

# Déploiement

---

*Le but de ce chapitre est de montrer que le cadre méthodologique de conception proposé peut être mis en œuvre à partir de contextes industriels donnés. Il permet également d'illustrer certains concepts présentés dans le chapitre précédent afin d'en percevoir la pertinence face à la problématique de cette thèse.*

*Ainsi, proposons d'étudier deux cas fictifs que nous estimons être représentatifs du monde des PME. Le déploiement du cadre méthodologique y est traité de manière entièrement manuel. Deux raisons motivent ce choix. Tout d'abord pour montrer que le cadre méthodologique ne nécessite fondamentalement aucun outil spécifique (cet aspect étant particulièrement important pour les PME qui disposent de moyens financiers limités). Enfin d'un point de vue purement pratique, l'outil numérique d'assistance basé sur ce cadre méthodologique n'est pas encore opérationnel (il ne s'agit pour l'instant que d'une maquette informatique).*

*Il est important de préciser que les exemples qui sont développés ici ne constituent en aucun cas une validation de la solution. D'une part parce qu'ils ne représentent pas un nombre de cas suffisant et d'autre part parce qu'il ne s'agit pas de cas industriels réels.*

---

## 4.1. Présentation des deux cas d'études

Les deux cas d'études présentés dans ce paragraphe décrivent des entreprises de type PME à partir des seuls paramètres nécessaires au déploiement du cadre méthodologique. Par exemple, les outils numériques nécessitant des informations précises sur leur fonctionnement sont cités via leur nom commercial. Si tel n'est pas le cas, ils sont mentionnés à travers la catégorie à laquelle ils appartiennent.

Ainsi, l'objectif affiché ici est de mettre en évidence les apports du cadre méthodologique tant au niveau des concepts qu'il véhicule qu'au niveau de son adaptation potentielle au milieu industriel. Cet objectif justifie également le choix de plusieurs cas d'études différents pour illustrer l'intégralité de sa mise en œuvre.

### 4.1.1. Le cas d'études 1

Il s'agit d'une PME dotée d'un Bureau d'études constitué de 4 concepteurs et d'un ensemble de ressources logicielles et matérielles (voir tableau 4-1)

Logiciel	Fonction
Paint ©	Création de dessin et d'images
Word ©	Traitement de texte
Excel ©	Tableur
(1) DimStatique	Dimensionnement statique
(1) DimDynamique	Dimensionnement dynamique
(1) DimCinématique	Dimensionnement cinématique
CATIA V5 ©	Modélisation géométrique 3D
(1) SimuCinématique	Simulation cinématique
(1) SimuStatique	Simulation statique

(1) Logiciels fictifs mais représentatifs d'une classe d'outils numériques existante.

Tableau 4-1: liste et fonction des logiciels utilisés dans le cas d'étude 1.

Les objectifs de développement de l'entreprise font apparaître le besoins de concevoir des produits pouvant potentiellement être multi-technologiques. Ce travail de conception doit inclure l'étude de leur fabrication.

Compte-tenu de son expérience, l'entreprise dispose d'une bonne expertise dans les domaines de l'électricité, du pneumatique et de l'hydraulique.

#### 4.1.1.1. Le cas d'études 2

Il s'agit cette fois-ci d'une PME dotée d'un Bureau d'études constitué de 4 concepteurs et d'un ensemble de ressources logicielles et matérielles qui lui permettent uniquement de modéliser la géométrie de ses produit en trois dimensions (logiciel de CAO).

Les objectifs de développement de l'entreprise font apparaître le besoin de ne concevoir que des produits mécaniques (structure uniquement) d'un point de vue purement fonctionnel. Dans le cadre de ces objectifs, l'entreprise a lancé un premier projet. Il s'agit de la conception d'un système de levage de véhicules automobiles.

### 4.1.1.2. Exemples traités à partir des deux cas d'études

A partir des deux cas présentés précédemment, un exemple d'application de chaque niveau du cadre méthodologique est abordé. Le tableau 4-2 présente cette répartition.

		Cas 1	Cas 2
Déploiement du niveau stratégique		X	
Déploiement du niveau tactique	Conception	X	
	Modification		X
Déploiement du niveau opérationnel		X	

Tableau 4-2: exemples traités pour chaque cas d'étude.

## 4.2. Exemple de déploiement du niveau stratégique

L'objectif de ce paragraphe est de dérouler le processus associé au niveau stratégique du cadre méthodologique à partir du contexte défini dans le premier cas d'étude. Après un rappel de ce processus, chacune de ses étapes est traitée à travers sa finalité, les règles et les contrôles qui la régissent et enfin les livrables qu'elle permet de générer.

### 4.2.1. Rappel du processus à appliquer

Conformément au cas d'étude 1, l'entreprise a fixé ses objectifs de développement et elle s'apprête maintenant à déployer le cadre méthodologique proposé. Pour cela elle va appliquer le premier des trois niveaux qui la composent, à savoir : le niveau stratégique. Le processus associé est rappelé en figure 4-1 (ou en annexe 5). Il a pour but de créer un Processus Prévisionnel de Conception d'une Classe de Produits et les procédures nécessaires à sa mise en œuvre.

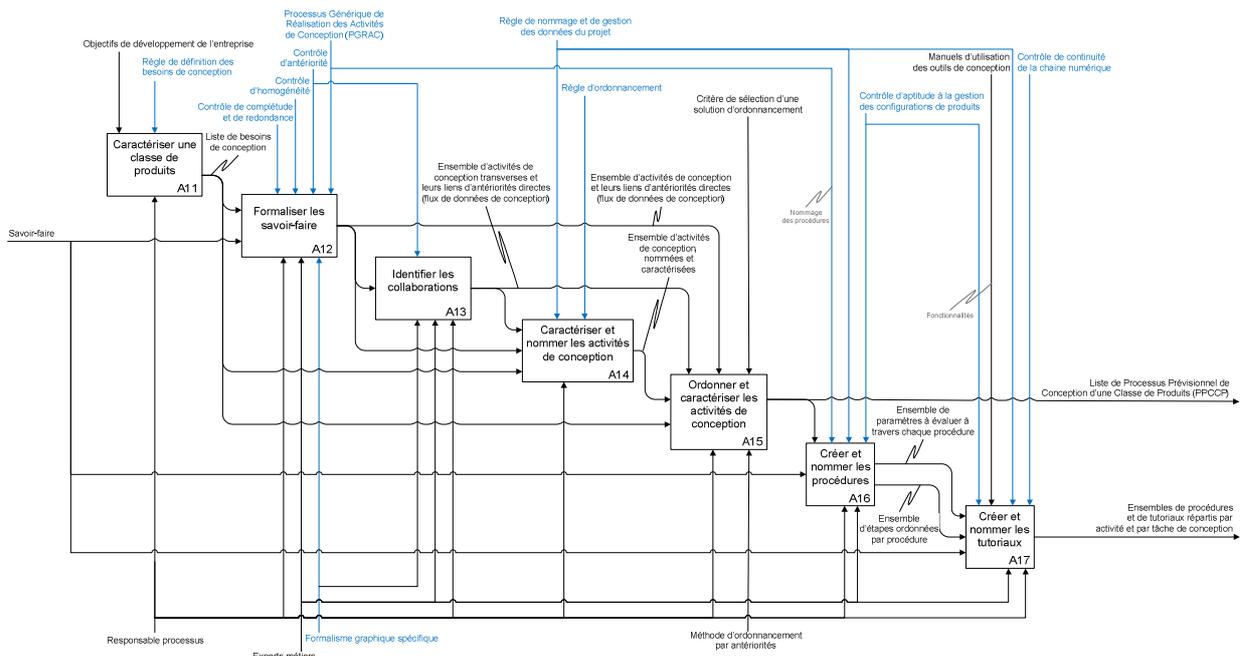


Figure 4-1: diagramme du niveau stratégique du cadre méthodologique (rappel).

## 4.2.2. Construction du Processus Prévisionnel de Conception d'une Classe de Produits (PPCCP)

### 4.2.2.1. Caractérisation d'une classe de produit (étape A11)

La caractérisation d'une classe de produit a pour but de définir les besoins de conception correspondant aux objectifs de développement de l'entreprise. Ce travail est régi par une règle spécifique qui est rappelée ci-dessous.

Règle de définition des besoins de conception	A11	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Si l'on représente les phases du cycle de vie et les fonctions techniques génériques d'une classe de produits sous forme matricielle, chaque intersection forme un besoin de conception.</li> <li>▶ Chaque fonction technique générique est caractérisée par les énergies qu'elle permet de traiter à l'exception de l'énergie mécanique qui est associée à la fonction permettant d'assurer la cohérence cinématique et structurelle par rapport au besoin du client.</li> <li>▶ Quant aux phases du cycle de vie, elles sont caractérisées afin d'en délimiter la portée (ex: les procédés traités lors de la phase de fabrication...).</li> <li>▶ Par conséquent, chaque besoin de conception hérite d'un ensemble de caractéristiques.</li> </ul>
---	-----	--

Ainsi, l'entreprise décrite à travers le cas d'étude 1 s'est fixée comme objectif de développer des produits mécaniques pouvant faire appel à de multiples technologies. Par conséquent, ceux-ci seront caractérisés par les quatre fonctions génériques suivantes :

- transmettre de la puissance en suivant un schéma cinématique et structurel qui réponde au besoin du client (partie structure),
- générer et/ou transformer de la puissance (partie puissance),
- commander de la puissance (partie commande),
- contrôler de la puissance (partie contrôle).

A l'exception de la partie structurelle, toutes les autres sont caractérisées par les sources d'énergies qu'elles sont susceptibles d'utiliser. Dans le cas présent, elles sont définies par l'entreprise en fonction des savoir-faire dont elle dispose. Le tableau 4-3 présente une synthèse de ce travail.

	Electrique	Pneumatique	Hydraulique	Humaine
Partie structure	Néant	Néant	Néant	Néant
Partie puissance	X	X	X	
Partie commande	X	X	X	
Partie contrôle				X

Tableau 4-3: définition et affectation des sources d'énergies aux fonctions génériques.

Concernant le cycle de vie des futurs produits qui sera pris en compte lors de leur conception, il est constitué de deux phases traduisant les souhaits de développement exprimés par l'entreprise, à savoir : leur fabrication et leur utilisation.

La combinaison des fonctions génériques et des phases du cycle de vie font émerger huit besoins de conception qui sont présentés dans le tableau 4-4.

		Fonctions génériques du produit physique			
		Partie structure	Partie puissance	Partie commande	Partie contrôle
C. de vie prod.	Fabriquer	Etude de fabrication de la partie structure	Etude de fabrication de la partie puissance	Etude de fabrication de la partie commande	Etude de fabrication de la partie contrôle
	utiliser	Etude fonctionnelle de la partie structure	Etude fonctionnelle de la partie puissance	Etude fonctionnelle de la partie commande	Etude fonctionnelle de la partie contrôle

Tableau 4-4: identification des besoins de conception.

#### 4.2.2.2. Formalisation des savoir-faire (étape A12)

Le savoir-faire permettant de répondre à chacun des huit besoins de conception précédemment identifié est à présent formalisé puis structuré. A ce stade, le processus résultant ne respecte que le formalisme graphique qui est imposé par le cadre méthodologique. Celui-ci est rappelé ci-dessus.

Formalisme graphique spécifique	A12	<p>► Le formalisme graphique est constitué de deux éléments : les activités et les flux de données. Leurs propriétés sont les suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les activités sont représentées par un rectangle dans lequel est inscrit un intitulé formé à partir d'un verbe d'action à l'infinitif,</li> <li>- chaque face du rectangle représente un connecteur de données particulier (la face gauche reçoit les données d'entrée, la face droite les données de sortie, la face supérieure les données de contrôle ou de contrainte et la face inférieure les données constituant des ressources),</li> <li>- chaque activité forme un élément indivisible d'un savoir-faire (pas de sous-niveau),</li> <li>- le nombre d'activités associé à un savoir-faire est illimité,</li> <li>- les flux de données permettent de relier les activités entre elles et sont représentés par des liens unidirectionnels qui sont accompagnés de leur intitulé,</li> <li>- la connexion aux activités se fait par les faces entrantes du rectangle (gauche, supérieure et inférieure) en fonction du rôle qu'a le flux de données par rapport à l'activité,</li> <li>- en dehors des flux de données générés par les activités, aucun autre flux externe ne peut être ajouté à l'exception de celui représentant les besoins du client (exigences, spécifications fonctionnelles...).</li> </ul>
---------------------------------	-----	---

Ainsi, suite à un audit réalisé auprès des concepteurs de l'entreprise, un premier savoir-faire est formalisé (voir figure 4-2 ou annexe 9). Il doit permettre de réaliser l'étude fonctionnelle de la partie structure d'une classe de produits.

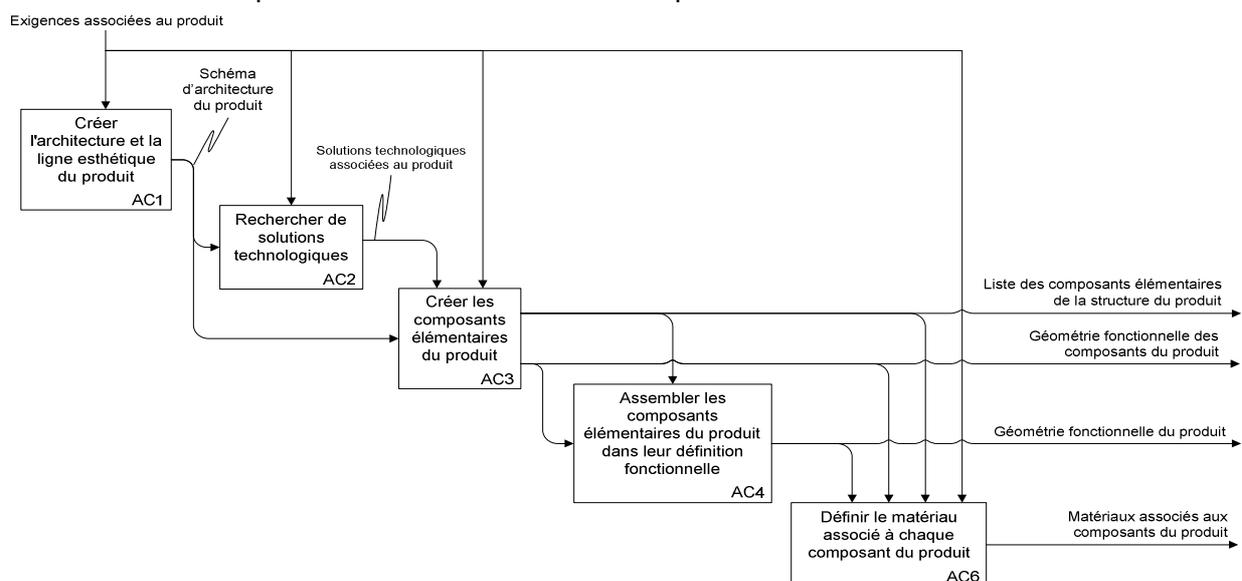


Figure 4-2: première formalisation du savoir-faire permettant de réaliser l'étude fonctionnelle de la partie structure d'une classe de produits.

Cette première version du processus est ensuite analysée afin d'en contrôler l'homogénéité, la complétude, les redondances et les antériorités.

Le contrôle d'homogénéité (dont l'intitulé est rappelé ci-dessous) fait apparaître que l'activité de conception « AC3 » possède deux sorties (voir figure 4-2 ou annexe 9). Il faut donc dissocier ces deux flux de données de conception en faisant apparaître une nouvelle activité « AC7 » qui permet « d'éditer la nomenclature du produit » (voir figure 4-3 ou annexe 10).

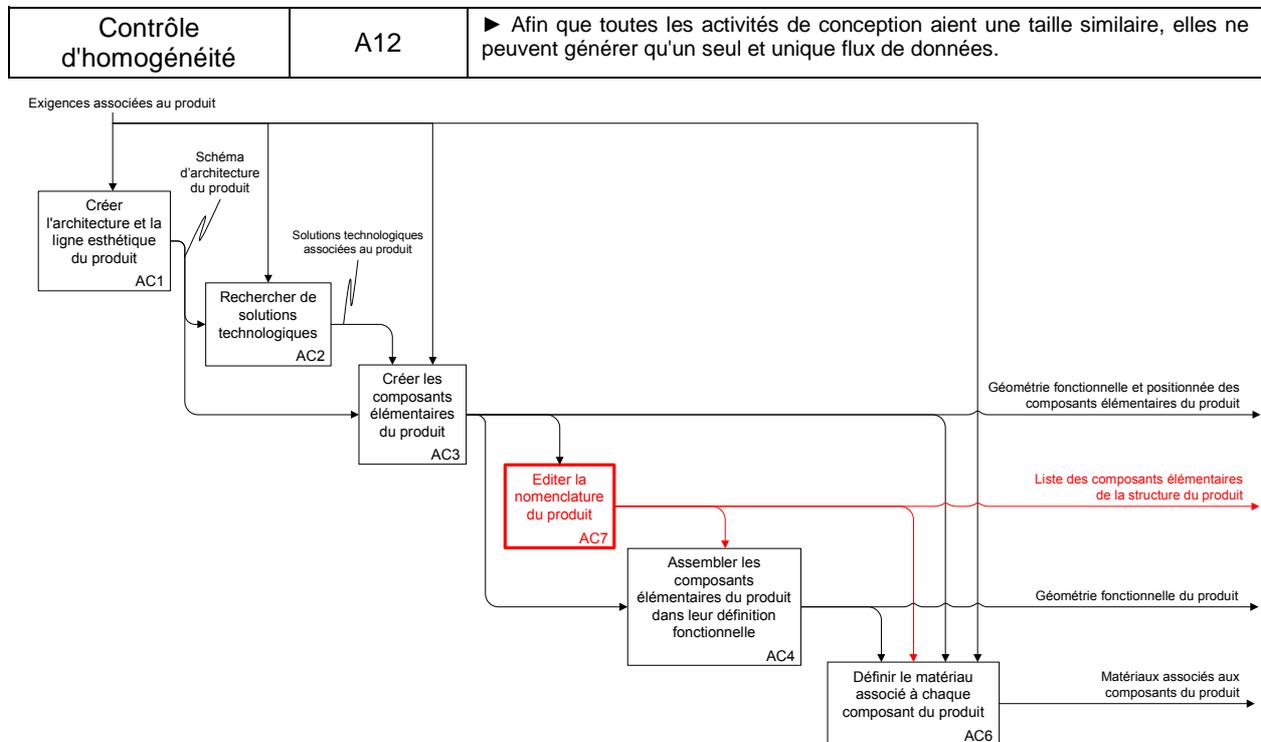


Figure 4-3: mise en application de la règle « d'homogénéité ».

Le contrôle de complétude (dont l'intitulé est rappelé ci-dessous) permet d'identifier deux manques vis-à-vis du besoin de conception considéré. D'une part, le processus formalisé ne contient aucune donnée concernant les dimensions des géométries. Il est donc nécessaire d'ajouter une activité de conception supplémentaire permettant de réaliser une « cotation fonctionnelle » afin de remédier à ce manque. D'autre part, il ne prend pas en compte la rédaction de la documentation technique du produit, à savoir : la notice de réglage, d'utilisation, de montage/démontage. Une nouvelle activité de conception est également ajoutée.

Quand au contrôle des redondances (dont l'intitulé est rappelé ci-dessous), il indique que les activités « AC2 » et « AC3 » (suivant la figure 4-3) génèrent partiellement les mêmes données. En effet, la « création des composants élémentaires du produit » suit le Processus Générique de Réalisation d'Activités de Conception (PGRAC). Or, celui-ci est composé de cinq étapes dont l'une d'entre elles consiste à « imaginer les composants élémentaires du produit ». En d'autres termes, elle consiste à proposer des idées ou des solutions technologiques. Par conséquent, l'activité de conception « AC2 » doit être supprimée.

L'ensemble de ces nouvelles modifications est présenté en figure 4-4 (ou en annexe 11).

Contrôle de complétude et de redondance	A12	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Chaque savoir-faire doit être constitué d'un ensemble suffisant d'activité de conception permettant de répondre à l'ensemble du besoin de conception auquel il est associé.</li> <li>▶ Il ne doit subsister aucune redondance (même partielle) entre les activités de conception appartenant à un même savoir-faire (cf PGRAC).</li> </ul>
Processus Générique de Réalisation des Activités de Conception (PGRAC)	A12	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Toute instance d'activité de conception peut être décomposée en 5 tâches de conception au maximum. Ces tâches de conception permettent de réaliser des actions dans l'ordre suivant: <ul style="list-style-type: none"> <li>1 - créer, imaginer,</li> <li>2 - dimensionner,</li> <li>3 - représenter,</li> <li>4 - évaluer/optimiser,</li> <li>5- valider.</li> </ul> </li> </ul>

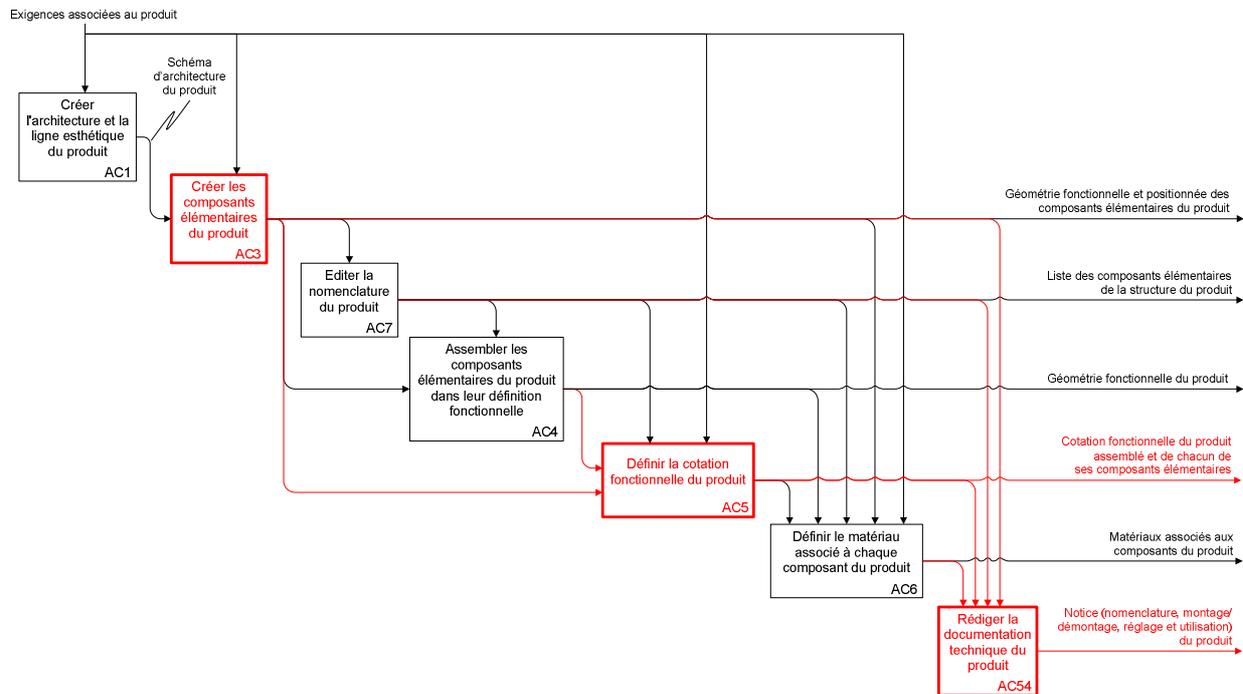


Figure 4-4: mise en application du contrôle de « complétude/redondance ».

Enfin, le contrôle d'antériorité met en évidence deux cas de non respect du « moindre engagement ». Le premier concerne l'activité « AC3 » (suivant la figure 4-4). Les composants élémentaires du produit ne peuvent pas être conçus à partir de la seule architecture du produit car celle-ci ne constitue en aucun cas une nomenclature. Elle permet simplement d'identifier des classes d'équivalences dont les interfaces sont caractérisées par des liaisons cinématiques. Pour déduire directement la nomenclature complète du produit à partir de ces deux éléments, il est nécessaire de faire des hypothèses qui peuvent entraîner de lourdes conséquences sur le reste du projet de conception. Pour résoudre ce premier problème, il est indispensable de créer la géométrie volumique des classes d'équivalence avant d'aborder celle des composants élémentaires du produit. Grâce à cette activité de conception supplémentaire, il est possible de définir la nomenclature complète du produit en « éclatant » ultérieurement les classes d'équivalences en fonction des contraintes d'encombrement et de montage (voir figure 4-5).

Le second cas concerne l'activité « AC6 » (suivant la figure 4-4). Pour définir le matériau de chaque composant d'un produit à ce stade d'un projet de conception, il est une nouvelle fois nécessaire de faire de nombreuses hypothèses qui peuvent contraindre le projet de manière injustifiée. Par exemple, certaines propriétés d'un matériau peuvent entraîner des

conséquences importantes sur la fabrication des composants élémentaires qui en sont constitués (complexification dans la mise en œuvre des procédés, élimination de procédés éligibles...). L'activité « AC6 » doit donc être cadrée : elle ne doit pas définir des matériaux, mais uniquement les propriétés qui ont un impact direct sur le fonctionnement du produit (voir figure 4-5 ou annexe 12).

Contrôle d'antériorité	A12	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Suivant le principe du moindre engagement, toutes les activités de conception générant les données d'entrée ou de contrainte d'une autre activité de conception doivent être situées en amont de celle-ci.</li> <li>▶ De plus, chaque activité de conception doit disposer en entrée des données strictement nécessaires à sa réalisation.</li> </ul>
------------------------	-----	--

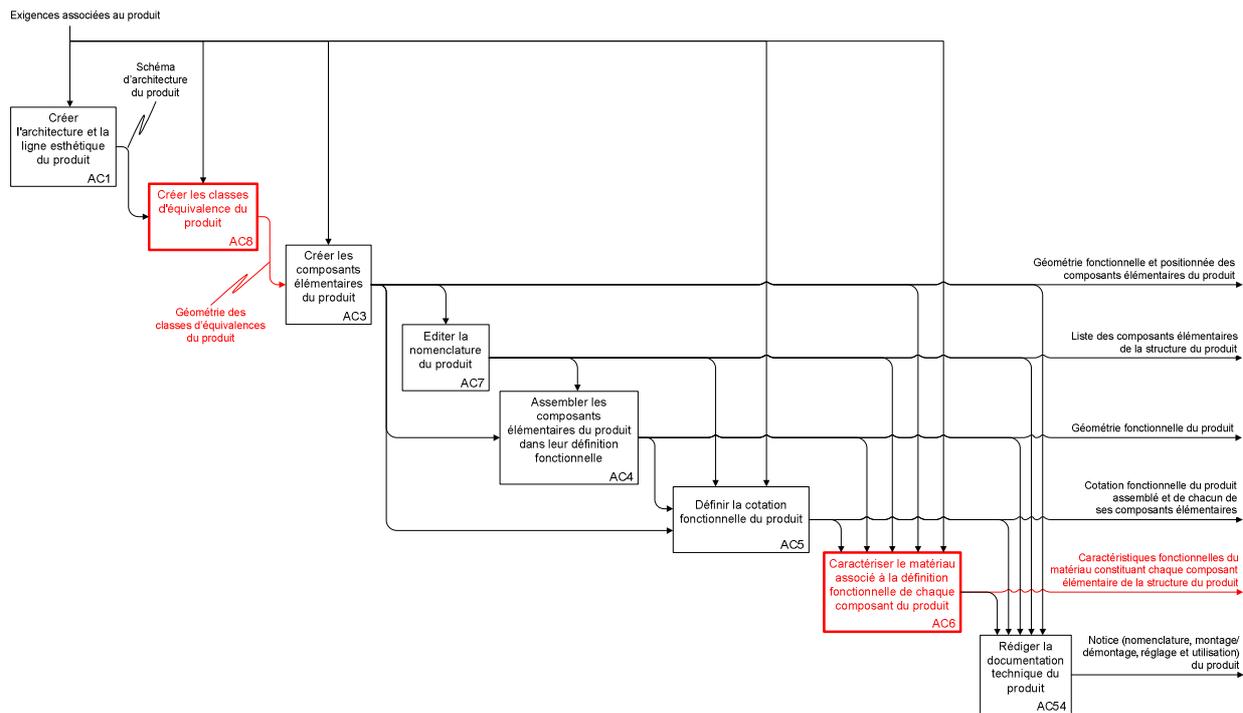


Figure 4-5: mise en application du contrôle « d'antériorité ».

#### 4.2.2.3. Identification des collaborations (étape A13)

La formalisation de l'ensemble des besoins de conception fait apparaître huit processus qui sont définis indépendamment les uns des autres. Il faut à présent identifier les collaborations asynchrones existant entre des activités de conception appartenant à des processus différents. Ce travail repose également sur l'observation et l'audition d'experts et fait également appel au contrôle d'antériorité appliqué précédemment. Il en résulte un ensemble de liens d'antériorités, mais également une nouvelle activité de conception. En effet, le processus permettant « d'étudier la fabrication de la structure du produit » nécessite la mise à disposition des surfaces fonctionnelles du produit (voir figure 4-6 ou annexe 13). Il se trouve que celles-ci ne figurent pas dans l'ensemble des flux de données générés par les activités de conception des huit processus. Il faut donc ajouter une nouvelle activité de conception permettant de les générer. Pour que celle-ci respecte le « principe du moindre engagement », elle doit être intercalée entre les activités de conception « AC4 » et « AC5 » (voir figure 4-7 ou annexe 14).

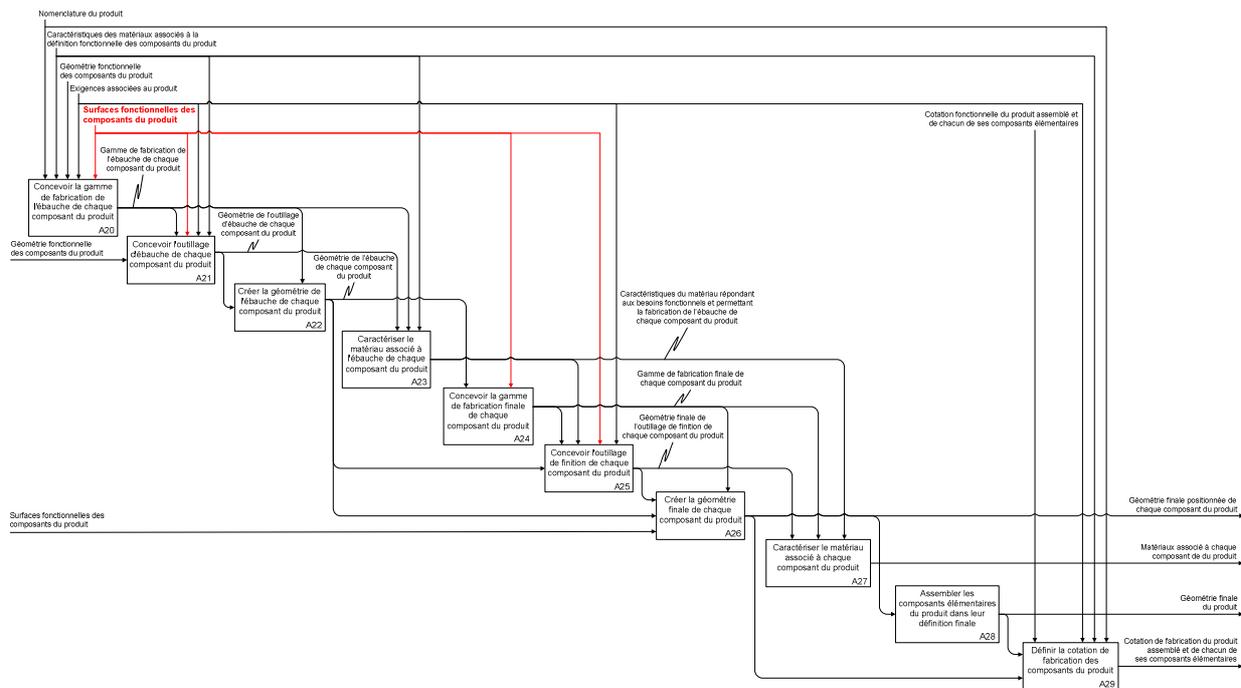


Figure 4-6: processus permettant de réaliser l'étude de fabrication de la partie structure d'une classe de produits.

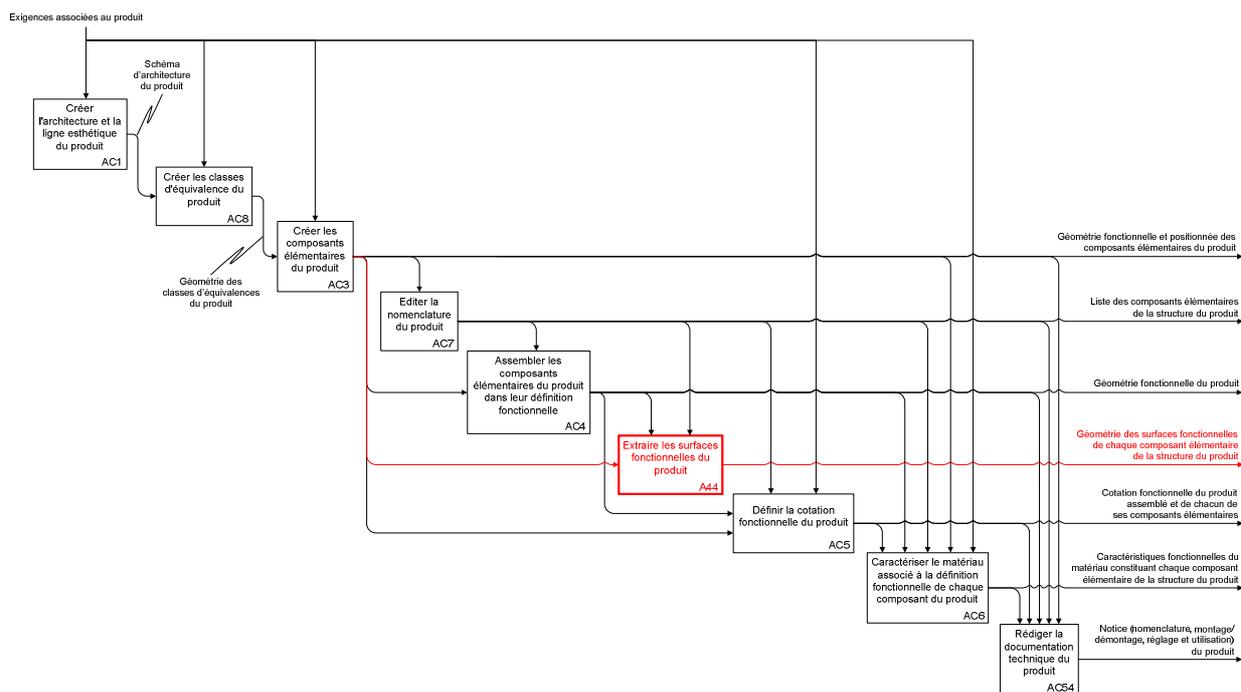


Figure 4-7: exemple d'ajout d'activité de conception suite à l'identification d'une collaboration transverse.

#### 4.2.2.4. Caractériser les activités de conception (étape A14)

Les huit processus permettant de réaliser les besoins de conception étant réunis en un seul et unique processus, les activités de conception peuvent être caractérisées et notamment à travers leur capacité à générer des instances indépendantes. Ainsi, elles le permettent toutes à l'exception des activités « AC8 » (caractériser les classes d'équivalence du produit) et « AC3 » (créer les composants élémentaires du produit) présentées sur la figure 4-7 (ou l'annexe 14). Celles-ci sont interdépendantes et leurs instances ne répondent à aucune règle

d'ordonnement. Leur planification sera donc impossible au niveau tactique. Par conséquent, cette séquence est remplacée par une nouvelle dont les instances sont indépendantes. Il s'agit là d'un travail de réflexion qui repose sur des tentatives de décomposition de la ou des activités problématiques. La figure 4-8 illustre le cheminement emprunté pour aboutir à cette solution. La géométrie des classes d'équivalence est tout d'abord décomposée en deux éléments (la géométrie des interfaces et la géométrie de liaison) qui présentent l'avantage de générer des instances cinématiques indépendantes. De la même manière et pour la même raison, la géométrie des composants élémentaires est alors considérée comme un assemblage booléen de la géométrie des classes d'équivalences et de celle des liaisons d'assemblage (qui permettent notamment de répondre au besoin de montage/démontage du produit).

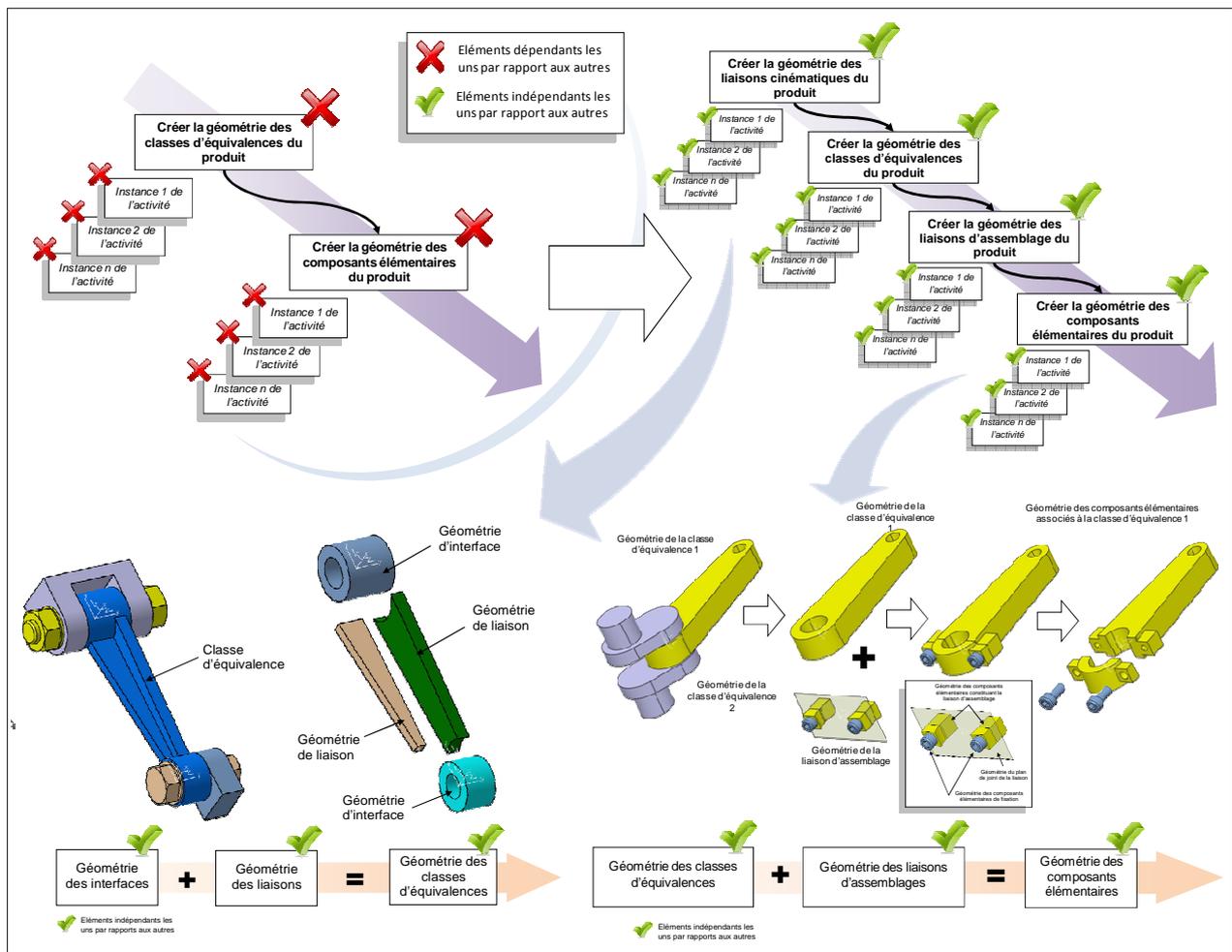


Figure 4-8: illustration de la nouvelle séquence d'activités de conception répondant aux besoins d'ordonnement des instances.

Suite à ce dernier travail de modification du processus, chaque activité de conception est nommée suivant la règle générale imposée par le cadre méthodologique. Celle-ci est partiellement énoncée ci-dessous (voir figure 4-9 ou annexe 15).

Règle de nommage et de gestion des données du projet	A14	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Le nom (ou identifiant) d'une activité de conception est composé du terme "AC" suivi d'un numéro.</li> <li>▶ Ce nom doit être unique dans l'ensemble des activités de conception associées à un même PPCCP.</li> </ul>
--	-----	---

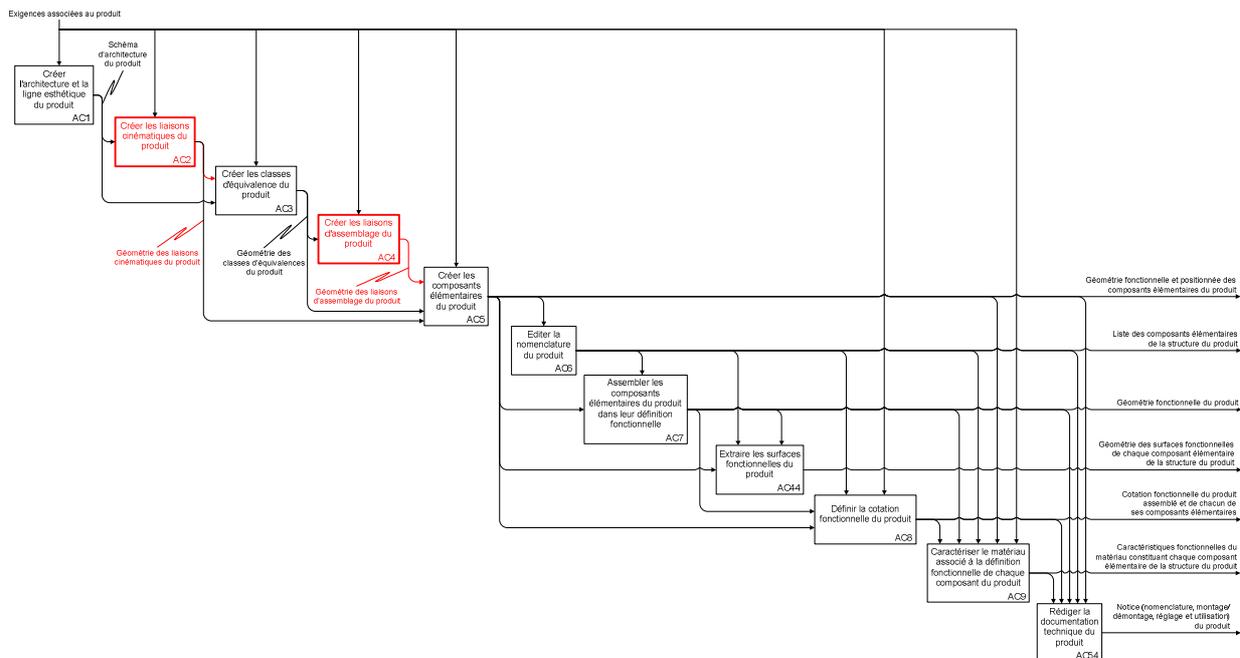


Figure 4-9: mise en application de la règle « d'ordonnancement ».

A noter que le nom d'une activité de conception est un simple identifiant. Il ne définit en aucun cas la position de celle-ci au sein du processus. Ainsi, les modifications ultérieures (ajout ou suppression d'activité de conception) ne nécessitent pas de renommer l'ensemble. Les activités « AC44 » (située entre « AC7 » et « AC8 ») et « AC15 » (située en dernière position) en sont un exemple.

#### 4.2.2.5. Remarques générales

Ces quatre premières étapes représentent un travail conséquent composé de périodes d'observation, d'audition et de réflexion intensives. L'annexe 16 présente l'intégralité de ce travail. A titre d'exemple, dans le contexte du cas d'étude 1, il représente plus de cinquante activités de conception qui interagissent à travers une centaine de liens (ou collaborations asynchrones). Compte-tenu de son caractère générique et donc stratégique, il doit être malgré tout réalisé très consciencieusement et avec le plus grand recul afin d'être en adéquation avec les objectifs de développement de l'entreprise.

D'un point de vue pratique, l'application des règles et contrôles ne se fait pas de manière séquentielle, mais de façon itérative jusqu'à ce que le processus complet converge vers une solution répondant à l'ensemble des éléments de cadrage.

#### 4.2.2.6. Création du Processus Prévisionnel de Conception de la Classe de Produit (PPCCP) (A15)

A ce stade du déroulement de la partie stratégique du cadre méthodologie, l'entreprise dispose d'un processus complet traduisant ses besoins de conception à travers un ensemble d'activités de conception dont les interactions et certaines caractéristiques ont été définis. Celui-ci est formalisé de manière graphique. L'objectif de cette étape est de le transformer en une liste ordonnée d'activités de conception contenant toutes les informations nécessaires à la planification des futurs projets de conception de produits. Pour cela, des outils classiques d'ordonnement basés sur les antériorités sont mis en œuvre. Ces données sont alors

présentées sous forme de tableau. En effet, ce format permet de les exploiter et de les traiter plus facilement durant les opérations de planification réalisées au niveau tactique. Un extrait de ce tableau est présenté dans le tableau 5-5 (l'intégralité du PPCCP étant présentée en annexe 17).

Rang	Identifiant	Intitulé	Antériorités directes		Donnée de sortie	Critère d'indépendance
			Liste	Type		
1	AC1	Créer l'architecture et la ligne esthétique du produit	Exigences du produit	Contrainte	Schéma d'architecture du produit	Instances indépendantes
2	AC2	Créer les liaisons cinématiques du produit	Exigences du produit AC1	Contrainte Entrée	Géométrie de liaisons cinématiques du produit	Instances indépendantes
2	AC20	Créer le schéma du circuit de puissance	Exigences du produit AC1	Contrainte Contrainte	Liste des éléments constituant le circuit de puissance du produit	Instances indépendantes
3	AC3	Créer les classes d'équivalence du produit	Exigences du produit AC1 AC2	Contrainte Entrée Entrée	Géométrie des classes d'équivalence du produit	Instances indépendantes
3	AC21	Créer la structure d'implantation des éléments du circuit de puissance	Exigences du produit AC1 AC20	Contrainte Contrainte Contrainte	Géométrie de la structure d'implantation des éléments du circuit de puissance du produit	Instances indépendantes
3	AC32	Créer le schéma du circuit de commande	Exigences du produit AC20	Contrainte Contrainte	Liste des éléments constituant le circuit de commande du produit	Instances indépendantes
4	AC22	Créer les éléments actionneurs	Exigences du produit AC20 AC21	Contrainte Contrainte Contrainte	Géométrie fonctionnelle et positionnée des actionneurs (circuit de puissance)	Instances indépendantes
4	AC23	Créer les éléments de transformation de l'énergie (puissance)	Exigences du produit AC20 AC21	Contrainte Contrainte Contrainte	Géométrie fonctionnelle et positionnée des éléments de transformation de l'énergie (circuit de puissance)	Instances indépendantes
4	AC24	Créer les éléments de coupure d'énergie (puissance)	Exigences du produit AC20 AC21	Contrainte Contrainte Contrainte	Géométrie fonctionnelle et positionnée des éléments de coupure de l'énergie (circuit de puissance)	Instances indépendantes
4	AC25	Créer les éléments de protection contre l'énergie (puissance)	Exigences du produit AC20 AC21	Contrainte Contrainte Contrainte	Géométrie fonctionnelle et positionnée des éléments de protection contre l'énergie (circuit de puissance)	Instances indépendantes
4	AC45	Créer les éléments de production d'énergie	Exigences du produit AC20 AC21	Contrainte Contrainte Contrainte	Géométrie fonctionnelle et positionnée des éléments de production d'énergie (circuit de puissance)	Instances indépendantes
5	AC47	Créer le schéma du circuit de contrôle	Exigences du produit AC1	Contrainte Contrainte	Schéma du circuit de contrôle + liste et caractéristiques de ses éléments constitutifs	Instances indépendantes
5	AC26	Créer les éléments de connexion de l'énergie (puissance)	Exigences du produit AC20 AC21 AC22 AC45 AC23 AC24 AC25	Contrainte Contrainte Contrainte Contrainte Contrainte Contrainte Contrainte	Géométrie fonctionnelle et positionnée des éléments de connexion (circuit de puissance)	Instances indépendantes
...	...	...	...	...	...	...

Tableau 4-5: processus Prévisionnel de Conception de la Classe de Produits (cas d'étude 1).

### 4.2.3. Création des procédures (étapes A16 et A17)

#### 4.2.3.1. Identification des étapes constituant les procédures

Chaque activité de conception figurant dans le PPCCP est à présent associée à un ensemble de procédures de réalisation. Celui-ci est composé de cinq sous-procédures qui sont stipulées dans le Processus Générique de Réalisation des Activités de Conception et (voir ci-dessous).

Processus Générique de Réalisation des Activités de Conception (PGRAC)	A16	<p>► Toute instance d'activité de conception peut être décomposée en 5 tâches de conception au maximum. Ces tâches de conception permettent de réaliser des actions dans l'ordre suivant:</p> <p>1 - créer, imaginer, 2 - dimensionner, 3 - représenter, 4 - évaluer/optimiser, 5- valider.</p>
--	-----	---

Les sous-procédures sont traitées une à une. Elles servent à initier le travail de réflexion permettant de faire émerger un séquençement d'étape répondant à leur besoin. Par exemple, l'activité « AC1 : créer l'architecture et la ligne esthétique du produit » est décomposée en cinq sous-activités qui sont formulées à travers cinq questions

- Comment imaginer l'architecture et la ligne esthétique du produit ?
- Comment dimensionner l'architecture et la ligne esthétique du produit ?
- Comment représenter l'architecture et la ligne esthétique du produit ?
- Comment évaluer/optimiser l'architecture et la ligne esthétique du produit ?
- Comment valider l'architecture et la ligne esthétique du produit ?

Les réponses à ces questions sont cinq procédures consécutives formées d'une succession d'étapes. Elles sont présentées à travers le tableau 4-6. Elles suivent elle aussi la règle générique de nommage qui est partiellement rappelée ci-dessous.

Règle de nommage et de gestion des données du projet	A16	<p>► Le nom (ou identifiant) de chaque procédure est composé du nom complet de l'activité qu'elle décrit suivi d'un terme représentant le type d'activité ("DC" pour création, "DR" pour représentation, "DEO" pour évaluation/optimisation et "DV" pour validation).</p> <p>► Une indication de version peut être ajoutée à la fin du nom.</p> <p>► Ce nom (ou identifiant) doit être unique dans l'ensemble des procédures associées à un même PPCCP.</p>
--	-----	---

Sous-procédures		Etapes	
Identifiant	Intitulé	Identifiant	Intitulé
AC1DC(v1)	Créer l'architecture et la ligne esthétique du produit	AC1DC(v1)-1	Imaginer le schéma cinématique structurel du mécanisme
		AC1DC(v1)-2	Identifier les liaisons cinématiques et les classes d'équivalences
		AC1DC(v1)-3	Choisir une solution
AC1DD(v1)	Dimensionnement de l'architecture et de la ligne esthétique (proportions) d'un produit	AC1DD(v1)-1	Réaliser un calcul de prédimensionnement
AC1DR(v1)	Représentation de l'architecture et de la ligne esthétique d'un produit	AC1DR(v1)-1	Modéliser chaque classe d'équivalence afin de reconstituer un schéma cinématique fonctionnel
		AC1DR(v1)-2	Paramétrer l'ensemble
		AC1DR(v1)-3	Modéliser les liaisons cinématiques
		AC1DR(v1)-4	Modéliser la géométrie des spécifications fonctionnelles qui ne font pas référence au schéma cinématique
		AC1DR(v1)-5	Diffuser les références géométriques
AC1DEO(v1)	Evaluation et optimisation de l'architecture et de la ligne esthétique d'un produit	AC1DEO(v1)-	Créer un plan d'évaluation organisationnel
		AC1DEO(v1)-	Créer un plan d'évaluation technique
		AC1DEO(v1)-	Réaliser une simulation ou une optimisation
AC1DV(v1)	Validation de l'architecture et de la ligne esthétique d'un produit	AC1DV(v1)-1	Valider la qualité des données
		AC1DV(v1)-2	Valider la pertinence technique de l'architecture d'un produit

Tableau 4-6: procédure de réalisation de l'activité de conception « AC1 » (cas d'étude 1).

### 4.2.3.2. Construction des tutoriaux

Les étapes identifiées précédemment servent à leur tour de base pour définir les tutoriaux. Ils sont élaborés en deux temps :

1. Choix des outils numériques mis en œuvre pour réaliser l'étape,
2. Description du mode opératoire.

Dans le cas présent, l'entreprise décide d'utiliser prioritairement les outils dont elle dispose pour réaliser les étapes des procédures. Si ceux-ci s'avèrent être inadaptés, elle pourra alors en chercher d'autres. Il est important de noter que ce travail est grandement facilité car ses besoins sont clairement et précisément identifiés. Mais avant d'entamer cette phase de prospection, l'entreprise peut préalablement tenter d'ajuster les procédures afin que ses outils puissent les supporter.

Le tableau 5-7 présente les tutoriaux correspondant aux étapes qui composent la sous-procédure de « représentation de l'architecture et la ligne esthétique du produit » (référence « AC1DR(v1) »). Ceux-ci reposent sur l'utilisation du modèleur géométrique CATIA V5®. Ils sont nommés suivant la règle générique dont l'extrait correspondant est rappelé ci-dessous. L'annexe 18 présente les procédures complètes des procédures des activités « AC1 », « AC2 », « AC3 », « AC4 » et « AC5 » (y compris les tutoriaux).

Règle de nommage et de gestion des données du projet	A17	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Le nom (ou identifiant) de chaque tutoriel est composé du nom complet de la procédure qu'elle détaille suivi d'un terme représentant le type de logiciel qu'elle requiert pour sa mise en œuvre (ex: "excel" pour le tableur Excel, "catia" pour le logiciel de CAO CATIA...).</li> <li>▶ Une indication de version peut être ajoutée à la fin du nom.</li> <li>▶ Ce nom (ou identifiant) doit être unique dans l'ensemble des tutoriaux associés à un même PPCCP.</li> </ul>
--	-----	--

Tutoriaux			
Identifiant	Contenu	Valeur(s) à mesurer	caractéristique(s) du (ou des) fichier(s) généré(s) (extension, nombre)
AC1DR(v1)-1-CATIAV5	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Créer la géométrie filaire des classes d'équivalences dans des « Set géométriques ordonnés » différents ainsi que la géométrie surfacique représentant la ligne esthétique du produit... Démarrer/Forme/Generative Shape Design/Insertion/Set géométrique ordonné</li> <li>▶ Renommer chacun d'entre eux du nom de la classe d'équivalence qu'il représente... Menu contextuel du « Set Géom. Ordonné »/Propriétés/Propriétés de l'élément/Nom</li> <li>▶ Utiliser les outils de création de géométrie filaire 2D et 3D pour modéliser la géométrie de chaque classe d'équivalence... Démarrer/Conception Mécanique/Part design/Esquisses (géométrie filaire 2D)</li> <li>▶ Démarrer/Forme/Generative Shape Design/Insertion/Linéaire (géométrie filaire 3D)</li> <li>▶ Afin d'augmenter la lisibilité du squelette, affecter une couleur différente à chaque classe d'équivalence... Menu contextuel du « Set géom. ordonné/Propriétés/Graphique/Couleur</li> <li>▶ La géométrie de chaque classe d'équivalence est créée de manière à reproduire la cinématique complète du mécanisme (attention aux références géométriques utilisées pour contraindre les différents éléments géométriques)...</li> <li>▶ Dans la mesure du possible, suivre la « chaîne cinématique » pour définir l'ordre de création des différentes classes d'équivalences...</li> <li>▶ Enregistrer le travail... Bouton « Ctrl » + « S »</li> </ul>	Durée de l'instance de tâche de conception (en heures)	.Catpart
AC1DR(v1)-2-CATIAV5	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Créer les « paramètres » correspondant à (ou aux) organe(s) de commande du mécanisme... Démarrer/Conception Mécanique/Part design/Outil/Formule</li> <li>▶ Créer les « paramètres » pilotant la géométrie de chaque classe d'équivalence... Démarrer/Conception Mécanique/Part design/Outil/Formule</li> <li>▶ Créer les « relations » ou les « règles » entre ces paramètres pilotants et ceux à piloter... Outil Formule » pour les « relations »</li> <li>Outils « Règle » dans Démarrer/Gestion des connaissances/Knowledge Advisor</li> <li>▶ Regrouper les « paramètres » et les « relations » associés à une même classe d'équivalence dans le « Set géométrique ordonné » correspondant (cliquer/glisser de l'élément dans le « Set géométrique ordonné »)...</li> <li>▶ Créer les « relations » ou les « règles » entre les « paramètres » de commande du mécanisme et ceux associés aux classes d'équivalences... Outil Formule pour les « relations »</li> <li>Outils « Règle » dans Démarrer/ Gestion des connaissances/ Knowledge Advisor)</li> </ul>	Durée de l'instance de tâche de conception (en heures)	Utilisation du fichier généré dans le tutoriel AC1DR(v1)-1-CATIAV5

AC1DR(v1)-3-CATIAV5	<p>► les liaisons cinématiques sont représentés par trois éléments dans le « Squelette » :</p> <p>1 - le point d'interface entre deux classes d'équivalences</p> <p>2 - un repère local associé à chacune des classes d'équivalences</p> <p>3 - éventuellement, une surface ou un volume délimitant l'encombrement approximatif de la liaison cinématique</p> <p>► Le point d'interface qui sera utilisé est celui qui a été implicitement créé lors de la création de la géométrie des classes d'équivalences (par conséquent, il n'y a rien à faire de plus)...</p> <p>► Créer un repère local pour chaque classe d'équivalence (attention, ce repère doit suivre la cinématique de la classe d'équivalence)...</p> <p>Démarrer/Conception Mécanique/Part design/Insertion/Repère</p> <p>► Renommer chaque repère local du nom de la classe d'équivalence à laquelle il est associé...</p> <p>Menu contextuel du repère local/Propriétés/Propriétés de l'élément</p> <p>► Ranger chaque repère local dans le Set Géométrique ordonné correspondant à la classe d'équivalence à laquelle il est associé (cliquer/glisser de l'élément dans le « Set géométrique ordonné »)...</p> <p>► Créer un « Set géométrique ordonné » (pour une géométrie surfacique) ou un « Corps de Pièce » (pour une géométrie volumique) spécifique pour chaque liaison cinématique...</p> <p>► Renommer chaque « Set géométrique ordonné » ou « Corps de Pièce » du nom de la liaison cinématique qu'il représente...</p> <p>Démarrer/Conception Mécanique/Part design/Insertion/Set géométrique ordonné ou Corps</p> <p>► Créer la géométrie correspondant au volume d'encombrement approximatif de chaque liaison cinématique dans le « Set géométrique ordonné » ou le « Corps de Pièce » correspondant (attention aux références géométriques utilisées pour contraindre les différents éléments créés)...</p> <p>Démarrer/Conception Mécanique/Part design/Part Design/Insertion/Composants issus d'un contour</p> <p>Démarrer/Generative Shape Design/Insertion/Surface</p>	Durée de l'instance de tâche de conception (en heures)	Utilisation du fichier généré dans le tutoriel AC1DR(v1)-1-CATIAV5
AC1DR(v1)-4-CATIAV5	<p>► Enregistrer le travail...</p> <p>Bouton « Ctrl » + « S »</p> <p>► Créer un « Corps de pièce » par spécification fonctionnelle...</p> <p>Démarrer/Conception Mécanique/Part design/Insertion/Corps</p> <p>► Modéliser la géométrie de chaque spécification fonctionnelle dans le « Corps de pièce » correspondant »...</p> <p>Démarrer/Part Design/ Insertion/Composants issus d'un contour</p> <p>► Enregistrer le travail...</p> <p>Bouton « Ctrl » + « S »</p>	Durée de l'instance de tâche de conception (en heures)	Utilisation du fichier généré dans le tutoriel AC1DR(v1)-1-CATIAV5
AC1DR(v1)-5-CATIAV5	<p>► RAPPEL: les « Publications » ont pour principal objectif d'assurer la diffusion d'objets géométriques en minimisant les risques de perte de référence en cas de modification du modèle géométrique... Cependant, elles ne permettent pas de garantir la traçabilité au sein de cette dernière... Il est donc indispensable de nommer chaque élément publié dans le but de faire apparaître cette traçabilité...</p> <p>Menu contextuel du repère local/ Propriétés/ Propriétés de l'élément</p> <p>► Suite à ce premier travail, publier tous les éléments susceptibles d'être utilisés comme références géométriques (géométrie des classes d'équivalences, des liaisons cinématiques...)...</p> <p>Démarrer/Conception Mécanique/Part design/Outils/Publication</p> <p>► Attention, certains objets de CATIA V5 tels que le « Set géométrique ordonné » ne peuvent pas être publiés... Dans ce cas, il est alors nécessaire de sélectionner les éléments qui le composent (d'où l'intérêt de les renommer dès leur création afin de faire apparaître leur provenance)...</p>	Durée de l'instance de tâche de conception (en heures)	Utilisation du fichier généré dans le tutoriel AC1DR(v1)-1-CATIAV5

Tableau 4-7: procédure de réalisation de l'activité de conception « AC1 ».

## 4.2.4. Intégration d'une expertise

### 4.2.4.1. Préambule

L'application du niveau stratégique de la méthodologie proposée étant terminée, l'entreprise dispose à présent d'un ensemble de données formalisées, structurées et pertinentes par rapport à ses futurs besoins de conception. Avant même de lancer un premier projet de conception de produit, elle peut déjà l'exploiter à travers l'intégration d'expertises.

Leur objectif est d'apporter une assistance au chef de projet ou aux concepteurs durant la conception. Celle-ci peut être d'ordre décisionnel ou technique. Même si elles sont mises en œuvre au niveau opérationnel, elles présentent un haut niveau de généricité. Par conséquent, leur intégration doit se faire au niveau stratégique. Mais, comme les tâches de conception que doivent réaliser les concepteurs sont issues des activités de conception, le lien entre les niveaux stratégique et opérationnel est bien assuré.

Concrètement, des expertises (internes ou externes) peuvent être associées à chaque activité de conception du PPCCP. Celles-ci disposent alors de tout l'environnement nécessaire à leur mise en œuvre, à savoir:

- les données nécessaires à la réalisation de l'expertise,
- les livrables attendus.

Ainsi, ce mode de fonctionnement permet d'identifier, d'évaluer et d'intégrer facilement et rapidement tout type d'expertise (notamment celles qui sont externe à l'entreprise) pour répondre aux besoins de conception d'un produit (voir figure 4-10).

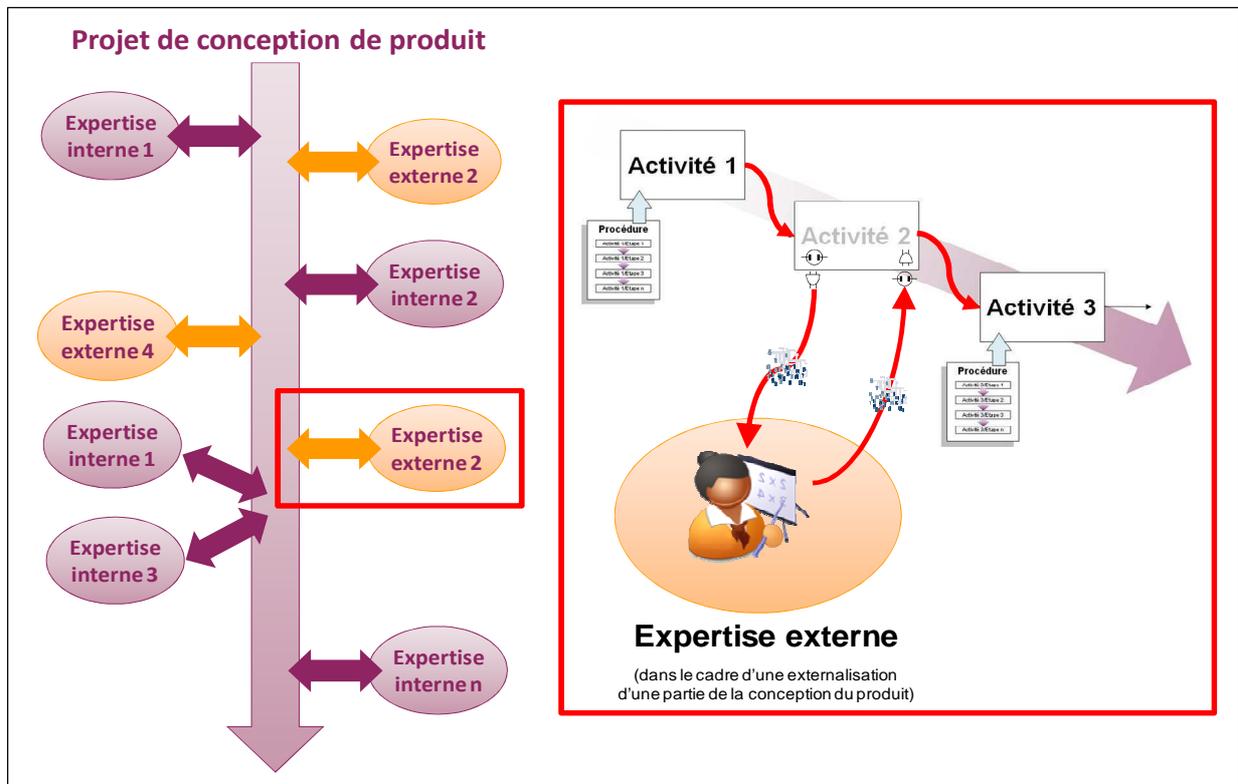


Figure 4-10: intégration des expertises dans un projet de conception de produits.

#### 4.2.4.2. Application

Dans le domaine de conception, l'une des premières expertises dont souhaite disposer un chef de projet est probablement celle qui lui permet d'estimer le coût et le délai de développement d'un nouveau produit. Pour cela, il doit impérativement disposer d'un ensemble de données qui sont :

- le cahier des charges du produit à concevoir,
- la liste des tâches de conception à accomplir,
- les ressources humaines et matérielles disponibles.

Lors du chiffrage d'un nouveau projet, l'entreprise dispose généralement d'un cahier des charges et, à travers le cadre méthodologique, d'un PPCCP à partir duquel elle pourra planifier les tâches de conception à réaliser. Mais celui-ci contient également un ensemble d'informations qu'il est intéressant d'exploiter dans le cadre d'une estimation de coût et de délai. Ces informations sont :

- les activités de conception,
- leurs interactions,
- leur capacité à être planifiées en parallèle,
- leur niveau de difficulté de mise en œuvre (déduit des procédures de réalisation),

L'entreprise peut alors définir une expertise spécifique s'appuyant précisément sur ces

informations. Le tableau 4-8 présente ce résultat.

Niveau stratégique				Niveau tactique														
Rang	Identifiant	Intitulé	Critère d'indépendance	Nombre d'instances de l'activité de conception (estimation)		Temps de réalisation d'une instance de l'activité de conception (estimée en heures) (D/A)	Taux de maturité de la tâche de conception (estimation) Expérience nulle -> 0 De 1 à 5 expériences -> 1					Taux de maturité organisationnelle de l'activité de conception (moyenne estimée) (TMOA)	Taux de maturité technique de l'activité de conception (moyenne estimée) (TMTA)	Coût		Durée		
				Indépendantes (A/ind)	Dépendantes (A/dep)		Création	Maturité	Dimensionnement	Maturité	Représentation			Maturité	Optimisation	Maturité	Validation	Maturité
1	AC1	Créer l'architecture et la ligne esthétique du produit	Instances indépendantes										0	0	0	0	0	0
2	AC2	Créer les liaisons cinématiques du produit	Instances indépendantes															
2	AC20	Créer le schéma du circuit de puissance	Instances indépendantes															
3	AC3	Créer les classes d'équivalence du produit	Instances indépendantes															
3	AC21	Créer la structure d'implantation des éléments du circuit de puissance	Instances indépendantes															
3	AC32	Créer le schéma du circuit de commande	Instances indépendantes															
4	AC22	Créer les éléments actionneurs	Instances indépendantes															
4	AC23	Créer les éléments de transformation de l'énergie	Instances indépendantes															
4	AC24	Créer les éléments de coupure d'énergie (puissance)	Instances indépendantes															
4	AC25	Créer les éléments de protection contre l'énergie (puissance)	Instances indépendantes															
...	...	...	...															

	(a) Nombre d'activités de conception du PPCS	44
	(adep) Nombre d'instances d'activités de conception du PPCS	
=SOMME(E6:E15)	(aind) Nombre d'instances d'activités de conception du PPCS indépendantes	0
	(Cres) Coût horaire moyen des ressources (en euros/heure)	
	(NCP) Niveau de connaissance des ressources humaines sur le produit (en %)	
=SOMME(W6:W15)	(Ccd) Coût de la conception détaillée du produit en euros (moyenne estimée)	0
=SOMMEPROD(G6:G15;H6:H15)	(Dcd) Durée de la conception détaillée du produit en heures (moyenne estimée)	0
=SOMMEPROD(R6:R15;W6:W15)	(TMOcd) Taux de maturité organisationnelle de la conception détaillée du produit (en %)	0
=SOMMEPROD(S6:S15;U6:U15)	(TMTcd) Taux de maturité technique de la conception détaillée du produit (en %)	0
=100*(SOMME(E6:E15))/(SOMME(E6:E15)+SOMME(F6:F15))	(TFP) Taux de flexibilité de la planification (estimé en %)	#DIV/0!

Tableau 4-8: exemple d'intégration d'une expertise.

La partie gauche du tableau reprend les informations du PPCCP (définie au niveau stratégique) alors que la partie droite a été spécialement ajoutée pour réaliser l'estimation du coût et du délai de développement d'un produit. Le remplissage de cette partie est réalisé au niveau tactique et plus exactement au début d'un projet.

### 4.3. Exemple de déploiement du niveau tactique

L'objectif de ce paragraphe est de dérouler le processus associé au niveau tactique du cadre méthodologique. Les notions de création initiale et de modification des données de conception du produit sont notamment évoquées dans la partie consacrée au traitement de la planification d'un projet de conception de produit. Ces deux notions font respectivement appel aux deux cas d'études définis en début de chapitre.

Comme pour le paragraphe précédent, suite à un rappel du processus associé à ce niveau tactique, chaque étape qui le constitue est traitée à travers sa finalité, les règles et les contrôles qui la régissent et enfin les livrables qu'elle permet de générer.

### 4.3.1. Planification d'un projet de conception de produit

#### 4.3.1.1. Rappel du processus à appliquer

Après avoir défini ses objectifs de développement et la manière dont elle va les atteindre à partir du niveau stratégique du cadre méthodologique, il est temps pour l'entreprise (correspondant au cas d'étude 1) de lancer ses projets de conception de nouveaux produits. Elle entre alors dans le niveau tactique du cadre méthodologique. Le processus associé est rappelé en figure 4-11 (ou en annexe 6).

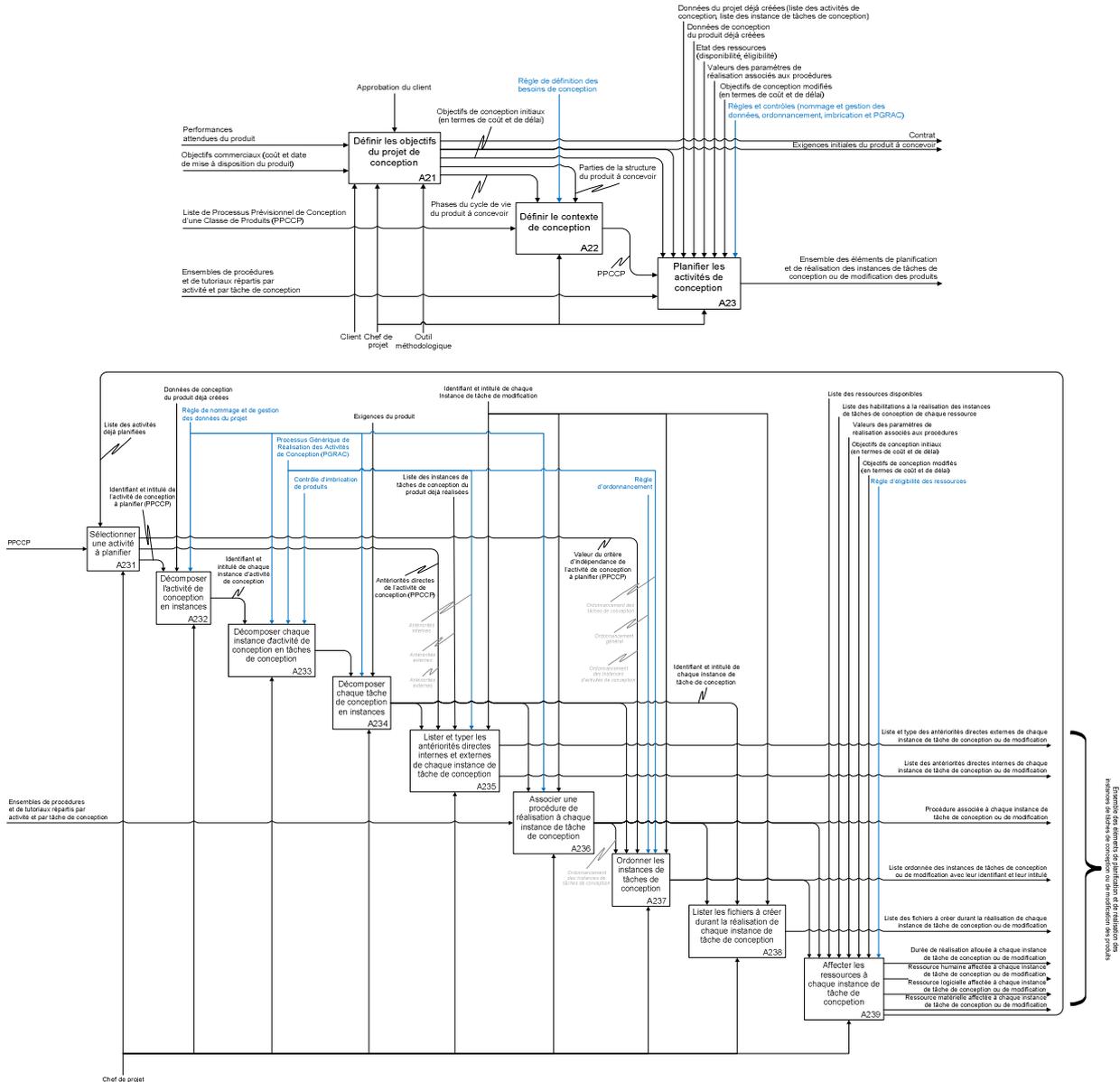


Figure 4-11: diagramme SADT du niveau tactique du cadre méthodologique (rappel).

#### 4.3.1.2. Identification et ordonnancement des instances de tâches de conception (étapes A231 à A238)

L'un de ces projets concerne la conception d'un produit multi-technologique. Les objectifs de conception ont été entièrement définis (en termes de coût, de délai et de performances du produit). Quant aux caractéristiques du projet, elles sont telles qu'il entre dans le domaine d'application du PPCCP précédemment défini. Celui-ci va donc être exploité

afin de planifier en détail le projet.

Pour cela, les activités de conception sont traitées les unes après les autres suivant l'ordre défini dans le PPCCP. Rappelons que la planification d'un projet ne peut pas être déterminée en une seule fois, mais par morceaux en fonction des orientations choisies vis-à-vis du produit (voir figure 3-25 du paragraphe 3.4.1.1). Le tableau 5-10 présente la planification détaillée des deux premières activités de conception indiquées dans le PPCCP :

- « Créer l'architecture et la ligne esthétique du produit » (« AC1 »),
- « Créer les liaisons cinématiques du produit » (« AC2 »).

Comme toutes les autres activités de conception, elles vont subir un processus de décomposition en trois temps :

1. passage de l'activité de conception aux instances d'activités de conception,
2. passage des instances d'activités de conception aux tâches de conception,
3. passage des tâches de conception aux instances de tâches de conception.

Concernant l'activité de conception « AC1 », elle ne contient qu'une seule instance (en général chaque produit n'est caractérisé que par une unique architecture). Conformément au PGRAC (Processus Générique de Réalisation d'Activité de Conception), cette instance est décomposée en cinq tâches de conception : créer/imaginer, dimensionner, représenter, évaluer/optimiser et valider. Ces cinq tâches sont alors découpées par le chef de projet en six instances de tâches de conception en fonction des besoins du projet et des possibilités de l'entreprise (notamment en termes de dimensionnement, d'évaluation et d'optimisation). Pour cela, il s'appuie sur les procédures de réalisation élaborées au niveau stratégique (et disponibles via le PPCCP), sur son expérience personnelle, mais également sur celle de son équipe de concepteurs. En effet, cet ultime stade de décomposition fait apparaître les fichiers informatiques qui devront être créés au niveau opérationnel par ces mêmes concepteurs. Il s'agit d'éléments très techniques qu'il est préférable de définir en collaboration avec les spécialistes. Suite à l'identification de ces objets de plus bas niveau, le chef de projet définit leurs interactions en fonction de celles existant entre les activités de conception (identifiées dans le PPCCP), entre les tâches de conception (identifiées dans le PGRAC), mais également en fonction du produit en cours de conception (voir colonne « H » du tableau 4-10).

Quand à l'activité de conception « AC2 », elle suit un cheminement similaire. Cependant, cette fois-ci, le nombre d'instances d'activité de conception est égal au nombre de liaisons cinématiques composant l'architecture du produit. Cette information est indiquée dans le PPCCP à travers les antériorités directes de l'activité de conception « AC2 » (voir tableau 4-9). A noter que dans ce cas précis, le PPCS indique également que la planification de l'activité de conception « AC2 » ne peut être réalisée que lorsque l'activité « AC1 » est complètement terminée.

Extrait du PPCCS utilisé dans le cas d'étude 1						
Rang	Identifiant	Intitulé	Antériorités directes		Donnée de sortie	Critère d'indépendance
			Liste	Type		
...	...	...	...	...	...	...
2	AC2	Créer les liaisons cinématiques du produit	Exigences du produit <b>AC1</b>	Contrainte <b>Entrée</b>	Géométrie de liaisons cinématiques du produit	Instances indépendantes
...	...	...	...	...	...	...

Tableau 4-9 : lien d'antériorité direct entre les activités de conception « AC1 » et « AC2 ».

Activité de conception	Instance d'activité de conception		Tâche de conception		Instance de tâche de conception					
	Rang	Identifiant	Identifiant	Intitulé	Identifiant	Intitulé	Antériorités directes internes (contraintes)	Antériorités directes externes	Procédure	Fichiers à créer
1	AC1-1(v1)	Créer l'architecture et la ligne esthétique du produit	AC1-1(v1)-DC	Imaginer	AC1-1(v1)-DC-1	Imaginer l'architecture et la ligne esthétique du produit	Aucune	Aucune	AC1DC(v1)	AC1-1(v1)-DC-1.pdf AC1-1(v1)-DC-1.xls AC1-1(v1)-DC-1.doc
			AC1-1(v1)-DD	Dimensionner	AC1-1(v1)-DD-1	Dimensionner l'architecture du produit du point de vue statique	AC1-1(v1)-DC-1		AC1DD(v1)	AC1-1(v1)-DD-1.dimcin
			AC1-1(v1)-DD	Dimensionner	AC1-1(v1)-DD-2	Dimensionner l'architecture du produit du point de vue cinématique	AC1-1(v1)-DC-1		AC1DD(v1)	AC1-1(v1)-DD-2.dimsta
			AC1-1(v1)-DR	Représenter	AC1-1(v1)-DR-1	Représenter la géométrie 3D de l'architecture et la ligne esthétique du produit	AC1-1(v1)-DC-1 A1-1(v1)-DD-1 A1-1(v1)-DD-2	Aucune	AC1DR(v1)	AC1-1(v1)-DR-1.CatPart
			AC1-1(v1)-DEO	Evaluer/Optimiser	AC1-1(v1)-DEO-1	Evaluer l'architecture et la ligne esthétique du produit à travers une simulation cinématique	AC1-1(v1)-DR-1		AC1DEO(v1)	AC1-1(v1)-DEO-1.xls AC1-1(v1)-DEO-1.simcindata AC1-1(v1)-DEO-1.simcincomputation AC1-1(v1)-DEO-1.simcinresults
			AC1-1(v1)-DV	Valider	AC1-1(v1)-DV-1	Valider les données correspondant à l'architecture et à la ligne esthétique du produit du point de vue organisationnel et technique	AC1-1(v1)-DC-1 AC1-1(v1)-DC-1 AC1-1(v1)-DC-1 AC1-1(v1)-DD-2 AC1-1(v1)-DR-1		AC1DV(v1)	AC1-1(v1)-DV-1.doc
2	AC2-1(v1)	Créer les liaisons cinématiques LC1	AC2-1(v1)-DC	Imaginer	AC2-1(v1)-DC-1	Imaginer la liaison cinématique LC1	Aucune	AC1-1(v1)-DR	AC2DC(v1)	AC2-1(v1)-DC-1.pdf AC2-1(v1)-DC-1.xls AC2-1(v1)-DC-1.doc
			AC2-1(v1)-DD	Dimensionner	AC2-1(v1)-DD-1	Dimensionner la liaison cinématique LC du point de vue statique	AC2-1(v1)-DC-1		AC2DD(v1)	AC2-1(v1)-DD-1.dimsta
			AC2-1(v1)-DR	Représenter	AC2-1(v1)-DR-1	Représenter la géométrie 3D de la liaison cinématique LC1	AC2-1(v1)-DC-1 AC2-1(v1)-DD-1	AC1-1(v1)-DR	AC2DR(v1)	AC2-1(v1)-DR-1(liens).CatProduct AC2-1(v1)-DR-1.CatPart
			AC2-1(v1)-DEO	Evaluer/Optimiser	AC2-1(v1)-DEO-1	Evaluer la liaison cinématique LC1 à travers une simulation cinématique	AC2-1(v1)-DR-1		AC2DEO(v1)	AC2-1(v1)-DEO-1.xls AC2-1(v1)-DEO-1.simcindata AC2-1(v1)-DEO-1.simcincomputation AC2-1(v1)-DEO-1.simcinresults
			AC2-1(v1)-DV	Valider	AC2-1(v1)-DV-1	Valider les données correspondant à la liaison cinématique LC1 du point de vue organisationnel et technique	AC2-1(v1)-DC-1 AC2-1(v1)-DD-1 AC2-1(v1)-DR-1 AC2-1(v1)-DEO-1		AC2DV(v1)	AC1-1(v1)-DV-1.doc (à compléter)
	AC2-2(v1)	Créer les liaisons cinématiques LC2	AC2-2(v1)-DC	Imaginer	AC2-2(v1)-DC-1	Imaginer la liaison cinématique LC2	Aucune	AC1-1(v1)-DR	AC2DC(v1)	AC2-1(v1)-DC-1.pdf (à compléter) AC2-1(v1)-DC-1.xls (à compléter) AC2-1(v1)-DC-1.doc (à compléter)
			AC2-2(v1)-DD	Dimensionner	AC2-2(v1)-DD-1	Dimensionner la liaison cinématique LC du point de vue statique	AC2-2(v1)-DC-1		AC2DD(v1)	AC2-2(v1)-DD-1.dimsta
			AC2-2(v1)-DR	Représenter	AC2-2(v1)-DR-1	Représenter la géométrie 3D de la liaison cinématique LC2	AC2-2(v1)-DC-1 AC2-2(v1)-DD-1	AC1-1(v1)-DR	AC2DR(v1)	AC2-2(v1)-DR-1(liens).CatProduct AC2-2(v1)-DR-1.CatPart
			AC2-2(v1)-DEO	Evaluer/Optimiser	AC2-2(v1)-DEO-1	Evaluer la liaison cinématique LC2 à travers une simulation cinématique	AC2-2(v1)-DR-1		AC2DEO(v1)	AC2-2(v1)-DEO-1.xls AC2-2(v1)-DEO-1.simcindata AC2-2(v1)-DEO-1.simcincomputation AC2-2(v1)-DEO-1.simcinresults
			AC2-2(v1)-DV	Valider	AC2-2(v1)-DV-1	Valider les données correspondant à la liaison cinématique LC2 du point de vue organisationnel et technique	AC2-2(v1)-DC-1 AC2-2(v1)-DD-1 AC2-2(v1)-DR-1 AC2-2(v1)-DEO-1		AC2DV(v1)	AC1-1(v1)-DV-1.doc (à compléter)
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	

Tableau 4-10: décomposition des activités de conception en instances de tâches de conception (application au cas d'étude 1).

Il est important de souligner qu'avant de commencer tout travail d'identification des instances de tâches de conception, chaque activité de conception est préalablement soumise à un contrôle d'imbrication qui définit les limites du projet. Celui-ci est rappelé ci-dessous.

Contrôle d'imbrication de produits	A233	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Chaque activité peut potentiellement représenter la conception d'un autre produit (ex: outillage de fabrication...),</li> <li>▶ Dans ce cas, celui-ci peut être écarté du projet de conception du produit initial et faire l'objet d'un autre projet de conception à part entière</li> </ul> Bien entendu, les deux projets seront liés et leur ordonnancement sera implicitement imposé.
------------------------------------	------	--

Ainsi, dans le cas présent le chef de projet décide de considérer la conception des outillages d'ébauche et de finition des composants élémentaires du produit (activités de conception « AC11 » et « AC15 » du PPCCP) comme des projets à part entière compte-tenu de leur potentielle complexité. A ce titre, ils seront traités indépendamment. Ceci étant dit, ils conserveront malgré tout des interactions fortes avec le projet qui a permis leur émergence. Celles-ci sont décrites à travers la figure 4-12.

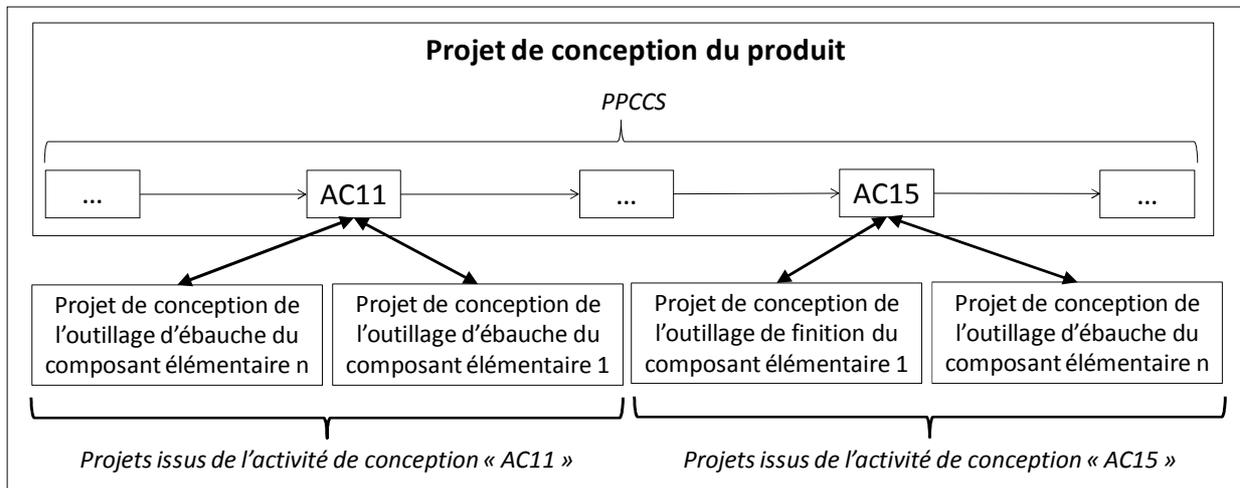


Figure 4-12: identification des limites du projet de conception du produit.

De plus, chaque objet identifié (instance d'activité, tâche, instance de tâche, fichier...) est systématiquement nommé suivant la règle générique accompagnant le cadre méthodologique. Les extraits concernant le niveau tactique sont rappelés ci-dessous.

Règle de nommage et de gestion des données du projet	A232	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Le nom (ou identifiant) de chaque instance d'activité de conception est composé de celui de l'activité de conception donc elle est issue suivi d'un tiret et d'un numéro.</li> <li>▶ Ce nom doit être unique dans l'ensemble des instances d'activités de conception associées à la conception d'un même produit.</li> </ul>
	A233	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Le nom (ou identifiant) de chaque tâche de conception est composé de celui de l'instance d'activité de conception donc elle est issue suivi d'un tiret et d'un terme représentant le type d'activité de conception ("DC" pour Création, "DR" pour représentation, "DEO" pour évaluation/optimsation et "DV" pour validation).</li> <li>▶ Ce nom doit être unique dans l'ensemble des tâches de conception associées à la conception d'un même produit.</li> </ul>
	A234	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Le nom (ou identifiant) de chaque instance de tâche de conception est composé de celui de la tâche de conception donc elle est issue suivi d'un tiret et d'un numéro.</li> <li>▶ Ce nom doit être unique dans l'ensemble des instances de tâches de conception associées à la conception d'un même produit.</li> </ul>
	A236	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ La procédure à associer à chaque instance de tâche de conception est celle dont le nom contient: <ul style="list-style-type: none"> <li>- le même numéro que celui suivant le terme "AC",</li> <li>- le même terme décrivant le type d'activité ("DC" pour Création, "DR" pour représentation, "DEO" pour évaluation/optimsation et "DV" pour validation).</li> </ul> </li> </ul>

Enfin, l'ensemble des objets identifiés est ordonnancé (des instances d'activité de conception aux fichiers numériques). Cet ordonnancement suit une règle générique qui est également rappelée ci-dessous.



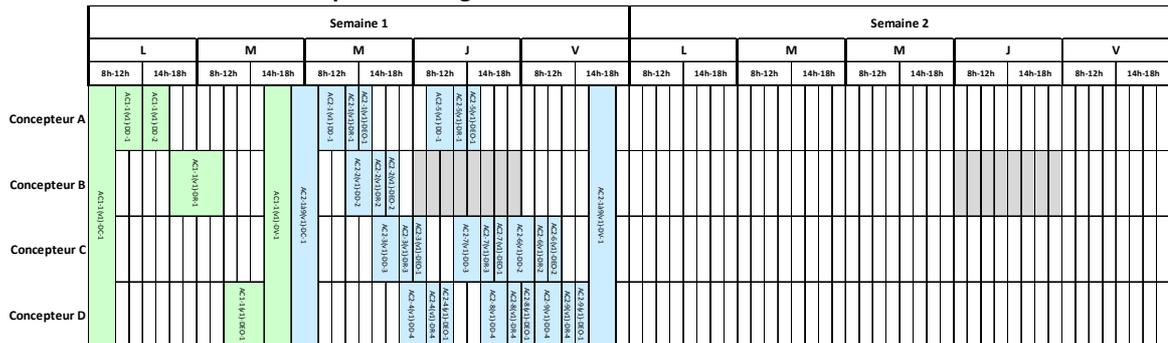
Activité de conception	Instance d'activité de conception		Tâche de conception		Instance de tâche de conception														
	Rang	Identifiant	Intitulé	Identifiant	Intitulé	Identifiant	Intitulé	Antériorités directes internes (contraintes)	Antériorités directes externes	Type	Procédure	Fichiers à créer	Ressource humaine	Ressource logicielle	Ressource matérielle	Date de début de réalisation	Temps alloué pour la réalisation (en heures)	Paramètre de réalisation	
1	AC1-1(v1)	Créer l'architecture et la ligne esthétique du produit	AC1-1(v1)-DC	Imaginer	AC1-1(v1)-DC-1	Imaginer l'architecture et la ligne esthétique du produit	Aucune	Aucune			AC1DC(v1)	AC1-1(v1)-DC-1.pdf AC1-1(v1)-DC-1.xls AC1-1(v1)-DC-1.doc	Concepteur A, B, C et D	Traitement d'image Excel Word	Ordinateur 1	Lundi Semaine 1 à 8h	2h		
			AC1-1(v1)-DD	Dimensionner	AC1-1(v1)-DD-1	Dimensionner l'architecture du produit du point de vue statique	AC1-1(v1)-DC-1				AC1DD(v1)	AC1-1(v1)-DD-1.dimcin	Concepteur A	DimCinématique	Ordinateur 3	Lundi Semaine 1 à 10h	2h		
					AC1-1(v1)-DD-2	Dimensionner l'architecture du produit du point de vue cinématique	AC1-1(v1)-DC-1			AC1DD(v1)	AC1-1(v1)-DD-2.dimsta	Concepteur A	DimStatique	Ordinateur 1	Lundi Semaine 1 à 14h	2h			
			AC1-1(v1)-DR	Représenter	AC1-1(v1)-DR-1	Représenter la géométrie 3D de l'architecture et la ligne esthétique du produit	AC1-1(v1)-DC-1 A1-1(v1)-DD-1 A1-1(v1)-DD-2	Aucune				AC1DR(v1)	AC1-1(v1)-DR-1.CatPart	Concepteur B	CATIA V5	Ordinateur 1	Lundi Semaine 1 à 16h	4h	
			AC1-1(v1)-DEO	Evaluer/Optimiser	AC1-1(v1)-DEO-1	Evaluer l'architecture et la ligne esthétique du produit à travers une simulation cinématique	AC1-1(v1)-DR-1					AC1DEO(v1)	AC1-1(v1)-DEO-1.xls AC1-1(v1)-DEO-1.simcndata AC1-1(v1)-DEO-1.simc computation	Concepteur D	SimCinématique	Ordinateur 5	Mardi Semaine 1 à 10h	3h	
AC1-1(v1)-DV	Valider	AC1-1(v1)-DV-1	Valider les données correspondant à l'architecture et à la ligne esthétique du produit du point de vue organisationnel et technique	AC1-1(v1)-DC-1 AC1-1(v1)-DC-1 AC1-1(v1)-DC-1 AC1-1(v1)-DD-1 AC1-1(v1)-DD-2 AC1-1(v1)-DR-1						AC1DV(v1)	AC1-1(v1)-DV-1.doc	Concepteur A, B, C et D	Traitement d'image Excel Word DimCinématique DimStatique CATIA V5 SimCinématique	Ordinateurs 1, 3 et 5	Mardi Semaine 1 à 15h	2h			
2	AC2-1(v1)	Créer la liaisons cinématiques LC1	AC2-1(v1)-DC	Imaginer	AC2-1(v1)-DC-1	Imaginer la liaison cinématique LC1	Aucune	AC1-1(v1)-DR	Entrée		AC2DC(v1)	AC2-1(v1)-DC-1.pdf AC2-1(v1)-DC-1.xls AC2-1(v1)-DC-1.doc	Concepteur A, B, C et D	Traitement d'image Excel Word	Ordinateur 1	Mardi Semaine 1 à 17h	2h		
			AC2-1(v1)-DD	Dimensionner	AC2-1(v1)-DD-1	Dimensionner la liaison cinématique LC du point de vue statique	AC2-1(v1)-DC-1				AC2DD(v1)	AC2-1(v1)-DD-1.dimsta	Concepteur A	DimStatique	Ordinateur 1	Mercredi Semaine 1 à 9h	3h		
			AC2-1(v1)-DR	Représenter	AC2-1(v1)-DR-1	Représenter la géométrie 3D de la liaison cinématique LC1	AC2-1(v1)-DC-1 AC2-1(v1)-DD-1	AC1-1(v1)-DR	Entrée		AC2DR(v1)	AC2-1(v1)-DR-1.CatProduct AC2-1(v1)-DR-1.CatPart	Concepteur A	CATIA V5	Ordinateur 1	Mercredi Semaine 1 à 14h	1h		
			AC2-1(v1)-DEO	Evaluer/Optimiser	AC2-1(v1)-DEO-1	Evaluer la liaison cinématique LC1 à travers une simulation cinématique	AC2-1(v1)-DR-1					AC2DEO(v1)	AC2-1(v1)-DEO-1.xls AC2-1(v1)-DEO-1.simcndata AC2-1(v1)-DEO-1.simc computation	Concepteur A	SimCinématique	Ordinateur 5	Mercredi Semaine 1 à 15h	1h	
			AC2-1(v1)-DV	Valider	AC2-1(v1)-DV-1	Valider les données correspondant à la liaison cinématique LC1 du point de vue organisationnel et technique	AC2-1(v1)-DC-1 AC2-1(v1)-DD-1 AC2-1(v1)-DR-1 AC2-1(v1)-DEO-1						AC2DV(v1)	AC1-1(v1)-DV-1.doc (à compléter)	Concepteur A	Traitement d'image Excel Word DimCinématique DimStatique CATIA V5 SimCinématique	Ordinateur 1	Mercredi Semaine 1 à 17h	2h
2	AC2-2(v1)	Créer la liaisons cinématiques LC2	AC2-2(v1)-DC	Imaginer	AC2-2(v1)-DC-1	Imaginer la liaison cinématique LC2	Aucune	AC1-1(v1)-DR	Entrée		AC2DC(v1)	AC2-1(v1)-DC-1.pdf (à compléter) AC2-1(v1)-DC-1.xls (à compléter) AC2-1(v1)-DC-1.doc (à compléter)	Concepteur A, B, C et D	Traitement d'image Excel Word	Ordinateur 1	Mardi Semaine 1 à 17h	2h		
			AC2-2(v1)-DD	Dimensionner	AC2-2(v1)-DD-1	Dimensionner la liaison cinématique LC du point de vue statique	AC2-2(v1)-DC-1				AC2DD(v1)	AC2-2(v1)-DD-1.dimsta	Concepteur B	DimStatique	Ordinateur 1	Mercredi Semaine 1 à 9h	3h		
			AC2-2(v1)-DR	Représenter	AC2-2(v1)-DR-1	Représenter la géométrie 3D de la liaison cinématique LC2	AC2-2(v1)-DC-1 AC2-2(v1)-DD-1	AC1-1(v1)-DR	Entrée		AC2DR(v1)	AC2-2(v1)-DR-1(liens).CatProduct AC2-2(v1)-DR-1.CatPart	Concepteur B	CATIA V5	Ordinateur 2	Mercredi Semaine 1 à 14h	1h		
			AC2-2(v1)-DEO	Evaluer/Optimiser	AC2-2(v1)-DEO-1	Evaluer la liaison cinématique LC2 à travers une simulation cinématique	AC2-2(v1)-DR-1					AC2DEO(v1)	AC2-2(v1)-DEO-1.xls AC2-2(v1)-DEO-1.simcndata AC2-2(v1)-DEO-1.simc computation	Concepteur B	SimCinématique	Ordinateur 5	Mercredi Semaine 1 à 15h	1h	
			AC2-2(v1)-DV	Valider	AC2-2(v1)-DV-1	Valider les données correspondant à la liaison cinématique LC2 du point de vue organisationnel et technique	AC2-2(v1)-DC-1 AC2-2(v1)-DD-1 AC2-2(v1)-DR-1 AC2-2(v1)-DEO-1						AC2DV(v1)	AC1-1(v1)-DV-1.doc (à compléter)	Concepteur B	Traitement d'image Excel Word DimCinématique DimStatique CATIA V5 SimCinématique	Ordinateur 1	Mercredi Semaine 1 à 17h	2h

Tableau 4-13: affectation des ressources aux instances de tâches de conception.

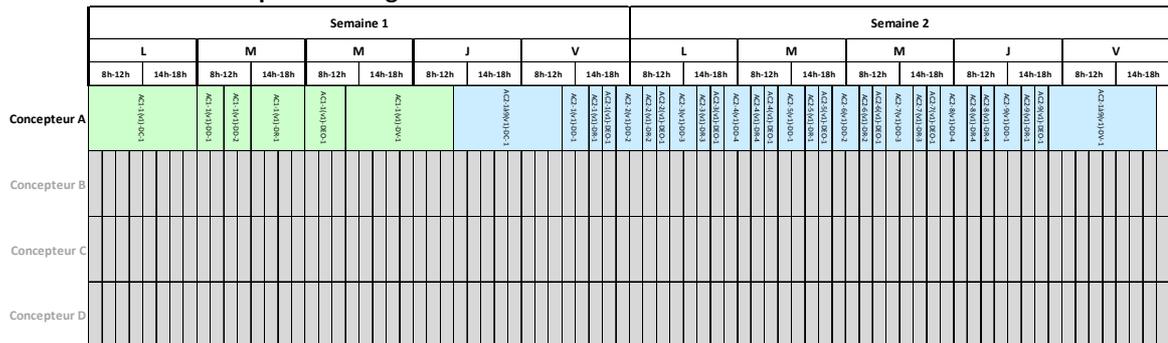
Quand au tableau 4-13 (également présenté en annexe 19) il présente les résultats de cette étape d'affectation des ressources. D'un point de vue pratique, elles viennent compléter le tableau élaboré durant les étapes A231 à A238 (tableau 4-10 du paragraphe 4.3.1.2).

Il est important de noter que cette affectation des ressources est également faite en fonction des objectifs de conception à atteindre en termes de coût et de délai de conception. La figure 4-13 (ou l'annexe 20) présente trois exemples d'affectations de ressources sur un même ensemble d'instances de tâches de conception (celui défini dans le tableau 5-10). Chaque cas est une réponse à des objectifs différents.

**Exemple de configuration 1: suivant le tableau 5-10**



**Exemple de configuration 2: ressources minimum et délai illimité**



**Exemple de configuration 3: délai minimum et ressources (humaines, logicielles et matérielles) illimitées**

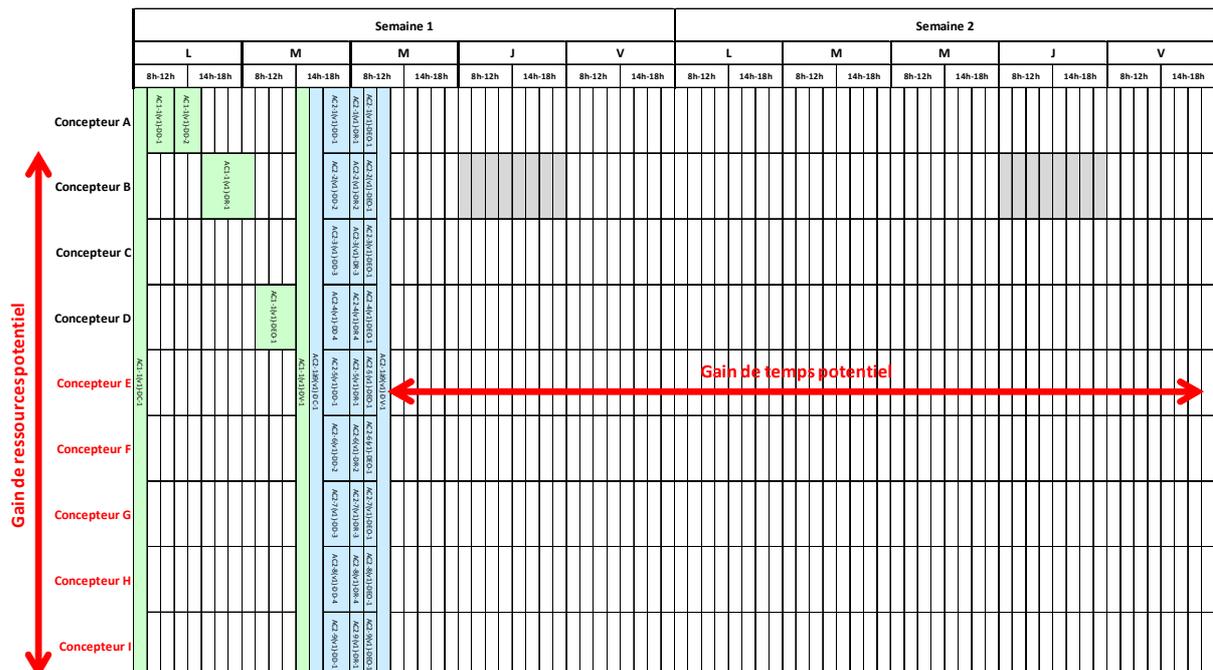


Figure 4-13: représentation graphique du planning dans une configuration différente.

Ces trois exemples montrent que le chef de projet bénéficie d'une importante flexibilité de planification pour s'adapter aux fluctuations des objectifs de conception. Comparé au deux premiers cas, le premier fait clairement apparaître les gains potentiels en termes de ressources et de temps. Ainsi, comme les activités de conception contenues dans le PPCCP génèrent des instances indépendantes, le chef de projet peut alors rapidement et librement disposer les instances de tâches de conception en parallèle ou de manière séquentielle sans que cela n'induisse de conséquence néfaste sur le déroulement du projet.

## 4.3.2. Planification des modifications au sein d'un projet de conception de produit

### 4.3.2.1. Rappel du contexte et du processus à appliquer

Conformément au cas d'étude 2, l'entreprise a fixé ses objectifs de conception et elle conçoit actuellement un système de levage de véhicules automobiles en déployant le cadre méthodologique proposé. Nous considérons que le niveau stratégique est déjà traité alors que les niveaux tactique et opérationnel sont en cours de réalisation à travers ce projet de conception (appelé « Cric »). Durant son déroulement, des besoins de modifications sont apparus. Leur traitement et plus précisément leur planification est réalisé à partir du processus de modification associé au cadre méthodologique. Celui-ci est rappelé en figure 4-14.

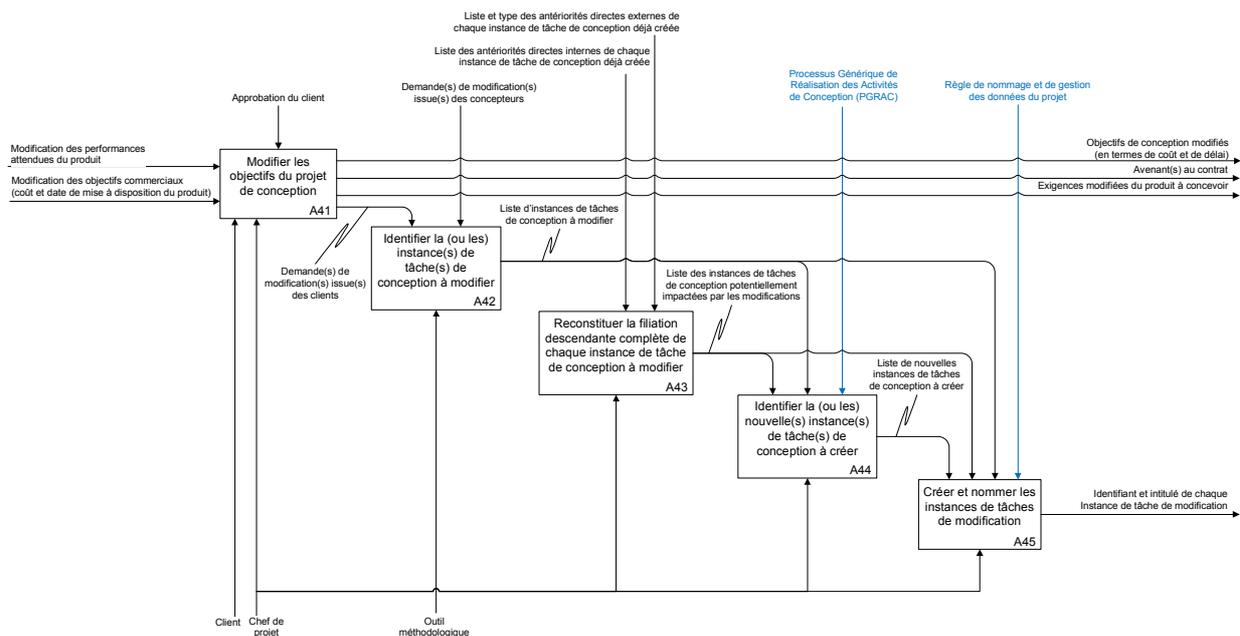


Figure 4-14: diagramme SADT décrivant l'intégration des modifications (rappel).

Ainsi, l'équipe de conception est confrontée à plusieurs cas de modifications qu'il est possible de classer en trois catégories considérées comme représentatives.

1. cas d'une modification isolée des données de conception du produit,
2. cas de plusieurs modifications de données existantes apparues simultanément,
3. cas de modifications de données existantes et ajout de nouvelles données.

A noter qu'à travers le déploiement du cadre méthodologique proposé, l'équipe de conception dispose d'un ensemble de données caractérisées dont les interactions sont

parfaitement identifiées.

### 4.3.2.2. Identification et ordonnancement des instances de tâches de modification

Pour les cas appartenant à la première catégorie, le chef de projet détermine tout d'abord le point d'entrée de la modification. Pour cela, il identifie l'instance de tâche de conception qui en est à l'origine parmi celles qui ont déjà été créées. Un simple raisonnement déductif permet de rapidement aboutir à la solution. Il construit ensuite la filiation descendante complète de cette instance de tâche de conception à partir des liens existants entre les données déjà créées (voir figure 4-15 ou annexe 21).

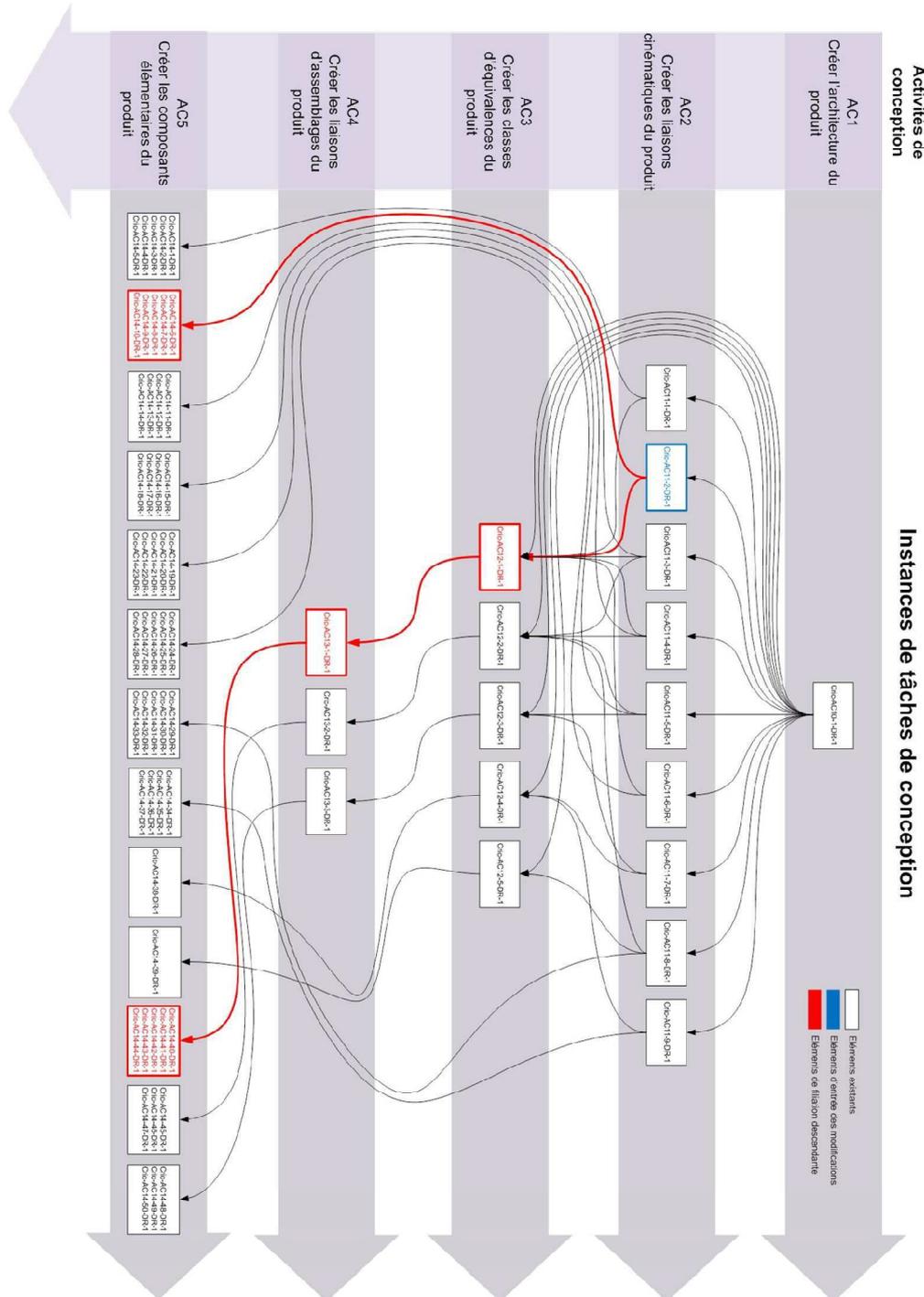


Figure 4-15: exemple de modification isolée.

La liste exhaustive des instances de tâches de modification est alors déduite de cette filiation. Chacun de ses éléments est nommé puis ordonné (au niveau tactique) suivant les règles associées au cadre méthodologique et rappelées ci-dessous (voir figure 4-16).

Règle de nommage et de gestion des données du projet	A45	<ul style="list-style-type: none"> <li>► Le nom (ou identifiant) de chaque instance de tâche de modification est celui de l'instance de tâche de conception à modifier où le terme "AC" est remplacé par "AM".</li> <li>► Concernant les instances de tâches de modification qui ne sont pas associées à des instances de tâches de conception, elles suivent le processus de nommage de ces dernières en remplaçant également le terme "AC" par "AM".</li> </ul>
Règle d'ordonnement	A237	<ul style="list-style-type: none"> <li>► Concernant les instances d'activités de modification, leur intégration dans l'ordonnement général des instances de tâches de conception se décompose en trois étapes:             <ol style="list-style-type: none"> <li>1 - ordonner les instances de tâches de modification issues des instances de tâches de conception déjà réalisées en suivant leur filiation descendante,</li> <li>2 - insérer les instances de tâches de modification qui ne sont pas issues d'instances de tâches de conception en respectant les règles d'ordonnement appliquées à ces dernières,</li> <li>3 - placer prioritairement les instances de tâches de modification par rapport aux instances de tâches de conception restant à réaliser si elles partagent la même filiation ascendante. Dans le cas contraire, les deux types d'instances de tâches peuvent être ordonnés librement.</li> </ol> </li> </ul>

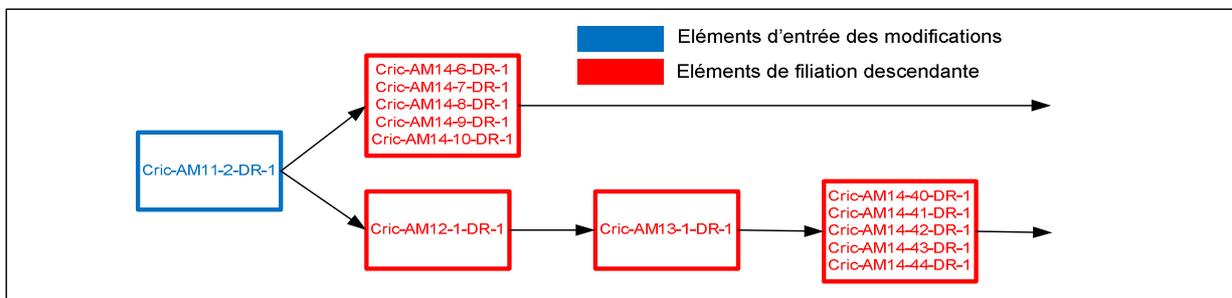


Figure 4-16: exemple d'ordonnement d'une modification isolée.

Pour les cas appartenant à la deuxième catégorie, même s'ils sont constitués de multiples modifications à mener de front, les actions du chef de projet restent identiques : identification du point d'entrée de chaque modification puis construction de sa filiation descendante (voir figure 4-18 ou annexe 22) complète et enfin édition de la liste exhaustive des instances de tâches de modification. Par contre, l'ordonnement de ces dernières présente une difficulté supplémentaire puisque les différentes modifications partagent une même partie de filiation descendante. Le chef de projet doit donc s'assurer que cette partie commune est traitée après tous les éléments de sa filiation ascendante afin de maintenir la cohérence de l'ensemble (voir figure 4-17).

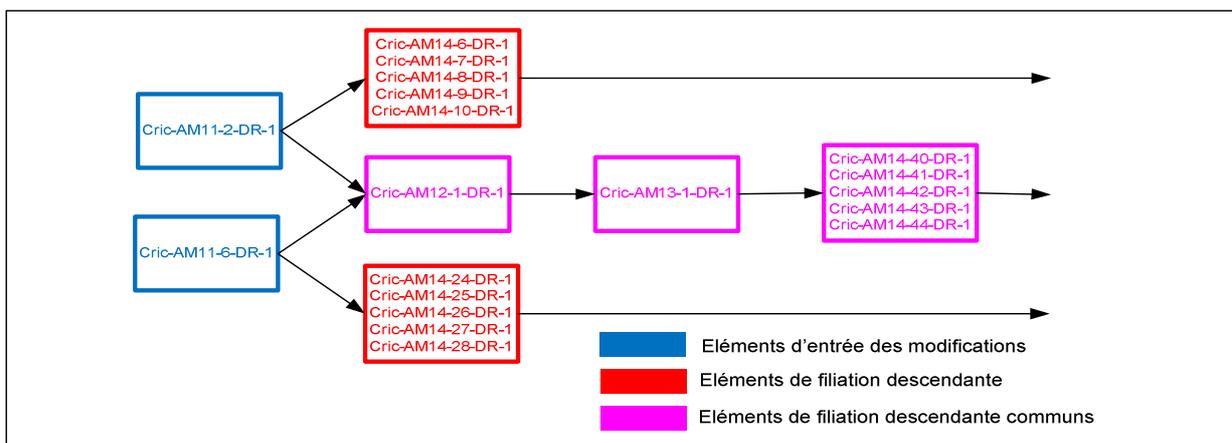


Figure 4-17: exemple d'ordonnement de modifications multiples (cas d'étude 2).

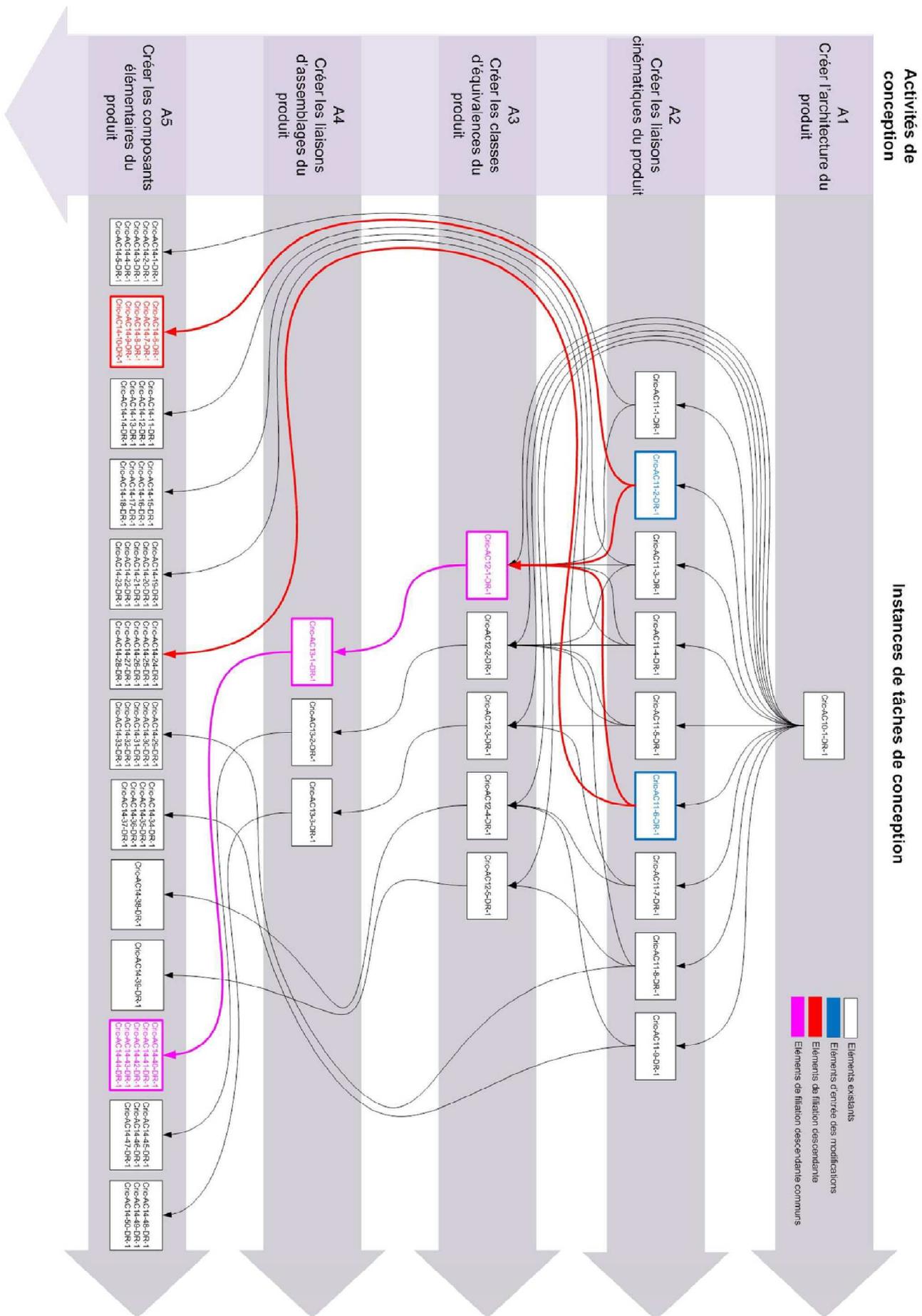


Figure 4-18: exemple de modifications multiples (cas d'étude 2).

Pour les cas appartenant à la troisième et dernière catégorie, une difficulté supplémentaire apparaît une nouvelle fois lors de l'ordonnement puisque le chef de projet doit à la fois ordonner des instances de tâches de modification, mais également des instances de tâches de conception. Dans ce contexte, les premières doivent être traitées prioritairement par rapport aux secondes afin de continuer à maintenir la cohérence de l'ensemble (voir figures 4-19 et 4-20 ou annexe 23).

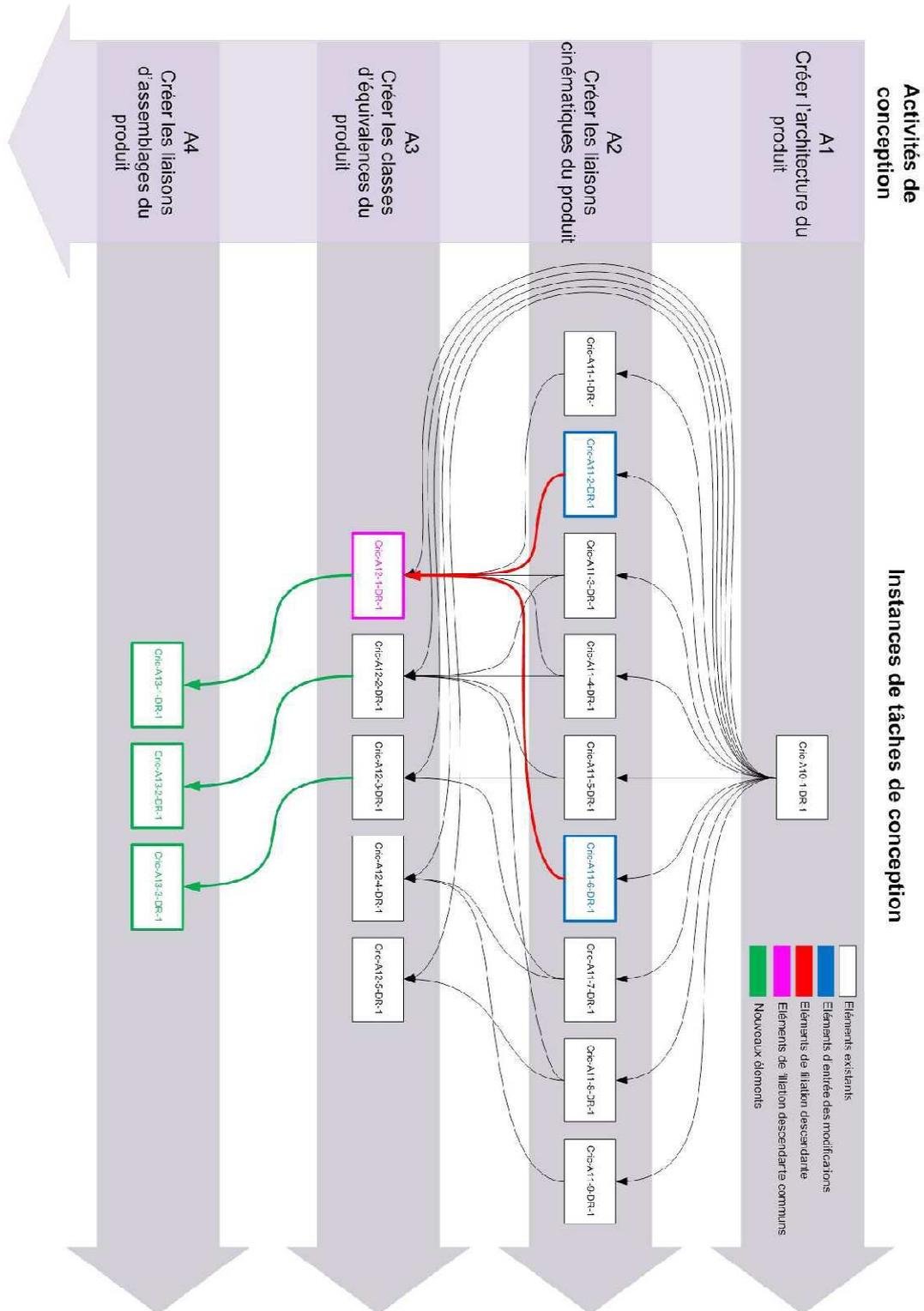


Figure 4-19: exemple de modifications multiples intégrées à la conception courante d'un produit (cas d'étude 2).

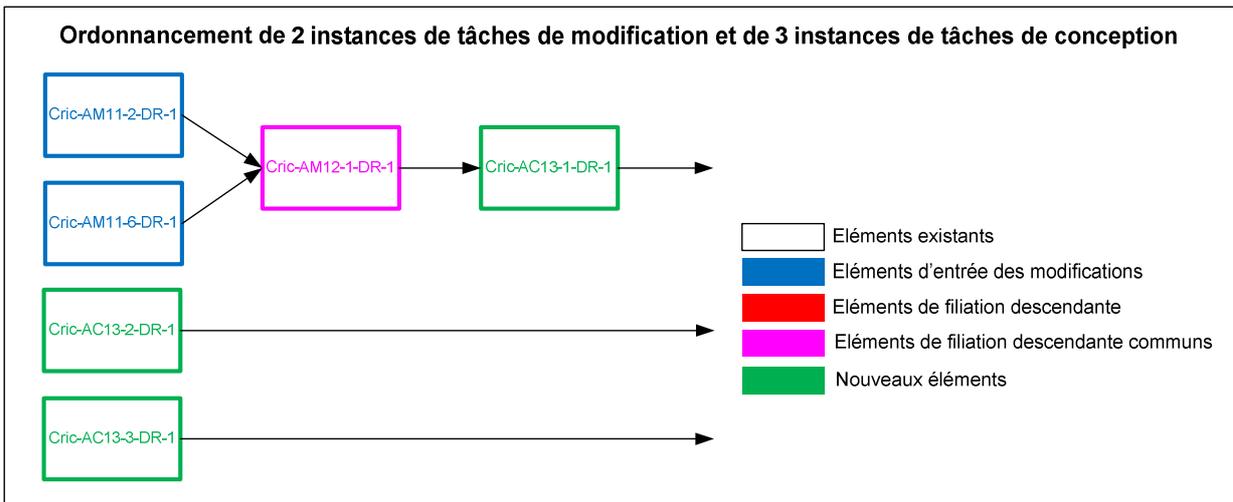


Figure 4-20: exemple d'ordonnement de modifications multiples intégrées à la conception courante d'un produit (cas d'étude 2).

## 4.4. Exemple de déploiement du niveau opérationnel

L'objectif de ce paragraphe est de dérouler le processus associé au niveau opérationnel du cadre méthodologique à partir du contexte défini dans le premier cas d'étude. Après un rappel de ce processus, chacune de ses étapes est traitée à travers sa finalité, les règles et les contrôles qui la régissent et enfin les livrables qu'elle permet de générer.

### 4.4.1. Rappel du processus à appliquer

Dans le cadre du cas d'étude 2, l'entreprise a déployé les niveaux stratégique et tactique de la méthodologie (voir paragraphes 5-2 et 5-3) et elle s'apprête maintenant à la mettre en œuvre à un niveau opérationnel. Elle a donc recouru au processus spécifique rappelé en figure 4-21.

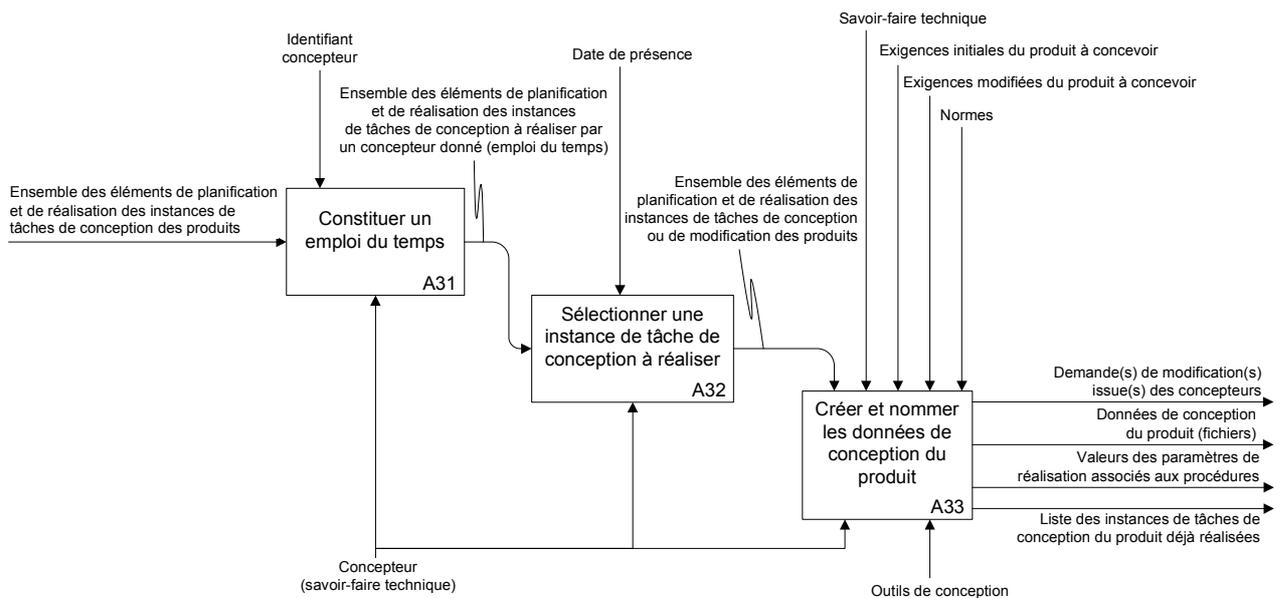


Figure 4-21: diagramme SADT du niveau opérationnel du cadre méthodologique (rappel).

#### 4.4.2. Construction d'un emploi du temps (étape A31)

Au niveau opérationnel, ce sont les concepteurs qui agissent. Ainsi, à partir du planning précédemment réalisé par le chef de projet, chacun d'entre eux vient « filtrer » les instances de tâches de conception (ou de modification) qui le concerne. Ce résultat constitue son emploi du temps personnel. Le tableau 5-14 présente la construction de l'emploi du temps du concepteur A à partir du planning présenté en figure 4-13 du paragraphe 4.3.1.3.

Identifiant	Intitulé	Antériorités directes internes (contraintes)	Antériorités directes externes		Procédure	Fichiers à créer	Ressource humaine	Ressource logicielle	Ressource matérielle	Date de début de réalisation	Temps alloué pour la réalisation (en heures)	Paramètre de réalisation	
			Liste	Type								Durée	
AC1-1(v1)-DC-1	Imaginer l'architecture et la ligne esthétique du produit	Aucune	Aucune		AC1DC(v1)	AC1-1(v1)-DC-1.pdf AC1-1(v1)-DC-1.xls AC1-1(v1)-DC-1.doc	Concepteur A, B, C et D	Traitement d'image Excel Word	Ordinateur 1	Lundi Semaine 1 à 8h	2h		
AC1-1(v1)-DD-1	Dimensionner l'architecture du produit du point de vue statique	AC1-1(v1)-DC-1			AC1DD(v1)	AC1-1(v1)-DD-1.dimcin	Concepteur A	DimCinématique	Ordinateur 3	Lundi Semaine 1 à 10h	2h		
AC1-1(v1)-DD-2	Dimensionner l'architecture du produit du point de vue cinématique	AC1-1(v1)-DC-1			AC1DD(v1)	AC1-1(v1)-DD-2.dimsta	Concepteur A	DimStatique	Ordinateur 1	Lundi Semaine 1 à 14h	2h		
AC1-1(v1)-DR-1	Représenter la géométrie 3D de l'architecture et la ligne esthétique du produit	AC1-1(v1)-DC-1 A1-1(v1)-DD-1 A1-1(v1)-DD-2	Aucune		AC1DR(v1)	AC1-1(v1)-DR-1.CatPart	Concepteur B	CATIA V5	Ordinateur 1	Lundi Semaine 1 à 16h	4h		
AC1-1(v1)-DEO-1	Evaluer l'architecture et la ligne esthétique du produit à travers une simulation cinématique	AC1-1(v1)-DR-1			AC1DEO(v1)	AC1-1(v1)-DEO-1.xls AC1-1(v1)-DEO-1.simcindata AC1-1(v1)-DEO-1.simcincomputation	Concepteur D	SimCinématique	Ordinateur 5	Mardi Semaine 1 à 10h	3h		
AC1-1(v1)-DV-1	Valider les données correspondant à l'architecture et à la ligne esthétique du produit du point de vue organisationnel et technique	AC1-1(v1)-DC-1 AC1-1(v1)-DC-1 AC1-1(v1)-DD-1 AC1-1(v1)-DD-2 AC1-1(v1)-DR-1			AC1DV(v1)	AC1-1(v1)-DV-1.doc	Concepteur A, B, C et D	Traitement d'image Excel Word DimCinématique DimStatique CATIA V5 SimCinématique	Ordinateurs 1, 3 et 5	Mardi Semaine 1 à 15h	2h		
AC2-1(v1)-DC-1	Imaginer la liaison cinématique LC1	Aucune	AC1-1(v1)-DR	Entrée	AC2DC(v1)	AC2-1(9(v1))-DC-1.pdf AC2-1(9(v1))-DC-1.xls AC2-1(9(v1))-DC-1.doc	Concepteur A, B, C et D	Traitement d'image Excel Word	Ordinateur 1	Mardi Semaine 1 à 17h	2h		
AC2-1(v1)-DD-1	Dimensionner la liaison cinématique LC du point de vue statique	AC2-1(v1)-DC-1			AC2DD(v1)	AC2-1(v1)-DD-1.dimsta	Concepteur A	DimStatique	Ordinateur 1	Mercredi Semaine 1 à 9h	3h		
AC2-1(v1)-DR-1	Représenter la géométrie 3D de la liaison cinématique LC1	AC2-1(v1)-DC-1 AC2-1(v1)-DD-1	AC1-1(v1)-DR	Entrée	AC2DR(v1)	AC2-1(v1)-DR-1(liens).CatProduct AC2-1(v1)-DR-1.CatPart	Concepteur A	CATIA V5	Ordinateur 1	Mercredi Semaine 1 à 14h	1h		
AC2-1(v1)-DEO-1	Evaluer la liaison cinématique LC1 à travers une simulation cinématique	AC2-1(v1)-DR-1			AC2DEO(v1)	AC2-1(v1)-DEO-1.xls AC2-1(v1)-DEO-1.simcindata AC2-1(v1)-DEO-1.simcincomputation	Concepteur A	SimCinématique	Ordinateur 5	Mercredi Semaine 1 à 15h	1h		
AC2-1(v1)-DV-1	Valider les données correspondant à la liaison cinématique LC1 du point de vue organisationnel et technique	AC2-1(v1)-DC-1 AC2-1(v1)-DD-1 AC2-1(v1)-DR-1 AC2-1(v1)-DEO-1			AC2DV(v1)	AC1-1(9(v1))-DV-1.doc (à compléter)	Concepteur A	Traitement d'image Excel Word DimCinématique DimStatique CATIA V5 SimCinématique	Ordinateur 1	Mercredi Semaine 1 à 17h	2h		
AC2-2(v1)-DC-1	Imaginer la liaison cinématique LC2	Aucune	AC1-1(v1)-DR	Entrée	AC2DC(v1)	AC2-1(9(v1))-DC-1.pdf (à compléter) AC2-1(9(v1))-DC-1.xls (à compléter) AC2-1(9(v1))-DC-1.doc (à compléter)	Concepteur A, B, C et D	Traitement d'image Excel Word	Ordinateur 1	Mardi Semaine 1 à 17h	2h		
AC2-2(v1)-DD-1	Dimensionner la liaison cinématique LC du point de vue statique	AC2-2(v1)-DC-1			AC2DD(v1)	AC2-2(v1)-DD-1.dimsta	Concepteur B	DimStatique	Ordinateur 1	Mercredi Semaine 1 à 9h	3h		
AC2-2(v1)-DR-1	Représenter la géométrie 3D de la liaison cinématique LC2	AC2-2(v1)-DC-1 AC2-2(v1)-DD-1	AC1-1(v1)-DR	Entrée	AC2DR(v1)	AC2-2(v1)-DR-1(liens).CatProduct AC2-2(v1)-DR-1.CatPart	Concepteur B	CATIA V5	Ordinateur 2	Mercredi Semaine 1 à 14h	1h		
AC2-2(v1)-DEO-1	Evaluer la liaison cinématique LC2 à travers une simulation cinématique	AC2-2(v1)-DR-1			AC2DEO(v1)	AC2-2(v1)-DEO-1.xls AC2-2(v1)-DEO-1.simcindata AC2-2(v1)-DEO-1.simcincomputation	Concepteur B	SimCinématique	Ordinateur 5	Mercredi Semaine 1 à 15h	1h		
AC2-2(v1)-DV-1	Valider les données correspondant à la liaison cinématique LC2 du point de vue organisationnel et technique	AC2-2(v1)-DC-1 AC2-2(v1)-DD-1 AC2-2(v1)-DR-1 AC2-2(v1)-DEO-1			AC2DV(v1)	AC1-1(9(v1))-DV-1.doc (à compléter)	Concepteur B	Traitement d'image Excel Word DimCinématique DimStatique CATIA V5 SimCinématique	Ordinateur 1	Mercredi Semaine 1 à 17h	2h		
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Tableau 4-14: construction d'un emploi du temps à partir d'un planning de conception réalisé au niveau tactique.

#### 4.4.3. Création des données de conception d'un produit (étapes A32 et A33)

Grace à son emploi du temps personnel, chaque concepteur sait ce qu'il doit faire, quand en comment. La figure 4-15 présente l'emploi du temps du concepteur A.

Instance de tâche de conception												
Identifiant	Intitulé	Antériorités directes internes (contraintes)	Antériorités directes externes		Procédure	Fichiers à créer	Ressource humaine	Ressource logicielle	Ressource matérielle	Date de début de réalisation	Temps alloué pour la réalisation	Paramètre de réalisation
			Liste	Type								Durée
AC1-1(v1)-DC-1	Imaginer l'architecture et la ligne esthétique du produit	Aucune	Aucune		AC1DC(v1)	AC1-1(v1)-DC-1.pdf AC1-1(v1)-DC-1.xls AC1-1(v1)-DC-1.doc	Concepteur A, B, C et D	Traitement d'image Excel Word	Ordinateur 1	Lundi Semaine 1 à 8h	2h	1h40
AC1-1(v1)-DD-1	Dimensionner l'architecture du produit du point de vue statique	AC1-1(v1)-DC-1			AC1DD(v1)	AC1-1(v1)-DD-1.dimcin	Concepteur A	DimCinématique	Ordinateur 3	Lundi Semaine 1 à 10h	2h	2h10
AC1-1(v1)-DD-2	Dimensionner l'architecture du produit du point de vue cinématique	AC1-1(v1)-DC-1			AC1DD(v1)	AC1-1(v1)-DD-2.dimsta	Concepteur A	DimStatique	Ordinateur 1	Lundi Semaine 1 à 14h	2h	3h
AC2-1(v1)-DC-1	Imaginer la liaison cinématique LC1	Aucune	AC1-1(v1)-DR	Entrée	AC2DC(v1)	AC2-1à9(v1)-DC-1.pdf AC2-1à9(v1)-DC-1.xls AC2-1à9(v1)-DC-1.doc	Concepteur A, B, C et D	Traitement d'image Excel Word	Ordinateur 1	Mardi Semaine 1 à 17h	2h	2h
AC2-1(v1)-DD-1	Dimensionner la liaison cinématique LC du point de vue statique	AC2-1(v1)-DC-1			AC2DD(v1)	AC2-1(v1)-DD-1.dimsta	Concepteur A	DimStatique	Ordinateur 1	Mercredi Semaine 1 à 9h	3h	4h
AC2-1(v1)-DR-1	Représenter la géométrie 3D de la liaison cinématique LC1	AC2-1(v1)-DC-1 AC2-1(v1)-DD-1	AC1-1(v1)-DR	Entrée	AC2DR(v1)	AC2-1(v1)-DR-1(liens).CatProduct AC2-1(v1)-DR-1.CatPart	Concepteur A	CATIA V5	Ordinateur 1	Mercredi Semaine 1 à 14h	1h	
AC2-1(v1)-DEO-1	Evaluer la liaison cinématique LC1 à travers une simulation cinématique	AC2-1(v1)-DR-1			AC2DEO(v1)	AC2-1(v1)-DEO-1.xls AC2-1(v1)-DEO-1.simcindata AC2-1(v1)-DEO-1.simcincomputation	Concepteur A	SimCinématique	Ordinateur 5	Mercredi Semaine 1 à 15h	1h	
AC2-1(v1)-DV-1	Valider les données correspondant à la liaison cinématique LC1 du point de vue organisationnel et technique	AC2-1(v1)-DC-1 AC2-1(v1)-DD-1 AC2-1(v1)-DR-1 AC2-1(v1)-DEO-1			AC2DV(v1)	AC1-1à9(v1)-DV-1.doc (à compléter)	Concepteur A	Traitement d'image Excel Word DimCinématique DimStatique CATIA V5 SimCinématique	Ordinateur 1	Mercredi Semaine 1 à 17h	2h	
AC2-2(v1)-DC-1	Imaginer la liaison cinématique LC2	Aucune	AC1-1(v1)-DR	Entrée	AC2DC(v1)	AC2-1à9(v1)-DC-1.pdf (à compléter) AC2-1à9(v1)-DC-1.xls (à compléter) AC2-1à9(v1)-DC-1.doc (à compléter)	Concepteur A, B, C et D	Traitement d'image Excel Word	Ordinateur 1	Mardi Semaine 1 à 17h	2h	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Tableau 4-15: exemple d'instance de tâche de conception réalisée par le concepteur A à partir de son emploi du temps (voir ligne rouge du tableau).

Par exemple, lors de la réalisation de l'instance de tâche de conception « AC2-1(v1)-DR-1 » (en rouge sur la figure 4-15), le concepteur A recueille les informations suivantes :

- il doit « représenter la géométrie 3D de la liaison cinématique « LC1 » (voir figure 4-15, colonne B),
- il peut s'informer sur le projet en consultant les données préalablement créées lors de la réalisation des instances de tâches de conception « AC2-1(v1)-DC-1 » (données de conception des liaisons cinématiques) et « AC2-1(v1)-DD-1 » (données de dimensionnement des liaisons cinématiques) (voir figure 4-15, colonne C),
- les données géométriques qu'il doit créer ne peuvent faire référence qu'à celles qui sont issues de l'instance de tâche de conception « AC1-1(v1)-DR » (données de représentation de l'architecture du produit) (voir figure 4-15, colonnes D et E),
- leur création doit impérativement répondre aux instructions contenues dans la procédure « AC2DR(v1) » (représentation des données de l'activité de conception 2) (voir figure 4-15, colonne F),
- les livrables sont composés des fichiers « AC2-1(v1)-DR-1(liens).CatProduct » et « AC2-1(v1)-DR-1.CatPart » (voir figure 4-15, colonne G),
- elles doivent être théoriquement créées le mercredi de la semaine 1 entre 14h et 15h à partir du logiciel « CATIA V5 » disponible sur « l'ordinateur 1 » (voir figure 4-15, colonnes I, J, K et L).
- le concepteur A devra néanmoins mesurer le temps qu'il aura passé à effectuer ce travail (voir figure 4-15, colonne M).

Il dispose alors de l'environnement complet lui permettant d'accomplir son travail. Il peut donc se consacrer entièrement à la conception du produit car il est totalement débarrassé des problèmes de gestion et d'organisation.

## 4.5. Conclusion

Comme cela a été dit dans l'introduction de ce chapitre, l'objectif est de présenter des cas de déploiement du cadre méthodologique qui permettent d'en percevoir la pertinence par rapport à la problématique de cette thèse. Il ne s'agit donc pas d'une validation. Cependant, plusieurs remarques d'ordre pratique peuvent être faites à partir de ces exemples de mise en œuvre.

Ainsi, d'un point de vue général la solution proposée dans le cadre de cette thèse permet bien une mise en œuvre complète à partir de données disponibles au sein des entreprises et notamment des PME (objectifs de développement et de conception, ressources et savoir-faire disponibles...). Ce déploiement peut être intégralement manuel ce qui prouve qu'il ne nécessite aucun outil logiciel. Néanmoins, il faut noter que certaines étapes peuvent devenir complexes car elles nécessitent de manipuler de nombreuses données (notamment lors de la planification d'un projet de conception de produit).

D'un point de vue plus local, certaines règles et certains contrôles (par exemple le contrôle de complétude ou d'imbrication) reposent entièrement sur l'expertise de la personne qui l'applique. Leur valeur ajoutée peut donc être limitée et le cadre

méthodologique ne propose aucun moyen de l'évaluer.

Enfin, du point de vue de la problématique, les cas d'études traités ne permettent pas de mettre en évidence l'ensemble des apports du cadre méthodologique et plus particulièrement celui concernant l'innovation. Pour cela, il aurait fallu entrer dans un niveau de détail élevé qui aurait pu nuire à la clarté des exemples abordés (par exemple en abordant la réalisation des instances de tâches de conception).