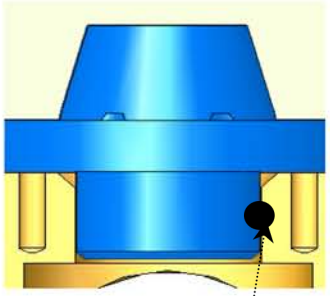


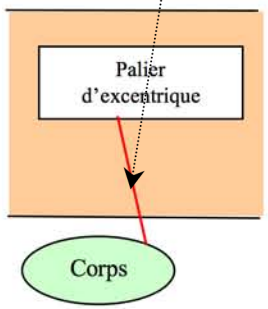


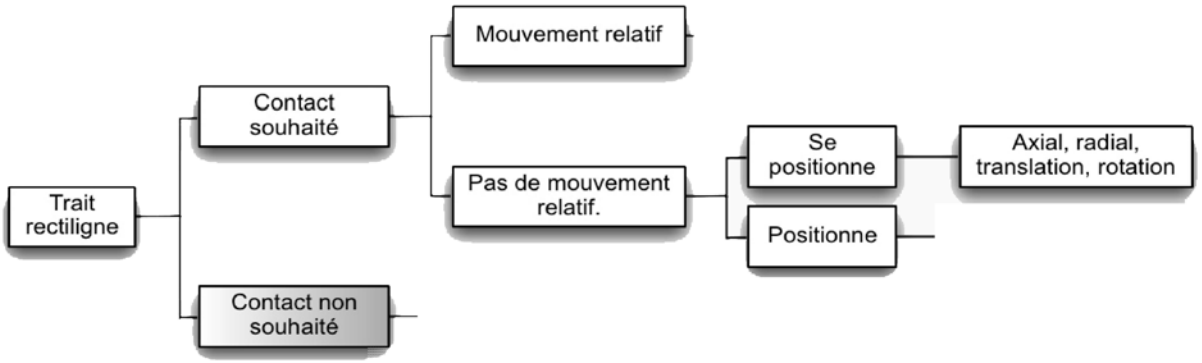
III – Outils et méthodes (Tableau d'analyse fonctionnelle technique).

Liens entre le schéma de flux, l'esquisse numérique et le TAFT

	Palier d'excentrique du simulateur de rameur				Risque	
N°	Agit	sur quoi	Complément	Remarques complémentaires	Mode de défaillance	Classe de robustesse
Interface avec le corps						
	Cylindre (centreur)					
3	se positionne	sur le corps	radialement	La FTE permet de caractériser la qualité de la mise en position radiale du palier sur le corps. La surface réputée cylindrique est un élément de référence spécifiée "B"		



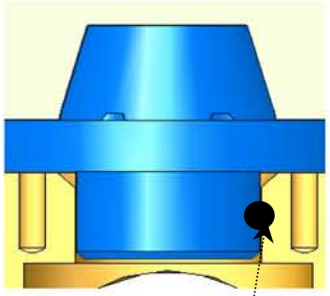


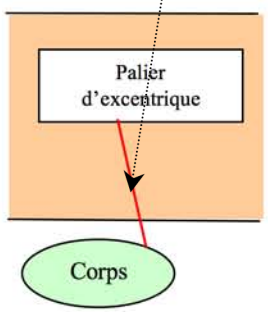


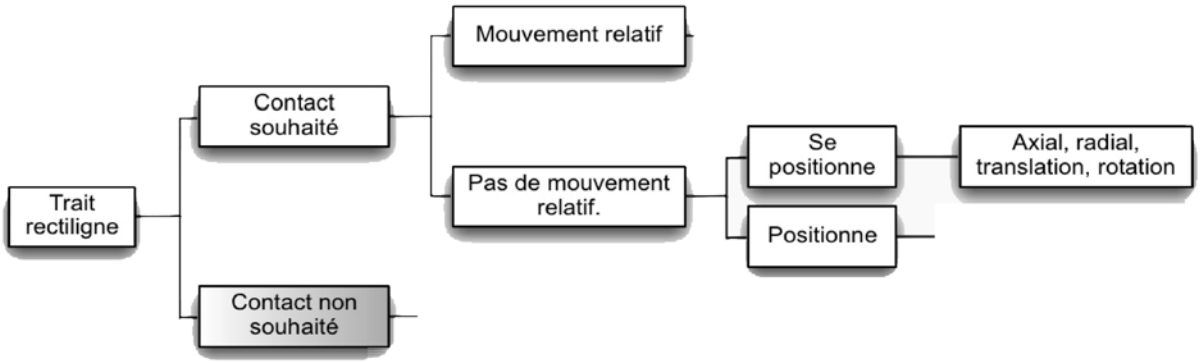
III – Outils et méthodes (Tableau d'analyse fonctionnelle technique).

Liens entre le schéma de flux, l'esquisse numérique et le TAFT

	Palier d'excentrique du simulateur de rameur				Caractéristiques des surfaces		
N°	Agit	sur quoi	Complément	Remarques complémentaires	Quoi	Combien	HCP
Interface avec le corps							
	Cylindre (centreur)						
3	se positionne	sur le corps	radialement	La FTE permet de caractériser la qualité de la mise en position radiale du palier sur le corps. La surface réputée cylindrique est un élément de référence spécifiée "B"	perpendicularité | ø0 (L) | A| + cote dimensionnelle mini.		

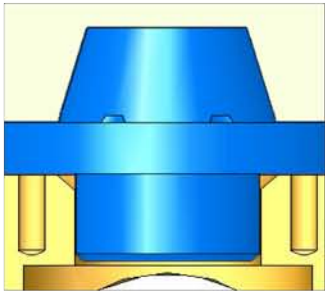


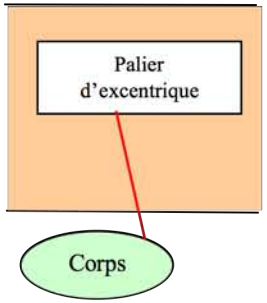




III – Outils et méthodes (Tableau d'analyse fonctionnelle technique).

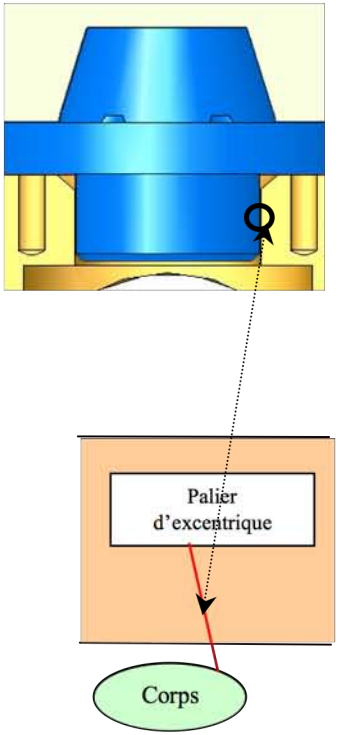
Liens entre le schéma de flux, l'esquisse numérique et le TAFT

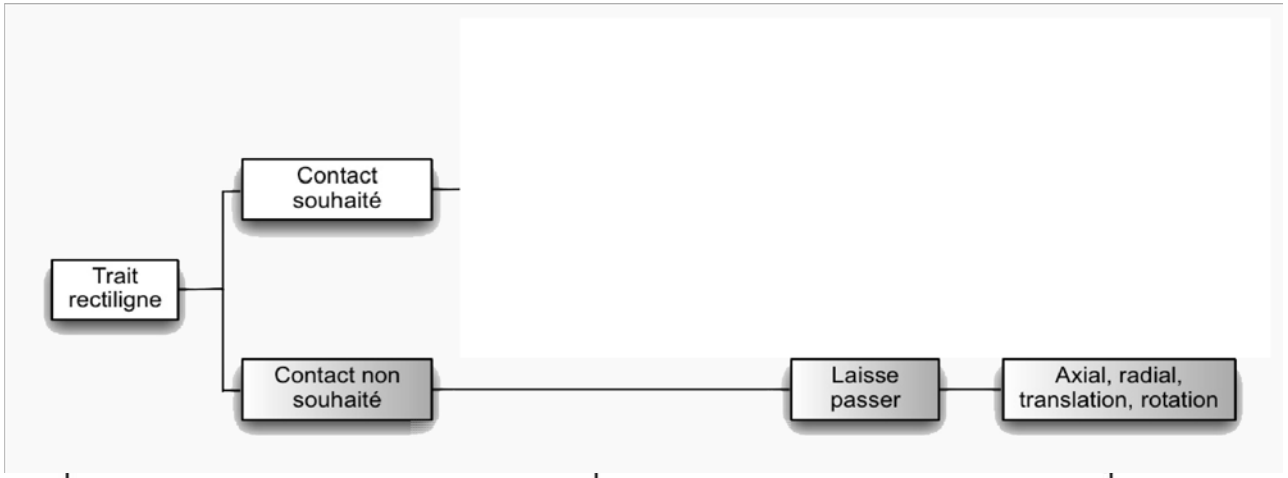




III – Outils et méthodes (Tableau d'analyse fonctionnelle technique).

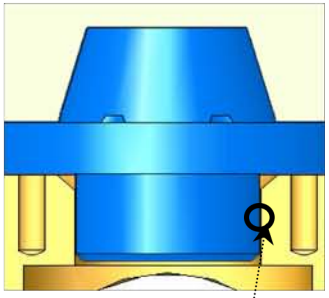
Liens entre le schéma de flux, l'esquisse numérique et le TAFT

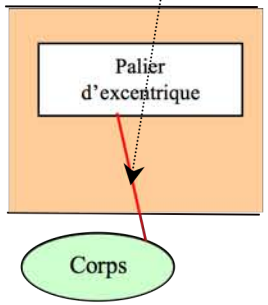




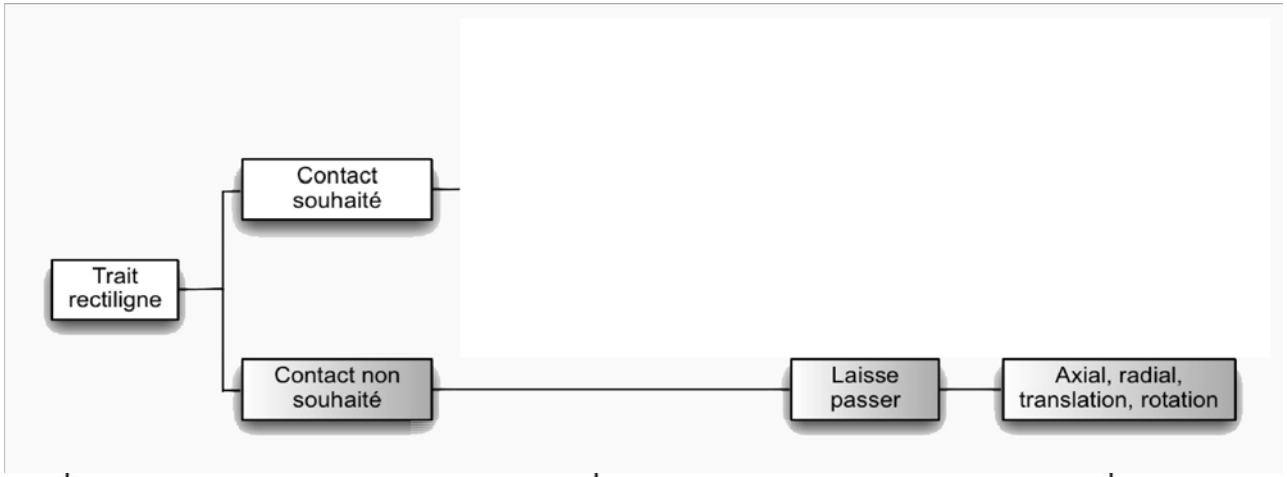
III – Outils et méthodes (Tableau d'analyse fonctionnelle technique).

Liens entre le schéma de flux, l'esquisse numérique et le TAFT



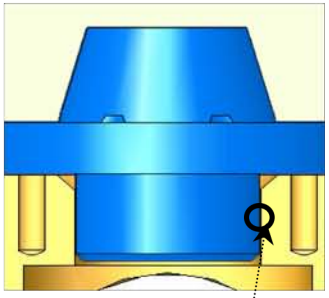


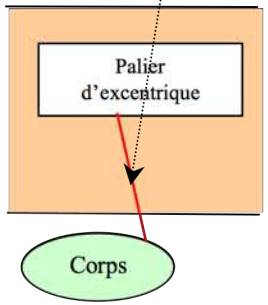
	Palier d'excentrique du simulateur de rameur			
N°	Agit	sur quoi	Complément	Remarques complémentaires
Interface avec le corps				
	Cylindre (centreur)			
3	se positionne	sur le corps	radialement	La FTE permet de caractériser la qualité de la mise en position radiale du palier sur le corps (contact flotant). La surface réputée cylindrique est un élément de référence spécifiée "B"
4	Laisse passer	le corps	radialement	La FTE permet de caractériser la non interférence du palier dans l'alésage du corps (contact flottant)



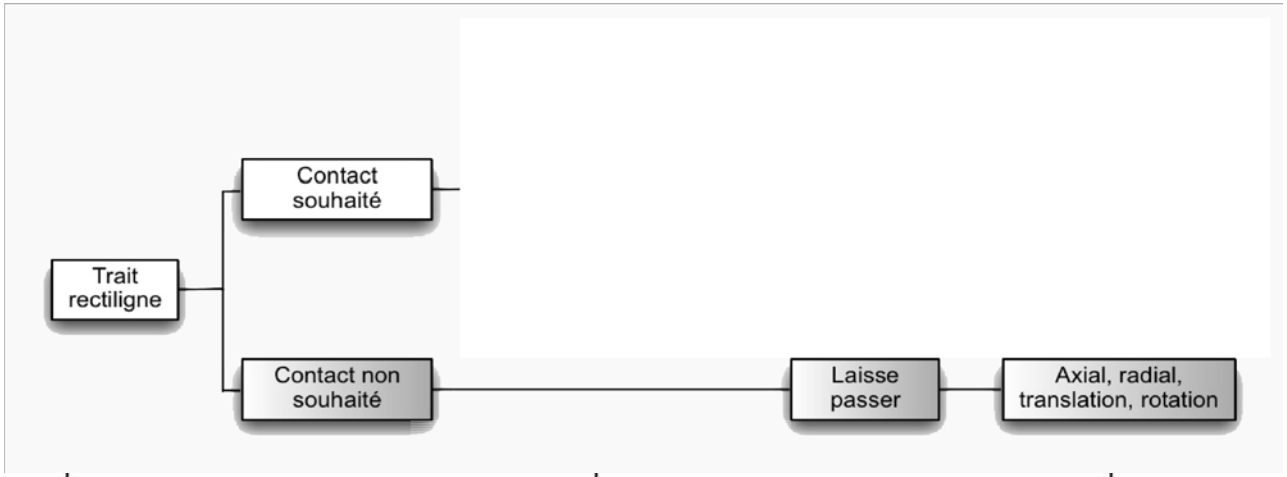
III – Outils et méthodes (Tableau d'analyse fonctionnelle technique).

Liens entre le schéma de flux, l'esquisse numérique et le TAFT



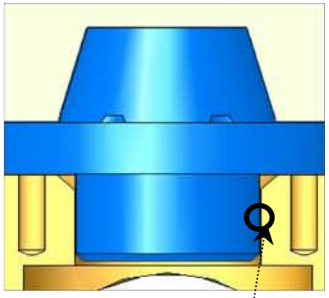


	Palier d'excentrique du simulateur de rameur				Liaisons - Surfaces			
N°	Agit	sur quoi	Complément	Remarques complémentaires	Surf. 1	Surf. 2	Surf. 3	GF
Interface avec le corps								
	Cylindre (centreur)							
3	se positionne	sur le corps	radialement	La FTE permet de caractériser la qualité de la mise en position radiale du palier sur le corps (contact flotant). La surface réputée cylindrique est un élément de référence spécifiée "B"		Cylindre		1
4	Laisse passer	le corps	radialement	La FTE permet de caractériser la non interférence du palier dans l'alésage du corps (contact flottant)	Cylindre			

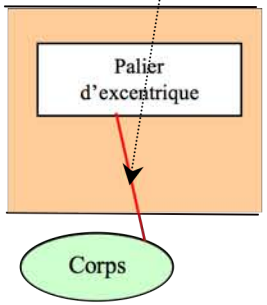


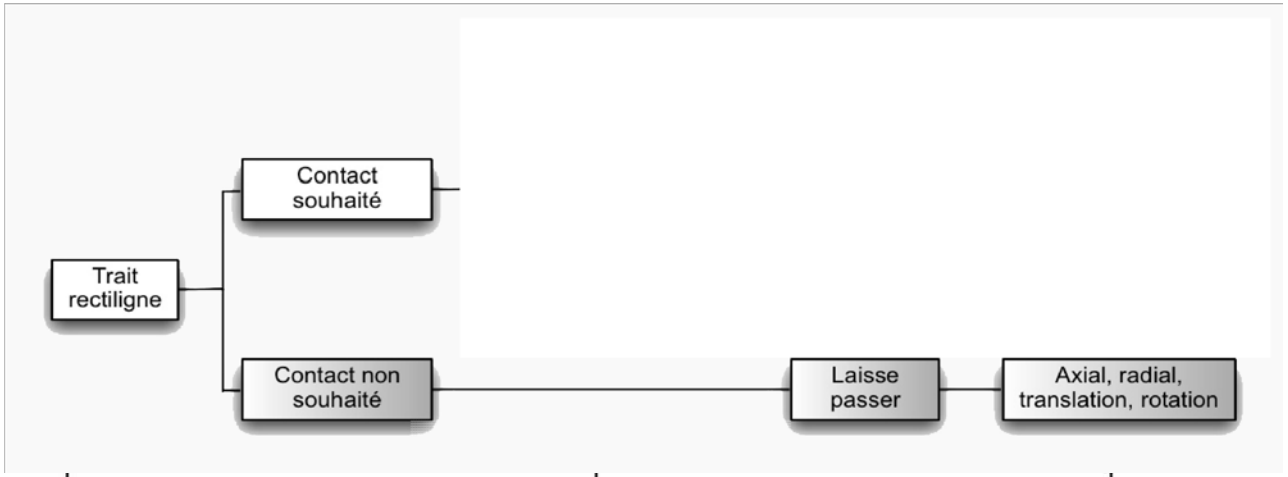
III – Outils et méthodes (Tableau d'analyse fonctionnelle technique).

Liens entre le schéma de flux, l'esquisse numérique et le TAFT



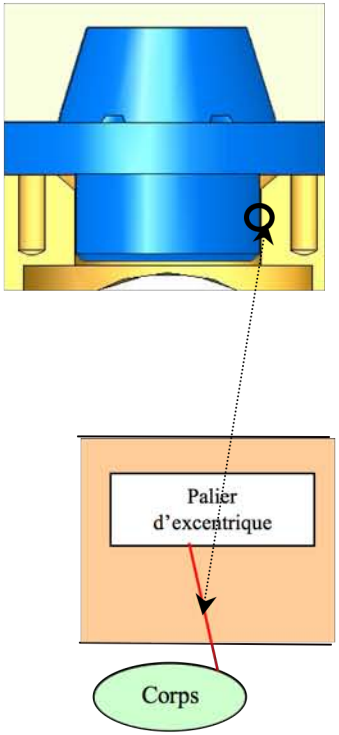
N°	Palier d'excentrique du simulateur de rameur				Sollicitations	
	Agit	sur quoi	Complément	Remarques complémentaires	Quoi	Combien
Interface avec le corps						
	Cylindre (centreur)					
3	se positionne	sur le corps	radialement	La FTE permet de caractériser la qualité de la mise en position radiale du palier sur le corps (contact flotant). La surface réputée cylindrique est un élément de référence spécifiée "B"		
4	Laisse passer	le corps	radialement	La FTE permet de caractériser la non interférence du palier dans l'alésage du corps (contact flottant)		



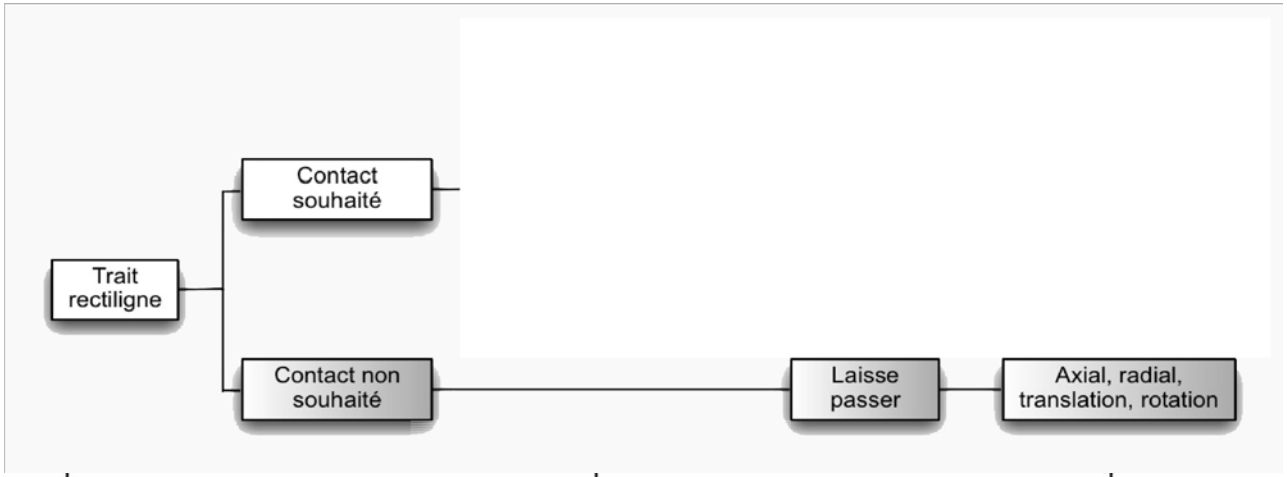


III – Outils et méthodes (Tableau d'analyse fonctionnelle technique).

Liens entre le schéma de flux, l'esquisse numérique et le TAFT

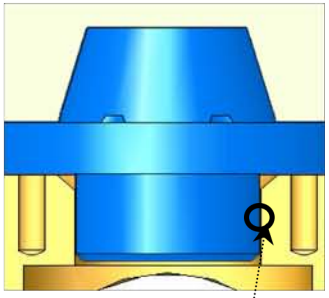


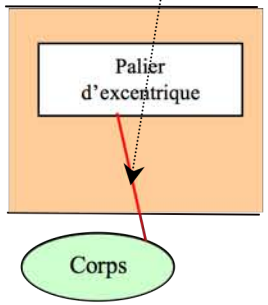
	Palier d'excentrique du simulateur de rameur				Critères d'acceptation			
N°	Agit	sur quoi	Complément	Remarques complémentaires	CAE	CFG	Combien	Comment
Interface avec le corps								
	Cylindre (centreur)							
3	se positionne	sur le corps	radialement	La FTE permet de caractériser la qualité de la mise en position radiale du palier sur le corps (contact flotant). La surface réputée cylindrique est un élément de référence spécifiée "B"		Il est nécessaire de consulter toutes les CFG impactées par ce maillon.	CFG impactées par ce maillon	(CHAINES DE COTES)
4	Laisse passer	le corps	radialement	La FTE permet de caractériser la non interférence du palier dans l'alésage du corps (contact flottant)		Jeu mini	J>0	CHAINES DE COTES



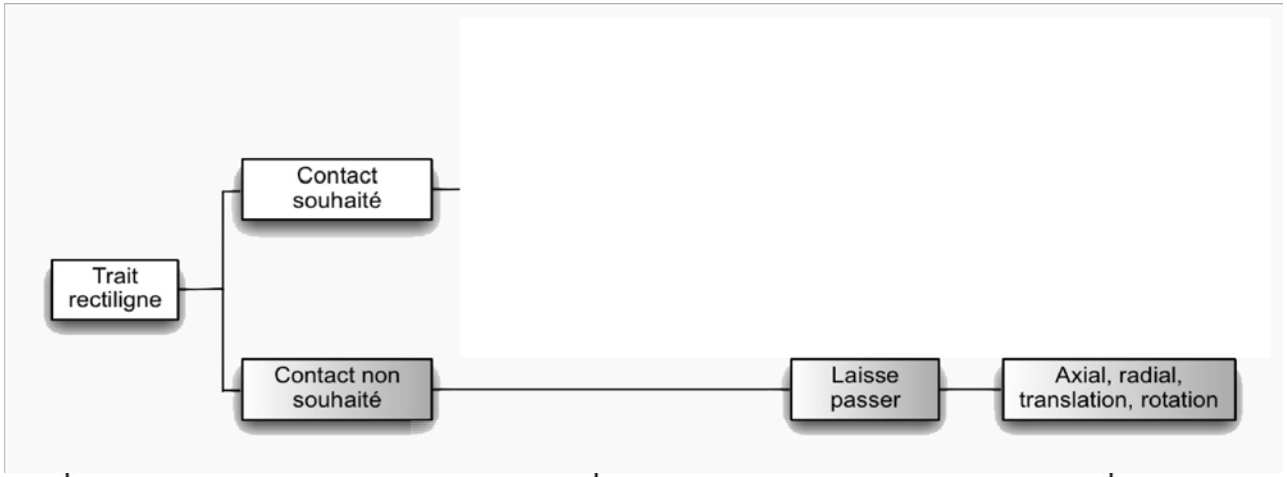
III – Outils et méthodes (Tableau d'analyse fonctionnelle technique).

Liens entre le schéma de flux, l'esquisse numérique et le TAFT



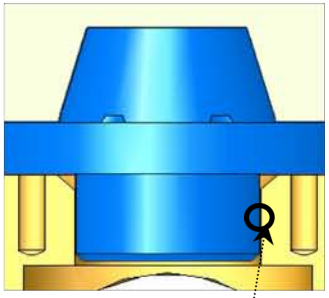


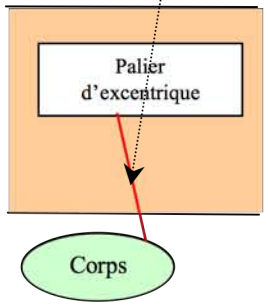
	Palier d'excentrique du simulateur de rameur				Risque	
N°	Agit	sur quoi	Complément	Remarques complémentaires	Mode de défaillance	Classe de robustesse
Interface avec le corps						
	Cylindre (centreur)					
3	se positionne	sur le corps	radialement	La FTE permet de caractériser la qualité de la mise en position radiale du palier sur le corps (contact flotant). La surface réputée cylindrique est un élément de référence spécifiée "B"		
4	Laisse passer	le corps	radialement	La FTE permet de caractériser la non interférence du palier dans l'alésage du corps (contact flottant)	Probléme de montage, dysf.	1



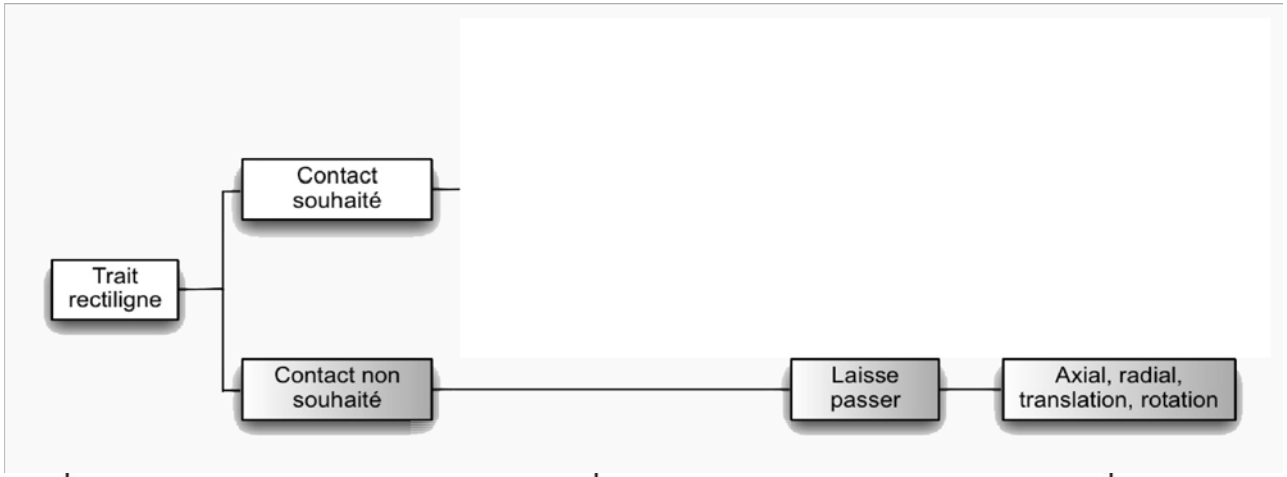
III – Outils et méthodes (Tableau d'analyse fonctionnelle technique).

Liens entre le schéma de flux, l'esquisse numérique et le TAFT



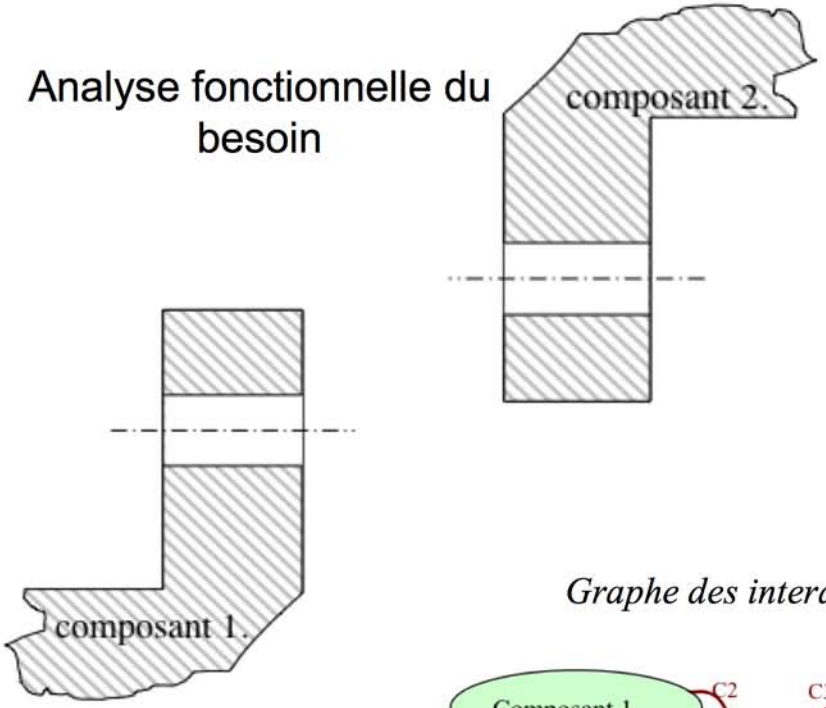


	Palier d'excentrique du simulateur de rameur				Caractéristiques des surfaces		
N°	Agit	sur quoi	Complément	Remarques complémentaires	Quoi	Combien	HCP
Interface avec le corps							
	Cylindre (centreur)						
3	se positionne	sur le corps	radialement	La FTE permet de caractériser la qualité de la mise en position radiale du palier sur le corps (contact flotant). La surface réputée cylindrique est un élément de référence spécifiée "B"	perpendicularité | ø0 (L) | A| + cote dimensionnelle mini.		
4	Laisse passer	le corps	radialement	La FTE permet de caractériser la non interférence du palier dans l'alésage du corps (contact flottant)	perpendicularité |øt (M) | A| + cote dimensionnelle maxi.		

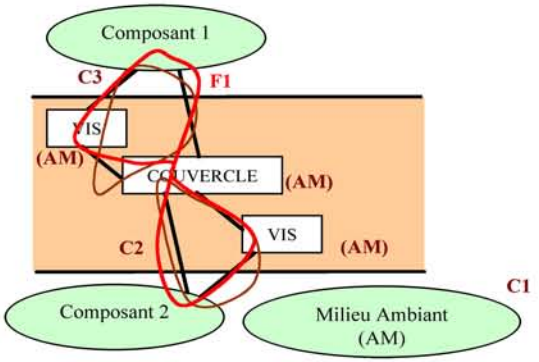


II – Outils et méthodes (Graphe des contacts élémentaires).

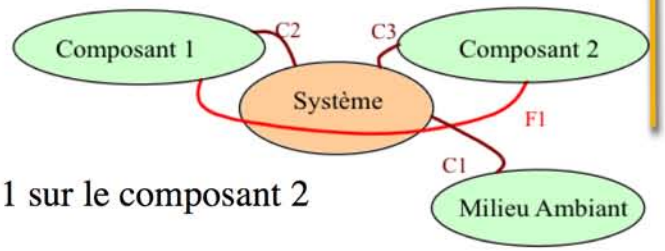
Analyse fonctionnelle du besoin



Analyse fonctionnelle technique



Graphe des interactions



Fonctions de service :

F1 : Maintenir le composant 1 sur le composant 2

Contraintes :

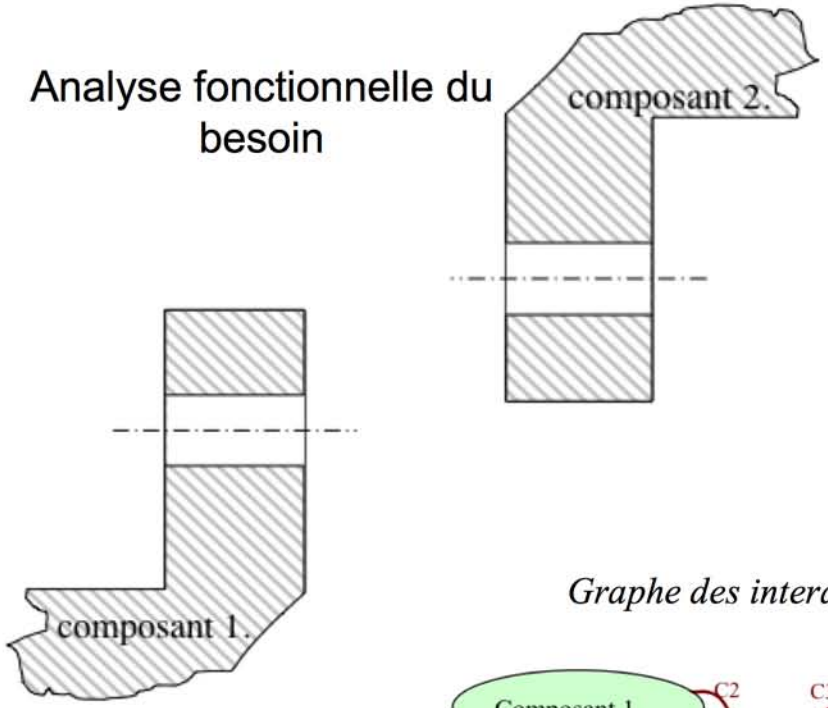
C1 : S'adapter au milieu ambiant.

C2 : S'adapter au composant 1.

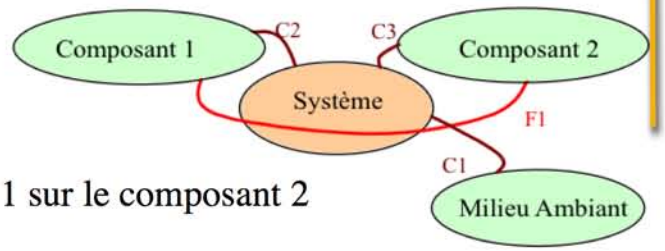
C3 : S'adapter au composant 2.

II – Outils et méthodes (Graphe des contacts élémentaires).

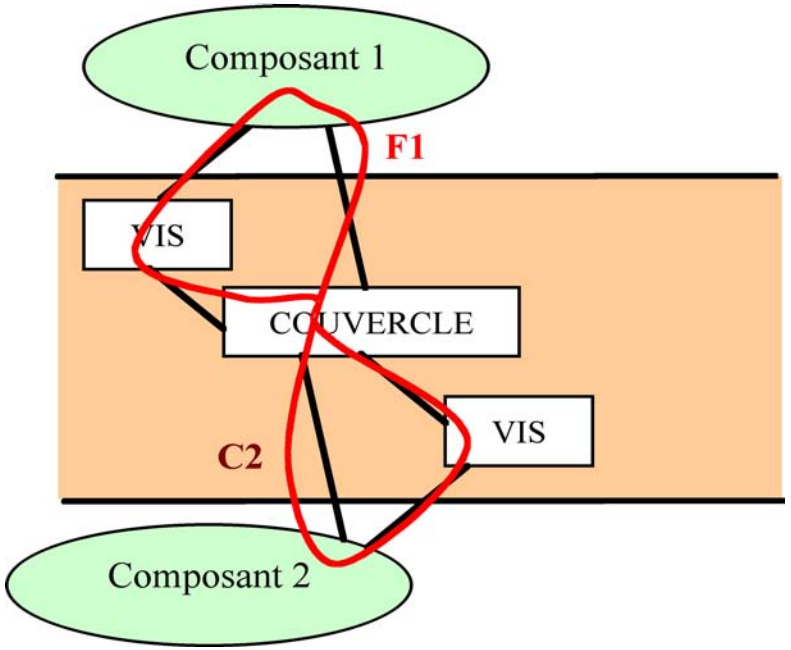
Analyse fonctionnelle du besoin



Graphe des interactions



Analyse fonctionnelle technique



Fonctions de service :

F1 : Maintenir le composant 1 sur le composant 2

Contraintes :

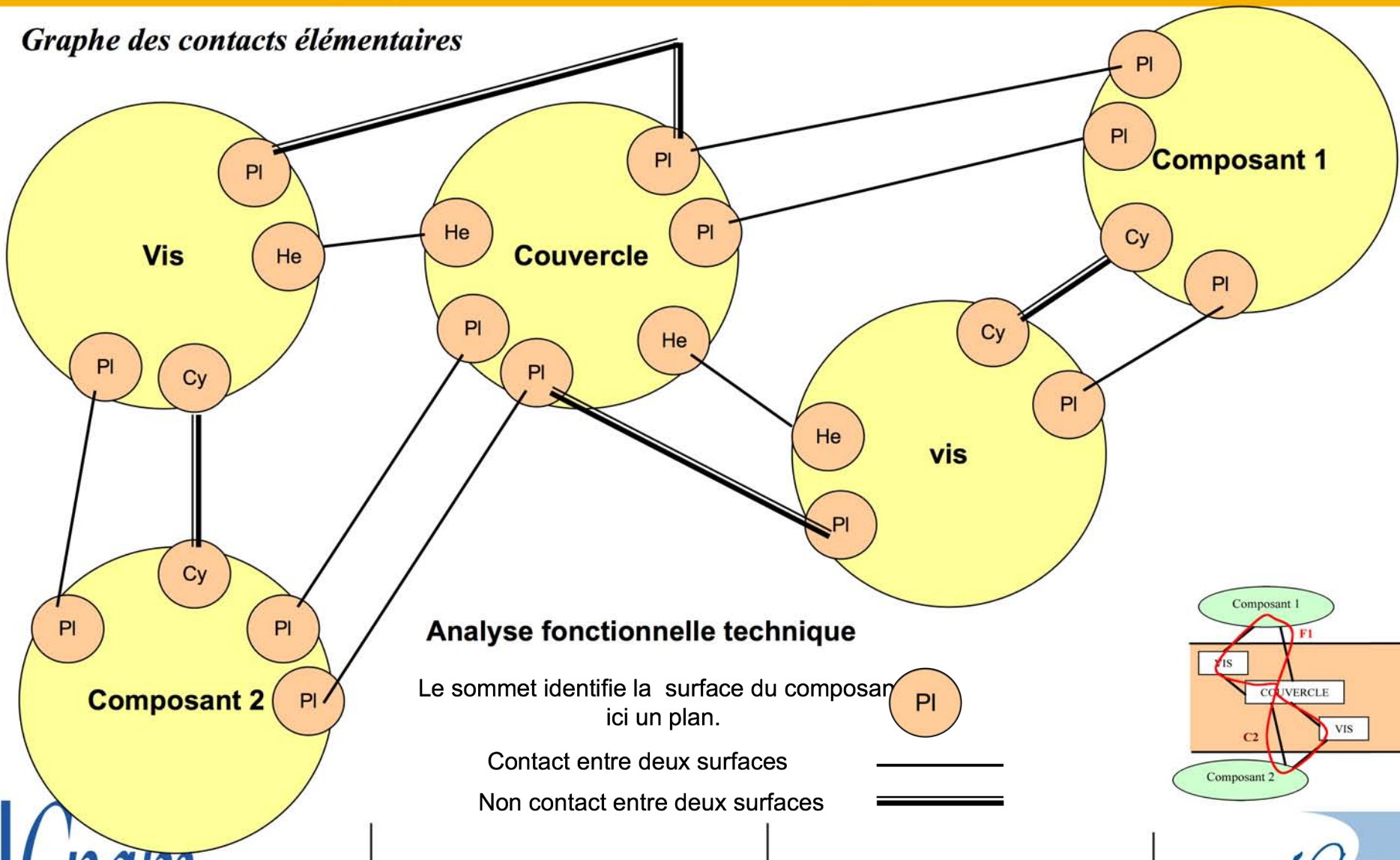
C1 : S'adapter au milieu ambiant.

C2 : S'adapter au composant 1.

C3 : S'adapter au composant 2.

II – Outils et méthodes (Graphe des contacts élémentaires).

Graphe des contacts élémentaires

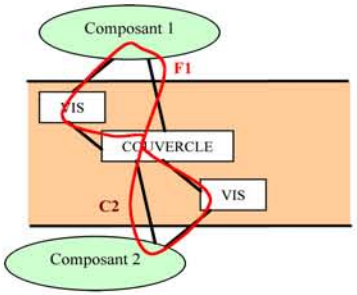


Analyse fonctionnelle technique

Le sommet identifie la surface du composant ici un plan. Pl

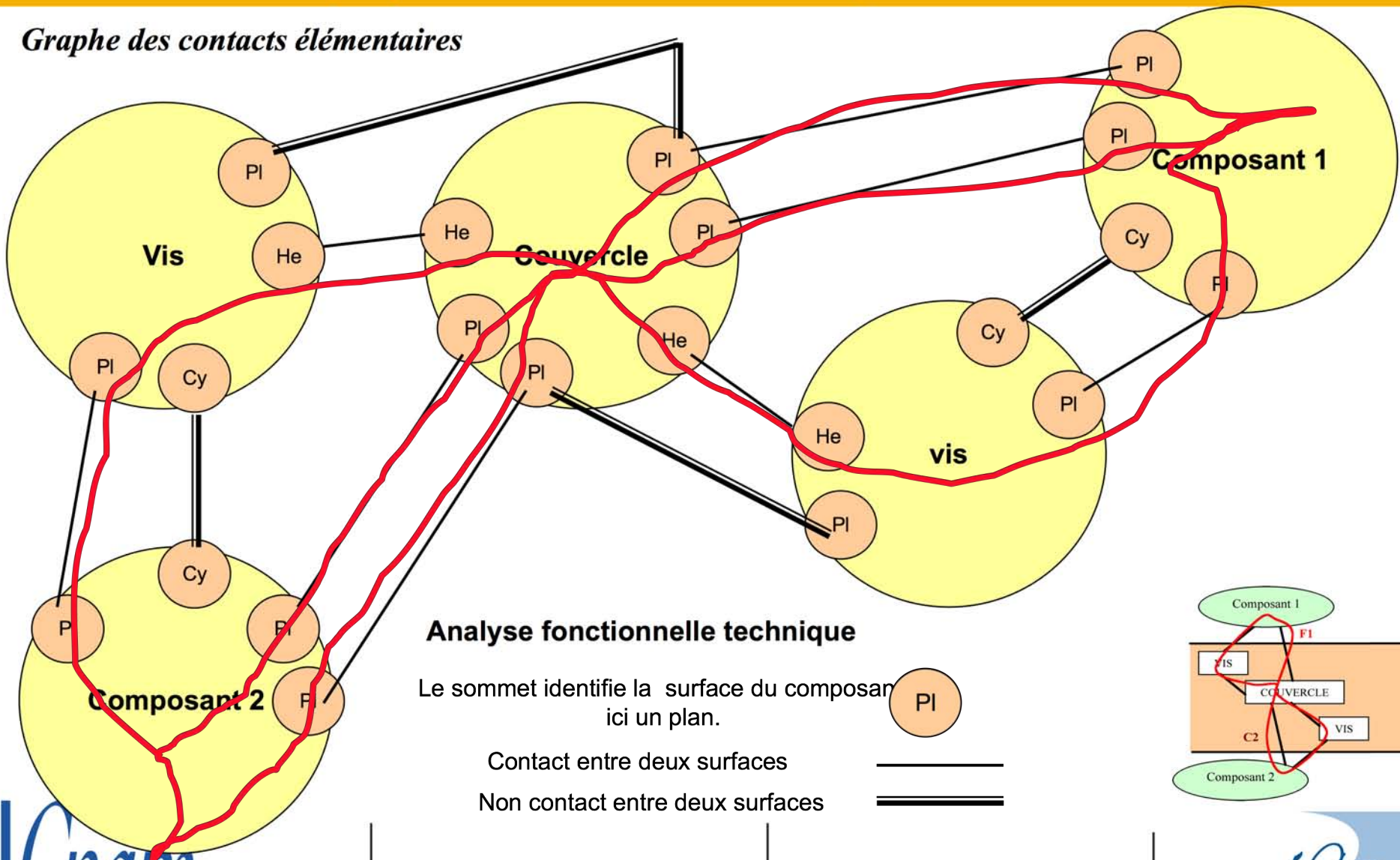
Contact entre deux surfaces

Non contact entre deux surfaces



II – Outils et méthodes (Graphe des contacts élémentaires).

Graphe des contacts élémentaires

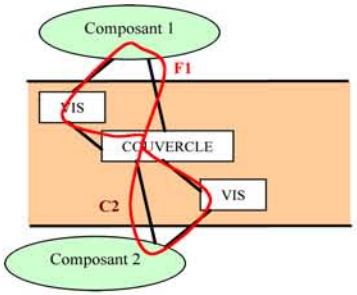


Analyse fonctionnelle technique

Le sommet identifie la surface du composant ici un plan. Pl

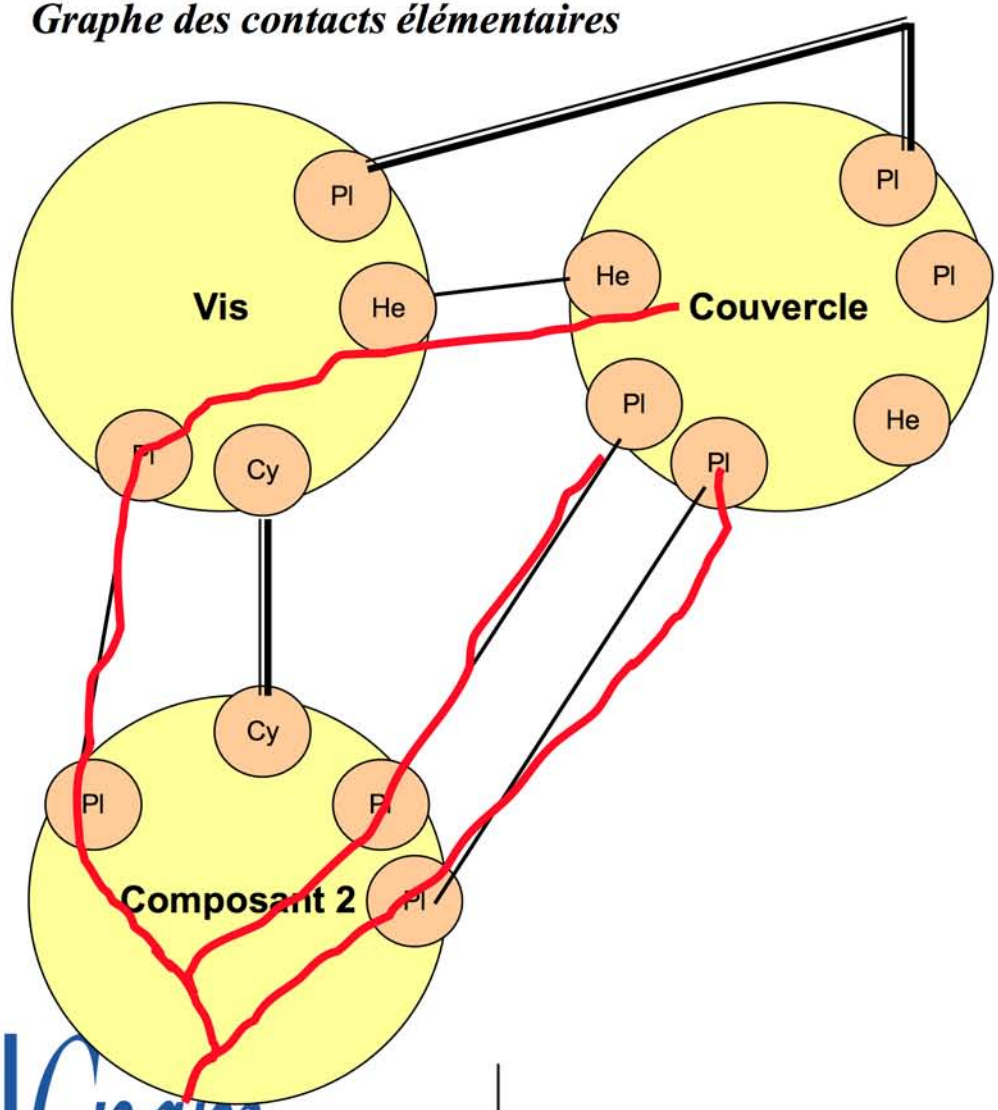
Contact entre deux surfaces

Non contact entre deux surfaces



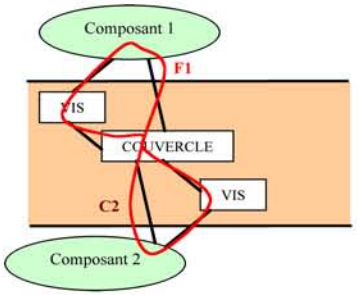
II – Outils et méthodes (Graphe des contacts élémentaires).

Graphe des contacts élémentaires



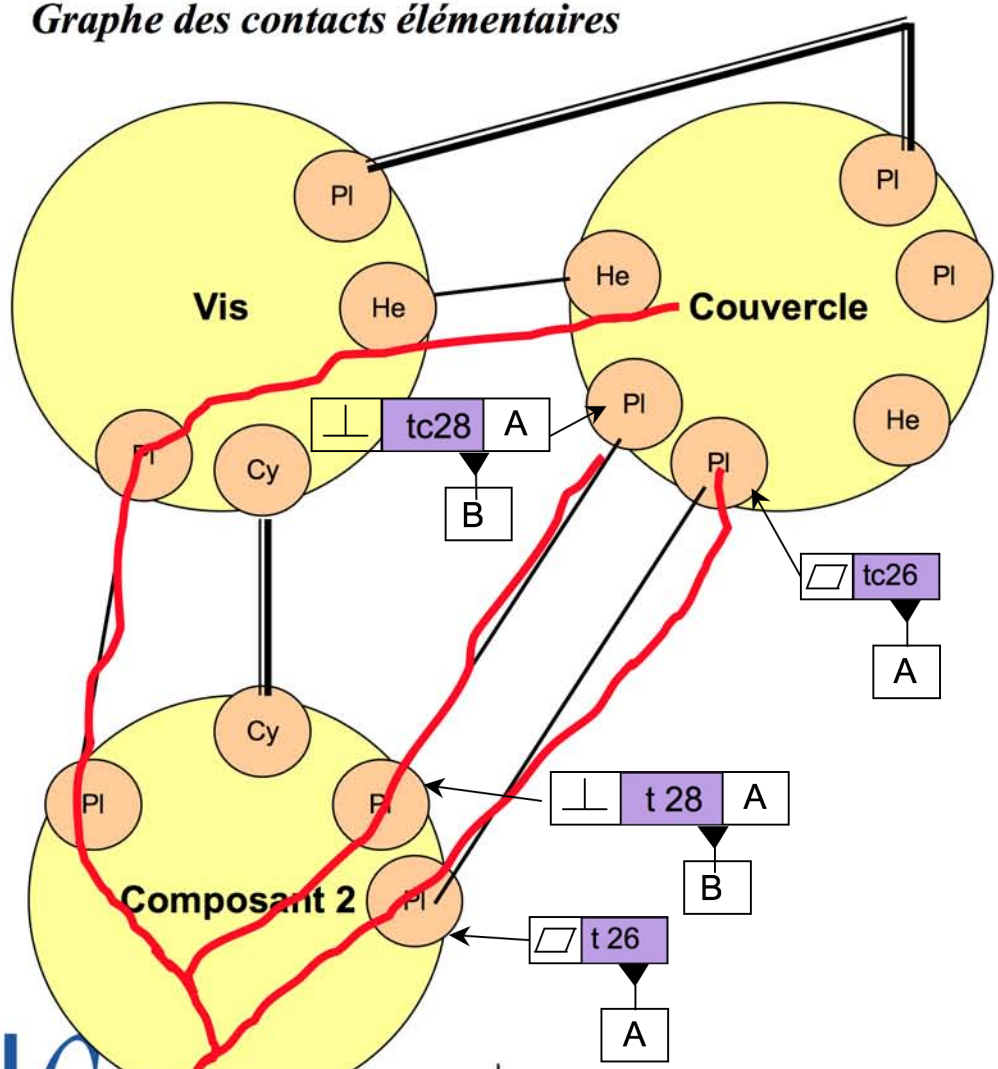
Il existe des caractéristiques fonctionnelles géométriques qui **dépendent** des Caractéristiques AEs……

et d'autres qui **ne dépendent pas des** Caractéristiques AEs**……**



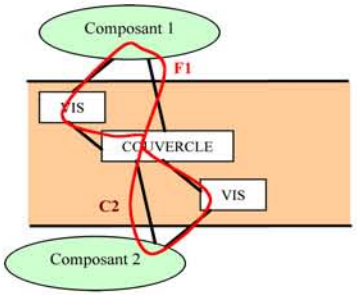
II – Outils et méthodes (Graphe des contacts élémentaires).

Graphe des contacts élémentaires



Il existe des caractéristiques fonctionnelles géométriques qui **dépendent** des Caractéristiques AEs……

et d'autres qui **ne dépendent pas des** Caractéristiques AEs……

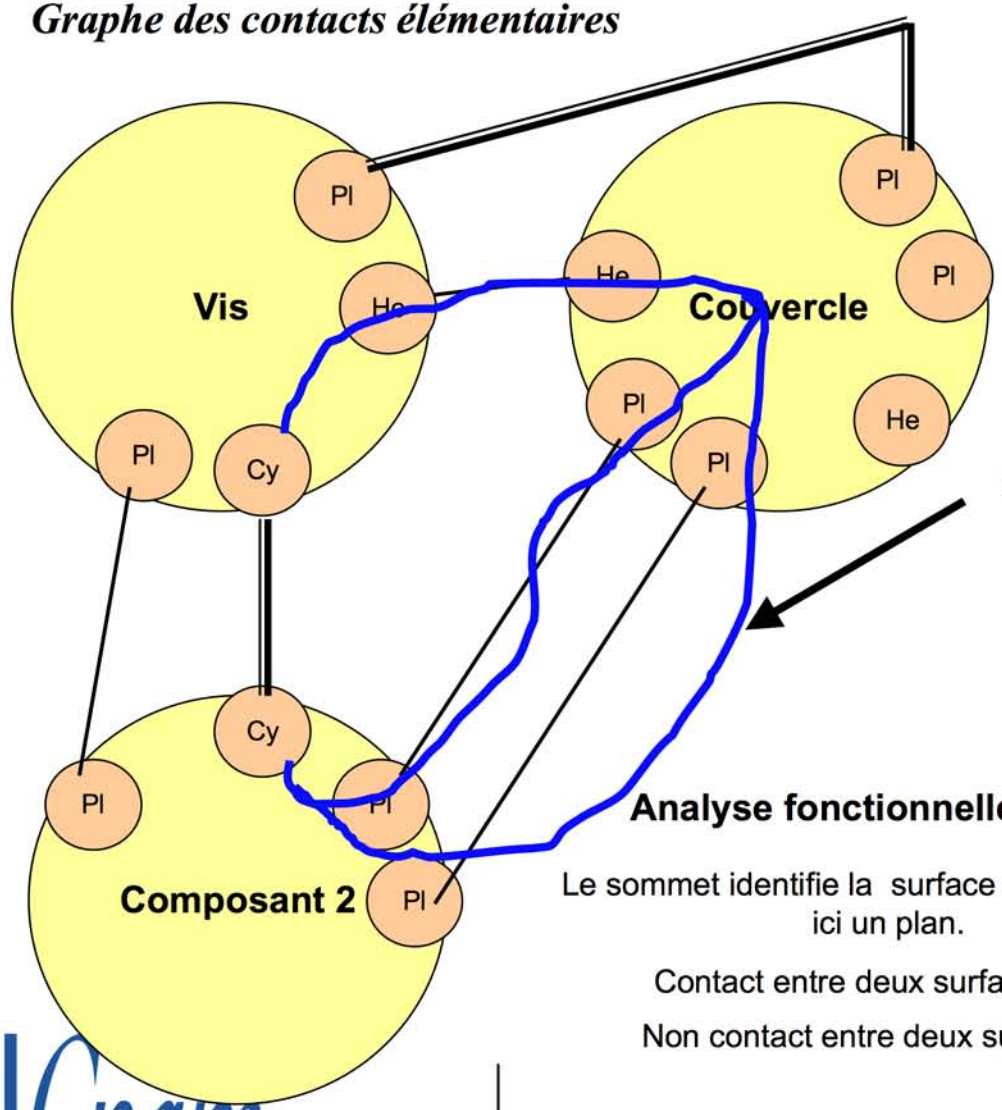


Frédéric CHARPENTIER
Frederic.Charpentier@cfc-technic.fr

Expert AFNOR – ISO
Membre du GRT

II – Outils et méthodes (Graphe des contacts élémentaires).

Graphe des contacts élémentaires



Recherche de la Caractéristique FG
(FTE laisse passer)

Boucle d'influence qui porte la Caractéristique FG

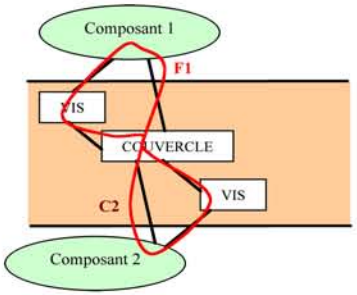
ATTENTION
CE N'EST PAS UN FLUX

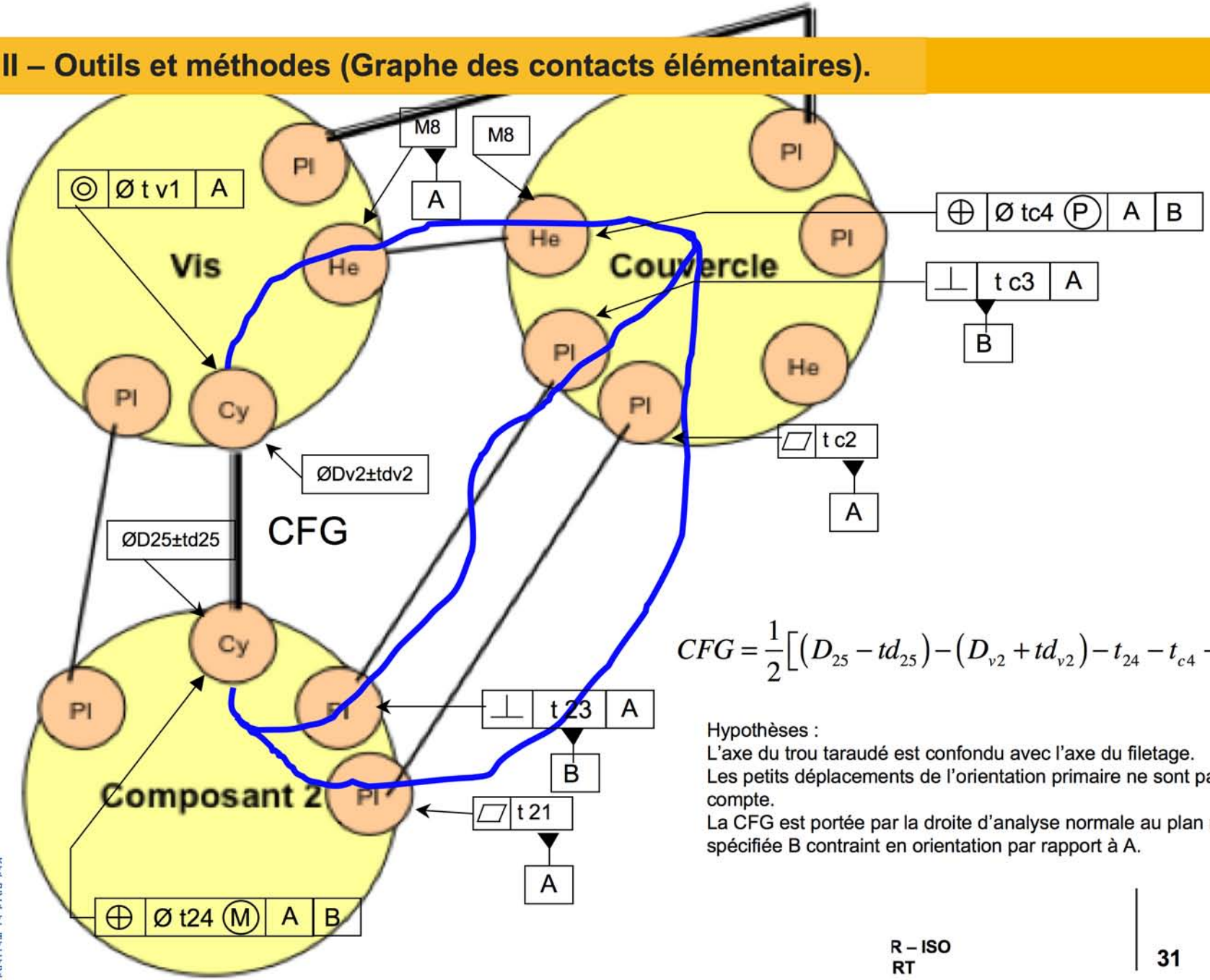
Analyse fonctionnelle technique

Le sommet identifie la surface du composant ici un plan. Pl

Contact entre deux surfaces

Non contact entre deux surfaces





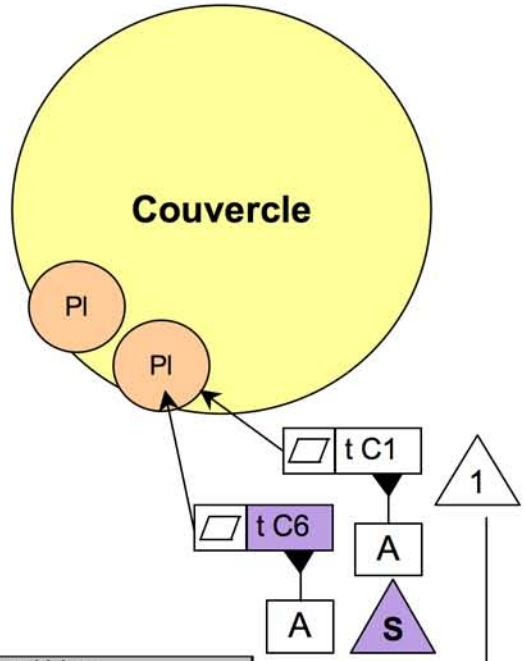
$$CFG = \frac{1}{2}\left[\left(D_{25} - td_{25}\right) - \left(D_{v2} + td_{v2}\right) - t_{24} - t_{c4} - t_{v1}\right] - \inf(t_{c3}, t_{23})$$

Hypothèses :
L'axe du trou taraudé est confondu avec l'axe du filetage.
Les petits déplacements de l'orientation primaire ne sont pas pris en compte.
La CFG est portée par la droite d'analyse normale au plan référence spécifiée B contraint en orientation par rapport à A.

II – Outils et méthodes (Graphe des contacts élémentaires).

Impact sur le TAFT.

Éléments en contact				Liaisons - Surfaces				Sollicitations	
Fonctions techniques élémentaires	Composant 2	Complément	Remarques complémentaires	Surf. 1	Surf. 2	Surf. 3	GF	Quoi	Combien
COUVERCLE									
INTERFACE : COMPOSANT 2									
Appui plan (Réf. A)									
1	SE POSITIONNE SUR	le composant 2	axialement	La fonction technique permet de caractériser la qualité de la mise en position. L'élément de référence A est une surface réputée plane.	Plan			I	
2	RÉSISTE AU	composant 2	à une pression	La fonction technique permet de caractériser la tenue mécanique. La conséquence est le matage de la surface.	Plan			Effort dû au couple de serrage. De la vis M8	30 Nm



Critères d'acceptations				Claase de gravité ou de robustesse				Caractéristiques des surfaces		
Quoi		Combien (Critère métier)	Comment	Modes de Défaillance	Rep. ECR	Libellé de l'ECR	Classe	Quoi	Combien	HCP
Condition d'Aptitude à l'Emploi	Condition Fonctionnelle Géométrique									
	La CFC résulte des autres CFGs qui ne sont pas portées par cette surface.	La CFG la plus contraignante	(CHAÎNES DE COTES issues des autres CFGs)		-	-	-	Planéité | tc1 |	0,3	1
Effort maxi	Ecart macro géométrique	Fmaxi < Valeur maxi Ec < Valeur maxi	CALCUL ESSAI	Risque de matage et perte de tension dans la vis	1	SECURITE	S	Planéité | tc6 |	0,2	S

III - Bilan.

L'incertitude de conception est liée à la différence entre le monde abstrait qui représente les pensées, les modèles que l'homme conceptualise, et le monde physique qui est considéré en tant qu'ensemble de choses et de phénomènes que l'homme peut observer.

Avant d'atteindre ce degré d'incertitude, il est nécessaire de suivre la filiation des « fonctions » et des « caractéristiques ».

Les différents outils permettent d'élaborer ces filiations.

- FAST (créativité, et description)
- Le schéma de flux,
- Le tableau d'analyse fonctionnelle technique (TAFT)
- Le graphe des contacts élémentaires.

La robustesse de conception passe obligatoirement par la mise en œuvre d'outils permettant la capitalisation du savoir et du savoir-faire.

Merci pour votre attention

Questions / Réponses

Le Tableau d'analyse fonctionnelle technique dans l'enseignement.

2007 – Frédéric Charpentier, Jean-Marc Prenel, Jérémy Duménil - « Le TAFT, un outil pour la capitalisation de l'AFT », Technologie - Sciences et techniques industrielles, revue N° 148.

2005 F Charpentier - L. Mathieu, " L'analyse fonctionnelle technique, une solution pour la recherche des conditions fonctionnelles géométriques", acte de la journée AIR-PRIMECA "tolerancement le long du cycle de vie du produit" - ENS de Cachan -

2005 – F Charpentier "Analyse fonctionnelle. Quels outils ?" ; Technologie et formation N°117 et N°118.

2003 – Réunion de préparation du séminaire interacadémique de construction mécanique. (travaux sous l'autorité de M. Daniel ALLARD, IPR - IA).

2002 – Pré séminaire national. Préparation au séminaire de Clermont Ferrand. (travaux sous l'autorité de M. Didier PRAT,IGEN).

2000 – **2003** – Formations IUFM et PAF (150 professeurs EDPI - CPI de l'Académie CRETEIL au PAF).

2000 – Séminaire national de l'inspection sur l'évolution de la productique et l'utilisation des normes GPS (travaux sous l'autorité de M. Didier PRAT, IGEN).

1999 – **à ce jour** – eiCNAM (formation 3ème année)

1997 – PROcessus de CARactérisation du produit (RENAULT sas & ENS-CACHAN)