

UN EXEMPLE DE NOMENCLATURES MODULAIRES

La structure des données techniques de tôlerie-montage d'une gamme de véhicules automobiles

par Jean-Noël DEGLAIRE

ingénieur en chef du cabinet Arthur Andersen et Cie

La nomenclature est non seulement la description d'un produit mais aussi un outil de planification de la production. Cette approche conduit au concept de nomenclatures "modulaires", chaque "module" étant un ensemble physique, un dispositif optionnel, un lot d'assemblage, etc (1). L'industrie automobile utilise des "modules" originaux que nous appellerons "cas d'emploi" dans cet article. Chaque "cas d'emploi" est un ensemble de pièces ou organes utilisés simultanément dans tous les véhicules ayant en commun certaines caractéristiques de base dont l'énumération définit le cas d'emploi. Par exemple, l'ensemble des pièces rencontrées dans les véhicules "XY" à cinq portes, diesel, avec conduite à droite constitue le "cas d'emploi" "XY, cinq portes, diesel".

Cet article qui fait la synthèse des expériences du Cabinet Arthur Andersen dans la conception et la mise en place de systèmes de gestion de nomenclatures chez divers constructeurs automobiles français et étrangers, définit la notion de cas d'emploi et en décrit certaines utilisations.

L'exemple de l'industrie automobile montre que, par une utilisation judicieuse de la notion de cas d'emploi, il est possible de standardiser même des produits complexes à multiples options.

L'approche décrite ici, peut peut-être nourrir la réflexion des industriels confrontés à une personnalisation accrue de leurs produits finis et tous particulièrement celle des fabricants de biens d'équipement qui poursuivent des efforts de standardisation et de modularisation de leurs produits.

- QUELQUES CARACTERISTIQUES DU MONTAGE AUTOMOBILE ; UNE GRANDE VARIETE DE PRODUITS FINIS JOINTE A UNE GRANDE STANDARDISATION

A l'intérieur d'une même gamme (R5, BX, 305 ...), une grande variété de produits finis est proposée au public qui peut personnaliser son véhicule en choisissant : version de carrosserie (3, 4 ou 5 portes), moteur, type de boîte, pays, couleur extérieure, aménagement intérieur ... etc. Dans le cas des véhicules utilitaires, soixante caractéristiques (dites critères", "variantes", etc) environ doivent être spécifiées pour définir un véhicule sans ambiguïté. A raison d'une moyenne de trois choix par critère 3¹ J9, Trafic, Master ou Transit, différents seraient donc théoriquement fabricables !. En fait, incompatibilités techniques et considérations commerciales limitent les possibilités mais cependant le nombre de combinaisons proposées reste énorme en comparaison des cadences et exclut toute tentative d'énumération exhaustive des véhicules "possibles" avant l'enregistrement de leur lancement.

(1) Voir à ce sujet le livre de MM. Chassang et Tron : "Gestion de production " en cours d'impression chez Dunod.

De façon, en apparence, contradictoire avec cette diversité, l'industrie automobile a de longue date entrepris une double standardisation tendant à :

- limiter le nombre des composants au sens large (pièces, organes et équipements, ensembles intermédiaires de tôlerie),

- limiter à un petit nombre, pour chaque poste de travail, la variété des opérations à effectuer selon le type de véhicule ou d'ensemble, bien qu'un même poste traite un grand nombre d'ensembles ou de véhicules différents (phénomène de chaîne).

Cette standardisation des composants et des postes a été obtenue par l'utilisation commune aux études, aux approvisionnements et en fabrication, des "modules" que sont les "cas d'emploi". Ceux-ci sont d'autant plus naturellement mis en évidence que les études sont réalisées globalement pour toute une ligne de produits, appelée "gamme de véhicules" dans cet article (gamme R9, gamme Golf, gamme BX ...), et non modèle par modèle.

Il pourrait paraître naturel, compte tenu de l'existence de grandes caractéristiques (ou variantes) spécifiant le produit telles que : gamme (R5, CX), version de carrosserie (2, 3 ou 4 portes), moteur (essence ou diesel), etc ..., de considérer chacune d'elle comme un "module". Malheureusement, il s'agit là d'une vue trop simplifiée : la présence d'une pièce dans un véhicule dépend en général de la combinaison de 3 à 4 caractéristiques de base, et non d'une seule. De même, l'opération à faire à un poste de travail où défile une variété de véhicules dépend plus souvent de 3 ou 4 caractéristiques-véhicules que d'une seule : par exemple, l'opération à faire au poste de montage de l'échappement dépend des caractéristiques "version carrosserie" et "longueur véhicule" et motorisation et, non pas seulement de l'un de ces trois critères.

Le reste de cet article expose, de façon bien sûr très schématique, la structure de principe de la documentation qu'utilisent les usines de montage en vue de leurs approvisionnements et de leur suivi de fabrication (ces fonctions allant du plan de production à long et à court terme au suivi des véhicules en passant par le calcul des besoins et l'approvisionnement de chaîne).

Pour alléger, et parce que le sujet a par ailleurs été traité dans un numéro précédent de cette revue (1), la partie "documentation technique des opérations de main d'oeuvre" ne sera pas abordée, non plus que les problèmes spécifiques posés par l'existence de ces ensembles intermédiaires que sont les "units" de tôlerie. Toutefois, comme le lecteur pourra s'en persuader, l'existence de ces ensembles ne remet pas en cause l'architecture générale ; de même la description "en cas d'emploi" détaillée ci-dessous s'applique autant aux opérations qu'aux pièces.

Les exemples illustrant cet article sont fictifs et ne correspondent donc à aucun véhicule réel.

(1) RFGI no 3 vol I - article de MM. Brunstein et Thuaudet.

- DEFINITION DE LA COMPOSITION D'UN VEHICULE

Les véhicules sont étudiés et commercialisés par gamme.

Pour qu'un véhicule soit complètement défini techniquement, il est nécessaire d'énumérer sa gamme et une série de caractéristiques dites variantes, spécifications ou critères (1) correspondant chacune à un choix parmi une série d'options possibles :

- . 3,5 tonnes,
- . long,
- . diesel,
- . boîte BVXXX,
- . fourgon tôle,
- . conduite à gauche,
- . sans porte latérale gauche,
- . Grande-Bretagne,
- . etc.

Lorsque le bureau d'études conçoit une nouvelle gamme de véhicules, il liste de façon exhaustive les variantes qui pourront se rencontrer dans cette gamme. Les variantes sont définies par famille de variantes. Par exemple, les variantes :

- . moteur essence XXX,
- . moteur diesel YYY,

font toutes deux partie de la famille de variantes "moteurs". De même, les variantes :

- . sans 2ème siège,
- . 2ème siège fixe,
- . banquette 3 personnes,
- . etc,

font partie de la famille de variantes "2ème siège".

Le nombre de variantes qu'il faut préciser pour définir techniquement un véhicule est donc égal au nombre des familles de variantes définies par le bureau d'études pour la gamme de ce véhicule (en général, une soixantaine).

Exemple :

Familles de variantes	Véhicule 1 : variantes	Véhicule 2 : variantes	Véhicule 3 : variantes
Version carrosserie	Fourgon tôle	Fourgon + baies	Plate-forme
Empattement	Court	Long	Court
Moteur	Diesel	Diesel	Essence
Direction	Gauche	Gauche	Droite
Destination	France	France	G.B.
Etc.	Etc.	Etc.	Etc.

(1) Dans la suite, le terme "variante" sera utilisé.

Afin d'alléger cette définition (pour le commercial, le suivi de véhicule, etc) on ne désigne pas toujours le véhicule par la liste des variantes le décrivant, mais on emploie des abrégés :

- . codification à "n" caractères,
- . modèle de base + liste d'options,
- . numéro d'identification véhicule,
- . langage de description des véhicules, etc.

Les "langages de description véhicules", de plus en plus souvent utilisés, permettent de décrire des familles de véhicules ayant des variantes communes en termes compréhensibles par le personnel mais également traduisibles automatiquement par ordinateur en listes de pièces et d'opérations constitutives. Un exemple d'instruction d'un tel langage pourrait être :

(UZ) (4 P) ou (5 P) (BAUTO) SAUF (LEVITELEC)

où :

UZ : gamme + motorisation,
 4 P, 5 P : 4 ou 5 portes,
 BAUTO : boîte automatique,
 LEVITELEC : lève-vitres électrique.

Mais, quel que soit l'abréviation utilisée qui varie selon les services ayant à identifier un véhicule (commercial, lancement, ordonnancement, méthodes, fabrications), la définition intrinsèque du véhicule est une combinaison de variantes à N éléments (N étant le nombre de familles de variantes pour la gamme du véhicule).

Fig. 1					
<u>Nomenclature de sous-fonction</u>					
Gamme : UZ					
Fonction : Aspiration d'air (code 123)					
Sous-fonction : Echappement (code 123 02)					
<u>Familles de variantes principales:</u>		<u>Variantes</u>			
Moteur		Diesel	Essence	Diesel	Essence
Version carrosserie		Fourgon	Fourgon	Fourgon + baies	Fourgon + baies
<u>Familles de variantes auxiliaires:</u>		← Indices → *			
Empattement					
↓	AAA Ensemble échappement	OR	02	08	02
Y	BBB Pot de détente	01	01	01	01
Long	RRR Support et colliers	03	04	03	03
Court	RRR Support et colliers	01	02	01	05

- ORGANISATION DE PRINCIPE DE LA DOCUMENTATION ETUDES

La documentation décrit une gamme complète de véhicules et non un véhicule particulier. Il s'agit d'une documentation dont l'élaboration et la présentation sont faites selon des critères fonctionnels correspondant à des entités d'études et d'analyse de la valeur. Elle énumère les pièces qui contribuent, dans au moins un modèle de la gamme, à chacune des grandes fonctions à assurer (motorisation, transmission, carrosserie, ... etc) et met en évidence les pièces communes et celles qui sont spécifiques à la combinaison particulière de certaines caractéristiques.

• 2S222Ea2E-22-f22ffi222-sE-S22E15222fi222 ²Nomenclatures de sous fonctions

Lors de l'étude d'une gamme nouvelle de véhicules, le bureau d'études fixe la liste des fonctions (éventuellement découpées en sous-fonctions) standard à assurer par le nouveau véhicule. Chaque sous-fonction correspond en principe à un chapitre étudié par un groupe d'études spécialisé.

Tous les "composants" (pièce, ensemble ou liste de pièces de même nature) contribuant à une même sous-fonction sont répertoriés sur un tableau de forme matricielle caractéristique dit "Nomenclature de Sous-Fonction" :

La nomenclature de la sous-fonction prise, comme exemple, précise que l'échappement d'un "UZ, fourgon, diesel, long" est constitué de pièces appartenant aux nomenclatures élémentaires de codes "AAA-08", "BBB-01" et "RRR-03". Par contre, un "UZ, fourgon, diesel, court" est constitué de AAA-08", "BBB-01" et "RRR-01", etc ...

Les nomenclatures de sous-fonction décrivent donc des liens de structure à coefficient 1 entre :

.. des "cas d'emploi" (ex. "UZ, fourgon, diesel", "UZ, fourgon, diesel, long", etc) et

.. des "nomenclatures élémentaires" (AAA-08, BBB-01, RRR-01, RRR-03, etc).

Un avantage immédiat de cette formulation réside dans la grande densité de la présentation matricielle (le tableau ci-dessus définit 16 liens).

Il est important de remarquer que la nomenclature de la sous-fonction "123 02" (échappement) ne décrit pas de liens composants-composé où l'"article 123 02" serait le composé, mais permet de connaître l'ensemble des nomenclatures élémentaires qui contribuent à la fonction "échappement" de la gamme UZ. Ceci est évidemment un atout pour analyser la valeur de la fonction échappement ou normaliser les composants assurant les réalisations différentes de cette fonction dans les modèles de la gamme "UZ".

(1) Cet article n'existe pas en tant que tel.

. Nomenclature élémentaires

Les tableaux de nomenclatures élémentaires, de forme matricielle également, ont l'allure générale suivante :

Fig. 2 : Gamme UZ : Tableau des nomenclatures élémentaires de racine RRR supports et colliers

Composants		Coefficients par indice					
		01	02	03	04	05	06
Code	Libellé						
A	Article 'A' ¹	1	1	2	1	1	
B	Article 'B' ¹	2	2		2		
C	Article 'C' ¹	1			2	3	

Ce tableau indique que la nomenclature élémentaire "RRR-01" (1) se compose de :

- .. 1 pièce de code "A",
- .. 2 pièces de code "B",
- .. 1 pièce de code "C",

et que la nomenclature élémentaire "RRR-05" est composée de :

- .. 1 pièce "A",
- .. 3 pièces "C", etc.

Ces tableaux sont donc plus traditionnels, en ce sens qu'ils décrivent des liens composés (nomenclature RRR-01)-composants (pièces A, B, C). Leur caractéristique particulière est le regroupement sur une même page de tous les liens de composition des nomenclatures de même "racines", c'est-à-dire de toutes les nomenclatures élémentaires possibles, dont la présence est mutuellement exclusive dans un même véhicule, contribuant à assurer une fraction de sous-fonction.

Il s'agit là, pour décrire une structure de produits, d'une idée analogue à celle qui conduit certaines industries à utiliser des plans-tableaux pour représenter des familles de pièce sans avoir à redessiner les caractéristiques communes à la famille.

La présentation matricielle permet de visualiser simplement la fréquence d'emploi des pièces dans une fonction.

(1) Dans ce code, "RRR" est appelé "racine"
"01" est appelé "indice".

Sur l'exemple de la Fig. 2, on voit que la pièce A, dans l'échappement, est consommée à 1 exemplaire au moins sur chaque véhicule, et à 2 exemplaires dans le cas des véhicules utilisant la nomenclature RRR-03, c'est-à-dire (cf. Fig. 1) tous les "UZ longs" à l'exception des "fourgons essence".

Alternative à la représentation matricielle :
Utilisation d'un langage de Description Véhicules

La présentation ci-dessus (Fig. 1) des nomenclatures de sous-fonction a l'avantage de faire apparaître visuellement les cas d'emploi. Elle permet de contrôler simplement que tous les cas possibles ont été énumérés, mais se heurte, dans les cas complexes, à des difficultés de mise en page.

Une autre énumération concise des liens entre cas d'emploi et nomenclatures élémentaires pourrait être obtenue en associant à chaque nomenclature élémentaire une "instruction d'emploi" rédigée dans un langage simple ayant pour "mots" les variantes et pour opérateurs : "ET", "OU", "SAUF", "()".

Dans les exemples ci-dessous :

- .. "ET" est représenté par ","
- .. "OU" est représenté par "/"
- .. "SAUF" est représenté par "-"

Le tableau "nomenclature de sous-fonction" de la figure 1 aurait alors la présentation suivante :

Fig. 3 : Nomenclature de sous-fonction dans le cas d'utilisation de langage de description véhicule.

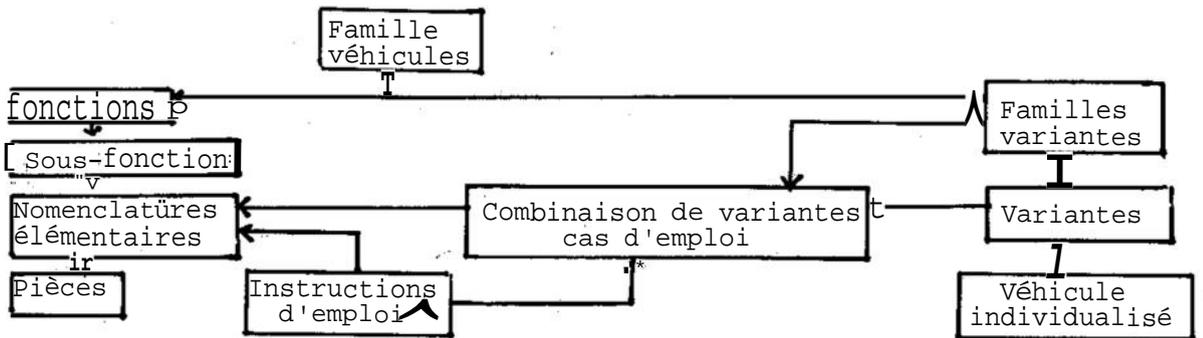
Gamme	:	UZ
Fonction	:	Aspiration d'air (code 123)
Sous-fonction	:	Echappement (code 123 02)
Nomenclatures élémentaires		
Racines	Indices	Instructions d'emploi
AAA Ensemble échappement	02 08	Essence Diesel
BBB Pot de détente	01	Tous types
RRR Support et colliers	01 02 03 04 05	Diesel, court Essence, court, fourgon Long-(essence, fourgon) Essence, long, fourgon Essence, court, fourgon + Baies

Comme l'exemple le montre cette présentation est plus concise encore que la précédente et surtout permet simplement de rattacher des nomenclatures élémentaires aux cas d'emploi à nombre de variantes minimum qui conditionnent la présence de la nomenclature dans un véhiculé.

IMPORTANCE DES CAS D'EMPLOI.
UTILISATION ET AVANTAGES POUR LA PLANIFICATION

Telle qu'elle a été présentée, la structure de la documentation de composition du produit obéit au schéma ci-dessous :

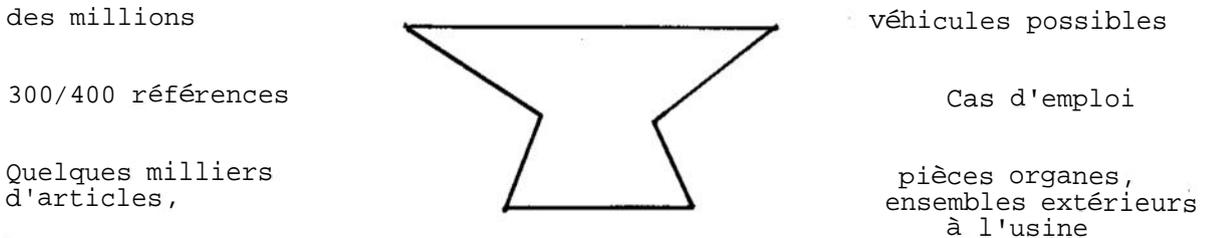
Fig. 4 : structure de la documentation études.



Un examen exhaustif de la documentation études permet de constater qu'il y a un nombre limité de cas d'emploi ayant une influence sur la composition du véhicule. Dans le cas du montage automobile, l'ordre de grandeur du nombre des cas d'emploi est de 300 à 400 par gamme, chaque cas d'emploi faisant intervenir de 1 à 6 variantes.

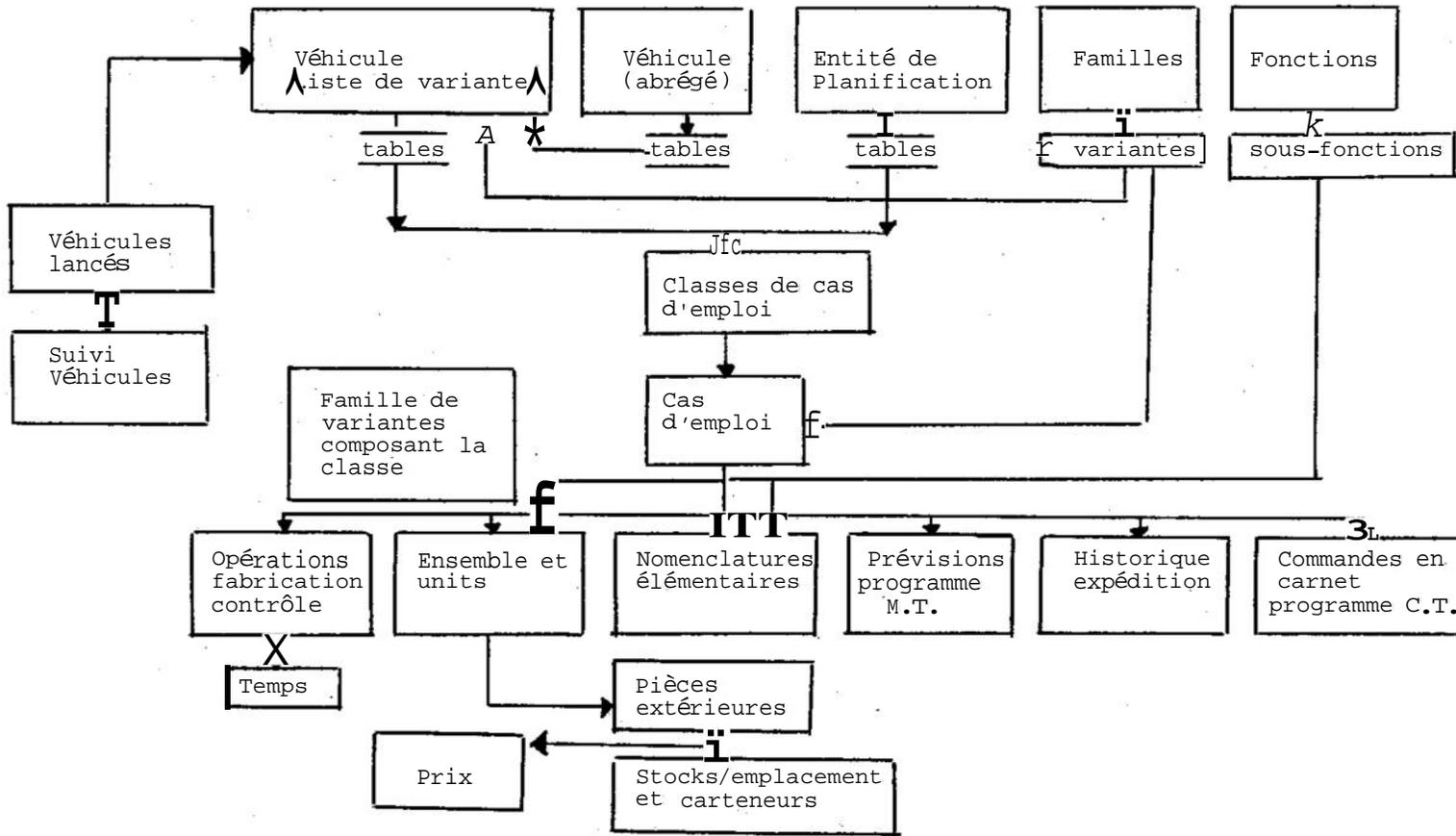
C'est ce petit nombre, ainsi que la possibilité existante de passer de la définition d'un véhicule en "liste de variantes" à une définition équivalente en "liste de cas d'emploi" qui fait l'intérêt de la notion de cas d'emploi - commune aux études, aux méthodes, aux approvisionnements et à l'ordonnancement - pour la planification de la production. En effet, les cas d'emploi représentent le meilleur niveau de planification à moyen terme :

Fig. 5 : nombres relatifs d'entités.



(1) Employées seulement dans le cas d'utilisation d'un langage de description des cas d'emploi.

Fig. 6 : Structure simplifiée des informations de gestion de production d'une usine de tôlerie-montage.



Les cas d'emploi sont des combinaisons des grandes caractéristiques techniques offertes en choix à la clientèle. Ceci permet de comparer, au niveau de détail des cas d'emploi, les programmes à moyen terme (issus de prévisions commerciales nécessairement peu détaillées, exprimées en variantes et combinaisons des variantes principales) et les programmes à court terme (carnet de commandes de véhicules spécifiés) qu'il est possible de traduire en cas d'emploi.

Si l'on valorise les pièces rattachées au cas d'emploi, on trouve que les cas d'emploi valorisés obéissent à la loi des 80/20. C'est pourquoi l'établissement des programmes de production à long terme en cas d'emploi permet de gérer véritablement les risques de rupture ou de couverture excédentaires. En effet, les cas d'emploi faisant intervenir de nombreuses variantes sont évidemment plus délicats à prévoir que le cas d'emploi "tous types" pour lequel la prévision est la meilleure disponible ; mais, si le produit est bien conçu, les cas d'emploi à multiples variantes sont ceux de plus faibles valeurs de consommation. Il est donc peu coûteux de constituer des stocks de composants, pour couvrir l'incertitude de prévision de ces cas d'emploi aléatoires. L'utilisation des cas d'emploi permet par contre de gérer au plus juste les stocks des composants rattachés aux cas d'emploi les mieux prévisibles.

La modularité d'une gamme de produits se mesure par le nombre de variantes intervenant dans les cas d'emploi : s'il n'y avait que les cas d'emploi mono-variantes, cela signifierait que tous les choix offerts à la clientèle sont indépendants dans leurs conséquences sur les composants du véhicule.

Enfin, la standardisation de la gamme se mesure par la valeur de consommation des cas d'emploi "imprévisibles" qui font intervenir de nombreuses variantes : plus cette valeur est faible, plus le produit est "standardisé", bien qu'il soit d'apparence individualisée, ce dont témoigne le nombre des familles de variantes.

Afin d'illustrer le caractère central des cas d'emploi dans l'organisation de la documentation, la figure 6 ci-dessus décrit la structure simplifiée des informations de gestion de production d'une usine de tôlerie-montage. (La notion de classe de cas d'emploi a été introduite afin de permettre le passage de la description d'un véhicule en "liste de variantes" en sa description équivalente en "liste de cas d'emploi").

En conclusion, pour l'analyse de la valeur, l'incitation à la réutilisation de composants communs, l'estimation des conséquences d'une modification projetée, le contrôle de la production, la structuration de la documentation par fonctions mettant en évidence les "cas d'emploi", présente de multiples avantages. L'exemple de l'industrie automobile montre qu'il est possible de construire des "modules" de planification ayant une signification commune aux services commercial, études, méthodes, ordonnancement et fabrication même pour des produits complexes où les combinaisons des choix de la clientèle ont une incidence sur la composition du produit fini.

Le principal obstacle à la généralisation hors du secteur automobile de la technique de structuration en "cas d'emploi" de lignes de produits, est sans doute le poids des produits existants conçus de façon non modulaire et dont la durée de vie n'est pas achevée. Il s'agit là d'une raison supplémentaire pour entreprendre dès que possible l'effort de structuration plus modulaire des nouveaux produits qui peut être une condition de survie à long terme.