

## Annexe : Le PLM : Exemple d'application pédagogique

Le PLM - Concepts et  
application en formation

Le PLM: exemple d'application pédagogique

- POUR:**
- avoir un vélo performant
  - avoir un vélo confortable



Etape 1 de la méthode de conception:  
le cahier des charges des prestations définit la cible du  
projet. Le cahier des charges des prestations est fourni  
au début de l'étude.

## Le PLM: exemple d'application pédagogique

### CAHIER DES CHARGES DES PRESTATIONS

#### ANALYSE DU BESOIN -

#### VELO TOUT-TERRAIN

Prestation 1

Prestation 2

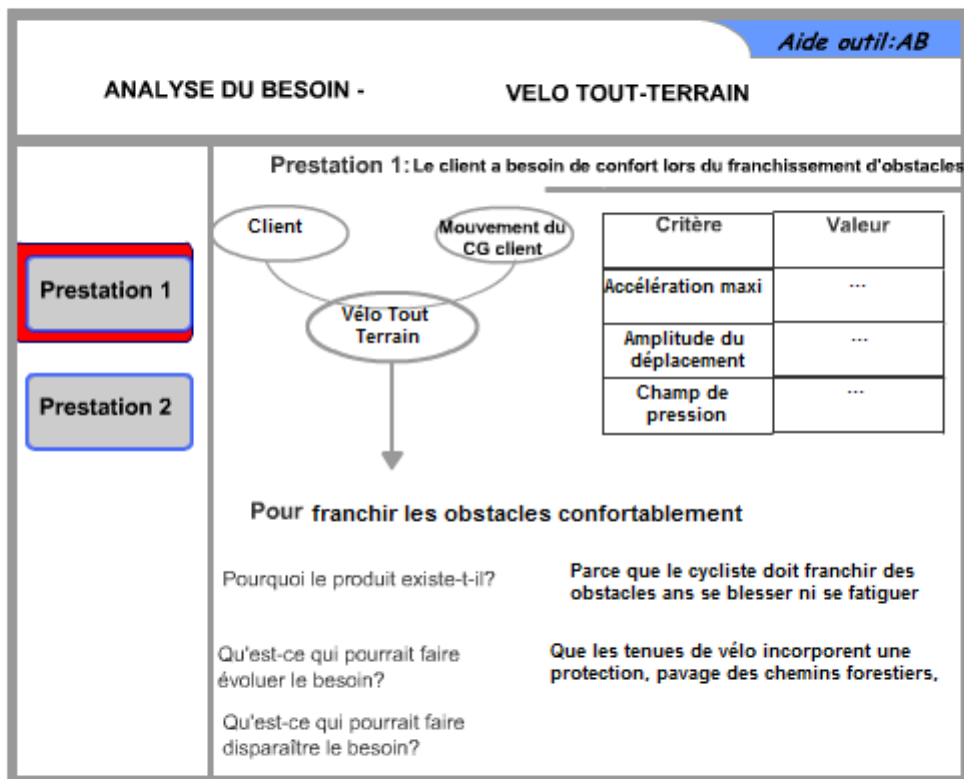
La recherche de performances et de confort conduit les fabricants de vélos tout terrains à l'utilisation de solutions technologiques évoluées : systèmes de suspensions avants et arrières, freins à disques hydrauliques, cadre en matériaux hautes performances ... Dans ce contexte, nous proposons de caractériser deux besoins exprimés :

- Le client a besoin de confort lors du franchissement d'obstacles
- Le client a besoin de minimiser les pertes d'énergie lors du pédalage.

Le cahier des charges des prestations est fourni aux étudiants en début de projet. Dans la démarche de conception choisie, le critère final de validation du produit est la réalisation des prestations définies au cahier des charges des prestations.

## Le PLM: exemple d'application pédagogique

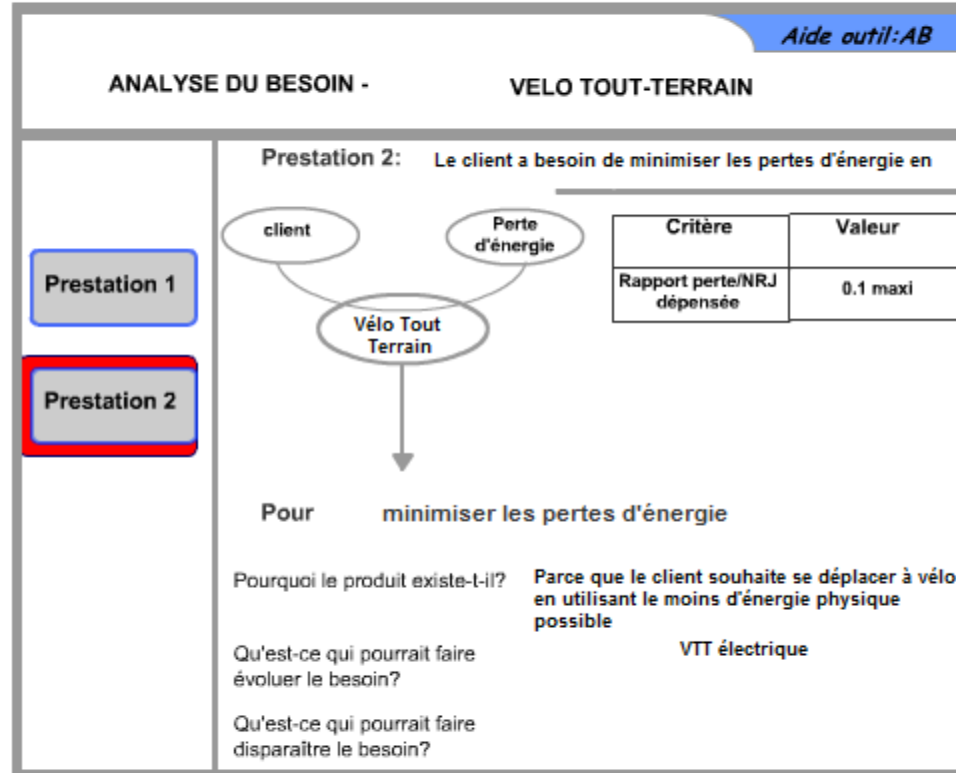
### CAHIER DES CHARGES DES PRESTATIONS



Le cahier des charges des prestations est fourni aux étudiants en début de projet. Dans la démarche de conception choisie, le critère final de validation du produit est la réalisation des prestations définies au cahier des charges des prestations.

## Le PLM: exemple d'application pédagogique

### CAHIER DES CHARGES DES PRESTATIONS



Le cahier des charges des prestations est fourni aux étudiants en début de projet. Dans la démarche de conception choisie, le critère final de validation du produit est la réalisation des prestations définies au cahier des charges des prestations.

## Le PLM: exemple d'application pédagogique



### ETAPE 2 de la méthode de conception: Analyse Fonctionnelle du Besoin

Le Cahier des charges fonctionnel pour les phases de vie correspondant à la réalisation des prestations est donné en début d'étude. Seules deux phases de vie sont traitées dans ce cahier des charges.

*Aide outil:AFB*

**ANALYSE FONCTIONNELLE DU BESOIN - VTT**

**Présentation**

Phases du cycle de vie

Route plate

Obstacle


**Caractérisation des EME**

Obstacle

Cycliste

Route

*Site SI*



Le produit étudié est un VTT  
Le nouveau produit est une évolution d'un VTT Décathlon Rockrider destiné à répondre aux deux prestations suivantes (voir cahier des charges des prestations):

- minimiser les pertes d'énergie en pédalage
- garantir un confort satisfaisant lors du franchissement d'obstacles

*Aide outil:AFB*

**ANALYSE FONCTIONNELLE DU BESOIN - VTT**

**Phases de vie**

**Présentation**

**Phases du cycle de vie**

Route plate

Obstacle

Caractérisation des EME

Obstacle

Cycliste

Route

*Site SI*

Parmi les nombreuses phases de vie du produit, nous avons choisi d'en développer deux correspondant au phases d'usage pendant lesquelles sont réalisées les prestations.

- pédalage sur route plate
- franchissement d'obstacles

*Aide outil:AFB*

**ANALYSE FONCTIONNELLE DU BESOIN - VTT**

**Présentation**

**Phases du cycle de vie**

- Route plate
- Obstacle

**Caractérisation des EME**

- Obstacle
- Cycliste
- Route

**Phase de vie: route plate**

Cette phase de vie correspond à une phase où le conducteur vient mettre l'appui-tête dans une position de confort. Cette phase peut intervenir à l'arrêt mais également pendant la marche du véhicule.

```
graph TD; Cycliste --- FS1 --- VTT; Route --- VTT;
```

FS1: Transformer l'effort de pédalage du cycliste en un effort de propulsion

*Site SI*



*Aide outil:AFB*

### ANALYSE FONCTIONNELLE DU BESOIN - VTT

**Phase de vie: obstacle**

Cette phase de vie correspond à une phase où le cycliste franchit un obstacle

```
graph TD; Cycliste ---|FS2| VTT; Obstacle --- VTT;
```

FS1:Transformer l'effort de pédalage du cycliste en un effort de propulsion

*Site SI*

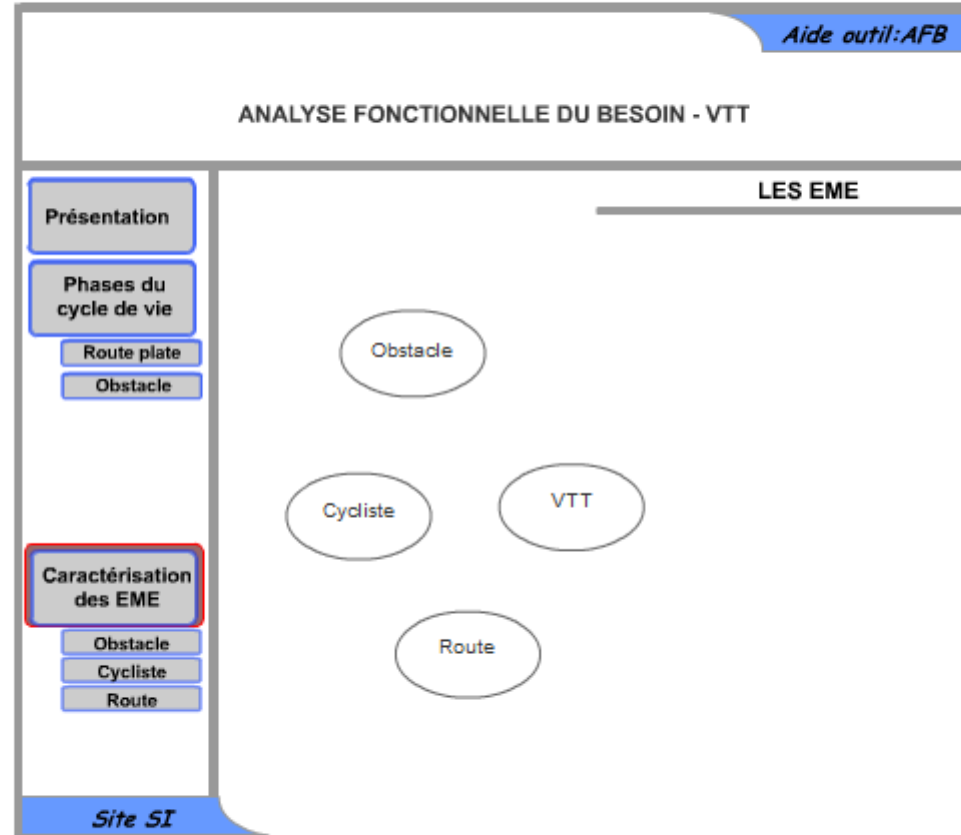
**Présentation**

**Phases du cycle de vie**

- Route plate
- Obstacle**

**Caractérisation des EME**

- Obstacle
- Cycliste
- Route



*Aide outil:AFB*

**ANALYSE FONCTIONNELLE DU BESOIN - VTT**

**Caractérisation des EME: Obstacle**

Présentation

Phases du cycle de vie

Route plate

Obstacle

**Caractérisation des EME**

Obstacle

Cycliste

Route

EME	Critère	Niveau
Obstacle	Géométrie obstacle	Voir schéma Hauteur 100 mm
	Vitesse relative	15 km/h

*Site SI*

*Aide outil: AFB*

**ANALYSE FONCTIONNELLE DU BESOIN - VTT**

**Caractérisation des EME: Cycliste**

The diagram consists of three ovals arranged in a triangle. The top oval is labeled 'Route', the bottom-left is 'Obstacle', and the bottom-right is 'Cycliste'.

EME	Critère	Niveau
Cycliste	Morphologie	voir cdc N)...
	Poids	80 kg
	Effort de pédalage/vitesse rotation	voir graphe

*Site SI*

*Aide outil:AFB*

**ANALYSE FONCTIONNELLE DU BESOIN - VTT**

**Caractérisation des EME: Route**

**Présentation**

**Phases du cycle de vie**

Route plate

Obstacle

**Caractérisation des EME**

Obstacle

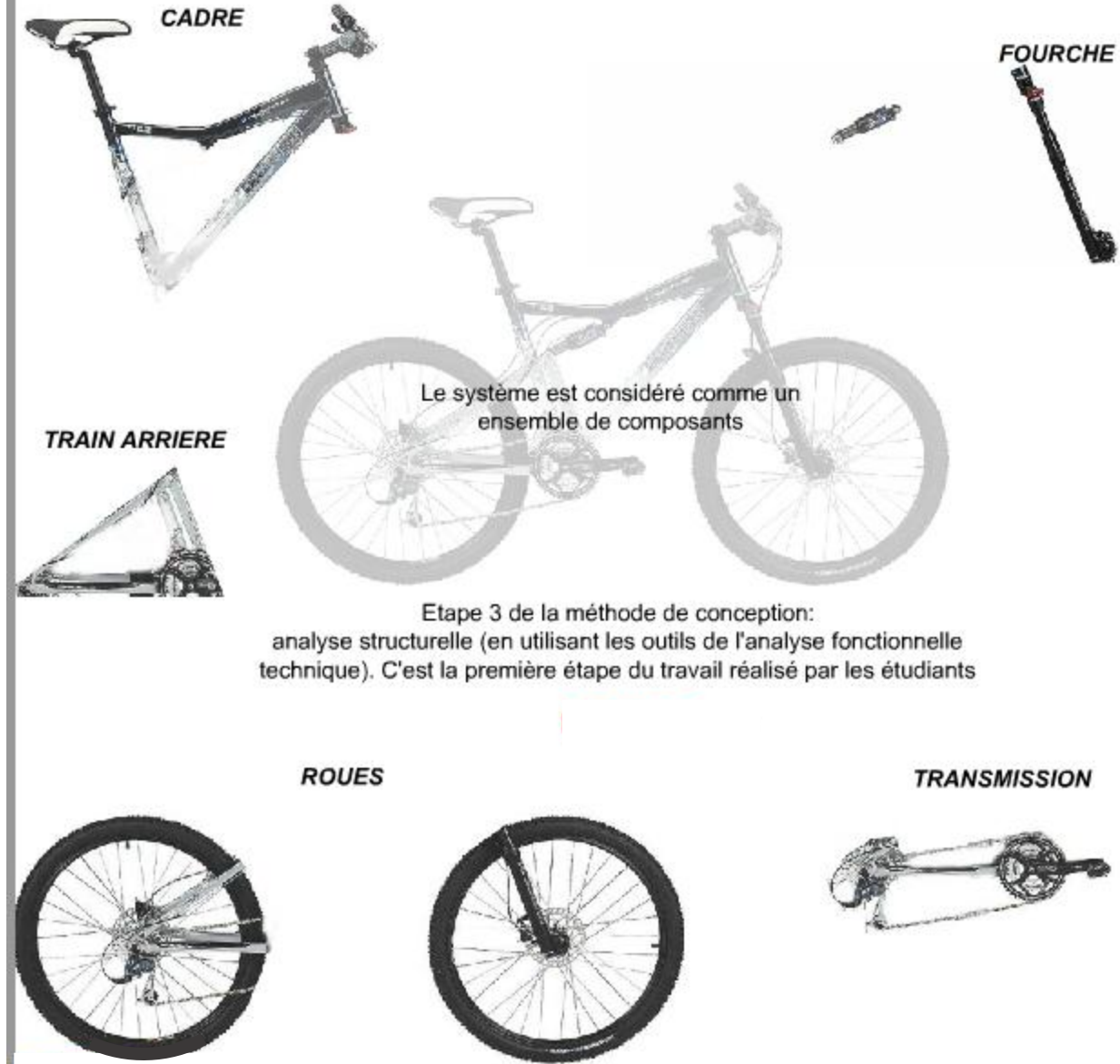
Cycliste

Route

EME	Critère	Niveau
Route	Inclinaison	0°
	Matériau	Bitume

*Site SI*

Le PLM: exemple d'application pédagogique



## Le PLM: exemple d'application pédagogique

### CADRE

#### Caractéristiques techniques:

- Le cadre est constitué de tubes en aluminium d'une épaisseur allant jusqu'à 3 mm.
- Module d'Young : 72000 MPa
- Coefficient de Poisson : 0.3
- Masse volumique : 2800 kg/m<sup>3</sup>
- Limite d'élasticité : 250 MPa

### FOURCHE

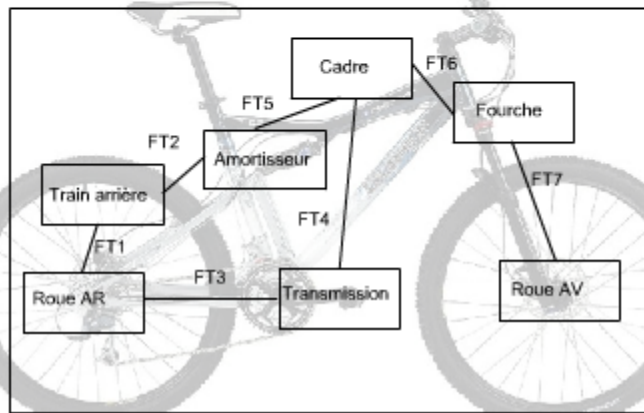
#### Caractéristiques techniques:

Les suspensions sont hydropneumatiques réglables et seront caractérisées expérimentalement.

### TRAIN ARRIERE

#### Caractéristiques techniques:

- La géométrie et les caractéristiques des composants du train arrière sont fournis.



Une décomposition du système existant à faire évoluer est proposée.  
Les caractéristiques des composants sont fournies. C'est sur ce modèle de produit que le projet est basé.

### ROUES

#### Caractéristiques techniques:

L'ensemble jante + pneus a un comportement viscoélastique non linéaire :

...

Les caractéristiques dépendent fortement du gonflage du pneu.

Amortissement  $C=300$  N.s/m

### TRANSMISSION

#### Caractéristiques techniques:

La transmission s'effectue par chaîne et le cycliste dispose de plusieurs rapports. Une étude d'influence de la démultiplication choisie sur le phénomène de pompage pourra être menée.

## Le PLM: exemple d'application pédagogique

### CADRE

#### Caractéristiques techniques:

- Le cadre est constitué de tubes en aluminium d'une épaisseur allant jusqu'à 3 mm.
- Module d'Young : 72000 MPa
- Coefficient de Poisson : 0.3
- Masse volumique : 2800 kg/m<sup>3</sup>
- Limite d'élasticité : 250 MPa

#### Objectif groupe:

- réduire la masse du cadre

### FOURCHE

#### Caractéristiques techniques:

Les suspensions sont hydropneumatiques réglables et seront caractérisées expérimentalement.

Objectif groupe: déterminer les paramètres optimaux

Etape 4 de la méthode de conception:

- en utilisant l'analyse fonctionnelle technique, des outils de dimensionnement et de pré-dimensionnement, chaque sous-système est modifié et caractérisé.

L'analyse se fait en continu **au critère de la réalisation des prestations du cahier des charges.**

### TRAIN ARRIERE

#### Objectif groupe:

optimiser la cinématique du train arrière

### ROUES

#### Caractéristiques techniques:

L'ensemble jante + pneus a un comportement viscoélastique non linéaire :

...

Les caractéristiques dépendent fortement du gonflage du pneu.

Amortissement  $C=300$  N.s/m

Objectif groupe: modéliser la contact

### TRANSMISSION

#### Caractéristiques techniques:

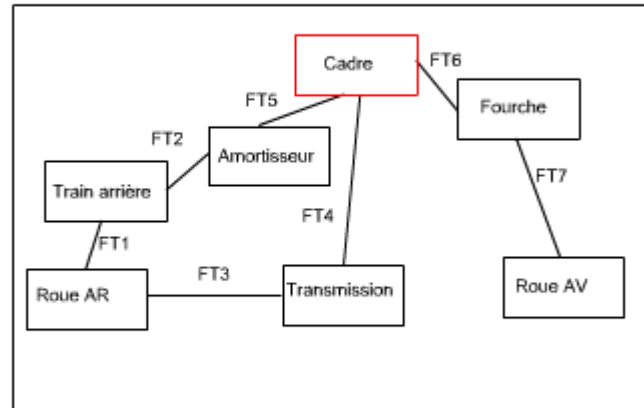
La transmission s'effectue par chaîne et le cycliste dispose de plusieurs rapports. Une étude d'influence de la démultiplication choisie sur le phénomène de pompage pourra être menée.

Objectif groupe: calculer le rendement de la transmission



## Le PLM: exemple d'application pédagogique

### CHARGE DE CONCEPTION CADRE



#### Objectif:

- optimiser la masse du cadre

#### Critère de validation:

- résistance mécanique (cheminement de la FS tracée)

#### Niveau d'accès aux données:

- accès en écriture aux données CAO squelette et cadre
- accès en écriture dans la base de données PLM pour implémenter les caractéristiques du cadre
- accès en écriture dans la base de données des Fonctions Techniques

#### Interactions avec les autres groupes:

- modifie la géométrie du squelette (CAO commune à tous les groupes)
- modifie les caractéristiques pour la simulation multi-corps
- récupère les données sur les efforts appliqués par le spécialiste calcul multi-corps

#### Modèle utilisé:

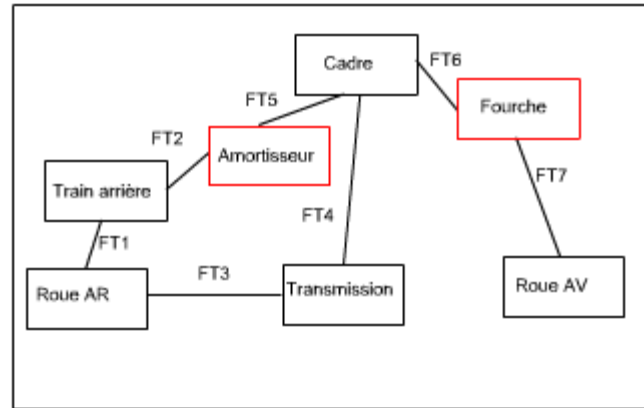
- modèle EF, caractéristiques matériaux fournies, CL fournies par le calcul multi-corps, solveur Catia

#### Moyens:

- logiciel de simulation Eléments Finis, logiciel de CAO

## Le PLM: exemple d'application pédagogique

### CHARGE DE CONCEPTION ELEMENTS DE SUSPENSION



#### Niveau d'accès aux données:

- accès en lecture aux données CAO
- accès en écriture dans la base de données PLM pour implémenter les caractéristiques de la suspension

#### Interactions avec les autres groupes:

- envoi des informations aux groupes cadre, train arrière, calcul multi-corps.

#### Modèle utilisé:

- maquette physique des composants sous sollicitations

#### Moyens:

- banc de traction dynamique, composants réels

#### Objectif:

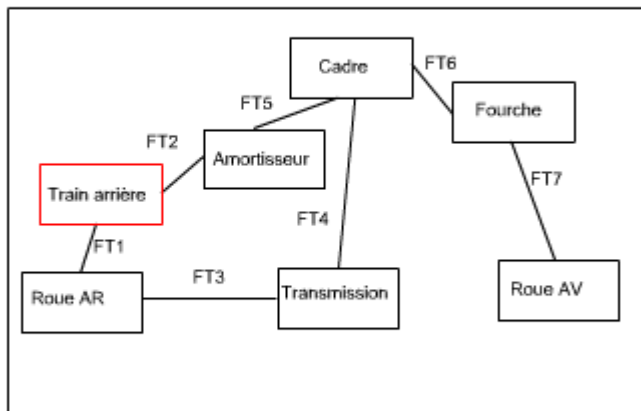
- caractériser expérimentalement les composants "suspension"

#### Critère de validation:

- le travail est validé si les procédures expérimentales sont respectées.

## Le PLM: exemple d'application pédagogique

### CHARGE DE CONCEPTION TRAIN ARRIERE



#### Objectif:

- trouver un compromis entre le rendement sur route plate et l'absorption des chocs en franchissement

#### Critère de validation:

- critère calculé à partir des valeurs de rendement et d'amortissement

#### Niveau d'accès aux données:

- accès en écriture aux données CAO concernant le train arrière (squelette et pièces)
- accès en écriture dans la base de données PLM pour implémenter les caractéristiques des pièces composant le train
- accès en écriture dans la base de données des Fonctions Techniques. Les interactions entre pièces composant le train arrière sont calculées.

#### Interactions avec les autres groupes:

- modifie la géométrie du squelette (CAO commune à tous les groupes)
- modifie les caractéristiques pour la simulation multi-corps
- récupère les données sur les efforts appliqués par le spécialiste calcul multi-corps

#### Modèle utilisé:

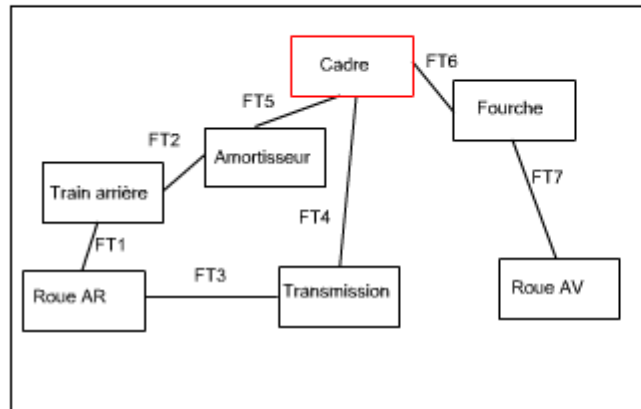
- modèle multi-corps (dynamique du solide) CL fournies par le calcul multi-corps et les spécialistes roue, solveur SimDesigner

#### Moyens:

- logiciel de simulation Multi-corps, logiciel de CAO

## Le PLM: exemple d'application pédagogique

### CHARGE DE CONCEPTION ROUES-JANTES



#### Objectif:

- modéliser les roues (pneu, jante, contact roue/sol)

#### Critère de validation:

- qualité de la simulation

#### Niveau d'accès aux données:

- accès en écriture aux données CAO roue
- accès en écriture dans la base de données PLM pour implémenter les caractéristiques roue
- accès en écriture dans la base de données des Fonctions Techniques pour la caractérisation des actions roue/sol

#### Interactions avec les autres groupes:

- fournit les données sur les CL au spécialiste multi-corps

#### Modèle utilisé:

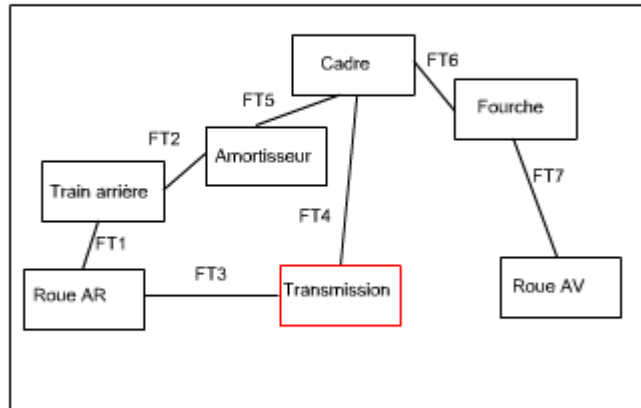
-

#### Moyens:

-

## Le PLM: exemple d'application pédagogique

### CHARGE DE CONCEPTION TRANSMISSION



#### Objectif:

- caractériser l'influence du rapport de réduction sur le phénomène de pompage

#### Critère de validation:

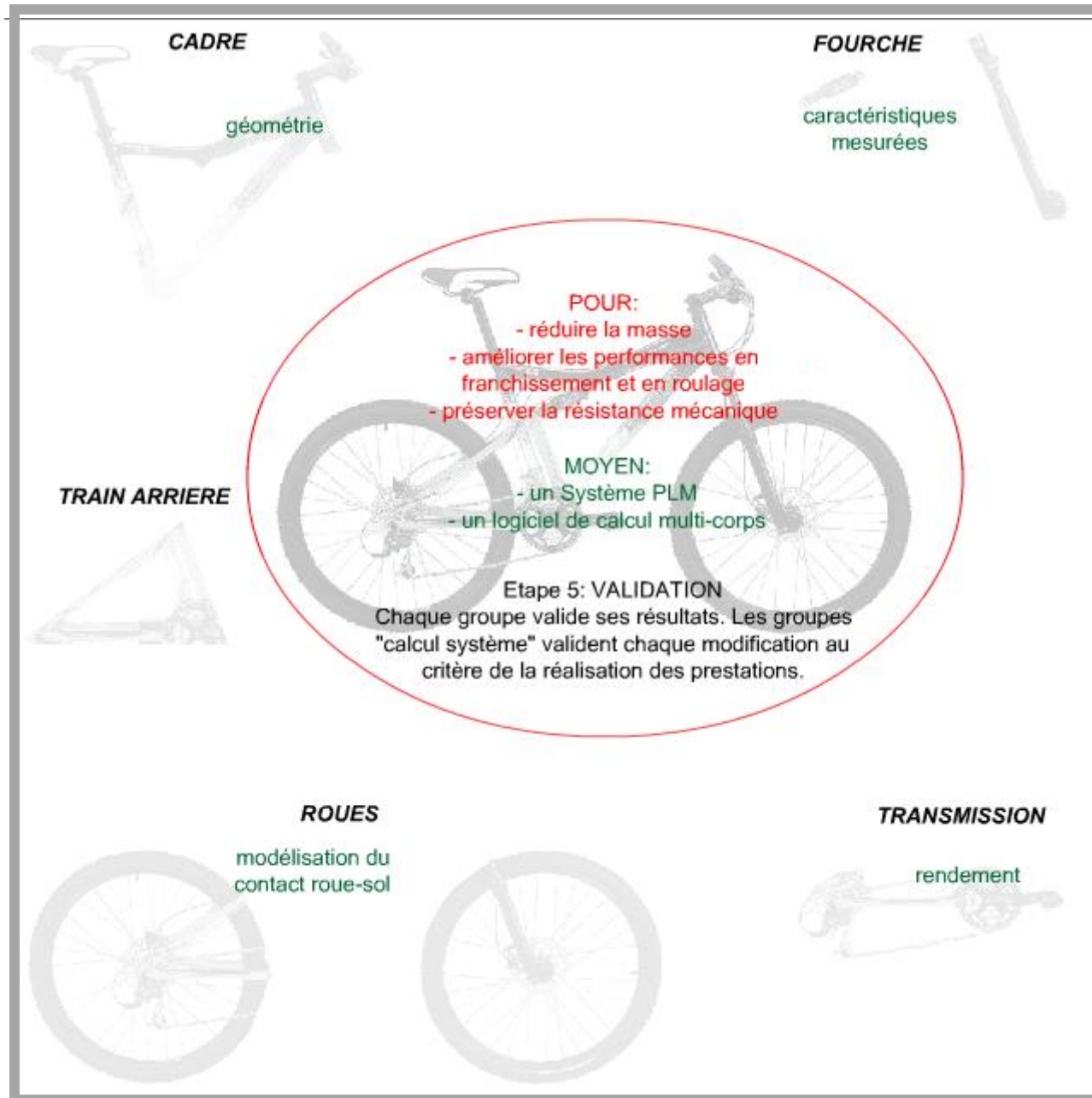
- pas de critère de validation associé, la validation est effectuée par le spécialiste de la simulation multi-corps

#### Niveau d'accès aux données:

- accès en lecture aux données CAO
- accès en lecture dans la base de données PLM pour implémenter les caractéristiques du cadre
- accès en écriture dans la base de données des procédures de calcul (données métier)

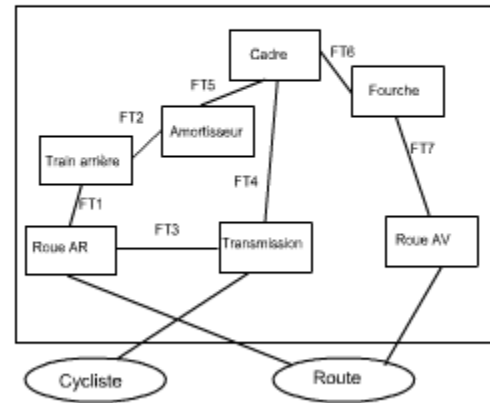
#### Interactions avec les autres groupes:

- fournit des données de calcul au spécialiste de la simulation multi-corps (données d'efforts extérieurs)

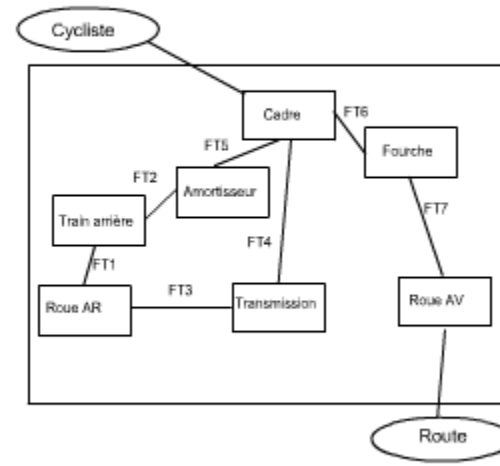


## Le PLM: exemple d'application pédagogique

### Phase de vie "route plate"



### Phase de vie "obstacle"



### Un chargé de la mise en oeuvre des simulations multicorps:

Chargé d'une modélisation multicorps sous « Sim designer Motion », sa mission est d'étudier la dynamique globale du VTT et de récupérer les principaux efforts appliqués aux cadre.

Le chargé de la mise en oeuvre des simulations multicorps a pour objectif de **fournir les efforts appliqués** au spécialiste du calcul EF et également de **valider la réalisation des fonctions de service FS1 et FS2**

Il a accès à la base de données PLM en écriture (communication avec le spécialiste du calcul EF) mais n'a pas accès en écriture aux données CAO

### Un chargé de la mise en oeuvre des simulations EF:

Chargé d'une modélisation solides déformables (statique et dynamique) utilisant « Sim designer linear static » pour calculer les contraintes subies par les éléments du cadre et intégrer le flexibilité du cadre dans le modèle multicorps.

Il a pour objectif d'optimiser la masse du cadre en validant la résistance du cadre aux efforts extérieurs.

Il implémente la base de données (caractéristiques du cadre) et a accès en écriture aux données sur le cadre mais ne peut pas modifier le squelette de la pièce.

Note:

Le produit est modélisé dans cette étape sous la forme d'un ensemble de caractéristiques (caractéristiques des Fonctions Techniques, caractéristiques des composants, caractéristiques des Fonctions de Conception).

L'étape d'Analyse de la Solution existante permet d'avoir une base de départ pour cette modélisation.

## Le PLM: exemple d'application pédagogique

### CADRE

#### Caractéristiques techniques:

- Le cadre est constitué de tubes en aluminium d'une épaisseur allant jusqu'à 3 mm.
- Module d'Young : 72000 MPa
- Coefficient de Poisson : 0.3
- Masse volumique : 2800 kg/m<sup>3</sup>
- Limite d'élasticité : 250 MPa

### FOURCHE

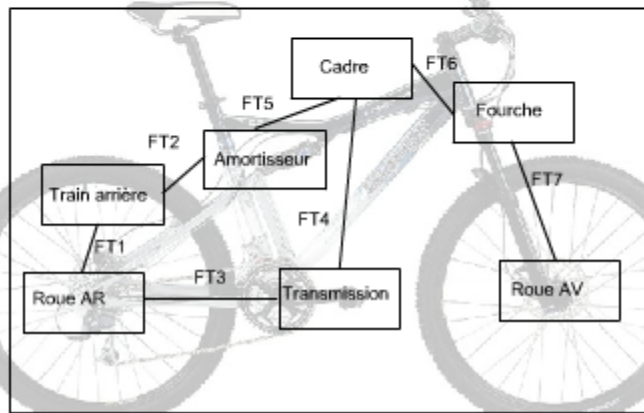
#### Caractéristiques techniques:

Les suspensions sont hydropneumatiques réglables et seront caractérisées expérimentalement.

### TRAIN ARRIERE

#### Caractéristiques techniques:

- La géométrie et les caractéristiques des composants du train arrière sont fournis.



Une décomposition du système existant à faire évoluer est proposée.  
Les caractéristiques des composants sont fournies. C'est sur ce modèle de produit que le projet est basé.

### ROUES

#### Caractéristiques techniques:

L'ensemble jante + pneus a un comportement viscoélastique non linéaire :

...

Les caractéristiques dépendent fortement du gonflage du pneu.

Amortissement  $C=300$  N.s/m

### TRANSMISSION

#### Caractéristiques techniques:

La transmission s'effectue par chaîne et le cycliste dispose de plusieurs rapports. Une étude d'influence de la démultiplication choisie sur le phénomène de pompage pourra être menée.