

La spécification du besoin (seconde partie)

CHRISTIAN TEIXIDO^[1]

L'intérêt de spécifier le besoin en termes de services attendus plutôt qu'en termes de solutions est de plus en plus largement reconnu. De nombreux exemples montrent qu'il existe davantage de produits, ou de processus, mal conçus en raison d'une insuffisance d'analyse fonctionnelle plutôt que d'un manque de réflexion dans la recherche de solutions. La spécification du besoin nécessite d'abord de bien le connaître ; pour le connaître et le comprendre, il faut ensuite l'exprimer en termes de fonctions ; enfin, pour identifier les fonctions, il faut posséder les méthodes d'analyse. Après avoir abordé le cas du produit dans sa première partie (n° 138), cet article traite de celui du processus.

Qu'est-ce qu'un processus ? Qu'est-ce qu'un état ?

Un processus est un ensemble d'opérations agissant sur un milieu extérieur (matières premières, constituants, documents...) pour en changer les caractéristiques physico-chimiques (processus de transformation...), géographiques (processus de déplacement, de transport...) ou psychologiques (processus de formation, de vente...); attention à ne pas le confondre avec le procédé (lire l'encadré « Quelques définitions », page 23).

Un processus a donc pour objectif de donner à un produit les caractéristiques de l'état final, qui n'existaient pas dans l'état initial (lire « Quelques définitions »). Il faut raisonner d'abord, dans un processus, en termes d'états. Un état est l'acquisition d'une caractéristique, c'est donc le résultat d'une opération. En conséquence, raisonner en termes de gammes (ou d'opérations), c'est raisonner en solutions. Mais pourquoi chercher des solutions avant de connaître le service que doit rendre un changement d'état (obtention d'une caractéristique nouvelle du produit) ? Lors d'une analyse fonctionnelle du besoin portant sur la conception ou la reconception d'un processus, il est impératif de définir d'abord l'état initial et l'état final, c'est-à-dire la frontière de l'étude

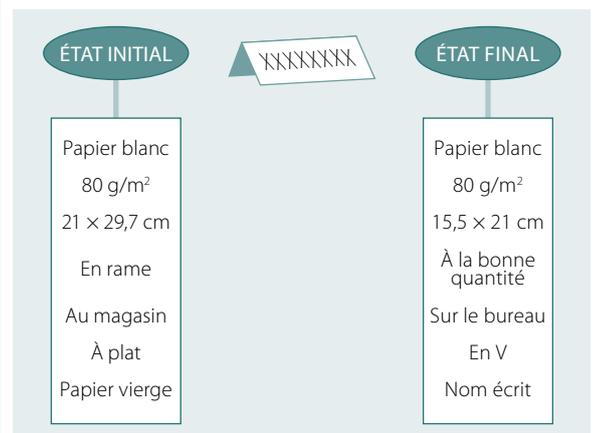
(notion déjà rencontrée dans le cas d'un produit).

Par exemple, dans le cas du processus d'établissement d'un porte-nom utilisé en réunion, dont le but est d'afficher l'identité de l'intervenant, la figure 1 met en évidence les caractéristiques de l'état initial et de l'état final. Que remarquons-nous ?

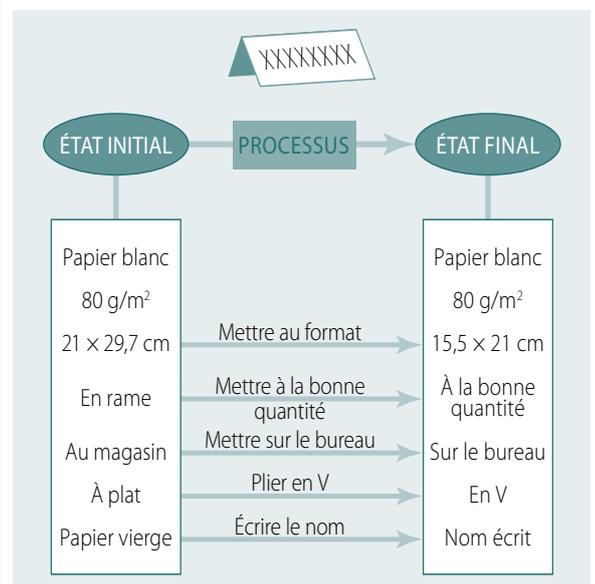
- Les caractéristiques sont énoncées en termes de buts (et non de moyens), puisque ce sont des exigences de résultat.
- Il y a acquisition de certaines d'entre elles dans l'état final, qui n'existaient pas dans l'état initial (le format 21 × 29,7 cm devient un format 15,5 × 21 cm); en conséquence, le processus devra agir afin d'assurer ces changements d'états.
- D'autres caractéristiques ne doivent pas subir de transformation (le papier blanc à l'état initial doit rester blanc à l'état final); le processus ne devra donc pas intervenir.

Les deux dernières remarques signifient que, d'un point de vue **strictement nécessaire**, le processus devra agir afin d'assurer cinq changements d'états 2. Le résultat de ces actions indispensables correspond à des états stables. En effet, **un état stable résulte de l'acquisition, sur un des facteurs d'identification du produit, d'une caractéristique de l'état final qui n'existait pas dans l'état initial**. Il participe donc au « juste nécessaire » du processus.

En revanche, lors de l'élaboration d'un mode opératoire d'accomplissement de ce processus (cas d'une gamme) peuvent apparaître des états intermédiaires dont les caractéristiques ne figurent pas dans l'état final; ce sont des états fugaces. Les états fugaces sont le résultat d'opérations donnant des caractéristiques provisoires qui n'apportent aucune valeur ajoutée sur tout facteur d'identification du produit. Ils participent à ce qu'en analyse de la valeur on appelle la « fonction de conception ».



1 La frontière du processus d'établissement d'un porte-nom



2 Les fonctions juste nécessaires du processus

[1] Professeur agrégé de mécanique au lycée Jean-Jaurès d'Argenteuil.

Par exemple, envisageons le mode opératoire suivant pour obtenir l'état stable intitulé « noms écrits » :

- ❶ Tracer deux traits parallèles.
- ❷ Écrire les noms.
- ❸ Effacer les deux traits parallèles.

Les étapes 1 et 3 conduisent à des états fugaces. De même, et d'une manière plus générale, le résultat d'une opération d'ébauche relative à un processus d'usinage ou un stockage intermédiaire constituent des états fugaces.

En conclusion, lors d'une spécification du besoin, seuls les états stables doivent figurer. Les états fugaces apparaîtront, par la suite, lors du choix d'un mode opératoire. Ils devront faire l'objet d'une attention particulière afin de les minimiser, voire de les éliminer.

La démarche de spécification du besoin d'un processus

Cette démarche présente une forte analogie avec celle qui a été développée dans le cas d'un produit. En effet, il s'agit d'exprimer d'une manière explicite les services que devra rendre le processus, c'est-à-dire les **fonctions conduisant à des états stables**. Celles-ci se dénomment fonctions de service pour un produit, mais, dans le cas d'un processus, on les appelle fréquemment **fonctions de changement d'état**.

Les étapes à parcourir sont données en **3**.

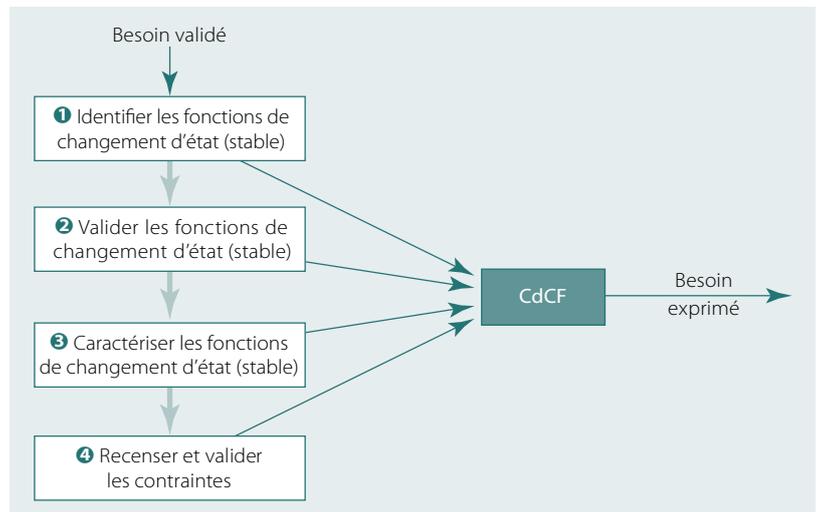
Le résultat de ces activités, auquel il faut ajouter la présentation générale du projet ainsi que son contexte et la validation du besoin, est consigné dans le document contractuel appelé cahier des charges fonctionnel (CdCF).

L'énoncé des fonctions de changement d'état stable

Les fonctions de changement d'état stable correspondent à l'obtention de certaines caractéristiques de

mots-clés

analyse de la valeur, analyse fonctionnelle, communication, outil et méthode, projet



3 Les principales étapes de la spécification du besoin

l'état final qui n'existaient pas dans l'état initial, tout en faisant abstraction des principes de solution. Comme dans le cas d'un produit, une représentation par l'intermédiaire du diagramme « pieuvre » (méthode APTE) pourrait être envisagée, puisqu'elle présente l'avantage de visualiser des relations indépendantes des modes opératoires **4**.

L'expérience montre que ce type de graphisme devient rapidement illisible en raison du nombre élevé des fonctions, résultant de la complexité des processus étudiés ; par exemple, la figure **5** met en évidence la difficulté de lecture de la pieuvre relative à un processus d'embouteillage.

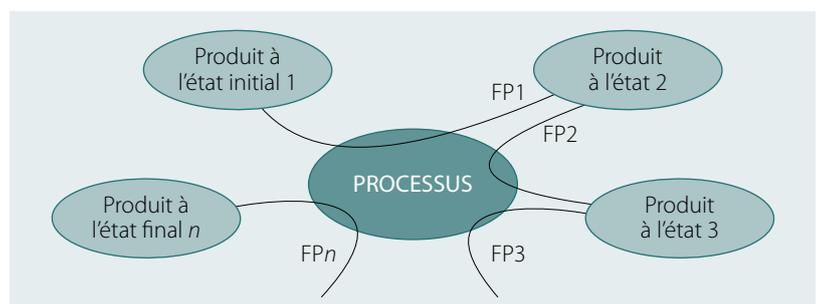
On préfère donc utiliser un tableau, comme le montrent les développements qui suivent, portant sur cette même

chaîne d'embouteillage. Ce processus consiste à remplir des bouteilles avec un produit liquide destiné à un usage ménager, de boucher, d'étiqueter et de grouper en caisses ces bouteilles.

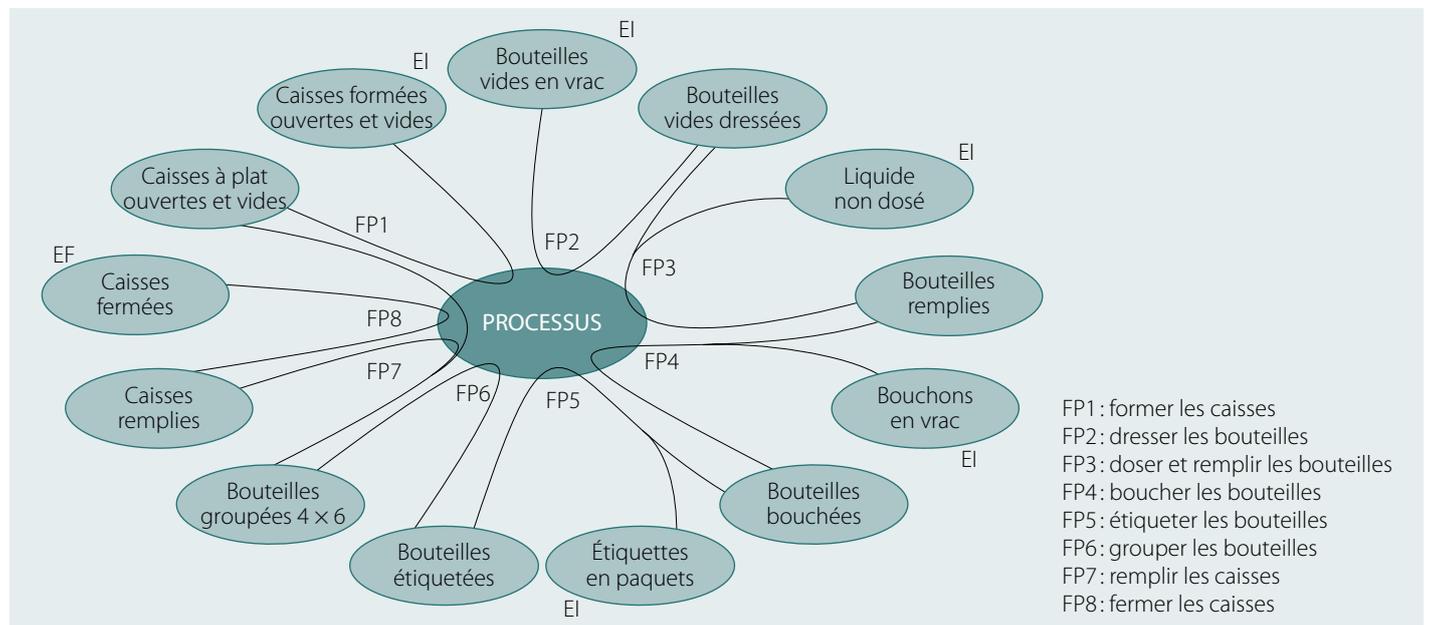
La frontière de l'étude est constituée :

- du but que vise le processus, c'est-à-dire l'état final exprimé de la façon suivante : caisses formées, fermées, remplies de 4 × 6 bouteilles debout, remplies, bouchées et étiquetées ;
- des caractéristiques de l'état initial correspondant au début du processus : caisses à plat, ouvertes et vides, bouteilles en vrac, liquide non dosé, bouchons en vrac, étiquettes en paquets rangés.

La superposition de l'état initial et de l'état final permet d'exprimer à l'aide d'un verbe chacun des



4 Le diagramme pieuvre relatif à un processus



5 Le diagramme pieuvre relatif à un processus d'embouteillage

changements d'état que devra effectuer le processus 6.

On peut alors énoncer les fonctions de changement d'état (stable) de ce processus :

- F1 : former les caisses
- F2 : dresser les bouteilles
- F3 : doser et remplir les bouteilles
- F4 : boucher les bouteilles
- F5 : étiqueter les bouteilles
- F6 : grouper les bouteilles (4 x 6)
- F7 : remplir les caisses
- F8 : fermer les caisses

Que remarquons-nous ?

● Les fonctions de changement d'état peuvent être considérées

dans n'importe quel ordre. Aucune lecture ne s'impose, de haut en bas par exemple, et *vice versa* (la numérotation de F1 à F8 n'a pas de relation avec un ordonnancement). Il s'agit d'une représentation « achronique ». Pour s'en convaincre, et bien que ce ne soit pas à envisager dans cette phase de l'étude, il suffit de rechercher des modes opératoires possibles permettant d'exécuter ces fonctions dans un ordre chronologique très différent 7 8 9.

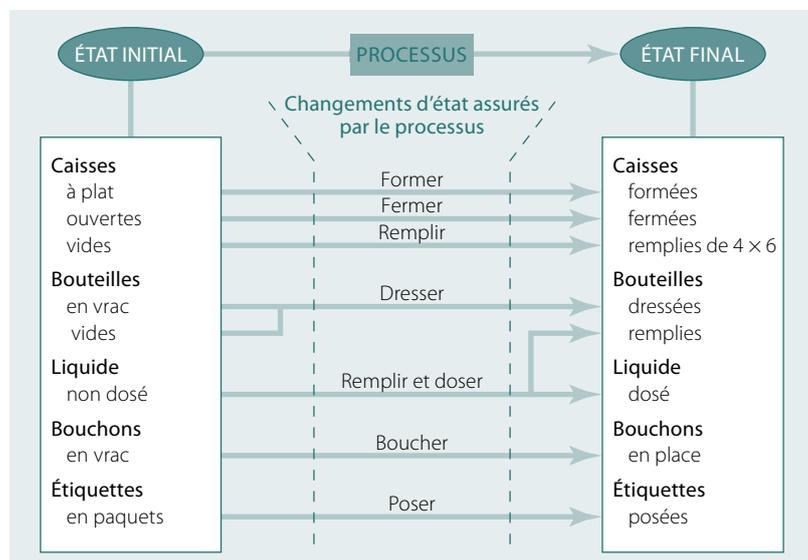
Il est aisé de constater qu'il y a autant de solutions, donc autant de projets, qu'il y a d'ordonnements

différents de ces fonctions, et tout cela, sans changement de l'état initial et de l'état final. On peut aussi remarquer que le mode opératoire de la figure 8 prévoit de réaliser les fonctions « étiqueter et boucher » avant le remplissage de la bouteille (bouchée). Cela n'a rien d'absurde, puisque le remplissage peut alors s'effectuer par une sorte d'instillation à travers la bouteille plastique.

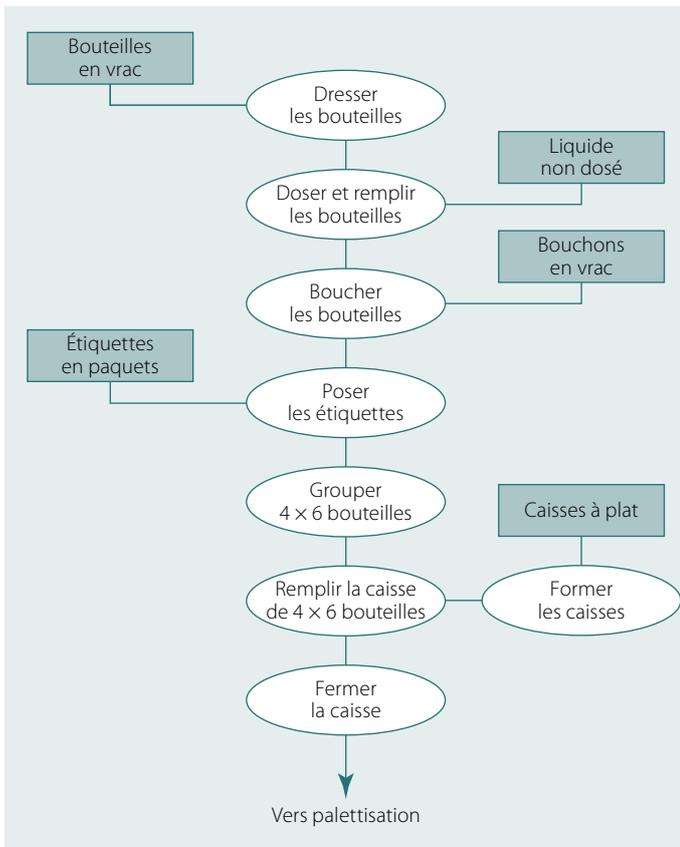
Cette première remarque montre bien que lors de l'analyse fonctionnelle du besoin, l'esprit doit se dégager de cette pratique courante qui est de penser « moyens » d'abord, sous prétexte de réalisme, ce qui peut avoir pour effet de mal poser le problème et de bloquer la créativité durant les phases ultérieures.

● Chaque fonction exprime le but visé par l'action qu'il faut effectuer pour obtenir le changement d'état voulu. Elle n'exprime pas le mode opératoire et ne préjuge pas des moyens qu'il faudra choisir pour réaliser ce changement d'état ; ceux-ci interviendront ultérieurement lors de la recherche de solutions.

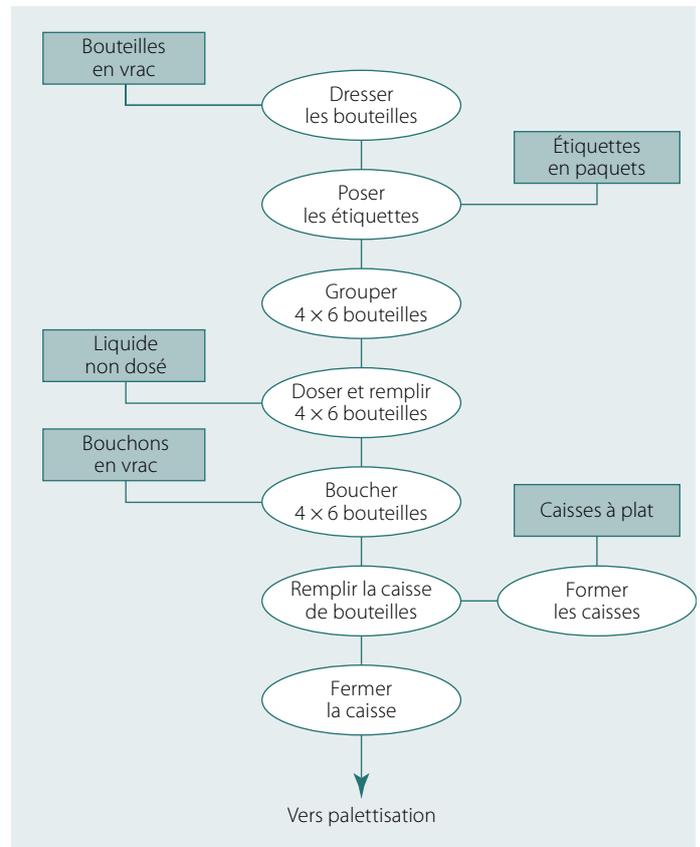
● Dans le cas d'un processus existant et lors de l'analyse critique de son déroulement en vue d'une reconception, toutes les fonctions qui ne se trouvent pas dans le tableau représentatif des fonctions de changement d'état stable ne sont pas strictement



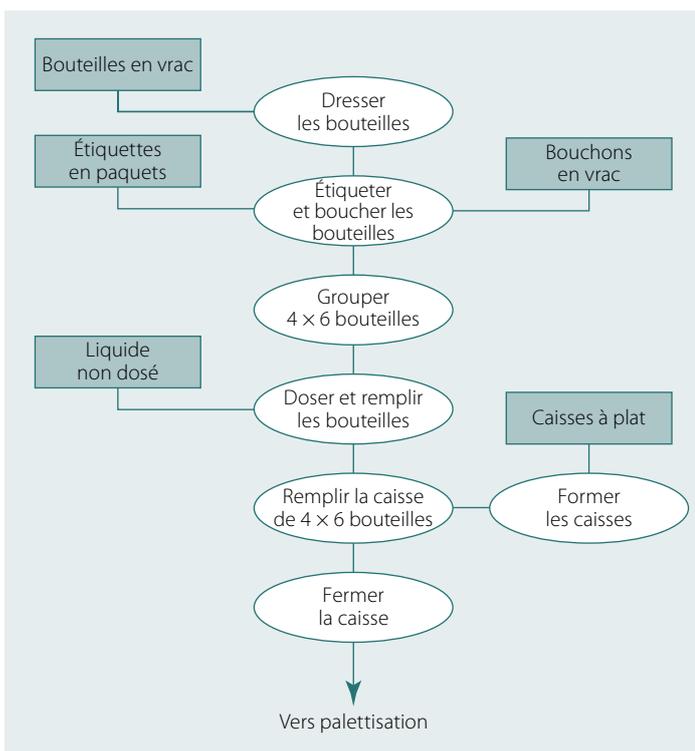
6 Le processus d'embouteillage



7 L'ordonnancement des fonctions d'une chaîne d'embouteillage (premier exemple)



9 L'ordonnancement des fonctions d'une chaîne d'embouteillage (troisième exemple)



8 L'ordonnancement des fonctions d'une chaîne d'embouteillage (deuxième exemple)

nécessaires à la réalisation du processus. Il s'agit de fonctions de conception conduisant à des états fugaces.

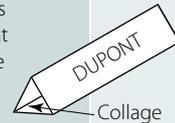
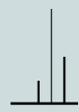
La validation des fonctions de changement d'état stable

Comme dans le cas d'un produit pour lequel ont été énoncées les fonctions de service, il est nécessaire de s'assurer du bien-fondé et de la stabilité de chaque état stable. Pour cela, il faut effectuer un **contrôle de validité** (méthode APTE), dont l'objectif est d'exprimer le but et les raisons qui

Quelques définitions

- **Un procédé** est un principe d'élaboration d'un produit, ou d'accomplissement d'un service préalablement défini; il correspond à une technique de réalisation.
 - **L'état initial** correspond à l'ensemble des caractéristiques que les composants possèdent déjà dans le cadre des limites de l'étude.
 - **L'état final** correspond à l'ensemble des caractéristiques acquises par le produit afin qu'il réponde à ses fonctions en utilisation.
- Pour la définition des termes « critère », « niveau », « flexibilité », ainsi que les commentaires, voir la première partie de cet article dans le numéro précédent, relative à la spécification du besoin appliquée à un produit.

10 Le contrôle d'un processus d'établissement de porte-nom

N°	Désignation de l'état	Pour quel but ?	Pour quelles raisons ?	Disparition de l'état	Évolution de l'état
0	Feuilles en rames au magasin	Pour stocker et localiser ces feuilles	Il faut conserver ce produit en attente d'utilisation		
1	Feuilles à la bonne quantité	Pour ne pas travailler inutilement	Car les feuilles sont stockées en rames	Changer les approvisionnements	
2	Feuilles mises au format	C'est une caractéristique de l'état final	Parce que le format initial est trop important	Changer les approvisionnements Augmenter le format Changer le mode de présentation : feuilles pliées en 3	
3	Noms écrits	Pour identifier les membres de la réunion	Car ces personnes ne se connaissent pas	Badges	
4	Feuilles pliées en V	Pour présenter le nom aux autres membres	Car les feuilles sont instables	Badges Feuilles verticales sur support	 Feuilles pliées en 3 et collées (voir état 2)
5	Feuilles sur les bureaux	C'est une caractéristique de l'état final	Parce qu'il faut localiser ces porte-nom		

nécessitent la présence d'un état stable, et de rechercher les cas de disparition (et d'évolution) susceptibles de le rendre obsolète.

Il s'agit donc de se poser les questions suivantes :

- Pour quel but cet état existe-t-il ?
- Pour quelles raisons cet état existe-t-il ?
- Qu'est-ce qui pourrait le faire disparaître ou le faire évoluer ?
- Quelle est la probabilité de disparition ou d'évolution ?

La réponse à la première question va donner le « **pour quoi** », la finalité, et commencera par « pour... ». Elle permettra ainsi de valider pour chacune des fonctions de changements d'état l'acquisition de certaines caractéristiques de l'état final qui n'existaient pas dans l'état initial.

La réponse à la deuxième question va donner le « **pourquoi** », les origines et les causes, et commencera par « parce que... ».

Enfin, en ce qui concerne les deux dernières questions, il s'agit d'observer des évolutions possibles des éléments contenus dans l'énoncé de la fonction et d'en analyser les risques. Par exemple, et afin de surmonter des difficultés liées au processus, des propositions intéressantes peuvent émerger en remettant en cause le nombre de composants (cas

d'un processus d'assemblage), la géométrie des pièces, la matière...

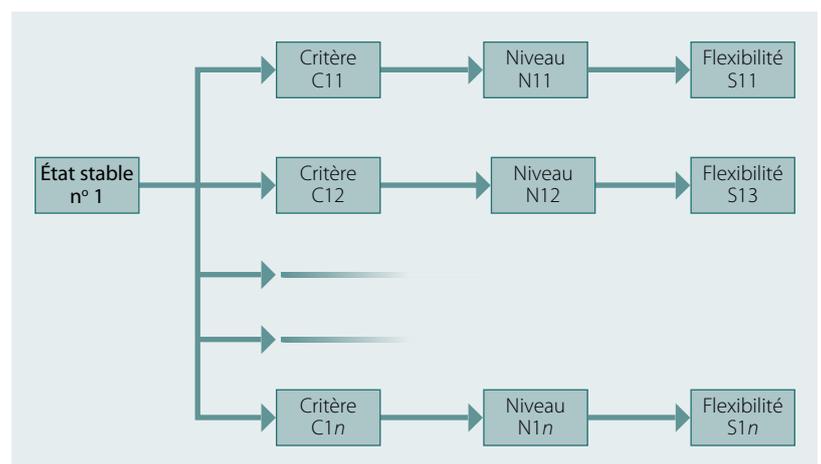
En conclusion, l'état est ou n'est pas validé.

Pour illustrer ce propos, le tableau 10 met en évidence le contrôle de validité de chacun des états stables contenus dans la proposition d'établissement d'un porte-nom (processus déjà évoqué précédemment). Il est intéressant de remarquer que certains états stables peuvent être remis en cause (par exemple l'état 2). Cette réflexion permet ainsi au groupe de travail de confirmer (ou non) la validité réelle de ce qui est annoncé et de disposer d'une trace écrite et approuvée par tous qui pourra être réutilisée par la suite.

La caractérisation des fonctions de changement d'état stable

La formulation des fonctions de changement d'état stable (ainsi que leur validation) doit être complétée par des niveaux de satisfaction appelés **critères d'appréciation**. En effet, afin que le besoin soit bien spécifié, il est nécessaire d'énoncer l'ensemble des exigences qualitatives et quantitatives de chaque fonction, et ce, par rapport à l'état final. Il s'agit de définir les critères permettant d'apprécier la manière dont la fonction sera remplie, eux-mêmes assortis d'un niveau et d'une flexibilité 11.

Bien sûr, comme dans le cas d'un produit, l'ensemble de ces indications doit s'exprimer en termes de finalité



11 La démarche de caractérisation d'un état stable

Un processus de frittage de bagues lisses ou coussinets autolubrifiants*

ÎLOT DE FRITTAGE

La famille des bagues qui peuvent passer dans l'îlot se caractérise par les dimensions extérieures maximales (voir le dessin ci-après).

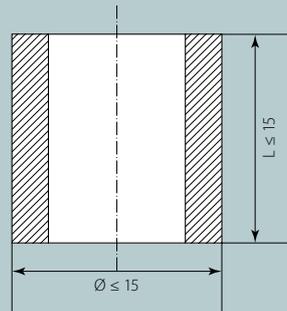
Les tolérances à obtenir sont courantes :

qualité 7 sur les deux diamètres

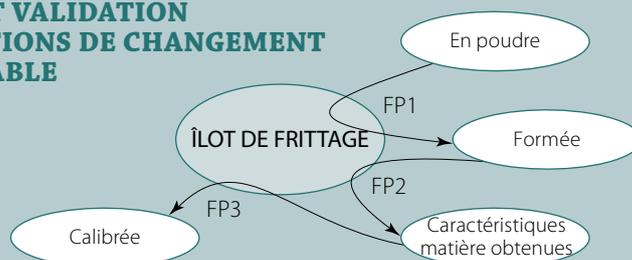
0,2 mm sur la longueur

Gamme type d'une bague frittée

N°	Désignation	Machine
10	Mélange de la poudre	
20	Compression, mise en forme	Presse de compression
30	Frittage, cuisson	Four
40	Calibrage	Presse de calibrage
50	Lavage	
60	Imprégnation de lubrifiant	
70	Conditionnement	



ÉNONCÉ ET VALIDATION DES FONCTIONS DE CHANGEMENT D'ÉTAT STABLE



Fonction	Désignation	Cause	But	Risque de disparition		Évolution	Validation
				Cause	But		
FP1	Obtenir une forme de bague cylindrique	Matière première en poudre	Utiliser la bague comme palier	Tubes standard en alliage fritté	Baisse du prix des roulements à billes	Le frittage n'a pas de concurrence directe en ce moment au niveau du procédé	Oui
FP2	Obtenir les caractéristiques matière	La poudre compactée n'est pas assez solide					Oui
FP3	Obtenir un diamètre intérieur de qualité 7	La cuisson (FP2) déforme la pièce					Oui

CARACTÉRISATION DES FONCTIONS DE CHANGEMENT D'ÉTAT STABLE

Fonction	Désignation	État initial	État final	Critères	Niveaux	Validation
FP1	Obtenir la forme de bague cylindrique	Poudre mélangée	Bague compactée	Caractéristiques Lieu Temps/cadence	L: ± 0,1 Ø ext.: ± 0,1 Ø int.: ± 0,1 Au pied du four 1150 p/h	→ Pour FP3: cadence moyenne
FP2	Obtenir les caractéristiques matière	Bague compactée	Bague cuite avec la bonne structure	Caractéristiques Lieu Temps/cadence	R _m = 21 daN/mm ² Au pied de la presse 1150 p/h	
FP3	Obtenir un diamètre intérieur H 7	Bague cuite	Bague calibrée	Caractéristiques Lieu Temps/cadence	Ø H7 Au contrôle 1150 p/h	→ Ou au stock palettes

* Cet exemple est extrait de *La compétitivité industrielle – Démarche de conception et de production*, éd. Delagrave.

et en ciblant le juste nécessaire situé entre la sous-qualité et la surqualité inutile.

Pour une même fonction de changement d'état stable, il existe généralement plusieurs critères de natures différentes destinés à identifier le produit après transformation. Ce sont :

- La liste des composants
- La nature des assemblages
- La localisation géographique
- Le respect des caractéristiques déjà acquises
- Le respect de l'environnement et de la sécurité
- Le niveau d'investissement
- La cadence de fabrication
- Le temps alloué pour l'obtention des caractéristiques
- Le savoir-faire imposé

Ainsi que, pour chaque composant, le NQF (N : nuance, nature des matériaux... ; Q : quantité, poids, dimensions... ; F : forme, tolérances...).

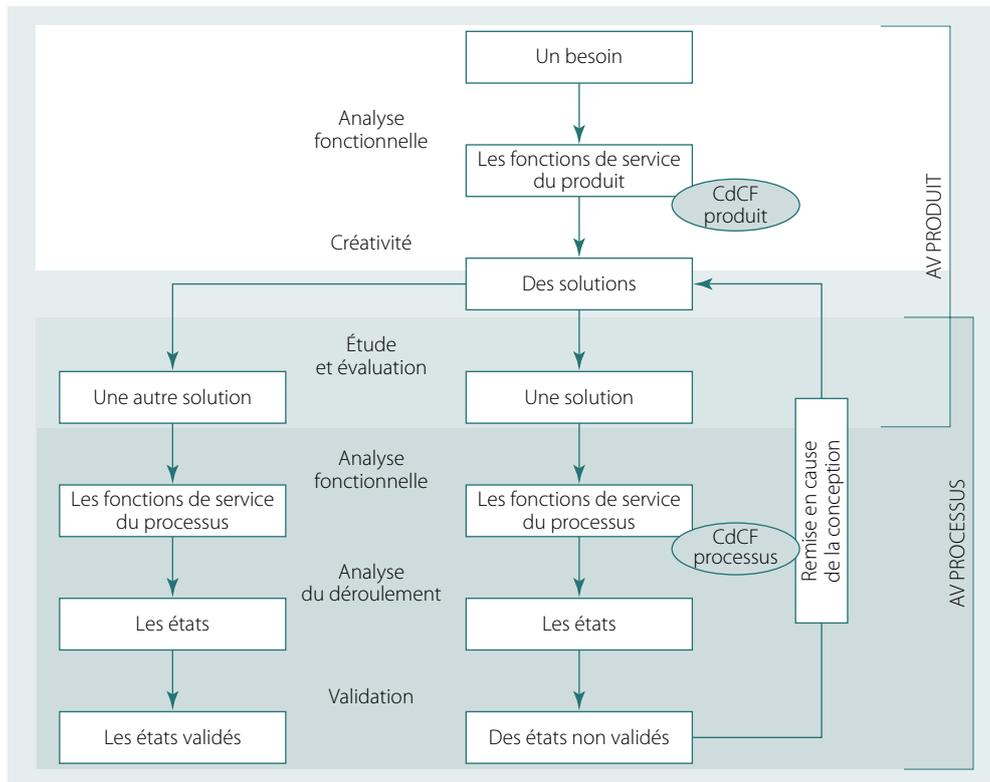
Chaque critère doit être assorti si possible d'un niveau visé, puisqu'il s'agit d'un objectif que l'on se fixe. Enfin, la prise en compte de la flexibilité des niveaux constitue, comme dans le cas d'un produit, une caractéristique fondamentale du CdCF.

L'exemple relatif à un processus de frittage de bagues lisses ou coussinets autolubrifiants illustre l'ensemble de ces propos (en encadré). À partir de l'état initial correspondant à la matière première en poudre, les états stables qui suivent sont :

- La mise en forme cylindrique du coussinet
- La cuisson (frittage proprement dit)
- Le calibrage
- Le lavage
- L'imprégnation du lubrifiant
- Le conditionnement

La spécification du besoin dans une démarche d'ingénierie simultanée

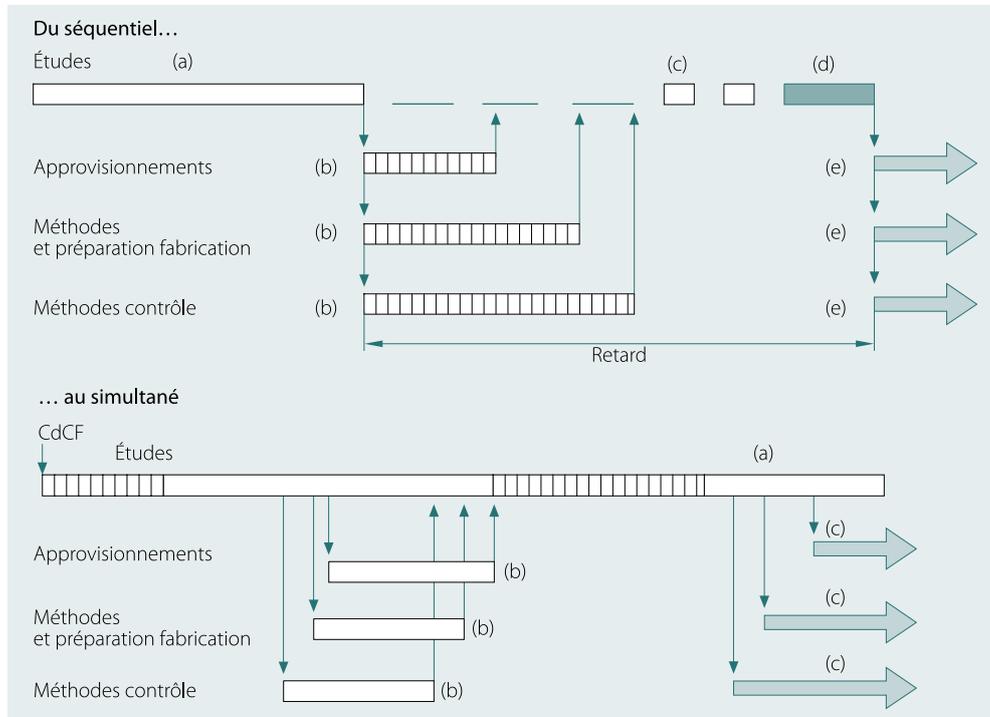
La conception d'un produit ne peut pas être figée tant qu'elle n'a pas été validée par l'étude des différents processus de réalisation. Cela nécessite d'avoir une démarche globale , ou démarche productique, intégrant le bureau d'études et les méthodes. Il ne faut donc pas hésiter à remettre



12 La démarche globale de conception

en cause le produit si le processus engendre des insatisfactions (complexité, coût, sûreté...).

Il faut donc se méfier d'une démarche séquentielle entraînant des conséquences parfois négatives (accroissement des délais, retours du bureau des méthodes orangeux...), et préférer une démarche simultanée permettant d'intégrer très tôt les services en aval (à partir des premiers avant-projets) et de faire remonter sans crainte les remarques au bureau d'études, ce qui réduira les délais et accroîtra la qualité globale du produit 13. ■



13 L'ingénierie simultanée