

Thèse de doctorat

présentée par

Frédéric CHAMBOLLE

pour l'obtention du

Grade de Docteur de l'Ecole Centrale Paris

Spécialité : Productique - Génie Industriel

Laboratoire d'accueil : Productique Logistique

**Un modèle produit piloté
par les processus d'élaboration :
Application au secteur automobile
dans l'environnement STEP**

Soutenue le : 29 Avril 1999

Devant le jury composé de :

J.M. BRUN - *Professeur, Université de Marseille*

M. TOLLENAERE - *Professeur, ENSGI*

Y. GARDAN - *Professeur, Université de Metz*

A. BEZOS - *Directeur de GOSET*

P. GERMAIN-LACOUR - *DGS, PSA Peugeot Citroën*

F. PETIT - *Stratégie SGDT, PSA Peugeot Citroën*

J.C. BOCQUET - *Professeur, Ecole Centrale Paris*

A. BERNARD - *Professeur, Université de Nancy*

Président

Rapporteur

Rapporteur

Examineur

Examineur

Examineur

Co-directeur de thèse

Co-directeur de thèse

A ma famille

Remerciements

Les travaux présentés dans cette thèse ont été réalisés au sein de la Direction des Technologies de l'Information et de l'Informatique du Groupe PSA Peugeot Citroën, sous la direction de MM. Pierre Germain-Lacour et François Petit. Je tiens à les remercier pour la confiance qu'ils m'ont témoigné et pour le temps qu'ils m'ont consacré tout au long de ce travail. Je les remercie également d'avoir accepté d'être examinateur dans le jury.

Je remercie tout particulièrement MM. Jean-Claude Bocquet et Alain Bernard qui ont dirigé mes travaux de recherche en me faisant bénéficier de leurs conseils, enthousiasme et expérience dans le domaine. Les résultats présentés dans cette thèse doivent beaucoup à leur vision de la problématique de la modélisation de produit qu'ils ont su partager.

Je remercie MM. Bernard Girard et Jean Lorisson pour m'avoir accueilli au sein de leur équipe et surtout aux moyens et matériels qu'ils ont mis à ma disposition.

Je remercie MM. Michel Tollenaere et Yvon Gardan pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon travail et le temps qu'il m'ont consacré en acceptant d'être rapporteur de ces travaux.

J'adresse mes remerciements les plus vifs à M. Jean-Marc Brun pour avoir accepté d'être examinateur dans le jury.

Je tiens à remercier tout particulièrement M. Alain Bezos du GOSET pour sa participation au jury, ainsi que les membres de son équipe, MM. Pascal Huau et Christophe Viel pour leurs conseils et expertises techniques dans le domaine des échanges de données techniques.

J'adresse mes sincères remerciements à toute l'équipe du Laboratoire Productique Logistique de l'Ecole Centrale Paris et à mes collègues du groupe PSA Peugeot Citroën pour l'attention, le soutien et l'amitié qu'ils m'ont témoigné au cours de ce travail.

C'est avec une pensée toute particulière que je remercie Mounib Mekhilef, chercheur à l'Ecole Centrale Paris et Maître de Conférence à l'Université d'Orléans, pour la confiance qu'il m'a accordé, son amitié et son soutien.

Ma reconnaissance va de même vers toutes les personnes qui m'ont apporté aide et soutien durant ce travail.

Table des matières

Table des matières	vi
Liste des figures	x
Liste des tableaux	xi
Acronymes	xiii
Glossaire	xv
Introduction générale	1
Cadre général	1
Contribution	1
Structure de la thèse	2
Chapitre 1 Problématique générale	5
1.1 Introduction	5
1.2 La gestion des données techniques dans l'industrie automobile	5
1.3 Schéma de développement d'un nouveau véhicule	7
1.3.1 La définition des objectifs et contenu du produit	9
1.3.2 La conception et l'industrialisation du produit/process	10
1.3.3 La fabrication et le contrôle en série	12
1.3.4 L'évolution du produit/process	12
1.4 Conclusion	13
Chapitre 2 Etat de l'art	15
2.1 Introduction	15
2.2 Les modèles de produits	15
2.2.1 Introduction	15
2.2.2 La structuration des informations du produit	15
2.2.2.1 Les vues sur le produit	16
2.2.2.2 Les aspects fonctionnel et structurel du produit	17
2.2.3 Les pièces et solutions techniques	18
2.2.4 La configuration des produits	18
2.2.5 Conclusion sur les modèles de produit	19

2.3	Le Standard d'Échange de Données de Modèles de Produit - STEP	20
2.3.1	Historique des standards	20
2.3.2	Introduction à STEP	21
2.3.3	La structure de STEP	21
2.3.4	Les méthodes de description	23
2.3.4.1	Le langage EXPRESS	23
2.3.4.2	Le formalisme EXPRESS-G	25
2.3.4.3	Le langage EXPRESS-I	26
2.3.4.4	Les langages de mapping	26
2.3.5	Les méthodes de mise en œuvre	28
2.3.5.1	Les échanges de données par fichiers	28
2.3.5.2	Le partage de données	30
2.3.6	Les méthodes et cadre général pour les essais de conformité	31
2.3.7	Les ressources intégrées génériques	32
2.3.8	Les Application Interpreted Construct	32
2.3.9	Les protocoles d'application	32
2.3.9.1	Le modèle AAM	34
2.3.9.2	Le modèle ARM	35
2.3.9.3	Le modèle AIM	35
2.3.9.4	Les classes de conformité	35
2.3.10	Le protocole d'application 203	36
2.3.11	Le protocole d'application 214	39
2.3.12	La mise en œuvre de STEP	46
2.3.12.1	Les projets nationaux et européens	46
2.3.12.2	Les travaux de recherche	47
2.4	Conclusion	49

Chapitre 3 Méthodologie d'analyse réciproque des activités des métiers par rapport au modèle de données 51

3.1	Introduction	51
3.2	Définition du contexte et du domaine de l'étude	53
3.3	Définition du modèle informationnel du domaine	53
3.4	Définition des sous-ensembles remarquables	54
3.5	Définition du modèle utilisateur	54
3.6	Définition du sous-ensemble correspondant	55
3.7	Interactions entre le modèle utilisateur et le modèle de référence	55
3.8	Conclusion	56

Chapitre 4 Modèle produit automobile proposé 57

4.1	Introduction	57
4.2	Expression de la diversité véhicule	58
4.3	Les pièces, solutions techniques et découpages	60
4.4	Les documents	64

4.5	Les propriétés	65
4.6	Les ressources organisationnelles	66
4.7	Les données de cycle de vie des produits	67
4.8	Conclusion	67
Chapitre 5 Elaboration de nouveaux modèles de traitement fonctionnels		69
5.1	Introduction	69
5.2	Fonctionnalités d'utilisation du modèle	69
5.2.1	Les fonctionnalités pour la navigation	71
5.2.1.1	Le lien pièce \leftrightarrow organe	71
5.2.1.2	Le lien pièce \leftrightarrow fonction	73
5.2.1.3	Le lien organe \leftrightarrow solution	75
5.2.1.4	Le lien fonction \leftrightarrow solution	76
5.2.1.5	Le lien fonction \leftrightarrow organe	77
5.2.1.6	Le lien pièce \leftrightarrow solution	78
5.2.1.7	Le lien véhicule \leftrightarrow organe	78
5.2.1.8	Le lien véhicule \leftrightarrow fonction	78
5.2.1.9	Conclusion sur les fonctionnalités de navigation	79
5.2.2	Les fonctionnalités avancées	80
5.2.2.1	La décomposition en véhicules	80
5.2.2.2	La décomposition en organes	80
5.2.2.3	La décomposition en fonctions	81
5.2.2.4	La nomenclature explicite d'une pièce	81
5.2.2.5	La nomenclature explicite d'un véhicule	82
5.2.2.6	Le dictionnaire d'attributs d'un véhicule	83
5.2.2.7	Les cas d'emploi d'une pièce	83
5.2.2.8	L'environnement d'une pièce	84
5.2.2.9	Conclusion sur les fonctionnalités avancées	85
5.2.3	Les fonctionnalités de renseignement	86
5.2.3.1	Les personnes et organismes	86
5.2.3.2	Les dates et heures	86
5.2.3.3	La confidentialité	87
5.2.3.4	Les approbations	87
5.2.3.5	Les documents	88
5.2.3.6	Les propriétés	88
5.2.3.7	Conclusion sur les fonctionnalités de renseignement	89
5.3	Contrôle de la cohérence	90
5.3.1	La complétude des informations	90
5.3.1.1	La complétude des organes étudiés	90
5.3.1.2	La complétude de l'ensemble des fonctions	90
5.3.1.3	La complétude des véhicules étudiés	91
5.3.1.4	L'approbation des pièces d'un véhicule	91
5.3.2	Les incohérences	91

5.4	Conclusion	92
Chapitre 6	Mise en application	93
6.1	Introduction	93
6.2	Le Grand Projet Innovant STEP AP203	94
6.2.1	Cadre du projet	94
6.2.2	Application de la méthodologie d'analyse	94
6.2.2.1	Le contexte de l'étude	94
6.2.2.2	Le modèle informationnel	95
6.2.2.3	Le modèle utilisateur	96
6.2.2.4	Le sous-ensemble AP203 utilisé	97
6.2.3	Mise en place d'une plateforme de démonstration	98
6.2.4	Conclusion sur le scénario du Grand Projet Innovant	101
6.3	La plateforme prototype <i>MicroSTEP 214</i>	102
6.3.1	Introduction	102
6.3.2	Objectifs à atteindre	102
6.3.3	Implémentation de la plateforme	102
6.3.3.1	Correspondance entre EXPRESS et MS-ACCESS	102
6.3.3.2	Architecture et agencement de <i>MicroSTEP 214</i>	103
6.3.3.3	La navigation	105
6.3.3.4	Les requêtes dites avancées	111
6.3.3.5	Le jeu de données utilisé	112
6.3.4	Conclusion sur <i>MicroSTEP 214</i>	113
6.4	Conclusion	115
	Conclusion générale	117
	Perspectives	119
	Bibliographie	122
	Annexes	137
	Chapitre A Scénario automobile: Glossaire du modèle informationnel	137
	Chapitre B Scénario automobile: Modèle informationnel	143
	Chapitre C Scénario automobile: Modèle utilisateur	151
	Chapitre D Scénario automobile: Table de correspondance	159
	Chapitre E GPI-STEP AP203: Echanges de modèles géométriques	171

Liste des figures

1.1	Architecture actuelle des systèmes de gestion de données techniques de l'entreprise	6
1.2	Architecture cible recherchée pour le système d'information de l'entreprise	7
1.3	Processus de développement d'un véhicule	8
1.4	Objectifs et contenu du produit	9
1.5	Concevoir et industrialiser le produit/process	11
1.6	Fabriquer et contrôler en série	12
1.7	Faire évoluer le produit/process	13
1.8	Proposition de fonctionnalités à développer sur la base du modèle de produit [48]	14
2.1	Les différents stades du cycle de vie d'un produit [103]	16
2.2	Hierarchies structurelle et fonctionnelle [52]	17
2.3	Historique des standards [32]	20
2.4	L'architecture de STEP [75]	22
2.5	Les parties du standard STEP	23
2.6	La symbolique de représentation EXPRESS-G	26
2.7	Un schéma EXPRESS en haut à gauche, le diagramme EXPRESS-G associé en bas et un exemple de fichier part 21 en haut à droite	29
2.8	Architecture pour l'échange de données STEP par fichier neutre [72]	30
2.9	Partage de données entre applications avec SDAI [46]	31
2.10	Processus de développement d'un protocole d'application [53]	33
2.11	La décomposition d'activités par niveaux avec IDEF0	34
2.12	Le formalisme de représentation IDEF0	35
2.13	Le schéma général de l'AP203 [69]	37
2.14	Métiers intervenant dans la conception d'un véhicule [117]	39
2.15	Domaines couverts par l'AP214	42
2.16	Architecture de l'infrastructure d'information [86]	47
2.17	Architecture du prototype basé sur l'AP203 de STEP [102]	49
3.1	Méthodologie simplifiée de développement d'un protocole d'application	51
3.2	Méthodologie d'analyse proposée	52
3.3	Une structure produit et ses documents associés	52
3.4	Découpage d'un domaine en sous-ensembles fonctionnels	54

4.1	Gestion des diversités, famille et version de véhicule	59
4.2	Les attributs de base d'un véhicule	60
4.3	Gestion des pièces et de leurs instances	61
4.4	Gestion des découpages	62
4.5	Relations entre pièces	62
4.6	Relations entre pièces	63
4.7	Documents associés à un produit	64
4.8	Propriétés associées à un produit	65
4.9	Administration des personnes et organismes responsables	66
4.10	Administration des informations d'approbation et de sécurité	67
4.11	Les principaux concepts de modèle de produit proposé et leurs relations	68
5.1	Correspondance entre la symbolique EXPRESS-G et la représentation simplifiée utilisée	70
5.2	Convention d'utilisation des sous-types des entités	70
5.3	Exploitation du lien pièce↔organe (1/4)	71
5.4	Exploitation du lien pièce↔organe (2/4)	72
5.5	Exploitation du lien pièce↔organe (3/4)	72
5.6	Exploitation du lien pièce↔organe (4/4)	72
5.7	Exploitation du lien pièce↔fonction (1/4)	73
5.8	Exploitation du lien pièce↔fonction (2/4)	73
5.9	Exploitation du lien pièce↔fonction (3/4)	74
5.10	Exploitation du lien pièce↔fonction (4/4)	74
5.11	Exploitation du lien organe↔solution (1/3)	75
5.12	Exploitation du lien organe↔solution (2/3)	75
5.13	Exploitation du lien organe↔solution (3/3)	75
5.14	Exploitation du lien fonction↔solution (1/3)	76
5.15	Exploitation du lien fonction↔solution (2/3)	76
5.16	Exploitation du lien fonction↔solution (3/3)	76
5.17	Exploitation du lien fonction↔organe (1/3)	77
5.18	Exploitation du lien fonction↔organe (2/3)	77
5.19	Exploitation du lien fonction↔organe (3/3)	77
5.20	Exploitation du lien pièce↔solution	78
5.21	Exploitation des liens véhicule↔fonction et véhicule↔organe	79
5.22	Décomposition véhicule	80
5.23	Décomposition organique	80
5.24	Décomposition fonctionnelle	81
5.25	Nomenclature d'une pièce	81
5.26	Nomenclature d'un véhicule	82
5.27	Dictionnaire des attributs d'un véhicule	83
5.28	Cas d'emploi d'une pièce	84
5.29	Environnement d'une pièce	84
5.30	Extraction des informations de personnes et organismes	86

5.31	Extraction des informations de dates et heures	87
5.32	Extraction des informations de confidentialité	87
5.33	Extraction des informations d'approbation	88
5.34	Extraction des informations de documents	88
5.35	Extraction des informations de propriétés	89
6.1	Contexte de l'échange	95
6.2	Actigramme A1 du modèle informationnel	96
6.3	Modèle utilisateur de l'UoF Article	97
6.4	Une vue éclatée du projecteur et de ses pièces	99
6.5	Le projecteur dans son environnement véhicule	99
6.6	Support informationnel du processus d'échange du scénario automobile . .	100
6.7	La structure produit récupérée dans EPD Connect	100
6.8	Utilisation des types agrégés	103
6.9	Architecture de <i>MicroSTEP 214</i>	104
6.10	Le menu principal de <i>MicroSTEP 214</i>	105
6.11	La fiche de consultation des informations d'un véhicule	106
6.12	La fiche de consultation des informations d'un organe	107
6.13	La fiche de consultation des informations d'une fonction	108
6.14	La fiche de consultation des informations d'une solution	109
6.15	La fiche de consultation des informations d'une pièce	110
6.16	L'affichage du découpage organique	111
6.17	L'affichage du dictionnaire des attributs d'un véhicule	112
6.18	Découpage organique utilisé dans <i>MicroSTEP 214</i> (3 premiers niveaux) . .	113
6.19	Découpage fonctionnel utilisé dans <i>MicroSTEP 214</i>	114
B.1	Modèle AAM : Diagramme A-0	144
B.2	Modèle AAM : Diagramme A0	145
B.3	Modèle AAM : Diagramme A1	146
B.4	Modèle AAM : Diagramme A13	147
B.5	Modèle AAM : Diagramme A133	148
B.6	Modèle AAM : Diagramme A1332	149
B.7	Modèle AAM : Diagramme A13322	150
C.1	Modèle Utilisateur : UoF Actions et Approbations	151
C.2	Modèle Utilisateur : UoF Articles	152
C.3	Modèle Utilisateur : UoF Configuration	152
C.4	Modèle Utilisateur : UoF Documents	153
C.5	Modèle Utilisateur : UoF Assemblage	153
C.6	Modèle Utilisateur : UoF Personnes et Sociétés	154
C.7	Modèle Utilisateur : UoF Calendrier	154
D.1	Mapping Table de l'UoF Action (1/2)	160
D.2	Mapping Table de l'UoF Action (2/2)	161

D.3	Mapping Table de l'UoF Article (1/2)	162
D.4	Mapping Table de l'UoF Article (2/2)	163
D.5	Mapping Table de l'UoF Configuration	164
D.6	Mapping Table de l'UoF Document	165
D.7	Mapping Table de l'UoF Assemblage	166
D.8	Mapping Table de l'UoF Personne (1/2)	167
D.9	Mapping Table de l'UoF Personne (2/2)	168
D.10	Mapping Table de l'UoF Calendrier	169
E.1	Modèles solides convertis au format STEP AP203 (1/3)	171
E.2	Modèles solides convertis au format STEP AP203 (2/3)	172
E.3	Modèles solides convertis au format STEP AP203 (3/3)	173
E.4	Modèles surfaciques convertis au format STEP AP203	174

Liste des tableaux

2.1	Le schéma EXPRESS et son utilisation EXPRESS-I associée [140]	27
2.2	Les ressources intégrées de STEP	32
2.3	Les protocoles d'application de STEP	33
2.4	Les classes de conformité de l'AP203 et les UoFs	38
2.5	Les classes de conformité de l'AP214 et les UoFs [91]	45
6.1	Outils CAO et SGGT utilisés par les partenaires du scénario	98

Acronymes

AAM : Application Activity Model.

AFNOR : Association Française de Normalisation.

AIC : Application Interpreted Construct.

AIM : Application Interpreted Model.

AIT : Advanced Information Technology.

ANSI : American National Standard Institute.

AP : Application Protocol.

ARM : Application Resource Model.

CADEX : CAO geometry Data Exchange .

CALS : Continuous Acquisition and Lifecycle Support.

CAO : Conception Assistée par Ordinateur.

CD : Committee Draft.

CEN : Comité Européen de Normalisation.

CGM : Computer Graphics Metafile.

CORBA : Common Object Request Broker Architecture.

DIS : Draft International Standard.

DIN : Deutsches Institut für Normung.

DXF : ASCII Drawing eXchange File.

ERP : Enterprise Resource Planning.

ESPRIT : European Strategic Program for Research and development in Information Technologies.

GALIA : Groupement pour l'Amélioration des Liaisons dans l'Industrie Automobile.

GDT : **G**estion de **D**onnées **T**echniques.

GOSET : **G**roupe **O**pérationnel **S**ET.

GPI : **G**rand **P**rojet **I**nnovant.

ICAM : **I**ntegrated **C**omputer **A**ided **M**anufacturing.

IDEF : **I**CAM **D**EFinition.

IDL : **I**nterface **D**efinition **L**anguage.

IGES : **I**nitial **G**raphics **E**xchange **S**pecification.

IS : **I**nternational **S**tandard.

ISO : **I**nternational **O**rganization for **S**tandardization.

NIAM : **N**ijssen **I**nformation **A**nalysis **M**ethod.

PDES : **P**roduct **D**ata **E**xchange using **S**TEP.

PRODEX : **P**RODuct model **E**Xchange using **S**TEP.

SDAI : **S**tandard **D**ata **A**ccess **I**nterface.

SET : **S**tandard d'**E**change et de **T**ransfert.

SGDT : **S**ystème de **G**estion de **D**onnées **T**echniques.

STEP : **S**Tandard for **E**xchange of **P**roduct model data.

UoF : **U**nit of **F**unctionality.

VDA : **V**erband **D**er **A**utomobilindustrie.

Glossaire

Année modèle : Attribut repérant des véhicules correspondant aux caractéristiques déposées pour un millésime déterminé.

Attribut : Expression générique d'une ou d'un groupe de caractéristiques remarquables que présente un véhicule et qu'au moins une des fonctions du Groupe PSA considère comme nécessaire d'exprimer dans la codification véhicule.

Attribut de base : Attribut de conception représentant une caractéristique technique essentielle ou de base qui doit toujours être exprimée dans la définition codifiée d'un véhicule, même si elle n'est pas discriminante.

Attribut de conception : Attribut qui exprime une caractéristique technique qu'un organisme de conception considère comme nécessaire d'exprimer pour spécifier la discrimination de solutions techniques.

Attribut de gestion : Attribut permettant d'exprimer les caractéristiques commerciales et de gestion (protection, tarification, ...) nécessaires à la fabrication et à la livraison d'un véhicule.

Attribut de personnalisation : Attribut de conception représentant une caractéristique que le réseau a la possibilité d'exprimer en plus des attributs de base d'un véhicule pour en altérer ou compléter la définition.

Attribut descriptif : Attribut de conception exprimant une caractéristique technique, qui résulte de l'ensemble des attributs de base et de personnalisation définissant un véhicule.

Cahier des Charges : Norme complétant un ou plusieurs plans pour préciser l'ensemble des caractéristiques et conditions fixées par les organismes de conception, afin d'assurer l'aptitude à l'emploi des pièces ou d'ensembles.

Découpage PSA : Classification conventionnelle permettant de structurer les listes des éléments constitutifs d'un organe ou d'un véhicule sans en connaître l'ordre de montage réel. Il sert à établir notamment les nomenclatures en terme de pièces, de valeurs ajoutées de fabrication, de prix et de masse.

Famille d'organes ou de véhicules : Ensemble de tous les organes ou de tous les véhicules ayant des attributs genre, marque et ligne de produit, présentant des valeurs identiques.

Maquette : Matérialisation physique d'un produit reproduisant dans l'espace les formes et les volumes permettant de juger des encombrements et de l'aspect. Une maquette ne sera pas forcément la représentation de la réalité; elle est souvent inerte, les matériaux qui la composent ne sont pas obligatoirement conformes à la réalité (différence par rapport au prototype).

Nomenclature : Liste exhaustive structurée des éléments d'un ensemble déterminé.

Option client : Choix par le client d'une caractéristique technique venant s'ajouter aux caractéristiques de base du véhicule et s'exprimant à l'aide d'un attribut de personnalisation.

Pièce : Produit élémentaire complètement défini, utilisé à l'unité.

Pièce colorée : Pièce d'aspect colorée, dont la ou les couleurs sont définies par la fonction style.

Pré-série : Véhicules ou organes réalisés avec les moyens de production série avant le démarrage série.

Projet organe : Ensemble d'études et d'industrialisation d'organe conduisant à la définition et à la mise en production d'une famille d'organes. Le projet englobe l'organe de base et ses variantes et dérivés, ainsi que les variantes éventuelles d'usage externe.

Projet véhicule : Ensemble d'études et d'industrialisation conduisant généralement à la définition et à la mise en production d'une famille commerciale de véhicules. Le projet englobe toutes les variantes et dérivés de la famille et comprend non seulement les véhicules du premier lancement mais aussi tous les dérivés et variantes lancés ultérieurement.

Prototypes : Produits en cours d'études, réalisés à l'aide de techniques ou de moyens non représentatifs de la série, en vue de vérifier la faisabilité, l'aptitude à l'emploi et l'endurance des solutions étudiées.

Véhicule de base : Véhicule ne comportant pas d'option client, complètement défini par ses 15 attributs de base et donc réalisable et commercialisable.

Véhicule pilote : Premiers véhicules issus des moyens série avec lesquels on acquiert une expérience de la production série.

Version de véhicule : Ensemble de tous les véhicules d'un même type présentant les mêmes transmission, base de conception, clientèle de conception, année modèle et modification en cours d'année modèle.

Introduction générale

Cadre général

Depuis plusieurs années, l'industrie automobile française, et plus spécialement PSA Peugeot Citroën, doit faire face à une concurrence internationale d'un point de vue économique. Une réduction des coûts et des cycles de développement des véhicules doit donc être faite. Une meilleure intégration de l'entreprise est donc nécessaire, et plus précisément, l'intégration des métiers autour d'un système d'information basé sur un modèle fédérateur permettant le partage de l'information. De plus, la complexité du produit automobile se faisant, la maîtrise de la diversité, des évolutions et des informations attachées au produit, sur la totalité du cycle de vie de celui-ci, est indispensable.

L'état actuel des systèmes de gestion des données techniques de l'entreprise ne permet pas une telle intégration. En effet, il s'agit de différents systèmes répondant aux besoins de diverses catégories de métiers intervenant à divers stades du cycle de vie du produit automobile: ce sont respectivement les métiers des bureaux d'études, des bureaux des méthodes et de la fabrication. Le partage de l'information entre ces catégories de métiers passe obligatoirement par la réplication des données contenues dans un système vers un autre. D'autre part, ces systèmes ne référençant pas les informations diverses (les dossiers de demande d'évolution, cahiers des charges, etc.), l'accès à celles-ci est difficile et coûteux en temps.

L'intégration des métiers ne peut se faire sans un modèle de produit fédérateur intégrant les exigences des utilisateurs. Le protocole d'application 214 de STEP répond à ces besoins en proposant un modèle de représentation des produits fortement intégré. Sur la base de ce modèle, des traitements émanant des besoins utilisateurs doivent être développés afin de leur permettre l'accès facile, rapide et cohérent aux données.

Contribution

Cette thèse traite de la proposition d'un modèle de produit automobile piloté par les processus d'élaboration dans le contexte du développement d'un nouveau véhicule. Ce travail a été effectué dans le cadre d'une convention CIFRE avec le groupe PSA Peugeot Citroën. Il s'est orienté vers l'utilisation de la norme internationale STEP pour laquelle nous avons proposé des compléments conceptuels afin d'être normalisés au sein du protocole d'application 214.

La mise en place d'un nouveau modèle de produit au sein d'une entreprise ne peut

s'opérer sans avoir effectué auparavant une analyse du savoir-faire existant qui pilotera l'utilisation du modèle de produit en question. Pour ce faire, une partie de notre apport consiste en la proposition d'une méthodologie d'analyse. Celle-ci consiste à étudier l'aspect informationnel et le modèle de données de l'entreprise en vue d'éclairer la détermination des parties pertinentes et utiles à prendre en compte pour la formalisation du modèle de produit.

Cette thèse traite également de l'application de cette méthodologie. Une première application concerne l'utilisation du modèle que nous proposons, cohérent avec le protocole d'application normalisé 214 de la norme STEP. A partir du sous-modèle identifié, une étude des fonctionnalités d'utilisation et de manipulation de ce modèle est faite en traitant les aspects de navigation, de renseignement et de contrôle de cohérence. Ce sous-ensemble et les fonctionnalités associées sont implémentés dans un prototype informatique de démonstration s'appuyant sur un jeu de données industrielles. Une seconde application de la méthodologie concerne l'utilisation du modèle normalisé AP203 de la norme STEP dans le cadre d'un scénario industriel d'échanges de données d'un projet d'expérimentations entre un donneur d'ordre automobile et un de ses partenaires. Sur la base du sous-ensemble utilisé, une plateforme de démonstration a été construite afin de réaliser les échanges entre systèmes de SGDT et de CAO.

Structure de la thèse

Dans le premier chapitre, une présentation de la problématique générale de la thèse est faite en décrivant le contexte industriel dans lequel l'étude est réalisée, le processus de développement d'un nouveau véhicule et les faiblesses des outils actuels. Dans une seconde partie, les solutions qui doivent être mises en place afin de répondre aux besoins actuels et futurs seront évoquées.

Dans le deuxième chapitre, une première partie présente un état de l'art sur les modèles de produit utilisés en conception et les données qui décrivent ces produits. Une deuxième partie donne un état de l'art sur le standard d'échange et de représentation de données STEP. Les différentes parties de la norme y sont abordées avec une revue des différents projets d'implémentation de ce standard.

Le troisième chapitre présente la méthodologie originale d'analyse proposée pour la prise en compte des savoir-faire et besoins des utilisateurs d'une entreprise dans l'extraction du sous-ensemble d'un modèle de référence devant être mis en place dans cette même entreprise. Une comparaison de cette méthodologie avec une approche de normalisation est réalisée. Enfin, les interactions entre le modèle standard et le modèle utilisateur sont étudiées.

Dans le quatrième chapitre, le modèle de produit automobile proposé dans cette thèse est détaillé. L'élaboration de ce modèle utilise la méthodologie d'analyse précédemment développée avec pour modèle de référence celui du protocole d'application de la norme internationale STEP.

Le cinquième chapitre présente dans une première partie les fonctionnalités développées

sur la base du modèle de produit proposé dans le chapitre précédent en tenant compte des besoins de représentation exprimés par les utilisateurs finaux de ces fonctionnalités. Une deuxième partie aborde les différents problèmes de cohérence liés à la mise en place d'un tel modèle et des fonctionnalités associées.

Le sixième chapitre présente deux exemples de mise en application de la méthodologie présentée au cinquième chapitre. Le premier exemple traite de l'utilisation d'un sous-ensemble du modèle STEP AP203 dans le cadre d'un échange entre partenaires dans le contexte de la co-conception d'un produit pour le Grand Projet Innovant STEP AP203. Le deuxième exemple traite de l'utilisation du sous-ensemble du modèle AP214 décrit dans le quatrième chapitre au travers d'une application informatique prototype spécialement développée. Cette plateforme implémente les fonctionnalités présentées au chapitre 5.

Une conclusion générale synthétise l'apport du travail présenté et des perspectives de développements futurs sont évoquées.

Le document se termine par différentes annexes structurées en chapitres dont voici le contenu :

- L'annexe A présente le glossaire qui a été construit pour le Scénario Automobile du Grand Projet Innovant STEP AP203.
- L'annexe B contient les actigrammes du modèle informationnel du Scénario Automobile du Grand Projet Innovant STEP AP203.
- L'annexe C présente les UoFs du modèle de données utilisateur du Scénario Automobile du Grand Projet Innovant STEP AP203 représentés en EXPRESS-G.
- L'annexe D donne les tables de correspondances entre le modèle de données utilisateur et le modèle AIM de l'AP203 pour le Scénario Automobile du Grand Projet Innovant STEP AP203.
- L'annexe E présente enfin une série de modèles géométriques solides et surfaciques ayant été échangés par fichiers neutres au format AP203 entre plusieurs différents modeleurs de CAO.

Chapitre 1

Problématique générale

1.1 Introduction

Ce chapitre présente la problématique générale de la thèse. Dans une première partie, un état des systèmes de gestion de données techniques est fait. Celui-ci traite à la fois de l'architecture de ces systèmes mais aussi de la communication avec les fournisseurs.

Une seconde partie présente de façon macroscopique le schéma de développement d'un nouveau véhicule extrait d'une étude de processus PSA. Cette partie constitue un élément de référence pour l'étude présentée dans cette thèse.

Enfin, une conclusion présente des orientations qui sont à la base des fonctionnalités présentées au chapitre 5.

1.2 La gestion des données techniques dans l'industrie automobile

Avec l'apparition des systèmes informatiques, les entreprises se sont dotées d'applications afin d'assister les concepteurs de produits mécaniques et de leurs moyens de fabrication. Ce sont les outils de CAO, de calculs par éléments finis, de simulation, etc ...

Très rapidement, avec l'arrivée de la concurrence, les bureaux d'études ont dû faire face à des impératifs de réduction des coûts et des délais. Les concepteurs ont alors dû adapter leurs méthodes de travail par l'introduction du *concurrent engineering* [145] dans leurs services.

Les besoins d'outils informatiques permettant le stockage et la gestion des données techniques des produits se sont fait sentir. Dès lors, ces entreprises ont engagé l'étude et la réalisation de systèmes de gestion de données techniques propriétaires basés sur des SGBD du commerce tels que ORACLE. De tels systèmes ont été créés pour les besoins des études, des méthodes, la fabrication, les prototypes et même pour la gestion des modèles numériques issus des systèmes de CAO, de calculs, de mesures. Toutes ces applications forment une *architecture hétérogène* au sein de laquelle toute communication de données est difficile voire impossible compte tenu des données manipulées par chacune de ses composantes. Ceci impose donc le passage par des opérations de re-saisie des données pouvant

occasionner l'apparition de données erronées et donc incohérentes.

D'autre part, pour l'étude d'un produit, l'entreprise doit faire appel à des fournisseurs. Des échanges d'informations et de données numériques ont lieu entre des deux entités. Ceux-ci concernent principalement les modèles géométriques pour lesquels des formats neutres, tels que SET [4] et IGES [1], sont utilisés, les données de gestion faisant l'objet d'échanges sous forme papier.

La figure 1.1 synthétise graphiquement l'architecture actuelle des systèmes de gestion de données techniques de l'entreprise.

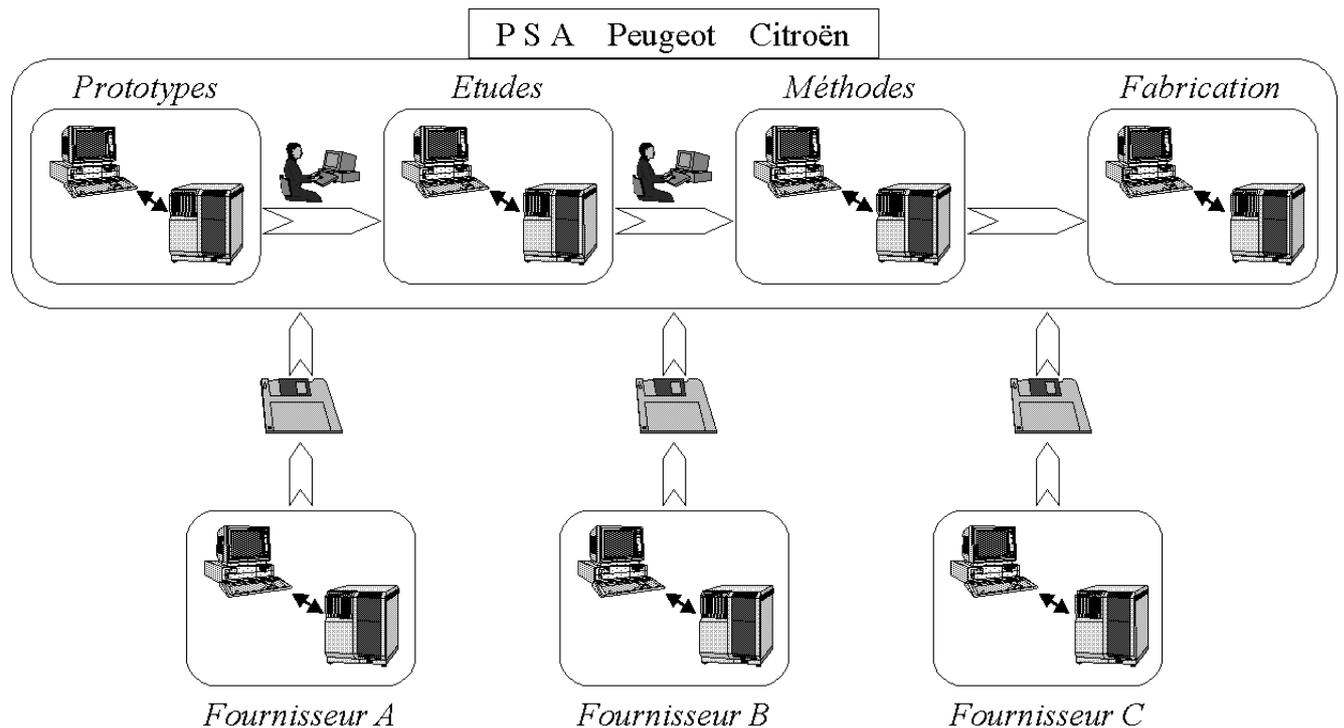


Figure 1.1 - Architecture actuelle des systèmes de gestion de données techniques de l'entreprise

Or, au cours de ces dernières années, la concurrence étant de plus en plus forte, la réduction des coûts et des cycles de développement des nouveaux véhicules est devenue une des principales préoccupations de l'entreprise. Pour ce faire, elles ont dû faire appel aux techniques de maquettes numériques avec l'objectif de réduire le nombre de prototypes physiques réalisés en utilisant différents outils de modélisation, simulation et validation numériques. D'autre part, des coopérations avec d'autres constructeurs automobiles dans le cadre de projets véhicules ou organes, ainsi que des relations de partenariat avec leurs principaux fournisseurs ont été développées. Ceci a pour objectif d'impliquer ces derniers dans les projets véhicules, et notamment dans les prises de décisions. On ne parle plus alors de sous-traitant mais de *co-traitant* ou *partenaire*. Le concept d'*entreprise étendue* est alors introduit. Celui-ci suppose l'accès aux données partagées de l'entreprises par ses partenaires. Ce besoin se fait aussi ressentir en interne de l'entreprise où les services des méthodes, de la fabrication souhaitent accéder au plus tôt aux données des études.

La mise en place d'un nouveau système de gestion des données techniques dans l'entreprise doit donc être envisagée afin de répondre aux différents besoins exprimés en interne. Ce système a pour mission de fédérer les données de l'entreprise et permettre le partage de celles-ci. Pour cela, l'utilisation d'un nouveau modèle de produit, comme modèle de référence du système, prenant en compte toutes ces contraintes doit être envisagé. La principale mission de système est de permettre l'intégration des applications et des métiers par les données qu'ils produisent [149]. Enfin, celui-ci doit pouvoir communiquer avec les systèmes d'entreprises extérieures telles que des partenaires.

La figure 1.2 présente l'architecture cible recherchée résultant des besoins précédemment évoqués [73].

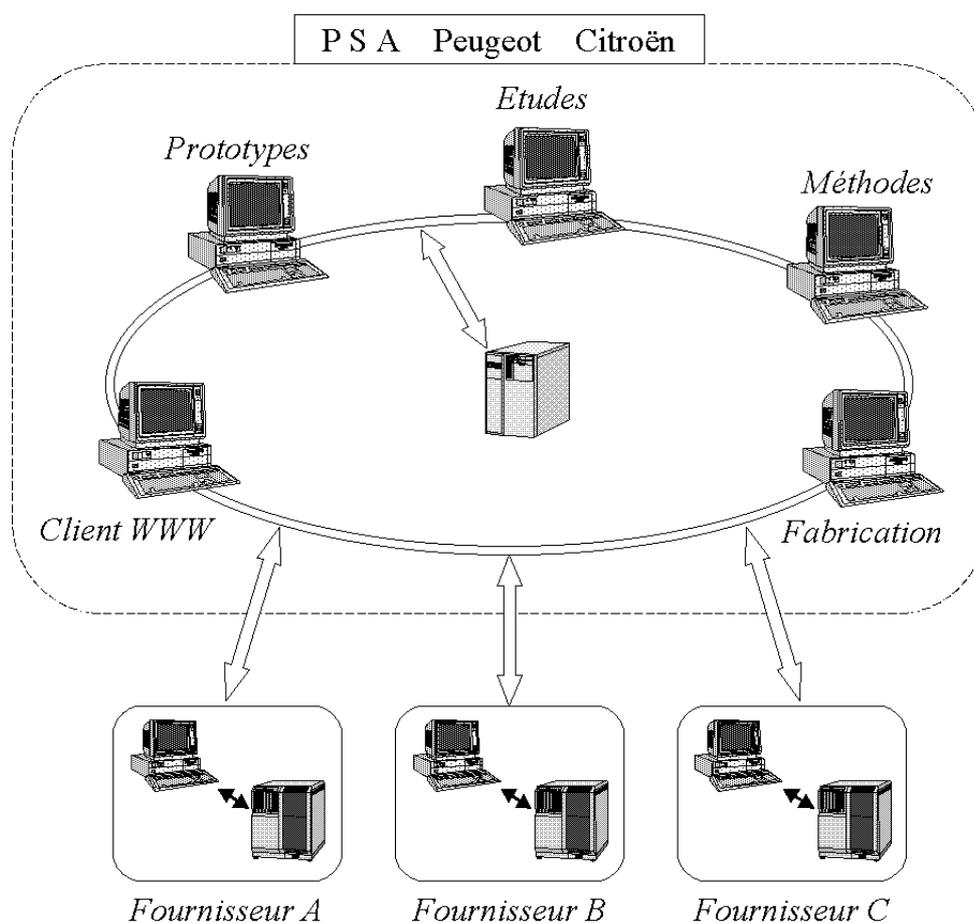


Figure 1.2 - Architecture cible recherchée pour le système d'information de l'entreprise

1.3 Schéma de développement d'un nouveau véhicule

Avant d'aborder la problématique directement liée au travail de thèse, il semble nécessaire et particulièrement intéressant de connaître le processus de développement d'un véhicule, chez PSA Peugeot Citroën, en terme de modèle informationnel. Le modèle présenté résulte d'une extraction réalisée sur le modèle provenant d'une étude de processus

effectuée en interne PSA Peugeot Citroën¹. Le travail présenté dans ce mémoire s'appuie en grande partie sur celui-ci.

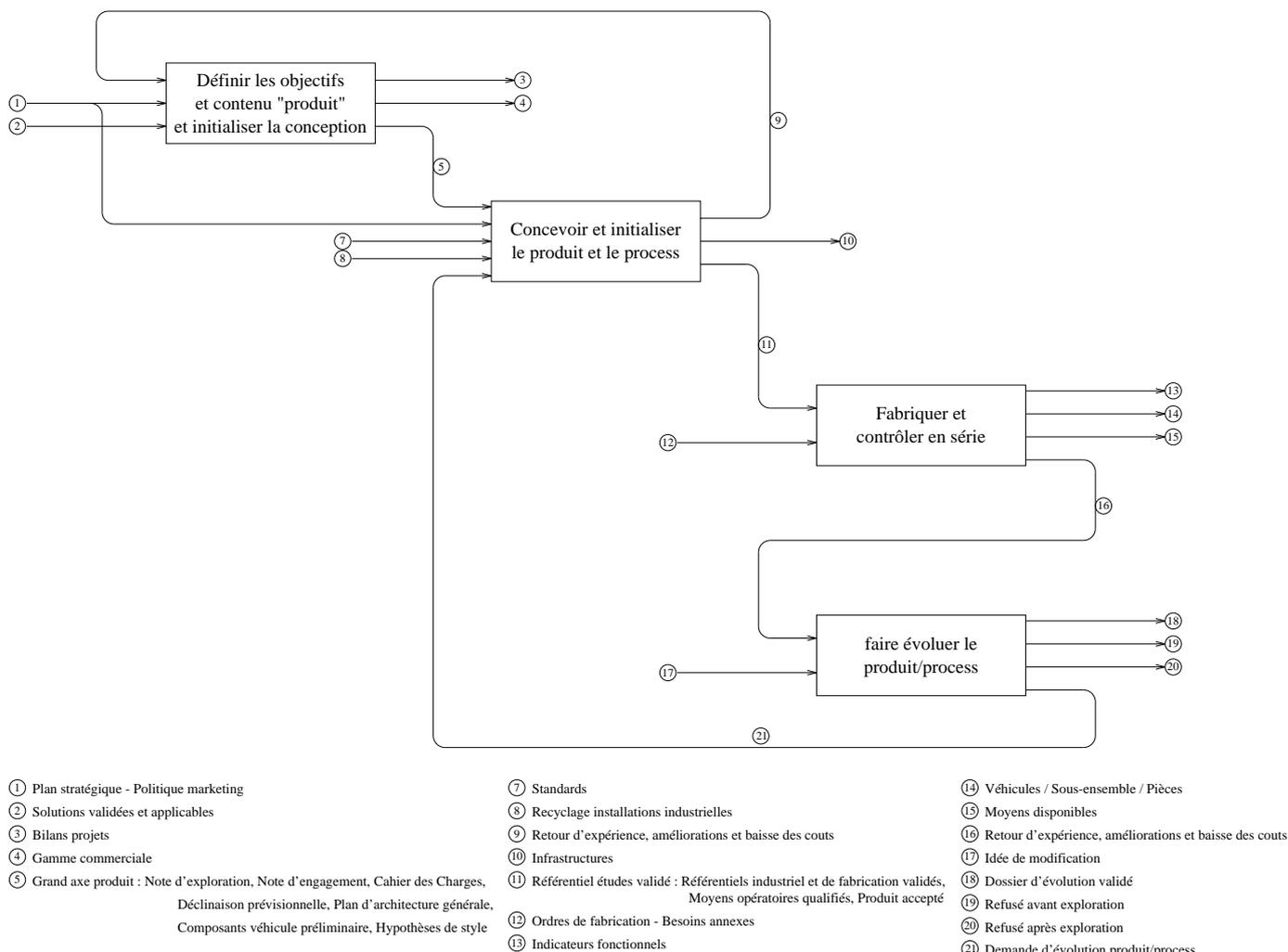


Figure 1.3 - *Processus de développement d'un véhicule*

Le développement d'un nouveau véhicule se compose de quatre grandes phases (voir figure 1.3) :

- La définition des objectifs et contenu du produit;
- La conception et l'industrialisation du produit et du process associé;
- La fabrication et le contrôle en production série;
- L'évolution du produit et/ou du process associé.

Chacune de ces phases est détaillée dans les sections qui suivent.

1. Voir l'étude des processus majeurs du groupe PSA Peugeot Citroën menée par l'équipe RPPA (Version 9 du 27/05/1997)

1.3.1 La définition des objectifs et contenu du produit

Cette phase est le point clé du développement d'un nouveau véhicule. En effet, c'est au cours de cette phase, à partir de données marketing, de l'orientation stratégique et de solutions nouvelles, que sont définies les orientations principales concernant le nouveau véhicule à lancer :

- La note d'engagement de la direction du groupe PSA Peugeot Citroën;
- Le Cahier des Charges du véhicule;
- La gamme commerciale par pays et le plan de lancement;
- La déclinaison produit (diversité).

C'est ainsi que sont définis le positionnement produit, les objectifs produit/marketing, les variantes de caisse, les principaux équipements, les familles de GMP², la diversité commerciale et industrielle, les volumes et sites industriels, les dates de lancement et de montée en cadence, les objectifs économiques, etc ...

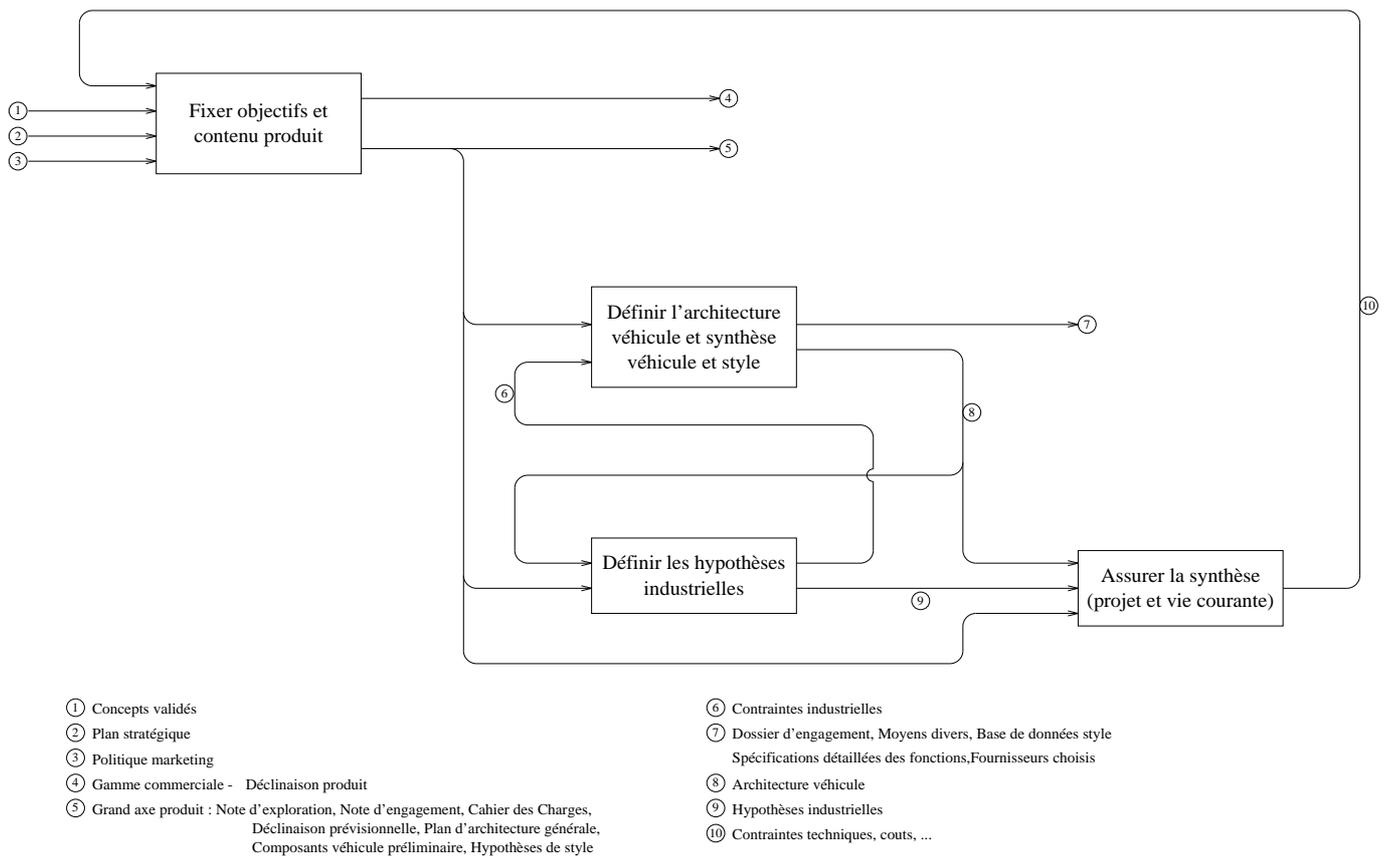


Figure 1.4 - Objectifs et contenu du produit

Sur la base de ces informations, des réflexions sont engagées sur deux points. Le premier concerne l'architecture et le style du véhicule. Une étude des fonctions véhicule y est

faite. Celle-ci fournit des spécifications techniques détaillées de ces fonctions ainsi que le choix des différents fournisseurs. L'architecture véhicule traite de l'étude d'implantation des différents organes en tenant compte des fonctions retenues pour le véhicule. Cette étude débouche sur la définition et/ou la spécification des volumes réservés, des objectifs (techniques, massiques et économiques), des silhouettes organes, des fiches fonctions, ainsi que la réalisation d'une maquette de référence au 1/5^{ème}. Enfin, une étude de style est menée pour l'intérieur et pour l'extérieur du véhicule en tenant compte de l'architecture du véhicule. Cette étude mènera, à partir de plusieurs hypothèses de style intérieur et extérieur, à la sélection d'un style final, à partir duquel la base de données style sera construite. Un dossier d'engagement est créé à partir des fonctions spécifiées, des choix fournisseurs, de l'architecture et du style retenu.

Le second point traite des hypothèses industrielles retenues pour le nouveau véhicule. Elles concernent les orientations retenues pour les moyens de production.

Les différentes spécifications, études et informations produites au cours de cette phase sont destinées d'une part aux négociations commerciales, et d'autre part à la phase d'études et d'industrialisation des produits et process associés.

1.3.2 La conception et l'industrialisation du produit/process

Lorsque les objectifs et contenu du produit sont définis, la conception des différents ensembles composant le véhicule peut être engagée. Celle-ci se base sur le Cahier des Charges et la Note d'engagement émis par la Direction du Groupe, en ce qui concerne les grandes directions technologiques, économiques, etc à suivre. Elle utilise également des solutions dites "sur étagère", qui sont des sous-ensembles réutilisables d'un véhicule à l'autre. La conception du produit a pour mission principale d'étudier, calculer et valider les différents sous-ensembles numériques ou physique du véhicule, chaque fonction ou solution étant validée par la réalisation d'un prototype, lequel est monté sur véhicule pour validation en fonctionnement. Afin de répartir et de structurer cette conception, cette activité est organisée par lots de conception, chaque lot répondant à une grande fonction véhicule. Au cours de cette étude, des échanges d'informations ont lieu de façon informelle entre les services d'études afin d'homogénéiser leurs produits respectifs en vue de faciliter les opérations de remontages des solutions produites et d'en effectuer la synthèse. A l'issue de cette phase, les définitions numériques, plans et nomenclatures sont disponibles.

Une fois les produits conçus et validés, la conception des moyens de fabrication des produits (gammes de fabrications, moules, ligne d'assemblage des véhicules, ...) peut débuter. A partir des plans et définitions numériques livrés par les études, une étude de faisabilité est menée afin d'étudier les gammes prévisionnelles pour l'outillage mais aussi pour le process de fabrication/assemblage des véhicules. C'est ensuite que sont menés en parallèle des avant-projets outillage et l'élaboration des process possibles, à l'issue desquels les choix des solutions finales sont faits. C'est alors que peuvent démarrer les projets d'études de chaque outillage, l'étude du process définitif et des implantations, cette dernière activité traitant de l'organisation des locaux, réseaux, fluides, etc. nécessaires à la production. A l'issue de cette phase, les gammes des méthodes, nomenclatures industrielles, chaînes de

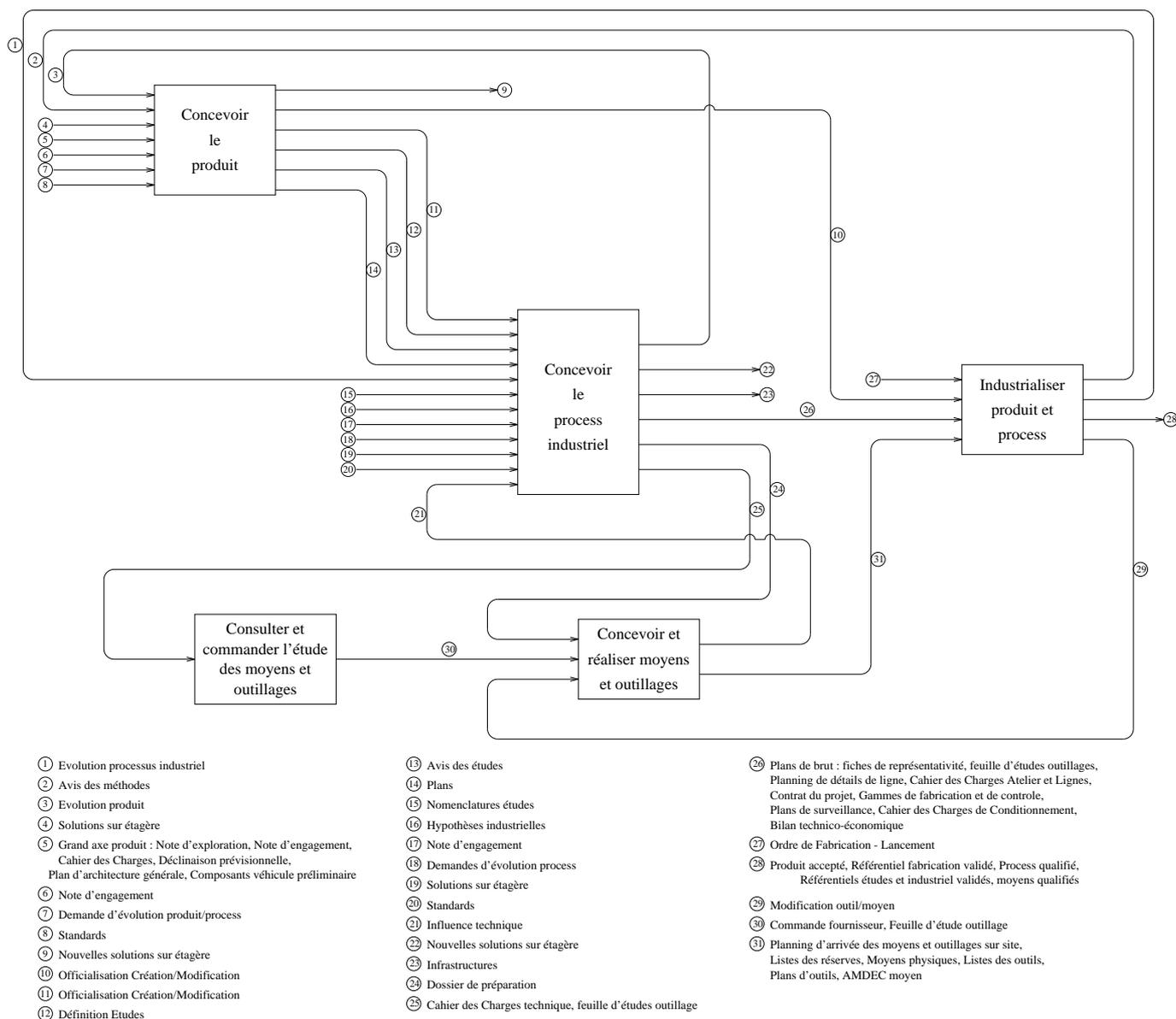


Figure 1.5 - Concevoir et industrialiser le produit/process

cotes, plans, dossiers de contrôle, plans d'implantation, locaux/infrastructures sont étudiés et disponibles. La réalisation des outillages peut maintenant être engagée soit par les services internes, soit par des fournisseurs extérieurs.

Dès l'instant où les produits et process sont conçus, l'industrialisation de ceux-ci peut être initialisée. Dans une première partie, elle se compose de deux phases se déroulant en parallèle. La première phase est la construction et l'ordonnancement des nomenclatures de fabrication à partir des nomenclatures études et méthodes. La seconde phase est la mise en place des outils et moyens de fabrication à partir des synoptiques et plans d'implantation. Une fois ces deux activités terminées, la validation des produits et process peut débuter, et ceci au travers de véhicules pilotes, de pré-séries et de tête de série.

1.3.3 La fabrication et le contrôle en série

Une fois les différents sous-ensembles du véhicule, leurs outillages et moyens de production respectifs étudiés, validés et industrialisés, la fabrication en série et le contrôle associé peut démarrer.

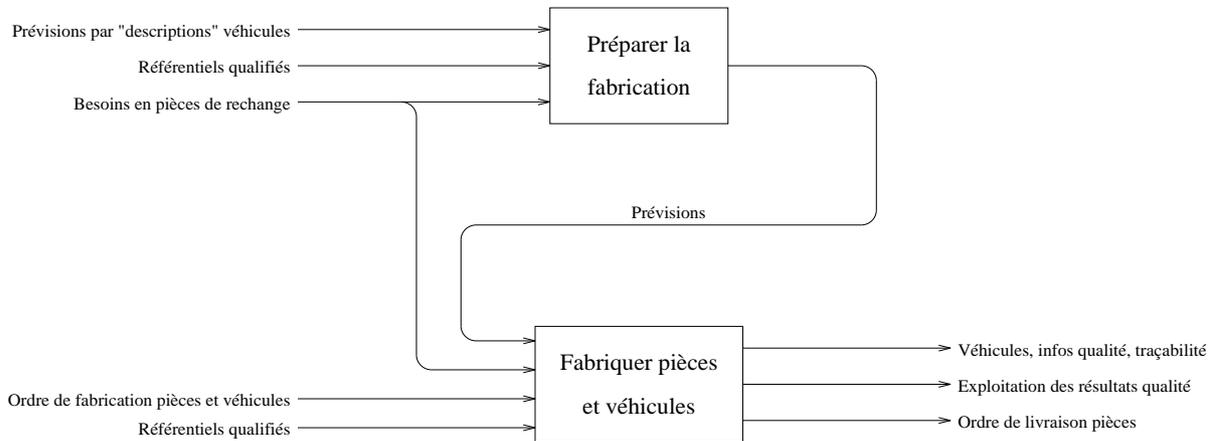


Figure 1.6 - *Fabriquer et contrôler en série*

Dans une première phase, à partir des prévisions émanant du commerce et des besoins en pièces de rechange, la préparation de la fabrication en série est faite. Celle-ci consiste à calculer les différentes grandeurs indispensables à la production telles que les besoins en brut, les besoins en effectif, mais aussi à préparer, équilibrer et actualiser le process et envoyer les prévisions en pièces aux différents fournisseurs.

Dans une seconde phase, à partir des prévisions et données calculées précédemment, la fabrication des pièces et véhicules est lancée. A partir des commandes en véhicules, les ordres de fabrication sont répartis sur les différents sites de production concernés. Sur la base des nomenclatures de fabrication, une recherche des composants du véhicule à produire est faite. A l'issue de celle-ci, les ordres de fabrication par composant sont engagés afin de les commander auprès du fournisseur précédemment retenu ou de lancer sa fabrication en interne. Une fois les composants du véhicule fabriqués et réceptionnés, le montage du véhicule est réalisé. En ce qui concerne les pièces de rechange, la procédure est légèrement différente car compte tenu des délais de livraison et du coût de fabrication de celles-ci, elles sont fabriquées et réceptionnées en lots pour être finalement stockées. C'est ensuite, qu'en fonction des commandes client, elles sont *déstockées* et expédiées.

1.3.4 L'évolution du produit/process

Lorsque les véhicules sont en production, les retours d'expérience permettent d'apprécier les performances des véhicules et de leurs composants, mais aussi celles de son outil de production. La présence de dysfonctionnements, des propositions d'amélioration, de baisse de coûts ou idées de modification peuvent alors être à l'origine de décisions de faire évoluer le produit et/ou le process. L'évolution du produit/process débute, à partir des besoins

(demande de correction de dysfonctionnement, d'amélioration, de baisse de coûts de production, etc.) ou idées de modification, par un dossier formalisant la demande d'évolution. Une fois rédigé, ce dossier fait l'objet d'un filtrage puis d'une analyse. Le dossier sera accepté, refusé ou fera l'objet d'une demande de complément. En cas d'acceptation, une évaluation de la modification demandée est faite afin de décider l'engagement éventuel de la modification. Le dossier d'évolution est alors validé et transmis aux services de conception et d'industrialisation du produit et du process.

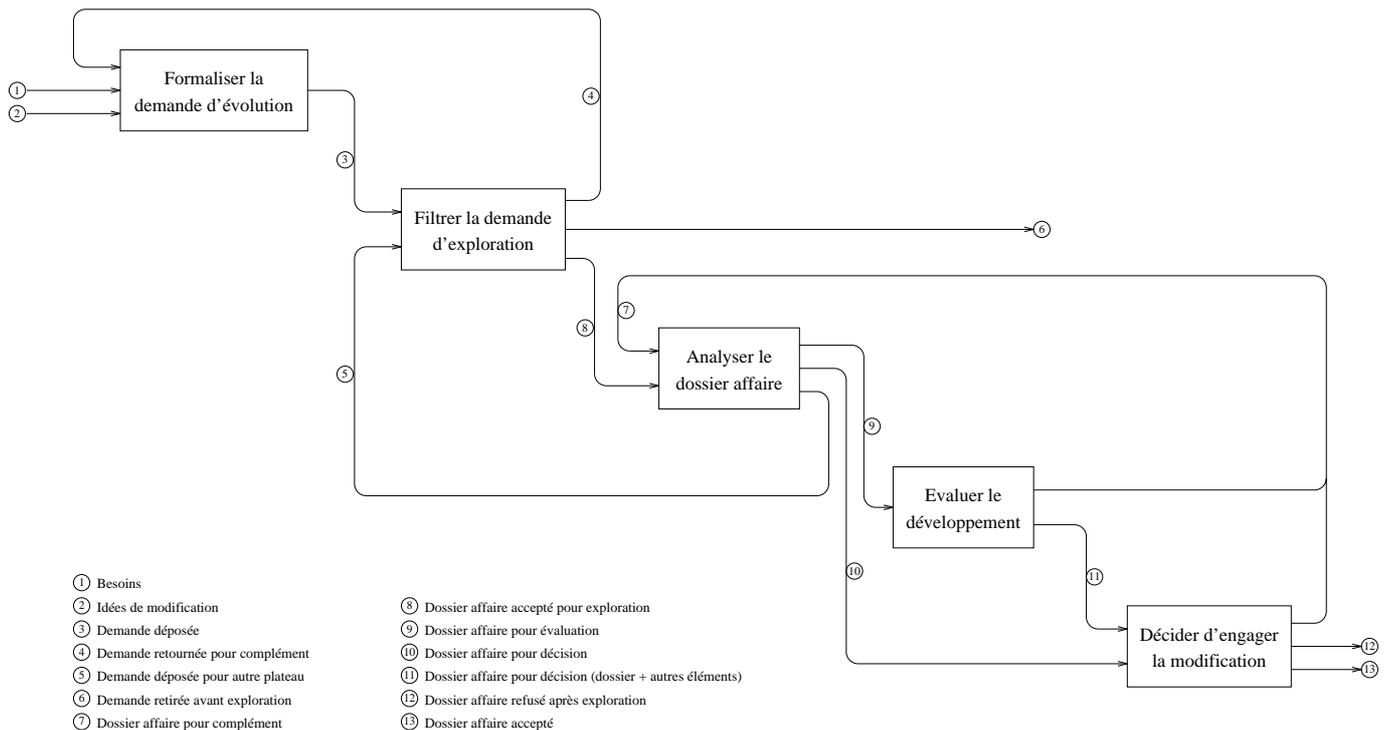


Figure 1.7 - *Faire évoluer le produit/process*

1.4 Conclusion

Sur la base des différents besoins exprimés dans les sections précédentes, l'étude d'un nouveau modèle de produit doit donc être engagée, et ceci en tenant compte des processus et données existant de l'entreprise. Ce modèle sera le modèle de référence du système de gestion des données techniques de l'entreprise.

Les besoins de communication et de partage de données avec les systèmes extérieurs étant, l'utilisation d'un modèle standard permettant ces échanges et partages doit donc être envisagée. La norme internationale STEP répond à ces exigences [82], notamment au travers de son protocole d'application 214 [21] qui propose un modèle de produit intégré répondant aux besoins d'échanges, de représentation et de stockage de données de l'industrie automobile. C'est pourquoi il est proposé de mener l'étude du modèle de produit en tenant compte de ce modèle standard, afin d'extraire le sous-ensemble correspondant au domaine traité, le développement d'un nouveau véhicule en l'occurrence.

Enfin, des études des fonctionnalités d'exploitation, d'utilisation et de consultation des données instanciées dans ce modèle seront faites. Elle devront permettre (voir la figure 1.8) :

- le pilotage de la granularité sur les plans fonctionnel, structurel, physique et économique;
- le pilotage de la cohérence, l'unicité et la complétude entre les différentes vues/modèles de représentation d'un objet, ainsi que la gestion par compromis de dépendances/contraintes entre métiers;
- le pilotage de l'extraction d'informations cohérentes par rapport à un objectif d'action;
- le renseignement des états afin de permettre, entre autre, des revues de projets;
- le renseignement des paramètres de gestion et d'organisation (acteurs, dates, approbations, validations, coûts, ...);
- l'aide à la navigation dans le modèle par la supervision des couches de pilotage et de renseignement.

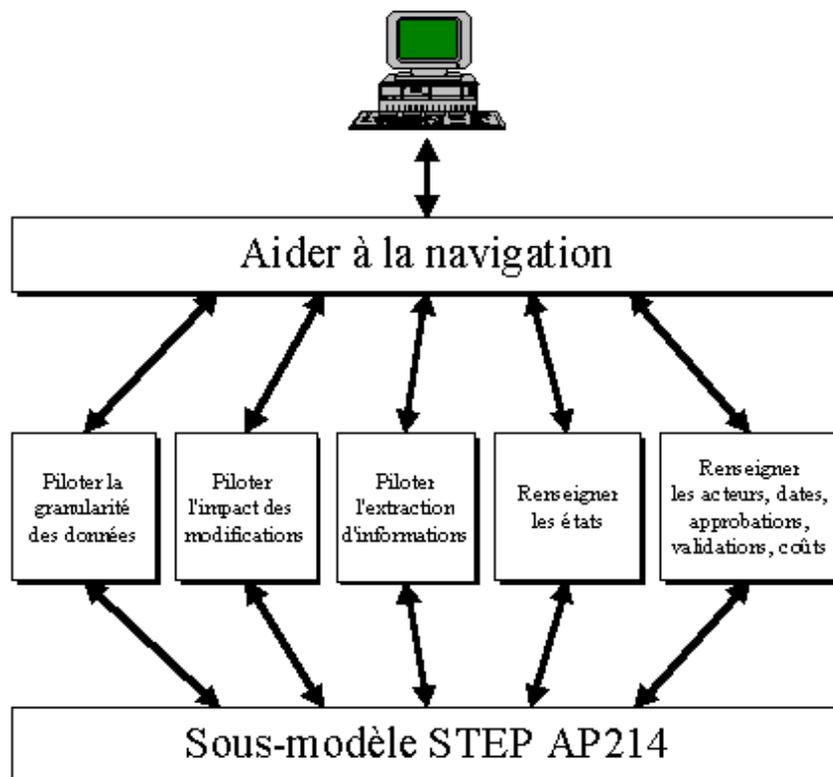


Figure 1.8 - Proposition de fonctionnalités à développer sur la base du modèle de produit [48]

Chapitre 2

Etat de l'art

2.1 Introduction

Dans ce chapitre est présenté un état de l'art lié à la problématique de la thèse. Une première partie traite des différents modèles de produit proposés dans différents travaux. Une seconde partie dresse un état de l'art sur le standard STEP et ses mises en œuvre.

2.2 Les modèles de produits

2.2.1 Introduction

La notion de modèle de produit résulte de la volonté de manipuler le produit par un modèle d'informations ne se limitant pas à une information géométrique. Cette notion trouve sa place dans la conception intégrée car celle-ci a besoin de manipuler de l'information concernant tout le cycle de vie du produit [95] (voir la figure 2.1).

De Martino [63] présente le modèle de produit comme étant :

Un modèle compréhensible représentant et supportant toute l'information du cycle de vie du produit de sorte que les activités concernées puissent trouver les informations qu'elles requièrent, tout en évitant la redondance et en gérant la cohérence.

Différentes approches de construction de modèles de produit sont présentées au travers de travaux de recherche, lesquels traitant différemment l'aspect structuration de ce modèle.

2.2.2 La structuration des informations du produit

Différents concepts sont utilisés dans les modèles de produit pour en structurer le contenu informationnel. Il s'agit des concepts de vues, de structures fonctionnelle et structurelle faisant l'objet des sections qui suivent [108].

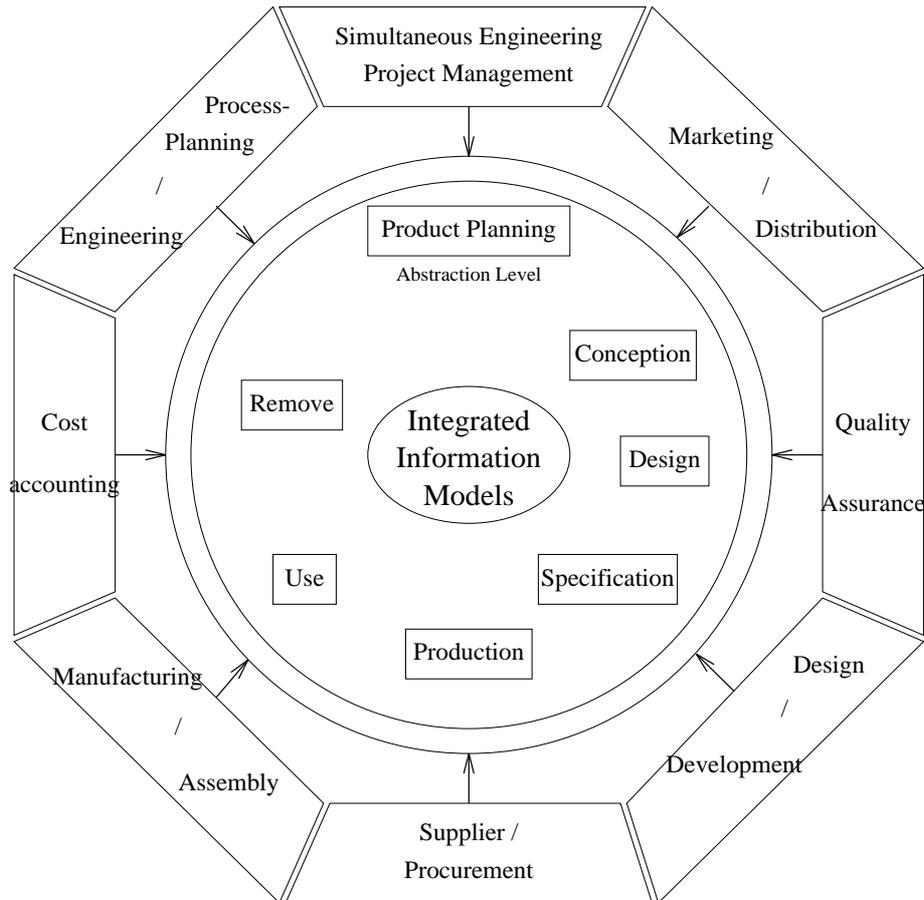


Figure 2.1 - Les différents stades du cycle de vie d'un produit [103]

2.2.2.1 Les vues sur le produit

La notion de vue est essentielle car elle permet aux acteurs de la conception d'un produit de se focaliser sur un sous-ensemble limité d'aspects de ce produit et de dialoguer avec son noyau de représentations [97, 65]. Dans une vue, les aspects présentés seront homogènes, exprimés dans un langage propre à l'acteur [104], dans son référentiel, et agencés de façon à respecter les méthodes et habitudes de travail. Ceci permet aux concepteurs d'avoir des perceptions différentes d'un même composant ou d'un même produit [147, 148]. On parle alors de vue métier [118, 44].

Dans des travaux récents, Seyf [144] propose une représentation multi-vues des données d'un produit. Ainsi, la pertinence de certaines propriétés et descriptions d'un produit dépend de la vue prise sur le produit.

Enfin, Harani [85] propose, dans ses travaux de thèse traitant de la capitalisation de la connaissance intervenant lors de la conception d'un produit à des fins de réutilisation, un modèle de produit pour les cas de conception routinière et de re-conception. Elle utilise le concept de point de vue pour structurer l'ensemble des caractéristiques du produit. Ainsi, dans son étude de cas de la conception d'un moteur électrique asynchrone, ce dernier possède les points de vue structurel, mécanique, électrique et magnétique.

2.2.2.2 Les aspects fonctionnel et structurel du produit

De nombreux travaux relatifs à la conception de systèmes mécaniques considèrent chacun des aspects fonctionnel et structurel du produit comme une vue de celui-ci. C'est le cas du système *MIDSYM* présenté par Mony [118] dans ses travaux de thèse proposant un modèle de produit pour la conception détaillée de système mécanique. Celui-ci comporte une vue fonctionnelle où une fonction est constituée d'un ou plusieurs composants et/ou entités fonctionnelles, et une vue structurelle où un ensemble mécanique est constitué d'un ou plusieurs composants et/ou pièces. Un lien entre ces deux vues est proposé par l'intermédiaire du composant qui appartient à chacune d'elles, mais aussi avec les fonctions, pièces et entités fonctionnelles. En effet, une fonction est assurée par une ou plusieurs pièces et réalisée par une ou plusieurs entités fonctionnelles, une pièce étant elle-même constituée d'une ou plusieurs entités fonctionnelles.

Saucier [138] et Vargas [154] proposent, dans le cadre du projet *DEKLARE*¹, un modèle de produit pour la conception routinière de produits mécaniques composé d'un modèle physique, d'un modèle fonctionnel et d'un modèle géométrique offrant ainsi au modèle de produit des descriptions fonctionnelle et structurelle du produit sous la forme de vue.

Chelghoum [52], dans ses travaux sur les données de conception, propose une structuration du produit au moyen de hiérarchies de décomposition fonctionnelle et structurelle. Il considère que le produit se décompose en blocs fonctionnels regroupant des pièces participant à une même fonction, et qu'un produit est composé de sous-ensembles structurels regroupant un ensemble de pièces (voir la figure 2.2).

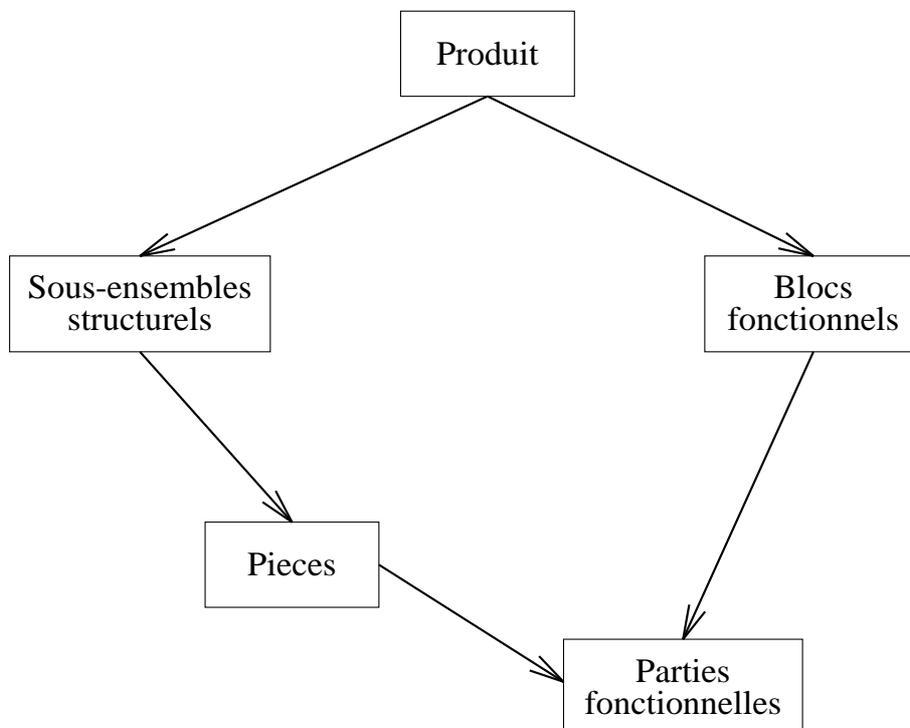


Figure 2.2 - *Hiérarchies structurelle et fonctionnelle* [52]

1. DEKLARE : **D**Esign **K**now**L**edge **A**cquisition and **R**edesign **E**nvironment

Enfin, Constant [55] propose un modèle fonctionnel de produit pour la conception intégrée de systèmes mécaniques. Celui-ci est implémenté dans la plateforme *SyGMoPro*² à l'aide du système *SHOOD* [122, 150, 151].

2.2.3 Les pièces et solutions techniques

Vargas [154] considère la pièce comme une feuille de l'arbre d'assemblage d'un article/produit. Elle considère également que les solutions techniques correspondent aux différents moyens de réalisation des fonctions élémentaires définies, une fonction contenant plusieurs solutions techniques mais n'étant satisfaite que par une seule d'entre elles.

Selon Mony [118], une pièce et un composant appartiennent à la structure physique du produit. Un composant est un système mécanique composé d'une ou plusieurs pièces et peut être standard (décrit dans une norme), commercialisé ou standard d'entreprise. Une pièce peut assurer plusieurs sous-fonctions de la structure fonctionnelle, et une fonction peut être assurée par plusieurs pièces.

Une pièce est souvent caractérisée par ses versions. La *version* est un concept décrivant l'évolution des produits [96]. Une classification des versions est proposée [36, 68] :

Un historique : Des versions peuvent représenter le développement d'études historiquement.

Une voie expérimentale de développement : Dans un processus de conception, de multiples versions peuvent être générées en tant que solutions alternatives.

Une variante : Un produit peut avoir deux variantes légèrement différentes.

Un développement concourant : Des versions séparées peuvent être utilisées pour permettre des modifications concourantes d'une étude. Les versions séparées sont postérieurement fusionnées en une seule.

Une correction d'erreur dans un composant précédent : Une raison pour créer une version co-existante est une correction dans une version d'un ancien composant quand, pour quelque raison que ce soit, le problème ne peut être résolu par le remplacement de l'ancienne version par une nouvelle.

2.2.4 La configuration des produits

Bourdichon [42] donne la définition de la configuration d'un produit :

La configuration d'un produit est un ensemble de caractéristiques fonctionnelles et techniques de ce produit décrites dans son système documentaire et atteintes par ses différents exemplaires.

2. SyGMoPro : Système de Gestion du Modèle Produit

Quelques travaux portent sur la gestion de configuration de produits ayant de nombreuses variantes [141, 142, 112, 110, 111, 128]. Ils évoquent les problèmes de classification et de description des produits par famille et ceci sans redondance d'information. Ainsi, Mac Kay [110] propose une définition d'une famille de produits :

Une famille de produit identifie les points communs et les différences entre les produits individuels qui forment une gamme de produits.

Les problèmes de représentation exhaustive des structures du produit pour les familles de produits à forte diversité sont alors posés.

Enfin, les récents travaux de Männistö [112] présentent un état de l'art sur les modèles de données de configuration de produits. Il souligne le fait que l'industrie prend conscience de l'importance de la gestion de configuration au regard de son activité. De plus, il évoque l'apport des travaux de normalisation de la norme STEP, au travers de ses ressources intégrées 41 et 44, et de son protocole d'application 214, dans le domaine de la gestion de configuration et principalement celle relative aux produits complexes à grande diversité, et propose une extension à cette norme afin de permettre une meilleure classification des familles de produits [113].

2.2.5 Conclusion sur les modèles de produit

Les différents modèles de produit qui viennent d'être présentés concernent la conception de produits mécaniques. Ceux-ci se limitent à des cas particuliers de conception tels que la conception routinière ou la re-conception. Ces modèles ne traitent qu'une partie du cycle de vie des produits, alors que les produits automobiles requièrent la prise en compte de la totalité de leur cycle de vie. Toutefois, certains éléments de structuration des informations présentés dans ces travaux sont pertinents pour notre travail. C'est le cas des structures fonctionnelle et structurelle, et des concepts de famille, pièce et solution technique qui seront retenus pour l'étude de notre modèle de produit.

2.3 Le Standard d'Échange de Données de Modèles de Produit - STEP

2.3.1 Historique des standards

Au cours des vingt dernières années, le taux d'équipement informatique des entreprises industrielles n'a cessé de croître avec des performances en constante amélioration, et ceci afin de répondre aux besoins des applications et techniques informatiques de plus en plus exigeantes. Ces applications servent des domaines divers et variés tels que la CAO mécanique [157], électrique, le calcul scientifique, la simulation numérique, la gestion de production, la gestion des données techniques, etc.

De plus, la concurrence se faisant, ces entreprises ont dû faire face à des impératifs de réduction de coût et de délais. Ceci nécessite une meilleure intégration de l'entreprise afin de permettre le travail en ingénierie simultanée [37]. Afin de supporter ces différentes techniques, on a dû faire appel à des techniques de communication telles que les échanges de données et le partage d'informations, accompagnées de la mise en place d'un système d'information basé sur un modèle de référence fédérateur [56, 152].

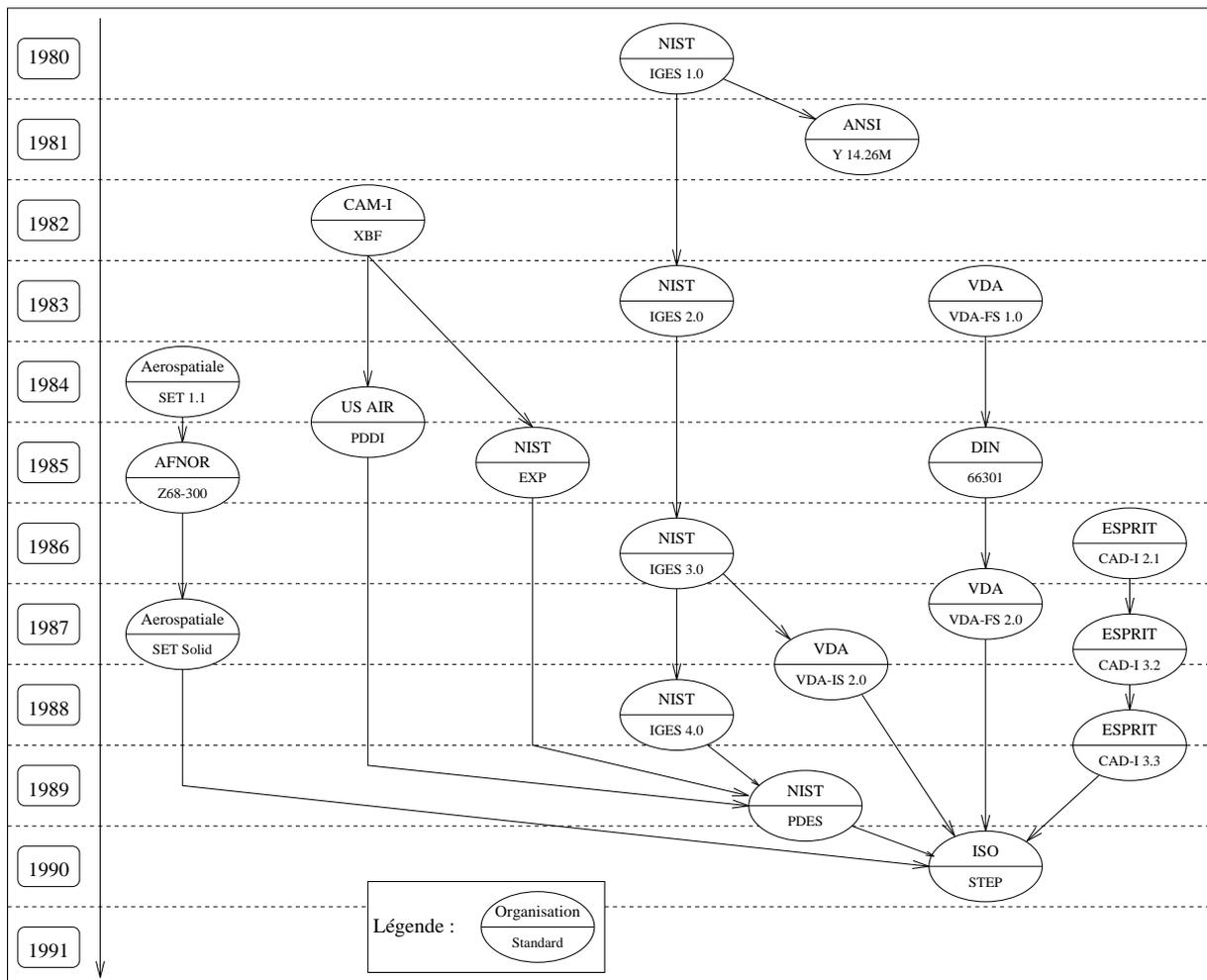


Figure 2.3 - Historique des standards [32]

Diverses actions, dont certaines normatives, ont alors été menées dans le domaine des échanges [153, 158] et partages de données (voir la figure 2.3):

- La norme française SET [4] sous la responsabilité de l'AFNOR et du GOSET;
- La norme américaine IGES [1, 39] sous la responsabilité de l'ANSI;
- La norme allemande VDA [2, 3] sous la responsabilité du DIN.

D'autre part, l'absence de standards internationaux a favorisé l'émergence de formats propriétaires d'échanges dits *standards de fait* tel que le format DXF de la société Auto-Desk.

2.3.2 Introduction à STEP

STEP, **ST**andard for **E**xchange of **P**roduct Model Data est un projet de norme internationale de l'ISO (**I**nternational **O**rganization for **S**tandardization): ISO 10303. Elle est développée au sein du groupe ISO/TC184/SC4, aux côtés des standards P-Lib [132, 165, 131, 64] qui traite des bibliothèques de composants et Mandate [57] qui traite des données de gestion de production [114, 163]. La mission de ce groupe est la construction d'un standard permettant de traiter la représentation et l'échange de modèles de produit en couvrant leur cycle de vie. Pour cela, STEP se doit d'être :

- un standard multi-applications traitant tous les produits manufacturés, tous les métiers et tous les stades du cycle de vie d'un produit [58, 116, 45];
- un standard multi-utilisations pour les échanges de données en définissant un format neutre, l'archivage en couvrant la durée de vie des produits, les bases de données produit en permettant l'intégration des applications.

2.3.3 La structure de STEP

L'architecture de STEP utilise sur les trois niveaux de l'architecture des Systèmes de Gestion de Base de Données de la norme ANSI/SPARC [60, 156, 34] qui sont les suivants (voir la figure 2.4):

- le niveau *applicatif* qui prend en charge la partie applicative, les protocoles d'application (voir au §2.3.9);
- le niveau *logique* qui prend en charge les structures de données génériques, les ressources intégrées (voir au §2.3.7);
- le niveau *physique* qui traite des méthodes d'implémentation, l'encodage de fichiers physiques et les bases de données (voir au §2.3.5).

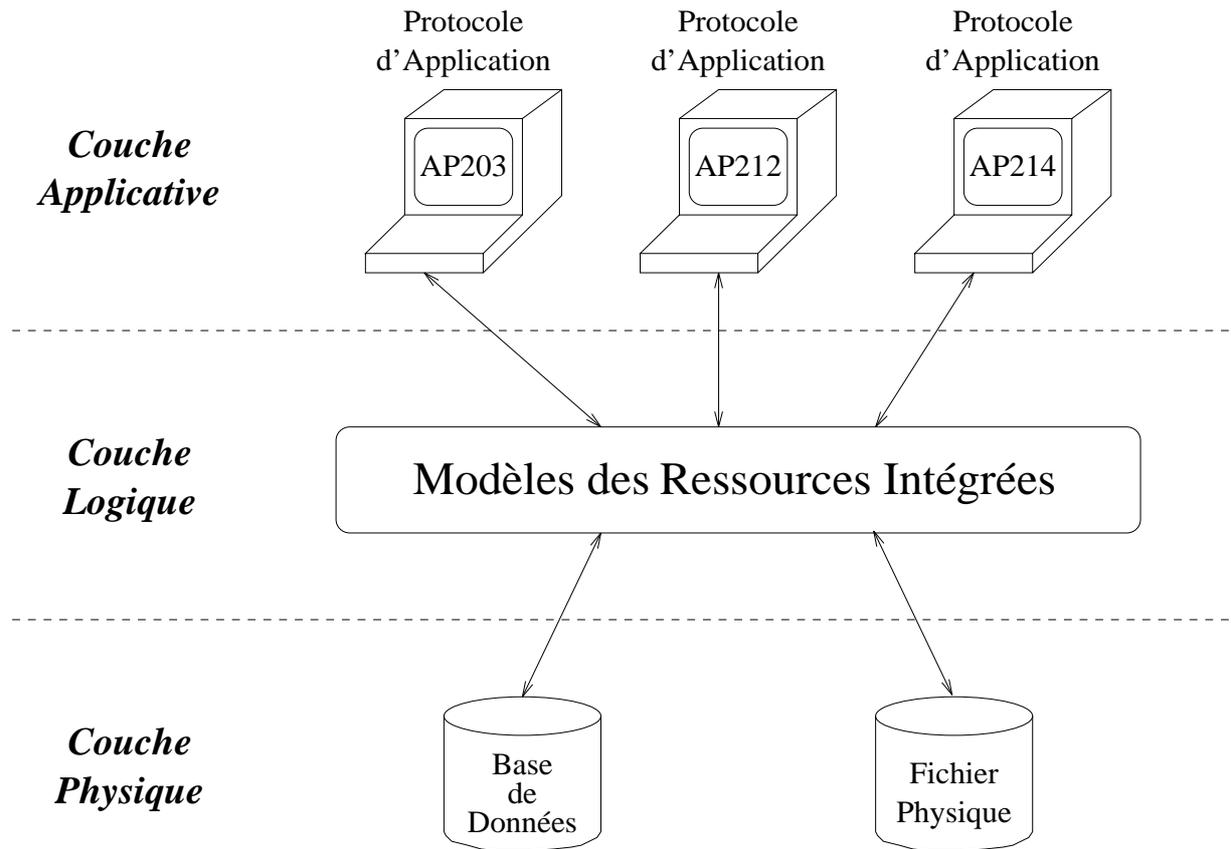


Figure 2.4 - L'architecture de STEP [75]

Compte tenu de l'architecture de base choisie et de la dimension du domaine traité par la norme STEP, l'ISO/TC184/SC4 a dû découper le projet en plusieurs parties [164, 38, 125, 34, 72, 40, 107] (voir la figure 2.5) :

- Aperçu et principes fondamentaux [7];
- Les méthodes de description;
- Les méthodes de mise en application;
- Les méthodologie et cadre général pour les essais de conformité;
- Les ressources intégrées génériques et applicatives;
- Les constructions interprétées applicatives (AIC);
- Les protocoles d'applications;
- Les tests de conformité pour les protocoles d'application.

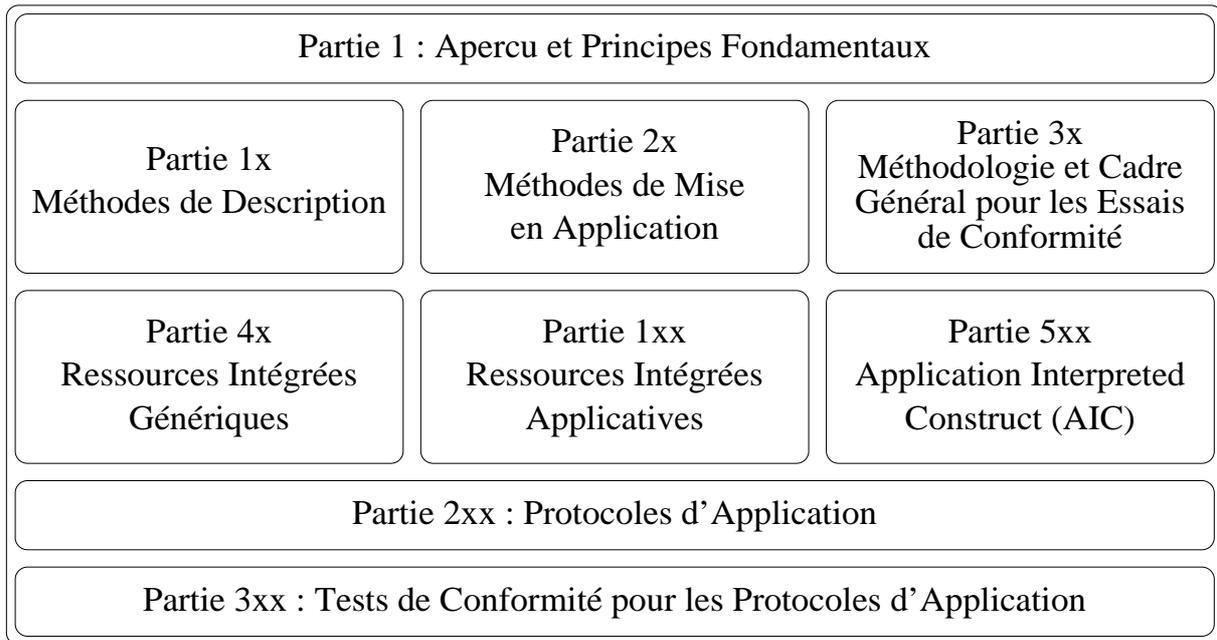


Figure 2.5 - Les parties du standard STEP

2.3.4 Les méthodes de description

Cette partie a pour objectif de décrire des langages et méthodes normalisés utilisés pour créer des représentations standard de données de produits. Plusieurs langages ont été créés parmi lesquels on trouve EXPRESS, EXPRESS-I et les langages de *mapping*. Un autre langage se trouve en marge de ces derniers, il s'agit du langage EXPRESS-P [121] qui est une extension du langage EXPRESS pour la modélisation des processus de fabrication et d'organisation.

2.3.4.1 Le langage EXPRESS

EXPRESS est la norme ISO 10303-11 [9]. C'est un langage de représentation formelle de données. Ce n'est pas un langage de programmation. Cependant, il reprend les concepts de plusieurs langages de programmation tels que ADA, C, C++, Pascal, SQL, Algol [34]. EXPRESS est ainsi muni des concepts orientés objet dont l'héritage et entités-relation [67].

Un des aspects clés d'EXPRESS est d'être à la fois interprétable informatiquement et lisible par l'homme. Il est conforme à une syntaxe formelle, ce qui permet aux modèles de pouvoir être validés et traités par des applications informatiques.

Le langage EXPRESS est basé sur les concepts suivants [72]:

Le schéma : EXPRESS permet la définition de modèles de données modulaires en partitionnant le modèle complet en schémas. Chaque modèle peut alors être composé de un ou plusieurs schémas, chaque schéma correspondant à un domaine d'intérêt caractérisé par un certain nombre d'objets. Le mot clé pour définir un schéma est **SCHEMA**.

Le type : Les primitives de base d'EXPRESS sont les types REAL, INTEGER, NUMBER, STRING, BOOLEAN, LOGICAL et BINARY. La création de nouveaux types, tels que des énumérations (des listes de valeurs) ou des sélections entre plusieurs types, reste néanmoins possible. Le mot clé pour définir un type est **TYPE**.

L'entité : Il s'agit de l'unité de base de définition des données dans EXPRESS qui permet la définition d'objets d'un schéma. Une entité peut contenir un ou plusieurs attributs définis par un type ou par une autre entité. Dans ce dernier cas, il s'agit d'une relation établie entre deux entités. Le mot clé pour définir une entité est **ENTITY**.

Le sous-type et le super-type : EXPRESS permet la généralisation/spécialisation des relations entre entités. En effet, si une entité est définie comme étant le sous-type d'une autre, elle hérite alors de toutes les propriétés de cette dernière (attributs, contraintes) qui est considérée comme étant son super-type. Il faut noter qu'une entité peut être le sous-type de plusieurs entités, l'héritage multiple est ainsi rendu possible. Enfin, les règles d'héritage peuvent être spécifiées au niveau du super-type. Le mot clé pour définir un sous-type est **SUBTYPE** et pour un super-type, **SUPERTYPE**.

L'agrégation : EXPRESS permet la définition d'agrégations d'entités. Pour ce faire, quatre types d'agrégation peuvent être utilisés. Il s'agit de :

- **SET** qui est une collection désordonnée d'éléments tous différents;
- **ARRAY** qui est une collection ordonnée et indexée d'éléments dont la multiplicité d'un ou plusieurs élément(s) y est possible;
- **LIST** qui est une collection ordonnée d'éléments dont la multiplicité d'un ou plusieurs élément(s) y est possible;
- **BAG** qui est une collection désordonnée d'éléments dont la multiplicité d'un ou plusieurs élément(s) y est possible.

Le type select : Il est utilisé pour permettre à différents types ou entités de jouer le même rôle. Le mot clé pour définir un type select est **SELECT**.

L'attribut dérivé : Il est utilisé pour définir un attribut dont la valeur est calculée à partir des autres attributs d'une entité. C'est par exemple le cas de la surface d'un disque pour lequel le rayon est le seul attribut défini. Le mot clé pour définir un attribut dérivé est **DERIVE**.

L'attribut optionnel : Celui-ci est utilisé lorsque la présence ou l'absence de la valeur de l'attribut n'affecte pas le sens de l'entité. L'affectation d'une valeur à l'attribut n'est donc pas obligatoire. Le mot clé pour définir un attribut optionnel est **OPTIONAL**.

L'attribut unique : Il est utilisé pour spécifier le caractère unique de la valeur d'un attribut d'une entité lors de l'instanciation de cette dernière. Le mot clé pour définir un attribut unique est **UNIQUE**.

L'attribut inverse : Les relations définies avec EXPRESS sont mono-directionnelles. Un attribut inverse permet de donner une définition à la relation dans le sens inverse.

La contrainte : Des contraintes peuvent être définies sur les attributs d'entités. Elles peuvent être locales à une entité ou globales pour s'appliquer à plusieurs entités. Le but est d'exprimer des règles de cohérence que doivent satisfaire les attributs d'une ou plusieurs entités d'un même schéma.

Les unités algorithmiques : EXPRESS offre la possibilité de définir des algorithmes pouvant être utilisés par les contraintes d'un schéma. Deux types d'algorithmes sont disponibles : la fonction dont le mot clé est **FUNCTION** et la procédure avec **PROCEDURE**.

L'interfaçage de schéma : La définition du contenu d'un schéma peut faire appel à des entités d'un autre schéma. On fait alors appel à la technique d'interfaçage qui permet de spécifier à la fois le schéma et l'entité utilisés. Les mots clé pour définir des interfaçage de schéma sont **USE FROM** et **REFERENCE FROM**.

Enfin, il faut noter qu'en 1996, un groupe de travail a été créé au sein de l'ISO TC184/SC4. Ce groupe a pour mission de créer une deuxième "version" d'EXPRESS, laquelle doit combler les faiblesses de ce langage tout en restant compatible à 100% avec la version initiale.

2.3.4.2 Le formalisme EXPRESS-G

EXPRESS-G est le formalisme de représentation graphique associé à EXPRESS [9]. Le but initial d'EXPRESS-G est de fournir aux lecteurs les informations nécessaires et suffisantes à la bonne compréhension de schémas définis en EXPRESS. Cependant, un diagramme EXPRESS-G n'est pas la transcription de la totalité des informations décrites avec EXPRESS, il en supporte le sous-ensemble suivant [134, 41] :

- les définitions de TYPE;
- les attributs;
- les relations et cardinalités;
- les références multi-pages;
- les références aux définitions dans d'autres schémas;
- les schémas et liens inter-schémas.

La symbolique de représentation d'EXPRESS-G est présentée en figure 2.6 [46].

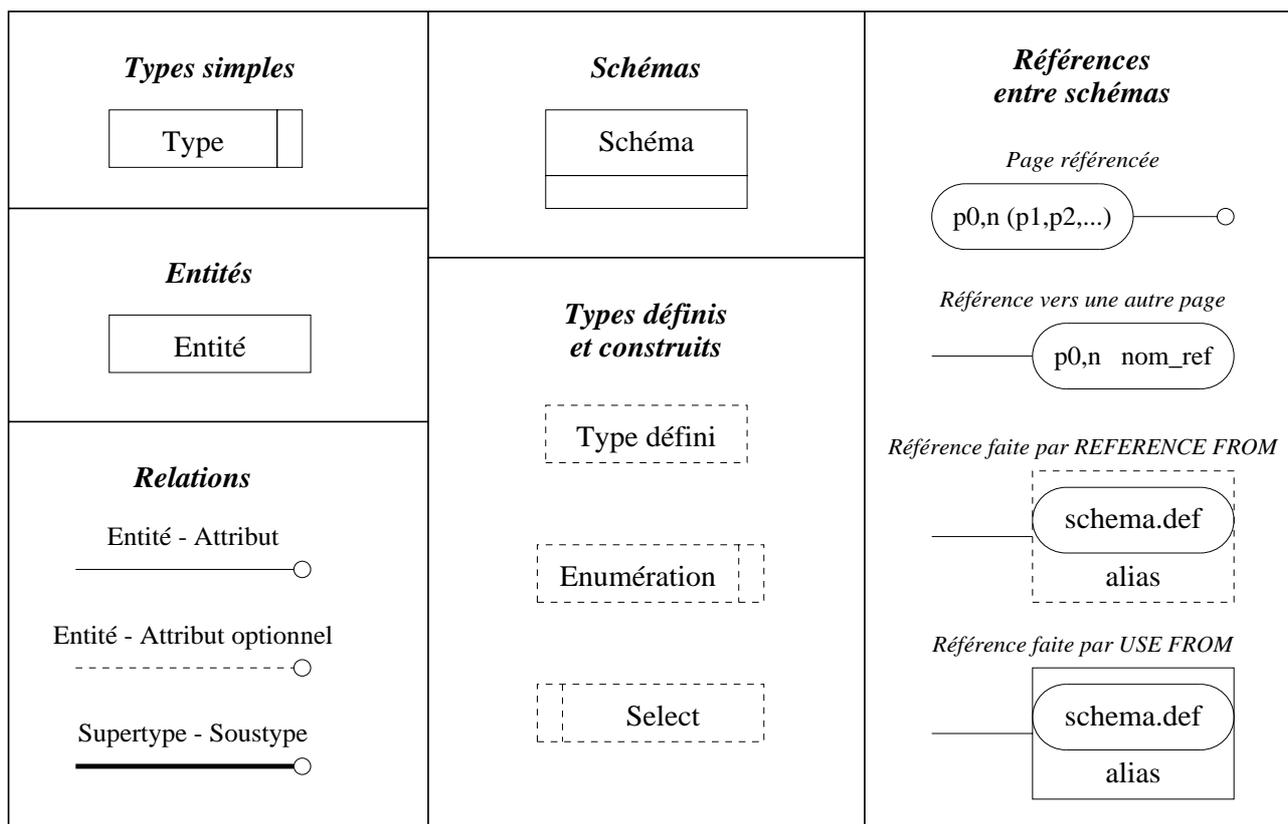


Figure 2.6 - La symbolique de représentation EXPRESS-G

2.3.4.3 Le langage EXPRESS-I

EXPRESS-I est la norme ISO 10303-12 [20]. C'est un langage d'instanciation pour le langage EXPRESS [140]. En effet, il permet, tout en conservant la syntaxe d'EXPRESS d'affecter des valeurs aux attributs d'un schéma. Ce langage permet :

- l'affichage d'instances de schémas;
- l'affichage d'instances de types et d'entités;
- la transformation de modèles EXPRESS en instances EXPRESS-I;
- la spécification de données de tests.

Un exemple de schéma EXPRESS et de son instanciation en EXPRESS-I est présenté dans le tableau 2.1.

2.3.4.4 Les langages de mapping

STEP utilise des techniques de mise en correspondance ou mapping entre différents schémas. De nombreux travaux ont été menés sur les langages de mapping. Ces travaux ont abouti sur la définition de différents langages tels que EXPRESS-M [17] et EXPRESS-V [146]. Des travaux de normalisation sont en cours afin de définir un langage de mapping, et ceci pour le compte de l'ISO [18].

<pre> EXPRESS SCHEMA Exemple; CONSTANT Mille : INTEGER := 100*10; Million : INTEGER := 1000000; END_CONSTANT; TYPE Monnaie = REAL; END_TYPE; TYPE Couleur = ENUMERATION OF (Rouge, Vert, Bleu); END_TYPE; ENTITY Bilan; Entrant : Monnaie; Sortant : Monnaie; DERIVE Position : Monnaie := Entrant - Sortant; END_ENTITY; ENTITY Fruit; Poids : REAL; END_ENTITY; ENTITY Pomme SUBTYPE OF(Fruit); Nuance : Couleur; END_ENTITY; END_SCHEMA; </pre>	<pre> EXPRESS-I SCHEMA_DATA Exemple; CONSTANT Mille == 1000; Million == 1000000; END_CONSTANT, Depense = Monnaie{300.00}; Revenu = Monnaie{100.00}; Avancer = Couleur{Vert}; Arreter = Couleur{Rouge}; Balance = Bilan{ Entrant --> @Revenu; Sortant --> @Depense; Position <-- -200.00; }; Repas = Fruit{ Poids --> 6.0; SupOf(@Midi) }; Midi = Pomme{ SubOf(@Repas) Nuance --> Couleur{!Rouge}; }; END_SCHEMA_DATA; </pre>
--	---

Table 2.1 - Le schéma EXPRESS et son utilisation EXPRESS-I associée [140]

2.3.5 Les méthodes de mise en œuvre

Cette partie définit des méthodes de traduction des données sous forme informatique. Elle concerne la couche physique de l'architecture ANSI/SPARC où les échanges peuvent s'effectuer sur plusieurs niveaux [72, 75, 99] :

Niveau 1 : Le transfert de fichiers passif. Ce niveau traite la conversion des données. L'échange des données s'effectue sous forme de fichiers. Ce niveau ne prévoit pas de procédures d'interrogation, de contrôles d'intégrité.

Niveau 2 : Le transfert de fichiers actif. C'est une extension du niveau 1. Ce dernier est enrichi de procédures standardisées d'accès aux données transférées ou SDAI (**S**tandard **D**ata **A**ccess **I**nterface). Les procédures d'interrogations, de contrôle d'intégrité y sont implantées.

Niveau 3 : L'accès aux bases de données partagées. Ce niveau combine la conversion et l'accès aux données. Les données sont stockées dans une base de données. Ce niveau utilise le SDAI.

Niveau 4 : La base de connaissance intégrée. Ce niveau est la combinaison de STEP avec les systèmes à base de connaissances et d'intelligence artificielle. Ce niveau peut être vu comme étant une composante d'un environnement de conception intelligent dans lequel les concepteurs disposent de technologies d'information avancées [133].

2.3.5.1 Les échanges de données par fichiers

STEP définit des méthodes d'implémentation pour l'échange et la manipulation d'informations décrites par des protocoles d'application (voir au §2.3.9).

La première méthode d'implémentation à être définie fut un format de fichier ASCII direct pour l'échange d'ensembles de données définis en EXPRESS. Ce format de fichier d'échange est la partie 21 de STEP [11]. Cette partie permet l'échange de données entre applications au sein desquelles un interface assure l'écriture et la lecture de ces fichiers [66, 124, 166].

Un exemple de fichier neutre et du schéma EXPRESS associé est présenté sur la figure 2.7. Enfin, la figure 2.8 présente l'architecture mise en place pour un échange de données par fichiers neutres conforme à STEP.

<pre> SCHEMA Exemple; ENTITY point x : REAL; y : REAL; z : REAL; description : STRING; END_ENTITY; ENTITY ligne point_1 : point; point_2 : point; END_ENTITY; ENTITY cercle centre : point; rayon : REAL; DERIVE diametre: REAL := rayon*2; WHERE rayon > 0.0; END_ENTITY; ENTITY bezier poly_ctrl : ARRAY [2:?] OF point; description : OPTIONAL STRING; END_ENTITY; END_SCHEMA; </pre>	<pre> ISO-10303-21; HEADER; FILE_DESCRIPTION ((''), '1') ; FILE_NAME ('unspecified', '1999-02-08T15:50:22-0', (''), (''), ''), 'Labo PL - ECP', 'Fred') ; FILE_SCHEMA (('EXEMPLE')); ENDSEC; DATA; #1 = POINT (0.0,0.0,0.0,'Origine') ; #2 = POINT (1.0,0.0,0.0,'Axe X') ; #3 = POINT (0.0,1.0,0.0,'Axe Y') ; #4 = POINT (0.0,0.0,1.0,'Axe Z') ; #5 = POINT (1.0,1.0,1.0,'Centre') ; #6 = LIGNE (#1,#2) ; #6 = LIGNE (#1,#3) ; #6 = LIGNE (#1,#4) ; #7 = CERCLE (#5,1.0) ; #8 = BEZIER ((#1,#2,#3,#4,#5),\$) ; END-ISO-10303-21; </pre>
--	---

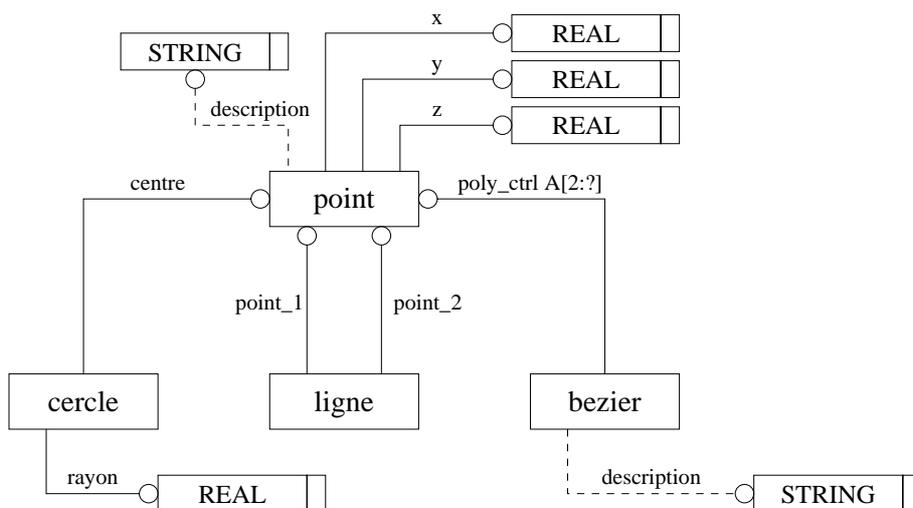


Figure 2.7 - Un schéma EXPRESS en haut à gauche, le diagramme EXPRESS-G associé en bas et un exemple de fichier part 21 en haut à droite

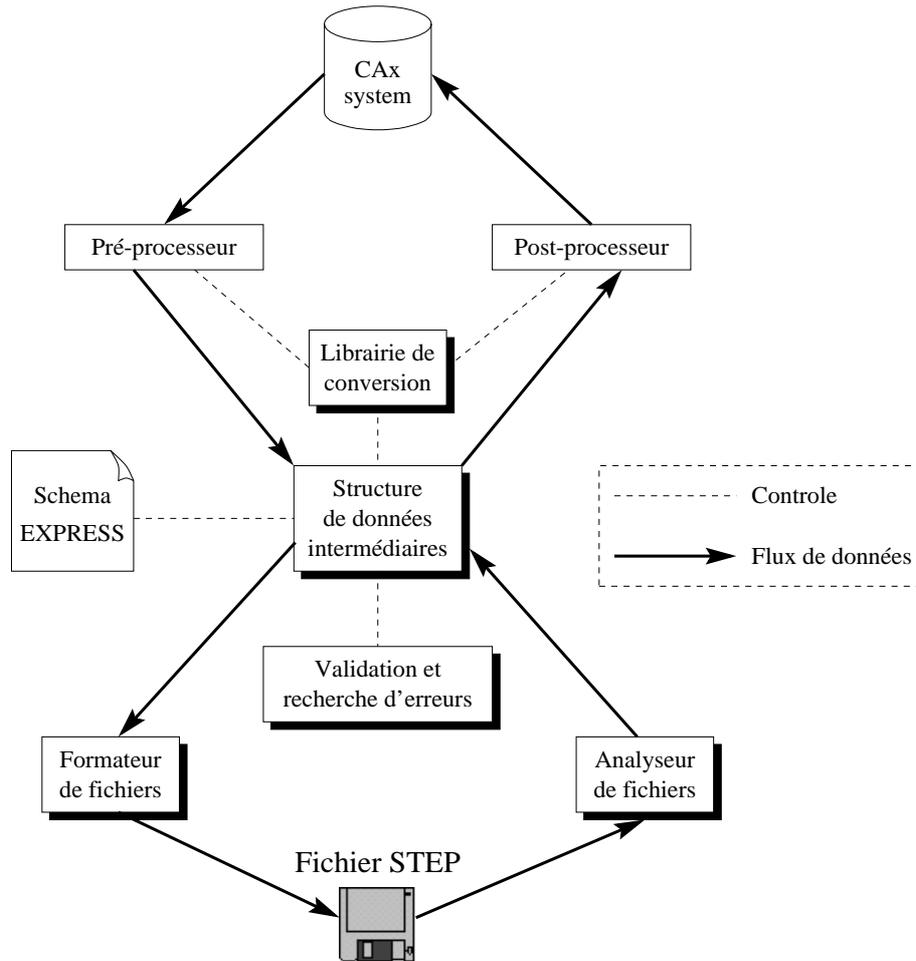


Figure 2.8 - Architecture pour l'échange de données STEP par fichier neutre [72]

2.3.5.2 Le partage de données

L'autre méthode d'implémentation de STEP est un protocole d'accès pour les bases de données définies en EXPRESS appelé SDAI. L'objectif de ce protocole doit réduire le coût de bases de données intégrées de produit en rendant portables des applications complexes d'ingénierie à travers des mises en œuvre de bases de données [100, 162]. Les fonctionnalités du SDAI doivent permettre les opérations suivantes [119, 120] :

- l'accès et la manipulation de données décrites avec le langage EXPRESS, de façon à ce que l'accès à une base de données s'opère à travers un schéma conceptuel, et non un schéma physique;
- l'accès à plusieurs bases de données par une simple application en même temps;
- l'exécution d'un ensemble d'opérations SDAI;
- l'accès à la définition EXPRESS de tous les éléments de données qui peuvent être manipulés par une application;
- la validation de contraintes définies en EXPRESS.

Le SDAI est décrit par plusieurs normes :

- La partie 22 [22] qui contient une description fonctionnelle des opérations SDAI [120].
- La définition des fonctionnalités de la partie 22 pour différents langages de programmation dit de *binding*. Ainsi, les parties 23 [23] et 24 [24] décrivent respectivement comment ces opérations sont mises à disposition des utilisateurs pour les langages C++ et C, et les parties 26 [25] et 27 [26] décrivent respectivement comment ces opérations sont mises à disposition des utilisateurs pour les environnements CORBA au travers du langage IDL et Internet/Intranet avec le langage Java.

Deux types de *binding* SDAI existent, il s'agit du *late binding* qui dépend de l'existence du dictionnaire de données pour l'environnement de logiciel. Celui-ci crée la définition EXPRESS pour chaque objet disponible pour une application. L'autre type de *binding* est le *early binding* qui ne dispose pas de dictionnaire de données [106].

La figure 2.9 illustre l'accès aux données partagées avec des applications utilisant le SDAI dans un environnement industriel distribué.

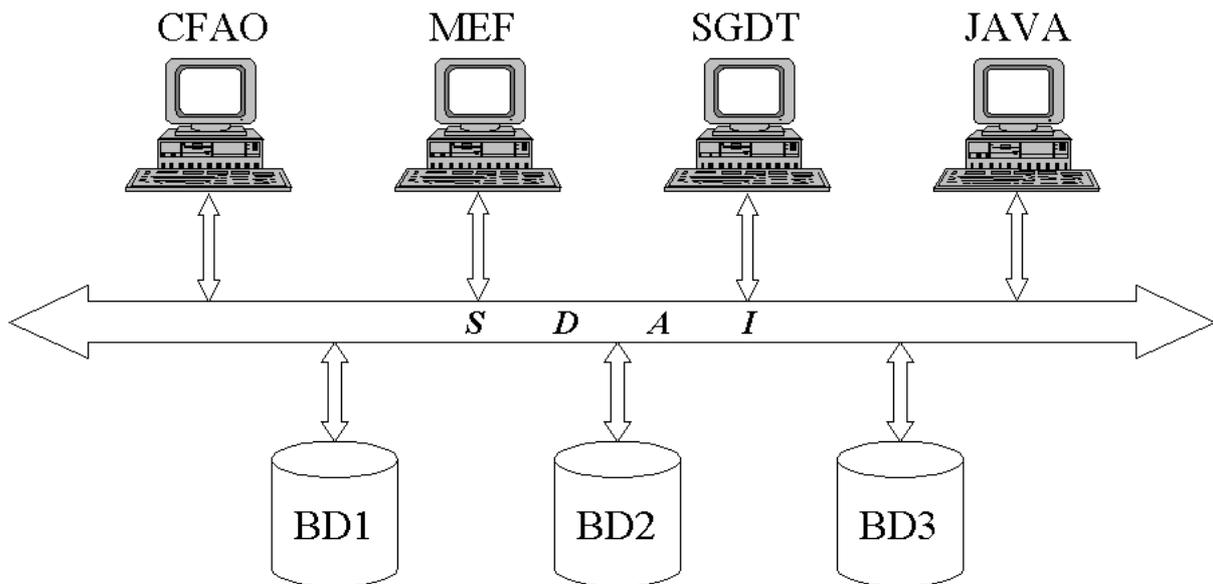


Figure 2.9 - Partage de données entre applications avec SDAI [46]

2.3.6 Les méthodes et cadre général pour les essais de conformité

Les parties 3x fournissent des méthodes de tests pour la vérification en conformité d'applications qui utilisent la norme STEP. Ces méthodes doivent assurer la répétabilité et la comparaison des tests, et garantissent la façon dont les tests ont été menés.

Enfin, les parties 3xx fournissent les méthodes de tests appliquées à un protocole d'application. Par exemple, la partie 303 traite des méthodes de test relatives au protocole d'application 203.

2.3.7 Les ressources intégrées génériques

Les ressources intégrées représentent le cœur de STEP. En effet, ce sont des schémas conceptuels décrivant un modèle de produit intégré pour tous les protocoles d'application (voir §2.3.9). Il existe deux types de ressources intégrées [93]. Les ressources intégrées génériques [12, 13, 14, 15, 27, 16, 28, 29], décrivent des caractéristiques très générales des produits à travers toutes les industries [78]. Les ressources intégrées applicatives [8] raffinent les ressources intégrées génériques jusqu'aux besoins d'une industrie particulière. Le tableau 2.2 donne la liste des ressources intégrées disponibles [34, 72] en conservant l'intitulé anglais d'origine.

Partie	Intitulé
Partie 41	Product Description and Support
Partie 42	Geometric and Topological Representation
Partie 43	Representation Structures
Partie 44	Product Structure Configuration
Partie 45	Materials
Partie 46	Visual Presentation
Partie 47	Shape Tolerances
Partie 49	Process Structure and Properties
Partie 101	Draughting Resources
Partie 102	Ship Structures
Partie 103	Electrical/Electronics Connectivity
Partie 104	Finite Element Analysis
Partie 105	Kinematics

Table 2.2 - *Les ressources intégrées de STEP*

2.3.8 Les Application Interpreted Construct

Un nouveau type de construction a été introduit dans STEP, il s'agit des AIC (**A**pplication **I**nterpreted **C**onstruct) qui permettent de décrire les modules interopérables des définitions partagées par de multiples protocoles d'application [109]. Les AIC sont des ensembles de définitions raffinées qui doivent être utilisés comme des unités simples sans aucun raffinement additionnel [106].

2.3.9 Les protocoles d'application

Les protocoles d'application sont des modèles d'information spécifiques à une industrie pour échanger des données d'activités du cycle de vie d'un produit. Chaque protocole d'application définit un ensemble d'activités et de besoins informationnels dans le cycle de vie d'un produit, et un schéma formel de ces besoins qui est rattaché à un modèle de produit intégré partagé par tous les protocoles d'application (AP). Ce modèle de produit intégré n'est autre que les ressources intégrées qui ont pour mission d'assurer l'interopérabilité entre les différents protocoles d'application [161].

Chaque AP couvre une portion du cycle de vie d'un produit [31]. Par exemple, l'AP203 se focalise davantage sur le domaine de la conception 3D d'ensembles mécaniques avec gestion de configuration. Le tableau 2.3 dresse une liste non exhaustive des protocoles d'application disponibles [34, 72] en conservant l'intitulé anglais d'origine.

Partie	Intitulé
Partie 201	Explicit Draughting
Partie 202	Associative Draughting
Partie 203	Configuration Controlled Design
Partie 207	Sheet Metal Die Planning
Partie 209	Design Through Analysis of Composite and Metallic Structures
Partie 213	Numerical Control Process Plans for Machined Parts
Partie 214	Core Data for Automotive Mechanical Design Processes
Partie 222	Design to Manufacturing for Composite Structures
Partie 227	Plant Spatial Configuration
Partie 232	Technical Data Packaging

Table 2.3 - Les protocoles d'application de STEP

De façon à intégrer le mieux possible les besoins des utilisateurs, l'ISO propose une méthodologie pour l'élaboration de ces protocoles d'application. Cette méthodologie, qui est une approche de type *top-down*, impose le passage par les phases [89, 109, 71, 98] de la figure 2.10. Ces différentes phases sont détaillées dans les sections qui suivent [126].

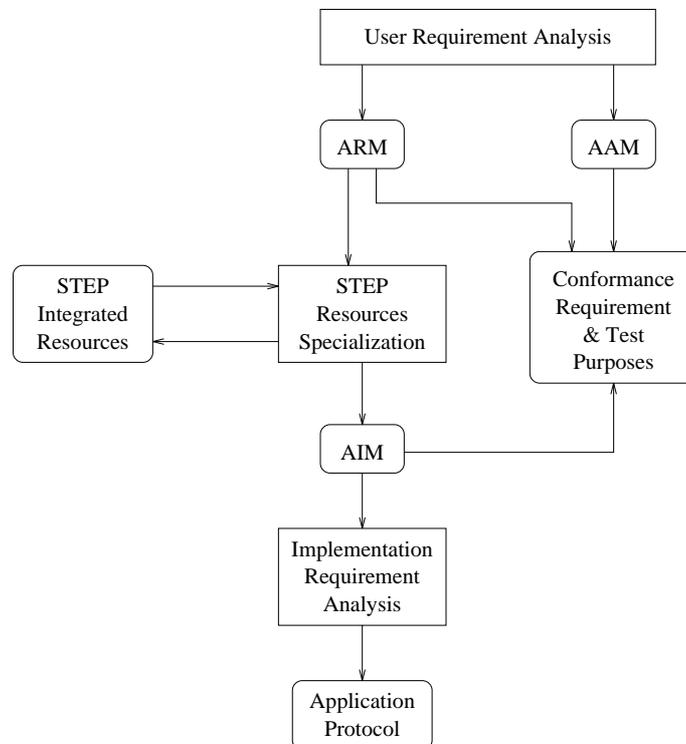


Figure 2.10 - Processus de développement d'un protocole d'application [53]

2.3.9.1 Le modèle AAM

Le modèle AAM, **A**pplication **A**ctivity **M**odel, est le modèle informationnel du domaine d'application du protocole d'application. Il permet de mettre en évidence les différentes activités du domaine et les flux d'information entre celles-ci [155]. Un glossaire du vocabulaire utilisé par les experts du domaine est alors créé. Les activités et flux d'information à prendre en compte pour la suite des travaux en sont déduits. Cette modélisation est formalisée par des diagrammes IDEF0 [5].

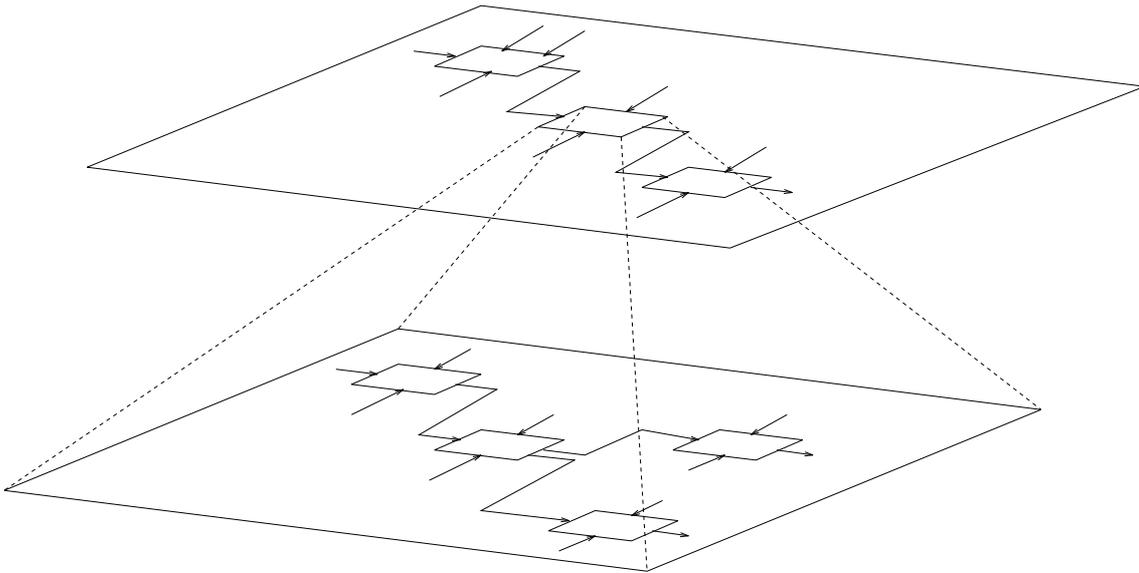


Figure 2.11 - La décomposition d'activités par niveaux avec IDEF0

Un modèle IDEF0 se compose d'actigrammes décrits à l'aide d'activités reliées entre elles par des flux de données [61]. Ces activités peuvent se décomposer en un actigramme lui-même composé d'autres activités (voir la figure 2.11). Les données intervenant dans une activité sont de 4 types (voir la figure 2.12) [92, 105] :

- les *données d'entrées* transformées, modifiées ou subissent un changement d'état de la part de l'activité;
- les *données de sorties* créées et générées par l'activité;
- les *données de contrôles* qui influent sur le comportement de l'activité concernée. Elle contraint l'activité sur la façon avec laquelle elle sollicite l'entrée (effet déclenchant ou inhibiteur);
- les *mécanismes* ou *supports d'activité* utilisés pour expliciter le "comment" ou le "qui" de l'activité en question.

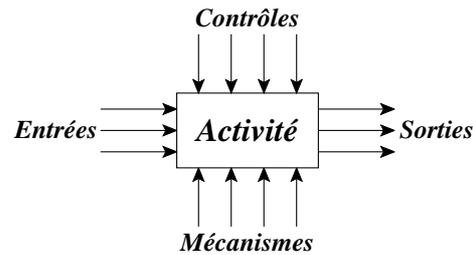


Figure 2.12 - Le formalisme de représentation IDEF0

2.3.9.2 Le modèle ARM

L'élaboration du modèle ARM, **A**pplication **R**eference **M**odel, est une phase au cours de laquelle est défini le modèle de données utilisateur sur la base de l'AAM. Ce modèle est structuré à l'aide d'UoFs [33] (**U**nit **o**f **F**unctionality) ou unité de fonctionnalité qui sont des regroupements d'objets participant à une fonction donnée dans le domaine d'application. Le modèle de données utilisateur correspond à une formalisation avancée des données manipulées par les utilisateurs en utilisant le vocabulaire de ceux-ci. Cette modélisation est faite à l'aide d'un des formalismes IDEF1X [6], NIAM [84] ou EXPRESS.

2.3.9.3 Le modèle AIM

La définition du modèle AIM, **A**pplication **I**nterpreted **M**odel, est la phase au cours de laquelle le modèle de données de référence est défini à partir du modèle ARM et des ressources intégrées. Cette opération appelée *mapping* consiste en une mise en correspondance des données utilisateurs et avec les ressources intégrées génériques et applicatives [33, 89]. Pour cela, on construit une table de correspondance qui contient, pour une entité utilisateur, l'entité de l'AIM correspondante, la ressource intégrée source, le chemin d'accès à cette entité dans la structure de données de ressources intégrées, et les règles globales et/ou locales s'appliquant à l'entité. Le modèle de données de référence est modélisé en EXPRESS. Deux modèles peuvent alors être produits : la forme courte qui ne donne pas la définition EXPRESS des entités reprises des ressources intégrées mais les références par REFERENCE FROM et USE FROM, et la forme longue qui donne la définition EXPRESS du protocole d'application dans sa globalité.

2.3.9.4 Les classes de conformité

Le domaine couvert par un protocole d'application étant souvent vaste, la mise en œuvre complète de celui-ci s'avère difficile, voire impossible. C'est le cas de protocoles d'application tels que l'AP214 et l'AP212 qui traitent tous les deux des domaines très vastes.

Dans le but de faciliter leur implémentation, ces protocoles d'application font l'objet d'un découpage en sous-ensembles distingués en fonction des types de fonctionnalités recherchées. Ce sont des classes de conformité. Ainsi, une classe de conformité consiste en un regroupement d'une ou plusieurs unités de fonctionnalité (UoF).

2.3.10 Le protocole d'application 203

Objectifs du protocole d'application

Le protocole d'application 203, normalisé (statut IS) depuis 1994 [10], a pour objectif de couvrir les données associées à un produit lors de sa phase de conception, de type géométrique, définition et contrôle de la configuration de ces produits. Il a été conçu dans le but de servir de base à la mise en œuvre de systèmes ouverts de gestion de données techniques couplés à la conception géométrique assistée par ordinateur [69, 102]. Il doit donc permettre :

- La définition géométrique du produit;
- L'identification des liens produit/fournisseurs/clients;
- La description des modifications et livraisons du dossier de conception;
- L'historique du dossier de conception de l'initialisation à la livraison;
- Les relations des composants au produit complet;
- La distinction entre concept de produit et produit commercialisé;
- L'identification des fournisseurs qualifiés du dossier de conception ou du produit;
- L'identification des informations complémentaires liées aux matériaux, processus, finitions et autres caractéristiques de conception du produit sous forme de documents externes.

Domaines couverts

Les domaines couverts par le protocole d'application 203 sont :

Identification des pièces : Description des pièces, de ses versions et des différentes vues associées à une pièce.

Identification des sources d'information : Identification des organisations responsables de la fourniture d'une pièce.

Structure des composants : Description des relations père/fils entre composants d'un assemblage. Définition de la position d'un composant dans un ensemble. Identification des pièces interchangeables, des composants de remplacement.

Définition géométrique des produits : Définition des aspects géométriques et topologiques nécessaires à la description du produit au moyen de plusieurs types de représentation (filaire, surfacique, solide facettisé ou solide exact).

Informations de conception : Identification des documents liés aux produits tels qu'un cahier des charges, la caractérisation d'une opération de fabrication, d'un état de surface, d'une propriété de matériau,

Historiques et évolutions : Définition de l'historique des versions d'une pièce. Description de la demande initiale de création d'un produit et des différents changements demandés ou effectués.

Informations d'acceptation : Identification de l'acceptation d'informations caractéristiques d'une pièce, à une date donnée, à un niveau donné et par un ensemble de personnes habilitées.

Identification des produits commerciaux : Identification des produits et configurations vendus aux clients de l'entreprise.

Informations de validité de l'utilisation d'un produit : Définition des informations relatives à la validité de l'utilisation d'un composant dans une configuration du produit pour le client.

La figure 2.13 présente l'organisation générale de ce protocole d'application en terme de concepts abordés, une flèche représentant l'application d'un élément vers un autre.

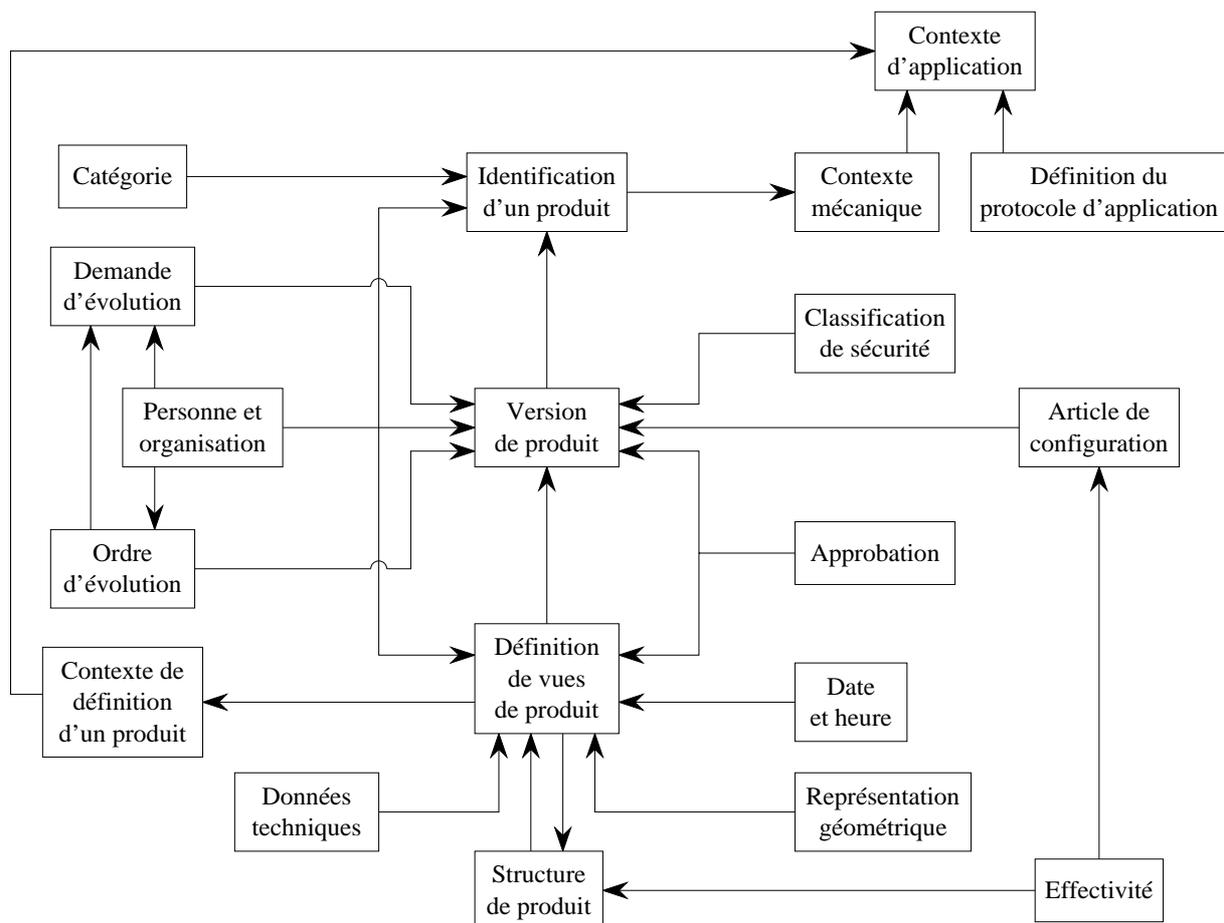


Figure 2.13 - Le schéma général de l'AP203 [69]

UoFs et Classes de conformités

Compte tenu de la diversité des domaines abordés par l'AP203, 6 classes de conformité ont été définies afin d'en faciliter la mise en œuvre. Les classes de conformité définies sont les suivantes :

Classe de conformité 1 : Classe dédiée aux données de gestion de configuration.

Classe de conformité 2 : Classe dédiée aux données géométriques filaires sans topologie avec gestion de configuration.

Classe de conformité 3 : Classe dédiée aux données géométriques filaires avec topologie avec gestion de configuration.

Classe de conformité 4 : Classe dédiée aux données géométriques surfaciques avec gestion de configuration.

Classe de conformité 5 : Classe dédiée aux données géométriques BREP facettisées avec gestion de configuration.

Classe de conformité 6 : Classe dédiée aux données géométriques BREP exactes avec gestion de configuration.

Le tableau 2.4 donne l'utilisation des différents UoFs du protocole d'application par ses classes de conformité, en conservant l'intitulé anglais d'origine des UoFs.

UoF	CC1	CC2	CC3	CC4	CC5	CC6
Part identification	•	•	•	•	•	•
Bill of materials	•	•	•	•	•	•
Design information	•	•	•	•	•	•
Authorization	•	•	•	•	•	•
Effectivity	•	•	•	•	•	•
Source control	•	•	•	•	•	•
Design activity control	•	•	•	•	•	•
End item identification	•	•	•	•	•	•
Shape		•	•	•	•	•
Non topological surface and wireframe		•				
Wireframe with topology			•			
Manifold surface with topology				•		
Faceted boundary representation					•	
Advanced boundary representation						•

Table 2.4 - Les classes de conformité de l'AP203 et les UoFs

2.3.11 Le protocole d'application 214

Objectifs du protocole d'application

Le protocole d'application 214 de STEP [21] (*Core Data for Automotive Mechanical Design Processes*) est un modèle de données destiné à décrire l'ensemble des données techniques générées lors de l'étude d'un véhicule et de ses composants, pièces et outils de fabrication (voir figure 2.14) [80, 117, 88, 43], et plus largement les produits à forte diversité fabriqués en grande série.

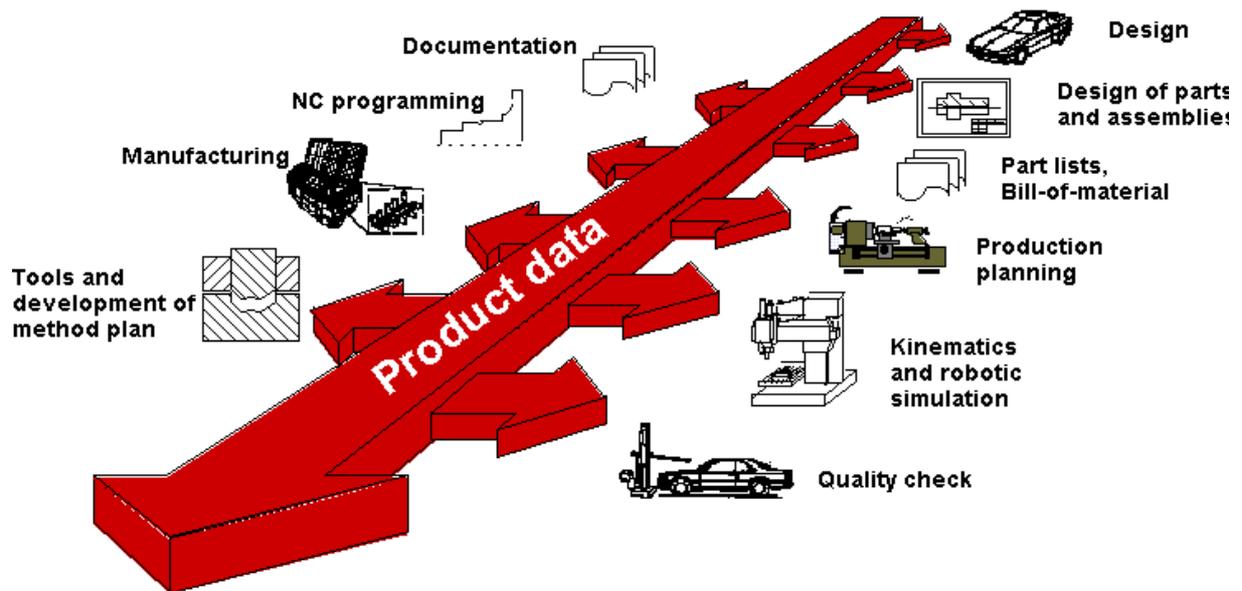


Figure 2.14 - *Métiers intervenant dans la conception d'un véhicule [117]*

Afin de répondre à ces besoins, différents objectifs doivent être atteints par ce protocole d'application :

- La gestion continue des données tout au long du cycle de vie des produits;
- La description des produits sans redondance afin de servir de modèle de référence pour les nouveaux systèmes d'information et permettre le travail coopératif autour de bases de données intégrées;
- L'indépendance des données vis-à-vis de leur mise en œuvre;
- Une meilleure qualité des données et des échanges grâce à des définitions non ambiguës et internationalement validées;
- La possibilité d'archivage.

Domaines couverts

Les domaines couverts par le protocole d'application 214 sont présentés ici avec un effort particulier de synthèse fonctionnelle [90], ce que nous pensons être une présentation originale de l'AP214 de STEP :

Dossier de définition d'une pièce : Identification d'une pièce, d'un outil ou d'une matière première et les versions associées, des pièces interchangeable, indépendamment de leurs utilisations et de leurs versions. Lier la description d'une version de pièce avec celle faite par un partenaire. Description des pièces selon des vues applicatives différentes.

Description explicite des nomenclatures et relations entre pièces : Description des nomenclatures d'assemblage, propres à un domaine applicatif donné (nomenclature études, fabrication, ...), des relations pouvant exister entre pièces (symétrie, pièces mâle/femelle, ...). Identification d'un produit de remplacement pour un composant d'un assemblage donné. Relier une pièce et un outil.

Spécifications des gammes de produits : Identification des gammes de produits et de leur structure hiérarchique, des attributs de spécification des gammes de produits et définition des contraintes de cohérence associées.

Identification des fonctions et organes génériques : Identification des fonctions devant être réalisées par les produits. Description de la structure organique générique pour une gamme de produits. Lier fonction à réaliser et organe permettant de la réaliser.

Description des nomenclatures variationnelles : Description des cas d'études de solutions pour une fonction ou un organe. Identification des solutions alternatives pour un organe ou une fonction donnée. Distinction des solutions selon leur type: alternative technique, alternative de fournisseur, alternative de traitement d'aspect final. Création d'alternatives à plusieurs niveaux. Description des cas d'emploi d'une solution, d'une opération de gamme, et/ou d'une pièce dans le contexte d'une gamme de produits. Identification des contraintes géométriques s'appliquant lors de l'étude d'une fonction, d'un organe ou d'une solution.

Description des pièces fabriquées : Description de la composition des pièces réellement fabriquées. Association d'une pièce réellement fabriquée avec son dossier de définition. Affectation de résultats de mesure à une pièce réelle.

Données administratives et multilinguisme : Permettre l'association d'informations d'approbation, de confidentialité à tous les types de données de produit, l'identification des personnes ou organisations responsables de, ou concernées par les divers types de données. Stocker la ou les traductions d'un texte descriptif. Affecter des identifications multiples à un objet.

Effectivités et événements caractéristiques : Permettre l'association de dates et intervalles temporels de validité à tous types de données. Identification des événements ou des jalons intervenant durant le cycle de vie des produits. Caractérisation de la période pendant laquelle une certaine information doit être maintenue et éventuellement, à l'issue de laquelle elle doit être détruite.

Activités et projets : Identification des demandes et ordres de travail relatifs à la définition ou à la modification des diverses données de produit, des entrées et sorties d'une activité et des projets et contrats. Description de la structure d'activités liée.

Gammes de fabrication ou de contrôle : Description des gammes opératoires nécessaires à la fabrication et au contrôle des pièces. Identification des entrées et sorties d'une opération de gamme, des ressources nécessaires à la réalisation d'une opération de gamme. Association de caractéristiques "Process" à une opération de gamme.

Gestion des documents : Faire référence à des documents externes, numérisés ou non, dans un dessin à une image numérisée externe, dans un modèle géométrique à un modèle géométrique externe. Pouvoir associer une maquette physique à une pièce. Description des caractéristiques et de la structure de documents.

Classifications : Identification des classifications de pièces et de données. Caractérisation d'une classe de données par des attributs. Faire référence à des dictionnaires externes et à un dictionnaire de propriétés ou de composants conforme à la norme PLib ISO 13584-42.

Description des changements : Description du changement de valeurs de propriétés, du changement de modèle géométrique ou de vue de dessin, d'un changement incrémental dans un modèle géométrique, un folio ou une vue de dessin. Association de la description d'un changement à un lien défini entre l'information modifiée et l'information résultante.

Propriétés caractéristiques : Identification de la forme intrinsèque d'une pièce ou de sa forme dans le contexte d'une utilisation de cette pièce (ex : cas de pièces souples), d'une zone d'intérêt sur une forme. Affecter tout type de propriété à des produits, des formes ou des opérations de gamme (ex : masse, coût, ...). Association d'un qualificatif et d'une tolérance à une valeur de propriété. Identification et caractérisation d'un matériau ou d'une matière.

Dimensionnement et tolérancement : Description des contraintes dimensionnelles et des tolérances géométriques s'appliquant sur la forme et la position des pièces. Identification des caractéristiques géométriques dérivées.

Conditions de surface : Affectation des conditions et des états de surface à une forme. Identification d'opération permettant d'obtenir un état de surface donné. Description des couches de matière appliquées sur la surface d'une pièce.

Caractéristiques par défaut : Affectation des caractéristiques géométriques par défaut, d'une épaisseur par défaut, d'une texture superficielle par défaut. Description des tableaux de tolérance.

Reconnaissance de formes technologiques et conception : Identification des formes technologiques caractéristiques existant dans une forme géométrique (ex: trou, bossage, ...), d'une forme géométrique par l'insertion de formes technologiques caractéristiques dans une forme initiale. Permettre l'utilisation de formes technologiques non standards.

Représentation géométrique : Description de formes géométriques, 2D ou 3D, en mode filaire, surfacique ou volumique, des volumes par leurs enveloppes (BREP) ou leur arbre de construction (CSG). Permettre de regrouper un ensemble de données géométriques de natures différentes (ex: surfacique + volumique). Inclure dans une représentation géométrique, une ou plusieurs occurrences d'une autre représentation.

Représentation graphique et dessin technique : Association des caractéristiques graphiques à des entités géométriques. Description de la composition d'un dessin technique, comportant éventuellement plusieurs folios, des annotations et les placer dans les vues et folios du dessin. Inclure la représentation de formes géométriques 3D dans les vues bidimensionnelles.

Cinématique : Description d'une structure en vue d'une étude cinématique, de la configuration initiale de la structure et des paramètres d'une simulation de mouvement de la structure.

La figure 2.15 présente une synthèse graphique des différents domaines qui viennent d'être exposés.

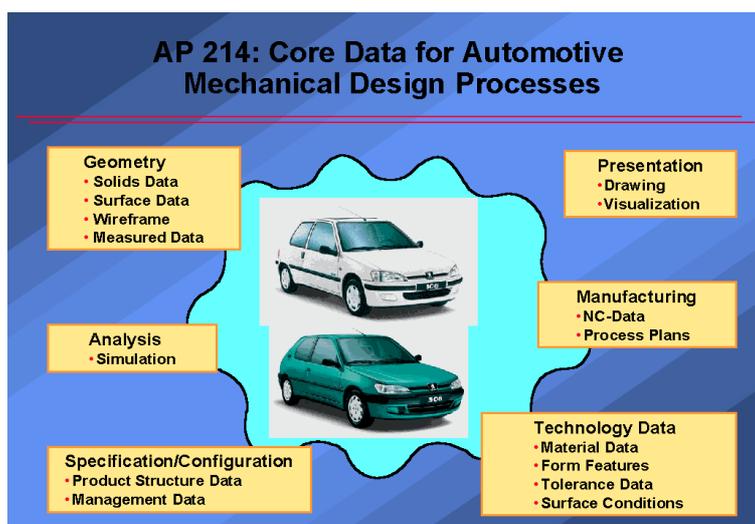


Figure 2.15 - Domaines couverts par l'AP214

UoFs et Classes de conformités

Compte tenu de la diversité des domaines abordés par l'AP214, 20 classes de conformité ont été définies afin d'en faciliter la mise en œuvre. Les classes de conformité définies sont les suivantes :

Classe de conformité 1 : Conception de composants avec représentation 3D des formes.

Classe de conformité 2 : Conception d'assemblages avec représentation 3D des formes.

Classe de conformité 3 : Mise en plan de composants avec représentation filaire ou surfacique des formes.

Classe de conformité 4 : Mise en plan d'assemblages avec représentation filaire, surfacique ou volumique des formes.

Classe de conformité 5 : Données de style.

Classe de conformité 6 : Gestion de données de produits sans représentation des formes.

Classe de conformité 7 : Gestion des données de produits avec représentation 3D des formes.

Classe de conformité 8 : Conception avec contrôle de configuration sans représentation des formes.

Classe de conformité 9 : Conception avec contrôle de configuration avec représentation 3D des formes.

Classe de conformité 10 : Conception avec contrôle de configuration avec représentation des formes et des données de mise en plan.

Classe de conformité 11 : Gammes de fabrication des composants.

Classe de conformité 12 : Gammes de fabrication de composants incluant des formes technologiques et des données de tolérancement.

Classe de conformité 13 : Gammes de fabrication d'assemblages avec contrôle d'effectivité.

Classe de conformité 14 : Conception basée sur l'identification de formes technologiques.

Classe de conformité 15 : Conception basée sur l'inclusion de formes technologiques paramétriques.

Classe de conformité 16 : Simulations cinématiques de composants et d'assemblages avec représentation 3D des formes.

Classe de conformité 17 : Données de mesures.

Classe de conformité 18 : Gammes de fabrication avec contrôle de configuration des composants et des assemblages, représentation 3D des formes et données de cinématique.

Classe de conformité 19 : Gammes de fabrication avec contrôle de configuration des composants et des assemblages, représentation 3D des formes incluant les formes technologiques, et, données de cinématique.

Classe de conformité 20 : Archivage de données techniques.

Le tableau 2.5 donne l'utilisation des différents UoFs du protocole d'application par ses classes de conformité, en conservant l'intitulé anglais d'origine des UoFs.

	UoF	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
S1	Product data management	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
S2	Element structure	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
S3	Item definition structure	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
S4	Effectivity						•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
S5	Work management						•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
S6	Classification						•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
S7	Specification control								•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
S8	Process plan									•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
G1	Wireframe model 2D			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
G2	Wireframe model 3D	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
G3	Connected surface model	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
G4	Faceted BREP model	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
G5	BREP model	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
G6	Compound BREP model					•															
G7	CSG model	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
G8	Geo bounded surface model	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
MD1	Measured data											•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
PR1	Item property						•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
P1	Geometric presentation	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
P2	Annotated presentation			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
P3	Shaded presentation						•												•	•	•
D1	Explicit draughting			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
D2	Associative annotation				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
K1	Kinematics																•	•	•	•	•
FF1	User defined feature												•	•	•	•	•	•	•	•	•
FF2	Pre-defined feature												•	•	•	•	•	•	•	•	•
FF3	Generative featured shape												•	•	•	•	•	•	•	•	•
C1	Surface condition												•	•	•	•	•	•	•	•	•
T1	Dimension tolerance				•								•	•	•	•	•	•	•	•	•
T2	Geometric tolerance												•	•	•	•	•	•	•	•	•
E1	External reference mechanism		•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

Table 2.5 - Les classes de conformité de l'AP214 et les UoFs [91]

2.3.12 La mise en œuvre de STEP

Différents travaux ont été menés pour effectuer la mise en œuvre du standard STEP. La plupart de ces travaux sont des projets nationaux, européens [78] ou internationaux, les autres étant des travaux de recherche.

2.3.12.1 Les projets nationaux et européens

Le standard STEP a fait l'objet d'expérimentations industrielles au travers de projets nationaux. En France, le Grand Projet Innovant est une initiative gouvernementale qui avait pour objectif de promouvoir l'utilisation de STEP dans l'industrie française. La partie de projet traitant de l'AP203 pilotée par le GOSET a débouché sur la réalisation de 2 scénarios d'échange, un dans le domaine automobile [50], l'autre dans le domaine de l'aéronautique [127, 136]. Un bilan a permis de constater certains manques dans le modèle AP203. L'autre partie traitant de l'AP214 pilotée par GALIA avait pour but de fédérer les besoins de l'industrie automobile française afin qu'ils puissent être pris en compte au sein du groupe de travail de l'ISO concernant l'AP214. A l'étranger, les projets américains AutoSTEP [129, 130], AeroSTEP [19] et C17 [74] avaient les mêmes ambitions que les projets français, l'expérimentation industrielle de l'AP203.

Les projets européens portent une attention toute particulière à la norme STEP. En effet, un grand nombre de projets utilise les technologies proposées par ce standard et notamment le SDAI pour le partage de données. Parmi ceux-ci, on peut citer le projet *RISESTEP* (EP 20459) qui fait partie de l'initiative AIT [143, 83] traitant des problèmes d'intégration. L'objectif principal de *RISESTEP* est de tester la faisabilité du partage d'éléments de maquette numérique distribués dans un environnement hétérogène utilisant CORBA et STEP [70]. Le partage des données est basé sur STEP AP214 et utilise le SDAI de STEP [62].

Le projet *ToCEE* doit fournir une infrastructure dont l'objectif est d'engendrer de meilleures collaborations avec un projet au travers d'interfaces ouverts à toutes les organisations et services y participant. Elle permet un accès contrôlé à tous les niveaux d'information dans le système par n'importe quel participant, qu'il s'agisse du modèle de produit, de l'état du système de gestion des processus, ou des documents de ce projet. Un serveur lie l'ensemble des systèmes de gestion des produit, process, document et conflit pour qu'ils soient visibles à travers une seule interface par les participants impliqués [54]. Cette plateforme utilise différentes ressources de STEP telles que l'AP225 et les ressources intégrées pour définir le modèle de produit sur lequel il se base [30].

Le projet *PISA* (EP 6876) a quatre objectifs majeurs qui sont l'application des technologies de données de produits dans l'industrie de fabrication, le développement de nouvelles technologies de l'information pour intégrer les applications d'ingénierie et de fabrication intégrées, le développement d'un modèle de référence pour les données de produit et de process, et le développement de technologies de l'information pour améliorer les composants de développement de logiciels dans le déploiement de nouvelles technologies de données de produit [123]. Ce projet doit aboutir à la fourniture d'une plateforme opérationnelle pour le partage d'informations par différentes applications par l'utilisation du SDAI et des

fichiers neutres STEP [77, 139].

Enfin, le projet *PRODEX* (EP 6040) avait pour objectif de démontrer l'échange de données d'études de produits mécaniques entre des systèmes couvrant différents aspects du processus de développement d'un produit [159]. Les processus du cycle de vie du produit sur lesquels était focalisé ce projet étaient l'étude conceptuelle et détaillée, l'analyse par éléments finis, la visualisation des données de produits et la simulation robotique/cinématique. Ainsi, différents outils basés sur le SDAI ont été développés. De plus, ce projet a contribué aux différentes actions de normalisation au travers des AIC et de certains protocoles d'applications tels que l'AP204 et l'AP205.

2.3.12.2 Les travaux de recherche

De nombreux travaux de recherche ont porté sur la mise en œuvre de STEP au travers du SDAI et de ses modèles de données (ressources intégrées et protocoles d'application).

Les travaux relatifs au SDAI traitent des problèmes de partage et d'accès aux données dans des environnements distribués pour la plupart. Ainsi, Hardwick [86, 87] propose une architecture pour le partage et l'accès aux informations d'une entreprise. Celle-ci utilise l'architecture CORBA s'appuyant elle-même sur celle d'Internet sur lesquels sont implantés un serveur de bases de données basé sur STEP, des serveurs d'applications et des clients/serveurs WEB (voir la figure 2.16).

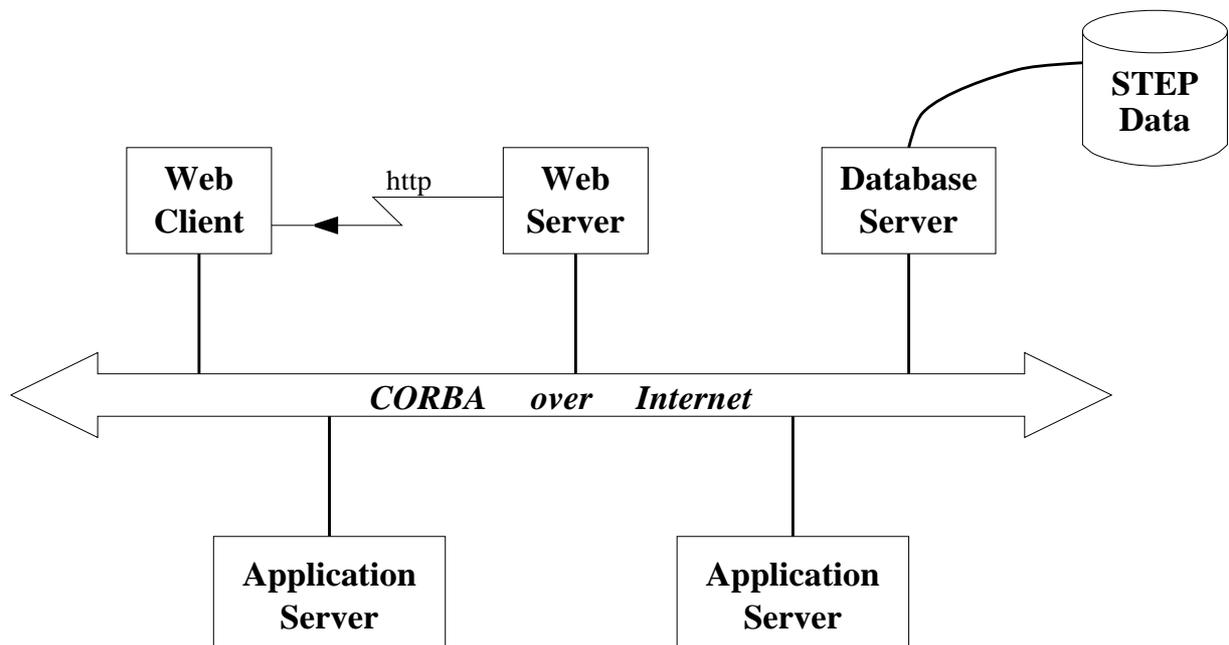


Figure 2.16 - Architecture de l'infrastructure d'information [86]

Les objectifs de ce prototype sont d'apporter des solutions aux problèmes liés au concept d'entreprise virtuelle :

- L'insuffisance des contrôles de sécurité;
- La perte de contrôle sur les projets;

- L'incapacité de systèmes d'application à interopérer;
- L'interopérabilité sémantique.

Les principaux outils utilisés par ce prototype sont le SDAI IDL et Java pour l'accès et le partage des données, les langages de mise en correspondance pour les problèmes interopérabilité.

Le projet *ANICA*³ traite le problème d'interopérabilité entre différents systèmes de XAO (CAO, Calcul par éléments finis, GPAO, etc...) [59, 101]. Il met en œuvre une architecture basée sur CORBA et un serveur de données utilisant les structures de données définies dans les protocoles d'application de STEP tels que l'AP214.

Les travaux relatifs aux modèles de données proposés par STEP concernent d'une part l'utilisation des ressources intégrées et d'autre part celles des protocoles d'applications tels que l'AP203.

Ghodous [75, 76] propose un système générateur de modèles STEP. Celui-ci est destiné à assister des experts désirant développer leur propre modèle normalisé de produit. Pour ce faire, l'utilisateur a accès aux différents modèles de STEP disponibles, les ressources intégrées génériques et applicatives, et les protocoles d'application.

Le projet *PREMO*⁴ [135], qui traite la présentation de scènes d'objets géométriques, propose une utilisation d'une part de la partie 21, pour l'échange de fichiers neutres, et d'autre part celle des parties 42 et 46 des ressources intégrées pour les mettre en correspondance avec le modèle interne de cette application. L'utilisation d'autres parties de STEP n'y est pas exclue compte tenu de la connexité des domaines traités avec celui de ce projet.

Une autre utilisation des ressources intégrées est faite par Gu et Chan [81] au travers du système GMP⁵. Celui-ci propose un modèle de produit générique basé sur STEP traitant des domaines de la définition du produit, les matériaux, la représentation géométrique et le tolérancement. Le système GPM constitue alors une plateforme intégrée de conception. Ashworth [35] propose une utilisation analogue des ressources intégrées pour la gestion de configuration.

Différents travaux portent sur l'AP203. Ceux de Jasnoch, Kress, Schroeder et Ungerer portent sur un environnement intégré de conception, *CoConut* [94]. Celui-ci propose, tout comme Loffredo [106], une plateforme basée sur l'AP203 mais utilisant aussi le SDAI afin d'assurer l'accès aux données partagées de conception. L'usage de l'AP203 pour la gestion des données techniques d'un produit est traité par Kim, Han et Shin [102] en présentant la mise en œuvre de l'AP203, le SDAI et HTML au sein d'un prototype orienté objet (Tcl/Tk) pour la conception intégrée de produits mécaniques (voir la figure 2.17). Enfin, Rouchon [137] présente l'utilisation de l'AP203 dans une application de maquette numérique.

3. ANICA : **A**Nalysis of access **I**nterface of various **CA**x systems

4. PREMO : **P**Résentation **E**nvironnement for **M**ultimedia **O**bjects

5. GPM : **G**eneric **P**roduct **M**odelling

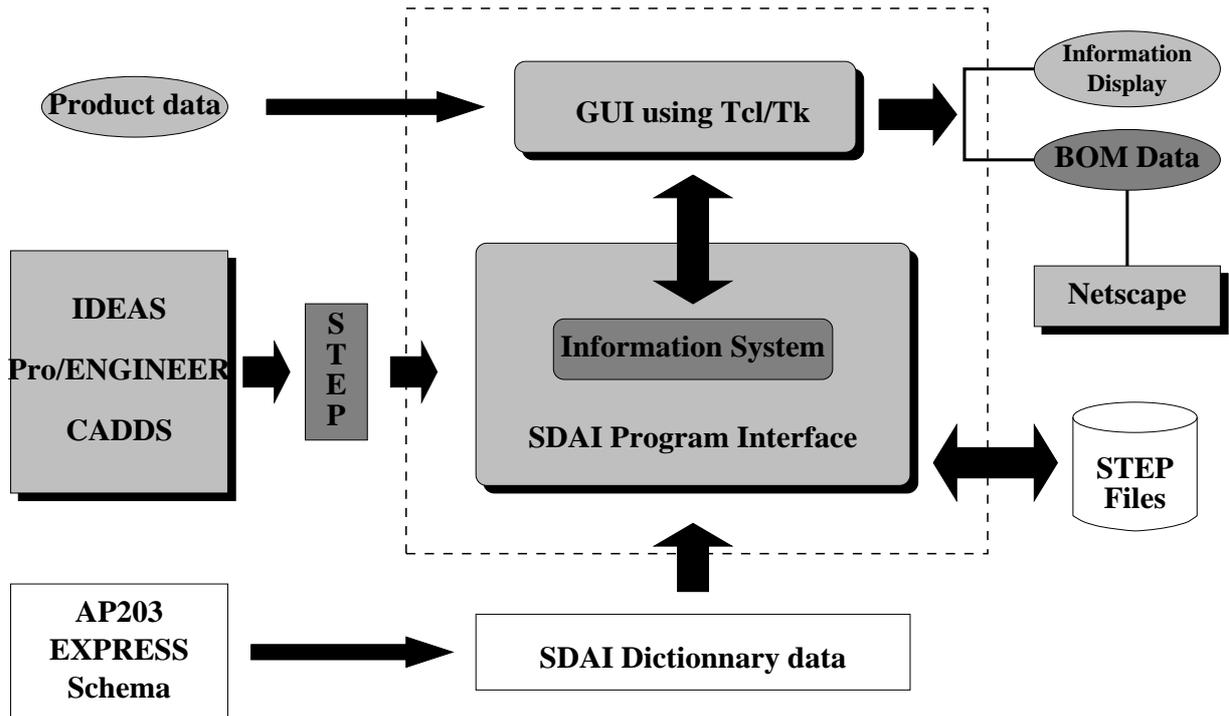


Figure 2.17 - Architecture du prototype basé sur l'AP203 de STEP [102]

2.4 Conclusion

L'état de l'art qui vient d'être présenté dans ce chapitre a pour objectif d'éclairer l'étude du modèle de produit qui va être menée par la suite. Enfin, celui permet de positionner ce travail de thèse par rapport au travaux existants.

Chapitre 3

Méthodologie d'analyse réciproque des activités des métiers par rapport au modèle de données

3.1 Introduction

La mise en place d'un nouveau modèle de produit existant, tel qu'un modèle normalisé, dans une entreprise existante avec ses propres processus, telle que PSA Peugeot Citroën, nécessite l'utilisation d'une méthodologie d'analyse. Celle-ci aura pour objectif de formaliser le besoin de l'entreprise au travers d'un modèle utilisateur et à partir de ce dernier, d'identifier la partie du modèle de référence à utiliser [160].

Le modèle utilisateur est la formalisation de la structure des données que l'entreprise souhaite capitaliser. Ces données sont l'image des informations manipulées quotidiennement par les acteurs de l'entreprise et ceci dans le contexte du domaine traité par l'étude menée.

Le modèle de référence est la structure de données à laquelle l'entreprise souhaite se conformer. Ce modèle peut être d'origines diverses telles qu'un modèle standard comme un protocole d'application de STEP, le modèle qui est mis en œuvre dans un logiciel par un fournisseur de solutions informatiques comme par exemple une solution *packagée* pour un système de gestion de données techniques. Dans le cas de systèmes informatiques, leur modèle de référence est utilisé à la fois pour instancier les données, mais c'est aussi sur celui-ci que reposent les traitements mis à la disposition des utilisateurs. La structure de ce modèle de données va donc avoir une forte influence sur les possibilités des traitements et leur temps de réponse.

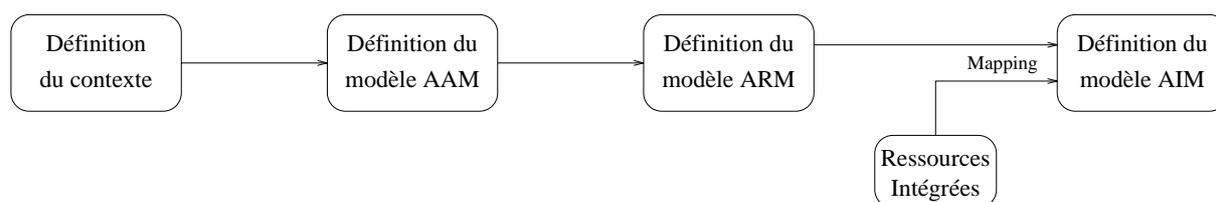


Figure 3.1 - *Méthodologie simplifiée de développement d'un protocole d'application*

La méthodologie originale proposée ici s'inspire de la méthodologie de construction d'un protocole d'application de STEP (voir les figures 3.1 et 2.10). En effet, la construction d'un modèle de référence pour un système d'information passe par une étape de formalisation des processus du domaine concerné, des besoins utilisateurs. C'est pourquoi la méthodologie proposée comporte les étapes suivantes [49] (voir figure 3.2) :

1. Définition du contexte de l'étude.
2. Définition du modèle informationnel du domaine.
3. Définition des sous-ensembles remarquables.
4. Définition du modèle utilisateur.
5. Définition du sous-ensemble utilisé après la mise en correspondance des entités du modèle utilisateur avec les entités du modèle à utiliser.

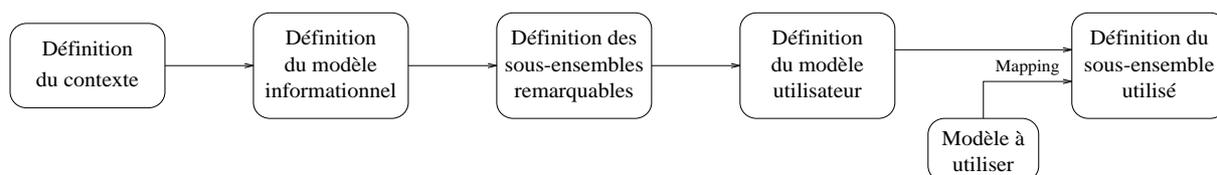


Figure 3.2 - Méthodologie d'analyse proposée

Chacune de ces étapes est détaillée dans les sections suivantes, lesquelles seront illustrées par un micro-exemple d'application aidant à la compréhension de cette méthodologie. Cet exemple traite de la mise en place d'un modèle de représentation des structures de produits mécaniques et des documents associés dans un bureau d'études (voir figure 3.3). Ce modèle doit être conforme au protocole d'application 203 de STEP.

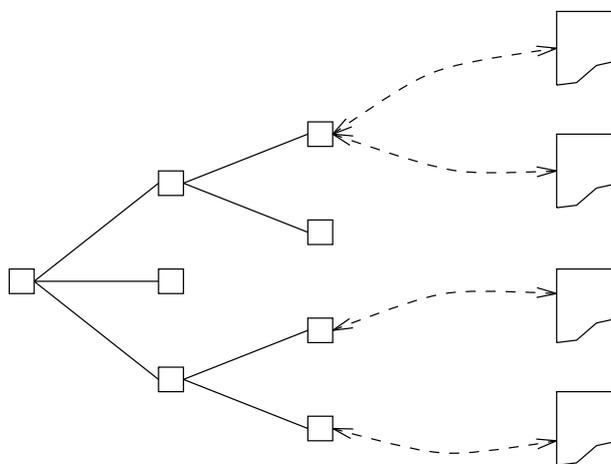


Figure 3.3 - Une structure produit et ses documents associés

3.2 Définition du contexte et du domaine de l'étude

Avant de commencer toute analyse, il faut définir le contexte et le domaine dans lequel l'analyse va être menée. Ceci consiste à nommer le ou les domaines concernés. Ensuite, il faut donner tous les éléments du contexte dans lequel s'inscrit l'étude, mais aussi les éléments qui ne seront pas traités et qui peuvent prêter à confusion.

La définition du contexte et du domaine à analyser aboutit à la connaissance exacte et sans ambiguïté de l'étendue de l'étude et des différents acteurs concernés dans l'entreprise. L'étude du modèle informationnel peut alors être engagée.

Dans le cas du micro-exemple d'application, le contexte est celui de la conception de produits mécaniques dans un bureau d'études, et plus précisément la définition de la structure des produits avec positionnement. On souhaite prendre en compte les fichiers de définition des produits de tout type (fichiers CAO, résultats de calcul, plans, fichiers textuels, ...). La définition du contenu de ces fichiers n'y est pas traité.

3.3 Définition du modèle informationnel du domaine

Cette phase consiste à formaliser les flux d'informations existant entre les différentes activités du domaine auparavant défini. Celle-ci est analogue à la phase de construction du modèle AAM d'un protocole d'application de STEP.

Cette étude se base sur l'interview de représentants des différents métiers du domaine. Ceux-ci décrivent le savoir-faire de leur métier en terme d'activités. L'analyse de ces activités fait apparaître l'existence de flux d'informations entre celles-ci. La formalisation de cette étude s'effectue à l'aide du formalisme IDEF0. Il permet la représentation par actigrammes des activités et flux d'informations d'un métier. Chaque activité pouvant elle-même être décomposée en un actigramme, la granularité de l'analyse est pilotée par la pertinence des activités et des flux.

Les personnels du domaine étudié utilisent souvent un vocabulaire fait de mots ou d'expressions propres à leur métier ou connus mais ayant un sens différent de celui de son usage courant. C'est pourquoi il est recommandé de rédiger en parallèle à l'étude le dictionnaire du vocabulaire des métiers afin de lever tous les problèmes de compréhension.

Une fois l'analyse et la formalisation du modèle informationnel terminées, il faut procéder à l'identification des activités et des flux d'informations qui seront utilisés dans la suite de l'étude. En effet, d'une part, même si le domaine traité est bien délimité, l'utilisation de flux et d'activités externes au domaine est souvent utile à la bonne compréhension du domaine. D'autre part, si l'existence de certaines informations doit être connue, la faible pertinence de celles-ci peut justifier leur non prise en compte pour la suite de l'étude.

Dans le cas du micro-exemple, la formalisation du modèle informationnel doit faire ressortir les activités et flux d'information du processus de définition de la structure produit. Et si besoin est, cette activité pourra être décomposée. Ainsi, on pourra avoir une activité de construction de l'arbre d'assemblage. Celle-ci aura comme données d'entrée les pièces et les documents qui leur sont associés. Les moyens pour cette activité sont les

systèmes permettant la construction de cette structure produit tels qu'un SGDT ou un modeleur d'assemblage. Les données de contrôle sont par exemple les règles du métier dans le contexte de l'entreprise. Enfin, les données de sortie sont la structure produit construite, la nomenclature de l'assemblage.

3.4 Définition des sous-ensembles remarquables

Cette phase consiste à découper le futur modèle utilisateur en plusieurs parties. Celle-ci est analogue à la phase de détermination des UoFs d'un protocole d'application de STEP. Le but de cette phase est de proposer des éléments de structuration pour l'étude du modèle utilisateur. En effet, cette structuration doit permettre d'aborder l'étude du modèle utilisateur de façon modulaire, ce qui en facilite la formalisation.

Ceci s'effectue par l'analyse du domaine, sur la base de son modèle informationnel, en terme de fonctions et de sous-domaines. Chaque sous-ensemble est un regroupement de concepts participant à la fourniture d'un service donné pour le domaine : par exemple, les représentations surfaciques et solides sont deux sous-ensembles du domaine de la modélisation CAO (Voir figure 3.4).

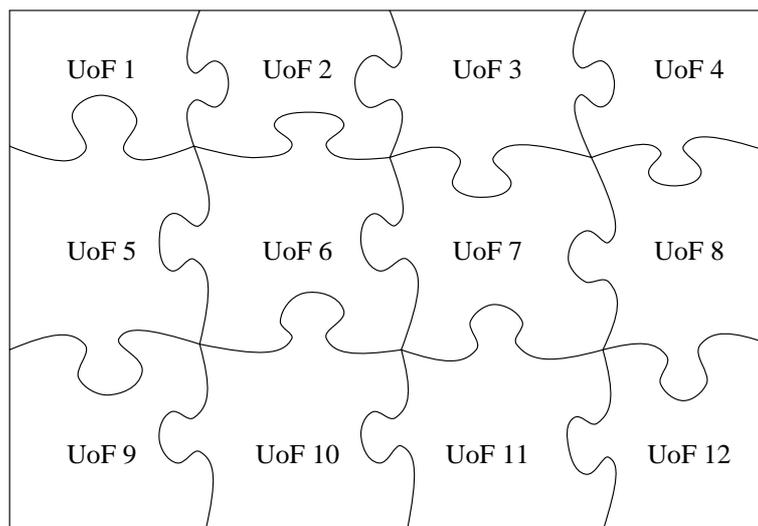


Figure 3.4 - Découpage d'un domaine en sous-ensembles fonctionnels

Dans le cas du micro-exemple, les sous-ensembles remarquables sont la *représentation de la structure*, le *positionnement*, les *documents* et les *personnes*.

3.5 Définition du modèle utilisateur

Cette phase consiste à définir le modèle de données correspondant au domaine défini auparavant. Celle-ci est analogue à la phase de construction du modèle ARM d'un protocole d'application de STEP.

Tout comme pour le modèle informationnel, la construction d'un tel modèle se base sur l'interview de représentants des différents métiers du domaine. Ceux-ci expriment leurs

besoins en échange et stockage en décrivant les informations qu'ils manipulent. A partir de cette description, il faut analyser le contenu de ces informations et les relations qui peuvent exister entre celles-ci. Cette analyse est effectuée pour chacun des sous-ensembles remarquables identifiés. Afin de fédérer ces derniers dans un seul modèle, une dernière étape consiste à étudier les relations qui existent entre chaque sous-ensemble. A l'issue de cette opération, le modèle est formalisé sous forme de schéma EXPRESS. Un modèle représentant les informations que les utilisateurs souhaitent échanger et stocker est ainsi obtenu.

Dans le cas du micro-exemple, la structure de données des sous-ensembles *représentation de la structure*, *positionnement*, *documents* et *personnes* est décrite. L'étude des relations peut par exemple mener à établir une relation entre un nœud de la structure et une matrice de positionnement dans le cas où les nœuds de la structure portent le positionnement.

3.6 Définition du sous-ensemble correspondant

Cette phase consiste à définir la partie du modèle pertinente vis à vis de l'utilisation que l'on souhaite en faire. Celle-ci est analogue à la phase de construction du modèle AIM d'un protocole d'application de STEP, à quelques différences près. En effet, la mise en correspondance s'effectue entre le modèle utilisateur défini précédemment et un modèle de référence qui peut être celui des ressources intégrées, c'est le cas pour STEP, mais ce peut être aussi un autre modèle tel que celui défini par une entreprise ou encore celui qui est utilisé par une application informatique. De plus, dans le cas de STEP où les ressources intégrées sont utilisées, il est nécessaire de leur adjoindre des règles afin d'en personnaliser l'utilisation. Dans le cas de la présente méthodologie, la spécification de ces règles n'est pas obligatoire. En effet, le modèle utilisé peut déjà posséder ses propres règles, lesquelles peuvent alors être réutilisées.

Dans le cas du micro-exemple, l'entité du modèle utilisateur représentant la structure produit sera mise en correspondance avec la ou les entités de l'AP203 traitant du même aspect. En ce qui concerne les règles pouvant leur être appliquées, celles relatives à l'entité AP203 peuvent être réutilisées à la seule condition qu'elles ne requièrent pas l'existence d'entités non retenues pour cet exemple.

3.7 Interactions entre le modèle utilisateur et le modèle de référence

Lors de l'étude d'un modèle utilisateur destiné à être mis en correspondance avec un modèle de référence, il est nécessaire de connaître le contenu de ce dernier. En effet, cette connaissance peut influencer sur la définition du modèle utilisateur. Les éléments influents peuvent être un concept, la façon de structurer les données, les informations contenues dans un objet, la définition des UoFs.

Dans le cas du micro-exemple, si le document a pour attribut l'entité version et que l'AP203 ne traite pas la version de document mais permet d'établir une relation entre 2

documents, l'équipe responsable de la définition du sous-ensemble *document* peut décider de remplacer la notion de version par une relation entre les versions successives d'un document.

3.8 Conclusion

Une méthodologie d'analyse originale a été présentée. Celle-ci propose la prise en compte de l'existant d'une entreprise en terme de modèles informationnels et de données dans la mise en place d'un nouveau modèle de produit au sein de cette entreprise. Une approche modulaire est ainsi introduite afin de faciliter l'étude du modèle des données de l'entreprise au regard de sa complexité et de l'étendue du domaine traité.

Chapitre 4

Modèle produit automobile proposé

4.1 Introduction

Dans cette partie, la méthodologie présentée dans le chapitre précédent va être utilisée pour construire le modèle de produit automobile à partir du modèle ARM du protocole d'application 214 de la norme STEP présenté au §2.3.11 du chapitre 2.

L'étude se base sur la version ISO TC184/SC4/N578 du modèle ARM de STEP AP214 datant du 15/5/1998 soumise au vote pour le passage de la norme au niveau DIS.

Le contexte de cette étude est celui de la conception d'un nouveau véhicule. Celui-ci concerne les bureaux d'études des différents composants véhicule et leurs outils tels que les systèmes de gestion de données techniques, de modélisation du produit automobile et notamment la *maquette numérique* qui permet de concilier la gestion des données techniques avec la modélisation CAO. Le modèle informationnel utilisé pour cette analyse est celui du schéma de développement d'un nouveau véhicule présenté au §1.3 du chapitre 1. A partir de celui-ci, les sous-ensembles remarquables qui permettront de structurer l'étude ont été déterminés. Il s'agit des sous-ensembles suivants [50] :

- L'expression de la diversité véhicule;
- Les découpages organique et fonctionnel;
- La gestion des pièces, des solutions techniques et de leur utilisation;
- L'administration du cycle de vie des produits;
- L'administration des ressources;
- Les documents associés;
- Les propriétés associées.

Chaque sous-ensemble est traité dans les sections suivantes en détaillant les objets qu'il contient. Leur structure est explicitée sous la forme d'un modèle de données formalisé en EXPRESS-G.

4.2 Expression de la diversité véhicule

STEP propose deux modes de gestion des nomenclatures :

- La *nomenclature explicite* : elle permet de définir de façon explicite la structure des produits. Dans le cas de l'automobile, il faudra réaliser cette opération pour chacune des versions d'une famille de véhicule en prenant en compte la combinatoire induite par les différentes options de ces versions (pour le véhicule *205*, il existe 550 versions sans les options - voir la figure 4.2). Ce type de représentation est utilisé par le modèle STEP AP203 [10], puis repris par STEP AP214.
- La *nomenclature variationnelle* : Le nombre des versions d'une famille de véhicule est de l'ordre de 600 et ceci sans prendre en compte les options commerciales. De plus, un véhicule se composant en moyenne de 3000 pièces, la combinatoire alors engendrée rend impossible la représentation explicite de la nomenclature de chacun des véhicules fabricables d'une famille. Au regard de cet état de fait, il a été décidé de décrire un véhicule avec des spécifications, c'est le principe de base de la nomenclature variationnelle. Celle-ci permet de décrire la composition d'un véhicule au moyen de spécifications (entre 150 et 250 par version de véhicule) structurées par catégories. Ainsi, une spécification est utilisée par un ou plusieurs véhicules, et les cas d'emploi d'une pièce sont exprimés au moyen de celles-ci, une pièce pouvant être composée d'autres pièces alors structurées au moyen d'une structure explicite d'assemblage.

La représentation de la diversité par nomenclature variationnelle est la solution retenue pour notre modèle de produit compte tenu de la diversité du produit automobile qui est fonction du nombre de versions commerciales, d'éléments de description et de pièces d'un véhicule.

La partie qui suit détaille l'expression de la diversité automobile par l'utilisation de la nomenclature variationnelle en traitant successivement la structuration des véhicules puis leur description.

Les entités **product_class** et **product_class_relationship** permettent d'identifier les véhicules et la structure des relations établies entre ceux-ci. On obtient ainsi une structure hiérarchique de classification des véhicules qui peuvent être des *plateformes*, *familles* ou *versions* de véhicules. Une famille est un véhicule (la famille *Saxo* par exemple) qui se décline en versions (la *Saxo* Berline, 5 portes, Finition SX, Diesel, 5 vitesses, France par exemple), et une plateforme est un regroupement de plusieurs familles de segments de marché identiques (la plateforme pour les segments A et B regroupant les véhicules 106 et *Saxo* par exemple). L'attribut *level_type* de **product_class** permet d'identifier le niveau d'un véhicule dans la structure hiérarchique en prenant une des valeurs *platform*, *car family* ou *car version*.

Ces véhicules sont caractérisés par des *attributs* de base, de conception, de gestion, de personnalisation ou descriptif (**specification**) regroupés par *classes* (**category**). Par exemple, vitre électrique a pour classe VE et pour attributs 00 pour les véhicules dépourvus de vitre électrique et 01 pour ceux qui en ont). Ces classes et attributs sont rattachés aux

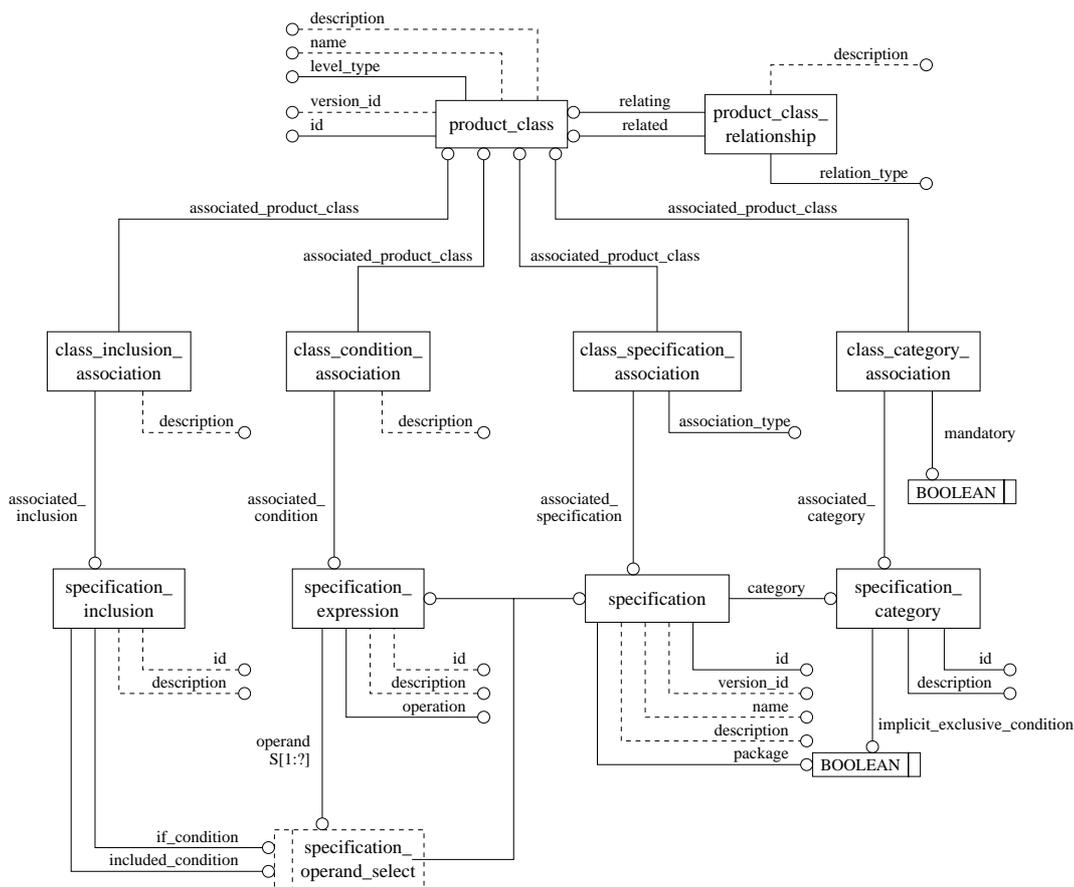


Figure 4.1 - Gestion des diversités, famille et version de véhicule

véhicules avec **class_specification_association** et **class_category_association** (voir figure 4.1). Ainsi, un véhicule de base se compose de 15 attributs de base, ce qui constitue alors le titre simple de ce véhicule (voir la figure 4.2). Des attributs de conception, de description, de personnalisation et de gestion peuvent lui être adjoints. Le titre étendu du véhicule est ainsi produit. C'est sur ce titre étendu que repose la définition des nomenclatures des véhicules.

Une fois la description des véhicules terminée, des règles d'utilisation de ces classes/attributs peuvent être explicitées avec **specification_inclusion** en utilisant soit des attributs, soit des expressions d'attributs avec **specification_expression**, ces règles et expressions devant être rattachées aux véhicules avec **class_inclusion_association** et **class_condition_association**. Exemple : Si Pack électrique alors Vitre électrique et Fermeture centralisée :

SI PA01 ALORS (VE01 ET FC01)

Il est à noter que l'attribut *mandatory* de **class_category_association** permet de spécifier si l'utilisation d'une classe est obligatoire (valeur *TRUE*) ou optionnelle (valeur *FALSE*). L'attribut *association_type* de **class_specification_association** permet de préciser si l'attribut d'un véhicule est monté en standard et peut être remplacé (valeur *non replaceable standard*), monté en standard et ne peut pas être remplacé (valeur *replaceable*

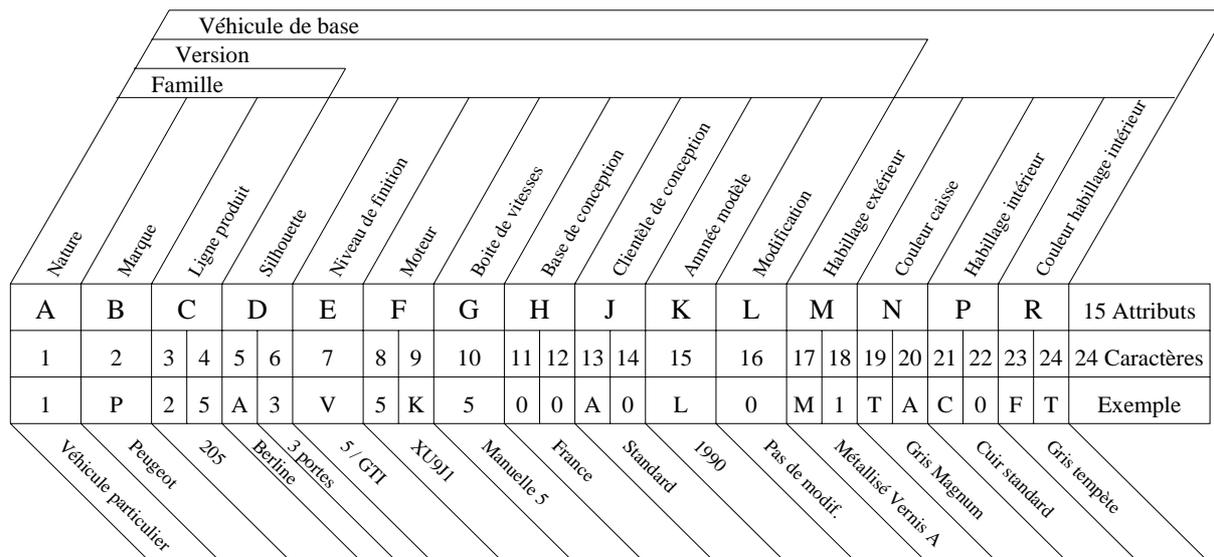


Figure 4.2 - Les attributs de base d'un véhicule

standard), disponible (valeur *availability*), identifiant (valeur *identification*) ou optionnel (valeur *option*). Enfin, l'attribut `implicit_exclusive_condition` de `specification_category` a pour rôle d'autoriser (valeur *FALSE*) ou non (valeur *TRUE*) le choix de plusieurs attributs dans dans une classe.

C'est sur cette partie de modèle que repose toute la gestion des données techniques automobiles concernant les pièces et sous-ensembles composant un véhicule, l'approvisionnement au cours du processus de fabrication.

4.3 Les pièces, solutions techniques et découpages

Les pièces sont identifiées par un `item`, lesquelles possèdent plusieurs versions (`item_version`). Une version comporte plusieurs vues applicatives [97] (`design_discipline_item_definition`) ayant chacune un ou plusieurs contextes d'application (`application_context`). De plus, des pièces interchangeables peuvent être identifiées avec `alternate_item_relationship`, ainsi que les relations qui peuvent exister entre les différentes versions d'une pièce avec `item_version_relationship` (voir figure 4.3).

Pour chaque utilisation d'une pièce dans un véhicule, une instance (`item_instance`) est créée. Ces instances prennent leur définition sur une vue d'une version d'une pièce et peuvent être de types différents (voir figure 4.3) :

- les instances simples (`single_instance`) dont on peut donner le positionnement (`instance_placement`);
- les instances quantifiées (`quantified_instance`) qui identifient soit des éléments utilisés plusieurs fois (ex: une vis dans un contexte approvisionnement), soit des éléments, dont la quantité ne s'exprime pas en pièce, tels que la graisse, l'huile, le carburant;
- les instances contraintes (`selected_instance`): le poids maxi d'une pièce par exemple;

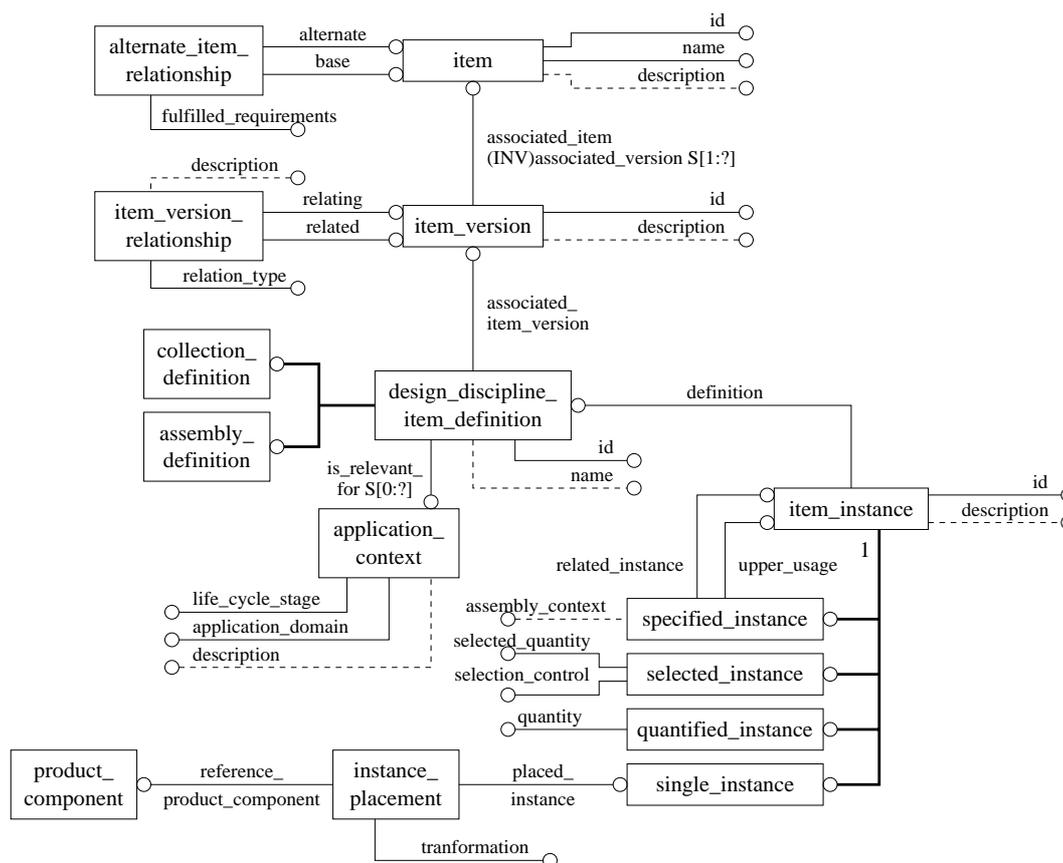


Figure 4.3 - Gestion des pièces et de leurs instances

Ces instances peuvent définir des assemblages (**assembly_definition** et **assembly_component_relationship**). Enfin, des relations géométriques peuvent être définies comme par exemple la relation de symétrie entre les ailes d'un véhicule (voir figure 4.5).

Afin de faciliter l'organisation et la structuration des informations et pièces d'un véhicule, deux découpages sont proposés (voir figure 4.4) :

- le découpage dit organique (**product_component**) qui est une vue structurelle [118] du véhicule. Il s'agit d'une structure hiérarchique dont les nœuds sont des organes tels qu'une boîte de vitesses;
- le découpage dit fonctionnel (**product_function**) qui est une vue fonctionnelle [118] du véhicule. Il s'agit d'une structure hiérarchique dont les nœuds sont des fonctions telles que le freinage;

Des relations entre les nœuds de ces deux découpages, mais aussi avec les pièces, peuvent être établies avec **product_structure_relationship** qui permet d'identifier les différents types relations (*decompose*, *functionality*, *version_sequence*, *realization*, *derivation*). La figure 4.6 synthétise les différentes relations qui peuvent être établies entre les entités.

Enfin, la diversité des solutions pour un sous-ensemble véhicule étant, il est nécessaire de structurer ces différentes alternatives. **alternative_solution** répond à ce besoin. Elle

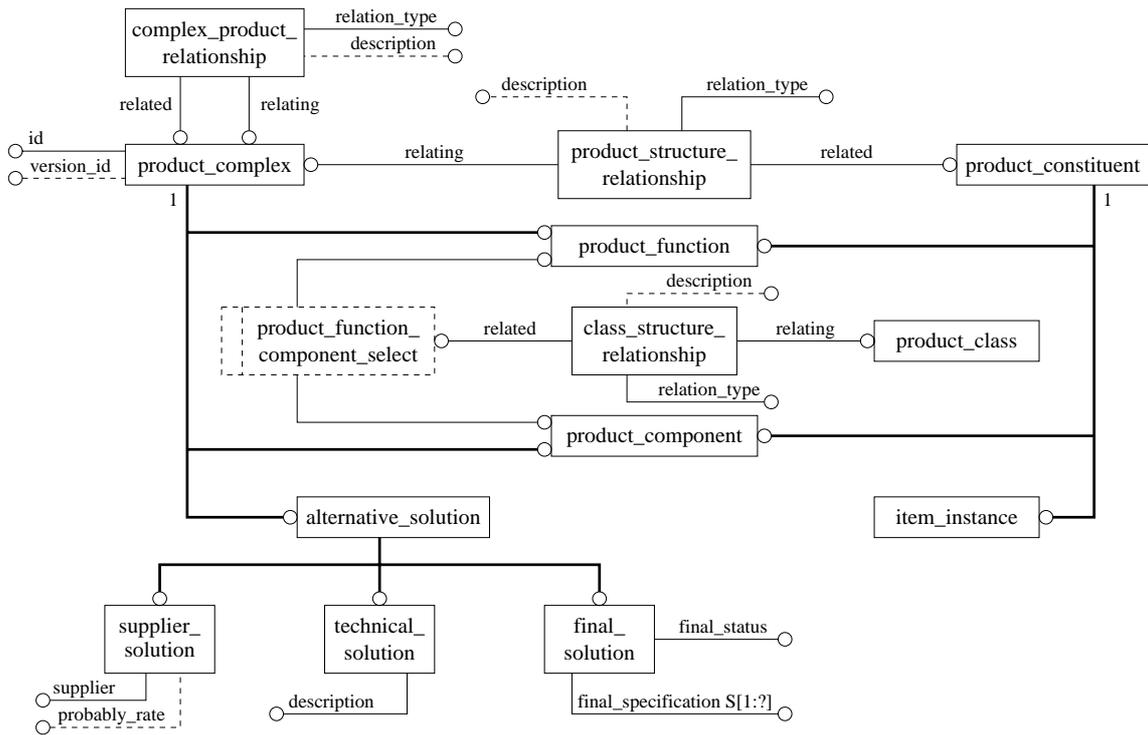


Figure 4.4 - Gestion des découpages

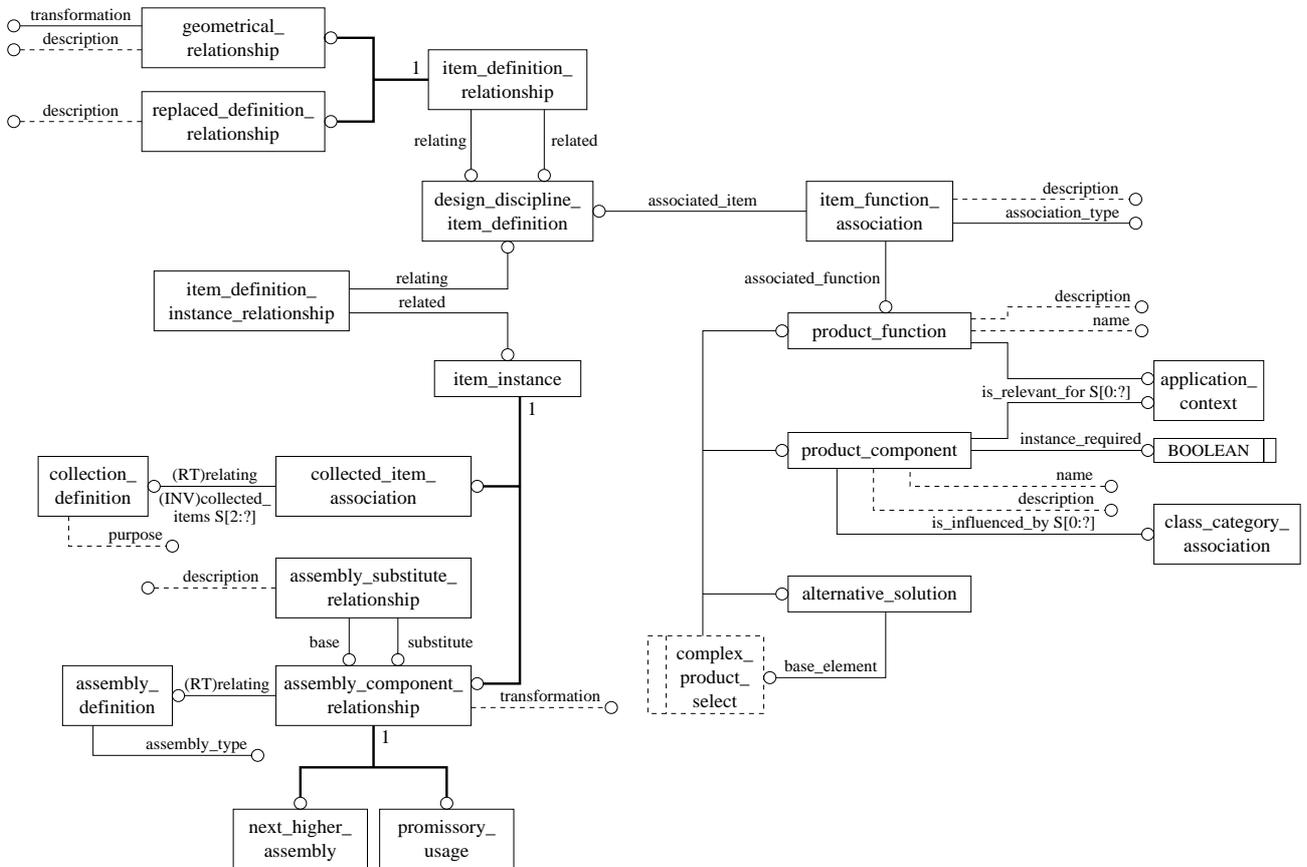


Figure 4.5 - Relations entre pièces

	product_class	product_constituent			alternative_solution	item_version
		product_component	product_function	item_instance		
product_class	hierarchy	realization	fonctionnalité			product_specification with S[0:0] specifications
	version_sequence derivation	root				
product_component		decomposition specialization	fonctionnalité	realization		
		version_sequence derivation				
product_function		realization	decomposition specialization	realization		item_function_association
			version_sequence derivation			
alternative_solution		realization	fonctionnalité	realization	version_sequence derivation	
		base_element	base_element		base_element	
configuration		study_required	study_required	usage	usage + study_required	

Figure 4.6 - Relations entre pièces

identifie plusieurs types de solutions (voir la figure 4.4):

- les solutions techniques (**technical_solution**) qui permettent l'identification de techniques différentes remplissant un même besoin fonctionnel, telles qu'un lève-vitre manuel;
- les solutions fournisseurs (**supplier_solution**) qui identifient les solutions par fournisseur telles qu'un projecteur VALEO;
- les solutions dites finales (**final_solution**), qui permettent d'identifier des solutions de bases auxquelles des caractéristiques "sensitives" ont été ajoutées, des pièces colorées par exemple.

Ces alternatives ont pour base soit une autre solution, un élément du découpage organique ou un élément du découpage fonctionnel.

4.4 Les documents

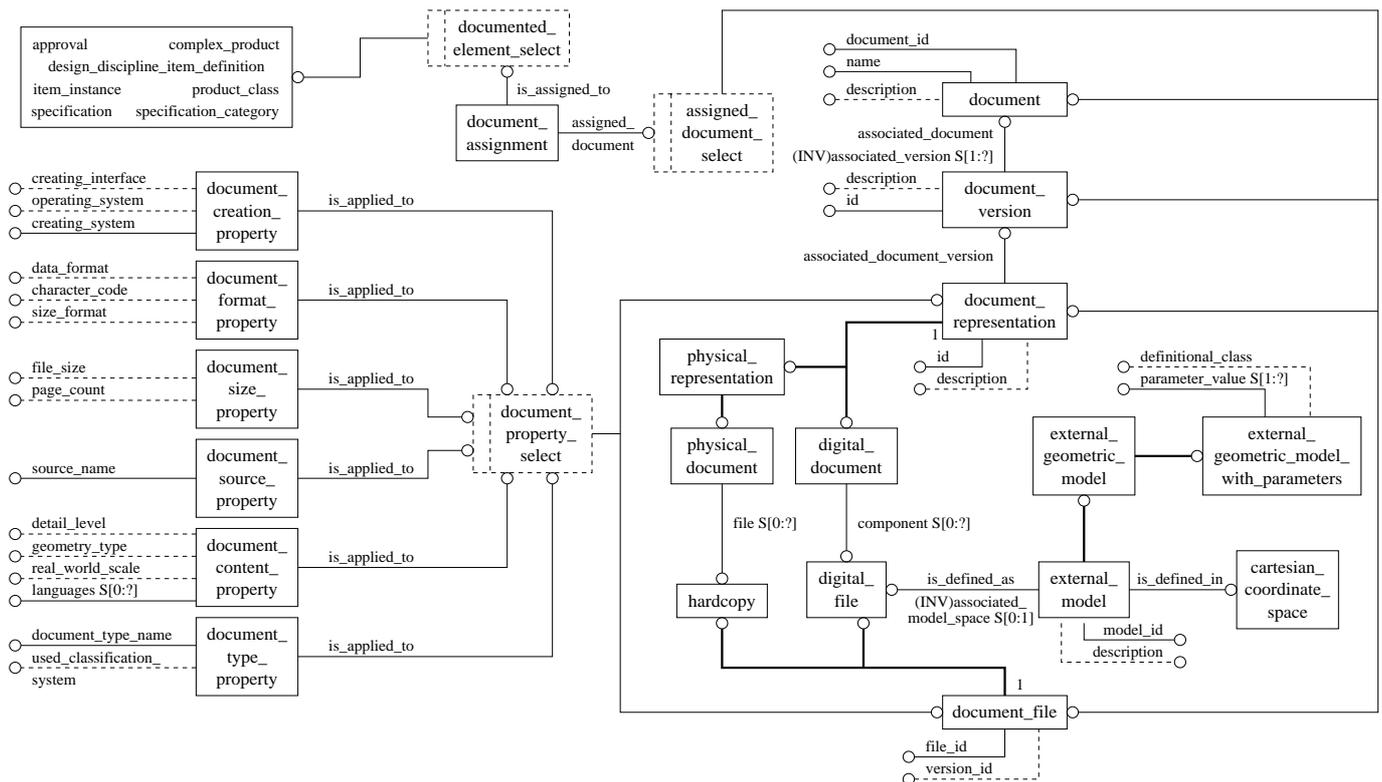


Figure 4.7 - Documents associés à un produit

Au cours de l'étude d'un produit, les différents acteurs produisent des documents. Ce sont des cahiers des charges, des résultats d'essais ou de calculs, des rapports d'évaluation, des fichiers CAO, etc, tous destinés à la documentation et au partage d'informations du produit. La prise en compte des documents dans notre modèle est donc nécessaire [79].

Les documents (**document**) possède une ou plusieurs version (**document_version**). On répertorie deux types de document, les documents physiques (**physical_document**, **hardcopy**) et les documents informatiques (**digital_file**, **digital_document**). Les caractéristiques de ces documents peuvent être renseignées à l'aide des entités **document_creation_property**, **document_format_property**, **document_size_property**, **document_source_property**, **document_content_property** et **document_type_property**. Enfin, leur rattachement aux éléments qu'ils décrivent est assuré par **document_assignment** et **documented_element_select** (voir figure 4.7).

4.5 Les propriétés

Tout comme les documents, les propriétés permettent l'accès rapide à des informations diverses et variées telles que les grandeurs caractéristiques du produit, mais aussi à des données propres aux différents métiers.

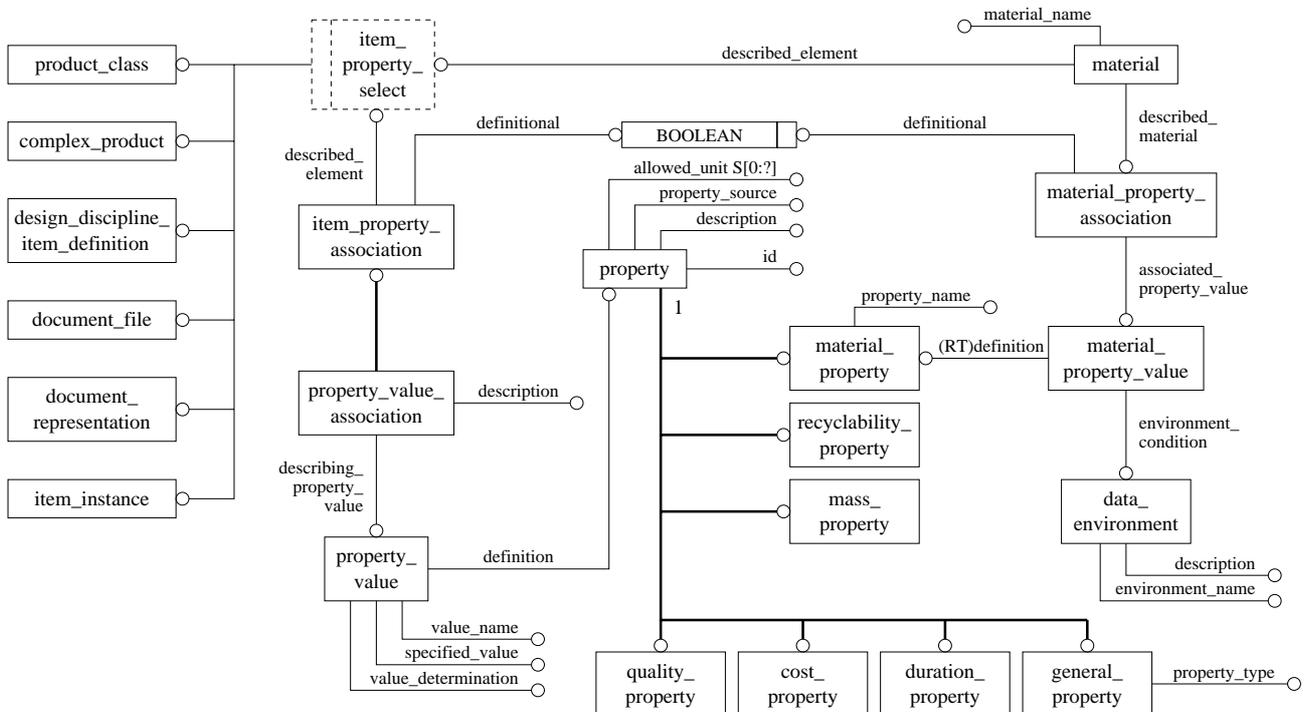


Figure 4.8 - Propriétés associées à un produit

De telles données doivent être contenues dans notre modèle. Une propriété est décrite par **property** avec la typologie suivante :

- les propriétés de matériau avec **material_property**;
- les propriétés d'environnement avec **recyclability_property**;
- les propriétés de masse avec **mass_property**;
- les propriétés liées à la qualité des produits avec **quality_property**;

- les propriétés de coût avec **cost_property**;
- les propriétés temporelles avec **duration_property**;
- les propriétés d'ordre général avec **general_property**, pour les propriétés n'appartenant pas aux autres types cités.

A chaque propriété est assignée une valeur (**property_value**). **item_property_select** assure le rattachement d'une propriété aux éléments qu'elle renseigne (voir la figure 4.8).

4.6 Les ressources organisationnelles

Certaines données telles que les informations humaines et temporelles sont la base de tout système de gestion. Celles-ci sont décrites :

- pour les personnes par **person**;
- pour les organismes par **organization** et **organization_relationship**;
- pour les dates et heures par **date_time**.

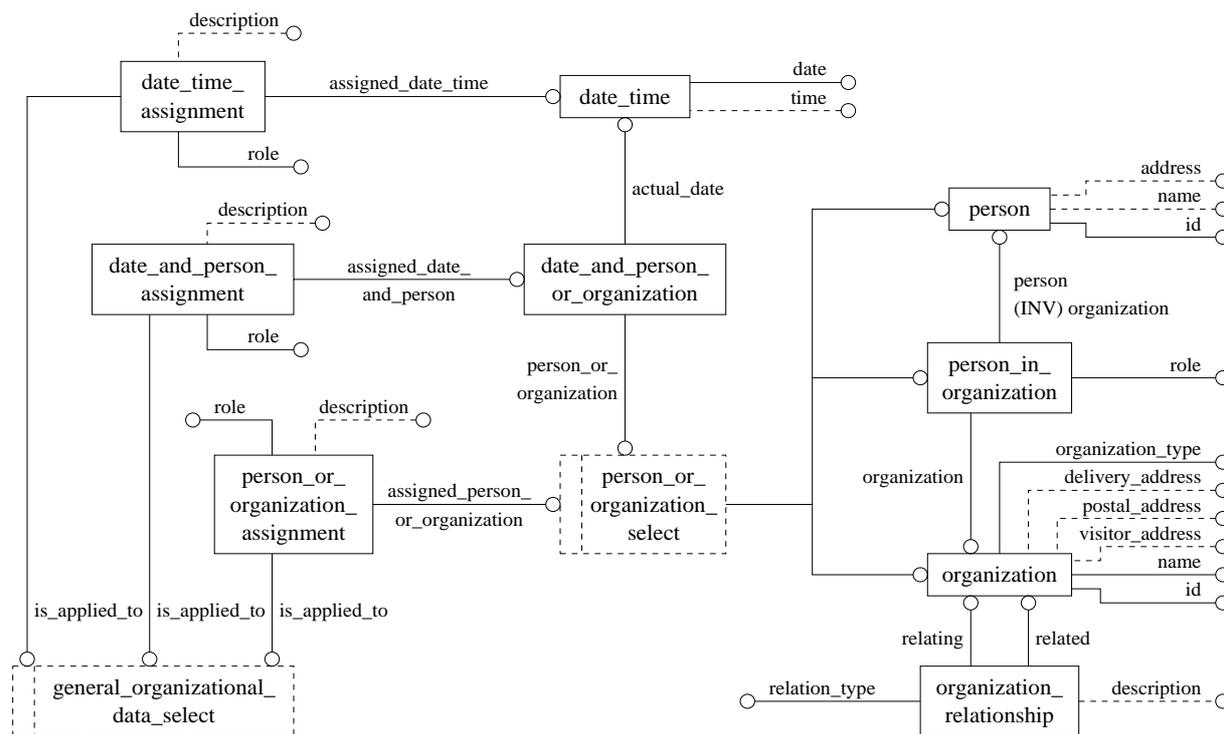


Figure 4.9 - Administration des personnes et organismes responsables

Des combinaisons entre ces trois types de données peuvent être réalisées avec **person_in_organization** et **date_and_person_or_organization**. Elles sont ensuite assignées aux produits avec **date_time_assignment**, **date_and_person_assignment**, **person_or_organization_assignment** et **general_organizational_data_select** (voir la figure 4.9).

4.7 Les données de cycle de vie des produits

Un produit, dans son cycle de vie, passe par différents niveaux de confidentialité. Ceux-ci sont des composants indispensables pour les traitements des systèmes d'informations. La confidentialité est traitée par l'entité **security_classification** avec le niveau **security_level** et appliquée aux différents éléments par **security_element_select** (voir la figure 4.10).

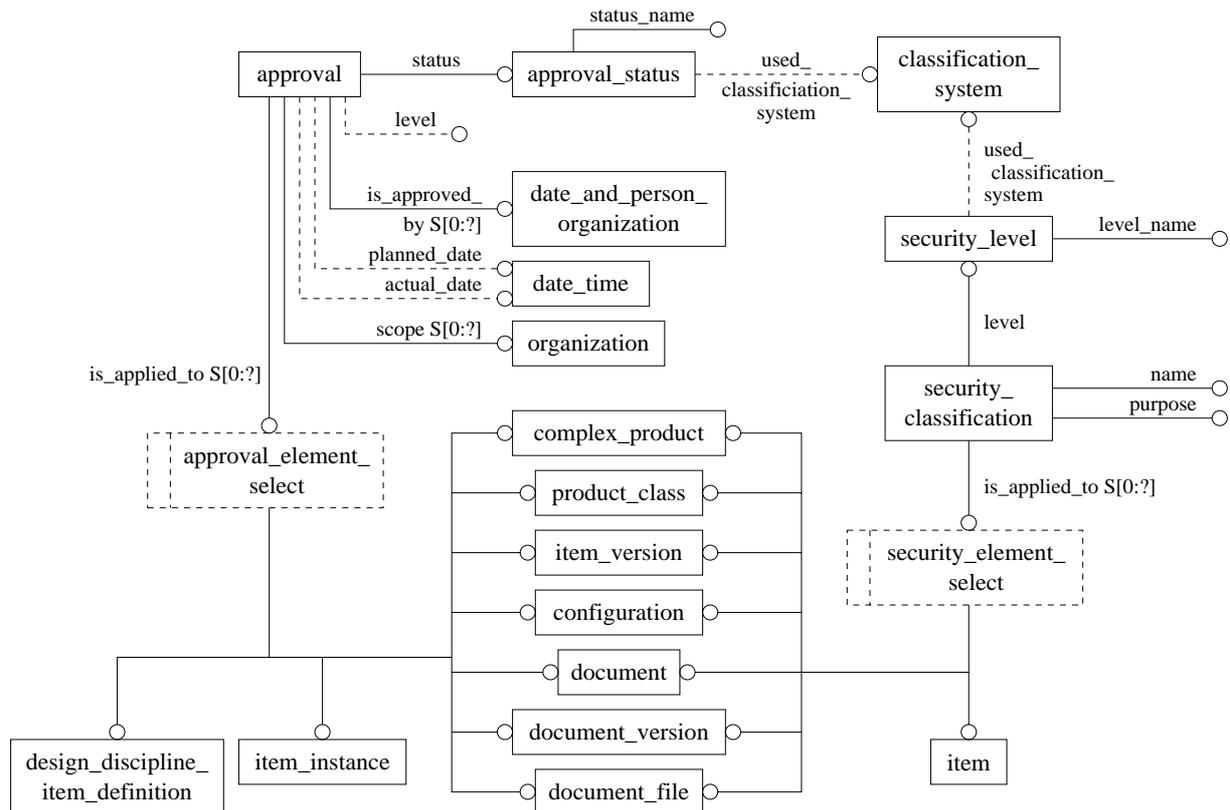


Figure 4.10 - Administration des informations d'approbation et de sécurité

Avant d'atteindre son état final, l'étude d'un produit (pièce, solution, véhicule, ...) passe par différentes étapes intermédiaires, chacune d'entre elles faisant l'objet d'une ou plusieurs évaluations débouchant sur son acceptation ou non. C'est pourquoi il est nécessaire de prendre en compte ces données dans notre modèle. L'approbation (**approval**) possède un statut (**approval_status**) et s'applique à différents éléments adressés par **approval_element_select** (voir la figure 4.10).

4.8 Conclusion

Dans ce chapitre, l'étude d'un modèle de produit automobile basé sur STEP AP214 a été présentée. Celle-ci a utilisé la méthodologie d'analyse proposée au chapitre 3. L'approche modulaire alors suivie a permis d'une part de faire ressortir 5 concepts forts qui sont le *véhicule*, l'*organe*, la *fonction*, la *solution* et la *pièce*. Ces 5 points forment la structure

de base du modèle de produit automobile. D'autre part, cette étude a fait apparaître un certain nombre de relations existant entre ces points. La synthèse graphique de ces relations est présentée en figure 4.11.

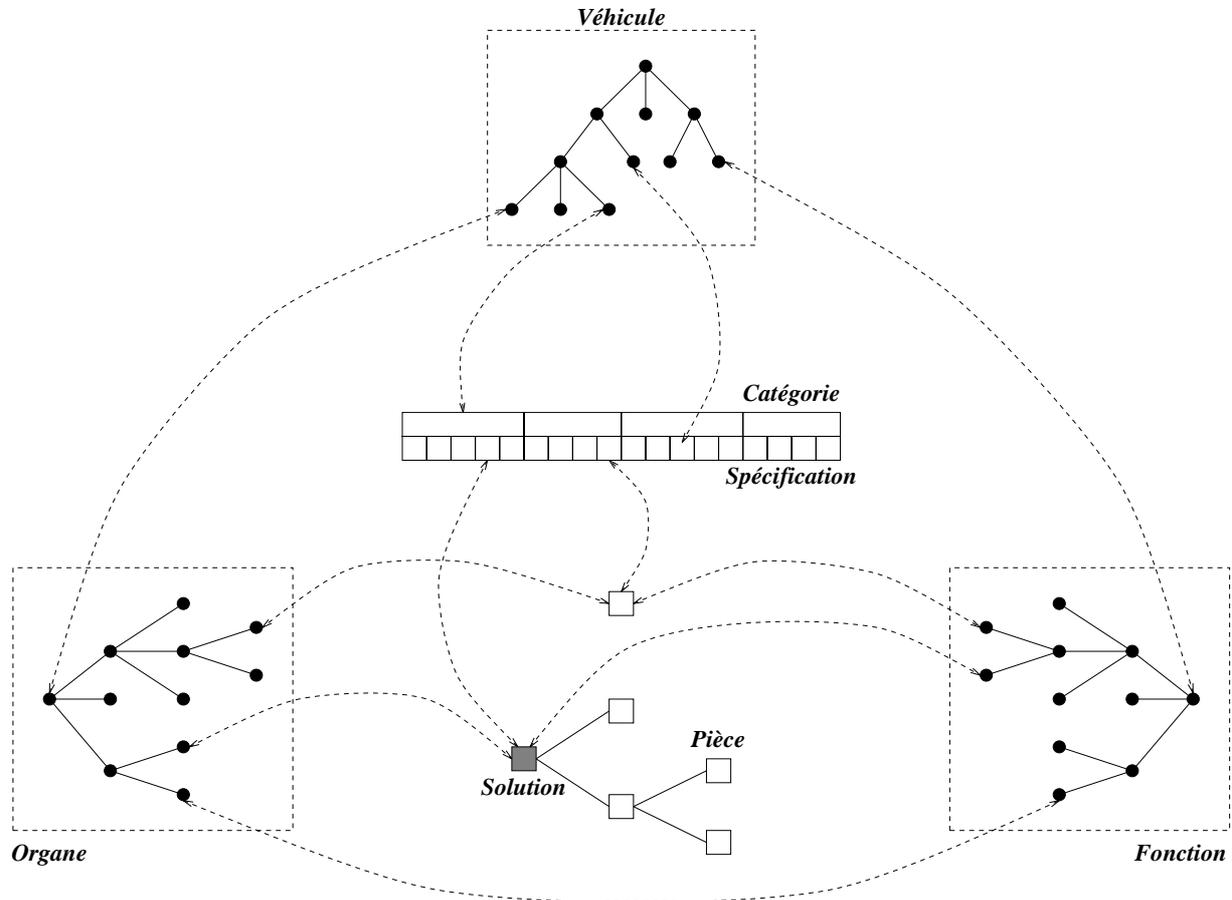


Figure 4.11 - Les principaux concepts de modèle de produit proposé et leurs relations

Enfin, les données concernant les ressources de types documentaire, organisationnel, sécuritaire et autres ont fait l'objet d'une attention toute particulière. En effet, ces données jouent un rôle important auprès des utilisateurs qui ont besoin d'avoir accès à un maximum d'informations sur l'élément qu'ils consultent.

Chapitre 5

Elaboration de nouveaux modèles de traitement fonctionnels

5.1 Introduction

Dans le chapitre précédent, le modèle de produit proposé a été présenté et synthétisé sur la figure 4.11. Ce modèle s'articule autour de 5 concepts forts, qui correspondent aux différents points d'entrée du modèle :

- Le véhicule (**product_class**);
- La fonction (**product_function**);
- L'organe (**product_component**);
- La solution (**alternative_solution**);
- La pièce (**item**).

C'est sur la base de ces 5 éléments que les différentes fonctionnalités de manipulation du modèle vont être développées au §5.2. L'autre aspect abordé dans ce chapitre concerne le contrôle de la cohérence (complétude et d'incohérence).

5.2 Fonctionnalités d'utilisation du modèle

Le modèle présenté dans le chapitre précédent doit être implémenté dans une base de données de type relationnel ou objet. Cette opération doit intégrer la spécification et le développement de traitements à appliquer à la base de données.

Dans cette partie, différentes fonctionnalités résultant d'expressions de besoins d'utilisateurs sont étudiées. Celles-ci sont classées en trois catégories détaillées dans les sections ci-après présentées :

- Les fonctionnalités pour la *navigation* qui exploitent les liens existant entre les 5 éléments principaux de modèle (véhicule, fonction, organe, solution et pièce);

- Les fonctionnalités dites **avancées** qui ne concernent ni la navigation, ni les données complémentaires du modèle;
- Les fonctionnalités de **renseignement** traitant des informations complémentaires adjointes aux véhicules, fonctions, organes, solutions et pièces instanciées.

Dans la suite, les différentes fonctionnalités précédemment évoquées vont être développées en détaillant pour chacune les points suivants :

- L'objectif à atteindre;
- Les différentes combinaisons d'entités pouvant être mises en œuvre afin d'atteindre l'objectif, et ceci en explicitant chacune d'entre elles à l'aide d'une représentation graphique. Cette représentation résulte d'une extraction d'entités, retenues pour la fonctionnalité considérée, dans les schémas EXPRESS-G exposés dans le chapitre 4. Il faut encore noter que la relation d'une entité vers une autre est représentée par une flèche (voir la figure 5.1).

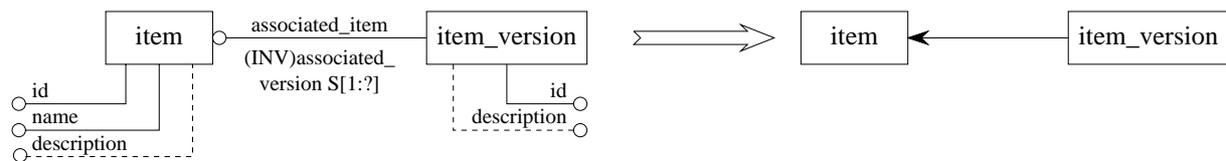


Figure 5.1 - *Correspondance entre la symbolique EXPRESS-G et la représentation simplifiée utilisée*

Enfin, il convient de préciser des conventions de lecture pour les représentations graphiques associées à chaque fonctionnalité. En effet, pour des raisons de clarté, les sous-types des entités **item_instance**, **alternative_solution** et **design_discipline_item_definition** ne figurent sur aucune de ces représentations, les figures 5.2 apportent un complément à ceci.

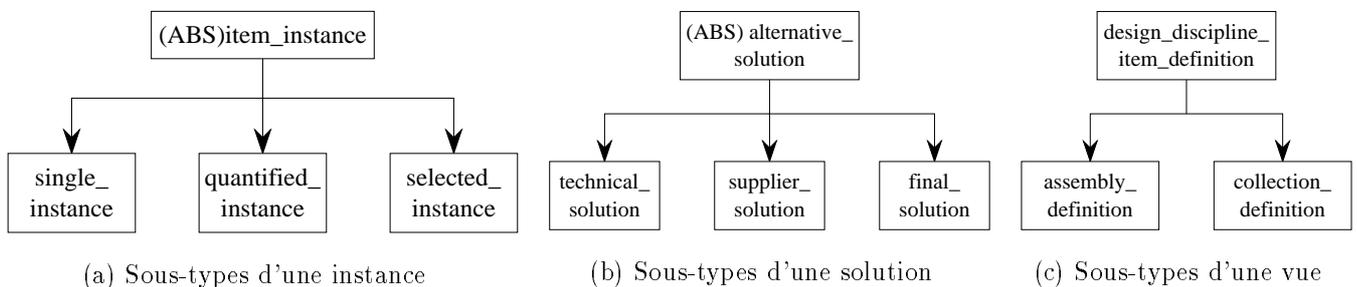


Figure 5.2 - *Convention d'utilisation des sous-types des entités*

5.2.1 Les fonctionnalités pour la navigation

Dans les sections qui suivent, des fonctionnalités permettant la navigation dans le modèle vont être détaillées. Chacune d'elle correspond à une des relations identifiées sur la figure 4.11 du chapitre 4.

5.2.1.1 Le lien pièce ↔ organe

Fonctionnalités recherchées : Il s'agit de rechercher les *pièces* associées de façon directe ou indirecte avec un nœud du découpage *organique*, ou vice versa, les *organes* associés à une *pièce*. Cette fonctionnalité peut par exemple être utilisée dans le cas d'un remontage de type maquette numérique. En effet, si l'on souhaite effectuer le remontage d'un moteur, à partir de l'organe moteur, la recherche des pièces associées à cet organe et ses sous-organes utilisera cette fonctionnalité.

Mise en œuvre : Les méthodes utilisées pour construire un lien entre une pièce et un organe sont au nombre de quatre. Chacune d'entre elles se caractérise par les entités et/ou son schéma de mise en œuvre, c'est à dire le chemin qu'il faut suivre dans le modèle de données pour aller d'une pièce à un organe et vice versa. Les différentes méthodes sont les suivantes :

1. Il s'agit d'un lien unique assuré par l'entité **product_structure_relationship** entre une pièce et un organe. La valeur de son attribut **relation_type** est alors *realization*. Cela correspond au rattachement d'une instance de pièce à un organe (voir la figure 5.3).

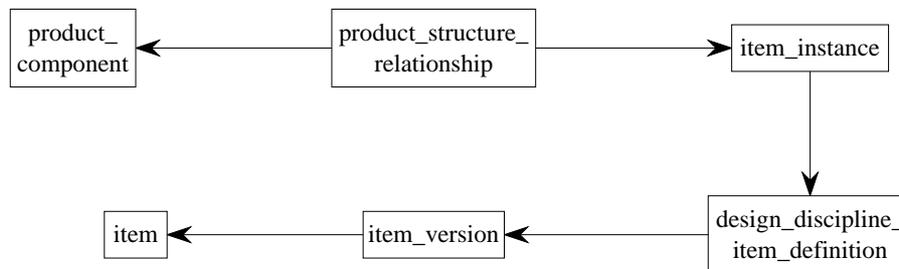


Figure 5.3 - Exploitation du lien pièce ↔ organe (1/4)

2. La construction de ce lien s'appuie la combinaison des liens existant entre un organe et une fonction, et entre une fonction et une instance de pièce. Cela correspond à l'association entre un organe et une fonction à laquelle est rattachée une instance de pièce (voir la figure 5.4).

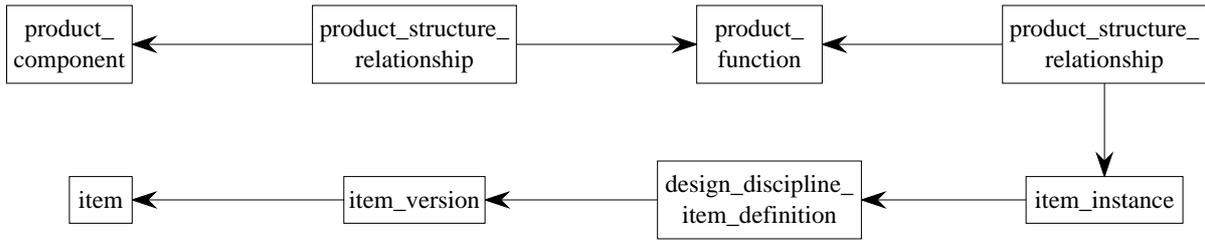


Figure 5.4 - *Exploitation du lien pièce↔organe (2/4)*

3. La construction de ce lien s'appuie sur la caractérisation d'une solution réalisée par une instance de pièce. Cette solution a pour élément de base un organe (voir la figure 5.5).

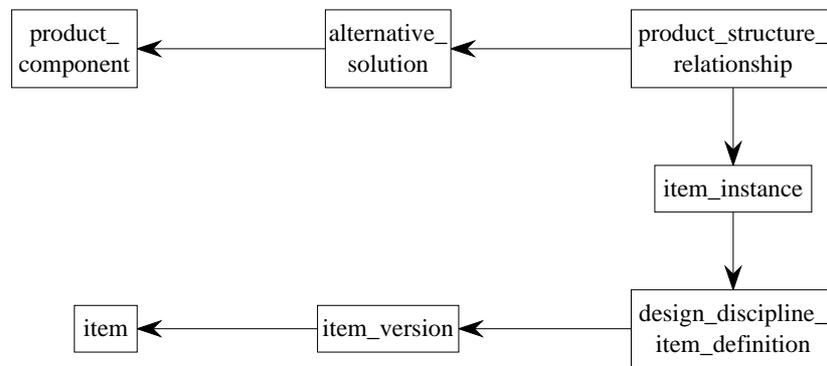


Figure 5.5 - *Exploitation du lien pièce↔organe (3/4)*

4. Cette dernière méthode est la plus complexe. En effet, elle considère d'une part l'association entre un organe et une fonction, et d'autre part la réalisation par une instance de pièce d'une solution qui a pour élément de base la fonction précédemment évoquée (voir la figure 5.6).

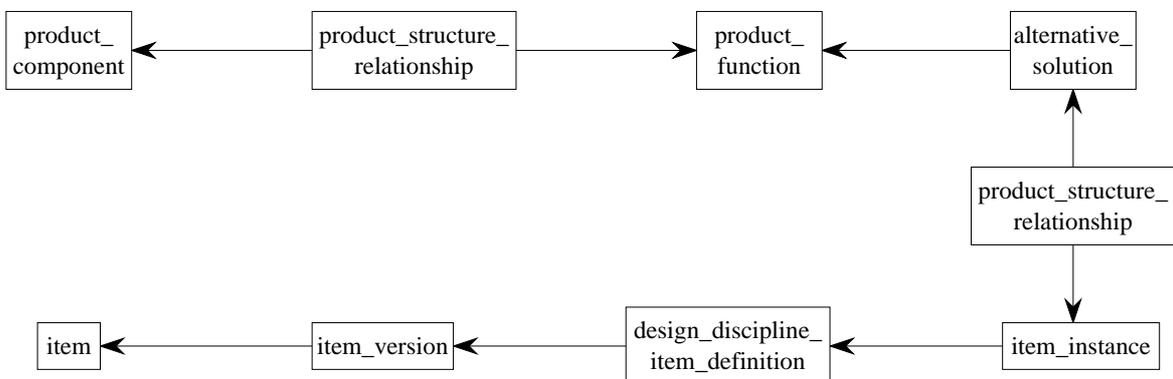


Figure 5.6 - *Exploitation du lien pièce↔organe (4/4)*

5.2.1.2 Le lien pièce↔fonction

Fonctionnalités recherchées : Il s'agit de rechercher les *pièces* associées de façon directe ou indirecte avec un nœud du découpage *fonctionnel*, ou vice versa, les *fonctions* associées à une *pièce*. Cette fonctionnalité peut par exemple être utilisée dans le cas où l'on souhaite rechercher les pièces participant à une fonction telle que le freinage pour des besoins de simulation ou autre.

Mise en œuvre : Les méthodes utilisées pour construire un lien entre une pièce et une fonction sont au nombre de quatre. Chacune d'entre elles se caractérise par les entités et/ou son schéma de mise en œuvre, c'est à dire le chemin qu'il faut suivre dans le modèle de données pour aller d'une pièce à une fonction et vice versa. Les différentes méthodes sont les suivantes :

1. Il s'agit d'un lien unique assuré par l'entité **product_structure_relationship** entre une pièce et un organe. La valeur de son attribut **relation_type** est alors *realization*. Cela correspond au rattachement d'une instance de pièce à une fonction (voir la figure 5.7).

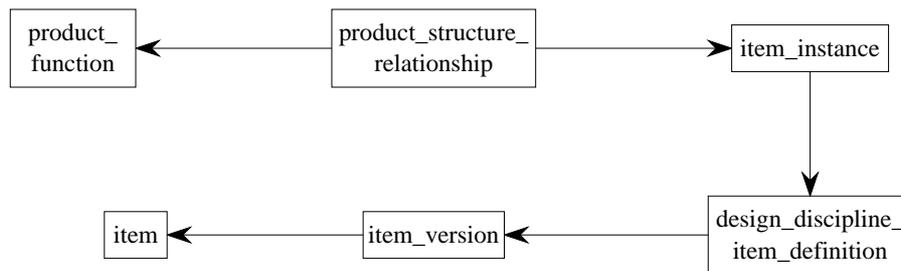


Figure 5.7 - Exploitation du lien pièce↔fonction (1/4)

2. L'exploration de ce lien exploite la combinaison des liens existant entre une fonction et un organe, et entre un organe et une instance de pièce. Cela correspond à l'association entre une fonction et un organe auquel est rattachée une instance de pièce (voir la figure 5.8).

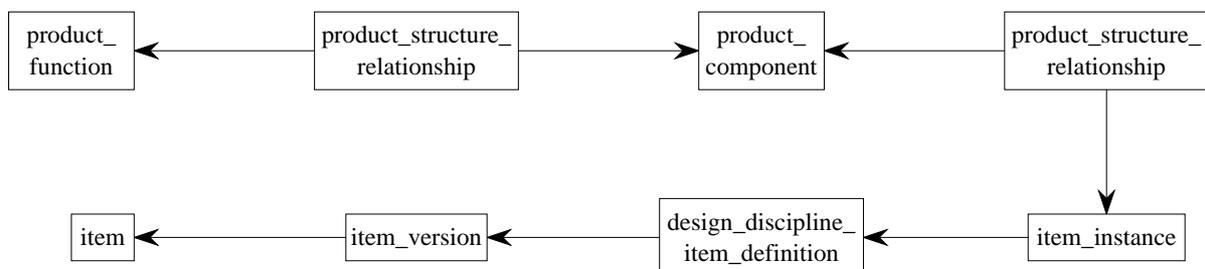


Figure 5.8 - Exploitation du lien pièce↔fonction (2/4)

3. L'exploration de ce lien s'appuie sur la caractérisation d'une solution réalisée par une instance de pièce. Cette solution a pour élément de base une fonction (voir la figure 5.9).

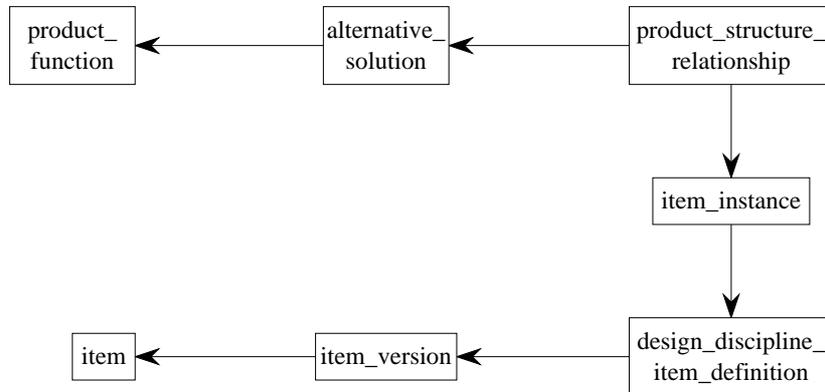


Figure 5.9 - *Exploitation du lien pièce↔fonction (3/4)*

4. Cette dernière méthode est la plus complexe. En effet, elle considère d'une part l'association entre une fonction et un organe, et d'autre part la réalisation par une instance de pièce d'une solution qui a pour élément de base l'organe précédemment évoqué (voir la figure 5.10).

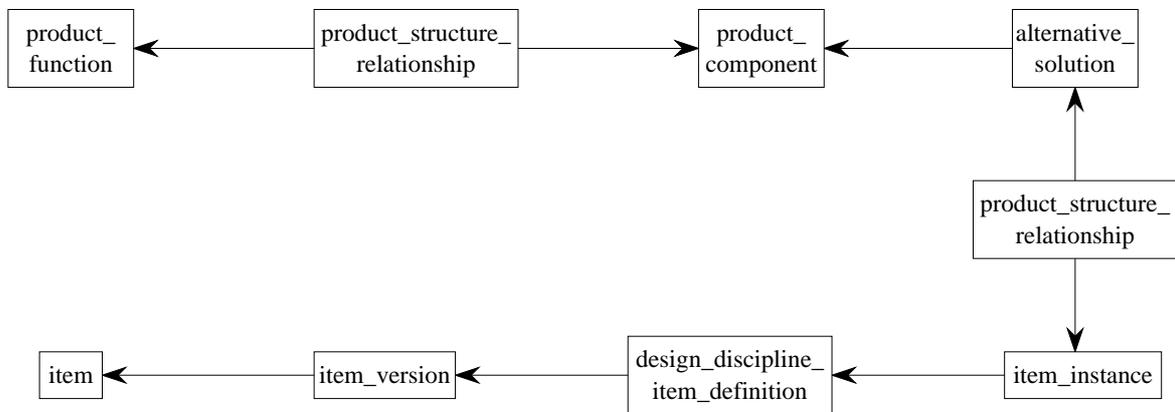


Figure 5.10 - *Exploitation du lien pièce↔fonction (4/4)*

5.2.1.3 Le lien organe \leftrightarrow solution

Fonctionnalités recherchées : Il s'agit de rechercher les nœuds du découpage *organique* associés de façon directe ou indirecte avec une *solution* qu'elle soit technique, fournisseur ou finale, ou vice versa, les *solutions* associées à un *organe*. Cette fonctionnalité peut par exemple être utilisée pour rechercher les solutions fournisseur disponibles pour un organe tel qu'un projecteur.

Mise en œuvre : Les méthodes utilisées pour construire un lien entre une pièce et une fonction sont au nombre de trois. Chacune d'entre elles se caractérise par les entités et/ou son schéma de mise en œuvre, c'est à dire le chemin qu'il faut suivre dans le modèle de données pour aller d'un organe à une solution et vice versa. Les différentes méthodes sont les suivantes :

1. Cette première méthode est la plus simple puisqu'elle consiste à exploiter le fait qu'un organe est considéré comme élément de base d'une solution (voir la figure 5.11).



Figure 5.11 - *Exploitation du lien organe \leftrightarrow solution (1/3)*

2. L'exploration de ce lien exploite l'association entre un organe et une fonction, laquelle est l'élément de base d'une solution (voir la figure 5.12).



Figure 5.12 - *Exploitation du lien organe \leftrightarrow solution (2/3)*

3. Cette dernière méthode consiste à explorer la relation entre un organe et une solution établie par l'entité **product_structure_relationship** (voir la figure 5.13). La valeur de son attribut **relation_type** est alors *realization*.

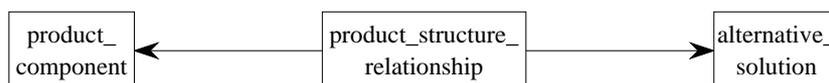


Figure 5.13 - *Exploitation du lien organe \leftrightarrow solution (3/3)*

5.2.1.4 Le lien fonction↔solution

Fonctionnalités recherchées : Il s'agit de rechercher les *solutions* associées de façon directe ou indirecte avec un nœud du découpage *fonctionnel*, ou vice versa, les *fonctions* associées à une *solution*. Cette fonctionnalité peut par exemple être utilisée pour rechercher et vérifier les fonctions d'une solution. C'est le cas du projecteur pour lequel les fonctions peuvent être l'éclairage et la signalisation.

Mise en œuvre : Les méthodes utilisées pour construire un lien entre une fonction et une solution sont au nombre de trois. Chacune d'entre elles se caractérise par les entités et/ou son schéma de mise en œuvre, c'est à dire le chemin qu'il faut suivre dans le modèle de données pour aller d'une fonction à une solution et vice versa. Les différentes méthodes sont les suivantes :

1. Cette première méthode est la plus simple puisqu'elle consiste à exploiter le fait qu'une fonction est considérée comme élément de base d'une solution (voir la figure 5.14).



Figure 5.14 - *Exploitation du lien fonction↔solution (1/3)*

2. L'exploration de ce lien exploite l'association entre une fonction et un organe, lequel est l'élément de base d'une solution (voir la figure 5.15).

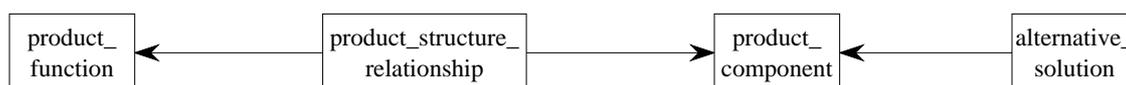


Figure 5.15 - *Exploitation du lien fonction↔solution (2/3)*

3. Cette dernière méthode consiste à explorer la relation entre une fonction et une solution établie par l'entité **product_structure_relationship** (voir la figure 5.16). La valeur de son attribut **relation_type** est alors *functionality*.

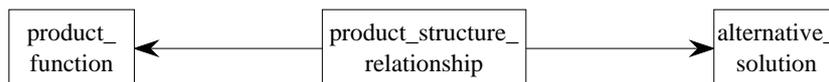


Figure 5.16 - *Exploitation du lien fonction↔solution (3/3)*

5.2.1.5 Le lien fonction↔organe

Fonctionnalités recherchées : Il s'agit de rechercher les nœuds du découpage *fonctionnel* associés de façon directe ou indirecte avec un nœud du découpage *organique*, ou vice versa, les *organes* associés à une *fonction*. Cette fonctionnalité peut par exemple être utilisée pour rechercher les fonctions à étudier pour un lot¹ donné, responsable d'un certain nombre d'organes. Ainsi, les fonctions freinages parking et route pourront être retrouvées pour le lot freinage, ayant pour organes ceux de la mécanique freinage avant et arrière.

Mise en œuvre : Les méthodes utilisées pour construire un lien entre une fonction et un organe sont au nombre de trois. Chacune d'entre elles se caractérise par les entités et/ou son schéma de mise en œuvre, c'est à dire le chemin qu'il faut suivre dans le modèle de données pour aller d'une fonction à un organe et vice versa. Les différentes méthodes sont les suivantes :

1. Cette méthode consiste à explorer la relation entre une fonction et un organe établie par l'entité **product_structure_relationship** (voir la figure 5.17). La valeur de son attribut **relation_type** est alors *functionality* ou *realization*.

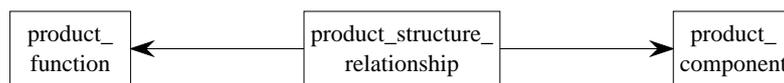


Figure 5.17 - Exploitation du lien fonction↔organe (1/3)

2. Cette méthode consiste à explorer la relation entre une fonction et une solution établie par l'entité **product_structure_relationship**, la solution ayant pour élément de base un organe (voir la figure 5.18). La valeur de son attribut **relation_type** est alors *functionality*.



Figure 5.18 - Exploitation du lien fonction↔organe (2/3)

3. Cette méthode consiste à explorer la relation entre un organe et une solution établie par l'entité **product_structure_relationship**, la solution ayant pour élément de base une fonction (voir la figure 5.19). La valeur de son attribut **relation_type** est alors *realization*.



Figure 5.19 - Exploitation du lien fonction↔organe (3/3)

1. Un lot véhicule est un regroupement fonctionnel d'organes et des pièces qui leur sont rattachés

5.2.1.6 Le lien pièce↔solution

Fonctionnalités recherchées : Il s'agit de rechercher les *pièces* associées de façon directe ou indirecte avec une *solution* qu'elle soit technique, fournisseur ou finale, ou vice versa, les *solutions* associées à une *pièce*. Cette fonctionnalité peut par exemple être utilisée pour afficher l'arbre d'assemblage des pièces d'une solution fournisseur. C'est le cas de la solution fournisseur VALEO d'un projecteur dont l'arbre d'assemblage se compose entre autre des pièces *glace*, *boitier*.

Mise en œuvre : Il n'existe qu'une seule méthode pour construire un lien entre une pièce et une solution. Il s'agit de la caractérisation d'une solution en identifiant l'instance de pièce qui réalise cette dernière. Cette relation est effectuée avec l'entité **product_structure_relationship** (voir la figure 5.20). La valeur de son attribut **relation_type** est alors *realization*.

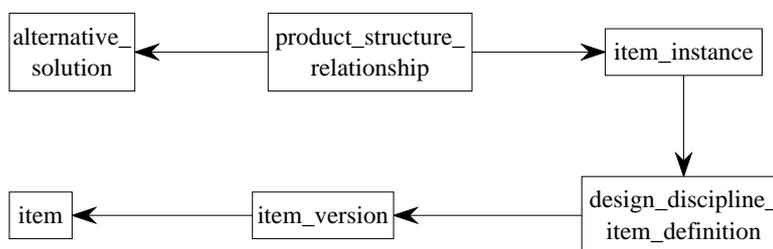


Figure 5.20 - Exploitation du lien pièce↔solution

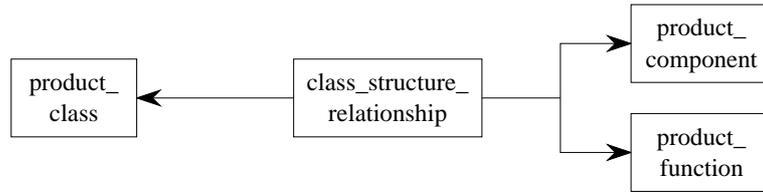
5.2.1.7 Le lien véhicule↔organe

Fonctionnalités recherchées : Il s'agit de rechercher une partie ou la totalité du découpage *organique* associée à un *véhicule*, ou vice versa, le(s) *véhicule(s)* utilisant ce découpage. Cette fonctionnalité peut par exemple être utilisée pour rechercher le découpage organique associé à un véhicule spécial tel qu'un *pick-up* comportant un organe *treuil*.

Mise en œuvre : Il n'existe qu'une seule méthode pour construire un lien entre un véhicule et un organe. L'entité **class_structure_relationship** effectue ce lien (voir la figure 5.21).

5.2.1.8 Le lien véhicule↔fonction

Fonctionnalités recherchées : Il s'agit de rechercher une partie ou la totalité du découpage *fonctionnel* associée à un *véhicule*, ou vice versa, le(s) *véhicule(s)* utilisant ce découpage. Cette fonctionnalité peut par exemple être utilisée pour rechercher les découpages fonctionnels associés à un véhicule pouvant être de nature différente : le découpage fonctionnel technique ou le découpage fonctionnel des prestations clients.

Figure 5.21 - *Exploitation des liens véhicule ↔ fonction et véhicule ↔ organe*

Mise en œuvre : Il n'existe qu'une seule méthode pour construire un lien entre un véhicule et une fonction. Tout comme dans la section précédente, c'est l'entité **class_structure_relationship** qui effectue ce lien (voir la figure 5.21).

5.2.1.9 Conclusion sur les fonctionnalités de navigation

Dans cette partie, les différentes fonctionnalités pouvant être utilisées pour naviguer dans le modèle ont été exposées. Ces fonctionnalités permettent la recherche de n'importe quelles informations, et ceci à partir de n'importe quel point d'entrée du modèle. Ainsi, le micro-scénario qui suit est une illustration de l'usage qui peut être fait de ces fonctionnalités par des utilisateurs.

Le contexte de ce micro-scénario est celui d'un bureau de synthèse véhicule. Celui-ci, après réception des différentes solutions fournisseurs d'une plaquette de freinage, doit s'assurer que celle-ci s'intègrent sans problème dans les différentes solutions de freinage. Pour ce faire, les découpages fonctionnel (2) et organique (1) pour le véhicule considéré doivent être extraits. A partir de l'organe *Disque - Tambour AV*, une recherche est lancée sur les solutions (3) et pièces (4) associées à cet organe. Le remontage doit alors être opéré pour chaque solution. Une ultime vérification peut être faite à partir de la fonction *Freinage Route* (5,6,7) au cas où des pièces participant à cette fonction ne seraient pas rattachées à l'organe *Disque - Tambour AV*.

Ce micro-exemple a permis d'illustrer les liens véhicule ↔ organe (1), véhicule ↔ fonction (2), organe ↔ solution (3), organe ↔ pièce (4), fonction ↔ solution (5), fonction ↔ pièce (6) et solution ↔ pièce (7).

5.2.2 Les fonctionnalités avancées

Dans les sections qui suivent, des fonctionnalités de type avancées vont être détaillées. En effet, ces fonctionnalités se destinent à des opérations de supervision du modèle.

5.2.2.1 La décomposition en véhicules

Fonctionnalités recherchées : Il s'agit de rechercher les nœuds fils et père d'un *véhicule* dans son arbre hiérarchique de décomposition (voir la figure 4.6), et par extension de permettre la reconstruction de celle-ci. Une telle fonctionnalité peut par exemple être utilisée pour rechercher les versions d'une famille de véhicules, ou la plateforme de rattachement d'une famille.

Mise en œuvre : Cette fonctionnalité exploite les relations entre véhicules créées avec l'entité **product_class_relationship**. Les valeurs de son attribut **relation_type** sont alors *hierarchy* pour la construction d'une hiérarchie de véhicules, *derivation* et *version_sequence* pour exprimer des dépendances entre véhicules (voir figure 5.22).

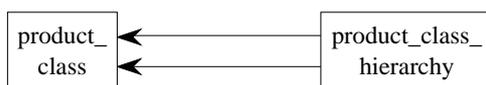


Figure 5.22 - *Décomposition véhicule*

5.2.2.2 La décomposition en organes

Fonctionnalités recherchées : Il s'agit de rechercher les nœuds fils et père d'un *organe* dans la structure arborescente à laquelle il appartient, et par extension de permettre la reconstruction de celle-ci. Une telle fonctionnalité peut par exemple être utilisée dans le cas où l'on recherche les relations qu'un organe peut avoir avec d'autres. C'est le cas entre *Mécanique Freinage* et Disque - Tambour AV avec une relation de décomposition.

Mise en œuvre : Cette fonctionnalité exploite les relations entre organes créées avec l'entité **product_structure_relationship**. Les valeurs de son attribut **relation_type** sont alors *decompose* pour la construction d'une hiérarchie de décomposition en sous-organes, *specialization* et *version_sequence* pour exprimer des dépendances entre organes (voir figure 5.23).



Figure 5.23 - *Décomposition organique*

5.2.2.3 La décomposition en fonctions

Fonctionnalités recherchées : Il s'agit de rechercher les nœuds fils et père d'une *fonction* dans la structure arborescente à laquelle il appartient, et par extension de permettre la reconstruction de celle-ci. Une telle fonctionnalité peut par exemple être utilisée dans le cas où l'on recherche les relations qu'une fonction peut avoir avec d'autres. C'est le cas entre *Freinage* et Freinage Route avec une relation de spécialisation.

Mise en œuvre : Cette fonctionnalité exploite les relations entre fonctions créées avec l'entité **product_structure_relationship**. Les valeurs de son attribut **relation_type** sont *decompose* pour la construction d'une hiérarchie de décomposition en sous-fonctions, *specialization* et *version_sequence* pour exprimer des dépendances entre fonctions (voir figure 5.24).



Figure 5.24 - Décomposition fonctionnelle

5.2.2.4 La nomenclature explicite d'une pièce

Fonctionnalités recherchées : Il s'agit de rechercher les *pièces* qui composent un *assemblage*, et par extension de permettre la construction d'un arbre d'assemblage d'un élément composé. Une telle fonctionnalité peut par exemple être utilisée pour rechercher les pièces à utiliser dans un remontage. C'est le cas d'une pièce pour laquelle on ne souhaite utiliser que les pièces composant la peau extérieure de celle-ci. On opère alors à l'exploration de son arbre d'assemblage. C'est le cas d'un moteur où seules la culasse, le cache-culbuteurs, le carter à huile et les autres pièces de périphérie seront retenus.

Mise en œuvre : Cette fonctionnalité exploite les relations existant entre une pièce composée (**assembly_definition**) et les instances de pièces qui la composent. Cette relation est établie avec l'entité **next_higher_assembly** (voir figure 5.25).

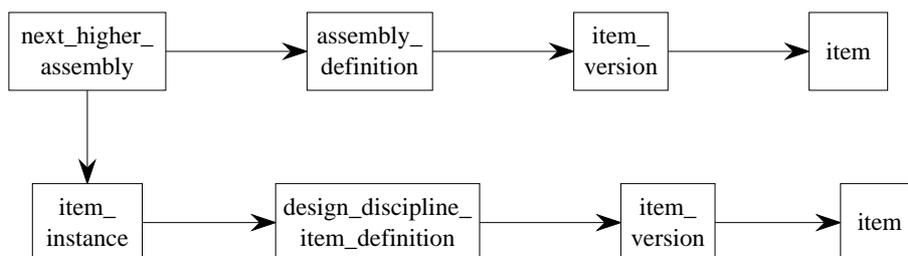


Figure 5.25 - Nomenclature d'une pièce

5.2.2.5 La nomenclature explicite d'un véhicule

Fonctionnalités recherchées : Il s'agit de rechercher les *pièces* qui composent un *véhicule*. Cette recherche utilise les classes et attributs de description sur lesquels la configuration et l'effectivité associée de chaque pièce est exprimée. Ceci suppose également que la définition du *véhicule* en terme d'attributs et de règles associées soit exhaustive. Par extension, l'arbre d'assemblage et la *nomenclature du véhicule* seront construits sur cette base. Une telle fonctionnalité peut par exemple être utilisée pour effectuer un remontage de type maquette numérique.

Mise en œuvre : Cette fonctionnalité est une opération complexe. En effet, il faut avant tout que la description du véhicule soit exhaustive en terme d'attribut. Ensuite, sur la base de cette description, les différentes conditions qui s'appliquent sur celle-ci doivent être évaluées afin d'en déduire la description finale. L'ultime étape et non la moindre consiste à rechercher les solutions et instances valides pour une effectivité donnée. Pour ce faire, il faut s'assurer de la validité des effectivités de configuration des solutions et instances par rapport à celle requise, et que les conditions d'emplois de celles-ci correspondent avec la description du véhicule (voir la figure 5.26).

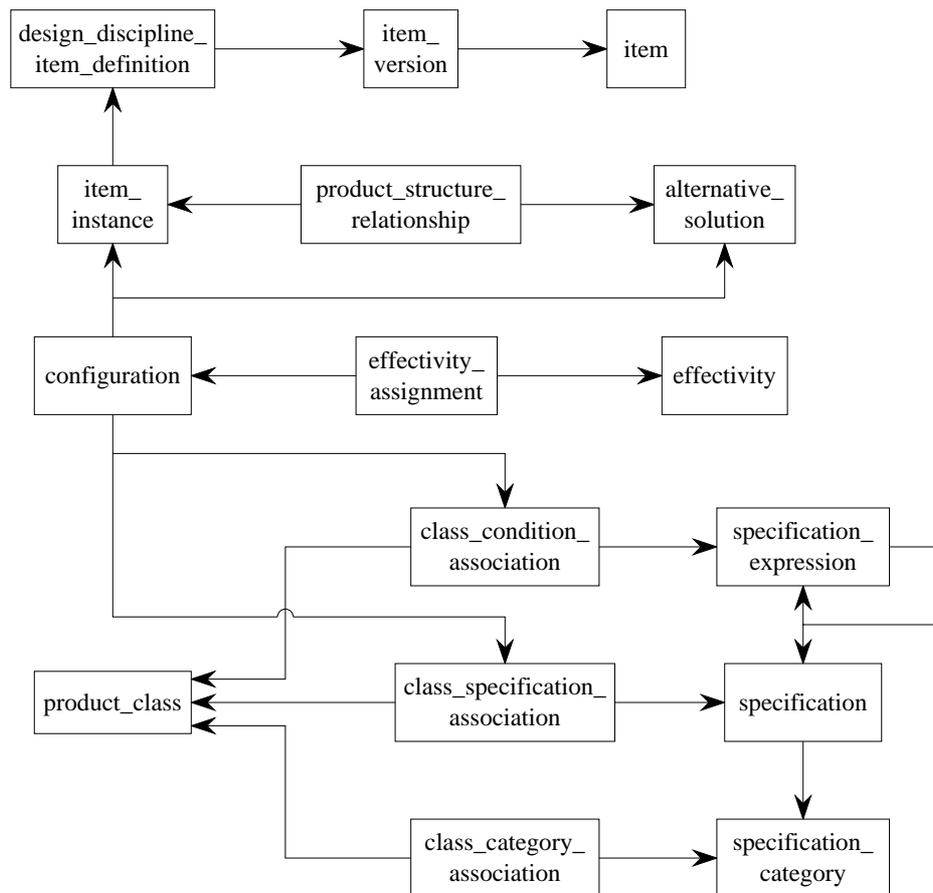


Figure 5.26 - *Nomenclature d'un véhicule*

5.2.2.6 Le dictionnaire d'attributs d'un véhicule

Fonctionnalités recherchées : Il s'agit de rechercher les *attributs* et leur *classe* associés à un *véhicule* et donc d'établir la liste des éléments permettant de décrire ce véhicule, que ce soit une plateforme, une famille ou une version. Cette fonctionnalité peut par exemple être utilisée pour dresser la liste de classes/attributs à utiliser dans le cadre d'une nouvelle famille de véhicules. Pour ce faire, il faut rechercher le dictionnaire d'attributs disponible pour la plateforme à laquelle appartient la nouvelle famille.

Mise en œuvre : Cette fonctionnalité exploite à la fois les classes et attributs qui sont rattachées à un véhicule, une classe étant référencée par ses attributs (voir figure 5.27).

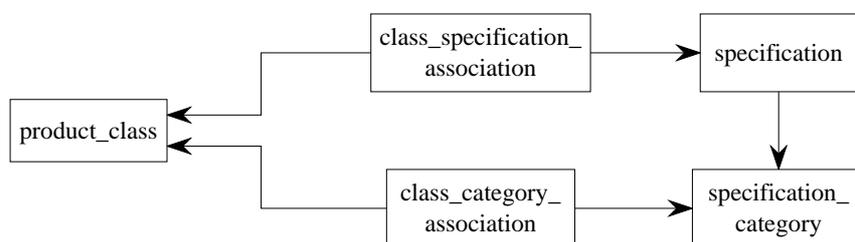


Figure 5.27 - Dictionnaire des attributs d'un véhicule

5.2.2.7 Les cas d'emploi d'une pièce

Fonctionnalités recherchées : Il s'agit de rechercher dans quels *véhicules* sont utilisées les instances d'une *pièce*. Cette recherche utilise la configuration de ces pièces, laquelle est exprimée par rapport aux classes et attributs des véhicules. Une telle fonctionnalité peut par exemple être utilisée dans le cas où l'on souhaite effectuer une modification sur une pièce. Il faut alors rechercher les véhicules utilisant cette pièce afin de vérifier le bon remontage de cette pièce une fois modifiée.

Mise en œuvre : Le principe de cette fonctionnalité est d'effectuer la démarche inverse de la précédente. En effet, à partir d'une *pièce* et pour une effectivité de *configuration* donnée, il faut déterminer les *véhicules* utilisant cette *pièce*. Cette dernière opération consiste à vérifier les conditions d'utilisation d'une *pièce* en fonction de la description des *véhicules* (voir la figure 5.28).

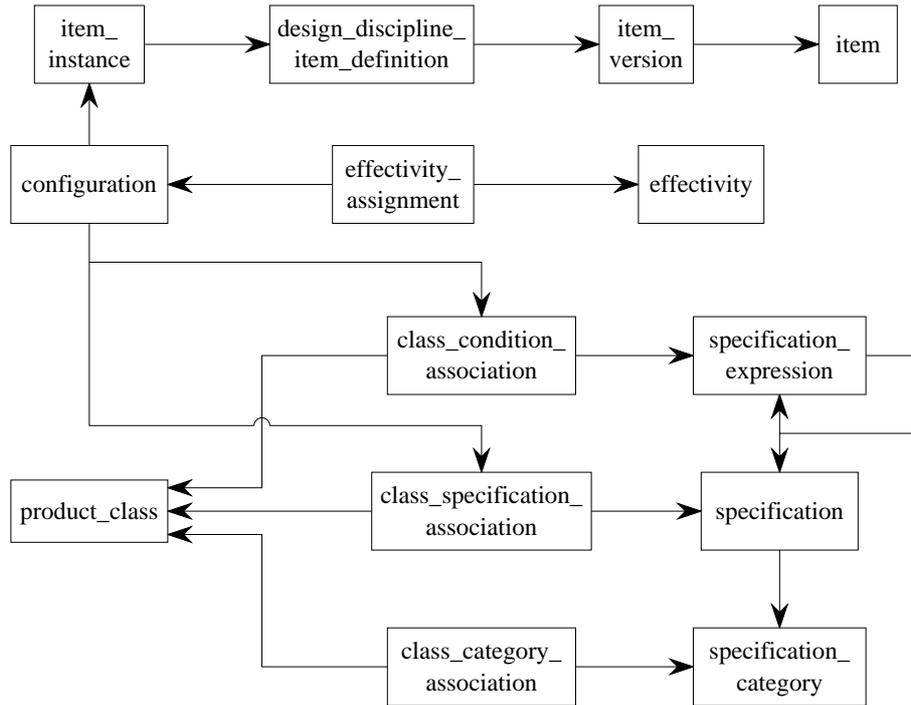


Figure 5.28 - *Cas d'emploi d'une pièce*

5.2.2.8 L'environnement d'une pièce

Fonctionnalités recherchées : Il s'agit de rechercher les *pièces* constituant l'*environnement* spacial d'une autre. Une telle fonctionnalité peut par exemple être utilisée dans le cas où l'on souhaite effectuer le remontage des pièces constituant l'environnement d'un projecteur afin de vérifier la non-existence d'interférences entre le projecteur et son environnement.

Mise en œuvre : Cette fonctionnalité exploite les relations établies entre deux instances de pièce. Cette relation est réalisée avec l'entité **linear_distance_dimension** qui permet d'exprimer la distance qui existe entre une partie de la géométrie de chacune des pièces (**item_shape**) (voir la figure 5.29).

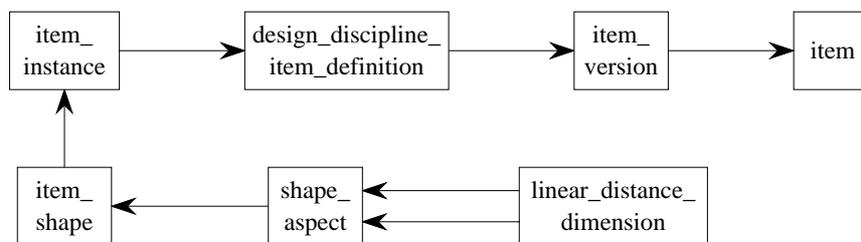


Figure 5.29 - *Environnement d'une pièce*

5.2.2.9 Conclusion sur les fonctionnalités avancées

Dans cette partie, les différentes fonctionnalités permettant la supervision du modèle ont été exposées. Ces fonctionnalités vont permettre d'effectuer des opérations de recherche globales. Ainsi, le micro-scénario qui suit est une illustration de l'usage qui peut être fait de ces fonctionnalités par des utilisateurs.

Le contexte de ce micro-scénario reste celui d'un bureau de synthèse véhicule. Celui-ci reçoit une nouvelle version d'une plaquette de freinage ayant fait l'objet d'une modification de géométrie. Il faut donc s'assurer de son bon remontage dans tous les véhicules qui l'utilisent. Après recherche des véhicules concernés par ce remontage (1), pour chacun d'eux le remontage (2) est effectué en ne considérant que l'environnement géométrique de la plaquette (3,4).

Ce micro-exemple a ainsi utilisé les fonctionnalités de recherche des cas d'emploi d'une pièce (1), la nomenclature d'un véhicule (2) et d'une pièce (3), et la recherche de l'environnement d'une pièce (4).

5.2.3 Les fonctionnalités de renseignement

Dans les sections qui suivent, des fonctionnalités d'extraction de données de renseignement vont être détaillées. Celles-ci ont pour objectif d'apporter des informations complémentaires aux utilisateurs par la recherche d'informations associées à l'élément consulté.

5.2.3.1 Les personnes et organismes

Fonctionnalités recherchées : Il s'agit de rechercher les *personnes* et/ou *organismes* rattachés à une *pièce*, une vue, version ou instance de pièce, un *véhicule*, un *organe*, une *fonction* ou une *solution*.

Mise en œuvre : Cette fonctionnalité exploite la relation établie avec l'entité **person_organization_assignment** entre un organisme **organization** ou une personne dans un organisme **person_in_organization** et l'élément auquel ils sont rattachés (voir la figure 5.30).

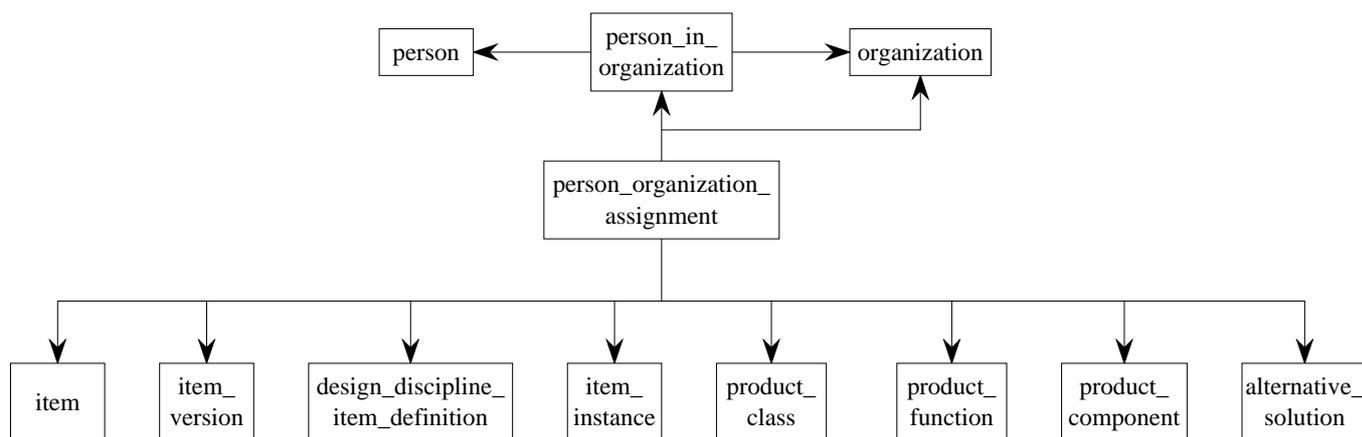


Figure 5.30 - *Extraction des informations de personnes et organismes*

5.2.3.2 Les dates et heures

Fonctionnalités recherchées : Il s'agit de rechercher les informations de type *date* ou *heure* rattachées à une *pièce*, une vue, version ou instance de pièce, un *véhicule*, un *organe*, une *fonction* ou une *solution*.

Mise en œuvre : Cette fonctionnalité exploite la relation établie avec l'entité **date_time_assignment** entre une information temporelle **date_time** et l'élément auquel elle est rattachée (voir la figure 5.31).

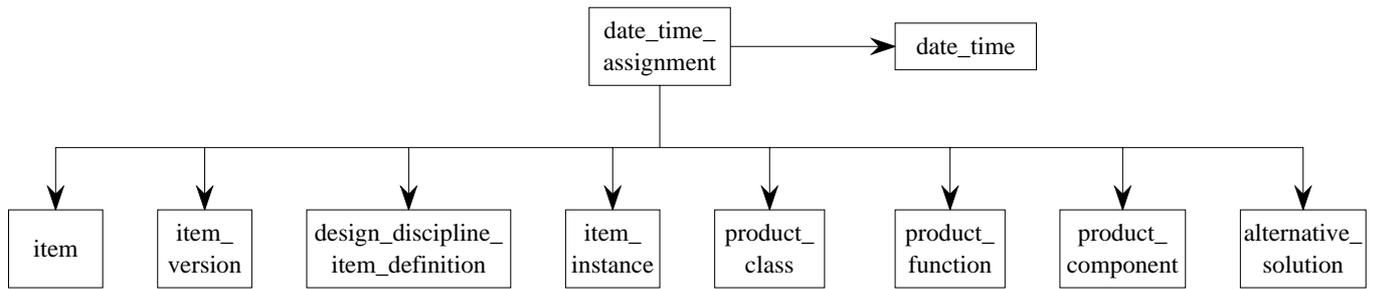


Figure 5.31 - Extraction des informations de dates et heures

5.2.3.3 La confidentialité

Fonctionnalités recherchées : Il s'agit de rechercher les informations de *sécurité/confidentialité* rattachées à une *pièce* ou une de ses vues, un *véhicule*, une *fonction*, un *organe* ou une *solution*.

Mise en œuvre : Cette fonctionnalité exploite la relation établie avec l'entité **security_classification** entre un niveau de confidentialité **security_level** et l'élément auquel il est rattaché (voir la figure 5.32).

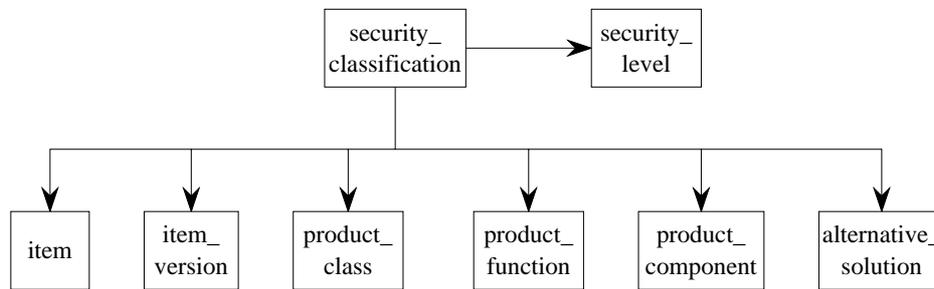


Figure 5.32 - Extraction des informations de confidentialité

5.2.3.4 Les approbations

Fonctionnalités recherchées : Il s'agit de rechercher les *approbations* portant sur une version, vue ou instance de *pièce*, un *véhicule*, une *fonction*, un *organe* ou un *solution*.

Mise en œuvre : Cette fonctionnalité exploite la relation établie avec l'entité **approval** entre un niveau d'approbation **approval_status** et l'élément auquel il est rattaché (voir la figure 5.33).

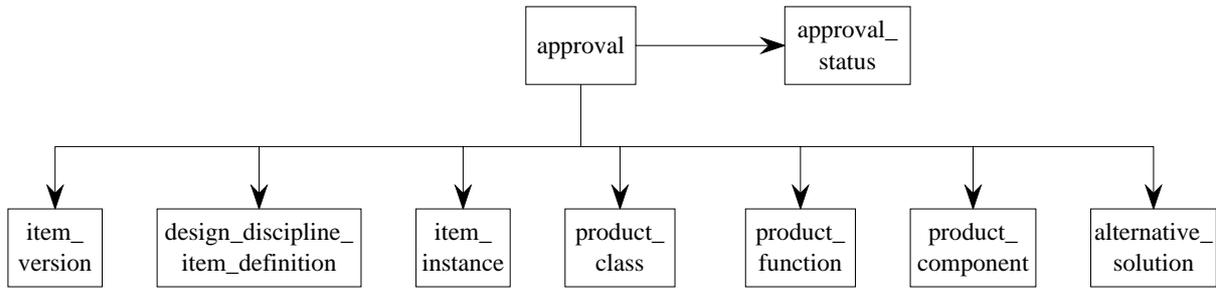


Figure 5.33 - Extraction des informations d'approbation

5.2.3.5 Les documents

Fonctionnalités recherchées : Il s'agit de rechercher les *documents* papier ou informatiques, tels qu'un modèle CAO ou un cahier des charges, rattachés à une vue ou instance de *pièce*, un *véhicule*, une *fonction*, un *organe* ou une *solution*.

Mise en œuvre : Cette fonctionnalité exploite la relation établie avec l'entité **document_assignment** entre un document **document**, une version de document **document_version**, un document informatique **digital_document** ou un fichier informatique **digital_file**, et l'élément auquel ils sont rattachés (voir la figure 5.34).

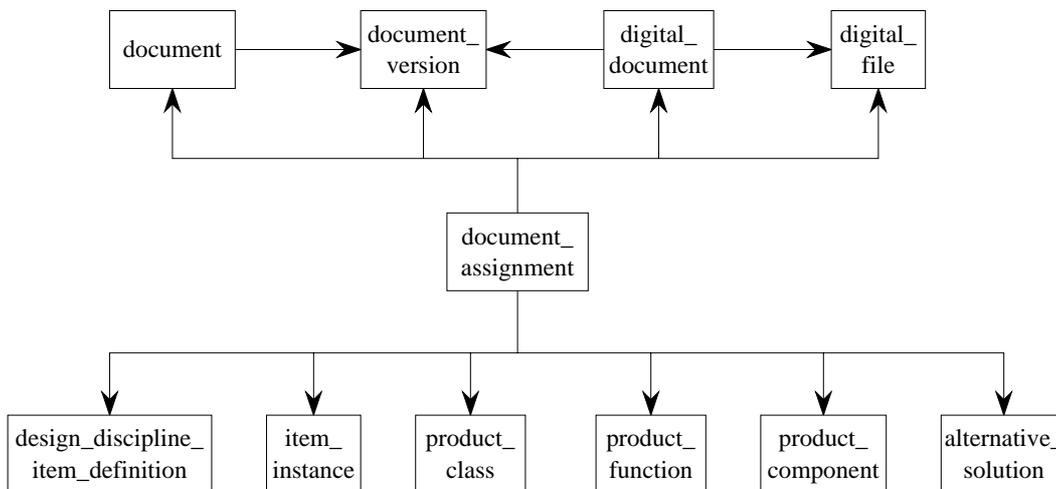


Figure 5.34 - Extraction des informations de documents

5.2.3.6 Les propriétés

Fonctionnalités recherchées : Il s'agit de rechercher les *propriétés* rattachées à une vue ou instance de *pièce*, un *véhicule*, une *fonction*, un *organe* ou une *solution*.

Mise en œuvre : Cette fonctionnalité exploite la relation établie avec l'entité **property_assignment** entre une propriété **property** et sa valeur **property_value**, et l'élément auquel ils sont rattachés (voir la figure 5.35).

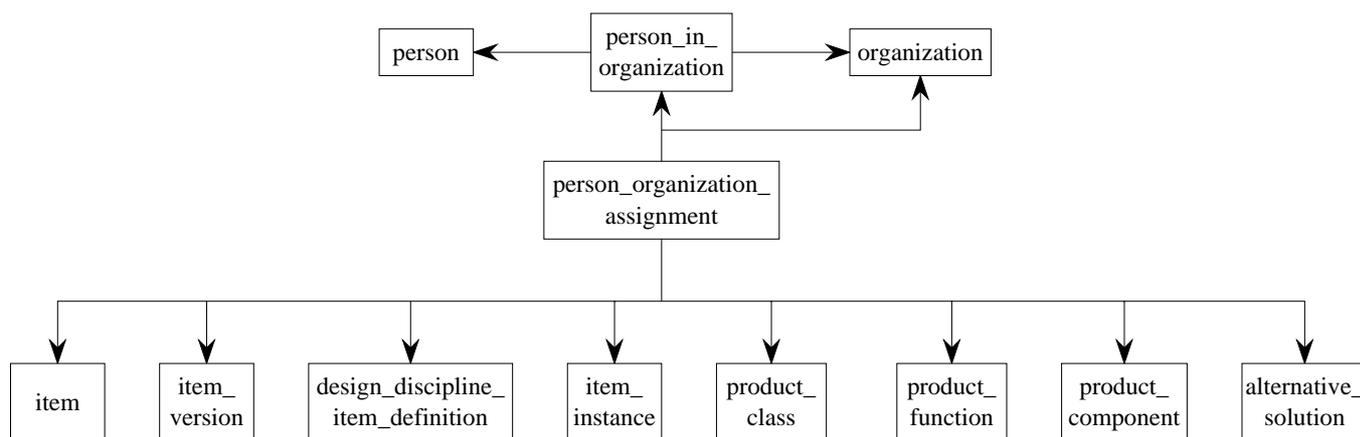


Figure 5.35 - *Extraction des informations de propriétés*

5.2.3.7 Conclusion sur les fonctionnalités de renseignement

Dans cette partie, les différentes fonctionnalités permettant la consultation d'informations complémentaires ont été exposées. Ces fonctionnalités ont pour objectif de permettre à l'utilisateur d'accéder à toutes les informations disponibles pour un élément. Par exemple, pour une culasse, les données suivantes pourront être connues :

- Niveau de confidentialité : restreint à l'équipe projet;
- Approbation : approuvée le 24 Décembre 1998 par Mme PRÉVOST;
- Etude réalisée par MM. CHAMBOLLE et GUEGEN;
- Matière : Aluminium;
- Dimensions : 200 mm de largeur, 500 mm de longueur et 300 mm de hauteur;
- Poids : 10 Kg;
- Modèle CAO au format STEP AP203, issu du logiciel CATIA fonctionnant avec l'Operating System IBM/AIX 3.1.2, réalisé par M. LOUVOIS.

Il faut enfin préciser que certaines de ces informations peuvent être utilisées par les systèmes d'informations pour définir leurs règles d'utilisation. C'est le cas de la confidentialité qui peut être utilisée pour définir les droits d'accès aux données du système.

5.3 Contrôle de la cohérence

Dans les sections qui suivent, des fonctionnalités de contrôles de cohérence des donnéesinstanciées sont détaillées. Il s'agit des contrôles de complétude des informations, et des incohérences. Ces fonctionnalités sont destinées à fournir aux utilisateurs des outils de contrôle et de vérification des données qu'ils instancient.

5.3.1 La complétude des informations

Cette partie présente des fonctionnalités qui peuvent être mis à la disposition d'utilisateurs tels que les responsables de projet véhicule, les responsables de lots ou de produits. Elles ont pour objectifs de les assister dans l'établissement de diagnostics et de revues de leur projet.

5.3.1.1 La complétude des organes étudiés

Fonctionnalités recherchées : Pour chaque nœud du découpage *organique*, il faut spécifier si celui-ci doit être réalisé par une *pièce*. Cette fonctionnalité a pour mission de vérifier que tous les nœuds concernés sont bien réalisés par une *pièce*.

Mise en œuvre : Cette fonctionnalité exploite d'une part l'attribut *instance_required* d'un organe **product_component**. D'autre part, elle s'appuie sur la relation organe \leftrightarrow pièce, cette recherche ayant été présentée dans la section §5.2.1.1 de ce même chapitre. Le processus de traitement consiste, en fonction de la valeur de *instance_required*, à rechercher pièces et solutions associées à l'organe, et ceci pour tous les nœuds du découpage organique.

5.3.1.2 La complétude de l'ensemble des fonctions

Fonctionnalités recherchées : Il s'agit de s'assurer que les découpages *fonctionnels* technique et commercial sont cohérents l'un envers l'autre. Cela se traduit par le fait qu'une *pièce* ou une *solution* doit participer à la réalisation d'au moins une fonction technique et une prestation client. Dans le cas où une prestation client ou une fonction technique n'a aucune association avec quelque *pièce* que ce soit, il n'y a pas complétude des *fonctions* étudiées pour le *véhicule*.

Mise en œuvre : Cette fonctionnalité exploite les relations qui ont été établies entre les fonctions et les pièces et solutions. Ces traitements ont été présentés dans les sections §5.2.1.2 et §5.2.1.4 de ce même chapitre. Pour chaque nœud des découpages fonctionnel, technique et prestation client, la recherche d'une association avec une pièce ou une solution est menée, la distinction entre une fonction technique et une fonction de prestation client étant assurée par l'attribut *is_relevant_for* de **product_function** qui permet de donner le contexte d'application d'une fonction (technique ou commercial).

5.3.1.3 La complétude des véhicules étudiés

Fonctionnalités recherchées : Il s'agit de s'assurer que l'étude et la configuration d'un *véhicule* sont exhaustives, et ceci pour une description donnée.

Mise en œuvre : Cette fonctionnalité utilise la nomenclature d'un véhicule dont l'extraction est présentée dans la section §5.2.2.5 de ce même chapitre. Une fois celle-ci extraite, il s'agit de rechercher les spécifications qui ne sont pas satisfaites en parcourant les cas d'emplois des pièces en filtrant les attributs qui appartiennent au véhicule traité.

5.3.1.4 L'approbation des pièces d'un véhicule

Fonctionnalités recherchées : Les conditions minimales de lancement d'un *véhicule* en fabrication sont d'une part que toutes les *pièces* qui le composent soient toutes étudiées et d'autre part acceptées. C'est cette dernière condition qui fait l'objet de cette fonctionnalité.

Mise en œuvre : A partir de la description d'un véhicule et d'une effectivité de configuration, la fonctionnalité présentée dans la section §5.2.2.5 de ce même chapitre permet de retrouver les pièces qui composent ce véhicule. Pour chacune de ces pièces, son niveau d'approbation va être recherché avec la fonctionnalité présentée dans la section §5.2.3.4 de ce même chapitre. L'ultime vérification consiste à s'assurer que la valeur de l'approbation est "*accepté*".

5.3.2 Les incohérences

Au cours de l'étude d'un produit complexe ou non, des conflits d'ordres divers peuvent éventuellement exister entre les différents éléments qui composent ce produit. Il est donc nécessaire de mettre en œuvre des outils permettant de détecter ces conflits.

Cette partie présente des fonctionnalités destinées à rechercher des incohérences existant entre des donnéesinstanciées. Plusieurs types d'incohérence peuvent exister :

Les problèmes d'interférences entre pièces : Il s'agit ici de détecter les éventuelles interférences entre *pièces* qu'elles soient de nature géométrique, électrique, etc. Ce type de détection doit faire appel à des outils adéquats tels qu'un modéleur CAO ou des outils de simulation, mais aussi à la fonctionnalité présentée au §5.2.2.5 qui permet de retrouver les pièces composant un véhicule dont la description en attribut est connue.

L'existence d'anomalies dans le process d'industrialisation : Dans le cas où un moyen de fabrication est associé à un process d'industrialisation, des incompatibilités entre le produit et le process peuvent apparaître. C'est le cas d'une *pièce* qui ne peut pas être montée. Tout comme pour la détection d'interférences, ce type de détection doit faire appel à des outils adéquats au problème traité.

La non-unicité des solutions à un besoin par véhicule : Il s'agit de rechercher l'existence de *solutions* multiples pour un *organe* et pour une *configuration* donnée. C'est par exemple le cas si l'on a deux démarreurs pour un seul véhicule.

Une mauvaise description des véhicules : Il s'agit ici de détecter d'éventuelles incompatibilités entre les attributs d'un *véhicule* et dans les règles d'utilisation de ceux-ci. Par exemple, un pack d'équipement haut de gamme entraîne l'utilisation d'une climatisation sur tous les véhicules d'une famille. Or, dans cette famille de véhicules, l'utilisation d'une boîte de vitesses automatique n'est pas compatible avec la climatisation. Les deux règles sont alors en conflit.

5.4 Conclusion

Ce chapitre a présenté différents types de fonctionnalités qui peuvent être mises en œuvre au sein d'un système informatique implémentant le modèle de produit du chapitre 4. Ces fonctionnalités ont pour objectif d'aider les utilisateurs d'un tel modèle dans la consultation et l'exploitation de celui-ci.

Pour ce faire, des fonctionnalités d'exploration des relations entre véhicule, organe, fonction, solution et pièce ont été développées, permettant ainsi la navigation dans le modèle. D'autres fonctionnalités permettent d'une part l'extraction des données de renseignement des éléments du modèle, et d'autre part l'exploitation du modèle dans sa globalité, ou encore le contrôle de la cohérence des données qui y sont instanciées. Enfin, il est important de noter que la plupart de ces fonctionnalités sont nouvelles pour les utilisateurs.

Ainsi, ces fonctionnalités ont été étudiées dans le but de répondre aux attentes des utilisateurs d'un tel modèle. Le scénario qui suit présente un exemple de leur utilisation.

Le contexte de ce scénario est celui d'un bureau de synthèse véhicule. Le responsable d'un projet véhicule souhaite faire une revue de ce projet. Divers outils sont alors à sa disposition. En choisissant un des points d'entrée du système, il peut naviguer d'un élément vers l'autre et consulter leurs informations afin d'apprécier le travail jusqu'alors effectué. Une autre voie d'exploration peut être d'exprimer la description d'un véhicule et rechercher les pièces qui le composent. Enfin, il peut effectuer un contrôle des éléments composant le véhicule tel qu'un contrôle de complétude sur les organes étudiés, sur l'ensemble des fonctions ou sur l'approbation des pièces de ce véhicule.

Chapitre 6

Mise en application

6.1 Introduction

Dans le chapitre 3, une méthodologie originale d'analyse des besoins d'une entreprise en vue de l'introduction d'un nouveau modèle de produit dans celle-ci a été présentée. Dans le chapitre 4, cette méthodologie est mise en œuvre dans le cadre de l'introduction du modèle STEP AP214 chez un constructeur automobile, et ceci dans un contexte d'études d'un nouveau véhicule. Cette étude a abouti sur un modèle de produit formalisé par un modèle de données EXPRESS. Sur la base de ce modèle de produit, des fonctionnalités d'exploitation de celui-ci et les contrôles de cohérence associés ont été développés dans le chapitre 5.

Ce chapitre présente deux réalisations résultant de la mise en application de la méthodologie exposée au chapitre 3 :

Le Scénario Automobile du Grand Projet Innovant STEP AP203 : Il s'agit d'un projet d'expérimentation du protocole d'application 203 de la norme STEP au travers d'un échange de données techniques entre un constructeur automobile et un de ses partenaires dans un contexte de co-conception d'un sous-ensemble automobile. La réalisation de la partie technique de ce projet a été placée sous ma responsabilité.

La plateforme prototype *MicroSTEP 214* : Il s'agit de l'implémentation du modèle de produit présenté dans le chapitre 4 et des fonctionnalités d'utilisation de ce modèle détaillées dans le chapitre 5. L'implémentation de cette plateforme a fait l'objet d'un partenariat entre PSA et GOSET dans lequel je suis intervenu pour la spécification et le co-développement.

Enfin, une dernière partie traitera de l'interopérabilité entre l'AP203 et l'AP214. L'intégration de données AP203 dans un système conforme à l'AP214 y sera abordée.

6.2 Le Grand Projet Innovant STEP AP203

6.2.1 Cadre du projet

Le Grand Projet Innovant est une initiative du Ministère de l'Industrie qui a débuté en 1995 et s'est achevé en 1997. L'objectif de ce projet est d'une part de promouvoir l'utilisation du standard STEP au sein des industries françaises et d'autre part de les impliquer dans les groupes de normalisation. Pour cela, le projet comporte 2 parties :

1. Le Grand Projet Innovant STEP AP203, piloté par GOSET, ayant pour objectif l'étude et l'expérimentation du protocole d'application 203 de STEP relatif à la conception 3D de pièces mécaniques avec le contrôle de leur configuration. Cette partie rassemble 5 partenaires Aérospatiale, Dassault Aviation, Espri Concept, PSA Peugeot Citroën et VALEO. Ces partenaires ont plusieurs tâches à réaliser :
 - Maîtrise de la technologie STEP : étude du standard STEP, tests de logiciels de mise en œuvre de la norme et acquisition d'une expertise;
 - Aspect contrôle de configuration de l'AP203 : comparaison du besoin du partenaire en terme de contrôle de configuration avec l'AP203, implémentation d'une interface lecture/écriture conforme à l'AP203 dans un SGDT et réalisation d'un scénario d'échange entre un donneur d'ordre et un co-traitant. C'est cette partie qui est présentée ci-après;
 - Aspect définition géométrique de l'AP203 : mise en œuvre de tests d'échanges par fichier neutre de définitions géométriques de produit entre systèmes de CAO [47]. Quelques modèles échangés sont présentés dans le chapitre E des annexes;
 - Intégration dans une base de données techniques : étude du SDAI, implémentation à l'aide d'outils logiciels.
2. Le Grand Projet Innovant STEP AP214, piloté par GALIA, ayant pour objectif d'impliquer les industries automobiles françaises dans les spécifications du futur protocole d'application 214 en remontant aux instances internationales leurs propres besoins.

Une première partie traite de l'application de la méthodologie proposée au chapitre 3 au Scénario Automobile du projet, afin d'en déduire le sous-ensemble AP203 utilisé. Chacune des phases y sera détaillée.

Une deuxième partie traite de la mise en œuvre de ce scénario et la mise en place de la plateforme de démonstration.

6.2.2 Application de la méthodologie d'analyse

6.2.2.1 Le contexte de l'étude

Les acteurs du Scénario Automobile sont PSA Peugeot Citroën et VALEO Lighting Systems. L'échange de données qui doit être réalisé entre les deux parties portera sur un sous-ensemble commun à ces deux entreprises. Il s'agit du projecteur avant du véhicule

Citroën *Saxo* et du correcteur associé. Cet échange interviendra au cours du cycle d'études de cet organe, à la fois côté donneur d'ordre (Citroën) et côté fournisseur (VALEO). L'étude va donc porter sur la vue dite "échange" du projecteur.

VALEO a à sa charge la conception et l'industrialisation du projecteur. La totalité des pièces de ce dernier est structurée sous la forme d'arbres explicites d'assemblages (voir la figure 6.4). De son côté, PSA se doit de fournir les pièces qui constituent l'environnement du projecteur afin que VALEO puisse concevoir ses pièces en environnement. Une fois l'ensemble conçu, VALEO envoie une représentation simplifiée de son projecteur qui sera intégrée dans le véhicule (voir la figure 6.5). Dans les systèmes de référence PSA, elle sera considérée comme une "boîte noire". Ceci est détaillé sur la figure 6.1.

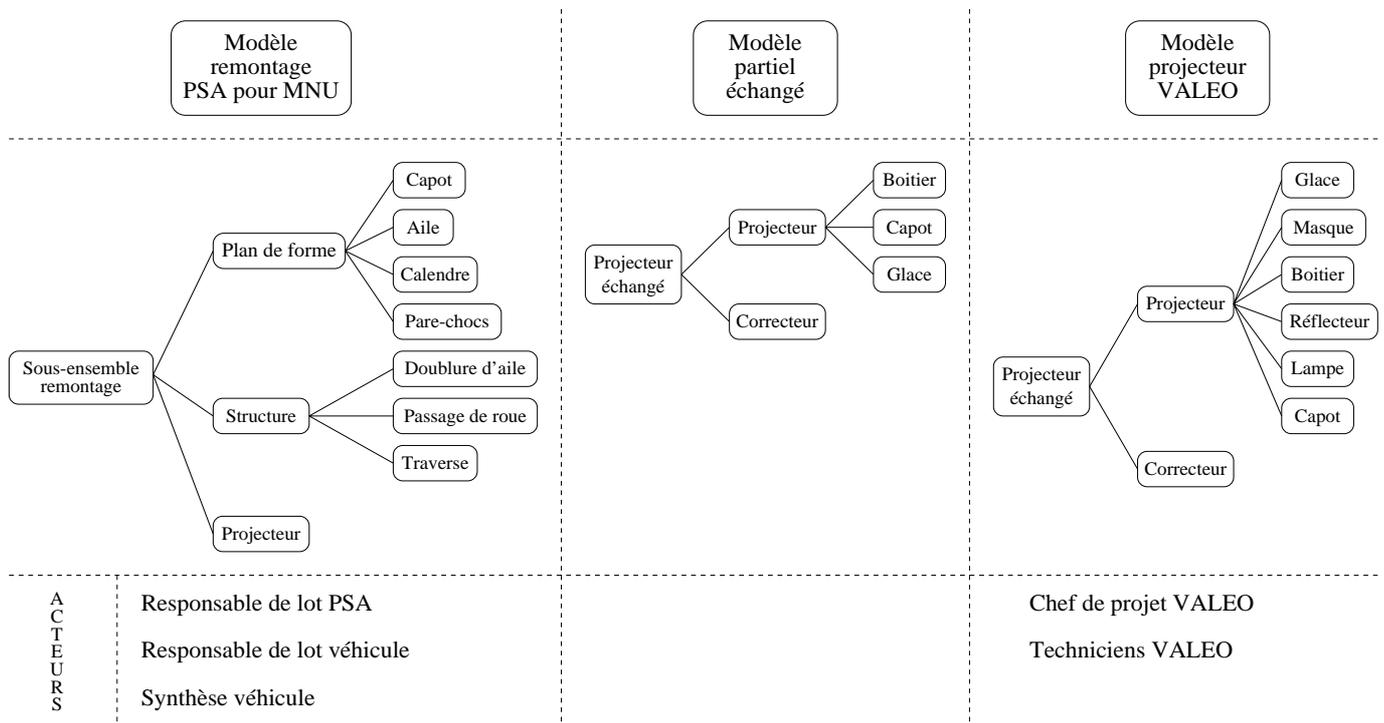


Figure 6.1 - Contexte de l'échange

6.2.2.2 Le modèle informationnel

Cette phase a pour but de formaliser le processus de conception d'un projecteur entre PSA et VALEO. Elle consiste à construire le modèle SADT de cette activité, le tout dans le contexte décrit précédemment. Pour ce faire, les experts métiers de chacune des parties ont été réunis. Il s'agit, côté PSA, des ingénieurs responsables des études carrosserie, et côté VALEO, des ingénieurs responsables de l'étude des projecteurs. A ce groupe, s'ajoutent des experts informatiques PSA et VALEO pour les domaines de la gestion de données techniques et des échanges. Ceux-ci ont décrit leur processus de conception respectif en utilisant leur propre vocabulaire. Une première formalisation SADT est alors produite, celle-ci étant accompagnée d'un glossaire des termes propres à leur métier. La granularité du modèle est guidée par la pertinence du contenu des activités, en terme de sous-activités

et de données, vis à vis du contexte et du besoin à atteindre. Quelques itérations sont alors nécessaires pour corriger les erreurs d'interprétation et de définition des termes. Le modèle informationnel et son glossaire sont disponibles respectivement aux chapitres A et B des annexes. Un extrait du modèle informationnel est présenté en figure 6.2.

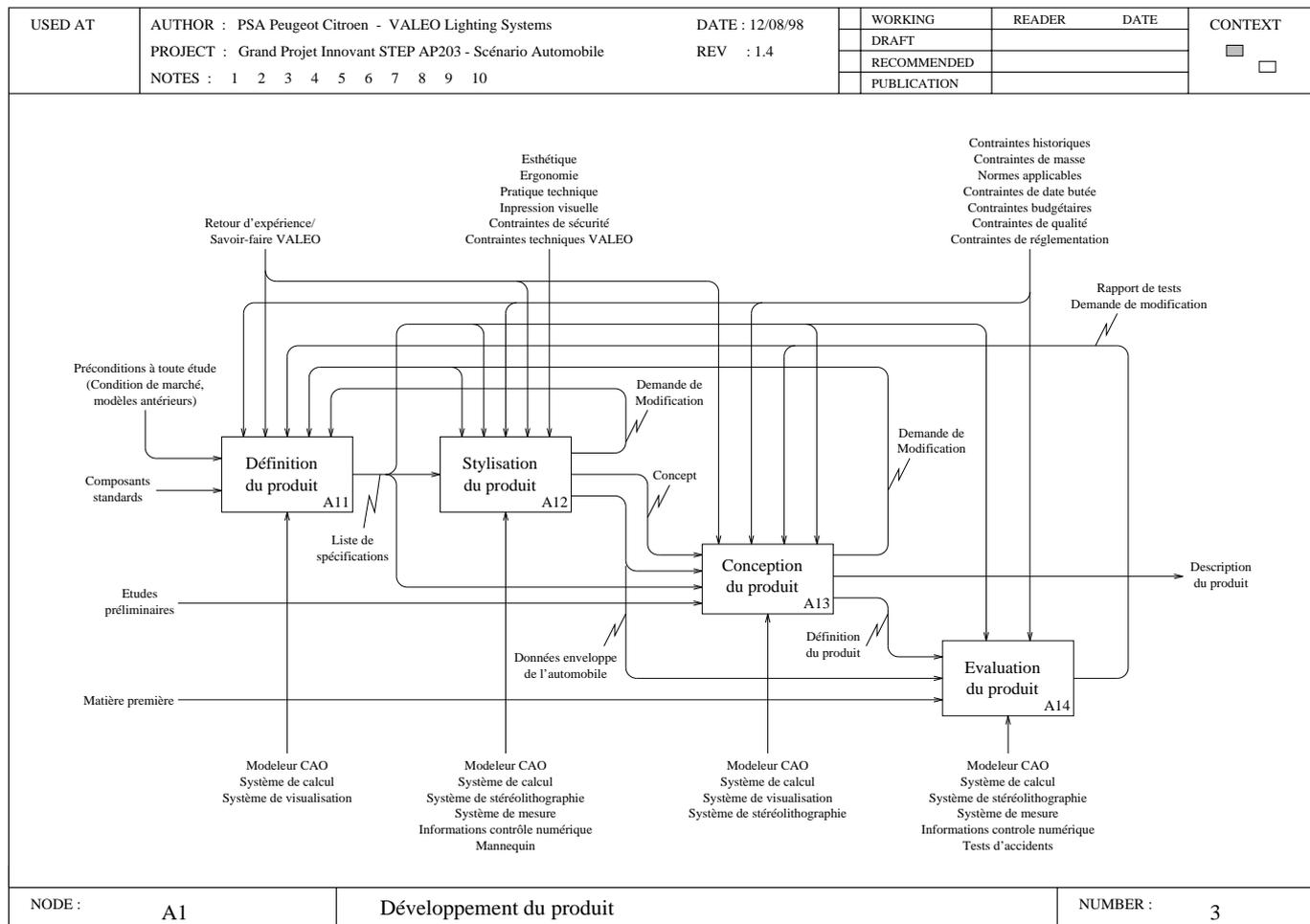


Figure 6.2 - Actigramme A1 du modèle informationnel

6.2.2.3 Le modèle utilisateur

Le modèle informationnel précédemment décrit est une source importante d'information pour la construction du modèle utilisateur. En effet, il fait apparaître les informations manipulées par les acteurs du scénario, aussi bien en aval qu'en amont.

Une première phase consiste à ordonner ces informations par la création d'UoFs. Ces derniers regroupent des objets participant à une fonction donnée du contexte. Les UoFs du scénario qui ont été identifiés sont les suivants :

- Actions et Approbations;
- Articles;
- Configuration;

- Documents;
- Assemblage;
- Personne et Société;
- Calendrier.

Sur la base de ces UoFs, la modélisation des objets de chacun de ceux-ci peut alors commencer. Elle s'effectue en étroite collaboration avec le groupe d'experts réuni pour la construction du modèle informationnel. La formalisation EXPRESS et EXPRESS-G de ces objets peut être produite. Quelques itérations sur la relecture du modèle permettront d'y apporter les corrections nécessaires. Les principales entités du modèle ainsi obtenu sont *article*, *projet*, *action*, *demande_action*, *document*. Le modèle utilisateur est disponible au chapitre C. Un extrait de celui-ci est présenté en figure 6.3.

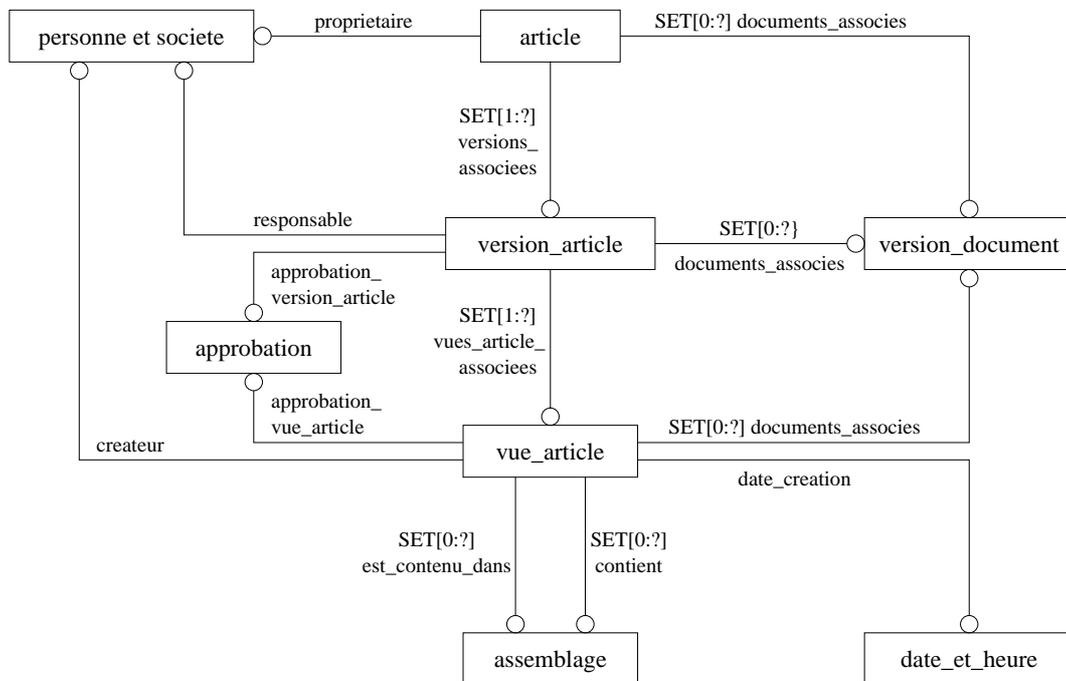


Figure 6.3 - *Modèle utilisateur de l'UoF Article*

6.2.2.4 Le sous-ensemble AP203 utilisé

Une fois le modèle utilisateur produit, il faut procéder à l'extraction du sous-ensemble AP203 correspondant à ce modèle. Cette opération consiste à établir une correspondance entre un objet du modèle utilisateur et une ou plusieurs entités de l'AP203. Elle se présente sous forme de tables de correspondance. Dans le cas du scénario, les éventuelles incompatibilités entre les deux modèles sont explicitées sous forme de notes. Ainsi, les notions de projet et de version de document ne sont pas présentes dans l'AP203. L'ensemble des tables de correspondance du scénario est présenté au chapitre D des annexes.

6.2.3 Mise en place d'une plateforme de démonstration

Dans la partie précédente, l'étude du sous-ensemble AP203 nécessaire à l'échange a été réalisée. Cette partie va traiter la mise en œuvre de ce sous-ensemble dans un processus d'échange entre PSA et VALEO. Cet échange doit se faire à la fois entre logiciels de CAO et de SGDT. Le tableau 6.2.3 résume les logiciels utilisés par chaque partenaire.

	PSA	VALEO
CAO	CADDS (carrosserie) CATIA (mécanique)	CADDS
SGDT	SHERPA/IPD EPD Connect	SHERPA/Pacific Optegra

Table 6.1 - *Outils CAO et SGDT utilisés par les partenaires du scénario*

Côté VALEO, le SGDT utilisé est une application propriétaire développée avec le module PIMS¹ du logiciel SHERPA. Côté PSA, le SGDT utilisé est le module commercial IPD² du logiciel SHERPA. Chaque partenaire a développé un interface AP203 sur la base du sous-ensemble AP203 identifié précédemment.

Le développement de l'interface AP203 pour SHERPA/IPD a fait l'objet d'un contrat de partenariat entre la Société SHERPA et certains de ses clients qui sont PSA, Mac Donnel Douglas et Hughes Aircraft. Le but de ce partenariat est la spécification et l'implémentation de l'interface AP203 du logiciel SHERPA.

Les outils intervenant dans le scénario étant connus, il faut maintenant définir le contenu de celui-ci. Cela fait l'objet de la partie qui suit :

1. **PSA** : Les modèles géométriques des pièces composant l'environnement du projecteur sont convertis au format AP203 à partir des logiciels CADDS et CATIA. Pour la suite de l'échange, les fichiers AP203 des pièces sont considérés comme des documents attachés aux nœuds de la structure produit. Une extraction de la structure produit initiale à transmettre à VALEO, et des informations de configuration associées est faite dans SHERPA. Un nœud destiné à accueillir le futur projecteur a été créé dans cette structure, VALEO devra le compléter. Le fichier AP203 correspondant est produit, celui-ci contenant l'ordre d'études émis par PSA pour VALEO avec les documents associés (cahier des charges, ...). L'envoi des fichiers AP203 géométriques et de gestion de configuration peut alors avoir lieu.
2. **VALEO** : Les fichiers AP203 sont réceptionnés et convertis dans SHERPA/Pacific, CADDS et Optegra. L'étude du projecteur et de son correcteur peut alors être engagée. La structure exhaustive de l'ensemble est créée. Celle-ci se présente sous la forme d'une nomenclature explicite à plusieurs niveaux contenant la totalité des pièces de celui-ci (voir la figure 6.4). Une fois l'étude terminée, la conversion des modèles géométriques est réalisée. Côté SGDT, les informations de structure produit sont mises

1. **P**roduct **I**nformation **M**anagement **S**ystem

2. **I**ntegrated **P**roduct **D**evelopment

à jour dans SHERPA/Pacific puis converties au format AP203. Le package des fichiers de géométrie et de gestion de configuration est envoyé à PSA.

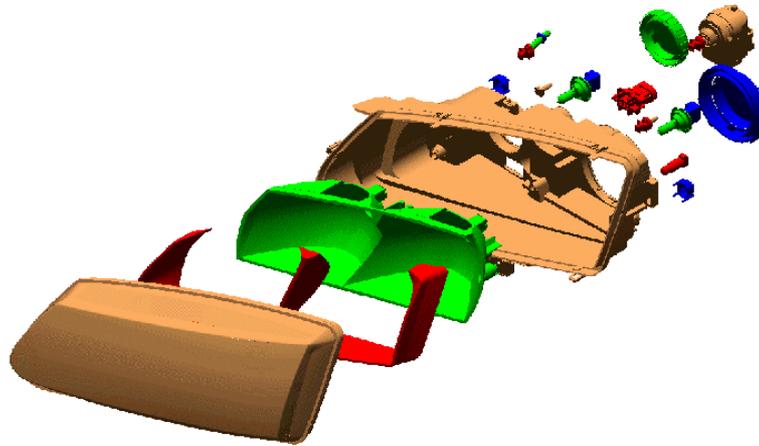


Figure 6.4 - Une vue éclatée du projecteur et de ses pièces

3. PSA : Les fichiers envoyés par VALEO sont réceptionnés, convertis pour être exploités dans SHERPA, et EPD Connect, cette dernière étant utilisée pour effectuer les remontages du projecteur dans le véhicule, et ceci dans un contexte de maquette numérique (voir la figure 6.5). Côté SHERPA, le nœud créé initialement dans la structure produit est mis à jour par l'ajout des pièces reçues de VALEO et des documents associés.

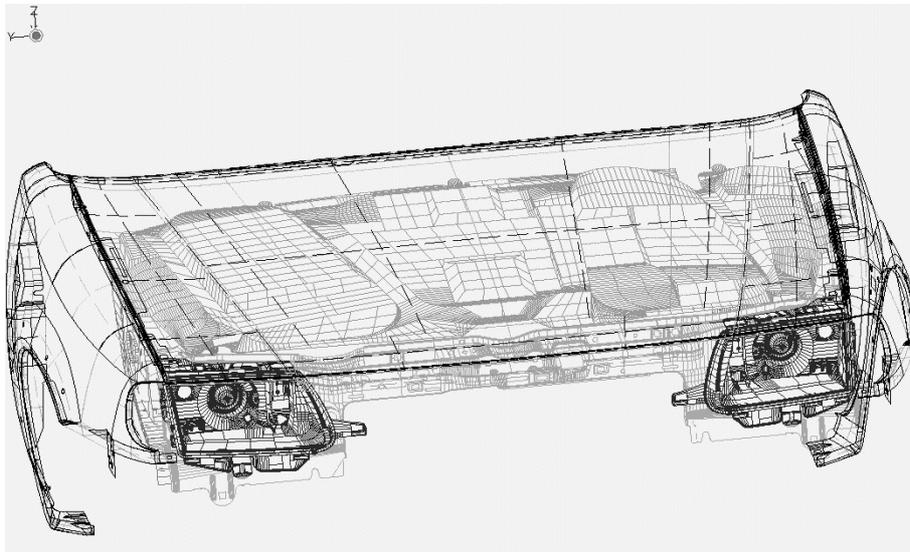


Figure 6.5 - Le projecteur dans son environnement véhicule

La figure 6.6 donne le support informationnel utilisé dans le processus du scénario d'échange entre PSA et VALEO dont l'ultime étape fut une présentation publique réalisée à la fin de l'année 1997 [51].

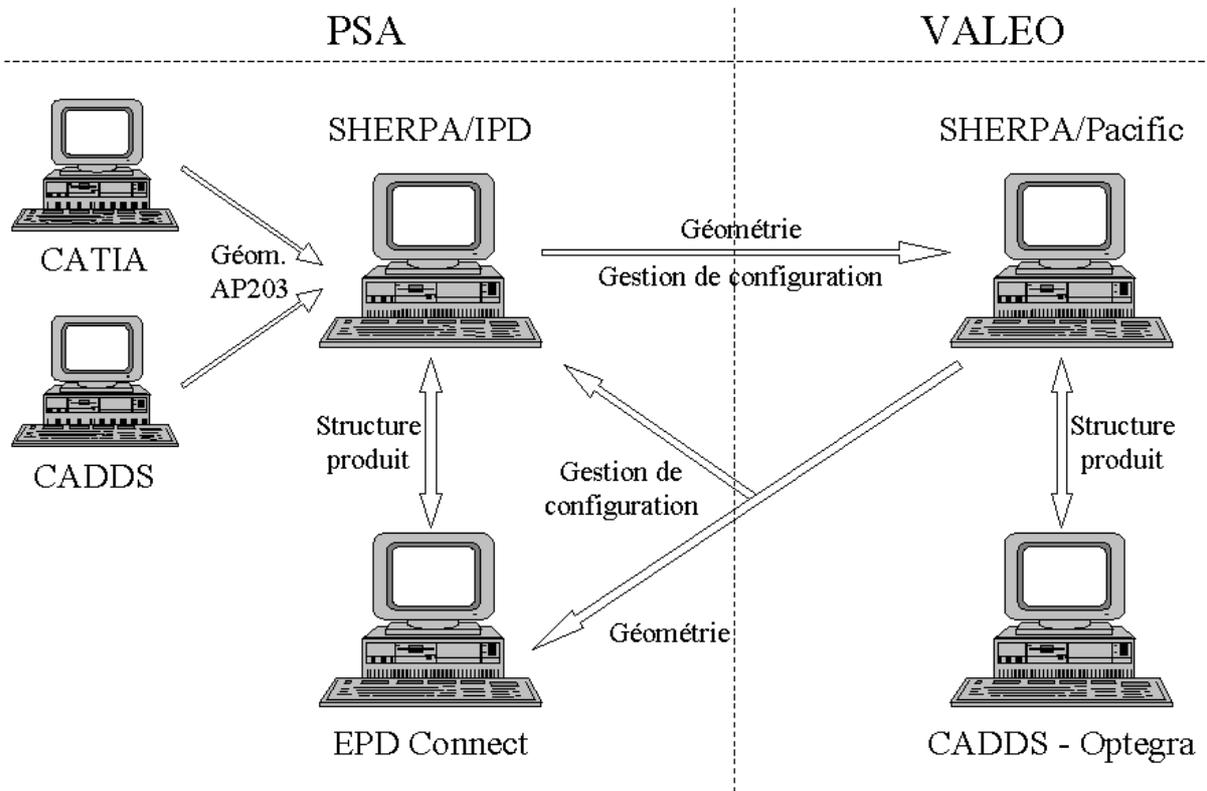


Figure 6.6 - Support informationnel du processus d'échange du scénario automobile

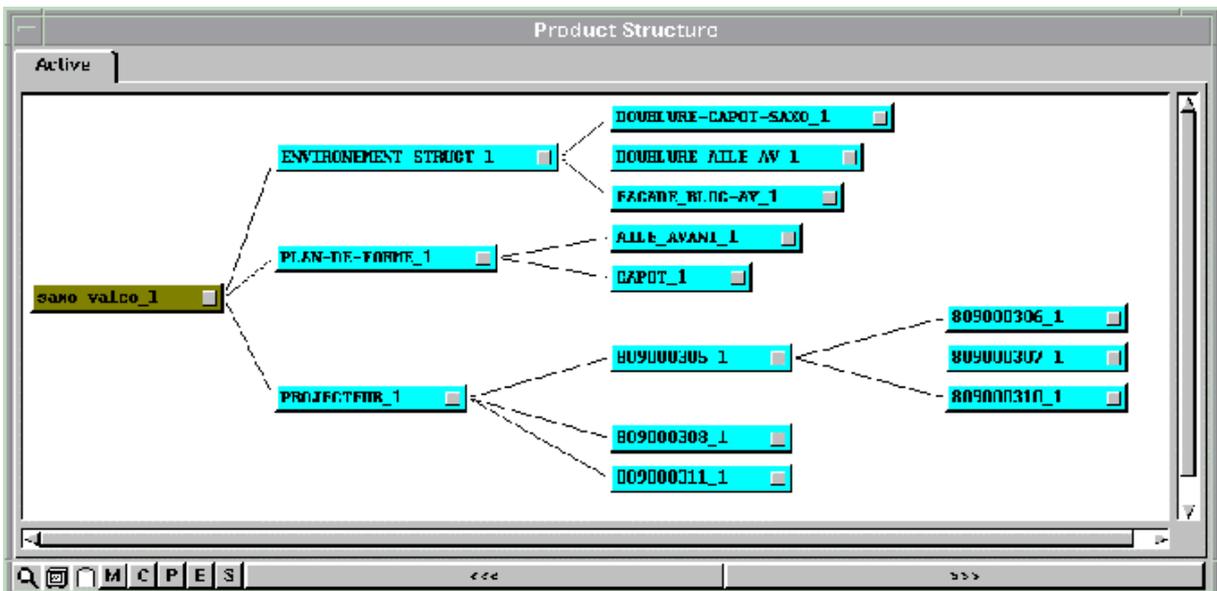


Figure 6.7 - La structure produit récupérée dans EPD Connect

6.2.4 Conclusion sur le scénario du Grand Projet Innovant

Le scénario du Grand Projet Innovant a permis d'expérimenter le protocole d'application 203 de STEP dans un contexte industriel, validant ainsi l'intérêt de l'utilisation d'un tel standard pour des échanges entre un donneur d'ordre et ses partenaires. D'autre part, ce fut l'occasion d'utiliser la méthodologie présentée au chapitre 3 et de la valider. Enfin, l'utilisation de cette méthodologie dans le cadre de ce scénario a fait ressortir certaines limitations et manques du protocole d'application 203 comme notamment l'absence d'entités permettant d'identifier la notion de *projet*. Toutes les remarques relatives au scénario sont consignées dans la colonne intitulée "*Remarques*" des tables de correspondance présentées au chapitre D des annexes.

6.3 La plateforme prototype *MicroSTEP 214*

6.3.1 Introduction

Dans les chapitres 4 et 5, un modèle de produit basé sur l'AP214 et les fonctionnalités pour l'exploitation de celui-ci ont été présentés. Or, afin de valider à la fois la crédibilité et les utilisations possibles de ce modèle, une implémentation informatique s'est avérée nécessaire. C'est l'objet de la plateforme *MicroSTEP 214* exposée dans la partie qui suit.

Après avoir évoqué les objectifs attendus de cette implémentation, l'architecture de la plateforme *MicroSTEP 214*, son contenu et les données instanciées seront présentés.

6.3.2 Objectifs à atteindre

MicroSTEP 214 a été créé dans le but de permettre :

- L'implantation du modèle STEP AP214 brut dans une base de données;
- L'instanciation de cette base de données avec un jeu de données industrielles;
- La validation des fonctionnalités développées dans le chapitre 5;
- Le prototypage de nouveaux traitements à appliquer sur le modèle;
- La promotion de l'utilisation du modèle STEP AP214.

Cette plateforme a été développée sur Microsoft ACCESS'97. Cette application confère à *MicroSTEP 214* l'avantage d'être une solution portable, d'utilisation conviviale fonctionnant avec une configuration PC standard.

6.3.3 Implémentation de la plateforme

6.3.3.1 Correspondance entre EXPRESS et MS-ACCESS

L'implémentation d'un modèle de données dans MS-ACCESS 97 se fait à l'aide de tables contenant des attributs. Des relations entre tables peuvent être établies.

Afin de créer les tables et relations du sous-modèle AP214 utilisé par *MicroSTEP 214*, il est nécessaire d'établir une table de correspondance entre le formalisme de représentation des données d'ACCESS, très proche du formalisme Entité-Relation [115], et EXPRESS. La table de correspondance concerne les types EXPRESS suivants :

- Les types simples : **INTEGER** en *entier long*, **REAL** en *réel double*, **NUMBER** en *entier double*, **BOOLEAN** en *zone de liste* contenant les valeurs *TRUE* et *FALSE*, **LOGICAL** en *zone de liste* contenant les valeurs *TRUE*, **UNKNOWN** et *FALSE*, **BINARY** en *texte* contenant des 0 et des 1 et **STRING** en *texte* pour les tailles inférieures à 255 caractères et *texte long* pour les tailles supérieures à 255 caractères et inférieures à 64000 caractères;

- Les types agrégés **LIST**, **ARRAY**, **SET** et **BAG** sont représentés par une table ayant un attribut pointant sur l'identifiant unique de l'entrée de la table source et un autre pointant sur l'identifiant unique d'une des entrées de la table cible (voir figure 6.8). Il faut enfin préciser les contraintes d'ordre et de multiplicité qui s'applique à chaque type;
- Le type **ENUMERATION** est une *zone de liste* contenu toutes les valeurs de celui-ci;
- Le type **SELECT** est une requête SQL UNION regroupant toutes les entités qu'il contient.

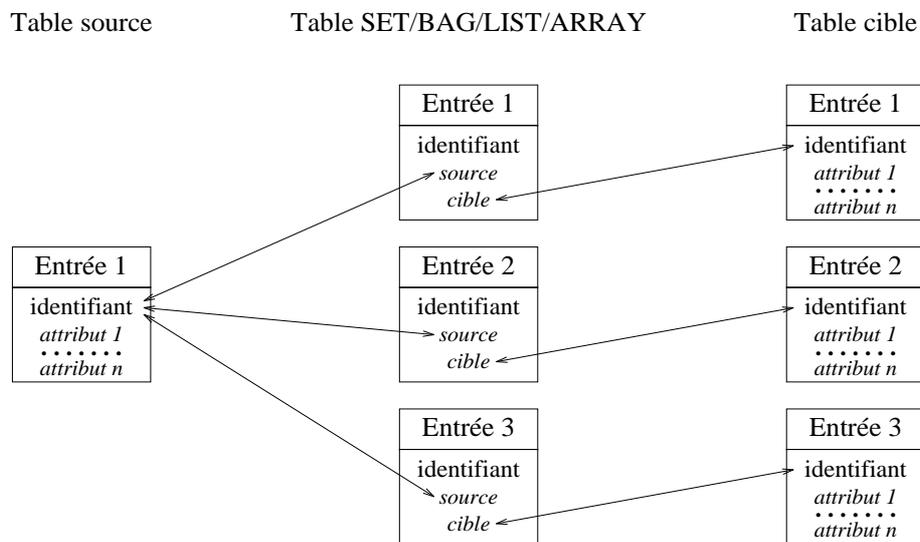


Figure 6.8 - Utilisation des types agrégés

Une fois ces règles d'implémentation définies, la création des tables peut s'effectuer en appliquant l'astuce d'appellation des tables qui est la suivante : chaque table porte le nom de l'entité EXPRESS qu'elle décrit. Pour les tables intermédiaires des types agrégés, utiliser le nom de la table source suivie du type et de la table cible (par exemple : *design_discipline_item_definition_SET_application_context* pour la relation existant entre **design_discipline_item_definition** et **application_context**). Compte tenu du nombre d'entités dans le modèle, cette astuce permet l'organisation et la réutilisation ultérieure du modèle de la base de données ACCESS. Il faut enfin noter que cette astuce peut s'appliquer à toutes les implémentations d'un modèle de données STEP en natif.

6.3.3.2 Architecture et agencement de *MicroSTEP 214*

Avec MS-ACCESS, les 3 couches de la norme ANSI/SPARC, sur laquelle le standard STEP est basé, sont présentes et fédérées au sein de cette application intégrée. En effet, la base de données correspond à la couche physique, le modèle de données à la couche logique, les requêtes et formulaires à la couche applicative (voir la figure 6.9).

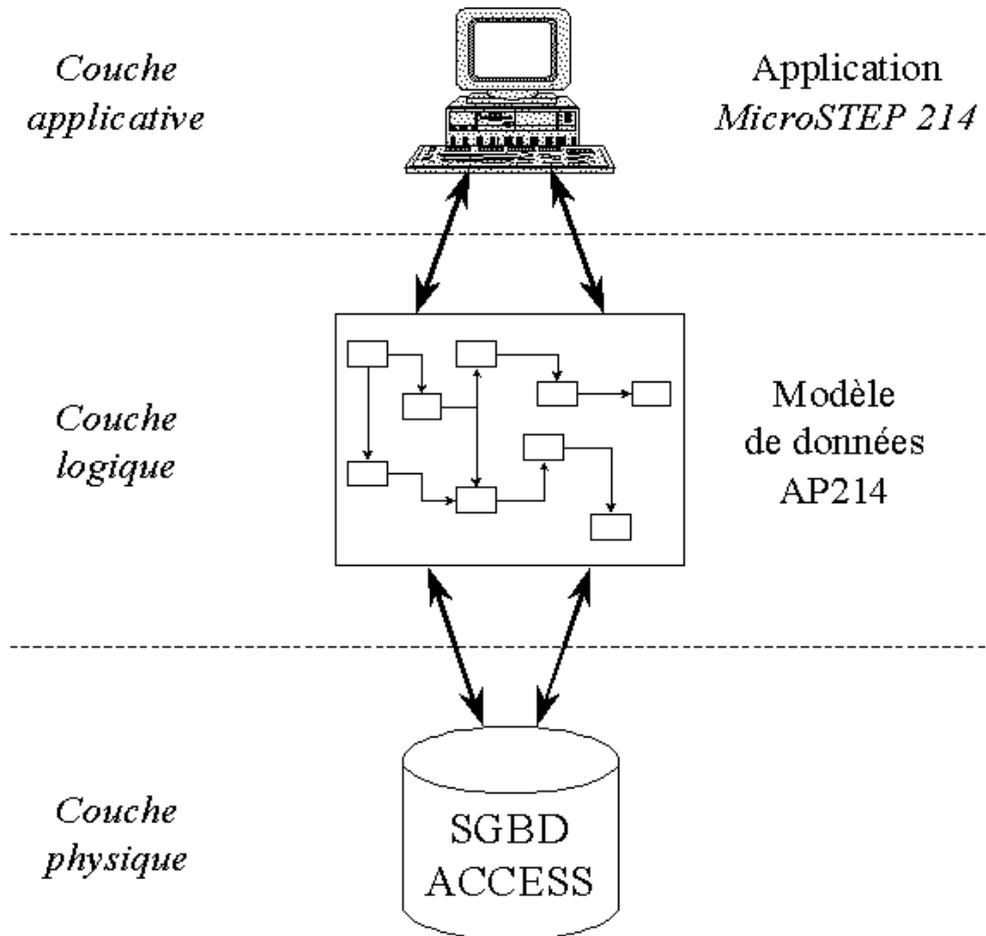


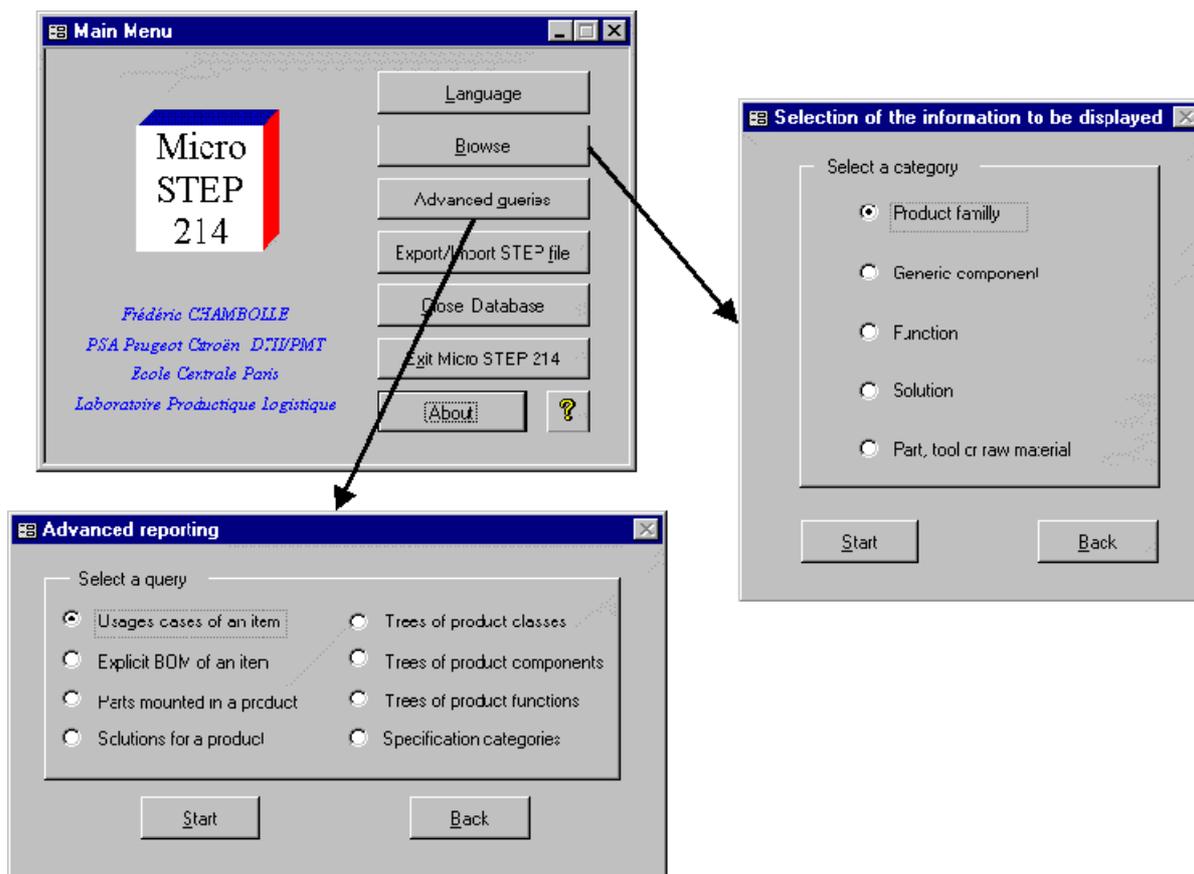
Figure 6.9 - Architecture de MicroSTEP 214

L'implémentation des requêtes et des formulaires se base sur les fonctionnalités développées dans le chapitre 3 et sur les 5 éléments de base du modèle utilisé, à savoir le véhicule, la fonction, l'organe, la solution et la pièce. *MicroSTEP 214* est donc composé de types de fonctionnalités principales (voir la figure 6.10) :

La navigation : le principe de base est la consultation des informations d'un des éléments de base. Les informations complémentaires de renseignement de cet élément telles que des documents, des propriétés peuvent être retrouvées. Les liens éventuels existant entre l'élément consulté et d'autres peuvent être explorés, ce sont alors les fonctionnalités de navigation qui sont exploitées.

Les requêtes avancées : il s'agit de l'implémentation des fonctionnalités avancées.

Ces deux types de fonctionnalités sont détaillés dans les deux sections qui suivent.

Figure 6.10 - *Le menu principal de MicroSTEP 214*

6.3.3.3 La navigation

La navigation s'articule autour des 5 points d'entrée à partir desquels l'exploration des liens existant entre eux peut être faite. Chacun de ces points d'entrée est détaillé dans les sections qui suivent en abordant les aspects consultation d'informations et exploration des liens.

Les véhicules

Après avoir sélectionné un élément dans la liste des véhicules disponibles dans la base, la consultation de ses informations peut être effectuée (voir la figure 6.11).

Ces informations sont de plusieurs types :

- les informations intrinsèques au véhicule telles que son niveau dans la hiérarchie des véhicules (plateforme, famille ou version), son nom, son identifiant, sa description;
- la liste de ses attributs et leur classe respective.

A partir de la liste des classes et attributs du véhicule, il est possible d'en fixer les options et de stocker la description de ce véhicule fabricable. Dans le cas d'une famille

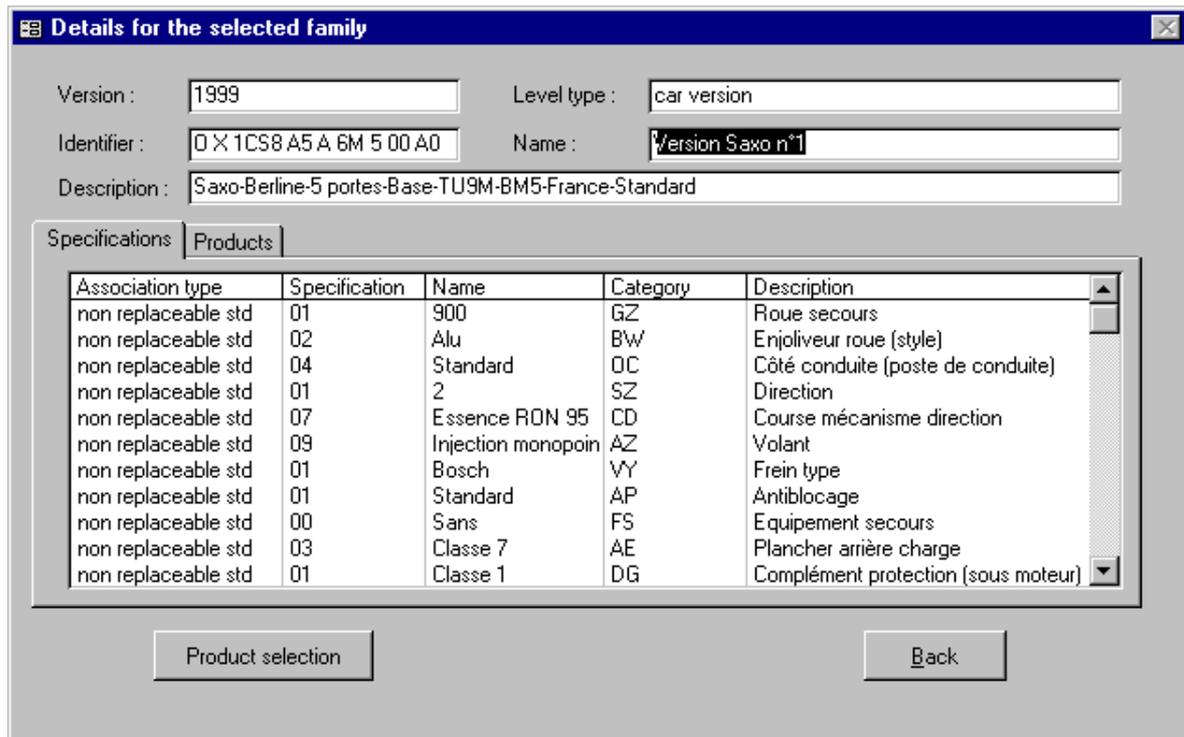


Figure 6.11 - La fiche de consultation des informations d'un véhicule

de véhicule, tous les attributs d'une classe sont de type *availability*, la multi-sélection des attributs d'une classe est possible et l'utilisation d'une classe est optionnelle. On peut ainsi composer des véhicules qui n'auront aucun sens une fois fabriqués, mais qui en ont un pour les personnes qui ont pour mission de remonter les pièces de celui-ci. Ceci a son intérêt dans le cas où l'on souhaite vérifier que tous les types de moteurs destinés à être montés dans un véhicule ne soient pas en interférence avec leur environnement tel que les doublures de carrosserie.

Une autre fonctionnalité proposée est de retrouver les pièces et solutions composant un véhicule. Pour ce faire, les données suivantes sont nécessaires :

- La description complète d'un véhicule explicitée en utilisant la fonctionnalité qui vient d'être présentée;
- Une date d'effectivité correspondant à celle que porte la configuration d'une pièce ou solution dans un véhicule.

Une fois les instances de pièces et de solutions retrouvées, il est possible de consulter leurs informations respectives.

Cette partie exploite les fonctionnalités présentées aux §5.2.2.6 et §5.2.2.5 du chapitre 5.

Les organes

Après avoir sélectionné un élément dans la liste des organes disponibles dans la base, la consultation des informations de celui-ci peut être effectuée (voir la figure 6.12).

Ces informations concernent principalement leur version, nom, identifiant, description et contexte d'application.

D'autres fonctionnalités permettent de retrouver les pièces, fonctions et solutions pour lesquelles un lien avec l'organe en question existe. Cette partie exploite les fonctionnalités présentées aux §5.2.1.1, §5.2.1.5 et §5.2.1.3 du chapitre 5.

The screenshot shows a window titled "Details for the selected component" with the following fields and controls:

- Identifier :
- Name :
- Version :
- Instance required :
- Description :

Below these fields is a section titled "Relevant contexts" containing a table with the following header:

life_cycle_stage	application_domain	description
------------------	--------------------	-------------

At the bottom of the window are two buttons: "Solutions" and "Back".

Figure 6.12 - La fiche de consultation des informations d'un organe

Les fonctions

Après avoir sélectionné un élément dans la liste des fonctions disponibles dans la base, la consultation des informations de celui-ci peut être effectuée (voir la figure 6.13).

Ces informations concernent principalement sa version, son nom, son identifiant, sa description et son contexte d'application.

D'autres fonctionnalités permettent de retrouver les pièces, organes et solutions pour lesquels un lien avec la fonction en question existe. Cette partie exploite les fonctionnalités présentées aux §5.2.1.2, §5.2.1.5 et §5.2.1.4 du chapitre 5.

Details of the selected function

Identifier : 271100 Version : A

Name : Freinage

Description :

Relevant contexts

life_cycle_stage	application_domain	description
------------------	--------------------	-------------

Components Solutions Back

Figure 6.13 - La fiche de consultation des informations d'une fonction

Les solutions

Après avoir sélectionné un élément dans la liste correspondant au type de solution souhaité, la consultation des informations de celui-ci peut être effectuée (voir la figure 6.14).

Ces informations sont de plusieurs types :

- les informations intrinsèques à la solution telles que sa version, son identifiant, sa description;
- le nœud du découpage organique ou fonctionnel auquel elle est rattachée;
- les instances de cette solution qui ont été créées.

Cette partie exploite les fonctionnalités présentées aux §5.2.1.6, §5.2.1.4 et §5.2.1.3 du chapitre 5.

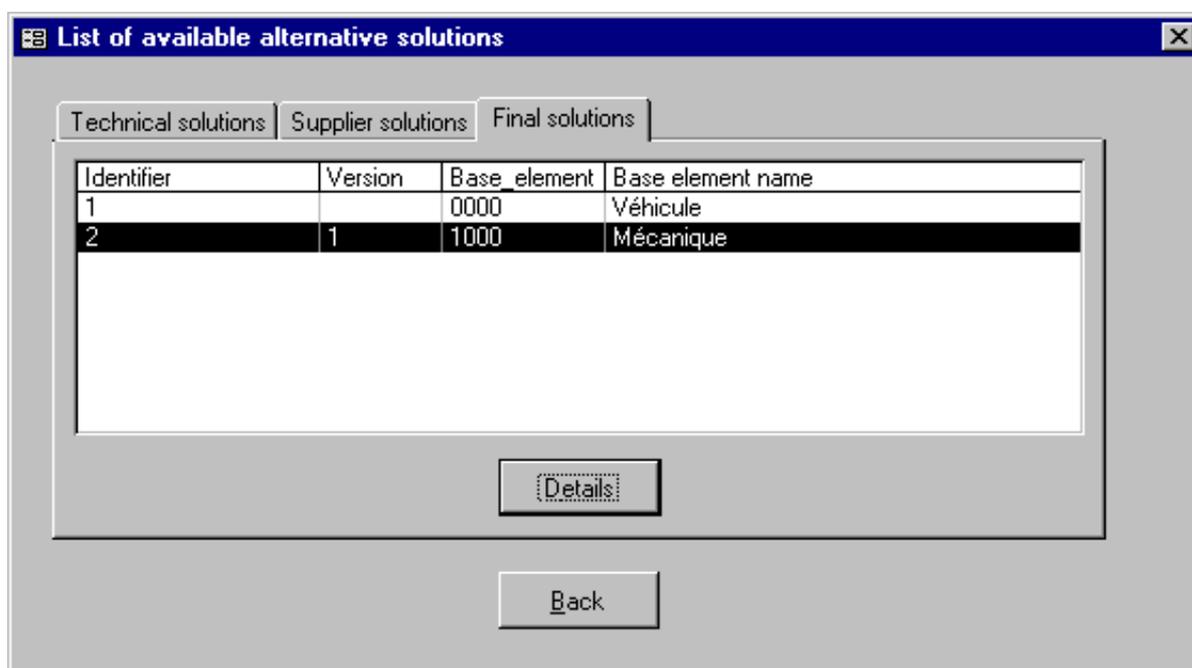


Figure 6.14 - La fiche de consultation des informations d'une solution

Les pièces

Après avoir sélectionné un élément dans la liste des pièces puis une des versions disponibles dans la base, la consultation des informations de celui-ci peut être effectuée (voir la figure 6.15).

Ces informations concernent principalement leur version, nom, description et vues applicatives. Les informations des vues et instances d'une pièce peuvent aussi être consultées.

D'autres fonctionnalités permettent de retrouver les solutions, fonctions et organes pour lesquels un lien avec la pièce en question existe, mais aussi les instances de pièces qui constituent l'environnement d'une des instances de la pièce considérée. Cette partie exploite les fonctionnalités présentées aux §5.2.1.6, §5.2.1.2, §5.2.1.1 et §5.2.2.8 du chapitre 5.

The screenshot shows a window titled "Details of the selected item view". It contains the following fields and elements:

- Item identifier : 9151769580 Disque Frein Ventilé
- Version : 12
- Identifier : A
- Type : general view
- Name : Etude
- Relevant contexts table:

life_cycle_stage	application_domain	description
design	Mechanical	For engineering dept

At the bottom of the window, there are two buttons: "Instances" and "Back".

Figure 6.15 - La fiche de consultation des informations d'une pièce

Les informations de renseignement

A partir des formulaires de consultation des véhicules, fonctions, organes, solutions et pièces, une barre d'outils génériques permet de retrouver les informations complémentaires associées à ces éléments, à savoir les dates, personnes et organisations, confidentialités, approbations, propriétés et documents, ces derniers pouvant être consultés.

Cette partie exploite les fonctionnalités présentées aux §5.2.3.1, §5.2.3.2, §5.2.3.3, §5.2.3.4, §5.2.3.5 et §5.2.3.6 du chapitre 5.

6.3.3.4 Les requêtes dites avancées

Ces requêtes n'appartiennent pas aux fonctions de navigation ou de recherche des informations de renseignement. Elles peuvent aussi concerner la base de données dans sa globalité : c'est le cas de l'affichage des découpages véhicule, fonctionnel et organique, ou de celui du dictionnaire d'attributs véhicule instanciés dans la base. Les requêtes avancées implémentées dans *MicroSTEP 214* sont les suivantes :

- L'affichage du découpage véhicule;
- L'affichage du découpage organique (voir la figure 6.16);

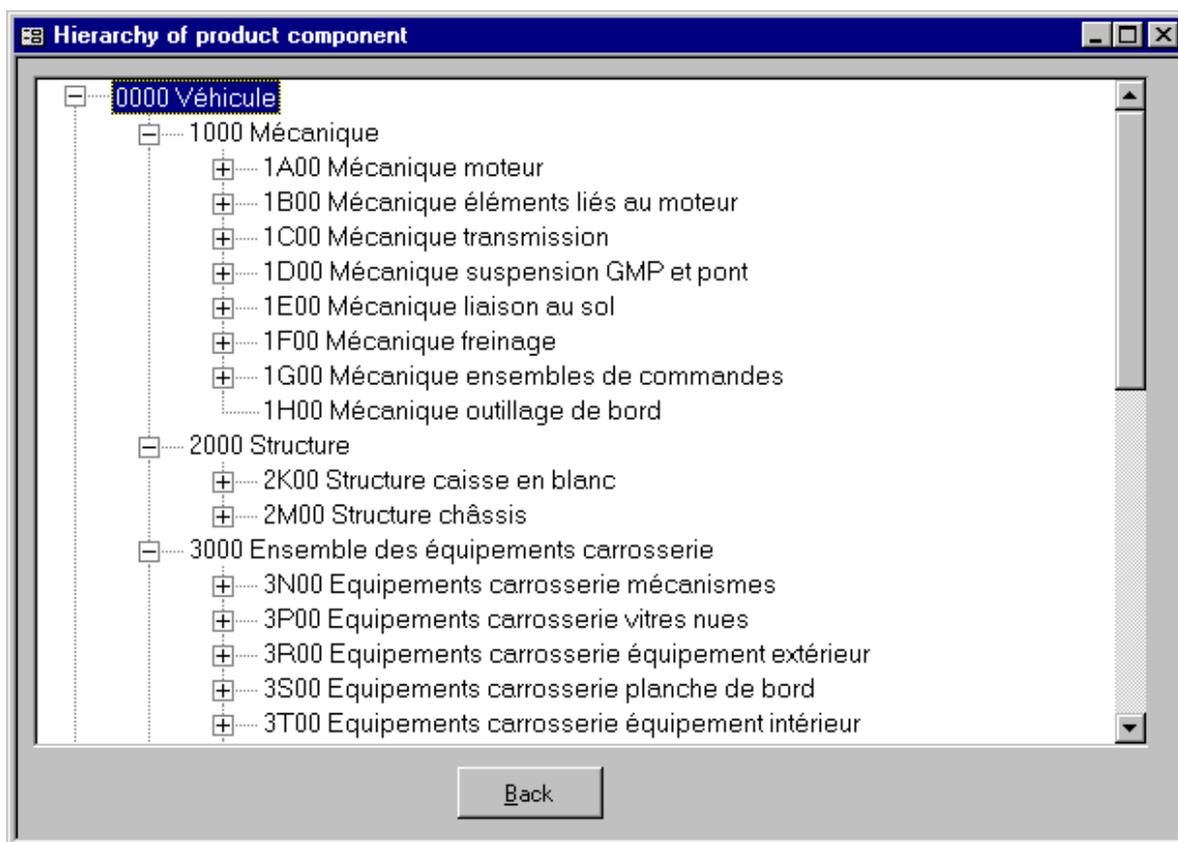


Figure 6.16 - L'affichage du découpage organique

- L'affichage du découpage fonctionnel;
- L'affichage du dictionnaire d'attributs véhicule (voir la figure 6.17);
- L'affichage de l'arbre d'assemblage d'une pièce composée;
- La détermination des cas d'emploi d'une pièce.

Cette partie exploite les fonctionnalités présentées aux §5.2.2.1, §5.2.2.2, §5.2.2.3, §5.2.2.4, §5.2.2.6 et §5.2.2.7 du chapitre 5.

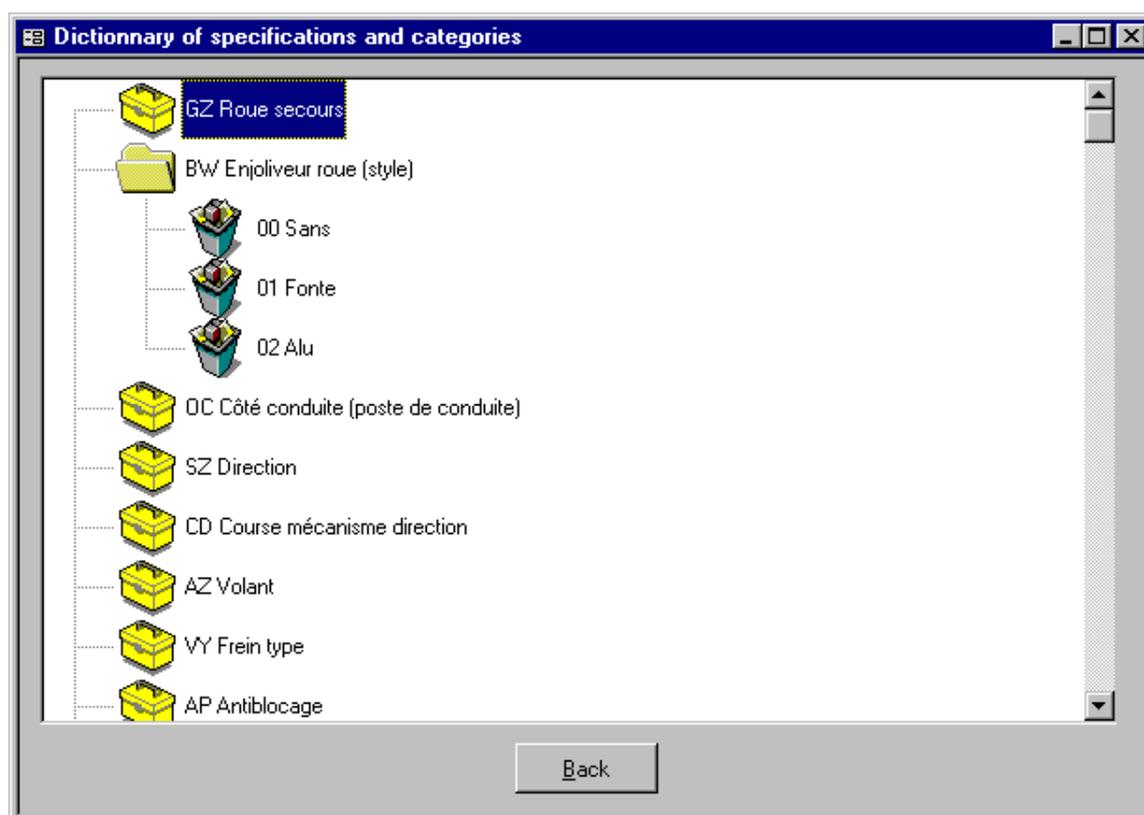


Figure 6.17 - L'affichage du dictionnaire des attributs d'un véhicule

6.3.3.5 Le jeu de données utilisé

L'implémentation *MicroSTEP 214* une fois réalisée, il faut instancier la base. Cette instanciation a été opérée avec un jeu de données extraites des systèmes de gestion de données techniques de PSA. Ce jeu de données concerne le véhicule Citroën *Saxo*. La diversité a été réduite aux véhicules 5 portes d'année modèle 1999 destinés à une clientèle de type France. Les solutions et pièces retenues sont celles de la partie mécanique du système de freinage avant du véhicule.

En ce qui concerne les découpages de références instanciés, c'est à dire les découpages organique et fonctionnel, les choix suivants ont été faits :

- Le découpage organique : il s'agit du *découpage PSA* qui est actuellement le découpage de référence pour tous les bureaux d'études PSA; Les 3 premiers niveaux de celui-ci sont présentés en figure 6.18.

Véhicule	Mécanique	Mécanique moteur
		Mécanique éléments liés au moteur
		Mécanique transmission
		Mécanique suspension GMP et pont
		Mécanique liaison au sol
		Mécanique freinage
		Mécanique ensembles de commandes
		Mécanique outillages de bord
	Structure	Structure caisse en blanc
		Structure châssis
	Ensemble des équipements carrosserie	Equipements carrosserie mécanismes
		Equipements carrosserie vitres nues
		Equipements carrosserie équipement EXT
		Equipements carrosserie planche de bord
		Equipements carrosserie équipement INT
		Equipements carrosserie moyens de retenue
		Equipements carrosserie climatisation
		Equipements carrosserie étanchéité
		Equipements carrosserie garnissage-insono
		Equipements carrosserie assise
		Equipements carrosserie équipement électrique

Figure 6.18 - *Découpage organique utilisé dans MicroSTEP 214 (3 premiers niveaux)*

- Le découpage fonctionnel : les bureaux d'études PSA ne disposant pas actuellement d'un découpage, un nouveau découpage a été créé pour répondre aux besoins de *MicroSTEP 214*. Celui-ci est présenté en figure 6.19.

6.3.4 Conclusion sur *MicroSTEP 214*

La plateforme *MicroSTEP 214* a permis d'implémenter à la fois le modèle de produit présenté au chapitre 4 et les fonctionnalités associées développées au chapitre 5. Cette implémentation a pu être validée au moyen d'un jeu de données industrielles représentatif.

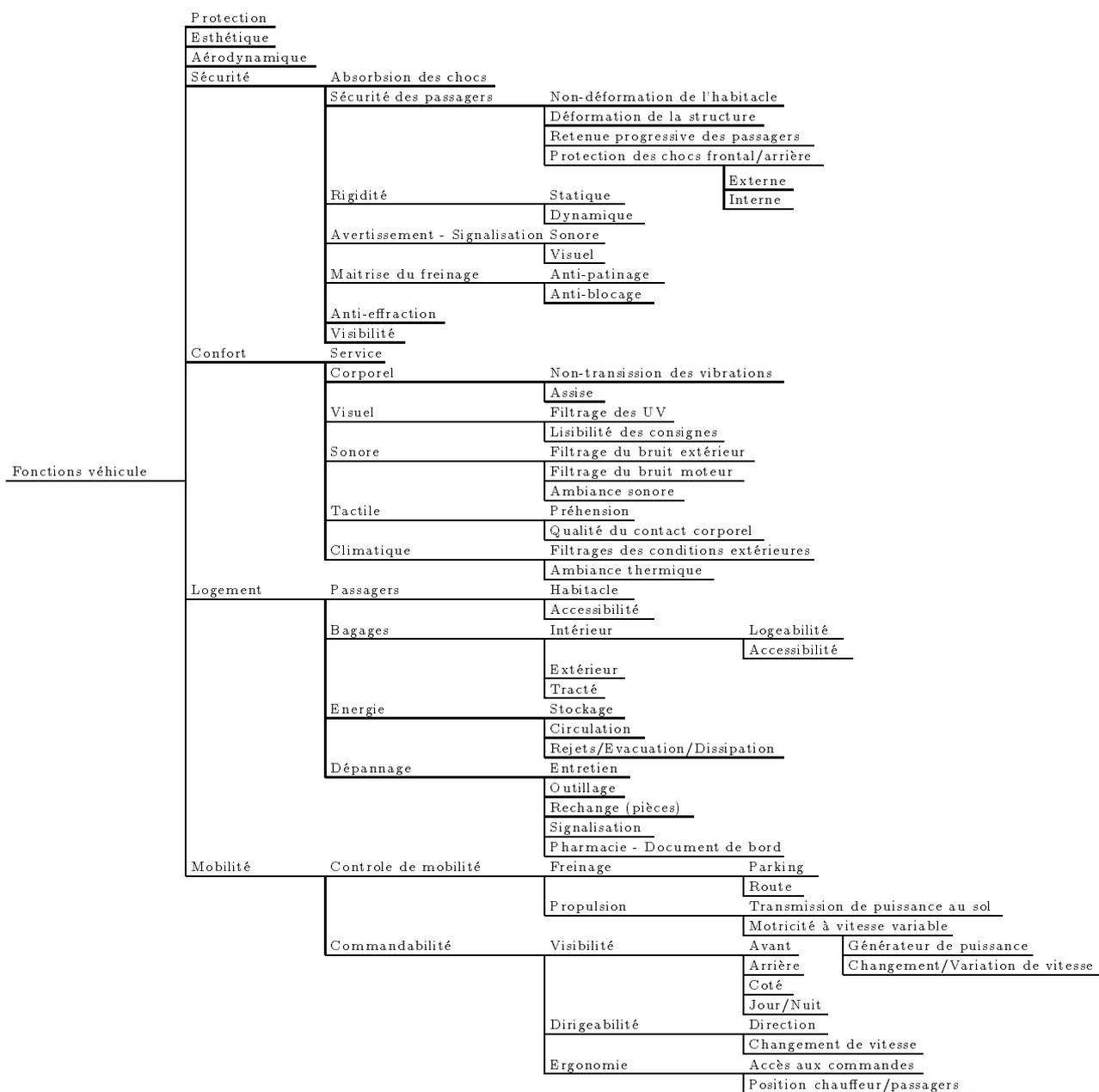


Figure 6.19 - Découpage fonctionnel utilisé dans MicroSTEP 214

6.4 Conclusion

Dans ce chapitre, deux exemples d'application ont été présentés. Le Grand Projet Innovant a permis d'une part d'utiliser et d'évaluer la méthodologie d'analyse développée dans cette thèse avant de l'appliquer à la mise en place de l'AP214 dans le groupe PSA Peugeot Citroën. D'autre part, un bilan sur les aptitudes de l'AP203 à répondre aux besoins d'échange de l'industrie a pu être dressé. Si certains manques ont été recensés, le domaine couvert par le protocole d'application correspond aux besoins d'échanges entre un donneur d'ordres et ses partenaires, et ceci pour des produits ayant une faible diversité. En effet, il est apparu que l'AP203 ne permet pas de traiter les produits complexes à forte diversité, la description des nomenclatures ne s'y prêtant pas.

La plateforme *MicroSTEP 214* est une des rares applications à implémenter le protocole d'application 214 de STEP en natif. Même si elle ne traite qu'un sous-ensemble de ce modèle, celui-ci constitue le noyau de la gestion des données des produits automobiles. Issues de besoins exprimés par les utilisateurs, les fonctionnalités développées permettent l'exploitation des données instanciées. Enfin, d'une manière générale, cette plateforme doit permettre le prototypage de fonctionnalités à implémenter au sein d'applications utilisant le modèle AP214 comme modèle de base.

Conclusion générale

Le travail présenté dans cette thèse a montré comment mettre en place un nouveau modèle de produit dans un grand groupe industriel avec des processus et une gestion des données techniques complexes de par l'étendue de son domaine d'activité. En effet, une telle opération ne peut s'opérer sans une prise en compte de l'environnement existant (processus et besoins en représentation et stockage des données).

Pour ce faire, une méthodologie d'analyse prenant en compte tous ces aspects a été développée. Celle-ci permet, après une analyse poussée du modèle informationnel et du modèle de données utilisateur dans un contexte particulier, de déterminer le sous-ensemble du modèle de produit qui doit être mis en place correspondant au domaine étudié. De plus, cette méthodologie tient compte de la complexité du domaine traité en proposant une approche de type modulaire. Cette approche permet une étude détaillée de chaque module et d'en effectuer la synthèse en analysant les relations liant ces modules entre eux.

Deux applications de cette méthodologie ont été présentées. La première concerne le protocole d'application 214 de la norme STEP qui traite des données de conception des produits automobiles. Pour ce faire, une extraction du sous-ensemble du modèle AP214 correspondant au domaine de la conception d'un nouveau véhicule a été réalisée. Ce travail s'appuie sur une formalisation du processus de développement d'un nouveau véhicule et sur une étude détaillée des données manipulées dans les bureaux d'études PSA menée auprès des utilisateurs et implémenteurs des systèmes d'informations actuels.

Les différentes itérations effectuées au cours de cette étude ont permis d'identifier l'absence de certains concepts dans le modèle de données de l'AP214. Ces manques ont fait l'objet de demandes de modifications auprès des instances de normalisation internationales responsables du développement du modèle AP214, lesquelles ont pour la plupart été prises en compte.

Sur la base du sous-modèle extrait de l'AP214, différentes fonctionnalités destinées à l'exploitation de celui-ci ont été développées. Trois types de fonctionnalités ont été proposées, les fonctionnalités de navigation exploitant les liens existant entre les véhicules, organes, fonctions, solutions et pièces, les fonctionnalités avancées et les fonctionnalités de renseignement.

La plateforme *MicroSTEP 214* implémente ce modèle et ces fonctionnalités dans un système de gestion de base de données intégré. Un jeu de données industrielles a été utilisé pour valider l'aptitude de ce modèle et des fonctionnalités associées, implémentés dans cette plateforme, à répondre aux besoins des utilisateurs. Cette étude a permis de reconcilier les domaines de la conception (CFAO) et de la gestion des données techniques de l'entreprise

en proposant un modèle de produit intégré et des fonctionnalités répondant aux attentes des métiers de la maquette numérique.

La seconde application concerne le protocole d'application 203 de la norme STEP. Il s'agit du Grand Projet Innovant AP203, un projet d'expérimentation de ce protocole d'application destiné à évaluer l'aptitude de ce standard à répondre aux besoins de l'industrie automobile. Cette application consiste en la réalisation d'un scénario d'échange, entre un constructeur et un de ses partenaires, dans un contexte de co-conception d'un sous-ensemble automobile, par fichiers neutres au format AP203. Une étude du sous-ensemble AP203 devant être mis en commun a été menée. Elle a nécessité l'analyse du processus de co-conception et des données manipulées par les deux partenaires pour en déduire le sous-modèle AP203 utilisé dans l'échange. Sur la base de celui-ci, une plateforme d'échange a été développée pour la réalisation du scénario. Celle-ci a fait intervenir des outils SGDT et de CAO. Ce scénario a fait l'objet d'une démonstration publique [51] qui a permis de confirmer les capacités de l'AP203 dans un contexte industriel.

De par l'aspect structurant de ce type de travail, il est alors normal de s'intéresser à des organisations aussi importantes que le découpage fonctionnel (un premier modèle a ici été proposé), la réalisation de liens fonction-solution, fonction-organe ou fonction-pièce. L'expression de ces liens permet de disposer des données nécessaires à la validation, à la gestion, à la vérification de connaissances métier et produit (aspect sémantique, cognitif, etc...).

Les travaux de recherche dans l'ingénierie des connaissances, dans la capitalisation des savoirs, dans la formalisation des métiers peuvent alors se rattacher à notre travail qui leur fournit des données structurées exploitables. Du fait de la richesse et de la structuration de ces données, des fonctionnalités de haut niveau pourront alors être développées.

Enfin, cette thèse a été l'occasion d'acquérir une réelle expertise personnelle dans les domaines des échanges de données techniques et de la normalisation, sur la norme STEP et plus précisément ses protocoles d'application 203 et 214.

Perspectives

Le travail de thèse présenté dans ce manuscrit traite un certain nombre de problèmes liés à la gestion des données techniques dans l'industrie automobile sont traitées ici en utilisant la norme STEP.

Cependant, il ouvre la voie à de nouveaux axes de recherche et applications industrielles qui sont les suivants, si l'on reste dans la compatibilité avec la norme STEP :

- Parmi les domaines traités dans l'étude du modèle de produit, certains n'ont pas été abordés et pourraient faire l'objet d'ajouts dans le modèle. C'est le cas de la *gestion des activités de conception* qui permettrait d'avoir à la fois un meilleur suivi du produit dans son cycle de vie par l'identification des modifications et des données associées. L'autre domaine traite *les gammes et les moyens de production* associés aux produits. Ainsi, les données relatives à l'étude et la fabrication des produits et de leurs outils de production peuvent être fédérées au sein d'un seul et unique modèle.
- La plateforme *MicroSTEP 214* propose, sur la base d'un sous-ensemble du modèle AP214, un certain nombre de fonctionnalités permettant l'utilisation des données qui y ont été instanciées. Ces fonctionnalités exploitent, pour un traitement donné, tous les schémas existant dans le modèle pour sa mise en œuvre. Certains de ces schémas ne reflètent pas forcément les modes de fonctionnement des bureaux d'études. Une phase d'exploration de ceux-ci doit donc être engagée afin d'identifier le(s) schéma(s) à retenir pour une exploitation industrielle de cet outil.
- Différentes fonctionnalités ont été développées et implémentées dans *MicroSTEP 214*. Une voie de développement serait d'étudier d'autres fonctionnalités permettant par exemple de rechercher toutes les pièces composées de la même matière.
- La plateforme *MicroSTEP 214* a permis de valider un certain nombre de concepts liés à l'utilisation de l'AP214 dans l'industrie automobile. Cependant, une implémentation SGDT est nécessaire car elle permettra de tester sa robustesse et ses aptitudes à répondre aux besoins quotidiens des utilisateurs quant aux fonctionnalités mises à leur disposition.
- Les systèmes d'information auxquels est destiné un modèle tel que l'AP214 s'appuient sur une architecture distribuée servant divers types d'applications et des besoins différents. L'étude de l'utilisation à la fois de l'architecture CORBA et du SDAI de STEP pourrait donc être menée. Dans le cas du SDAI, les parties concernant IDL, Java, C et C++ pourraient répondre aux besoins d'accès aux données.

- Dans ce travail, deux applications ont été présentées, une relative à l'AP214, pour les systèmes d'informations internes à l'entreprise et l'autre à l'AP203 pour les échanges entre donneur d'ordre et fournisseur. Lorsque les données AP203 sont réceptionnées, elles doivent être intégrées au système interne conforme à l'AP214. Une étude de correspondance entre l'AP203 et l'AP214 dans ce contexte serait donc nécessaire.
- L'AP214 constitue le modèle de référence pour le système d'information d'une entreprise automobile. Or, la plupart des données qu'il contient sont utiles et pertinentes pour les domaines de la production, les approvisionnements, etc... Une étude pourrait donc être menée sur l'ancrage probatoire du modèle AP214 avec divers modèles tels que les autres protocoles d'applications de STEP, les normes P-Lib et MANDATE, ou d'autres modèles internes à l'entreprise, contribuant ainsi à la définition de l'*Entreprise Virtuelle*. Un système unique basé sur un tel modèle fortement intégré permet ainsi de fédérer toutes les données de l'entreprise.

D'une manière plus générale, si on admet la possibilité de s'éloigner de la norme, d'autres axes de recherche apparaissent :

- Les outils facilitant la revue de projets en développant des indicateurs de différentes natures correspondant au point de vue que l'on souhaite donner à cette revue. En ce qui concerne l'*avancement*, un indicateur pourrait par exemple être affecté à cet élément du produit représentant le taux de complétude de l'étude (la valeur 0 signifiant qu'aucune investigation n'a été engagée et la valeur 1 que l'étude de l'élément est terminée). Un état du projet en cours serait ainsi rendu possible.
- L'estimation des coûts en affectant une ou plusieurs propriétés concernant les différents coûts relatifs à un élément du produit étudié. Une estimation du coût du produit pourrait donc être faite et ceci sous différents points de vue.
- L'étude d'un dictionnaire des propriétés d'un produit afin de mettre à disposition des concepteurs des moyens de capitalisation et renseignement d'informations quant au(x) produit(s) quant à leurs produits respectifs.
- La représentation des processus associée à un produit afin de formaliser les tâches et jalons du cycle de vie de ce produit. Ceci débouche sur l'utilisation des techniques de "*workflow*" pour le suivi des activités d'un projet.
- Le Data Warehouse dont l'objectif est de permettre l'accès aux informations exhaustives de l'entreprise relatives à un élément du système d'information de l'entreprise.
- La documentation technique des produits et notamment sur la structuration de celle-ci afin de permettre la capitalisation et l'accès aux informations de l'entreprise.
- Les composants sur étagère dont l'objectif est de permettre la réutilisation de sous-ensembles existants.

- L'entreprise étendue dont l'objectif est de permettre l'accès aux données partagées d'une entreprise par ses partenaires extérieurs. Pour cela, une étude des règles d'accès aux informations doit être menée.

Les champs à explorer restent vastes, ils laissent entrevoir d'importants bouleversements qui devraient avoir lieu dans l'organisation des processus de nos entreprises.

Bibliographie

- [1] *IGES - Initial Graphics Exchange Specification : ANSI Y 14.26M*. ANSI - American National Standard Institute - USA. 1980.
- [2] *VDA-FS - Vereinigung Deutsche Automobilindustrie Flächen Schnittstelle : DIN 66301*. DIN - Deutsches Institut für Normung - Germany. 1986.
- [3] *VDA-IS - Vereinigung Deutsche Automobilindustrie IGES Subset : DIN 63319*. DIN - Deutsches Institut für Normung - Germany. 1986.
- [4] *SET : Z 68-300 - Industrial Automation - External Representation of Product Definition Data - Data Exchange and Transfert Standard Specification*. AFNOR - Association Française de NORmalisation - France. 1989.
- [5] *IDEF0 - Announcing the Standard for Integration Definition for Function Modeling*. Draft Federal Information Processing Standards Publication 183. 1993.
- [6] *IDEF1X - Announcing the Standard for Integration Definition for Information Modeling*. Draft Federal Information Processing Standards Publication 183. 1993.
- [7] *ISO 10303-1 - Industrial Automation Systems and Integration - Product Data Representation and Exchange - Part 1: Overview and Fundamental Principles*. ISO - International Organization for Standardization, Geneva. 1994.
- [8] *ISO 10303-101 - Industrial Automation Systems and Integration - Product Data Representation and Exchange - Part 101: Integrated Application Resources: Draughting*. ISO - International Organization for Standardization, Geneva. 1994.
- [9] *ISO 10303-11 - Industrial Automation Systems and Integration - Product Data Representation and Exchange - Part 11: Description Methods: The EXPRESS Language Reference Manual*. ISO - International Organization for Standardization, Geneva. 1994.
- [10] *ISO 10303-203 - Industrial Automation Systems and Integration - Product Data Representation and Exchange - Part 203: Application Protocol: Configuration Control Design*. ISO - International Organization for Standardization, Geneva. 1994.
- [11] *ISO 10303-21 - Industrial Automation Systems and Integration - Product Data Representation and Exchange - Part21: Implementation Methods: Clear Text Encoding*

- of the Exchange Structure*. ISO - International Organization for Standardization, Geneva. 1994.
- [12] *ISO 10303-41 - Industrial Automation Systems and Integration - Product Data Representation and Exchange - Part 41: Integrated Generic Resources: Fundamentals of Product Description and Support*. ISO - International Organization for Standardization, Geneva. 1994.
- [13] *ISO 10303-42 - Industrial Automation Systems and Integration - Product Data Representation and Exchange - Part 42: Integrated Generic Resources: Geometric and Topological Representation*. ISO - International Organization for Standardization, Geneva. 1994.
- [14] *ISO 10303-43 - Industrial Automation Systems and Integration - Product Data Representation and Exchange - Part 43: Integrated Generic Resources: Representation Structures*. ISO - International Organization for Standardization, Geneva. 1994.
- [15] *ISO 10303-44 - Industrial Automation Systems and Integration - Product Data Representation and Exchange - Part 44: Integrated Generic Resources: Product Structure Configuration*. ISO - International Organization for Standardization, Geneva. 1994.
- [16] *ISO 10303-46 - Industrial Automation Systems and Integration - Product Data Representation and Exchange - Part 46: Integrated Generic Resources: Visual Presentation*. ISO - International Organization for Standardization, Geneva. 1994.
- [17] *EXPRESS-M reference manual*. ISO TC184/SC4/WG5 N243. 1995.
- [18] *EXPRESS-X reference manual*. ISO TC184/SC4/WG5 - Working Draft. 1996.
- [19] *Lessons learned from AeroSTEP and AutoSTEP*. A report to the MariSTEP testing working group. March 1996.
- [20] *ISO 10303-12 CD - Industrial Automation Systems and Integration - Product Data Representation and Exchange - Part 12: Description Methods: The EXPRESS-I Language Reference Manual*. ISO - International Organization for Standardization, Geneva. 1998.
- [21] *ISO 10303-214 DIS - Industrial Automation Systems and Integration - Product Data Representation and Exchange - Part 214: Application Protocol: Core Data for Automotive Mechanical Design Processes*. ISO - International Organization for Standardization, Geneva. May 1998.
- [22] *ISO 10303-22 DIS - Industrial Automation Systems and Integration - Product Data Representation and Exchange - Part 22: Implementation Methods: Standard Data Access Interface*. ISO - International Organization for Standardization, Geneva. 1998.

-
- [23] *ISO 10303-23 DIS - Industrial Automation Systems and Integration - Product Data Representation and Exchange - Part 23: Implementation Methods: C++ Language Binding to SDAI*. ISO - International Organization for Standardization, Geneva. 1998.
- [24] *ISO 10303-24 CD - Industrial Automation Systems and Integration - Product Data Representation and Exchange - Part 24: Implementation Methods: C Language Binding to SDAI*. ISO - International Organization for Standardization, Geneva. 1998.
- [25] *ISO 10303-26 CD - Industrial Automation Systems and Integration - Product Data Representation and Exchange - Part 26: Implementation Methods: IDL Language Binding to SDAI*. ISO - International Organization for Standardization, Geneva. 1998.
- [26] *ISO 10303-27 NWI - Industrial Automation Systems and Integration - Product Data Representation and Exchange - Part 27: Implementation Methods: Java Language Binding to SDAI*. ISO - International Organization for Standardization, Geneva. 1998.
- [27] *ISO 10303-45 FDIS - Industrial Automation Systems and Integration - Product Data Representation and Exchange - Part 45: Integrated Generic Resources: Materials*. ISO - International Organization for Standardization, Geneva. 1998.
- [28] *ISO 10303-47 CD - Industrial Automation Systems and Integration - Product Data Representation and Exchange - Part 47: Integrated Generic Resources: Shape Tolerances*. ISO - International Organization for Standardization, Geneva. 1998.
- [29] *ISO 10303-49 DIS - Industrial Automation Systems and Integration - Product Data Representation and Exchange - Part 49: Integrated Generic Resources: Process Structure and Properties*. ISO - International Organization for Standardization, Geneva. 1998.
- [30] R. AMOR, P. KATRANUSCHKOV, M. CLIFT, R. SCHERER, Z. TURK & M. HANNUS. *A framework for concurrent engineering - ToCEE*. In *European Product Data Technology Days'97 - Competitive Deployment of Product Data Technology*, Sophia Antipolis - France. pp. 15-22. April 1997.
- [31] R. ANDERL. *Trends in product modelling*. In *ICED'97 - 11th International Conference on Engineering Design - Computer Based Design*, Tampere, Finland. August 1997.
- [32] R. ANDERL & M. SCHMITT. *State of the art of interfaces for the exchange of product model data in industrial applications*. CEN/CENELEC/AMT WG STEP. 1992.
-

- [33] R. ANDERL & A. WASMER. *Integration of Product Life Cycle Views on the Basis of a Shared Conceptual Information Model*. Chapter 2, pp. 47-58. Information Infrastructure Systems for Manufacturing. Chapman & Hall, London. 1997.
- [34] S. ARBOUY, A. BEZOS, A. CUTTING-DECELLE, P. DIAKONOFF, P. GERMAIN-LACOUR, J. LETOUZEY & C. VIEL. *STEP - Concepts Fondamentaux*. AFNOR - Paris La Défense. 1994. ISBN 2-12-486912-4.
- [35] M. ASHWORTH. *A STEP-based information strategy and tools for engineering organizations*. PhD Thesis. Department of Mechanical Engineering, University of Leeds, Leeds - UK. 1993.
- [36] A. BJÖRNERSTEDT & C. HULTÉN. *Version Control in an Object-Oriented Architecture*. Chapter Object-Oriented Concepts, Databases and Applications, pp. 451-485. Addison-wesley edition. 1989.
- [37] H. BLOOM. *Software and computer integrated manufacturing*. Technical report NISTIR 4468. NIST - National Institute of Standards and Technology. November 1990.
- [38] H. BLOOM. *STEP - STandard for the Exchange of Product model data : What Is STEP and how is it used?* The CALS Journal. June 1992.
- [39] M. BLOOR & J. OWEN. *CAD/CAM product-data exchange : the next step*. CAD - Computer Aided Design. Vol. 23 n°4, pp. 237-243. 1991.
- [40] M. BOUAZZA. *La norme STEP - Principes, formalismes et mise en œuvre*. Paris, Hermes edition. 1995. ISBN 2-86601-502-9.
- [41] M. BOUAZZA. *Le langage EXPRESS*. Paris, Hermes edition. 1995. ISBN 2-86601-503-7.
- [42] P. BOURDICHON. *L'ingénierie simultanée et la gestion d'informations*. Collection Systèmes d'Information. Hermes edition. 1994. ISBN 2-86601-404-9.
- [43] P. BRORSON & E. HÖPPÖ. *Product specification and configuration control*. In *STEP - Forum 97*, PROSTEP GMBH Editor, Darmstadt. September 1997. Volvo - Scania, ProSTEP.
- [44] J. BRUN. *Modèle produit : Les conditions de cohérence et leur évolution au cours du processus de conception*. Revue Internationale de CFAO et d'Infographie. Vol. 12 n°5, pp. 513-529. 1997.
- [45] H. CALLIHAN. *The STandard for the Exchange of Product model data (STEP) - Technology update*. Technical Report 9526-PXI-002. Naval Center for Space Technology, Naval Research Laboratory, Washington DC. April 1996.

-
- [46] F. CHAMBOLLE. *Conception de produits mécaniques - Méthodes, Modèles et Outils*. Chapter Normes et échanges de données : Le standard STEP, pp. 435-453. M. Tollenaere, Hermes edition. Mai 1998. ISBN 2-86601-694-7.
- [47] F. CHAMBOLLE. *Grand Projet Innovant STEP AP203 - Tests d'interfaces géométriques*. Rapport de tests. PSA Peugeot Citroën - DTII. 1998.
- [48] F. CHAMBOLLE, A. BERNARD, F. PETIT, P. GERMAIN-LACOUR & J. BOCQUET. *Un modèle produit automobile basé sur STEP AP214*. In *Congrès International SIA - La CAO et le maquettage numérique en développement automobile & aéronautique*, Paris Pantin - France. Novembre 1997.
- [49] F. CHAMBOLLE, A. BERNARD, F. PETIT, P. GERMAIN-LACOUR & J. BOCQUET. *STEP AP214 et la gestion de la diversité dans l'industrie automobile*. In *Journée PRIMECA - SGGT: Offres, Méthodes et Outils*, Grenoble - France. Octobre 1998.
- [50] F. CHAMBOLLE & B. BROCHARD. *GPI STEP - AP203: Scénario automobile*. In *Actes du MICAD'97*, Paris - France. Mars 1997. MICADO.
- [51] F. CHAMBOLLE, F. PETIT, P. DEMARQUEZ, P. BUTIN, E. LEBÈGUE & V. DUFFAY-ROYER. *Mise en œuvre industrielle du protocole d'application 203 de STEP - scénario automobile du grand projet innovant STEP*. In *Echanges de Données Techniques - Conférences et Démonstration*, Paris - France. Décembre 1997.
- [52] K. CHELGHOU. *Un modèle de données sémantiques pour la CAO*. Thèse de Doctorat. Université Claude Bernard - Lyon 1. Octobre 1989.
- [53] S. CLARK, A. BARNARD & J. FOWLER. *Specifications for an application protocol development environment*. National PDES testbed report series. NIST - National Institute of Standards and Technology. 1992.
- [54] M. CLIFT & R. AMOR. *Concurrent engineering support with an advanced DMS*. In *European Conference Product Data Technology Days 1998 - The Time is Now*, Garston - UK. pp. 55-64. March 1998.
- [55] D. CONSTANT. *Contribution À la Spécification D'un Modèle Fonctionnel de Produits Pour la Conception de Systèmes Mécaniques*. Thèse de doctorat. Université Joseph Fourier - Grenoble 1. 1996.
- [56] U. U. K. C. I. COUNCIL. *STEP - a key tool in the global market*. 1997.
- [57] A. CUTTING-DECELLE, J. DEUSE & J. MICHEL. *Standardization of industrial manufacturing management data: The MANDATE (ISO 15531) approach*. In *European Conference Product Data Technology Days 1998 - The Time is Now*, Garston - UK. pp. 81-88. March 1998.
-

- [58] A. CUTTING-DECELLE & A. DUBOIS. *Product data handled by STEP - considerations and proposals*. Revue Internationale de CFAO et d'Infographie. Vol. 9 n°3, pp. 325–337. 1994.
- [59] C. DANKWORT & G. PODEHL. *Industrial CAD/CAM application and system architecture - a closed loop*. In *Proceedings of the International Symposium TMCE'96 - The Tools and Methods for Concurrent Engineering - A closed loop*, Budapest - Hongrie. May 1996.
- [60] C. DATE. *An Introduction to Data Base Systems*. USA, addison-wesley edition. 1982.
- [61] W. DE BRUIJN, J. HOYTE & C. ONNEKEN. *The AP factory - A modelling environment for application protocols*. In *European Product Data Technology Days'95 - Using STEP in Industry*, Munich - Germany. pp. 189-202. January 1995.
- [62] P. DEBRAS, P. HUGUET, V. AMAR & P. POYET. *RISESTEP (EP 20459) : A user driven project to develop a platform for product data sharing in a concurrent engineering context*. In *European Product Data Technology Days'97 - Competitive Deployment of Product Data Technology*, Sophia Antipolis - France. pp. 23-30. April 1997.
- [63] T. DEMARTINO, B. FALCIDIENO & F. GIANNINI. *Sharing product information in concurrent engineering environment through a reference model*. In *Proceedings of ILCE'95 - Integrated Logistics & Concurrent Engineering*, Paris - France. 1995.
- [64] P. DIETZ & A. ORT. *The concept of view in parts library - An integrative feature for the design process?* In *European Conference Product Data Technology Days 1998 - The Time is Now*, Garston - UK. pp. 65-71. March 1998.
- [65] E. DUPINET. *Contribution à l'étude d'un système informatique d'aide à la conception de produits mécaniques par la prise en compte des relations fonctionnelles*. Thèse de Doctorat Spécialité Productique. Ecole Centrale Paris. 1991.
- [66] C. EASTMAN. *Out of STEP?* CAD - Computer Aided Design. Vol. 26 n°5, pp. 338–340. 1994.
- [67] C. EASTMAN & N. FERESHETIAN. *Information models for use in product design : A comparison*. CAD - Computer Aided Design. Vol. 26 n°7, pp. 551–572. July 1994.
- [68] P. FEILER. *Configuration management models in commercial environments*. Technical Report CMU/SEI-91-TR-7. Carnegie-Mellon University - Software Engineering Institute. 1991.
- [69] F. FÉRU & C. VIEL. *Echanger avec le protocole d'application 203 de STEP - Echange et partage de données CAO et GDT*. Association GOSET. 1998. ISBN 2-9513382-0-1.

-
- [70] N. FIGAY. *Results of RISESTEP (EP 20459): A user driven project to develop a platform for product data sharing in a concurrent engineering context*. In *European Conference Product Data Technology Days 1998 - The Time is Now*, Garston - UK. pp. 133-140. March 1998.
- [71] J. FOWLER. *STEP architecture and methodology*. ISO TC184/SC4/WG10 - Technical Report. Product Data Technology Solutions Limited, Altrincham - UK. March 1995.
- [72] J. FOWLER. *STEP for Data Management Exchange and Sharing*. Technology Appraisals edition. 1995. ISBN 1-871802-36-9.
- [73] Y. GARDAN. *La CFAO*. Traité Des Nouvelles Technologies. Hermes edition. 1986. ISBN 2-86601-055-8.
- [74] R. GATES, D. STARZYK, L. MCKEE & G. SILVERNALE. *Automating the exchange of design data for the C-17*. In *European Product Data Technology Days'96 - Business Benefits from Product Data Technology*, London - UK. pp. 105-116. April 1996.
- [75] P. GHODOUS. *Modélisation intégrée de données de produit et de processus de conception*. Thèse de Doctorat. Université Claude Bernard - Lyon 1. Septembre 1996.
- [76] P. GHODOUS & D. VANDORPE. *Modélisation intégrée et normalisée de données de produit et de processus*. Revue Internationale de CFAO et d'Infographie. Vol. 12 n°1-2, pp. 85-109. 1997.
- [77] W. GIELINGH. *ESPRIT Project 6876 PISA - Platform for information sharing by CIME applications - Overview*. In *European Product Data Technology Days'95 - Using STEP in Industry*, Munich - Germany. pp. 155-122. January 1995.
- [78] H. GRABOWSKI, R. ANDERL, M. SCHMITT & H. SPECK. *STEP - Product data technology*. In *Proceedings of MICAD'93*, MICADO Editor, pp. 733-752. 1993.
- [79] H. GRABOWSKI, J. KUNZ & M. MAIER. *Product and document management using STEP AP214*. In *ProSTEP Science Days Proceedings*, Wuppertal - Germany. June 1998.
- [80] H. GRABOWSKI, S. RUDE & K. HAIN. *Core data for automotive mechanical design processes (AP214) - A step to STEP for the automotive industry*. Revue Internationale de CFAO et d'Infographie. Vol. 9 n°3, pp. 413-433. 1994.
- [81] P. GU & K. CHAN. *Product modelling using STEP*. CAD - Computer Aided Design. Vol. 27 n°3, pp. 163-179. 1995.
- [82] E. HAAG & P. VROOM. *The application of STEP in the automotive supply chain*. Computers in Industry. Vol. 31, pp. 223-234. 1996.
-

- [83] D. HABAN, H. SOBOLL & B. MALLE. *Product data technology - Risk or opportunity? - A business view on STEP in AIT*. In *European Product Data Technology Days '96 - Business Benefits from Product Data Technology*, London - UK. pp. 141-152. April 1996.
- [84] H. HABRIAS. *Le modèle relationnel binaire - Méthode I.A. (NIAM)*. Eyrolles edition. Septembre 1988.
- [85] Y. HARANI. *Une approche multi-modèles pour la capitalisation des connaissances dans le domaine de la conception*. Thèse de doctorat - Spécialité Génie Industriel. INPG - Laboratoire de Génie Industriel et de Production Mécanique de l'Université de Metz. Novembre 1997.
- [86] M. HARDWICK, D. SPOONER, T. RANDO & K. MORRIS. *Sharing manufacturing information in virtual enterprises*. Communications of the ACM. Vol. 39 n°2, pp. 46-54. February 1996.
- [87] M. HARDWICK, D. SPOONER, T. RANDO & K. MORRIS. *Data protocols for the industrial virtual enterprise*. IEEE Journal of Internet Computing. January 1997.
- [88] M. HOLLAND. *Product data technology and STEP - Comprehensive standards are prerequisites for the effective development of products and processes*. In *STEP-Forum 97*, PROSTEP GMBH Editor, Darmstadt. September 1997. ProSTEP, ProSTEP.
- [89] P. HUAU. *Using STEP technology: The expertise gained through AP development*. Revue Internationale de CFAO et d'Infographie. Vol. 9 n°3, pp. 391-400. 1994.
- [90] P. HUAU. *La conception automobile dans STEP*. GOSET Actualités. Vol. 14, pp. 1. Septembre-Octobre 1997.
- [91] P. HUAU & P. DURIVAUT. *Bilan du projet STEP AP214*. Rapport technique. Association GALIA - Groupement pour l'Amélioration des Liaisons dans l'Industrie Automobile, Boulogne Billancourt - France. 1999.
- [92] IGL TECHNOLOGY. *SADT - Un Langage Pour Communiquer*. Eyrolles edition. 1989.
- [93] R. ISPAS. *Recherche bibliographique : Standards d'échanges - STEP*. Mémoire bibliographique de DEA. Ecole Normale Supérieure de Cachan, LURPA. Juin 1991.
- [94] U. JASNOCH, H. KRESS, K. SCHROEDER & M. UNGERER. *CoConut: Computer support for concurrent design using STEP*. In *Proceedings of 3rd IEEE Workshop on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises*, IEEE COMPUTER SOCIETY PRESS Editor, Morgan Town - West Virginia. April 1994.
- [95] E. C. KASUSKY. *Outils et structure pour la coopération formelle et informelle dans un contexte de conception holonique*. Thèse de Doctorat. Institut National Polytechnique de Grenoble. Octobre 1997.

-
- [96] R. KATZ. *Toward a unified framework for version modeling in engineering databases*. ACM Computing Surveys. Vol. 22 n°4, pp. 375–408. 1990.
- [97] P. KELLER. *Vue de conception*. In *La conception en l'an 2000 et au-delà - Outils et Technologies*, Strasbourg - France. pp. 341-342. Novembre 1992.
- [98] V. KERN & J. B. R. BARCIA. *The building of information models in STEP*. In *Second International Congress of Industrial Engineering*. Virginia polytechnic institute & state university - Department of mechanical engineering. October 1996.
- [99] V. KERN, R. BARRA & R. BARCIA. *Implementation of standardized shareable product databases*. In *Second International Congress of Industrial Engineering*. October 1996.
- [100] V. KERN & J. BOHN. *STEP databases for product data exchange*. In *1st International Congress of Industrial Engineering*, Sao Carlos - Brazil. September 1997.
- [101] T. KILB & F. ARNOLD. *Data management in distributed CAx systems*. In *Proceedings of the ProSTEP Science Days'98: Product Data Technology - Facing the Future*, Wuppertal - Germany. pp. 94-105. June 1998.
- [102] T. KIM, S. HAN & Y. SHIN. *Product data management using AP203 of STEP standard*. In *ASME'96 - Design Engineering Technical Conferences and Computers in Engineering Conference*, Irvine, USA. August 1996. University of California.
- [103] F. KRAUSE, F. KIMURA, T. KJELLBERG & S. LU. *Product modelling*. Annals of the CIRP. Vol. 42 n°2, pp. 695–706. 1993.
- [104] M. LE-COQ. *Approche intégrative en conception de produits*. Thèse de Doctorat Spécialité Génie Industriel. Ecole Nationale Supérieure des Arts et Métiers, Paris. Décembre 1992.
- [105] M. LISSANDRE. *Maitriser SADT*. Armand colin edition. 1990.
- [106] D. LOFFREDO. *Efficient database implementation of EXPRESS information models*. PhD Thesis. Faculty of Rensselaer Polytechnic Institute - New York. May 1998.
- [107] R. LOS, P. WILLEMS & P. KUIPER. *STEPs to STEP - Overview of ISO 10303*. TNO Technical Report 95-BI-P004. TNO Building and Construction Research, Delft - The Netherlands. 1995.
- [108] K. MACCALLUM. *Developing a product information breakdown structure (PIBS)*. In *WDK - International Workshop on Product Structuring*, Delft - Netherland. June 1995.
- [109] A. MACKAY, M. BLOOR & J. OWEN. *Application Protocols: A position paper*. Revue Internationale de CFAO et d'Infographie. Vol. 9 n°3, pp. 377–389. 1994.
-

- [110] A. MACKAY, F. ERENS & M. BLOOR. *Relating product definition and product variety*. Research in Engineering Design. Vol. 2, pp. 63–80. 1996.
- [111] S. MACKAY. *The state of the art in concurrent, distributed configuration management*. Technical report appearing in Proceedings of the 5th International Workshop on Software Configuration Management - Seattle NRC 38359. National Research Council Canada - Institute for Information Technology, Ottawa - Canada. April 1995.
- [112] T. MÄNNISTÖ. *Towards management of evolution in product configuration data models*. Licentiate Thesis. Helsinki University of Technology - Department of Computer Science - Laboratory of Information Processing Science. February 1998.
- [113] T. MÄNNISTÖ, H. PELTONEN, A. MARTIO & R. SULONEN. *Modelling generic product structures in STEP*. CAD - Computer Aided Design. Vol. 30 n°14, pp. 1111–1118. December 1998.
- [114] H. MASON. *Product data technology - The first STEP*. In *European Product Data Technology Days '95 - Using STEP in Industry*, Munich - Germany. pp. 5-11. January 1995.
- [115] J. MATHERON. *Comprendre MERISE*. Editions eyrolles edition. 1989.
- [116] M. MITCHELL. *Capabilities for product data exchange*. In *Proceedings of the Intelligent Systems : A Semiotic Properspective Conference, Vol. 2: Applied Semiotics*, JIM ALBUS AND ALEX MISTEL EDITORS Editors. October 1996.
- [117] J. MOHRMANN. *AP214 - Core data for mechanical design processes in the manufacturing industry*. In *STEP - Forum 97*, PROSTEP GMBH Editor, Darmstadt. September 1997. Debis Systemhaus Engineering, ProSTEP.
- [118] C. MONY. *Un modèle d'intégration des fonctions conception-fabrication dans l'ingénierie de produit*. Thèse de Doctorat. Ecole Centrale Paris. 1992.
- [119] K. MORRIS. *Data sharing needs of manufacturing and engineering*. In *Open OODB Workshop*, Texas Instrument - Dallas. March 1991.
- [120] K. MORRIS. *Overview of the STEP and the STEP Standard Data Access Interface*. In *Workshop on Application Integration Architectures*, Texas Instrument - Dallas. February 1993.
- [121] W. MUELLER & F. BUIJS. *The process modeling language EXPRESS-P*. ISO TC184/SC4/WG5 N230. March 1995.
- [122] G. NGUYEN. *SHOOD: Plate-forme pour la conception*. Ingénierie des systèmes d'information. Vol. 1 n°3. 1993.

-
- [123] A. NIEVA. *From end-user needs to integrated systems*. In *European Product Data Technology Days '95 - Using STEP in Industry*, Munich - Germany. pp. 129-148. January 1995.
- [124] H. NOWACKI, F. STOLTE, J. KLINGNER & G. VATTEROTT. *A neutral product model for ship hull geometry and its use in data exchange*. *Revue Internationale de CFAO et d'Infographie*. Vol. 9 n°3, pp. 351-375. 1994.
- [125] J. OWEN. *STEP - An Introduction*. Information Geometers Ltd - Winchester. 1993. ISBN 1-874728-04-6.
- [126] M. PALMER. *Guidelines for the development and approval of STEP application protocols*. ISO TC184/SC4 PMAG N103. November 1993.
- [127] J. PÉCHAUD & C. ROUCHON. *French aerospace involvement in STEP*. In *European Product Data Technology Days '95 - Using STEP in Industry*, Munich - Germany. pp. 25-33. January 1995.
- [128] H. PELTONEN, T. MÄNNISTÖ, T. SOININEN, J. TIIHONEN, A. MARTIO & R. SULONEN. *Concepts for modelling configurable products*. In *European Conference Product Data Technology Days 1998 - The Time is Now*, Garston - UK. pp. 189-196. March 1998.
- [129] T. PHELPS & A. MONTANO. *AutoSTEP making progress*. *Actionline*. pp. 38-41. November 1996.
- [130] T. PHELPS. *Electronic commerce and product development - improving the work of supply chains*. *EDI Forum*. Vol. 10 n°1. January 1997.
- [131] G. PIERRA, Y. AIT-AMEUR, F. BESNARD, P. GIRARD & J. POTIER. *A general framework for parametric product model within STEP and parts library*. In *European Conference on Product Data Technology*, London. April 1996.
- [132] G. PIERRA, J. POTTIER & P. GIRARD. *Design and exchange of parametric models for parts library*. In *Proceedings of the 27th International Symposium on Advanced Transportation Applications - ISATA '94*, Aachen - Germany. pp. 397-404. November 1994.
- [133] P. POYET. *STEP architectures for the integration of knowledge based systems*. *Revue Internationale de CFAO et d'Infographie*. Vol. 10 n°1-2, pp. 45-55. 1995.
- [134] F. REUTER. *Getting started with EXPRESS-G*. Special Edition E10030-A4T1-A-002. Siemens AG, Erlangen - Germany. 1994.
- [135] J. RIX, A. BURKERT, M. UNGERER & M. BRÄCKELMANN. *STEP meets PREMO - Product modelling and new presentation techniques*. *Computers & Graphics*. Vol. 18 n°4, pp. 553-562. 1994.
-

- [136] C. ROUCHON. *Illustration of STEP AP203 in aerospace information exchange - a case study in the french projet: GPI/STEP*. In *Proceedings of European Conference Product Data Technology Days 1997 - Competitive Deployment of Product Data Technology*, Sophia-Antipolis - France. pp. 199-204. April 1997.
- [137] C. ROUCHON & G. RIMBAUD. *Integration of aircraft digital product definition (digital mockup) with assembly planning and complex tooling design*. In *Proceedings of IDMMME'96 - Integrated Design and Manufacturing in Mechanical Engineering*, Nantes - France. pp. 157-166. April 1996.
- [138] A. SAUCIER. *Un Modèle Multi-Vues Du Produit Pour Le Développement et L'utilisation de Systèmes D'aide À la Conception En Ingénierie Mécanique*. Thèse de doctorat - Spécialité Mécanique. Ecole Normale Supérieure de Cachan. Juin 1997.
- [139] H. SCHEDER. *Product data integration - Needs and requirements from industry*. In *European Product Data Technology Days'95 - Using STEP in Industry*, Munich - Germany. pp. 123-127. January 1995.
- [140] D. SCHENCK & P. WILSON. *Information Modeling - the EXPRESS Way*. Oxford University Press - New York. 1994. ISBN 0-19-508714-3.
- [141] P. SCHÖNSLEBEN & S. SCHWARZE. *Literature survey / state of the art: Product configuration for products with many variants*. July 1993.
- [142] S. SCHWARZE & P. SCHÖNSLEBEN. *A product model for configuration purposes*. Working Paper. January 1994.
- [143] G. SÉGARRA. *An end users' view on product data technology - The AIT initiative*. In *European Product Data Technology Days'95 - Using STEP in Industry*, Munich - Germany. pp. 203-213. January 1995.
- [144] M. SEYF, P. GHODOUS & D. VANDORPE. *Representing of multiple-views on product data*. In *Concurrent Engineering - CE'98*, Tokyo - Japan. pp. 121-126. July 1998.
- [145] G. SOHLENIUS. *Concurrent Engineering - Keynote paper*. Annals of the CIRP. Vol. 41 n°2, pp. 645-655. 1992.
- [146] D. SPOONER & M. HARDWICK. *Using views for product data exchange*. IEEE - Computer Graphics & Applications. pp. 58-65. September 1997.
- [147] S. TICHKIEWITCH, E. CHAPA & P. BELLOY. *Un modèle produit multi-vues pour la conception intégrée*. In *Proc. Of International Industrial Engineering Conference of Montreal*, pp. 122-131. October 1995.
- [148] S. TICHKIEWITCH & M. VERON. *Methodology and product model for integrated design using a multiviews system*. Annals of the CIRP. Vol. 46 n°1, pp. 81. 1997.

-
- [149] M. TOLLENAERE. *Quel modèle produit pour concevoir ?* In *La conception en l'an 2000 et au-delà - Outils et Technologies*, Strasbourg - France. pp. 331-340. Novembre 1992.
- [150] M. TOLLENAERE. *Contribution à la modélisation de connaissances pour la conception mécanique*. Mémoire d'Habilitation à Diriger les Recherches. Université Joseph Fourier - Grenoble 1. Juin 1995.
- [151] M. TOLLENAERE. *Projet SHOOD - Modélisation objet pour la CFAO*. Rapport de fin de contrat. Laboratoire des Sols, Solides, Structures de Grenoble. 1995.
- [152] G. TRAPP. *Concurrent engineering - PDES/STEP*. CERC Technical Report Series - Technical Memoranda CERC-TR-TM-91-010. CERC - Concurrent Engineering Research Center. February 1991.
- [153] D. VANDORPE. *Echanges de données, modèles géométriques et normes*. Revue Internationale de CFAO et d'Infographie. Vol. 7 n°1, pp. 17-25. 1992.
- [154] C. VARGAS. *Modélisation du processus de conception en ingénierie des systèmes mécaniques - Mise en œuvre basée sur la propagation de contraintes - Application à la conception d'une culasse automobile*. Thèse de Doctorat Spécialité Mécanique. Ecole Normale Supérieure de Cachan - Laboratoire Universitaire de Recherche en Production Automatisée. Janvier 1995.
- [155] C. VAUGHAN. *Industrial Information Model - White paper*. ISO TC184/SC4/WG10 N139. December 1997.
- [156] C. VIEL. *STEP: Etat de l'art*. In *Proceedings of MICAD'92*, Paris, France. pp. 667-681. 1992. MICADO.
- [157] L. VIEL. *Echanges de données techniques - Des périls aux promesses*. L'Usine Nouvelle. n°2673, pp. 72-78. Février 1999.
- [158] J. VUOSKOSKI. *Exchange of product data between CAD systems and a physics simulation program*. PhD Thesis. Tampere University of Technology. 1996.
- [159] M. WAPLER. *Product data exchange and integration: Implementing STEP for mechanical design*. Final report ESPRIT Projet 6040. July 1995.
- [160] H. WARNECKE & J. RIX. *Product data technology: Vision 2000*. In *European Product Data Technology Days '96 - Business Benefits from Product Data Technology*, London - UK. pp. 7-17. April 1996.
- [161] B. WENZEL. *A data integration architecture for SC4*. Working paper N89. ISO TC184/SC4/WG10. March 1997.
- [162] M. WEST. *Integration of industrial data for exchange, access and sharing (IIDEAS)*. Working paper N85. ISO TC184/SC4/WG10. January 1998.
-

- [163] M. WEST & J. FOWLER. *The nature of industrial data*. Working draft paper N64. ISO TC184/SC4/WG10. June 1996.
- [164] P. WILSON. *PDES STEP forward*. IEEE - Computer Graphics & Applications. Vol. 9, pp. 79–80. March 1989.
- [165] R. WITTENOOM. *Use of Draft ISO 13584 Parts Library Standard for design decision support*. In *CIB78-95 Workshop Proceedings*, Stanford. August 1995.
- [166] Y. YANG. *STEP application protocol implementation*. Technical Report CLIN 0001AB. PDIT. October 1995. for CIC Group, Building and Fire Research Laboratory - National Institute of Standards and Technology.

Annexe A

Scénario automobile : Glossaire du modèle informationnel

Approbation : Reconnaissances par un organisme d'études de l'aptitude à l'emploi d'un produit d'origine déterminée, celui-ci étant réalisé à partir d'une définition exprimée (Cahier des charges, plan fonctionnel, spécifications techniques).

Bon pour accord : Accord intermédiaire ne faisant pas l'objet d'une officialisation.

Cahier des charges : Norme complétant un ou plusieurs plans pour préciser l'ensemble des caractéristiques et conditions fixées par les organismes d'études afin d'assurer l'aptitude à l'emploi de pièces ou d'ensembles.

Calculs de structures : Méthodes mathématiques permettant de simuler et de vérifier l'endurance et la tenue d'une pièce sous contraintes de nature différente.

Calibrage : Mise en œuvre d'une comparaison entre un composant et un instrument matérialisant une longueur dans le domaine du contrôle des fabrications mécaniques.

CAO : Conception Assistée par Ordinateur - Système informatique permettant la modélisation géométrique de la forme d'une pièce et de ses assemblages.

Co-traitant : Entreprise qui, vis-à-vis du donneur d'ordre, est responsable de l'étude et de la fabrication d'un produit mais pas de la gestion et de l'officialisation de celui-ci.

Composants standards : Sous-ensemble du produit répondant à une norme de conception/produit/process validé dans un objet d'avance de phase (PSA: composant sur étagère, VALEO: préconisation de conception).

Concept : Solution technique abstraite.

Conception d'un produit : Le processus de définition des fonctionnalités, de la géométrie et des propriétés technologiques du produit incluant l'étude conceptuelle, préliminaire et détaillée tout comme le calcul scientifique.

Constructeur : Assembleur, intégrateur du véhicule.

Contraintes budgétaires : Montant financier attribué pour la conception du produit et limitant le coût de revient.

Contraintes de masse : Données limitant le poids, le volume ou le matériau d'une pièce ou d'un ensemble.

Contraintes de planning : Dates imposées de début et de fin des différentes tâches de conception du produit.

Contraintes de réglementation : Données relatives à la réglementation en cours dans le domaine concerné et dont il faut tenir compte lors de la conception du produit.

Contraintes esthétiques : Données contraignant l'aspect visuel d'une pièce ou d'un ensemble.

Contrôle métrologique : Contrôle géométrique et dimensionnel, validité de la pièce réelle par rapport à la définition.

Convention d'échanges : Document fixant les modalités d'échanges de données entre deux organismes.

Correcteur électrique : Système permettant de modifier électriquement l'angle de site d'un projecteur sur un véhicule.

Correcteur manuel : Système permettant de modifier le site d'un projecteur de véhicule en actionnant manuellement un mécanisme approprié.

Demande d'évolution : Une demande pour un changement, dans une spécification du produit dans une phase du processus de développement, générée à partir d'une phase différente du processus de développement.

Demande de modification : Dossier d'enquête établi par un service en vue de faire évoluer la documentation études devant faire l'objet d'une officialisation.

Définition du produit : Spécification des propriétés essentielles du produit sous forme d'une liste de spécifications qui est basée sur les conditions données telles que les conditions commerciales.

Développement des outils : Processus d'études des outils nécessaires à la production du produit (ex: conception de l'outil, fabrication de l'outil, etc...).

Développement du produit : Processus d'études du produit incluant la définition, la stylisation, la conception et l'évaluation du produit.

DFE : DiFfusion Etudes - Diffusion par un bureau d'études de documents techniques (plans, nomenclature ou autres) donnant une définition non-officialisée.

Données de configuration : Données permettant de gérer la diversité des évolutions d'un produit.

Données de surface intérieure et extérieure du véhicule : Données définissant l'encombrement du produit à réaliser.

Donneur d'ordres : PSA.

Dossier de consultation : Document émis par les services techniques du client qui consulte différents partenaires potentiels sur l'étude et la réalisation du projecteur et fixant les données essentielles (plan de forme, encombrement sous capot, ...), les données de performance, de planning, de qualité; il permet au fournisseur de réaliser son offre.

Echantillon initial : Premières pièces réalisées avec les moyens de production et destinées au service qualité du client.

Engagement qualité : Document contractuel par lequel l'équipementier s'engage à un niveau de qualité en réception et à l'usage chez le client.

Enveloppe de l'automobile : Peau géométrique extérieure fermée délimitant l'espace d'un véhicule.

Équipement première monte : Chaîne de fabrication du véhicule série.

Équipementier : Fournisseur de systèmes.

Ergonomie : Recherche d'une meilleure adaptation entre une fonction, un matériel et son utilisateur.

Essai de nuit : Composante de validation photométrique, test sur véhicule; essai du projecteur en chambre noire.

Évaluation d'un produit : Processus de spécification, d'exécution et de vérification de tests pour un prototype du produit dans sa globalité ou d'un de ses constituants.

Expertise : Apport d'un certain nombre de compétences et de connaissances sur un domaine particulier.

Faisceau lumineux : Ensemble de rayons lumineux émanants d'une même source.

Gamme : Niveau technique de l'équipement.

Homogénéité du faisceau lumineux : Uniformité de luminosité d'un faisceau.

Liste des spécifications : Ensemble de caractéristiques particulières relatives à des matières, matériaux, pièces ou ensembles.

Maquette : Matérialisation physique d'un produit reproduisant dans l'espace les formes et les volumes permettant de juger des encombrements et de l'aspect. Une maquette ne sera pas forcément la représentation de la réalité; elle est souvent inerte, les matériaux qui la composent ne sont pas obligatoirement conformes à la réalité (différence par rapport au prototype).

Matière première : Substance liquide, solide ou gazeuse destinée à être façonnée.

Mise en forme : Action qui consiste à appliquer une forme voulue à une matière première.

Modèle CAO : définition numérique; structure formalisée utilisée pour rendre compte d'un ensemble de composants possédant entre eux certaines relations.

Modeleur CAO : Système permettant d'effectuer une modélisation 3D d'un produit.

Montabilité : Action qui consiste à vérifier qu'un élément peut s'insérer physiquement dans un assemblage.

Niveau de numérisation d'un produit : Vue d'un métier sur un produit donné en fonction de ses besoins propres (vue enveloppe, vue détaillée).

Nomenclature : Liste exhaustive structurée des éléments d'un ensemble déterminé.

Norme applicable : Ensemble de documents normatifs devant être appliqués pour la conception du produit.

Norme standard : Ensemble de documents qui sont établis par les organismes nationaux et internationaux de normalisation.

OCM : Officialisation de Création ou de Modification - Dossier établi sous la responsabilité d'un département études émettant la documentation études faisant l'objet d'une officialisation, mis à la disposition des organismes d'ordonnancement et de mise en production.

Off-Tool : Premières pièces issues de l'outillage sans mise au point.

Officialisation : Autorisation donnée par un organisme d'études d'entreprendre les travaux nécessaires à la phase correspondante pour la mise en production d'une définition études.

Performance photométrique : Valeur mesurant la quantité, la répartition et l'homogénéité du faisceau lumineux.

Photométrie : Partie de la physique qui traite de la mesure des grandeurs relatives aux rayonnements lumineux.

Pièce : Composant automobile.

Pièce approbation : Pièce issue de process série pour la qualification du produit par les services techniques du client.

Pièce Off-Tool : Premières pièces issues de l'outillage sans mise au point.

Plans de moyens de contrôle : Plans de représentation des moyens de contrôle.

Point de contrôle : Point physique faisant l'objet de relevés de sa position en vue du contrôle de celui-ci par rapport à un étalon.

Procès verbal UTAC : Procès verbal, rapport d'acceptation sur les performances optiques du projecteur.

Production : Fabrication.

Produit : Composant complexe ou élémentaire, réel ou fictif, identifié et figurant dans une nomenclature d'études ou de fabrication.

Projecteur : Système optique d'un véhicule permettant la projection d'un faisceau lumineux et destiné principalement à la conduite de nuit.

Protocole oft p : Méthode de communication pour l'émission de fichiers informatiques par réseau de télécommunication.

Prototypes : Produits en cours d'études, réalisés à l'aide de techniques ou de moyens non représentatifs de la série, en vue de vérifier la faisabilité, l'aptitude à l'emploi et l'endurance des solutions étudiées.

PRS1/PRS2 : Pièces destinées à équiper les véhicules de Pré-série 1 (non-commercialisables) ou de Pré-série 2 (commercialisables).

Questionnaire interactif : Document rédigé entre PSA et VALEO destiné à formaliser les interlocuteurs, dates et localisation du pays d'utilisation.

Rapport d'essais : Dossier permettant de produire des résultats par rapport à un cahier des charges donné.

Restylage : Reprise de définition d'un véhicule en style extérieur et/ou intérieur.

Retour d'expérience : Données relatives à l'historique du produit et dont il faut tenir compte lors de sa conception.

SGDT : Système de Gestion de Données Techniques - Ce sont des systèmes informatiques permettant l'intégration, la distribution, la structuration, la sécurisation et la gestion des évolutions des données techniques de tout type, ainsi que l'accès concourant sous différentes formes à ces données.

Site : Réglage suivant l'axe vertical permettant de modifier la portée (Axe Z).

SOGEDAC : Direction des Achats du Groupe PSA.

Style : Aspect de la peau extérieure.

Support de contrôle : Support mécanique pour la pièce permettant de contrôler celle-ci dans l'espace.

Système de CAO : Poste informatique équipé d'un logiciel de CAO.

Système de simulation : Dispositif permettant de reproduire le comportement d'un produit en environnement contraint dans des domaines tels que l'optique, la thermique, la mécanique, la rhéologie, l'imagerie,

Système de stéréolithographie : Dispositif permettant la réalisation d'une maquette physique, à partir de sa définition CAO, par dépôts successifs de fines couches de résine polymérisée.

Tests d'endurance : Tests réalisés par rapport au cahier des charges client.

Top RO : Réalisation Outillage - Accord commercial donné par PSA pour la réalisation de l'outillage.

Trafic à droite/gauche : Prise en compte du côté droit ou gauche de circulation (en se restreignant à l'Europe).

Variante : Combinaison de côté, pièce, trafic, type de lampe; c'est une référence pièce pour PSA.

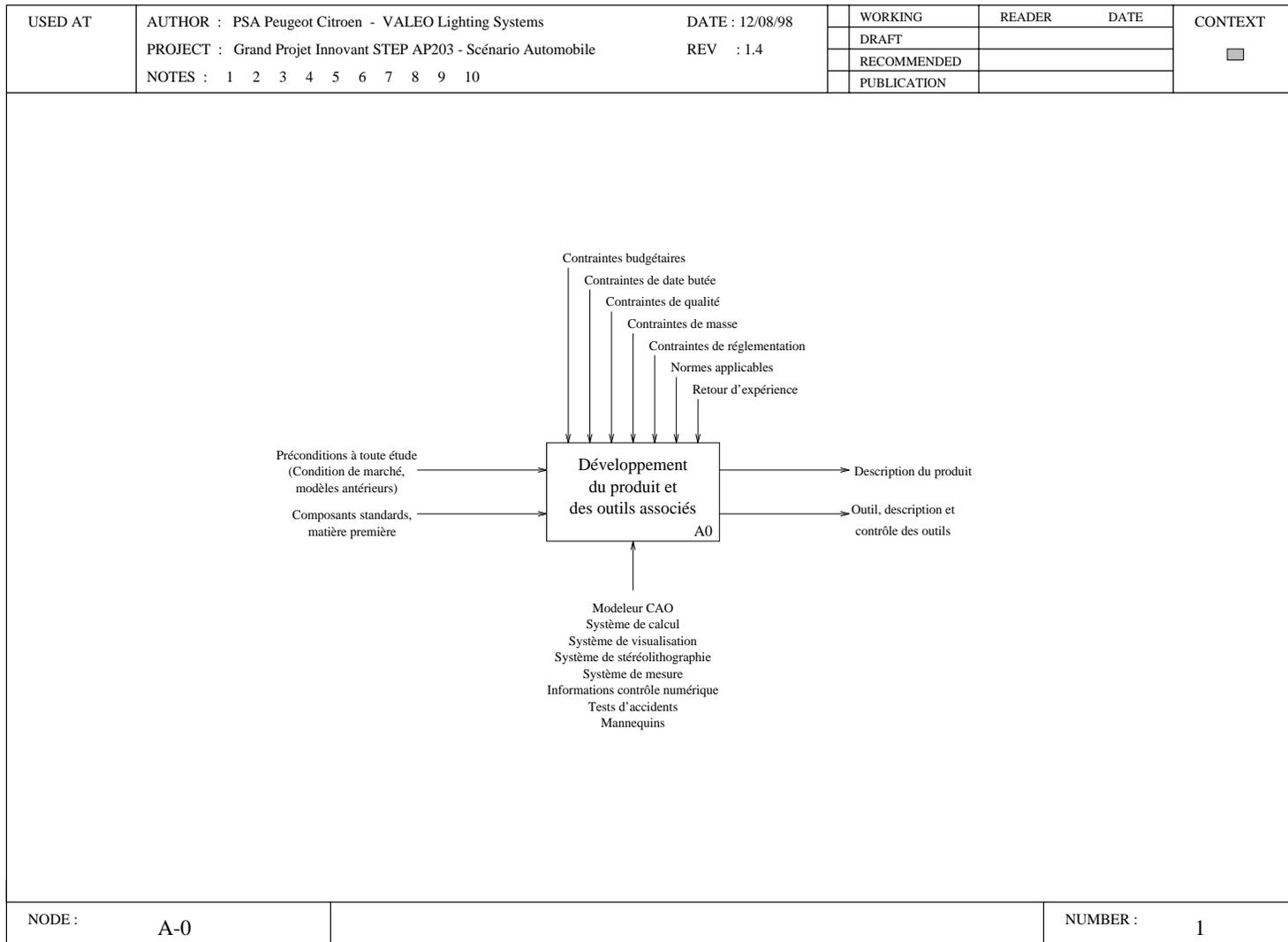
Véhicule : Automobile complète.

Véhicule pilote : Premiers véhicules issus des moyens série avec lesquels on acquiert une expérience de la production série.

UTAC : Union Technique des Automobiles et du Cycle - Organisme d'homologation dans le domaine automobile.

Annexe B

Scénario automobile : Modèle informationnel



NODE : A-0

NUMBER : 1

Figure B.1 - Modèle AAM : Diagramme A-0

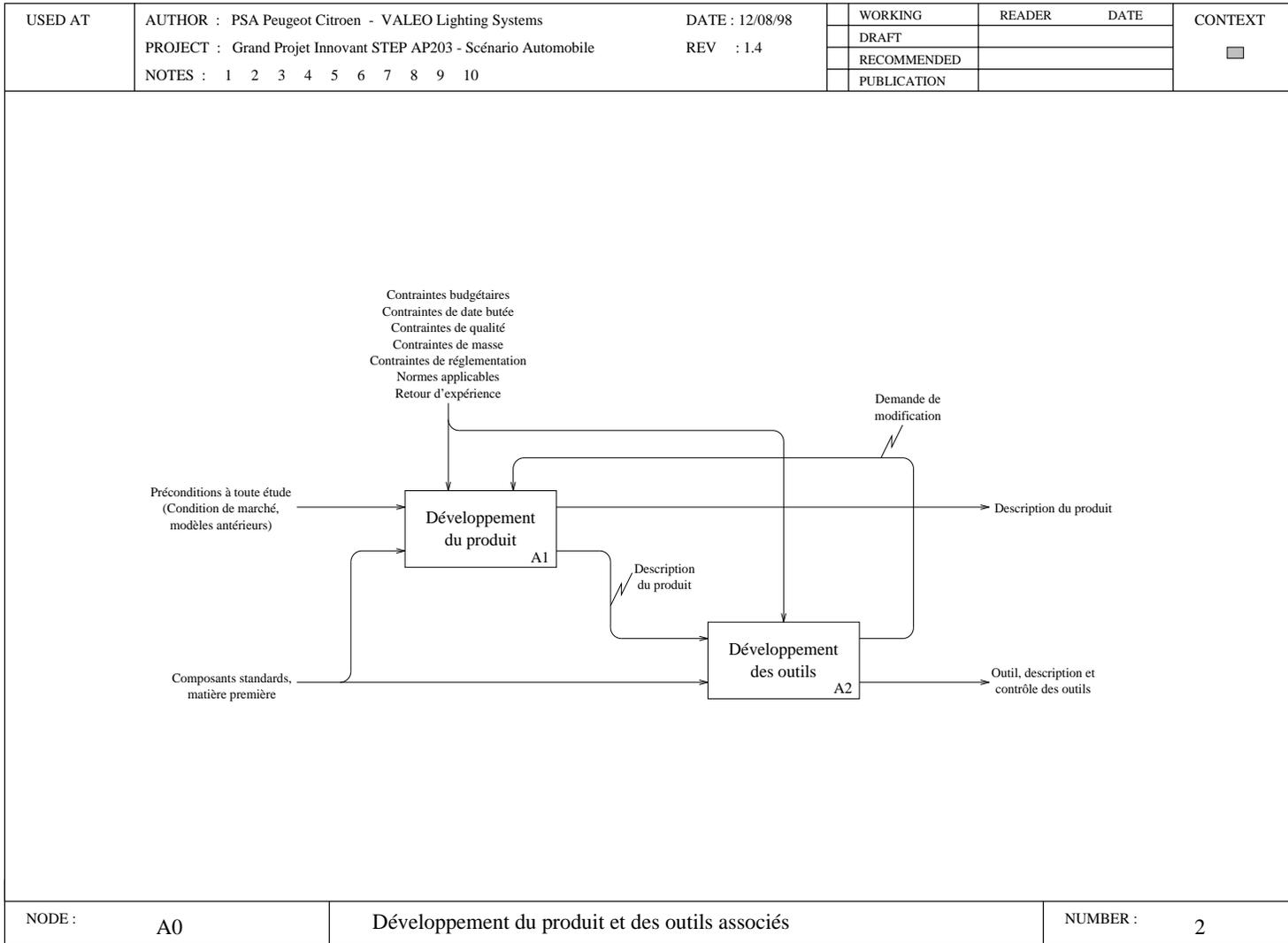


Figure B.2 - Modèle AAM : Diagramme A0

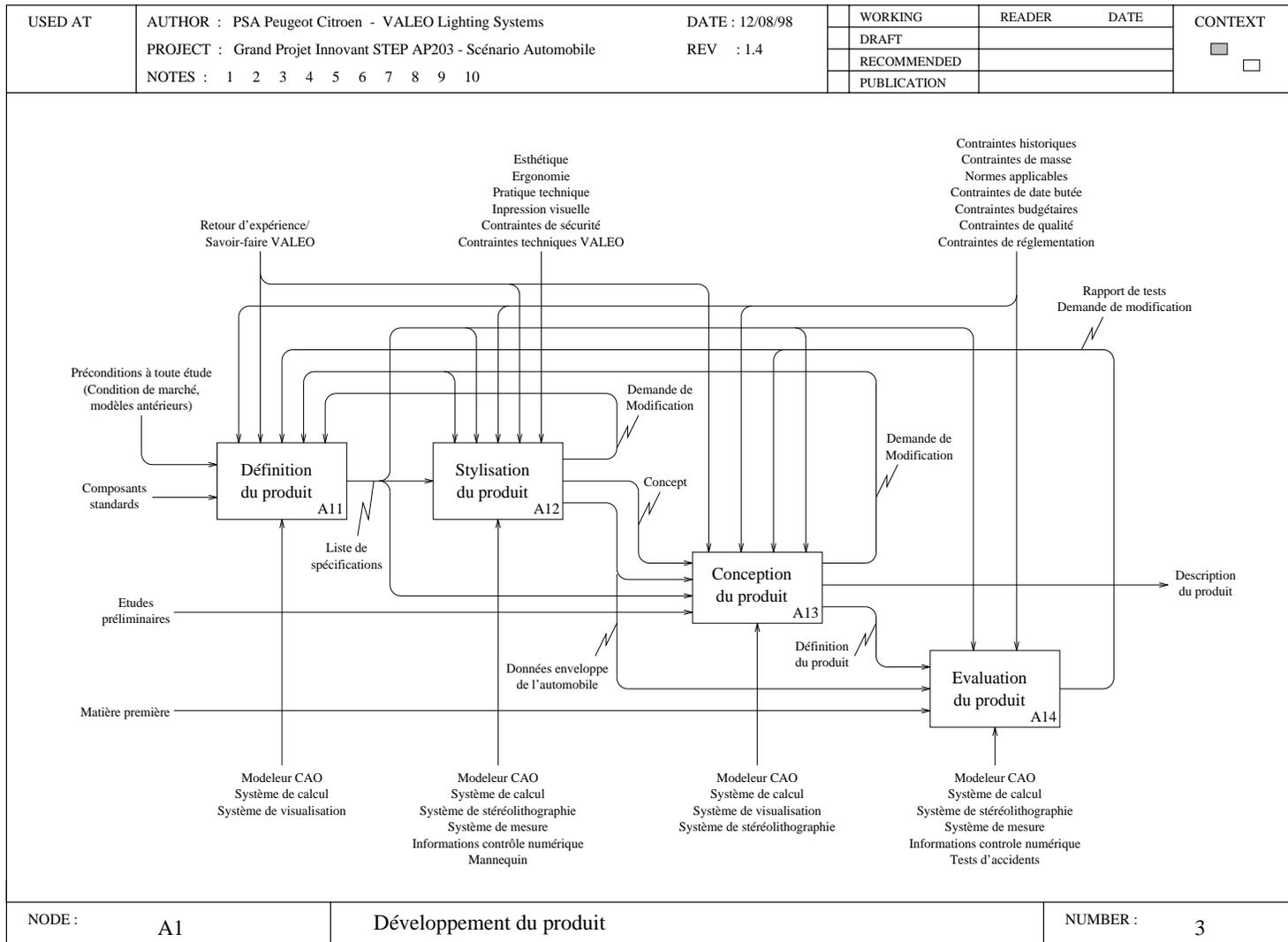
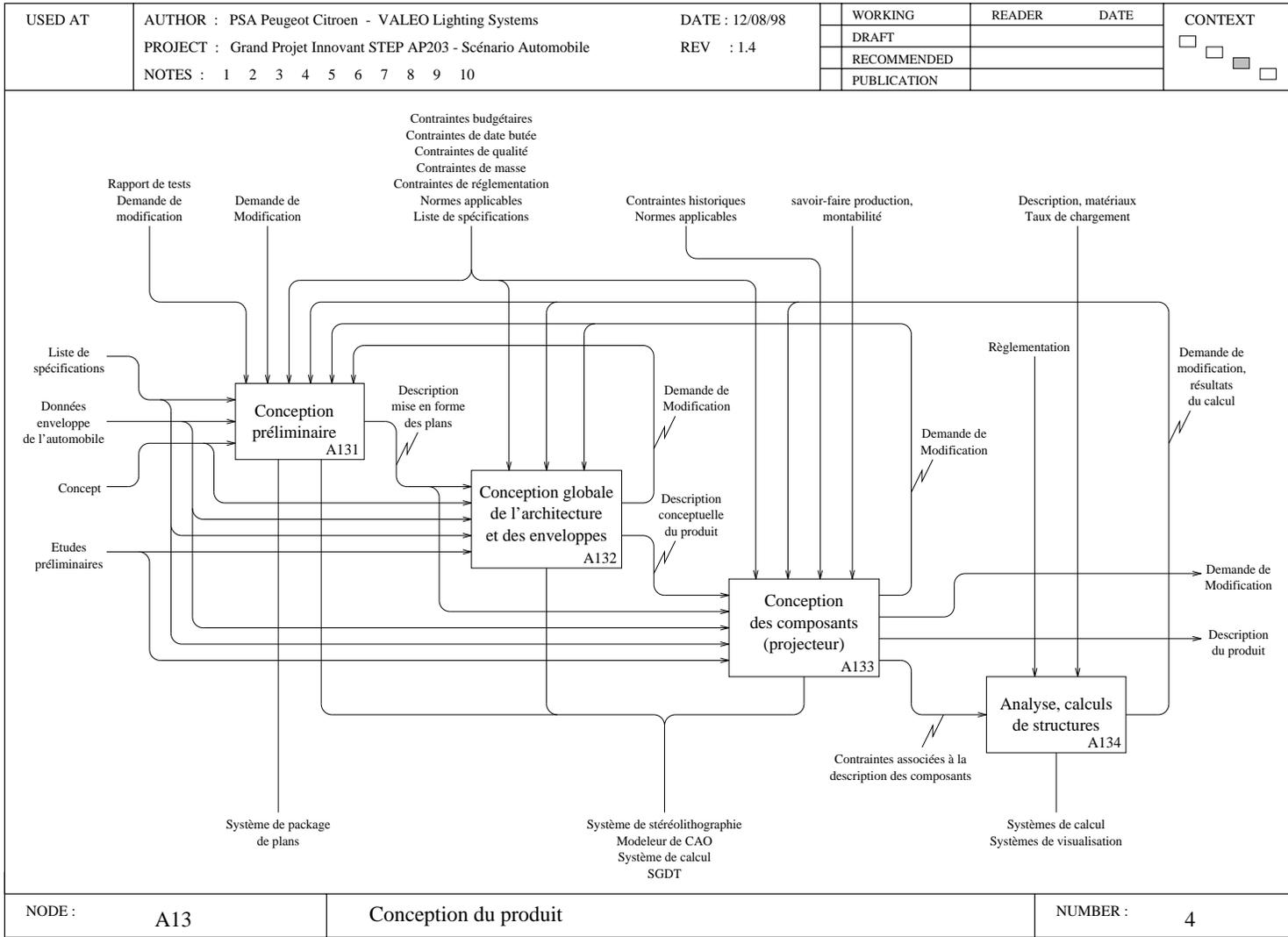
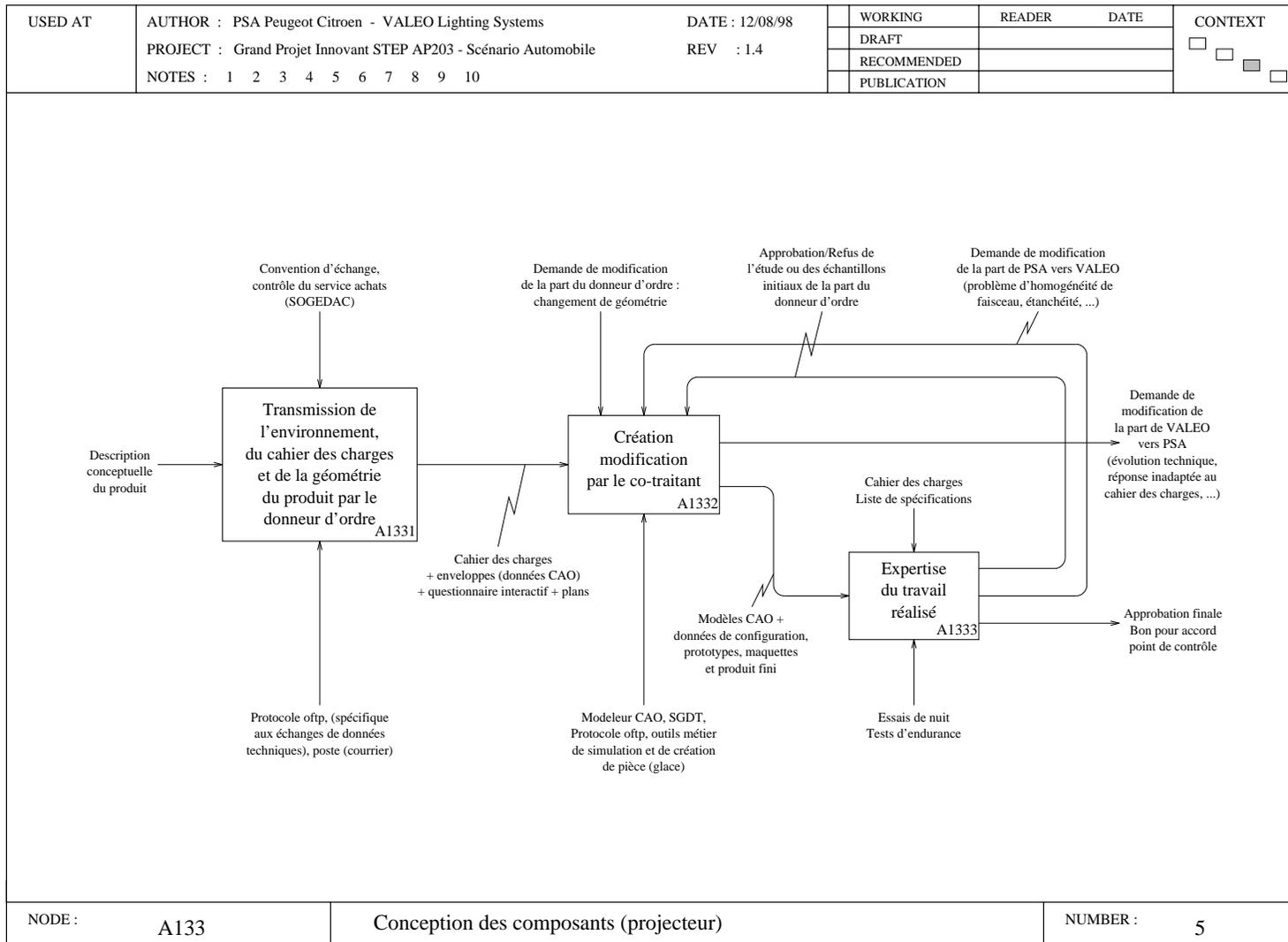


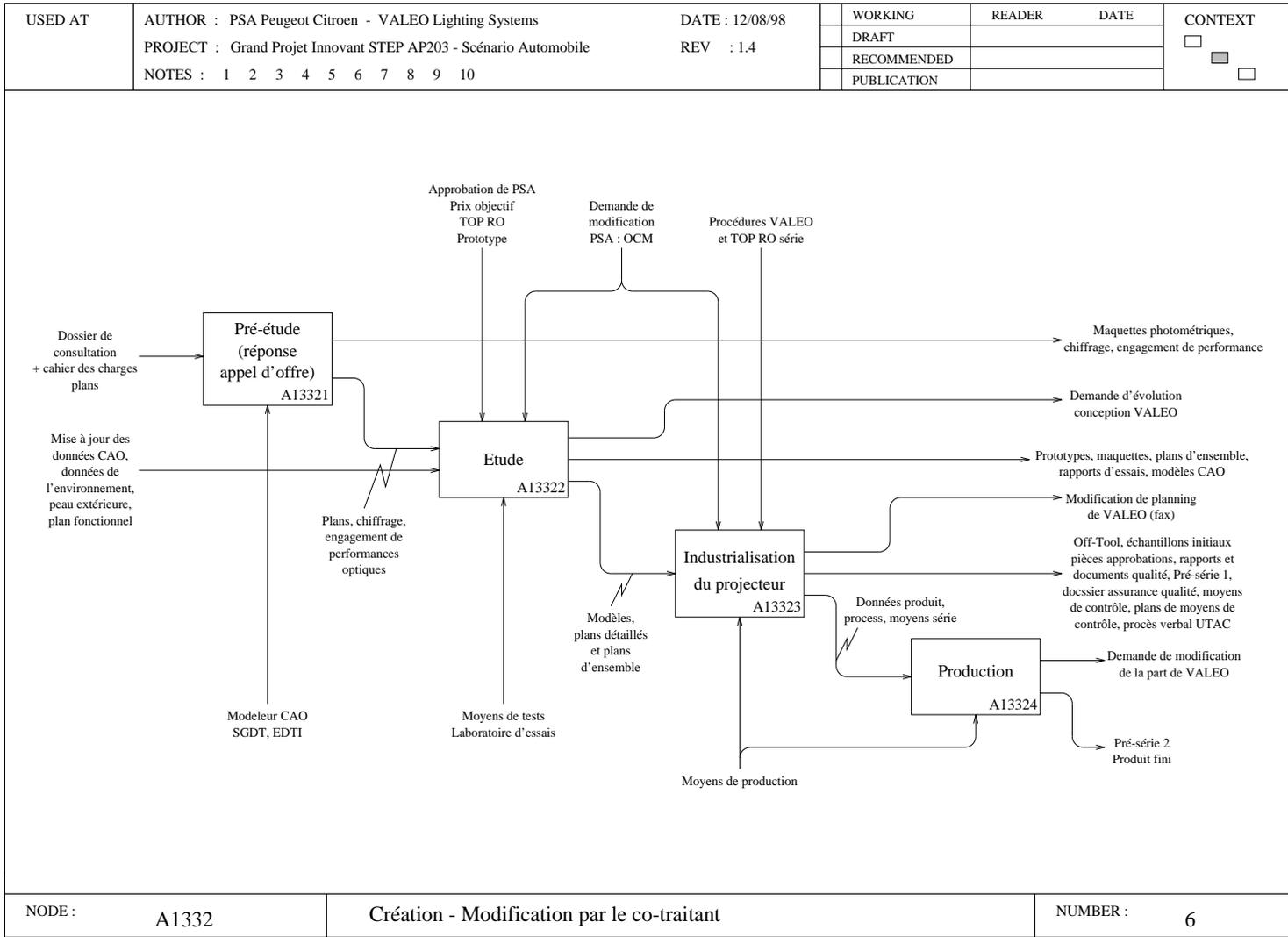
Figure B.3 - Modèle AAM : Diagramme A1





NODE :	A133	Conception des composants (projecteur)	NUMBER :	5
--------	------	--	----------	---

Figure B.5 - Modèle AAM : Diagramme A133



NODE :	A1332	Création - Modification par le co-traitant	NUMBER :	6
--------	-------	--	----------	---

Figure B.6 - Modèle AAM : Diagramme A1332

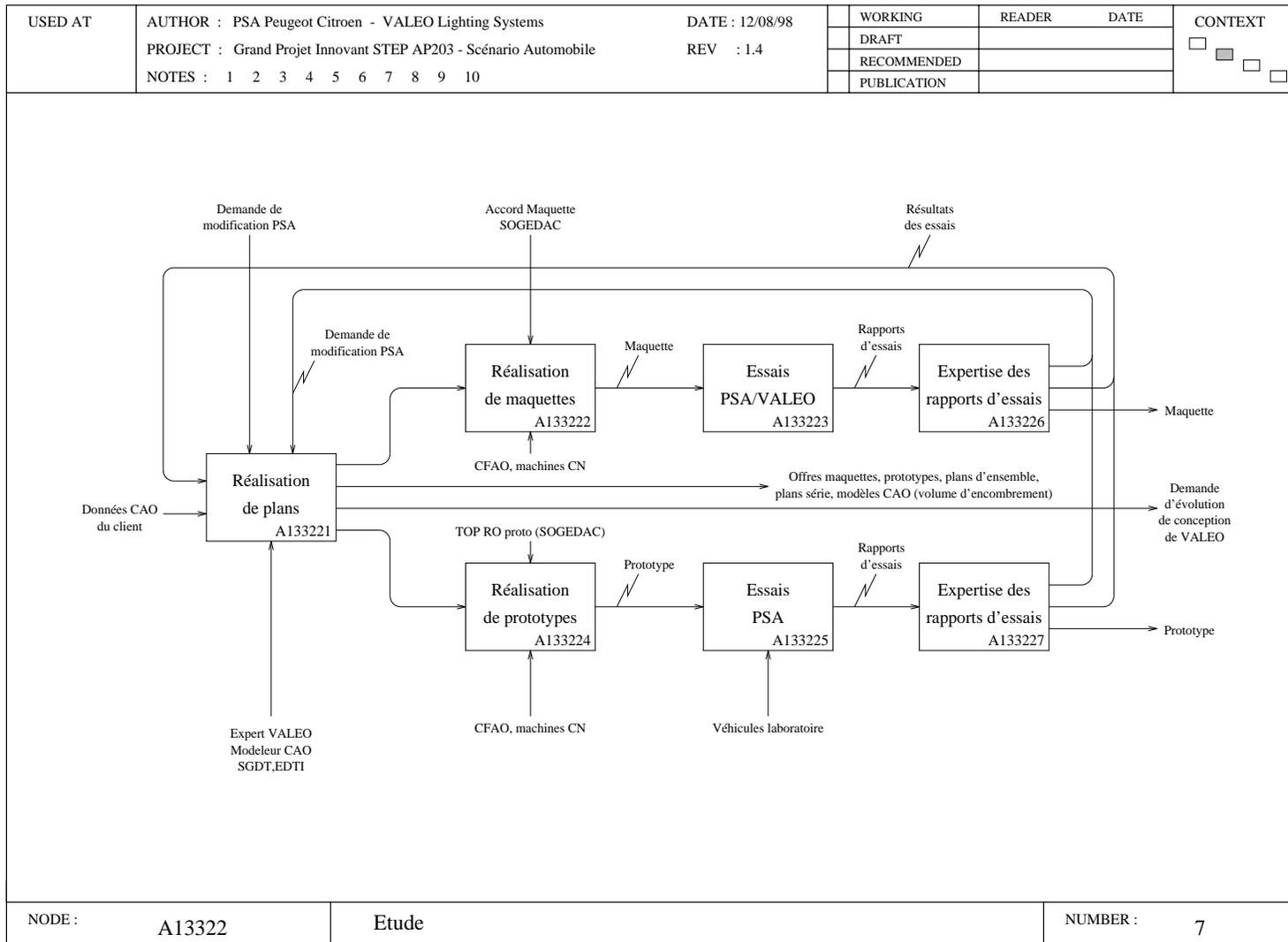


Figure B.7 - Modèle AAM : Diagramme A13322

Annexe C

Scénario automobile : Modèle utilisateur

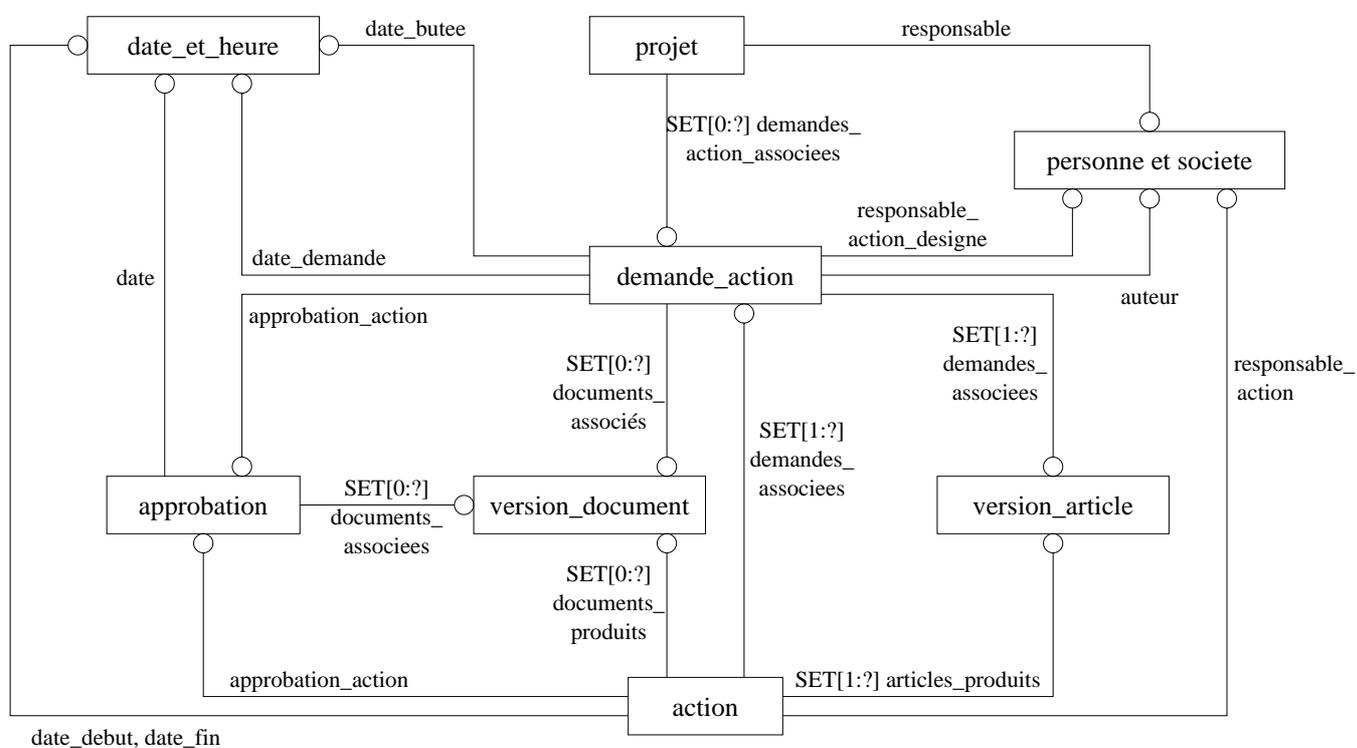


Figure C.1 - *Modèle Utilisateur : UoF Actions et Approbations*

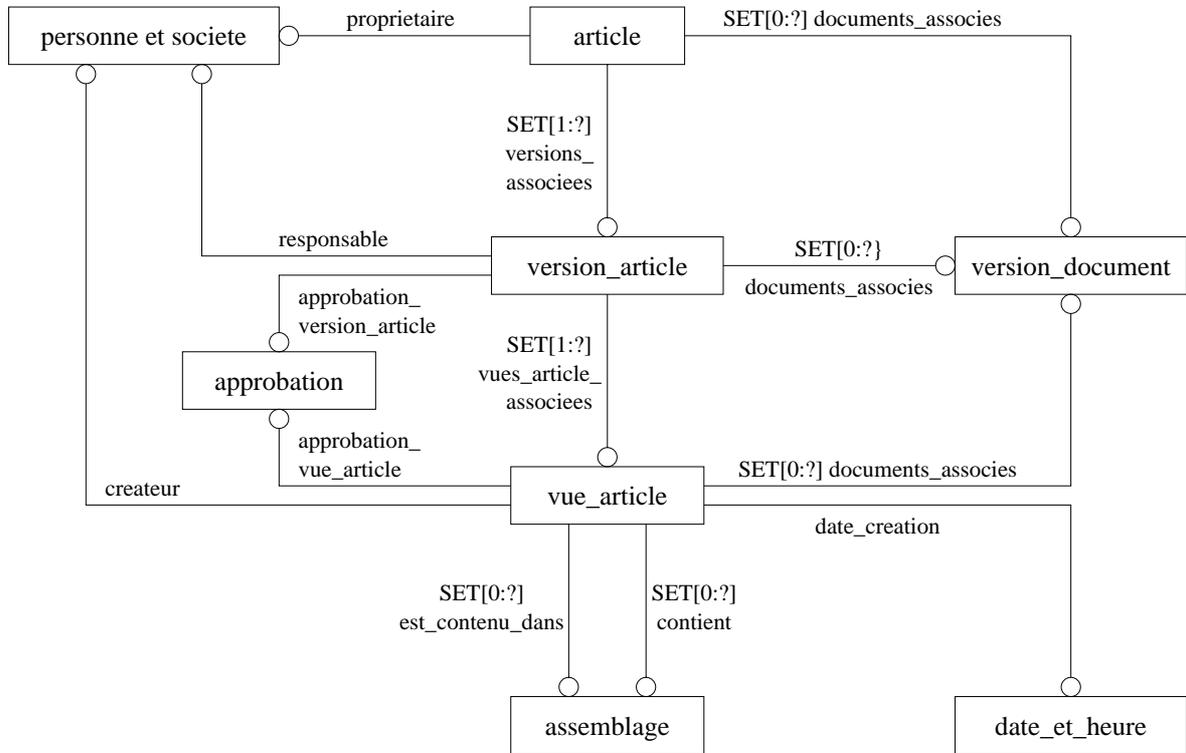


Figure C.2 - *Modèle Utilisateur : UoF Articles*

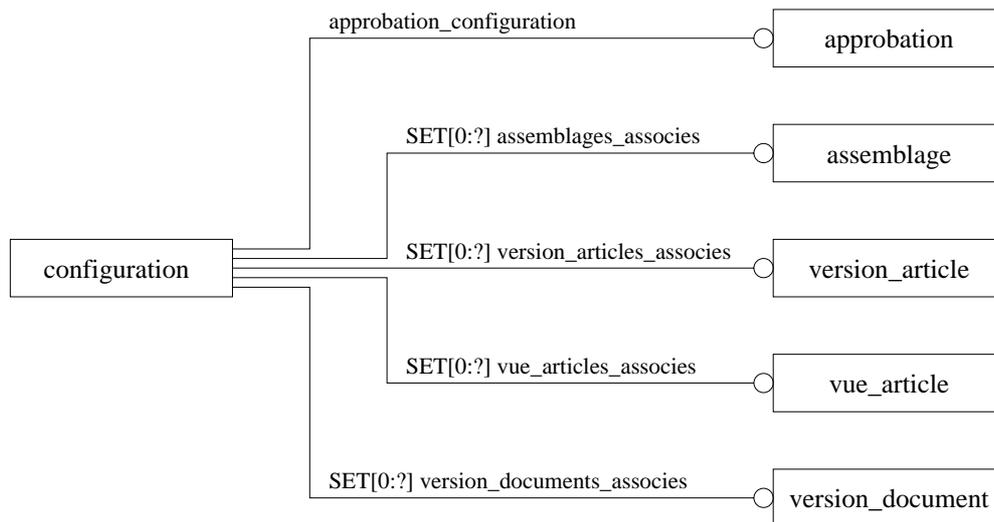


Figure C.3 - *Modèle Utilisateur : UoF Configuration*

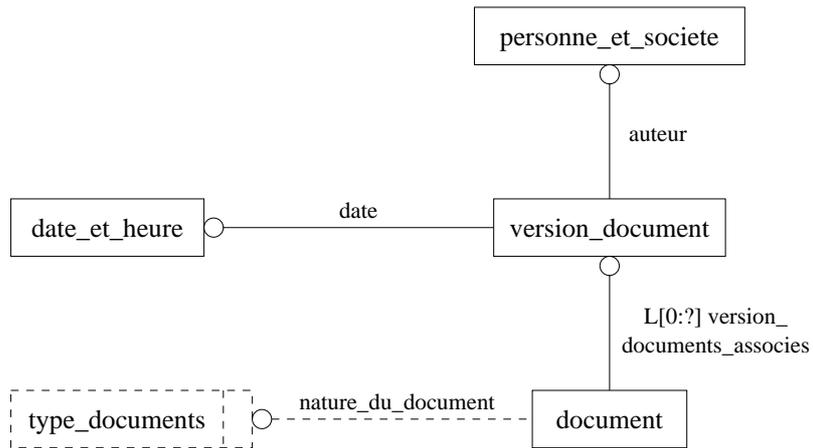


Figure C.4 - *Modèle Utilisateur : UoF Documents*

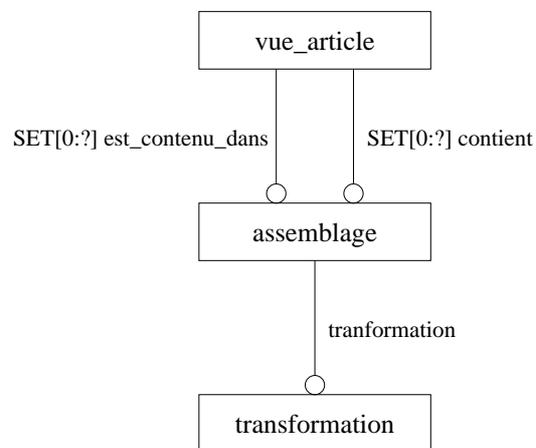


Figure C.5 - *Modèle Utilisateur : UoF Assemblage*

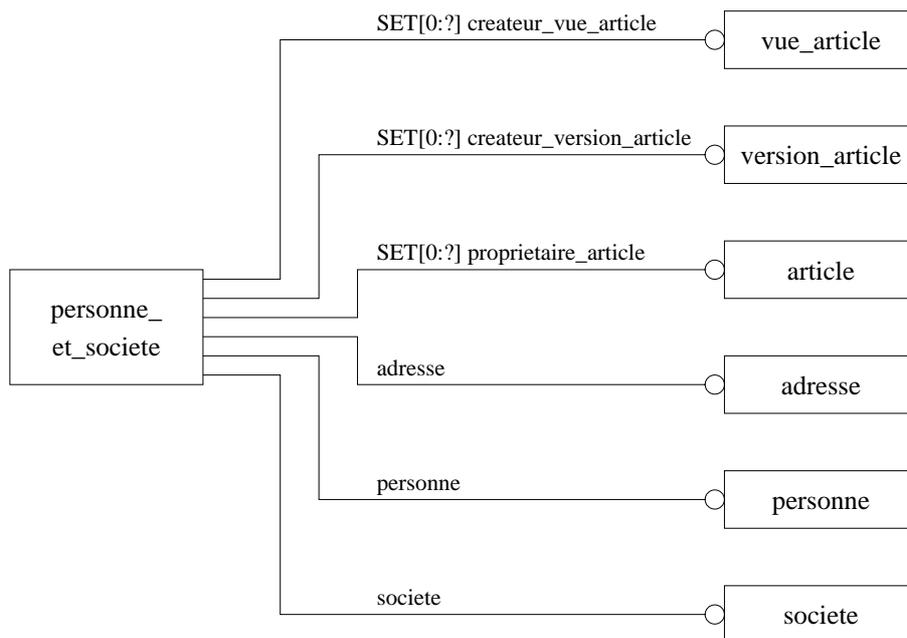


Figure C.6 - *Modèle Utilisateur : UoF Personnes et Sociétés*

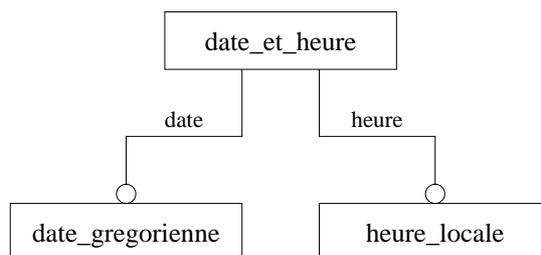


Figure C.7 - *Modèle Utilisateur : UoF Calendrier*

SCHEMA ARM_Scenario_Automobile;

TYPE type_documents = ENUMERATION OF (
 PLAN,
 MODELE_3D,
 DOCUMENT_TEXTE);
END_TYPE;

ENTITY action;
 identificateur_constructeur : OPTIONAL STRING;
 description : STRING;
 articles_produits : LIST of version_article;
 demandes_associees : SET[1:?] OF demande_action;
 approbation_action : approbation;
 date_debut : date_et_heure;
 date_fin : date_et_heure;
 responsable : personne_et_societe;
 documents_produits : LIST OF version_document;
END_ENTITY;

ENTITY adresse;
 numero : STRING;
 rue : STRING;
 boite_postale : STRING;
 ville : STRING;
 code_postal : STRING;
 pays : STRING;
 numero_telephone : STRING;
 numero_fax : STRING;
 adresse_e_mail : STRING;
END_ENTITY

ENTITY approbation;
 date : date_et_heure;
 acceptation : STRING;
 commentaire : STRING;
 responsables : LIST OF personne_et_societe;
 documents_associes : LIST OF version_document;
END_ENTITY;

ENTITY article;
 identificateur_constructeur : OPTIONAL STRING;

```
    designation_article      : STRING;
    description               : STRING;
    versions_associees       : SET[1:?] OF version_article;
    documents_associes        : LIST OF version_document;
END_ENTITY
```

```
ENTITY assemblage;
    description      : STRING;
    transformation   : transformation;
END_ENTITY;
```

```
ENTITY configuration;
    identificateur   : STRING;
    description       : STRING;
    phase_article     : STRING;
    approbation_configuration : approbation;
    version_articles_associees : SET[0:?] OF version_article;
    vues_articles_associees : SET[0:?] OF vue_article;
    version_documents_associees : SET[0:?] OF version_document;
    assemblages_associes : SET[0:?] OF assemblage;
END_ENTITY;
```

```
ENTITY date_et_heure;
    date      : date_gregorienne;
    heure     : heure_locale;
END_ENTITY;
```

```
ENTITY date_gregorienne;
    jour      : INTEGER;
    mois      : INTEGER;
    annee     : INTEGER;
END_ENTITY;
```

```
ENTITY demande_action;
    identification_constructeur : OPTIONAL STRING;
    description                  : STRING;
    raison                       : STRING;
    date_demande                 : date_et_heure;
    etat                        : STRING;
    responsable_action_designe   : personne_et_societe;
    approbation_action           : approbation;
    articles_associes            : SET[1:?] OF version_article;
```

```
date_butee           : date_et_heure;
auteur               : personne_et_societe;
documents_associes  : SET[0:?] OF version_document;
END_ENTITY;
```

```
ENTITY document;
  identificateur_constructeur : OPTIONAL STRING;
  nom                         : STRING;
  description                  : STRING;
  nature_du_document         : type_documents;
  versions_document_associees : SET[0:?] OF version_document;
END_ENTITY;
```

```
ENTITY heure_locale;
  heure   : INTEGER;
  minute  : INTEGER;
  seconde : REAL;
END_ENTITY;
```

```
ENTITY personne;
  identificateur : STRING;
  nom            : STRING;
  prenom        : STRING;
  fonction      : STRING;
END_ENTITY;
```

```
ENTITY personne_et_societe;
  identificateur : STRING;
  adresse        : adresse;
  personne       : personne;
  societe        : societe;
  proprietaire_article : SET[0:?] OF article;
  createur_version_article : SET[0:?] OF version_article;
  createur_vue_article   : SET[0:?] OF vue_article;
END_ENTITY;
```

```
ENTITY projet;
  identificateur : STRING;
  description    : STRING;
  responsable    : personne_et_societe;
  demandes_actions_associees : SET OF demande_action;
  projets_associes : SET OF projet;
```

```
END_ENTITY;

ENTITY societe;
  identificateur : STRING;
  nom            : STRING;
  description    : STRING;
END_ENTITY;

ENTITY transformation;
  origine : ARRAY[1:3] OF REAL;
  axe_x   : OPTIONAL ARRAY[1:3] OF REAL;
  axe_z   : OPTIONAL ARRAY[1:3] OF REAL;
END_ENTITY;

ENTITY version_article;
  identificateur_constructeur : OPTIONAL STRING;
  description_version        : STRING;
  responsable                : personne_et_societe;
  documents_associes         : SET OF version_document;
  vues_articles_associees   : SET[1:?] OF vue_article;
  approbation_version_article : approbation;
END_ENTITY;

ENTITY version_document;
  indice_constructeur : OPTIONAL STRING;
  auteur              : personne_et_societe;
  date                : date_et_heure;
  description_version : STRING;
END_ENTITY;

ENTITY vue_article;
  identificateur_constructeur : STRING;
  description                  : STRING;
  documents_associes          : LIST OF version_document;
  date_creation               : date_et_heure;
  approbation_vue_article     : approbation;
  contient                    : SET OF assemblage;
  est_contenu_dans            : SET OF assemblage;
  description_repere          : STRING;
END_ENTITY;

END_SCHEMA;
```

Annexe D

Scénario automobile: Table de correspondance

Figure D.1 - Mapping Table de l'UoF Action (1/2)

ARM Scenario_automobile	ARM AP203	AIM AP203	SOURCE	REFERENCE PATH	Remarques et Limitations
projet					Limitation : pas de notion de projet. Il apparait dans l'identificateur de la demande d'action.
identificateur					
description					
responsable					
demande_actions_associees					
projets_associes					
demande_action	work_request	versioned_action_request	Partie 41		
identification_constructeur	work_request.id	versioned_action_request.id	Partie 41		
description	work_request.int_id	versioned_action_request.description	Partie 41		
raison	work_request.reason	versioned_action_request.purpose	Partie 41		
date_demande	work_request.request_date	date_and_time	Partie 41	Voir AP203	
etat	work_request.status	action_request_status	Partie 41	Voir AP203	
responsable_action_designe	work_request to person_organization	PATH		Voir AP203	
approbation_action	work_request to approval	PATH		Voir AP203	
articles_associes	work_request to part_version	PATH		Voir AP203	
date_butee		start_date			Limitation : pas de notion
auteur	work_request to person_organization				
documents_associes					Limitation : pas de notion

ARM Scenario_automobile	ARM AP203	AIM AP203	SOURCE	REFERENCE PATH	Remarques et Limitations
action	work_order	directed_action			
identification_constructeur	work_order.id	action_directive.name	Partie 41	Voir AP203	
description	additional_data		Partie 41	Voir AP203	
articles_produits	work_order to part_version	PATH		Voir AP203	
demandes_associees	work_order to work_request	action_directive.request[i]	Partie 41	Voir AP203	
approbation_action	work_order to approval	PATH		Voir AP203	
date_debut		start_date			Limitation : pas de notion
date_fin					Limitation : pas de notion
responsable					Limitation : pas de notion
documents_produits					Limitation : pas de notion
approbation	approval	cc_design_approval	Partie 203	Voir AP203	
date	approval.date	date_and_time	Partie 41	Voir AP203	
acceptation	approval.status	approval_status	Partie 41	Voir AP203	
commentaire	approval.purpose	approval.level	Partie 41	Voir AP203	
responsables	approval to person_organization	PATH		Voir AP203	
documents_associes					Limitation : pas de notion

Figure D.2 - Mapping Table de l'UoF Action (2/2)

Figure D.3 - Mapping Table de l'UoF Article (1/2)

ARM Scenario_automobile	ARM AP203	AIM AP203	SOURCE	REFERENCE PATH	Remarques et Limitations
article	part	product	Partie 41		Limitation: On fixe les attributs part_classification, part_type, standard_part_indicator de l'entité part (non utilisés).
identificateur_constructeur	part.part_number	product.id	Partie 41	Voir AP203	
designation_article	part.part_nomenclature	product.name	Partie 41		
description		product.description	Partie 41		Pas accessible directement par l'AP203 mais par la part 41
versions_associees	part to part_version	product_definition_formation. of_product	Partie 41	Voir AP203	
documents_associes					
version_article	part_version	product_deifinition_formation_ with_specified_source	Partie 41		Limitation: On fixe les attributs contract_number, make_or_buy_code, release_status et security_code.
identification_constructeur	revision_letter	product_definition_formation.id	Partie 41	Voir AP203	
description_version		product_definition_formation. description	Partie 41	product_definition_formation_with_specified_source <= product_definition_formation product_definition_formation.description	Pas accessible directement par l'AP203 mais par la part 41
documents_associes					Limitation : pas de notion
responsable					
vues_articles_associees	part_version to design_discipline_product_definition	product_definition.formation	Partie 41	Voir AP203	
approbation_version_article	part_version to approval	PATH		Voir AP203	

ARM Scenario_automobile	ARM AP203	AIM AP203	SOURCE	REFERENCE PATH	Remarques et Limitations
action	work_order	directed_action			
identification_constructeur	work_order.id	action_directive.name	Partie 41	Voir AP203	
description	additional_data		Partie 41	Voir AP203	
articles_produits	work_order to part_version	PATH		Voir AP203	
demandes_associees	work_order to work_request	action_directive.request[i]	Partie 41	Voir AP203	
approbation_action	work_order to approval	PATH		Voir AP203	
date_debut		start_date			Limitation : pas de notion
date_fin					Limitation : pas de notion
responsable					Limitation : pas de notion
documents_produits					Limitation : pas de notion
approbation	approval	cc_design_approval	Partie 203	Voir AP203	
date	approval.date	date_and_time	Partie 41	Voir AP203	
acceptation	approval.status	approval_status	Partie 41	Voir AP203	
commentaire	approval.purpose	approval.level	Partie 41	Voir AP203	
responsables	approval to person_organization	PATH		Voir AP203	
documents_associes					Limitation : pas de notion

Figure D.4 - Mapping Table de l'UoF Article (2/2)

Figure D.5 - Mapping Table de l'UoF Configuration

ARM Scenario_automobile	ARM AP203	AIM AP203	SOURCE	REFERENCE PATH	Remarques et Limitations
configuration	product_configuration	configuration_item	Partie 44		Limitation : le product_configuration to planned_effectivity n'a pas été mis dans Scenario_Automobile; L'attribut phase_of_product de product_configuration n'a pas été considéré
identificateur	product_configuration.item_id	configuration_item.identification	Partie 44		
description		configuration_item.description	Partie 44		
phase_article	product_configuration.phase_of_product	configuration_item.purpose	Partie 44		Limitation: Pas la même notion dans l'AP203
approbation_configuration	product_configuration to approval	PATH		Voir AP203	
version_articles_associes	Cf remarque	Cf remarque			Remarque: Erreur dans l'AP203 Il devrait y avoir un lien
vue_articles_associes					Limitation: Pas la même notion dans l'AP203
version_documents_associes					Limitation: Pas la même notion dans l'AP203
assemblages_associes	product_configuration to planned_effectivity planned_effectivity <- engineering_assembly to planned_effectivity			Voir AP203	

ARM Scenario_automobile	ARM AP203	AIM AP203	SOURCE	REFERENCE PATH	Remarques et Limitations
document	additional_design_information ou design_discipline_product_definition.cad_filename	Voir AP203	Partie 41		Limitation : Notion liée a un design_discipline_product_definition; elle regroupe des spécifications ou des fichiers CAO. On ne peut référencer qu'un identificateur
identificateur_constructeur	additional_design_information.specification.specification_code ou design_discipline_product_definition.cad_filename	Voir AP203	Partie 41		
nom					
description					
nature_du_document					
versions_document_associees					
version_document					Limitation : pas de Version de Document
indice_constructeur					
auteur					
date					
description_version					

Figure D.6 - Mapping Table de l'UoF Document

ARM Scenario_automobile	ARM AP203	AIM AP203	SOURCE	REFERENCE PATH	Remarques et Limitations
assemblage	engineering_next_higher_assembly	next_assembly_usage_occurence	Partie 44		Limitation : as_required, component_quantity et unit_of_mesure n'ont pas été utilisé dans Scenario_Automobile. Ils sont considérés comme fixes.
description	engineering_next_higher_assembly.reference_designator		Partie 44		
transformation	engineering_next_higher_assembly to component_assembly_position	component_assembly_position	Partie 44		
transformation	component_assembly_position.transformation	cartesian_transformation_operator	Partie 42		
origin		cartesian_transformation_operator.local_origin	Partie 42		
axe_x		cartesian_transformation_operator.axis_1	Partie 42		
axe_z		cartesian_transformation_operator.axis_2	Partie 42		

Figure D.7 - Mapping Table de l'UoF Assemblage

ARM Scenario_automobile	ARM AP203	AIM AP203	SOURCE	REFERENCE PATH	Remarques et Limitations
personne		person	Partie 41		Les attributs middle_name, prefix_titles et suffix_titles de l'entité person ne sont pas considérés dans Scenario_Automobile mais ils sont considérés comme optionnels dans la part 41.
identificateur		person.id	Partie 41		
nom		person.last_name	Partie 41		Attribut optionnel dans Part 41
prenom		person.first_name	Partie 41		Attribut optionnel dans Part 41
fonction		person.suffix_titles	Partie 41		
adresse		address	Partie 41		Les attributs region, telex_number et internal_location de l'entité address ne sont pas considérés dans Scenario_Automobile mais ils sont optionnels dans la part 41.
numero		address.street_number	Partie 41		Attribut optionnel dans Part 41
rue		address.street	Partie 41		Attribut optionnel dans Part 41
boite_postale		address.postal_box	Partie 41		Attribut optionnel dans Part 41
ville		address.town	Partie 41		Attribut optionnel dans Part 41
code_postal		address.postal_code	Partie 41		Attribut optionnel dans Part 41
pays		address.country	Partie 41		Attribut optionnel dans Part 41
numero_telephone		address.telephone_number	Partie 41		Attribut optionnel dans Part 41
numero_fax		address.facsimile_number	Partie 41		Attribut optionnel dans Part 41
adresse_e_mail		address.electronic_mail_address	Partie 41		Attribut optionnel dans Part 41

Figure D.8 - Mapping Table de l'UoF Personne (1/2)

ARM Scenario_automobile	ARM AP203	AIM AP203	SOURCE	REFERENCE PATH	Remarques et Limitations
societe		organization	Partie 41		
identificateur		organization.id	Partie 41		Attribut optionnel dans Part 41
nom		organization.name	Partie 41		
description		organization.description	Partie 41		
personne_et_societe	person_organization		Partie 203	Voir AP203	
identificateur	person_organization.person_organization_id	(person_id) (organization_id)	Partie 41	Voir AP203	
adresse	person_organization.address	address	Partie 41	Voir AP203	
personne	person_organization.person	person	Partie 41	Voir AP203	
societe	person_organization.organization	organization	Partie 41	Voir AP203	
proprietaire_article	person_organization to part	PATH		Voir AP203	
createur_version_article	person_organization to part_version	PATH		Voir AP203	
createur_vue_article	person_organization to design_discipline_product_definition	PATH		Voir AP203	

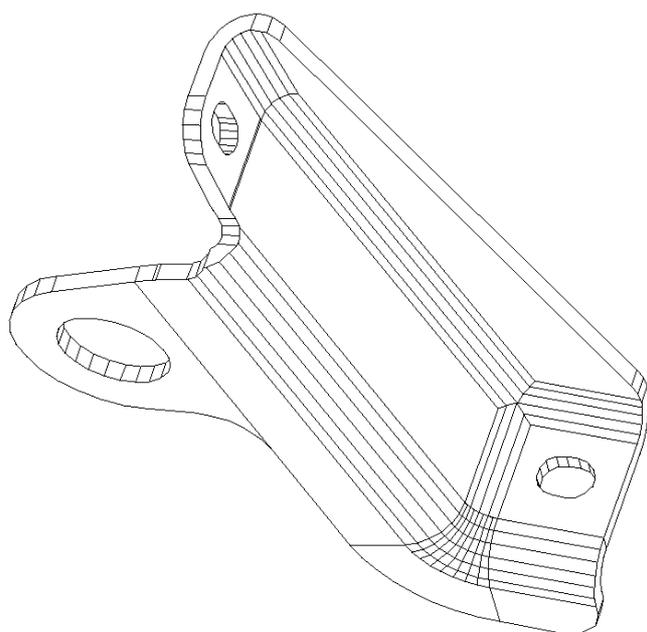
Figure D.9 - Mapping Table de l'UoF Personne (2/2)

ARM Scenario_automobile	ARM AP203	AIM AP203	SOURCE	REFERENCE PATH	Remarques et Limitations
date_et_heure		date_and_time	Partie 41		
date		date_and_time.date_component	Partie 41		Cet attribut doit être obligatoirement de type calendar_type
heure		date_and_time.time_component	Partie 41		
date_gregorienne		calendar_date	Partie 41		
jour		calendar_date.day_component	Partie 41		
mois		calendar_date.month_component	Partie 41		
annee		date.year_component	Partie 41	calendar_date <= date date.year_component	
heure_locale		local_time	Partie 41		Les champs de l'attribut zone de l'entité local_time sont fixes
heure		local_time.hour_component	Partie 41		La valeur de l'heure se situe dans l'intervalle 0-23
minute		local_time.minute_component	Partie 41		La valeur de la minute se situe dans l'intervalle 0-59
seconde		local_time.second_component	Partie 41		La valeur de la seconde se situe dans l'intervalle 0-59

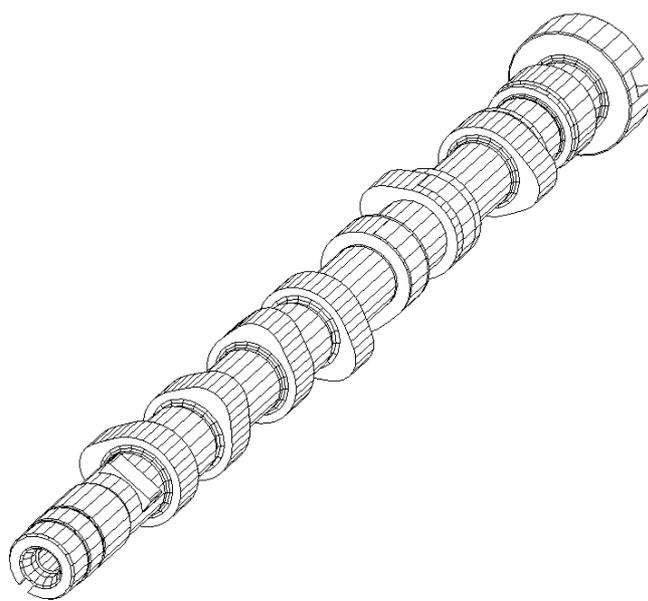
Figure D.10 - Mapping Table de l'UoF Calendrier

Annexe E

GPI-STEP AP203 : Echanges de modèles géométriques

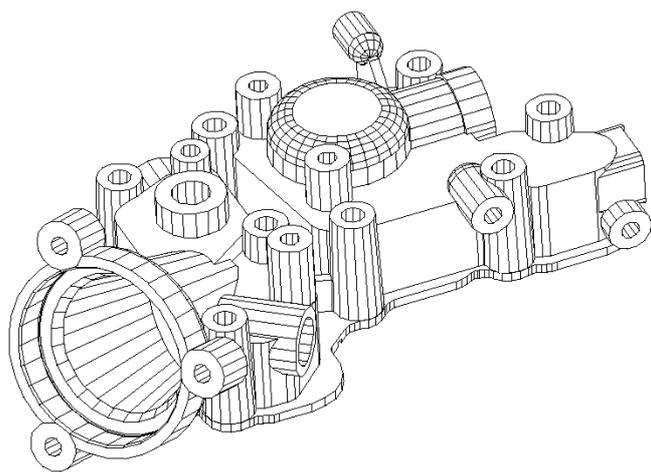


(a) Support

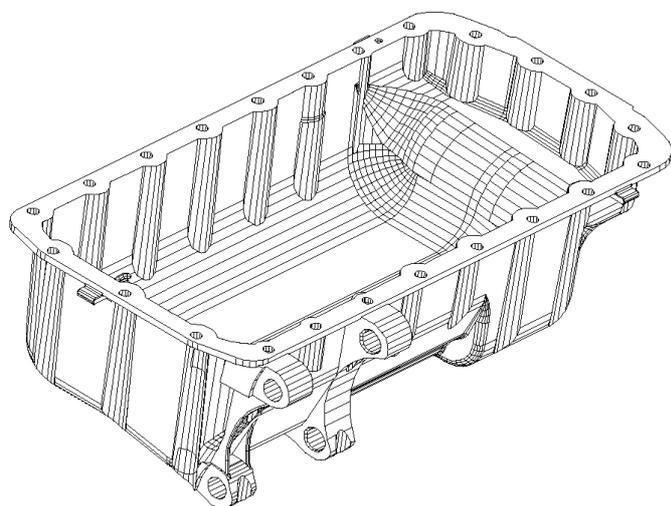


(b) Arbre à cames

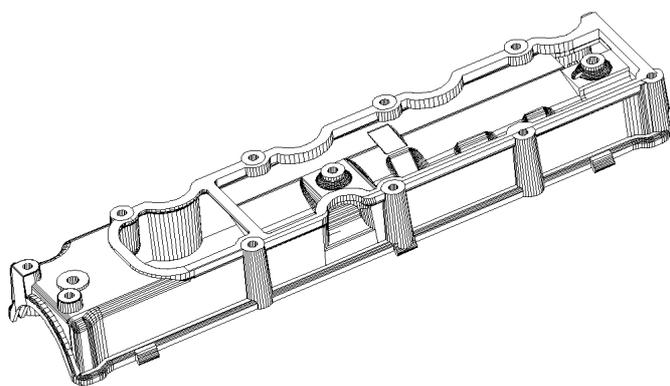
Figure E.1 - *Modèles solides convertis au format STEP AP203 (1/3)*



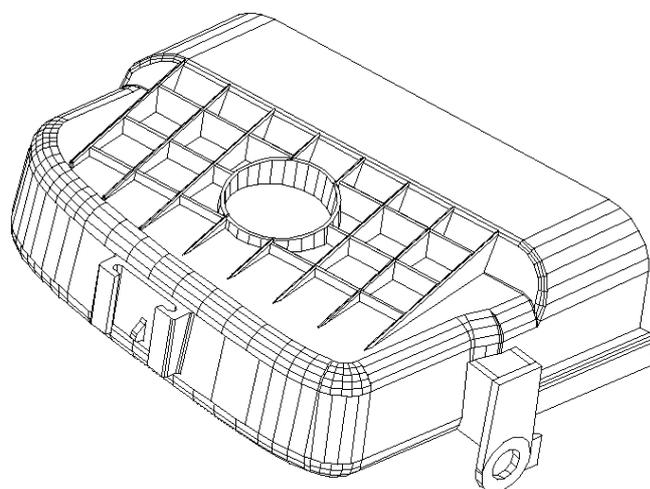
(a) Boitier de sortie d'eau



(b) Carter à huile

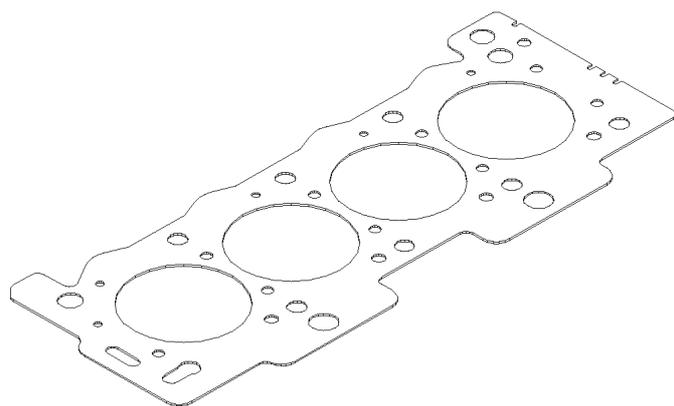


(c) Couvercle de culasse

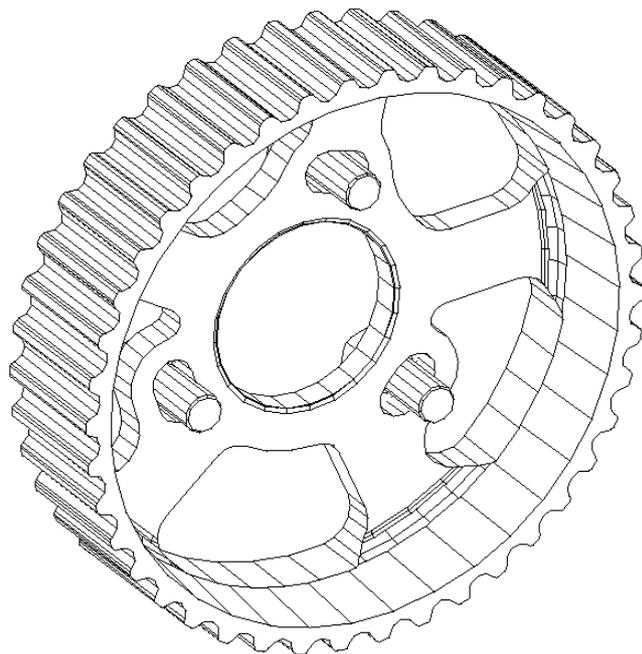


(d) Ecran thermique

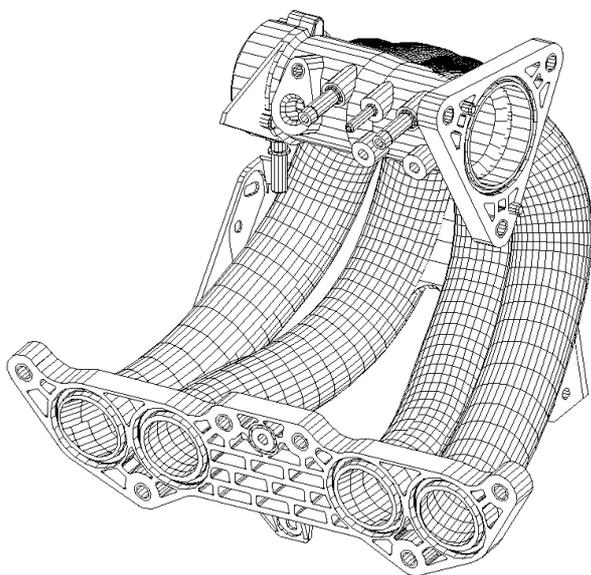
Figure E.2 - Modèles solides convertis au format STEP AP203 (2/3)



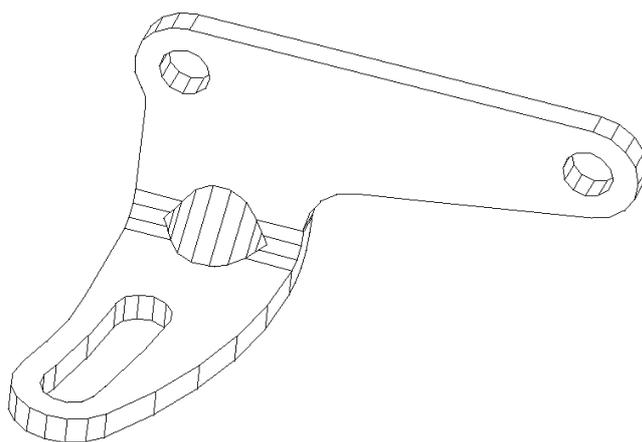
(a) Joint de culasse



(b) Pignon

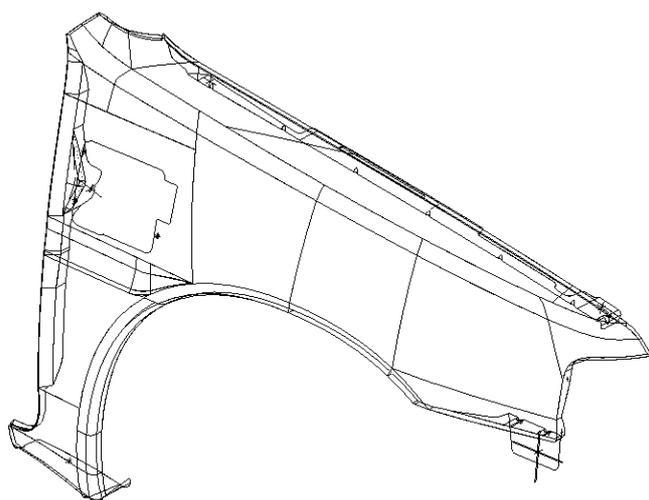


(c) Répartiteur d'admission

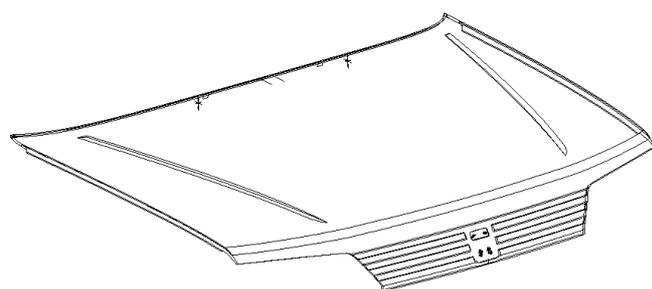


(d) Support

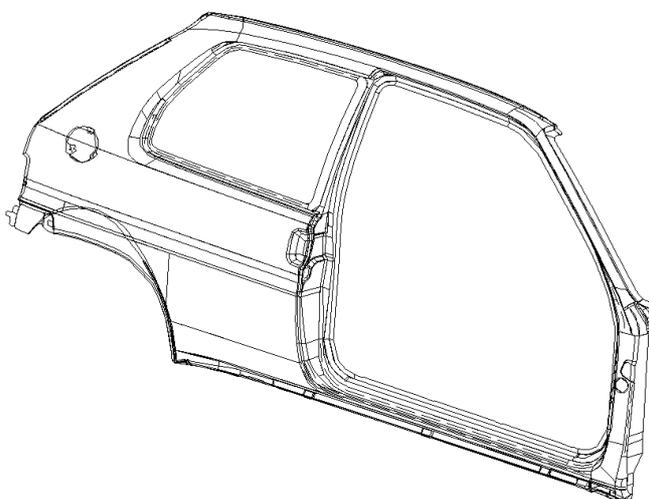
Figure E.3 - Modèles solides convertis au format STEP AP203 (3/3)



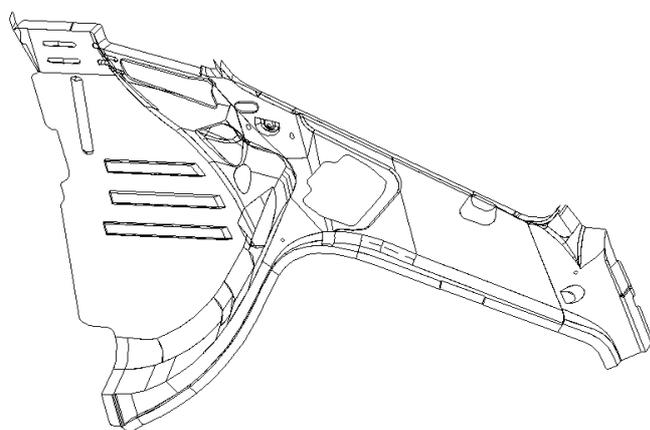
(a) Aile avant



(b) Capot



(c) Côté d'habitacle



(d) Doublure de côté d'habitacle

Figure E.4 - Modèles surfaciques convertis au format STEP AP203

Résumé

Dans un contexte de forte concurrence, l'industrie automobile doit réduire ses coûts et délais de conception et réalisation de produits. Pour ce faire, des coopérations avec des partenaires extérieurs et une intégration des métiers et des applications doivent être réalisées. Cela nécessite l'introduction du travail en ingénierie concurrente, en entreprise étendue, le développement de la maquette numérique et des systèmes de gestion de données techniques, pour lesquels l'étude d'un modèle de produit fédérateur et intégrateur des données de l'entreprise adéquat est ici menée, la communication entre les systèmes internes, ceux des partenaires et les progiciels devant être assurée.

Ce travail de thèse propose un modèle produit automobile basé sur le protocole d'application 214 (AP214) de la norme internationale STEP. Une méthodologie d'analyse a été développée pour permettre la prise en compte des informations pré-existant dans l'entreprise telles que les processus et données manipulées. Sur la base de ce modèle produit, différentes fonctionnalités d'exploitation des données qui y ont été instanciées ont été développées. Ce sont des fonctionnalités de navigation exploitant les liens établis entre les éléments majeurs du modèle, de renseignement consistant en une extraction des données fournissant des informations complémentaires sur le produit (personnes, services, poids, matériau, documents, ...), et avancées qui exploitent le modèle en profondeur pour par exemple extraire la nomenclature d'un véhicule.

Une première mise en application est présentée au travers de la plateforme MicroSTEP 214 qui est l'implémentation au sein d'un SGBD du modèle produit proposé et des fonctionnalités associées. Un jeu de données industrielles a été utilisé pour la validation du modèle et de ses fonctionnalités. Une seconde mise en application concerne l'application de la méthodologie proposée dans un scénario d'échange en co-conception. Celui-ci a pour objectif de valider les aptitudes du protocole d'application 203 (AP203) de la norme STEP à répondre aux besoins de l'industrie automobile. Une plateforme d'échange opérationnelle a été réalisée sur la base du sous-modèle AP203 retenu pour ces échanges.

Mots-clés : Modèle produit, Automobile, STEP, Echanges de données techniques, Systèmes de Gestion de Données Techniques.

Abstract

In a context of strong competition, the car industry must reduce its costs and times of design and realization of products. With this intention, co-operations with external partners and an integration of the trades and applications must be carried out. That requires the introduction of work in concurrent engineering, in extended enterprise, the development of digital mock-up and of system of technical data management, for which the study of a product model federator and integrator of data of the company adequate must be here carry out, the communication between the internal systems, that of partners and the software package must be ensure.

This work of thesis proposes an automotive product model based on the application protocol 214 (AP214) of STEP international standard. A methodology of analysis was developed to allow the taking into account of pre-existent information in the company such as the processes and data handled. On the basis of this product model, various functionalities of exploitation of data which have been instantiated there have been developed. These are functionalities of navigation exploiting the link bench between the major elements of the model, of information by extraction of data providing complementary information on the product (person, service, weight, material, document...), and advanced which exploit the model in-depth, for instance, in order to extract the bill of materials of a vehicle.

A first application is presented through the MicroSTEP 214 platform which is the implementation within a DBMS of the product model suggested and associated functionalities. An industrial set of data was used for the validation of the model and its functionalities. One second implementation relates to the application of the methodology suggested in a scenario of exchange in co-design. The aim of the later is to validate the potential of the application protocol 203 (AP203) of STEP standard to meet the needs of automotive industry. An operational platform of exchange was carried out on the basis of sub-model AP203 retained for these exchanges.

Keywords : Product model, Automotive, STEP, Exchange of Technical Data, Product Data Management Systems.