

Génie des Systemes ESME Sudria – Lyon 2014-2015

Cours de
Andrea BAREGGI
Ph.D., M.Mus

e-mail: bareggi@esme.fr

La formation des ingénieurs

Le métier de l'ingénieur consiste à poser et résoudre de manière performante et innovante des **problèmes complexes**, de **création**, de **conception**, de **réalisation**, de **mise en œuvre**, au sein d'une organisation compétitive, de **produits**, de **systèmes** ou de **services**, éventuellement de leur financement et de leur commercialisation. À ce titre, l'ingénieur doit posséder un ensemble de savoirs techniques, économiques, sociaux et humains, reposant sur une solide culture scientifique.

La formation des ingénieurs

Les compétences à acquérir sont **nombreuses** et **complexes**.

Un ingénieur doit être capable de :

- **vérifier les performances attendues** d'un **système complexe**
- **valider une modélisation** à partir d'**expérimentations**
- **prévoir les performances** d'un système à **partir d'une modélisation**

Introduction à la démarche industrielle de conception d'un produit

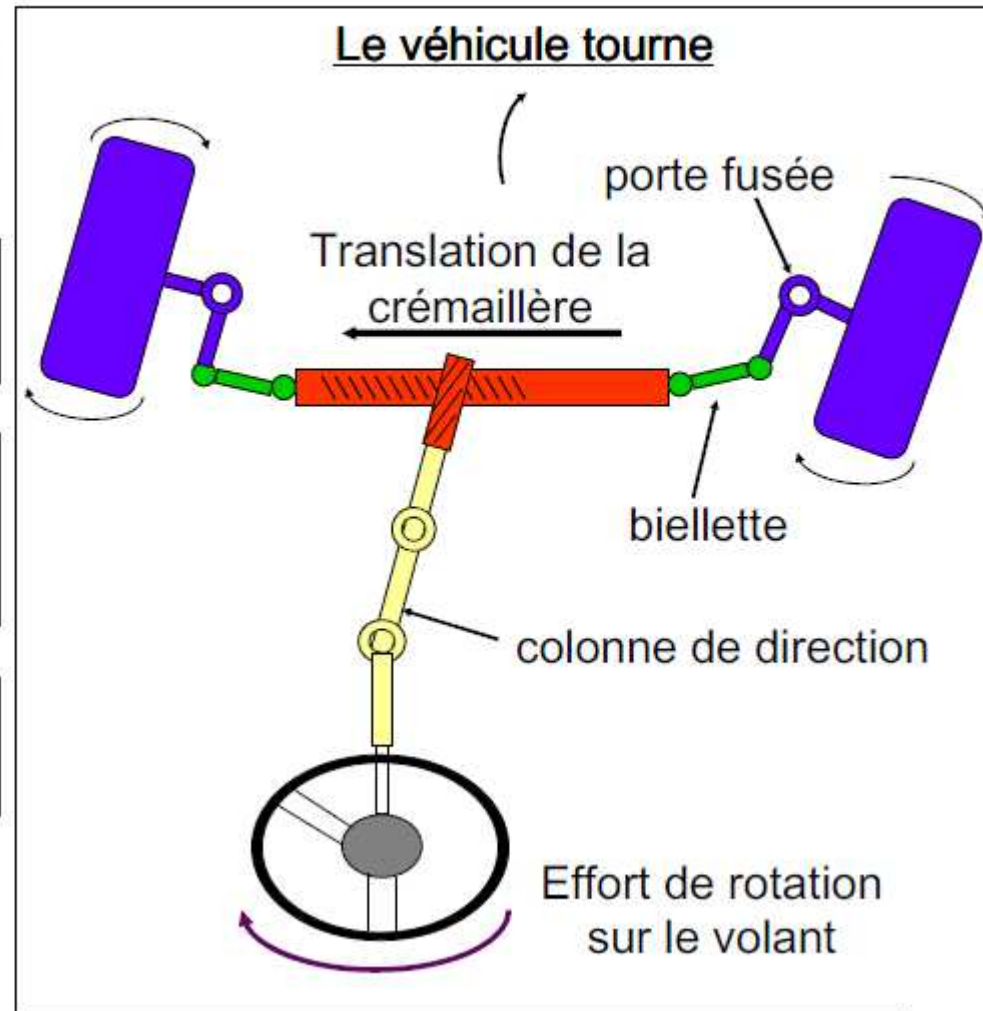
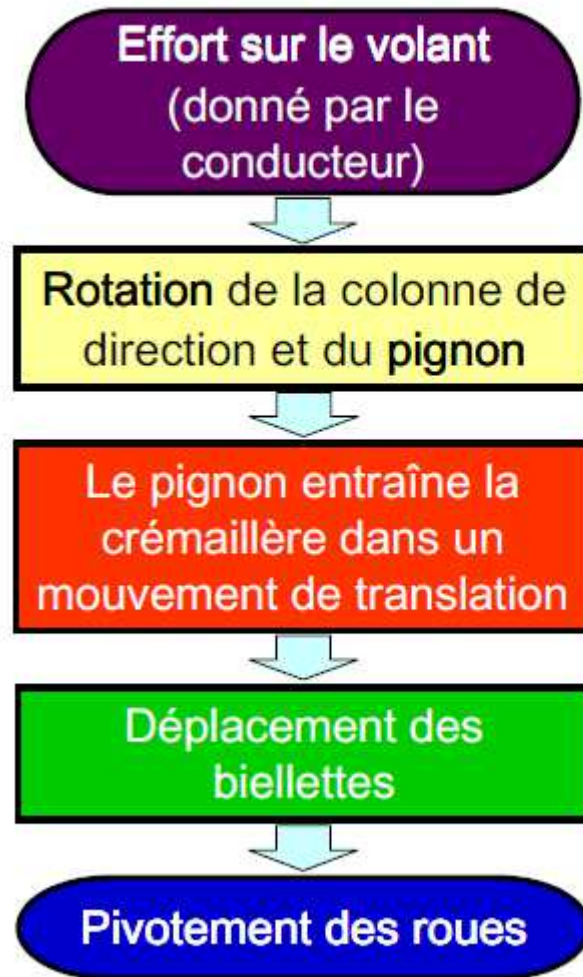


Exemple de système

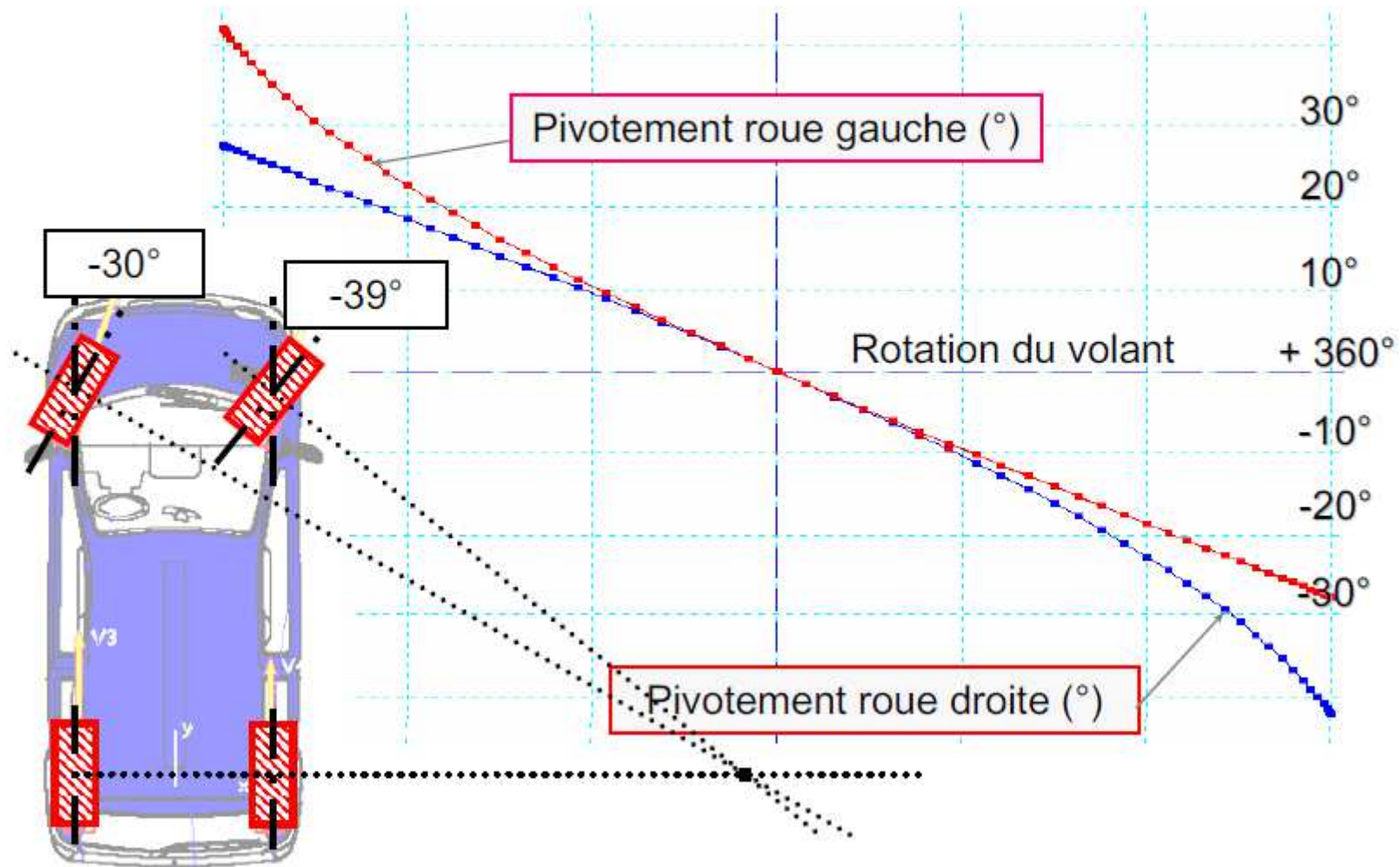
**COMMANDE DE
DIRECTION
AUTOMOBILE**



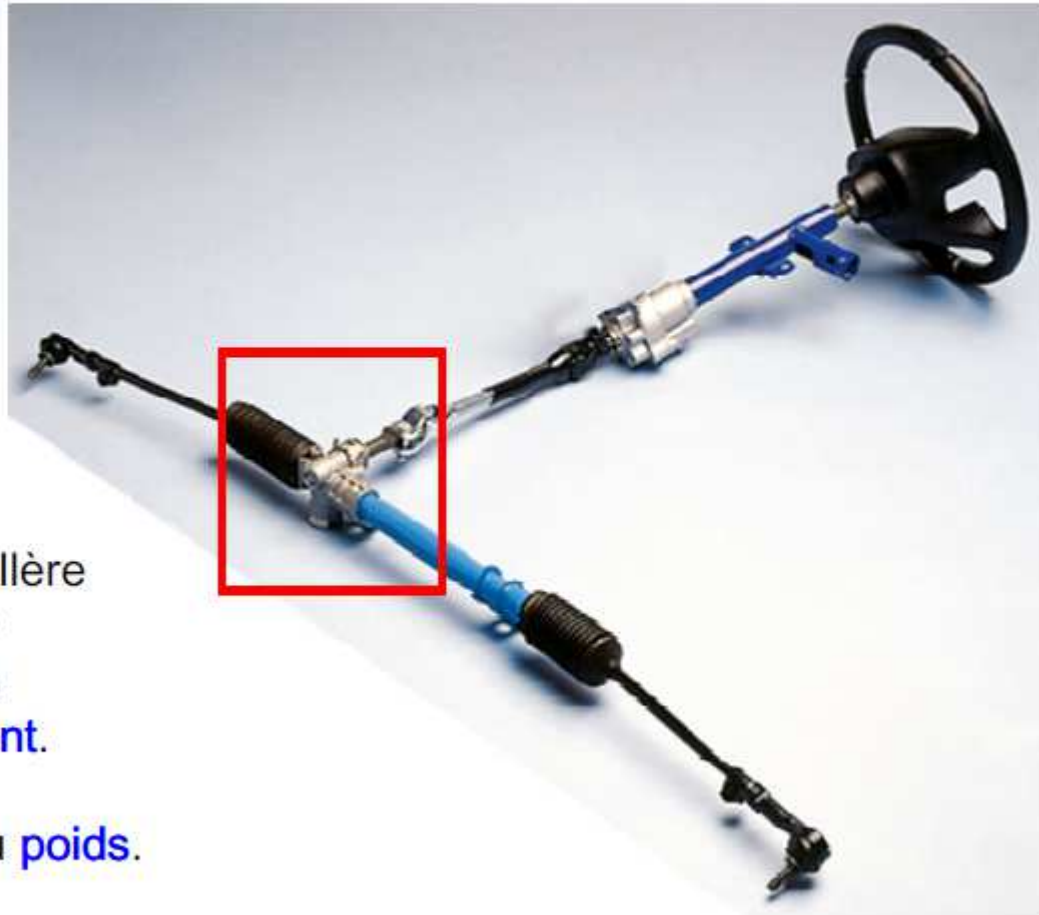
Principe de la direction



Pivotement des roues : aspect théorique



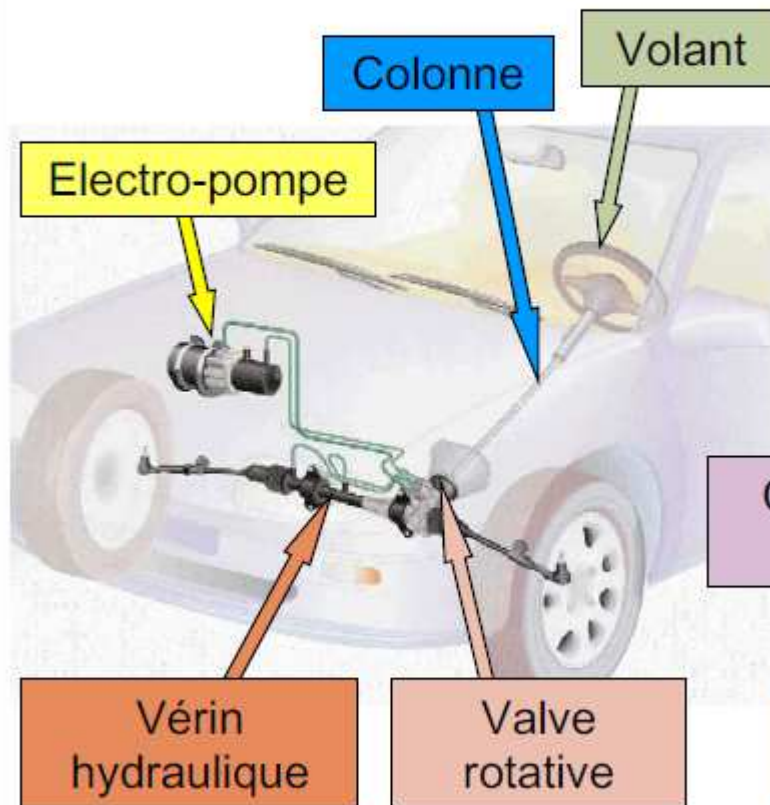
Pourquoi utiliser une assistance sur la direction ?



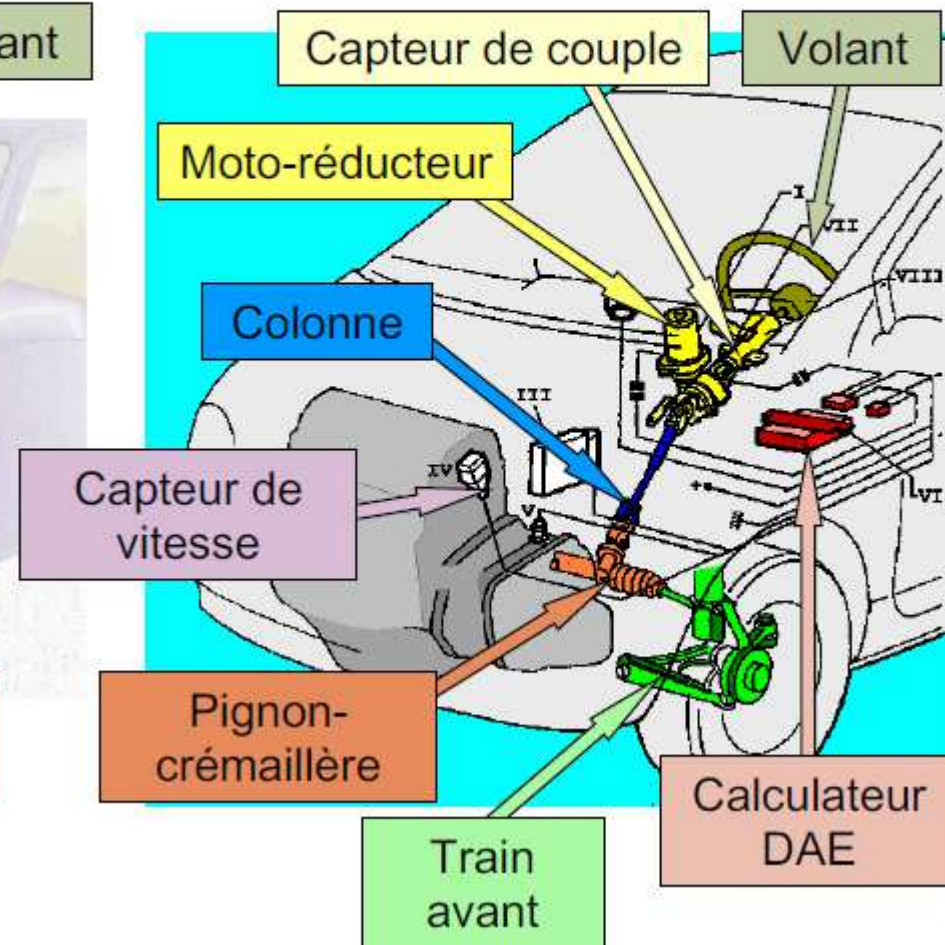
- ➡ Contact pignon/crémaillère maintenu par ressort + poussoir → génère des problèmes de **frottement**.
- ➡ Les voitures ont pris du **poids**.
- ➡ Pour soulager les bras du conducteur.

Stratégies d'assistance

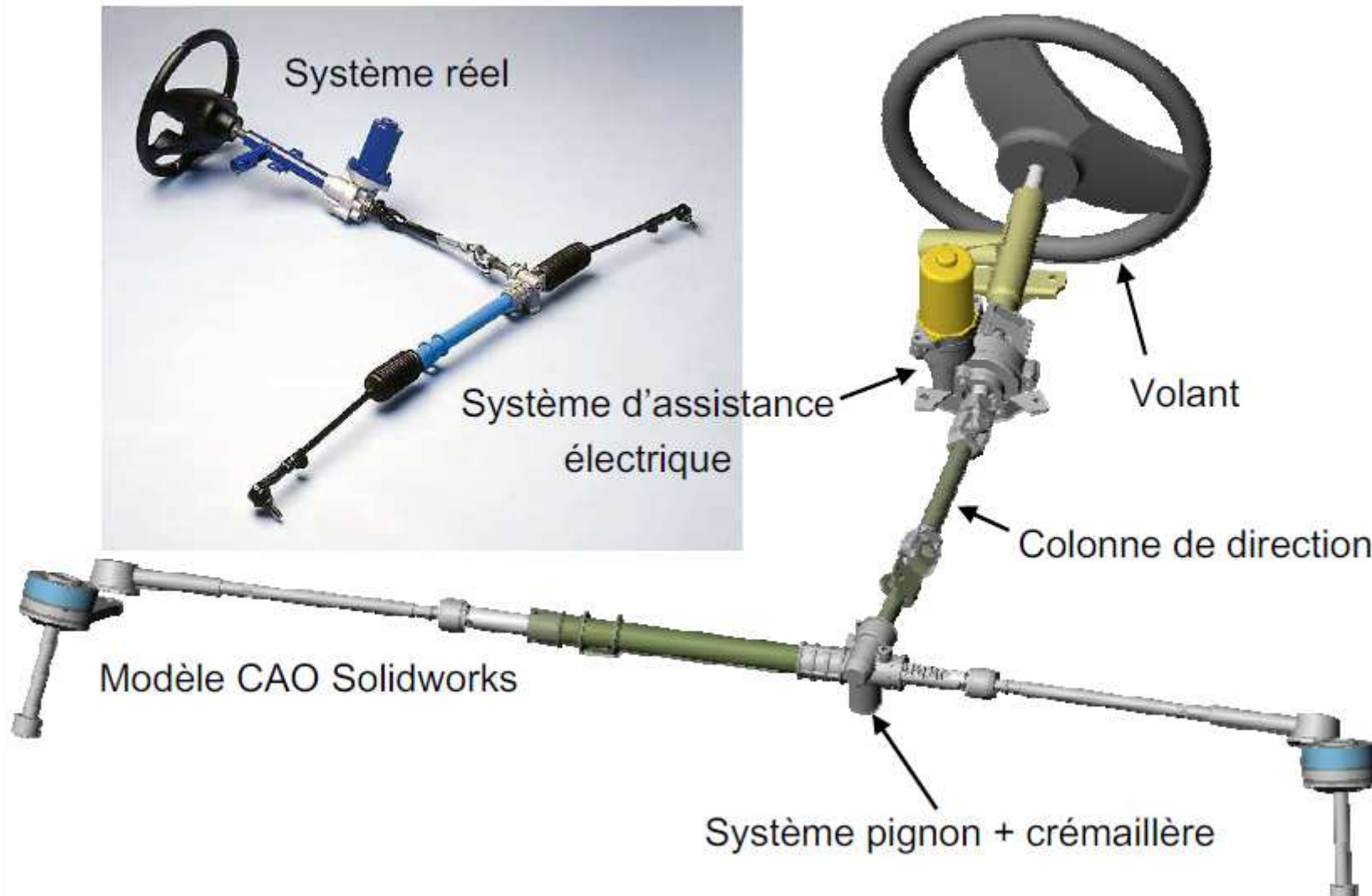
Assistance hydraulique



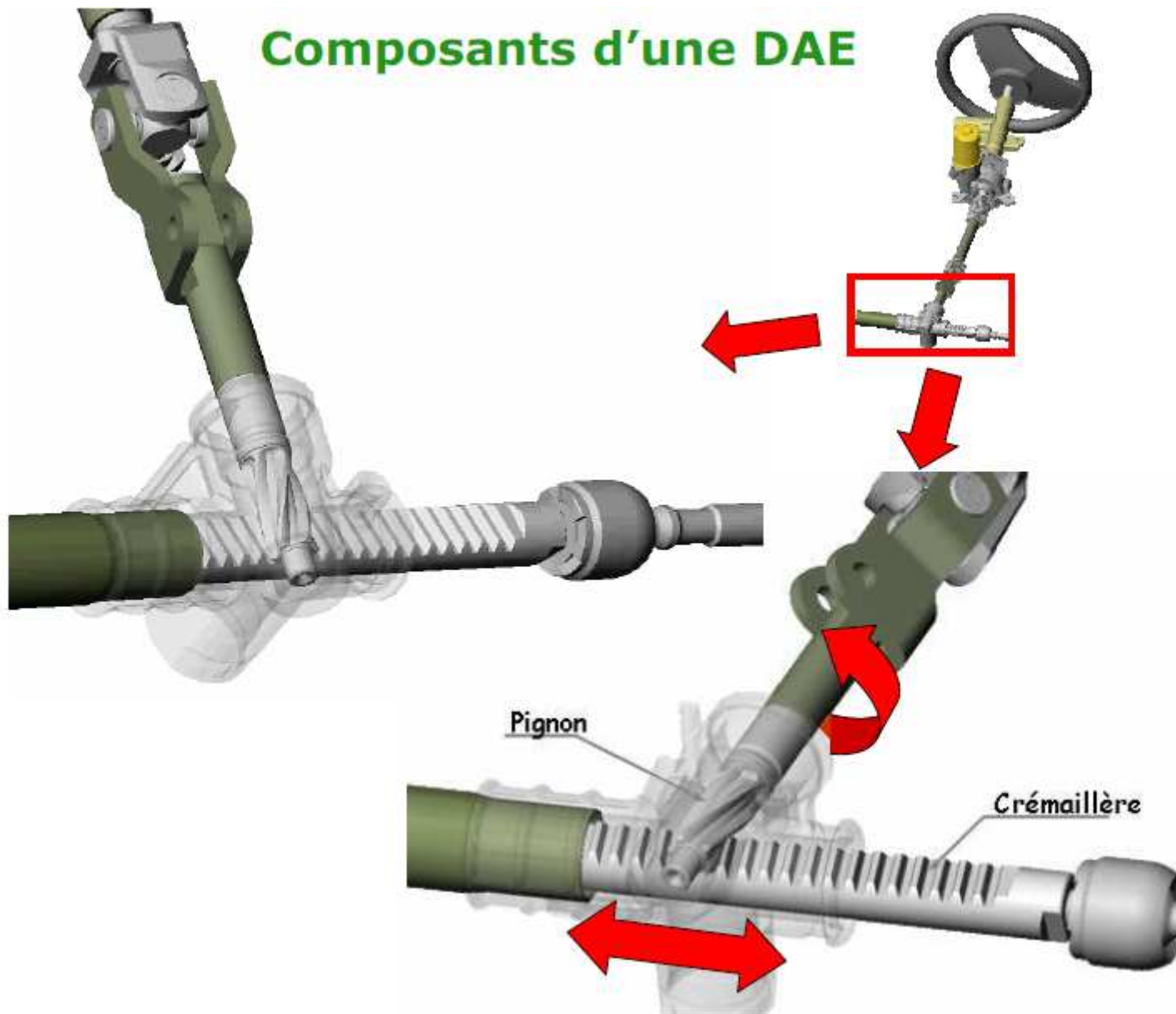
Assistance électrique



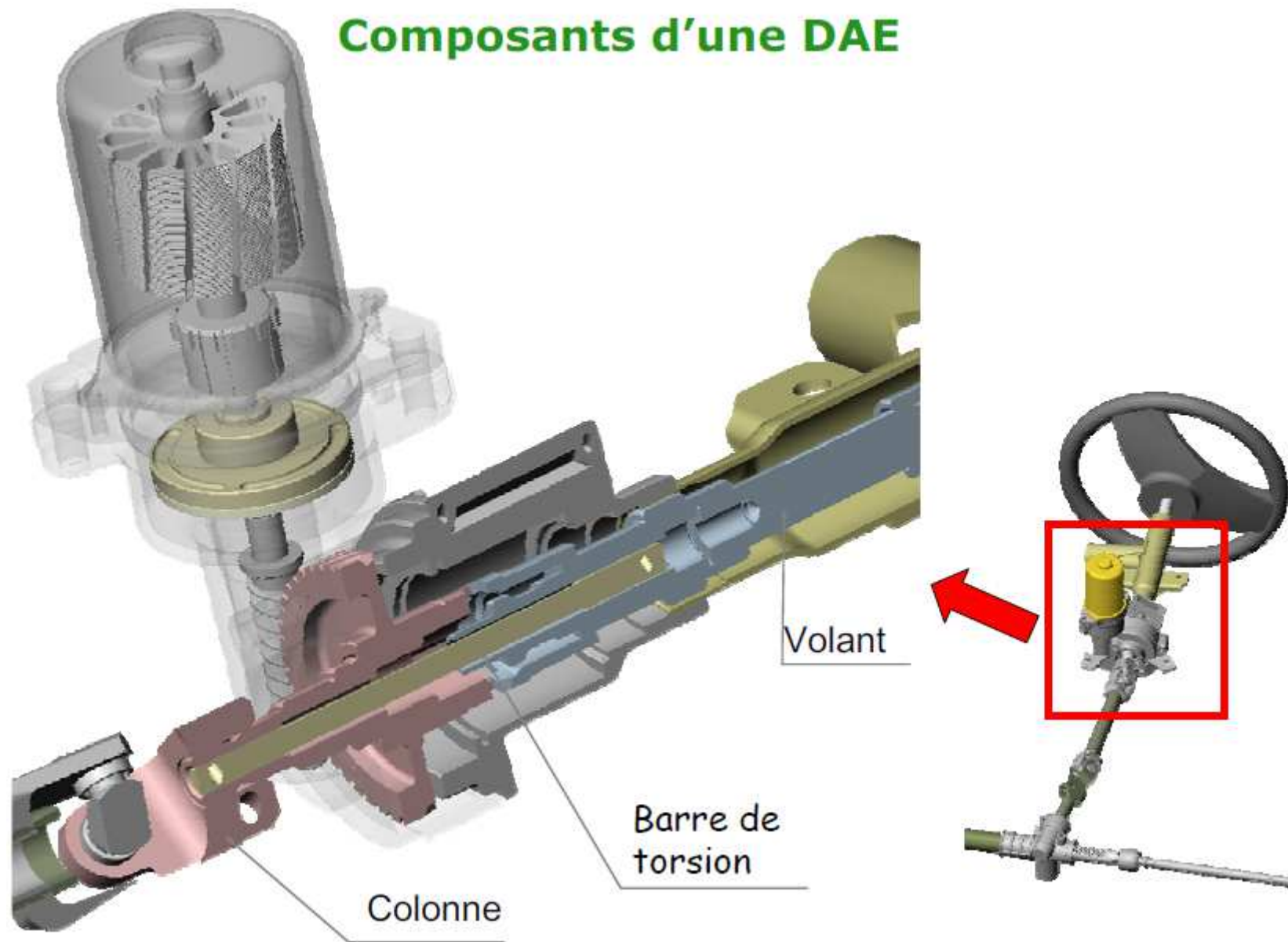
Composants d'une DAE



Composants d'une DAE



Composants d'une DAE



Différentes architectures de DAE

Assistance en tête
de colonne



Assistance sur le pignon



Assistance sur la crémaillère

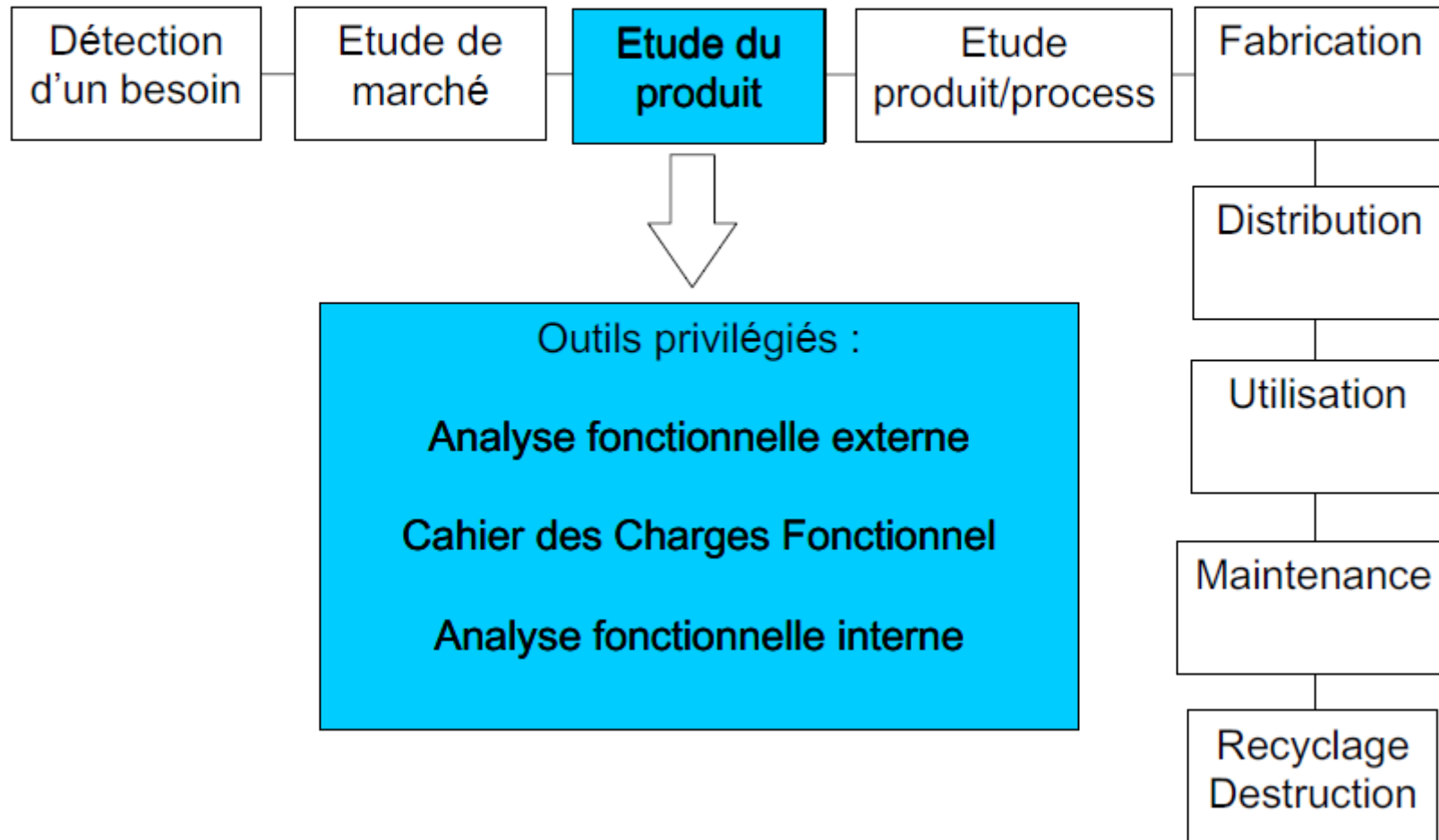


Motorisation spéciale
avec rapport de réduction variable



Démarche industrielle de conception d'un produit

Cycle de vie d'un produit



1. L'Analyse du Besoin - Outil de l'analyse fonctionnelle externe

2. L'Analyse Fonctionnelle du Besoin

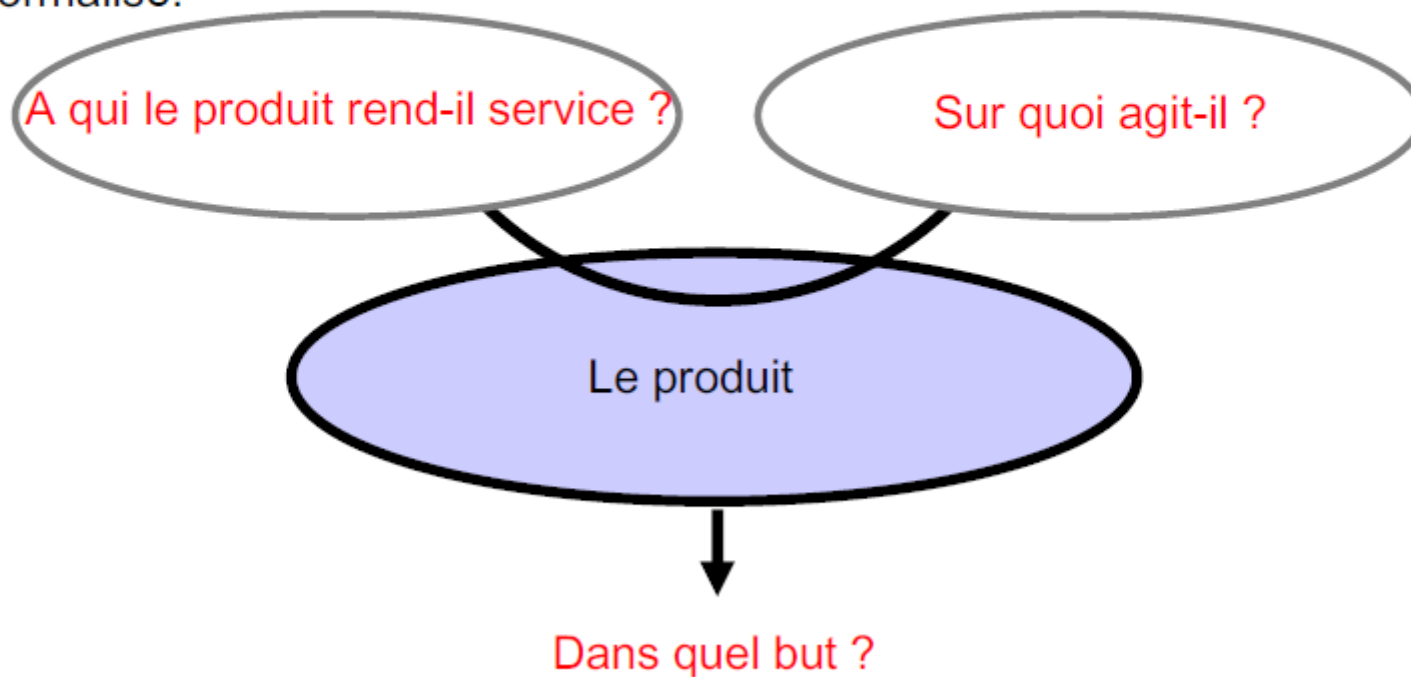
3. Le Cahier des Charges Fonctionnel

4. L'Analyse Fonctionnelle Technique

5. Evaluation du produit au vue de la satisfaction du client

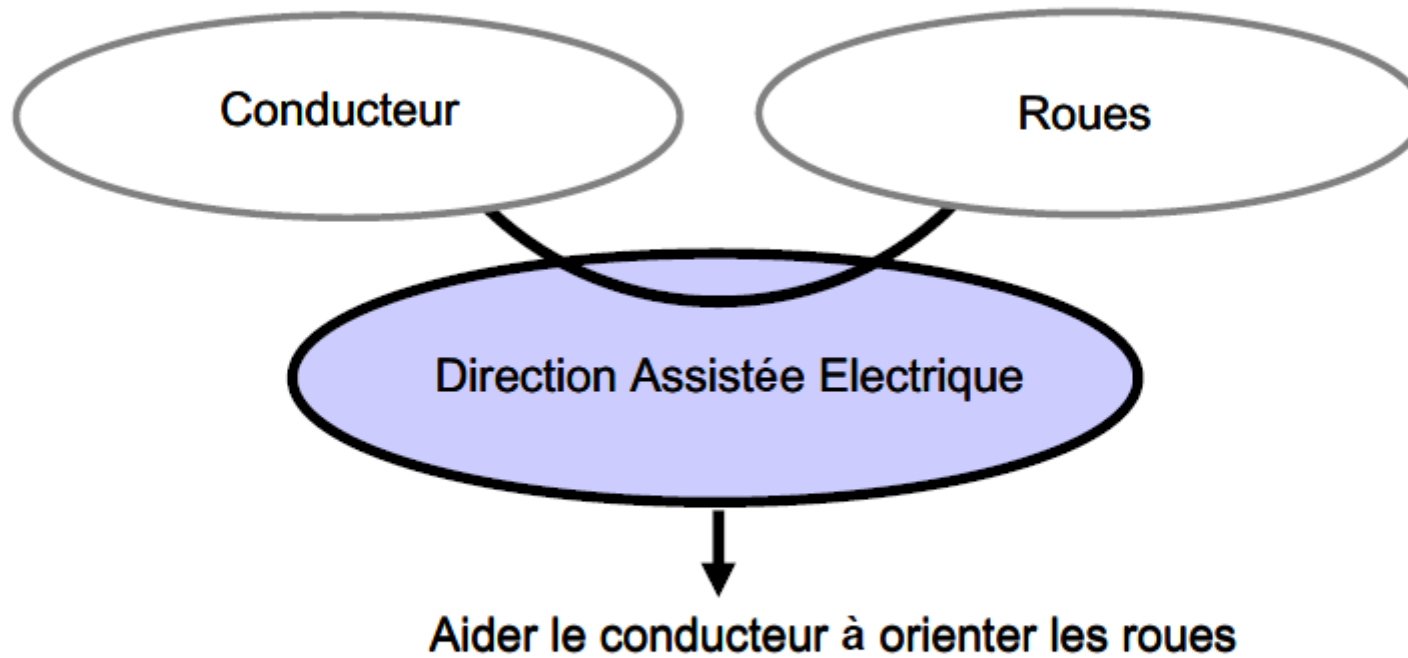
1. L'Analyse du Besoin

L'Analyse du Besoin (outil de la méthode APTE) est la 1ère étape de la phase d'étude. Elle permet de définir le besoin en utilisant un schéma normalisé.



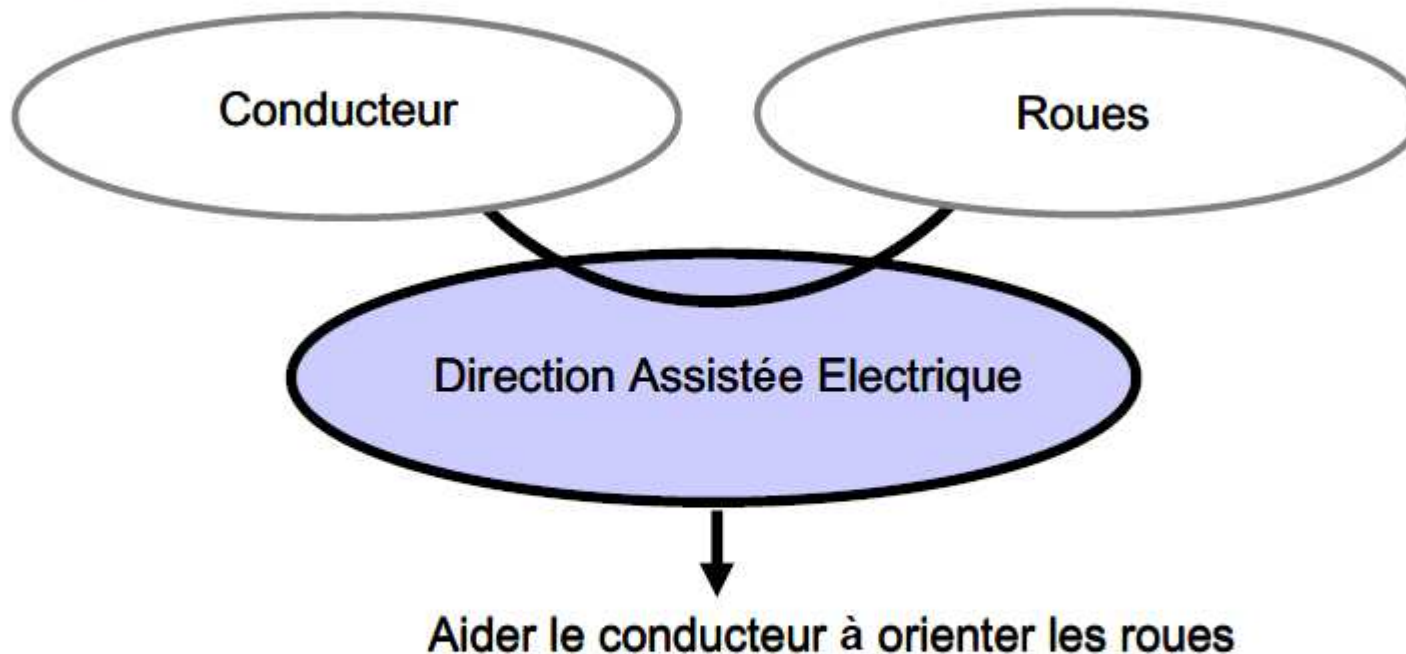
1. L'Analyse du Besoin

Exemple de la DAE



1. L'Analyse du Besoin

Exemple de la DAE



La seule verbalisation du besoin ne permet pas de le valider car les mots sont interprétables et donc subjectifs.

La méthode propose de parler avec des chiffres. Il faut donc préciser une métrique de la satisfaction du client qui permette une mesure. C'est la **caractérisation du besoin**.

1. L'Analyse du Besoin



Caractériser = qualifier + quantifier

Qualifier le besoin = exprimer par des mots la matière d'œuvre sur laquelle agit le produit

Quantifier le besoin = définir un critère, c'est-à-dire la grandeur physique mesurable et préciser une valeur, c'est-à-dire un niveau attendu.

Critère	valeur

Le besoin est supposé satisfait si le produit permet d'atteindre la valeur qui le caractérise.

1. L'Analyse du Besoin



Caractériser = qualifier + quantifier

Qualifier le besoin = **exprimer par des mots** la matière d'œuvre sur laquelle agit le produit

Exemple de la DAE : Le conducteur a besoin d'orienter les roues.

Quantifier le besoin = **définir un critère** c'est-à-dire la grandeur physique mesurable et **préciser une valeur** c'est-à-dire un niveau attendu.

Critère	valeur
Couple maxi au volant	9Nm
Etc...	

Le besoin est supposé satisfait si le produit permet d'atteindre la valeur qui le caractérise.

1. L'Analyse du Besoin

La dernière étape de la méthode consiste à valider le besoin.

Pour valider l'expression du besoin, la méthode propose de se poser trois questions complémentaires :

Pourquoi le produit existe-t-il ?

Cette question permet de valider l'effet de l'utilisation du produit sur la matière d'œuvre. Le produit existe car la matière d'œuvre évolue.

Qu'est-ce qui pourrait faire évoluer le besoin ?

Cette question permet de valider la stabilité du besoin donc de la grandeur physique qui évolue lors de l'utilisation du produit. Cette question permet d'anticiper les évolutions du besoin.

Qu'est-ce qui pourrait faire disparaître le besoin ?

Cette question permet de valider la pérennité du besoin. Elle assure la pertinence de l'étude qui débute.

1. L'Analyse du Besoin

Exemple de la DAE

Pourquoi le produit existe-t-il ?

Parce que le conducteur a besoin d'aide pour orienter facilement les roues.

Qu'est-ce qui pourrait faire évoluer le besoin ?

Disparition du lien mécanique conducteur/roue (Drive by wire).

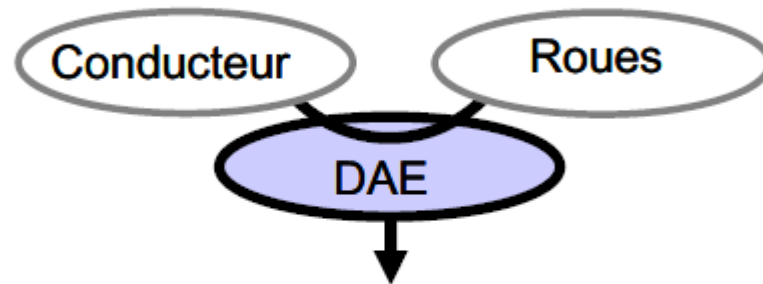
Qu'est-ce qui pourrait faire disparaître le besoin ?

De nouveaux moyens de transport.

1. L'Analyse du Besoin

Exemple de la DAE

Le conducteur a besoin d'orienter facilement les roues



Critère	valeur
Couple maxi au volant	9Nm
Etc...	

Aider le conducteur à orienter les roues

Pourquoi le produit existe-t-il ?

Parce que le conducteur a besoin d'aide pour orienter facilement les roues.

Qu'est-ce qui pourrait faire évoluer le besoin ?

Disparition du lien mécanique conducteur/roue (Drive by wire)

Qu'est-ce qui pourrait faire disparaître le besoin ?

De nouveaux moyens de transport

1. L'Analyse du Besoin

Un même besoin exprimé peut être satisfait par la modification de différentes matières d'œuvre. Il est alors caractérisé par plusieurs bêtes à cornes.

L'ensemble du besoin exprimé par le client et caractérisé par un ensemble de prestations attendues est rédigé dans le **cahier des charges des prestations**.

A partir du cahier des charges des prestations, l'entreprise caractérise le besoin qu'elle se propose de réaliser. L'outil privilégié pour cette deuxième phase est aussi un outil d'analyse fonctionnelle externe et s'appelle **Analyse Fonctionnelle du Besoin**.

1. L'Analyse du Besoin

2. L'Analyse Fonctionnelle du Besoin - Outil de l'analyse fonctionnelle externe

3. Le Cahier des Charges Fonctionnel

4. L'Analyse Fonctionnelle Technique

5. Evaluation du produit au vue de la satisfaction du client

2. L'Analyse Fonctionnelle du Besoin

L'Analyse Fonctionnelle du Besoin permet de caractériser les Fonctions de Service attendues et générées par l'usage du produit.

Le point de vue est de considérer le produit comme un générateur de services.

Le service est caractérisé par une liste de prestations attendues. Ces prestations sont satisfaites pendant les phases d'utilisation du produit par l'action du produit sur l'environnement.

La méthode propose d'imaginer cet environnement d'utilisation et les interactions du produits avec les éléments de cet environnement.

Les interactions sont modélisées par des Fonctions de Service.

2. L'Analyse Fonctionnelle du Besoin

Exemple de la DAE – Phase de vie n°5

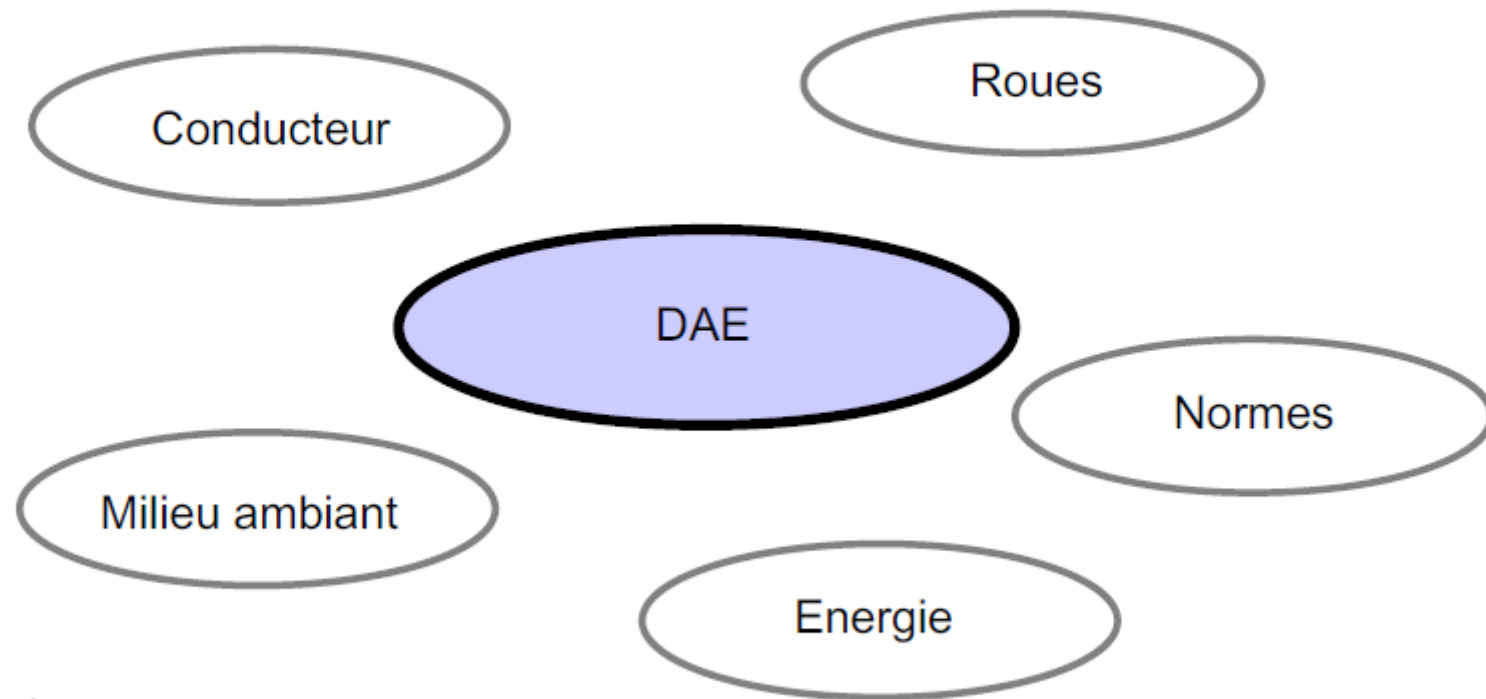
Première étape : On positionne le produit dans l'environnement



2. L'Analyse Fonctionnelle du Besoin

Exemple de la DAE – Phase de vie n°5

Deuxième étape : On fait l'inventaire exhaustif des éléments du milieu extérieur

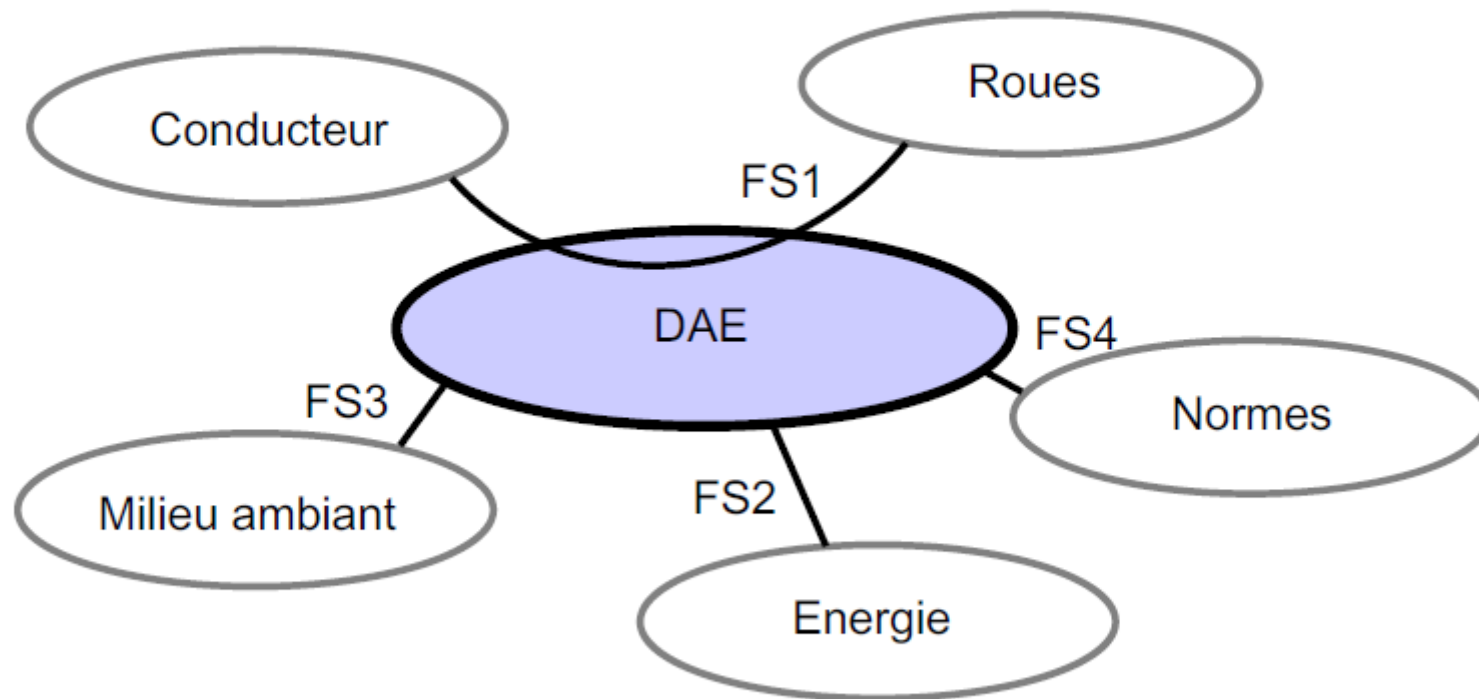


Beaucoup d'entreprises ont des glossaires de mots génériques.
On réunit les différents spécialistes du métier pour faire l'AFB.

2. L'Analyse Fonctionnelle du Besoin

Exemple de la DAE – Phase de vie n°5

Troisième étape : On recherche les différentes interactions



2. L'Analyse Fonctionnelle du Besoin

Exemple de la DAE – Phase de vie n°5

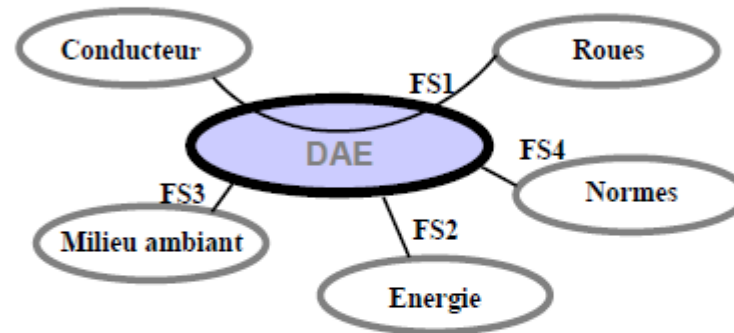
Quatrième étape : On formule différentes fonctions de services

FS1 : Orienter les roues

FS2 : Etre alimenté en énergie

FS3 : Résister à l'environnement
(température, parasites ...)

FS4 : Respecter les normes



On distingue :

les **Fonctions Principales** (ou d'interaction – ou d'usage) qui établissent une relation entre deux ou plusieurs inter-acteurs.

les **Fonctions Contraintes** (ou d'adaptation – ou d'estime) qui mettent en évidence la relation entre un inter-acteur et le système.

2. L'Analyse Fonctionnelle du Besoin

La seule **verbalisation des Fonctions de Service** ne suffit pas car les mots sont interprétables et donc subjectifs.

Il faut parler avec des chiffres.

Chacune des fonctions répertoriées doit être associée à un **critère** d'évaluation assorti d'un **niveau** et d'une **flexibilité** qui permettent de quantifier le critère

FS	Critère	Niveau	Flexibilité
FS1 : Orienter les roues	<ul style="list-style-type: none">- Angle pivotement roue gauche- Angle pivotement roue droite- Diamètre de braquage entre trottoir/mur- Couple maxi au volant- Seuils déclenchement assistance :<ul style="list-style-type: none">à l'accélérationau freinage- Loi d'assistance	<ul style="list-style-type: none">-39 à +30°+39° à -30°9,8 m9 Nm74 km/h68 Km/hsuivant courbes	<ul style="list-style-type: none">+/- 1°+/- 1°+/- 0,2mValeur mini+/- 1 km/h+/- 1 km/h

1. L'Analyse du Besoin
2. L'Analyse Fonctionnelle du Besoin
- 3. Le Cahier des Charges Fonctionnel – Document de synthèse de l'analyse fonctionnelle externe**
4. L'Analyse Fonctionnelle Technique
5. Evaluation du produit au vue de la satisfaction du client

3. Le Cahier des Charges Fonctionnel

L'ensemble des résultats obtenus par l'Analyse Fonctionnelle du Besoin est regroupé dans un document : le **Cahier des Charges Fonctionnel**.

On y retrouve :

- le **diagramme des inter-acteurs**

- la **liste des Fonctions de Service**

- le **tableau regroupant les critères d'évaluation, les niveaux de performances** à atteindre ainsi que **les flexibilités** associées pour chaque Fonction de Service.



FS1 : Orienter les roues
 FS2 : Etre alimenté en énergie
 FS3 : Résister à l'environnement (température, parasites ...)
 FS4 : Respecter les normes

FS	Critère	Niveau	Flexibilité
FS1 : Orienter les roues	- Angle pivotement roue gauche	-39° à +30°	+/- 1°
	- Angle pivotement roue droite	+39° à -30°	+/- 1°
	- Diamètre de braquage entre trottoir/mur	9,8 m	+/- 0,2m
	- Couple maxi au volant	9 Nm	Valeur mini
	- Seuls déclenchement assistance : à l'accélération au freinage - Loi d'assistance	74 km/h 68 Km/h suivant courbes	+/- 1 km/h +/- 1 km/h

3. Le Cahier des Charges Fonctionnel

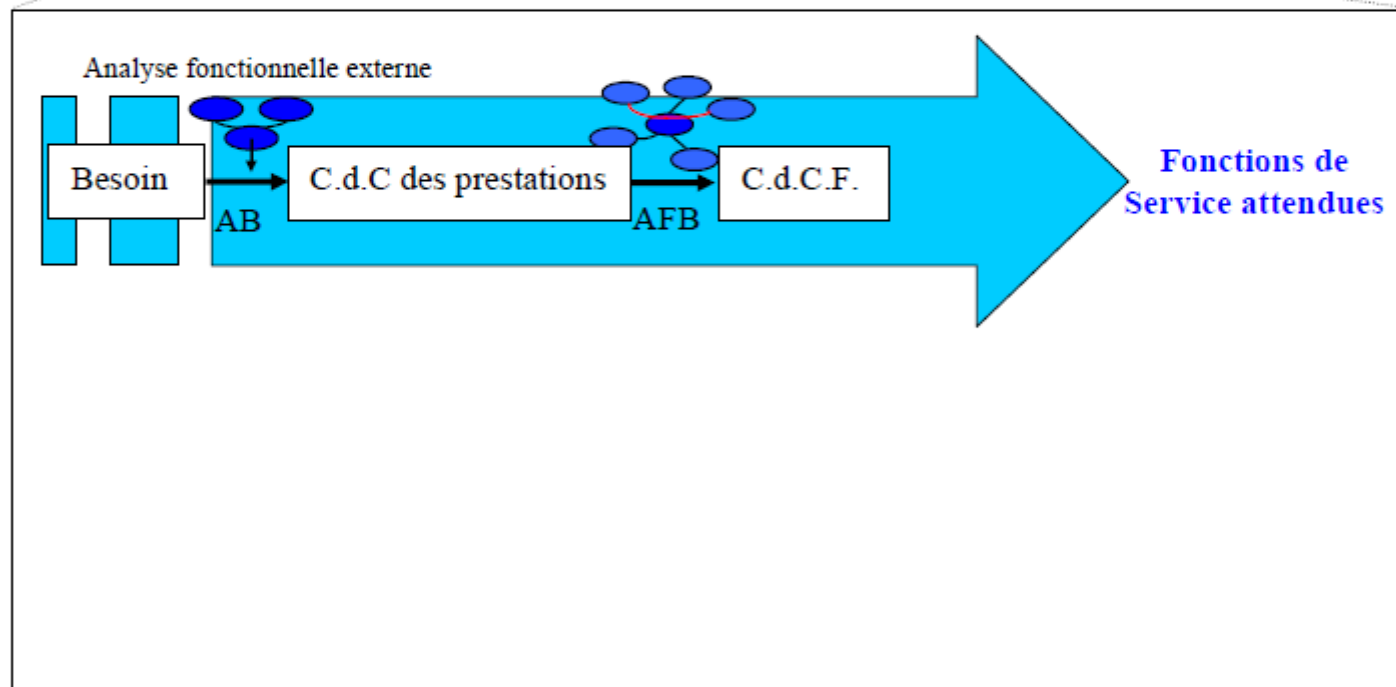
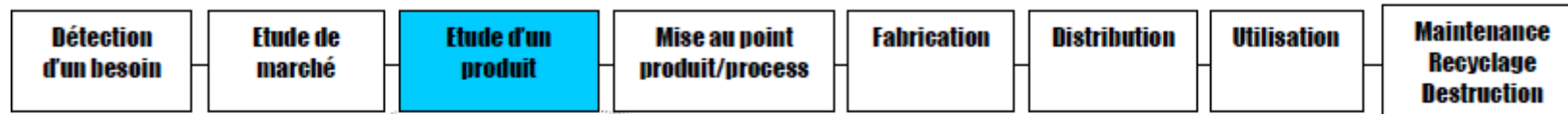
Le **C.d.C.F.** est **utilisé par différents acteurs** de la chaîne industrielle comme :

- le **donneur d'ordres** qui utilise (ou commercialise) le système ;
- les **ingénieurs** des bureaux d'études qui établissent les plans et effectuent les calculs (mécanique, résistance des matériaux, ...)

L'**objectif** de la mise en place du **C.d.C.F.** est double :

- avant la conception du système, il permet au donneur d'ordres, de **fixer les objectifs à atteindre** (performances, fiabilité, esthétique ...) en rapport avec l'utilisation prévue
- après la conception, il permet au donneur d'ordres de **vérifier** à partir de critères concrets **que le système** conçu par le bureau d'études **correspond aux besoins exprimés**.

3. Le Cahier des Charges Fonctionnel



4. L'Analyse Fonctionnelle Technique

L'Analyse Fonctionnelle Technique est normalement une méthode d'analyse de l'existant mais elle est utilisée en phase de conception car elle apporte un cadre structuré qui permet de caractériser les solutions techniques proposées.

Les outils privilégiés sont, entre autres, le diagramme FAST et le diagramme SADT.

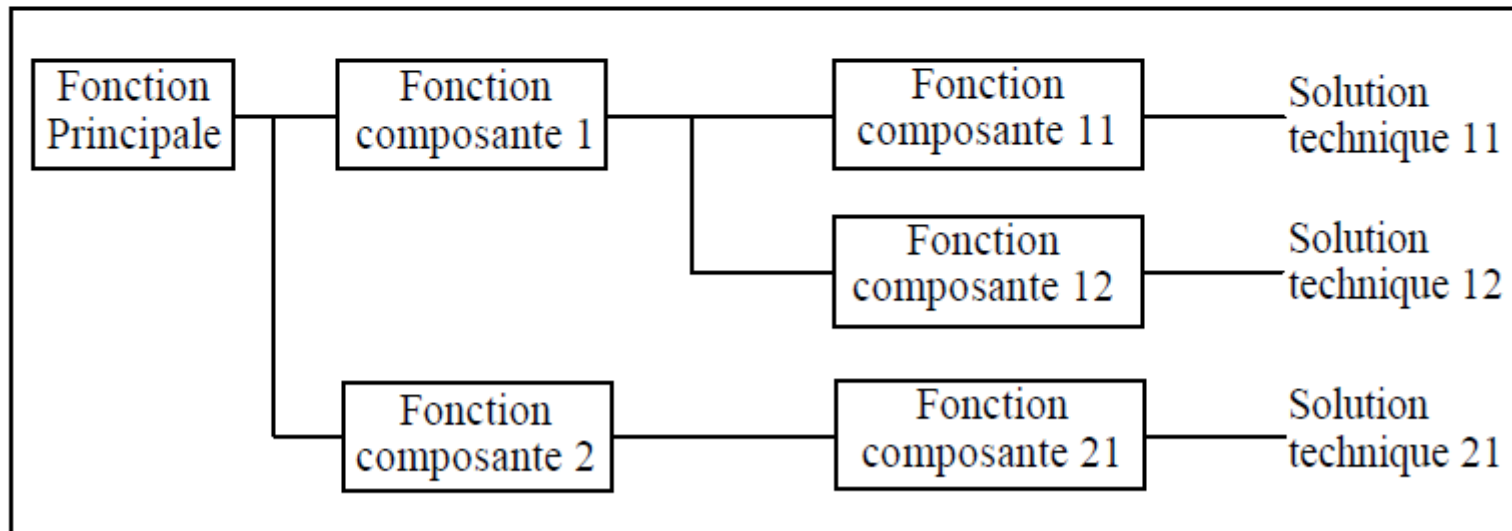
1. L'Analyse du Besoin
2. L'Analyse Fonctionnelle du Besoin
3. Le Cahier des Charges Fonctionnel
- 4. L'Analyse Fonctionnelle Technique - Outil de l'analyse fonctionnelle interne**
 - 4.1. Le diagramme FAST
 - 4.2. Le diagramme SADT
5. Evaluation du produit au vue de la satisfaction du client

4.1. Le diagramme FAST

FAST est obtenu à partir des initiales de « Functional Analysis System Technic » qui signifie « **Technique d'analyse fonctionnelle des systèmes** ».

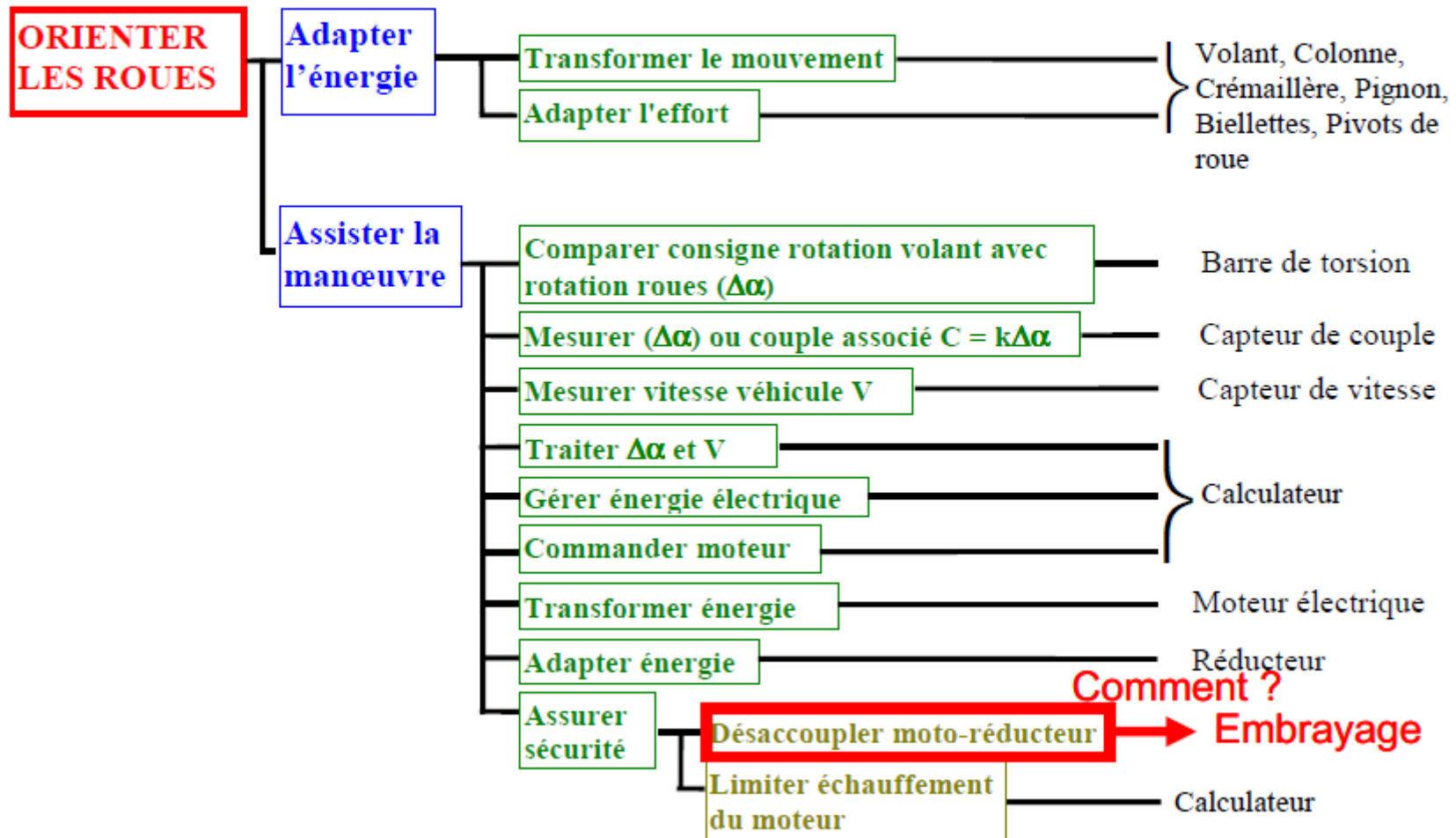


Il permet de **définir la structure interne du produit** en **détaillant les fonctions techniques nécessaires à la réalisation de la fonction principale**.



4.1. Le diagramme FAST

Exemple de la DAE



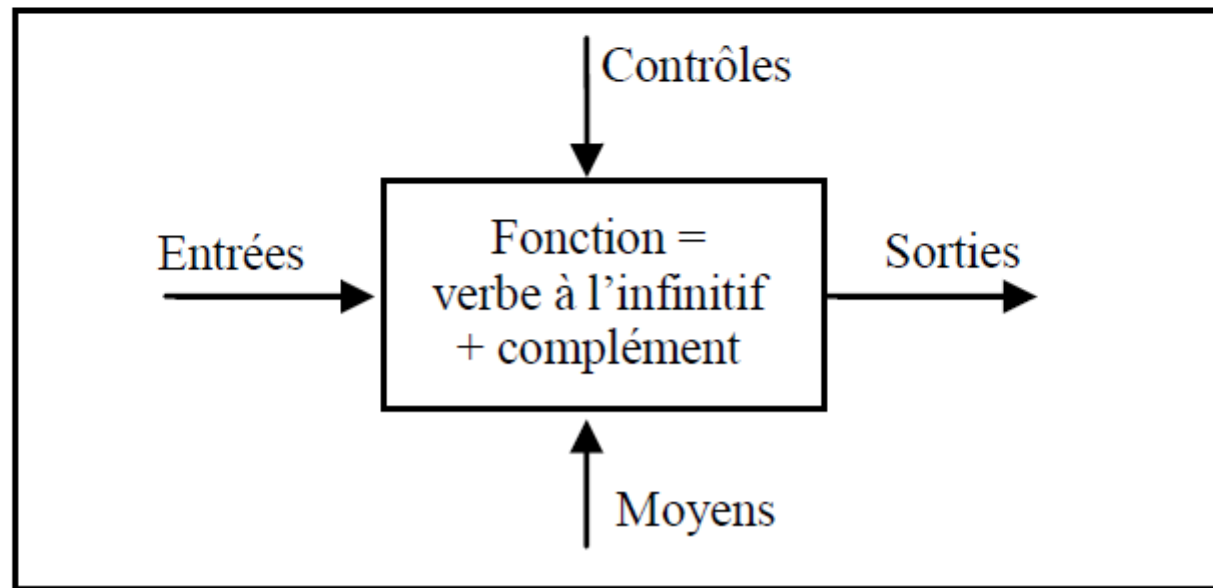
1. L'Analyse du Besoin
2. L'Analyse Fonctionnelle du Besoin
3. Le Cahier des Charges Fonctionnel
- 4. L'Analyse Fonctionnelle Technique - Outil de l'analyse fonctionnelle interne**
 - 4.1. Le diagramme FAST
 - 4.2. Le diagramme SADT
5. Evaluation du produit au vue de la satisfaction du client

4.2. Le diagramme SADT

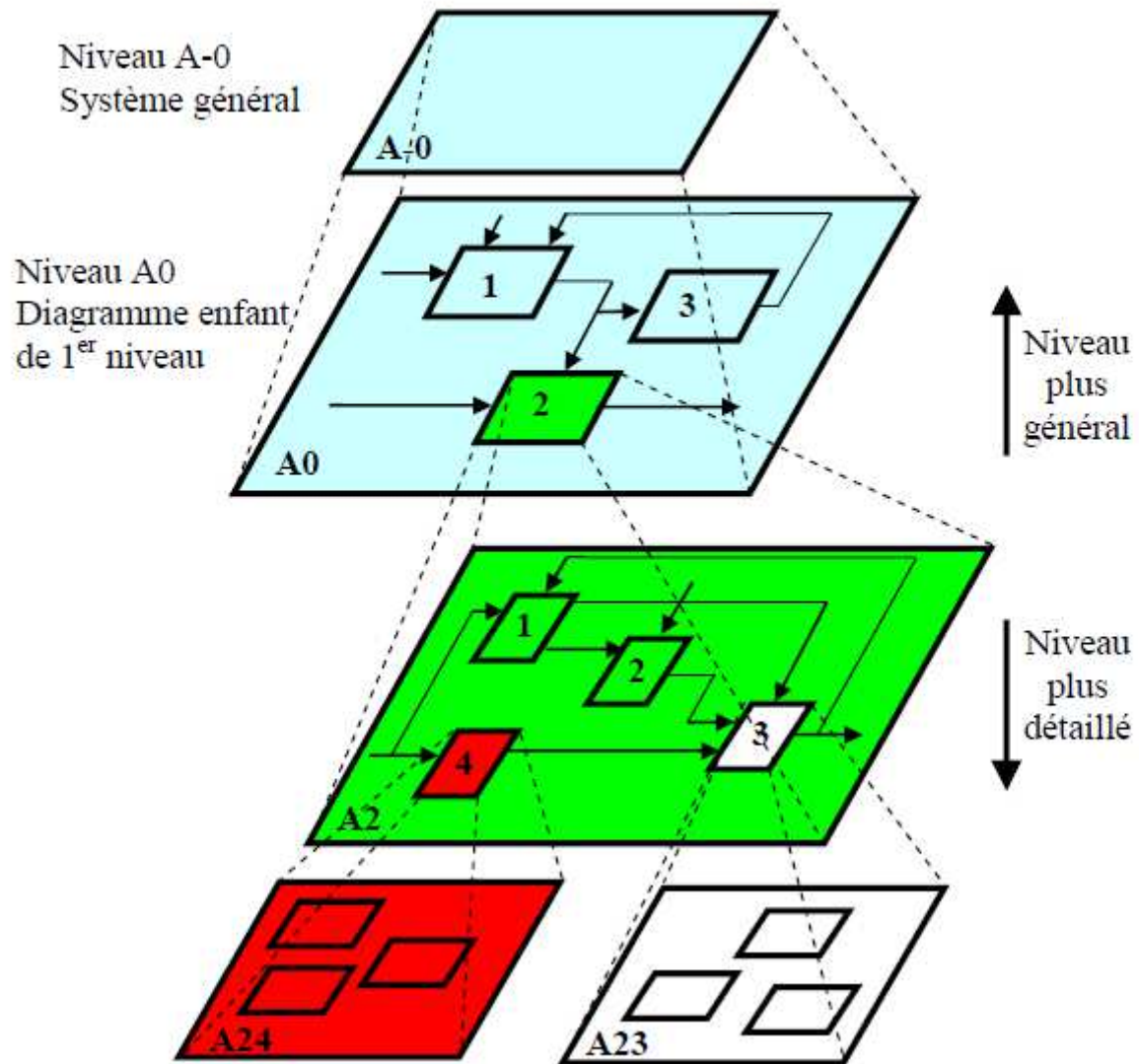
SADT est obtenu à partir des initiales de « Structured Analysis Design Technic » qui signifie « **Technique structurée d'analyse et de conception** (des systèmes) ».



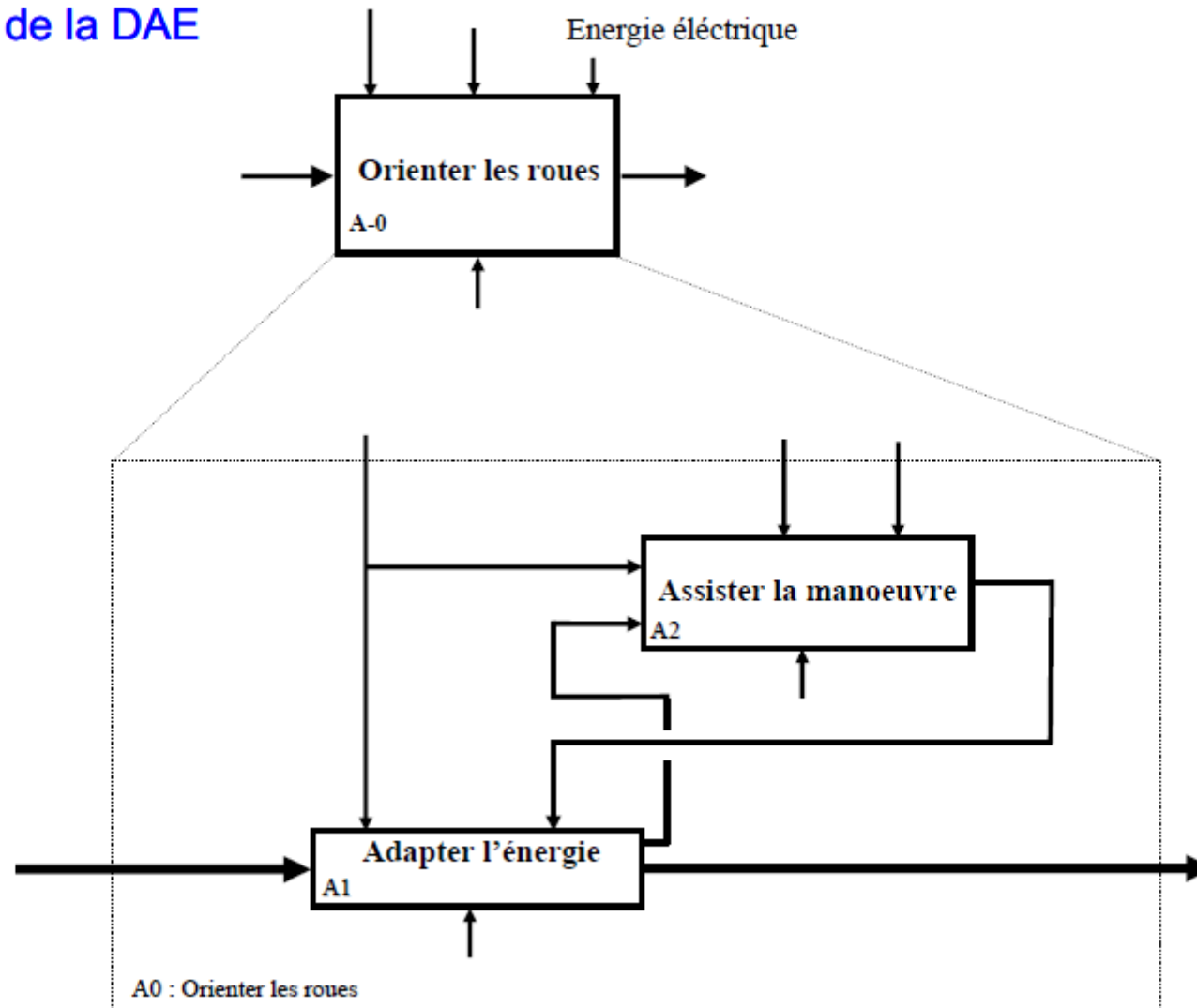
La méthode **SADT** est une méthode **d'analyse descendante à plusieurs niveaux** qui permet de **décrire les flux de matière, d'énergie et d'informations entre les composants** d'un système.



4.2. Le diagramme SADT



Exemple de la DAE



1. L'Analyse du Besoin
2. L'Analyse Fonctionnelle du Besoin
3. Le Cahier des Charges Fonctionnel
4. L'Analyse Fonctionnelle Technique
- 5. Evaluation du produit au vue de la satisfaction du client**

5. Evaluation du produit au vue de la satisfaction du client

