

Universitatea „Politehnica” din Timișoara

ing. Adrian ORIȚĂ

**MÉTHODOLOGIE DE
CONCEPTION INTÉGRÉE DES
PRODUITS EN CONTEXTE PLM**

**METODOLOGIE DE CONCEPȚIE INTEGRATĂ A
PRODUSELOR ÎN CONTEXT PLM**

Rezumat în limba română

Conducător științific:
Prof. univ. dr. ing. George DRĂGHICI

2012

CUPRINS

LISTA DE FIGURI	4
LISTA DE TABELE.....	5
1 INTRODUCERE GENERALĂ	6
1.1 Obiectivele cercetării prezente.....	6
1.2 Demersul de cercetare	7
1.3 Structura tezei.....	7
2 STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRILOR METODOLOGICE	10
2.1 De la secvențial la simultan	10
2.1.1 Modelul ciclului de viață	10
2.2 Product Lifecycle Management - PLM.....	12
2.2.1 Conceptul de PLM.....	12
2.2.2 Entitățile lui PLM.....	13
2.3 Procesul de concepție	14
2.3.1 Integrarea nevoilor clientului	14
2.3.2 Modele de concepție	14
2.4 Concluzii.....	18
3 SINTEZA UNUI MODEL METODOLOGIC.....	19
3.1 Câteva elemente epistemologice și ontologice	20
3.2 Modelarea.....	22
3.2.1 Modelul « faze-activități »	22
3.2.2 Modelul de activitate elementară.....	22
3.2.3 Planul calitate.....	23
3.2.4 Integrarea metodelor în MSIC-PLM.....	25
3.2.5 Matricea interacțiunii obiective-funcții (CE-CUM).....	25
3.2.6 Concluzii	26
3.3 Modelul MSIC.....	26
3.3.1 Tabloul de bord MSIC.....	29
3.4 Concluzii.....	31
4 APPLICAȚIE INDUSTRIALĂ	32
4.1 Găsirea relației nevoi – funcții.....	32
4.2 Calculul costurilor.....	35
4.3 Aplicația informatică a metodologiei.....	37
4.4 Concluzii ale aplicației industriale	38
5 CONCLUZII GENERALE, CONTRIBUȚII ȘI PERSPECTIVE	40
5.1 Concluzii.....	40
5.2 Sinteza contribuțiilor personale	41
5.3 Perspective.....	42

Lista de Figuri

FIGURA 1-1	DRM MODIFICAT, METODA DE LUCRU ADOPTATĂ	8
FIGURA 2-1	DEMERS SECVENȚIAL VS. SIMULTAN (DRĂGHICI, 1999).....	11
FIGURA 2-2	COSTURILE ANGAJATE ȘI CELE REALE (DRĂGHICI, 1999).....	11
FIGURA 2-3	DURATA DE VIAȚĂ A PRODUSELOR ÎN 2003 (STARK 2005)	12
FIGURA 2-4	PRODUCT LIFE CYCLE MANGEMENT - PLM (DASSAULT).....	12
FIGURA 2-5	GESTIUNEA ENTITĂȚILOR DIN PLM.....	13
FIGURA 2-6	QFD SAU « CASA CALITĂȚII » (AXIOMATIC DESIGN SOLUTIONS, INC.)	15
FIGURA 2-7	MODULUL DE BAZĂ AL PROCESULUI DE CONCEPȚIE (ASIMOW, 1962)	15
FIGURA 2-8	FAZELE CONCEPȚIEI (PAHL Ș.A., 2007)	16
FIGURA 2-9	STRUCTURA ITERATIVĂ A CONCEPȚIEI (ROOZENBURG ȘI EEKELS, 1995)	17
FIGURA 2-10	MODELUL AXIOMATIC (SUH, 1990).....	17
FIGURA 3-1	RELAȚII ÎNTRE SISTEM ȘI MODEL	19
FIGURA 3-2	ETAPELE DEMERSULUI SISTEMIC (DONNADIEU, 2008).....	19
FIGURA 3-3	TRIANGULIZAREA SISTEMICĂ (MOIGNE, 1984).....	20
FIGURA 3-4	O ONTOLOGIE COMUNĂ ÎNTRE ENTITĂȚILE (PROCESELE) UNUI CICLU DE VIAȚĂ.....	21
FIGURA 3-5	PRINCIPALELE CONCEPTE EXTRASE DE TOVE (MOSTEFAI, 2001).....	21
FIGURA 3-6	MODELUL « FAZE-ACTIVITĂȚI » ÎN CICLUL DE VIAȚĂ.....	22
FIGURA 3-7	FIȘA DE DESCRIERE A UNEI ACTIVITĂȚI ELEMENTARE (MSIC)	23
FIGURA 3-8	RELAȚIA ÎNTRE PLANUL CALITATE ȘI QFD (ORIȚĂ Ș.A., 2011)	24
FIGURA 3-9	POSITIONAREA PRODUSELOR PRIMARE/SECUNDARE.....	25
FIGURA 3-10	INTEGRAREA METODELOR (« OUTILS ») ÎN MSIC-PLM	25
FIGURA 3-11	CELE ȘAPTE FAZE ALE MSIC.....	27
FIGURA 3-12	VEDERE GENERALĂ A CELOR PATRU NIVELE MSIC1 ȘI MSC1 2.....	28
FIGURA 3-13	VEDERE PARȚIALĂ A FLUXURILOR DIFERENȚIATE ALE MSIC2.....	29
FIGURA 4-1	EXEMPLE DE PRODUSE FINITE	32
FIGURA 4-2	GAMA DE TRANSFORMARE FINALĂ A PRODUSULUI PRIMAR.....	33
FIGURA 4-3	SINTEZA CONFEȚIONĂRII PORȚIILOR DE BRÂNZĂ.....	34
FIGURA 4-4	VEDERE PARȚIALĂ A LANȚULUI METALIC DE TRANSFER.....	34
FIGURA 4-5	CALCULUL COSTULUI DE FABRICAȚIE.....	36
FIGURA 4-6	VEDERE DE ANSAMBLU A STRUCTURII LCC ÎN MSIC.....	36
FIGURA 4-7	SINTEZA EVOLUȚIILOR COSTURILOR	37
FIGURA 4-8	TABLOUL DE BORD AL PROIECTULUI	38
FIGURA 4-9	ANSAMBLUL LINIEI DE AMBALAJ.....	39
FIGURA 5-1	CONVERGENȚA CELOR TREI CÂMPURI.....	40

Lista de Tabele

TABELUL 1-1	STRUCTURA CAPITOLELOR TEZEI	9
TABELUL 3-1	CELE TREI FLUXURI DE-A LUNGUL CICLULUI DE VIAȚĂ AL UNUI SISTEM.....	20
TABELUL 3-2	MODELUL ACTIVITĂȚII ELEMENTARE MSIC	23
TABELUL 3-3	MATRICEA CALITĂȚII.....	26
TABELUL 3-4	SINTEZA FAZELOR MSIC3, MSIC4, MSIC5, MSIC6 ET MSIC7	29
TABELUL 3-5	LINIILE ȘI COLOANELE DIN TABELUL MSIC	30
TABELUL 3-6	MSIC1 ÎN FORMAT EXCEL (VEDERE PARȚIALĂ A PRIMEI FAZE)	30
TABELUL 3-7	ANTETUL FIȘIERULUI MSIC	31
TABELUL 3-8	PARTEA INFERIOARĂ A FIȘIERULUI EXCEL, CU CELE ȘAPTE FOI MSIC	31
TABELUL 4-1	PONDERAREA CALITĂȚII ABSOLUTE	33
TABELUL 4-2	MATRICEA CALITĂȚII (DETALIU).....	35

1 INTRODUCERE GENERALĂ

Proiectul se înscrie în domeniul ingineriei industriale și este poziționat în special în cadrul procesului de concepție inovantă lansat atunci când un produs nou ar trebui să fie creat. Pivotala activității de creare de noi produse este reprezentată de faza de proiectare. Dacă vrem să modelizăm ciclul de viață complet al produselor atenția noastră ar trebui să se concentreze în principal pe activitatea de proiectare care este activitatea creatoare de valoare prin excelență. Multe studii indică, de exemplu, că valoarea (costul) unui produs este definită într-o proporție, de aproximativ, 75% în timpul fazei de concepție (proiectare). Toate activitățile, de la proiectare la reciclare, nu pot fi susținute fără a utiliza un demers logic și unitar obținut prin aplicarea unei metodologii complexe, dar articulate într-un mod integrat, ca parte a viziunii de ingineria sistemelor. Asistăm la crearea de noi instrumente teoretice și metode noi de management și de proiectare de noi produse care schimbă percepția noastră de asupra țesutului industrial.

Prezenta cercetare se înscrie în domeniul ingineriei industriale și în mod special în domeniul concepției și are ca obiectiv, folosind termenii utilizați de către Horváth, de "*a genera cunoștințe despre concepție și pentru concepție*"(Horváth, 2001).

1.1 Obiectivele cercetării prezente

În contextul schimbărilor intervenite în conținutul activităților de concepție și de proiectare, începând din secolul XX – tendința de formalizare și de migrare spre domeniul științelor – activitatea de cercetare dezvoltată în această teză încearcă să răspundă întrebărilor urmatoare :

- Caracteristicile activității actuale de concepție mai corespund contextului industrial, social și politic actual ?
- Cum am putea modeliza procesul de concepție inovantă și cum putem să-l integrăm în contextul mai larg, de management al ciclului de viață al produsului (*Product LifeCycle Management, PLM*)?

Concepția reprezintă factorul cheie pentru a reuși în cele trei planuri : Calitatea, Costurile și Termenul de livrare. Într-un sens mai larg, este de vorba de integrarea nu numai a actorilor dar și a ansamblului de informații cu privire la produs, a mediului în care produsul se utilizează (inclusiv mediul social). În contextul PLM (*Product Lifecycle Management*), vedem că lipsește un vehicul care să poarte sensul cerințelor clientului și al obiectivelor de proiectare (care să poată transforma datele în informații și cunoștințe, în conformitate cu Shin Jongho), către actorii implicați în marketing, concepție, producție, industrializare, etc., (Shin, 2009).

În cadrul acestui proiect ne propunem să urmărim următoarele obiective generale:

- Analiza stadiului actual al cercetărilor metodologice în domeniul ingineriei integrate ;

- Reprezentarea, descrierea și modelarea procesului de proiectare într-un context mecatronic ;
- Propunerea unei metodologii de inginerie integrată ;
- Integrarea unor mijloace și metode de inovație în modelul creat, considerând că inovarea este un obiect de studiu cu drepturi depline ;
- Testarea și validarea modelului metodologic într-o aplicație industrială.

Contribuțiile inovatoare a acestui proiect vor fi de tip teoretic și metodologic. Modelarea acestui proces și crearea unui instrument metodologic - de tip mixt prescriptiv și descriptiv, care va cuprinde tehnici de creativitate, este, noutatea și, în același timp, problema de rezolvat în cadrul acestui proiect. Găsirea acestei metodologii ar evita discontinuitatea în transferul de competențe între actorii proiectului și astfel ar asigura continuitatea transmiterii cunoștințelor. Spre deosebire de alte metode existente, care caută secvența de acțiuni de îndeplinit, modelul propus poate fi folosit mai devreme în concepție atunci când alternativele de proiectare a unui sistem mecatronic sunt definite într-un mod neclar (concepție cu caracter complex, deschis și nedefinit).

Această lucrare de doctorat a fost efectuată în cadrul activităților desfășurate în laboratorul LI3C de la Haute École d'Ingénieurs et de Gestion du Canton de Vaud (HEIG-VD) d'Yverdon – Suisse (Elveția) și în colaborare cu Centrul de Cercetare în Inginerie integrată de la Universitatea Politehnica din Timișoara - România.

1.2 Demersul de cercetare

Potrivit (Blessing și Chakrabarti, 2009) cercetarea are două obiective:

- a. Formularea și validarea de modele și teorii de concepție, și
- b. Dezvoltarea și validarea unor mijloace (instrumente) găsite, pe baza acestor modele și teorii, în scopul de a îmbunătăți practica de proiectare.

În Figura 1-1 am făcut sinteza metodei utilizate în această lucrare prin integrarea elementelor de la (Blessing et Chakrabarti, 2009) în contextul specific al cercetării. Am integrat tipuri de logică și forme canonice de raționament utilizate în etapele succesive ale proiectului. Cu toate acestea, această succesiune prezintă un caracter flexibil și, pe măsura avansării în cercetare, metoda se va adapta la situațiile specifice și, în special, la iterațiile inerente acestui tip de activitate.

1.3 Structura tezei

Teza este structurată în cinci capitole principale completate de un glosar și o bibliografie (Tabelul 1-1).

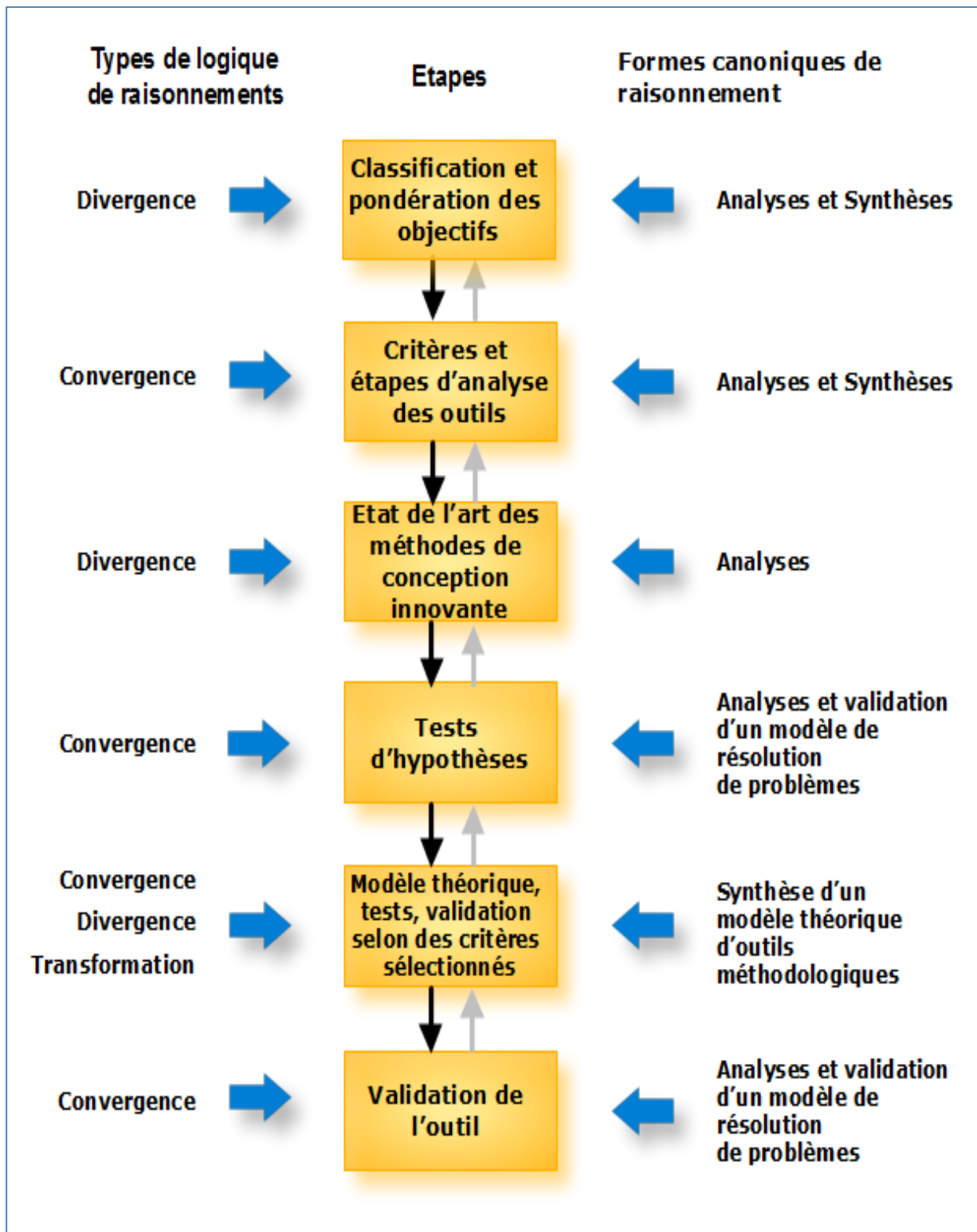
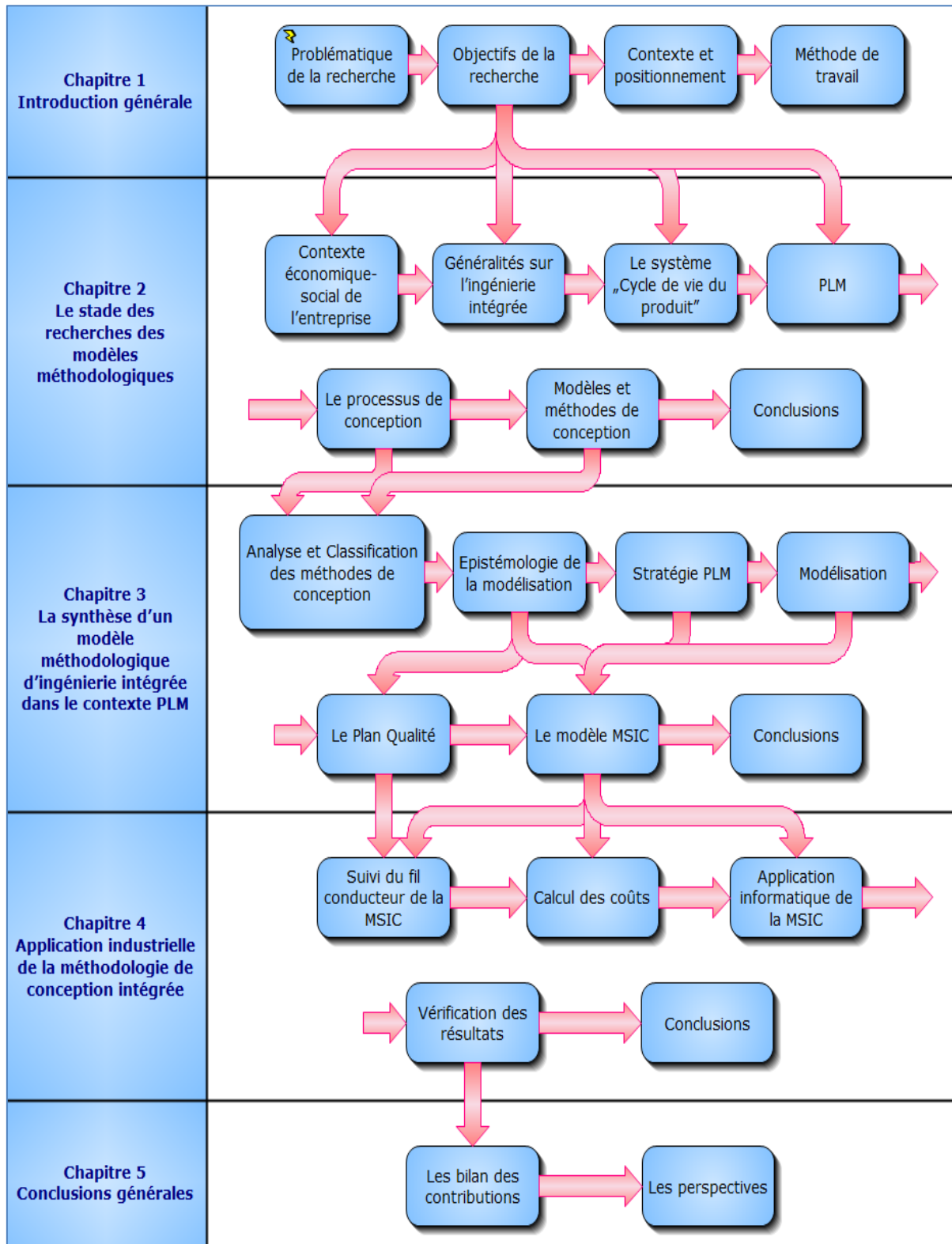


Figura 1-1 DRM modificat, metoda de lucru adoptată

Tabelul 1-1 Structura capitolelor tezei



2 STADIUL ACTUAL AL CERCETARILOR METODOLOGICE

2.1 De la secvențial la simultan

Se citeaza adesea astăzi, printre sursele de bogăție a țărilor dezvoltate acele « tehnici » de vârf care se folosesc în concepția produselor și care dau avantajul concurențial Occidentului sau Japoniei.

Citam din această multitudine de tehnici : : CIM (*Computer Integrated Manufacturing*), CAD/CAM (*Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing*), TRIZ (acronim rus de la Teoria de Rezolvare Inventivă a Problemelor - *Teorija Reshenija Izobretateliskih Zadatch* (Теория Решения Изобретательских Задач - ТРИЗ)), GMP (*Good Manufacturing Practices*), FMS (*Flexible Manufacturing System / Flexible Machining System*), DFMA (*Design for Manufacturing and Assembly*), TQC (*Total Quality Control*), CALS (*Computer Aided Acquisition and Logistic Support*), CE (*Concurrent Engineering*), SE (*Simultaneous Engineering*), IPD (*Integrated Product Development*), etc. Toate aceste tehnici au fost create cu un scop bien determinat și anume acela de a produce cât mai repede, de cea mai bună calitate și mai ieftin față de concurență.

În contextul economiei globale, întreprinderea a evoluat de la aplicarea conceptului de CIM către o entitate « *...fractală-virtuală-concurentă, în care concepția produselor se realizează după principiile ingineriei integrate* » (Drăghici, 1999).

Înainte de anii '70 activitățile de inginerie se derulau în mod secvențial și serviciile lucrau în mod izolat. Biroul tehnic transmitea dosarul tehnic "peste zid" la Serviciul de Inginerie și Producție. Acesta analiza și propunea multe modificări și retrimitea dosarul tehnic spre reanaliză la Serviciul Tehnic și așa mai departe. În modul de lucru simultan se colaborează deja în faza de analiză și definire a produsului și sunt prezente toate disciplinele. În acest caz câștigul este evident din toate punctele de vedere, nu numai pur economic, ci și calitativ, tehnic și cultural.

Dupa (Drăghici, 1999) există două demersuri (Figura 2-1) : secvențial și simultan. În figura Figura 2-2 sunt comparate cele două demersuri, secvențial și simultan din punct de vedere al cheltuielilor. Paralelizarea activităților aduce economii de timp și de calitate, datorate mai ales desfășurării simultane a activitățile de proiectare. Deciziile luate în cursul acestei faze „fixează” 80% din costul final al produsului.

2.1.1 Modelul ciclului de viață

Ciclul de viață include toate activitățile legate de existența unui sistem, începând cu identificarea nevoilor (Blanchard, 2004), continuând cu proiectarea, industrializarea și producția și terminând cu utilizarea, întreținerea, suportul tehnic și de reciclarea. Deoarece activitățile în fiecare fază interacționează cu activitățile curente din alte faze, este imperativ să se ia în considerare toate

fazele într-un tot unitar. Acesta este numele generic de ciclu de viață. Accentul pus pe modelele ciclului de viață vine din necesitatea de a controla, monitoriza și modifica procesele prezente pe tot parcursul existenței unui produs.

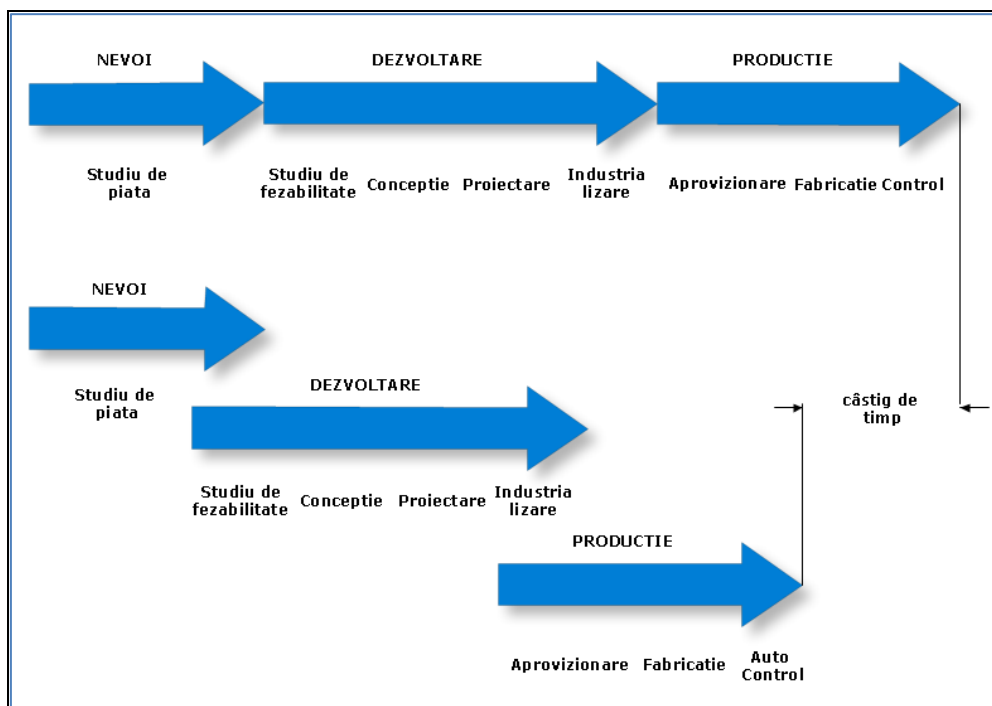


Figura 2-1 Demers secvențial vs. simultan (Drăghici, 1999)

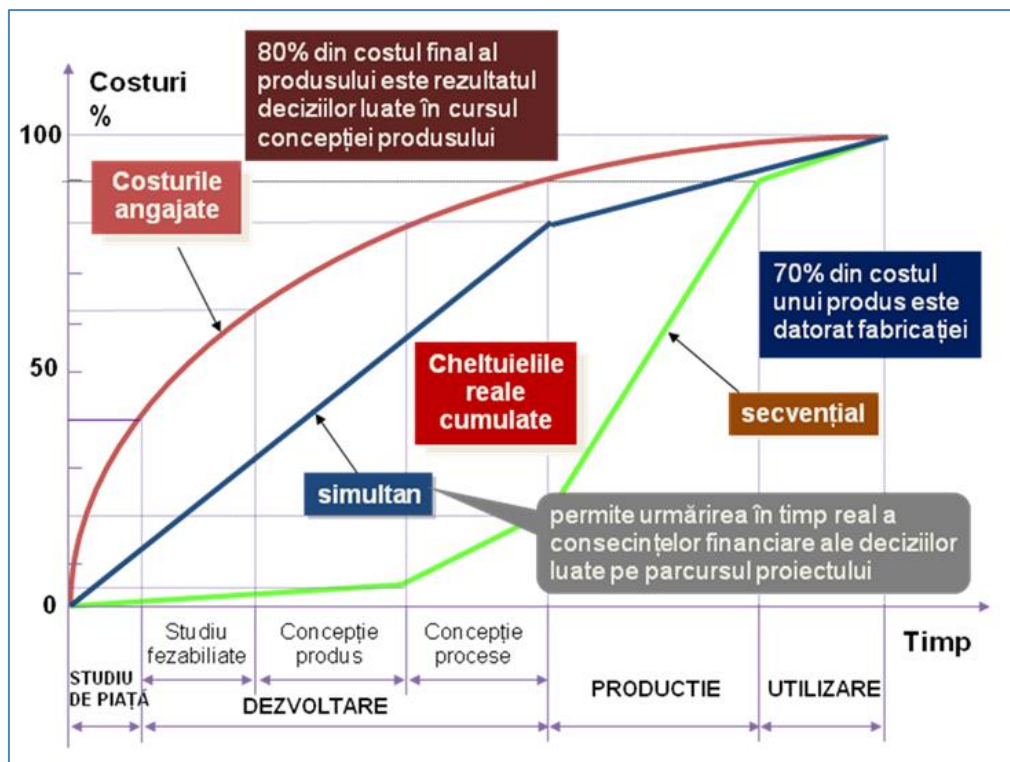


Figura 2-2 Costurile angajate și cele reale (Drăghici, 1999)

În figura de mai jos se arată importanța luării în considerare a ciclului de viață; astfel se constată că peste 75% din produse au o durată de viață de aproximativ 10 ani (Figura 2-3).

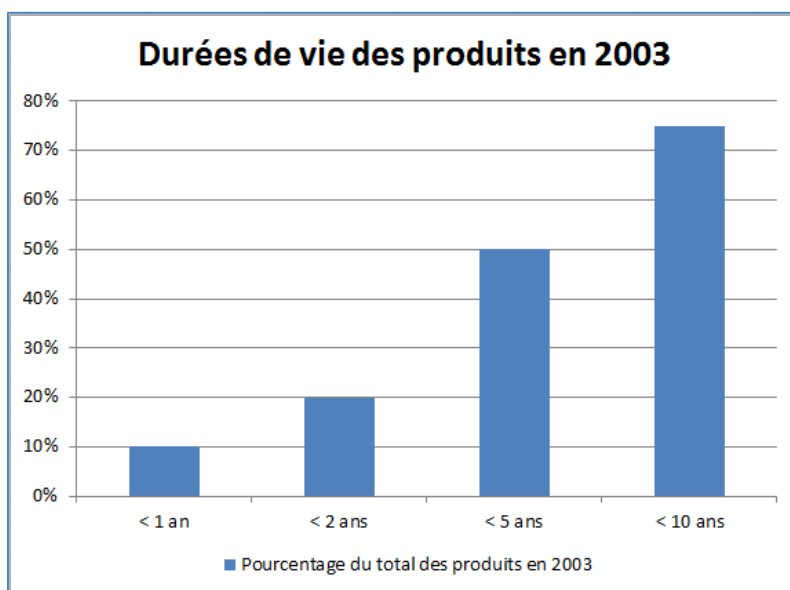


Figura 2-3 Durata de viață a produselor în 2003 (Stark 2005)

În abordarea ciclului de viață se ține cont și de conceptul de PLM deoarece acesta este o noțiune mai vastă deoarece înglobează toate procesele desfășurate pe durata vieții unui produs, de la idee, macheta numerică și pînă la retragerea de pe piață a produsului (Figura 2-4).

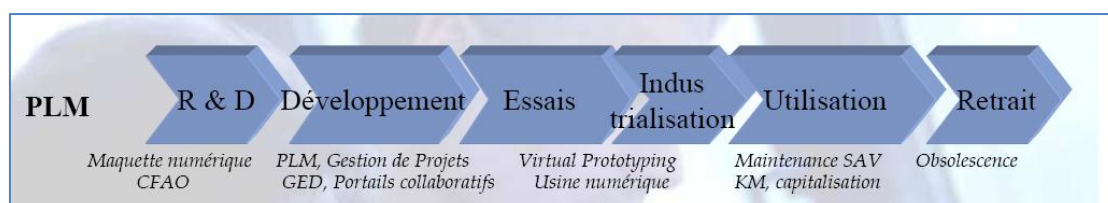


Figura 2-4 Product Life cycle Mangement - PLM (Dassault)

Înafara modelului simplificat prezentat mai sus mai există în literatură și alte modele: secvență de faze (Pahl ș.a., 2007) « spiral » (bine adaptat la proiectarea cu grad ridicat de risc), în « V » (*top-down* și *bottom-up*) și altele. Scopul folosirii acestor modele a fost acela de a introduce un demers logic de integrare a tuturor proceselor parțiale în cadrul global al ciclului de viață. Până la urmă se remarcă o anumită complementaritate a modelelor, accentul punându-se când pe un aspect, când pe altul din cadrul ciclului de viață.

2.2 Product Lifecycle Management - PLM

2.2.1 Conceptul de PLM

PLM, acronimul lui *Product Lifecycle Management*, este un concept (devenit între timp un standard) care se ocupă de întregul ciclu de viață al

produselor fabricate, de la studiile preliminare până la mentenanță și sfârșitul duratei de viață. „Strămoșul” PLM-ului este PDM (*Product Data Management*) care la origini se ocupa cu gestiunea datelor tehnice produse de sistemele de CAD/CAM (fișiere CAD, planuri, desene, documentație, etc.) în faza de concepție a produselor. PLM este un mod sistematic pentru a proiecta, gestiona și controla toate informațiile necesare pentru a documenta produsul-sistem pe parcursul întregului ciclu de viață, de la proiectare la dezafectare (Saaksvuori și Immonen, 2004). Potrivit lui (Stark, 2005), „*PLM este noua paradigmă a întreprinderilor de astăzi*”. Conceptul de PLM include, deasemenea, gestiunea tuturor proceselor din întreprindere (*workflows*) în relație cu documentația aferentă.

PLM este uneori integrat cu un ERP (*Enterprise Resource Planning*), pentru a putea face schimb de informații în timp real între departamentul de proiectare și departamentele de management și de fabricație ale întreprinderii.

2.2.2 Entitățile lui PLM

Dăm mai jos, în mod succint, câteva din entitățile principale ale unui sistem PLM (Figura 2-5).

- *File Vault*. Este sistemul central de servere de fișiere de tip CAD/CAM, Microsoft Office, etc. Printre alte funcții, el menține baza de date și gestionează drepturile de acces la această bază ale utilizatorilor.
- Gestiunea documentelor. Conține indexul (meta-date) informațiilor conținute în *File Vault*.
- Gestiunea Structurii de informații a produselor. Este o rețea de articole conectate în mod ierarhic.
- Gestiunea configurației. Gerează schimbările proprietăților fizice ale produselor similare.

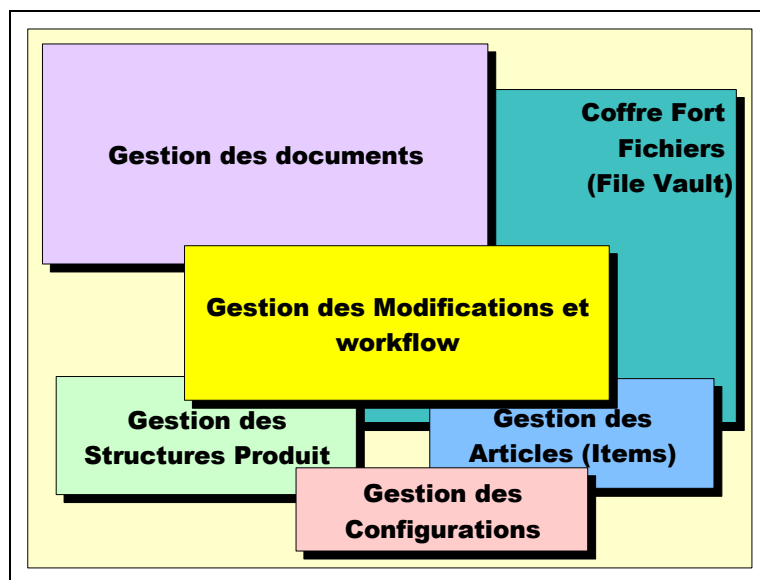


Figura 2-5 Gestiunea entităților din PLM

- Gestiunea Articolelor (*Items*). Creează, menține și controlează informațiile privind Articolele și ciclul lor de viață.
- Gestiunea Modificațiilor. Validează versiunile unui articol (*item*) în cadrul ciclului de viață.

- Gestiunea activităților/mesajelor (*workflow*). Gestiunea comunicării prin grafice, e-mail-uri sau liste de activități.

În concluzie, putem nota că implementarea unor sisteme de tip PLM rămâne foarte complexă și analiza unor indicatori ca ROI (Return of Investments) nu aduce multe clarificări. O cale ar fi să se definească modele integrate de ciclu de viață care ar avea ca referință faza de concepție a sistemului-produs. Acest lucru ar promova conservarea și utilizarea optimă a patrimoniului tehnic al companiei, cu obiectivul de a avea controlul costurilor și a întârzierilor prin capitalizarea de *know-how*.. "*Sistemele PLM sunt în mod inerent instrumente de capitalizare, ... au o vocație de a integra cunoștințele.*" (Roucoules ș.a., 2006).

2.3 Procesul de concepție

Înainte de analiza modelelor existente de concepție ar trebui menționate tipurile de raționament folosite ca logică de acțiune (Asimow, 1962) : divergența, transformarea și convergența. Aceste tipuri au un rol structurant în procesul de concepție și ne orientează în spațiul căutării soluțiilor la problemele puse de proiectarea sistemelor.

2.3.1 Integrarea nevoilor clientului

Înainte de a ne ocupa de procesul de concepție propriu-zis nu putem să accentuăm faptul că un bun proces de concepție nu poate debuta fără o bună integrare nevoilor clientului (*Voice of Customer - VOC*). În acest sens menționăm metoda QFD (*Quality Function Deployment*) inventată în 1966 de profesorul Yoji Akao, metodă care va fi amplu folosită și îmbogățită în cadrul cercetării noastre (Figura 2-6).

Metoda QFD este un proces structurat (în "cascada"), care începe cu identificarea de așteptările clienților, continuă cu definirea funcțiilor care reflectă aceste așteptări, și apoi cu deducerea mijloacelor necesare pentru punerea în aplicare a acestor funcții.

2.3.2 Modele de concepție

Începem prezentarea modelelor de concepție prin a menționa Modelul iterativ simplificat care va juca un rol important în modelizarea propriei metodologii MSIC (Metodologie Sistematică și Integrată de Concepție). Acest model reprezintă o secvență elementară de operații de concepție definită de Maurice Asimow (Figura 2-7) : explorarea soluțiilor alternative, formularea unor modele matematice, specificații ale compozanților sistemului, alegerea materialelor, etc. Noi vom integra acest modul în activitățile elementare ale celor șapte faze ale ciclului de viață. Vom menționa câteva tipologii ale procesului de concepție (Dieter și Schmidt, 2007) : inovativă, adaptativă, re-concepție, selectivă și « *design* » industrial.

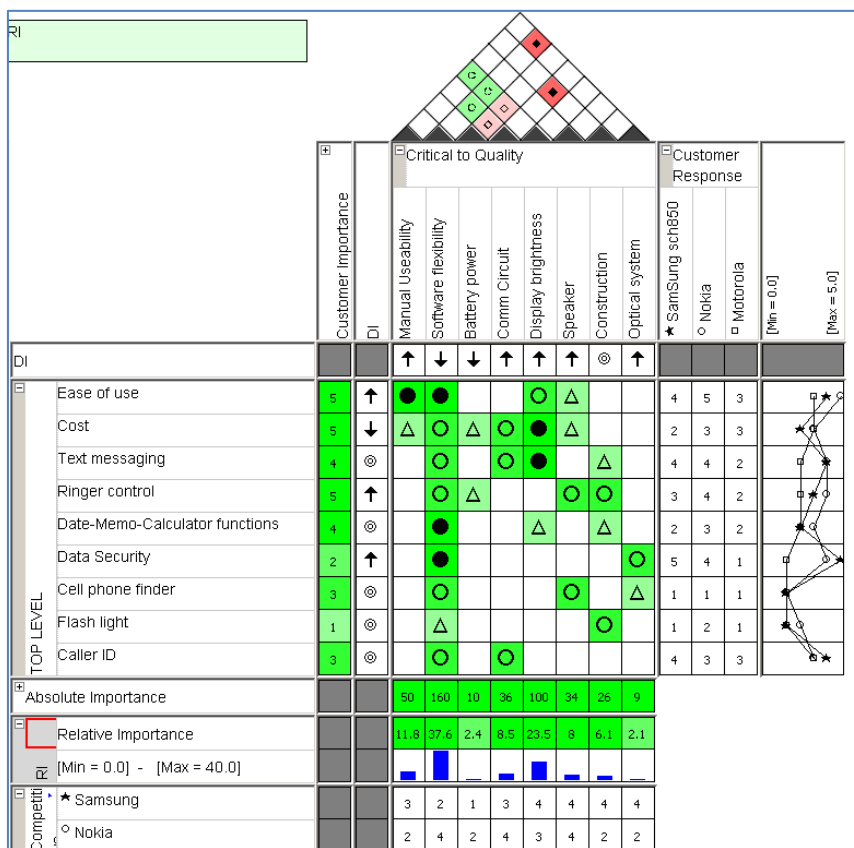


Figura 2-6 QFD sau « Casa Calității » (Axiomatic Design Solutions, Inc.)

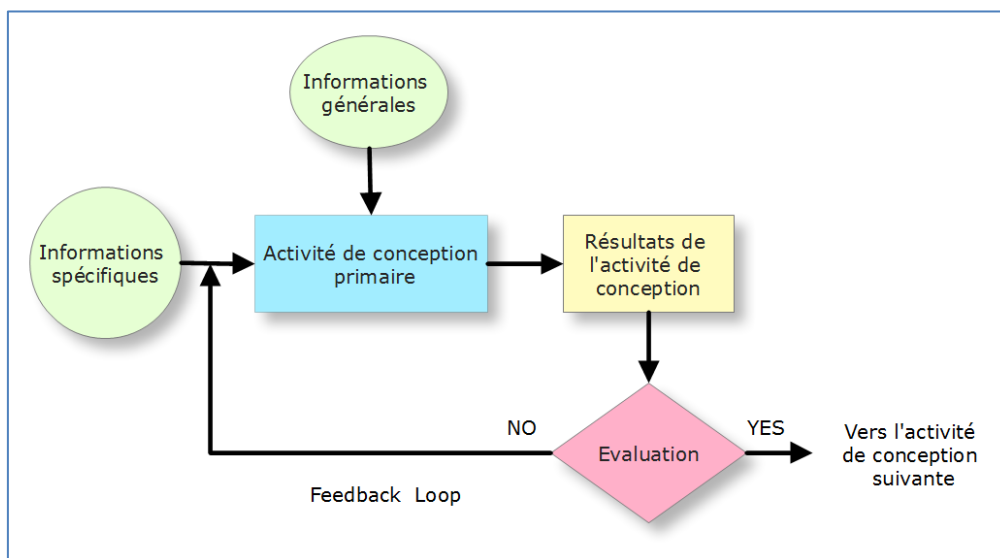


Figura 2-7 Modulul de bază al procesului de concepție (Asimow, 1962)

Având în vedere că statutul epistemologic al concepției a fost reconsiderat, literatura de specialitate ne oferă o multitudine de modele. Menționăm că obiectivul nostru a fost de a prezenta și analiza modele ale procesului de proiectare și al întregului ciclu de viață și nu ne-am interesat de mijloacele metodologice utilizate ocazional. În conformitate cu lucrările lui Dixon (1987) și Evbuomwan (1996) principalele tipuri de modele de concepție se împart în trei categorii:

- a. Modelele **prescriptive** ne propun o procedură de concepție, de exemplu modelul de *Engineering Design* al lui (Pahl ș.a., 2007) pune pe primul plan convergența ca logică principală de acțiune de concepție (Figura 2-8) ;
- b. Modelele **descriptive** (cognitive) au ca obiectiv descrierea activității conceptorilor așa cum au făcut cei de la *Research in the Design Thinking* (Cross ș.a., 1992) ;
- c. Modelele așa numite **compuționale** care integrează tehnicile numerice și calitative ale inteligenței artificiale tot de la *Research in the Design Thinking* (Cross ș.a., 1992).

În încheiere mai menționăm, pentru interesul cercetării noastre, cele cinci principale *conceptual designs*, după (Perrin, 2001) :

1. Demersul de concepție văzut ca o succesiune ierarhică de faze diferite, ca de exemplu Pahl și Beitz (Figura 2-8), Ulrich și Eppinger, VDI 2222 și AFNOR X50-127) ;
2. Demersul de concepție văzut ca o iterație a unui ciclu elementar de concepție : Roozenburg și Eekels, March ;
3. Demersul de concepție văzut ca un fenomen emergent de auto-organizare care se construiește începând de la interacțiunile născute în cadrul unui grup de conceptori ;
4. Demersul de concepție văzut ca un proces cognitiv ;
5. Demersul de concepție văzut ca o formă de conversație.

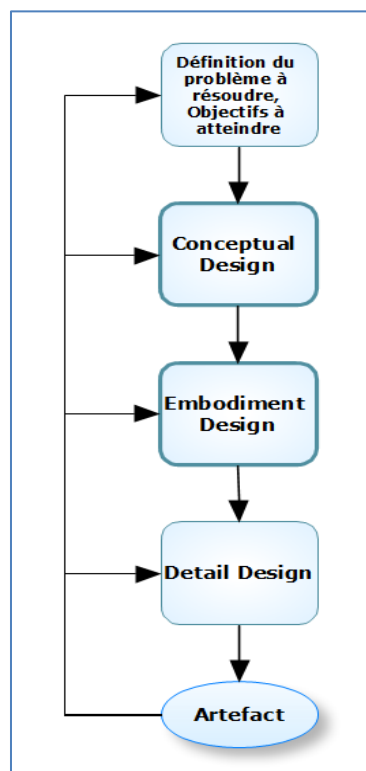


Figura 2-8 Fazele concepției (Pahl ș.a., 2007)

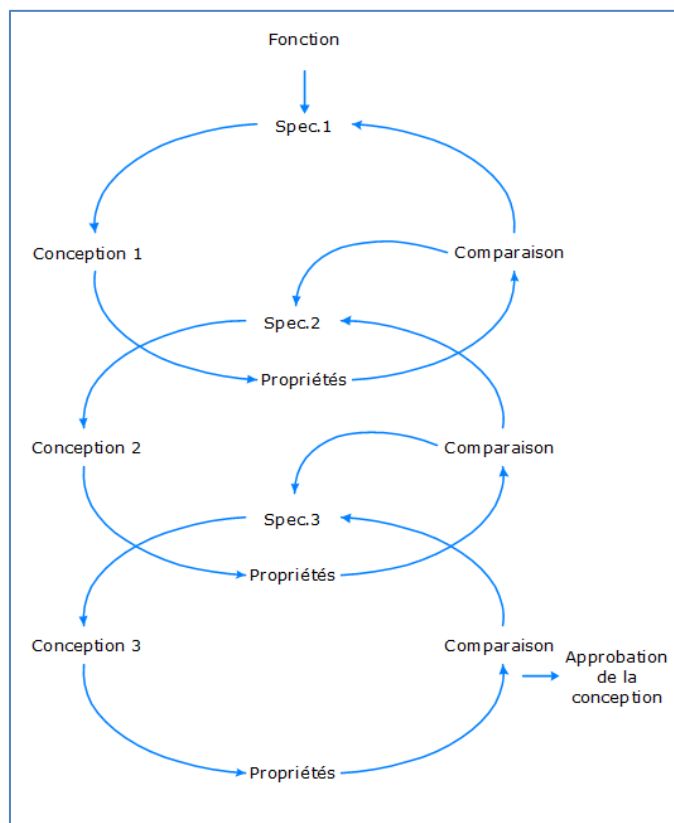


Figura 2-9 Structura iterativă a concepției (Rozenburg și Eekels, 1995)

Nu înainte de a termina « inventarul » nostru mai menționăm modelele FBS și cel al lui Suh (model bazat pe noțiunea de domeniu) (Figura 2-10) considerând că acestea vor avea o incidență destul importantă asupra sintezei pe care o vom face în capitolul următor.

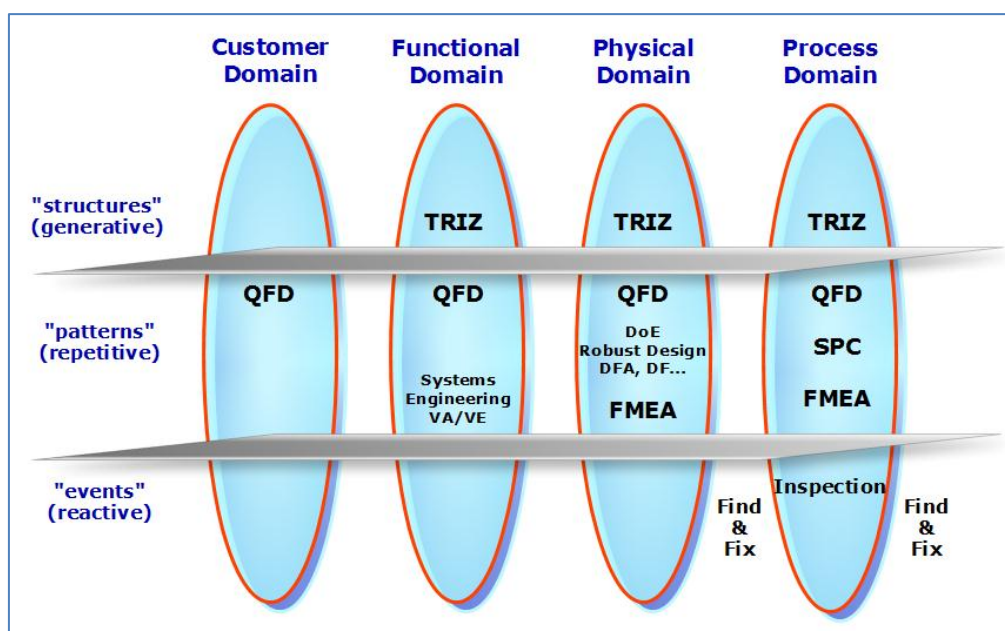


Figura 2-10 Modelul axiomatic (Suh, 1990)

2.4 Concluzii

Cea mai importantă concluzie care se desprinde din acest capitol este faptul că scopul proiectării este acela de a satisface nevoile clienților. Prin aceasta recunoaștem, implicit, locul central pe care procesul de concepție îl are în ciclul de viață al unui produs/sistem. Putem conchide că sinteza unui model metodologic nou trebuie să pornească de la procesul de concepție. În plus, în acest capitol, am mai dedus caracteristicile cele mai importante ale procesului de concepție care ne vor folosi la stabilirea propriului nostru model :

- Concepția poate fi asimilată unei activități de rezolvare a problemelor ;
- Concepția are o natură iterativă : o buclă se stabilește între soluțiile parțiale și o alta poate reveni la definirea problemei trecând prin soluții alternative ;
- Concepția implică evaluarea alternativelor și luarea de decizii ;
- Rezultatele proiectării trebuie să fie comunicate într-o manieră corectă : proiectantul își petrece 60% din timpul său în discuții și pregătirea documentelor legate de proiectare și numai 40% în analiză, teste și în concepție propriu-zisă ;
- Activitățile de proiectare trebuie să fie documentate cu scopul de a îmbogăți baza de cunoștințe și implicit de a spori experiența (*know-how*) ;
- Căutarea informațiilor trebuie să fie subordonată definirii problemei de proiectare.

3 SINTEZA UNUI MODEL METODOLOGIC

Conceptul de metodologie poate avea două sensuri după (Perrin, 2001) : a) procedurile și prescripțiile de urmat pentru atingerea unui anumit scop, și b) un sens mai larg de reflecție (*logos*) asupra unor practici. Acest din urmă sens ne trimite la un domeniu conex, acela al epistemologiei cunoștințelor și cel al metodologiilor de concepție. Putem adăuga că metodologia de concepție este studiul principiilor, tehnicilor, practicilor și procedurilor de concepție și aplicarea lor în rezolvarea problemelor de concepție (Cross, 1992). În concluzie (Favre, 2004), putem spune că modelul este o reprezentare a sistemului de concepție (Figura 3-1).

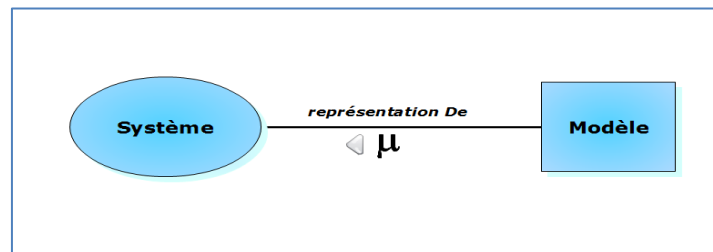


Figura 3-1 Relații între sistem și model

Construcția unui model este un demers interdisciplinar sistemic care corespunde etapelor descrise în (Figura 3-2) : investigația sistemică (construcția obiectului), modelizarea calitativă și modelizarea dinamică și simularea.

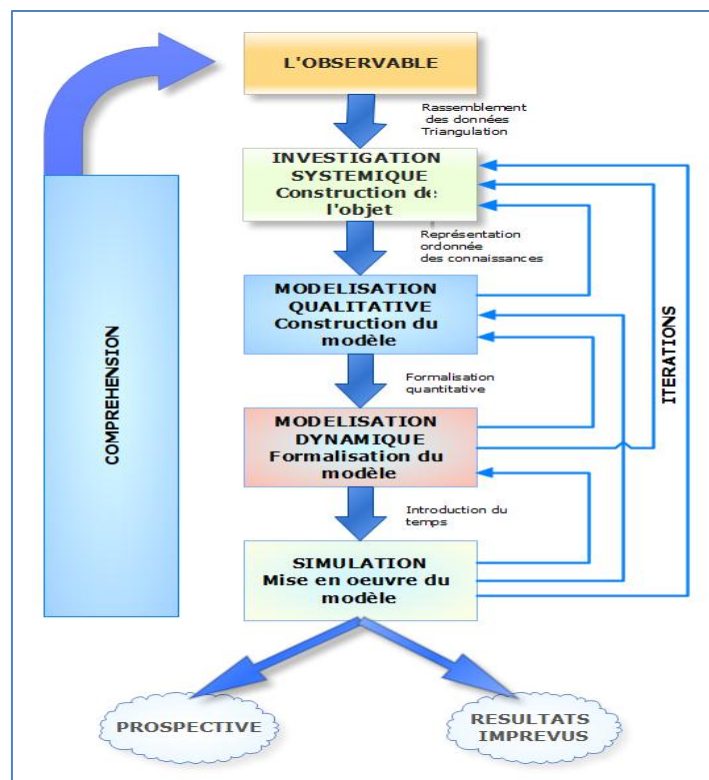


Figura 3-2 Etapele demersului sistemic (Donnadieu, 2008)

3.1 Câteva elemente epistemologice și ontologice

Din punctul de vedere al investigației sistemice (face parte dintr-un punct de vedere epistemologic al problemei de modelare) am ales metoda definită de (Moigne, 1984) numită « *la triangulation systémique* » care permite, concomitent, investigarea aspectelor funcțional, structural și istoric într-o manieră complementară. Elicea definește deplasarea observatorului de la o vedere la alta pentru a profunzina obiectul de studiat (Figura 3-3).

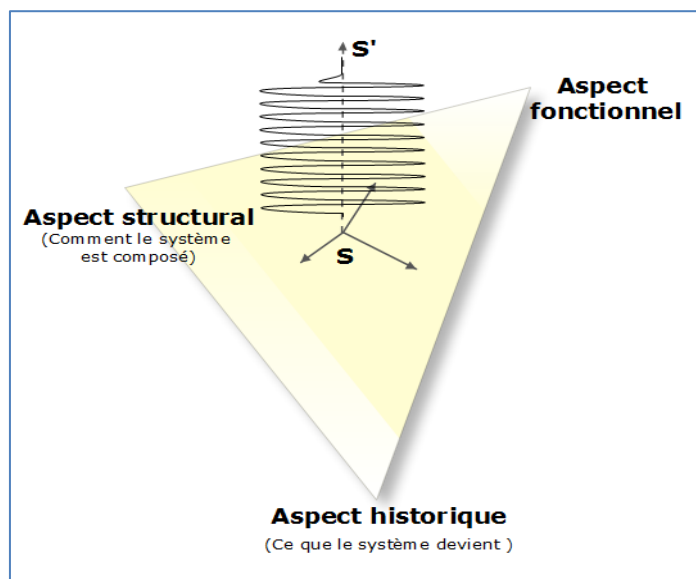


Figura 3-3 Triangulizarea sistemică (Moigne, 1984)

Luând ca model de ciclul de viață (Pahl și Beitz, 2007) am sistematizat fluxul de informații, materiale și resurse (financiare, umane, etc), (Tabelul 3-1).

Tabelul 3-1 Cele trei fluxuri de-a lungul ciclului de viață al unui sistem

Flux de :	Marché, Objectif interne à l'entreprise	Planification du produit	Conception et Développement	Production, Assemblage et Tests	Mise en service	Utilisation et Maintenance	Récupération et Recyclage de l'énergie	Elimination
Information	←-----→							
Matière	←-----→							
Ressources	←-----→							

Conceptul de PLM necesită adoptarea unui demers holistic, care ia în considerare sistemele, informațiile, procesele, tehnicile, competențele, etc. pentru a constitui modele comune și refolosibile numite ontologii (Figura 3-4). În continuare am definit produsul ca un concept de ierarhie ontologică a trei clase : *Pmaster*, *Pview*, *Pobject*. Aceste clase definesc în întregime, prin instanțiere, proprietățile importante ale produsului. Pentru aplicarea practică a acestei ontologii se parcurg, în general, trei etape : a) descrierea tehnică a produsului ; b) definirea ierarhiei asamblajului produs ; c) implementarea sistemului-produs

în Protégé-OWL¹. În încheiere s-au analizat formele de interoperabilitate a ontologiilor : *mapping*, *merging* și *alignment* în scopul investigării semanticii specifice domeniului PLM.

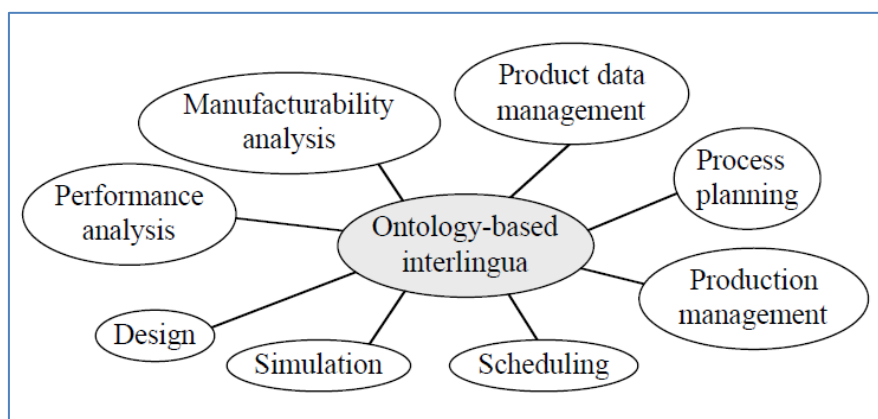


Figura 3-4 O ontologie comună între entitățile (procesele) unui ciclu de viață

În figura de mai jos dăm exemplul claselor ontologice ale produsului (Figura 3-5). Această semantică va fi utilizată în două domenii : analiza nevoilor clienților și analiza funcțională, din cadrul instrumentului numit « Plan qualité ».

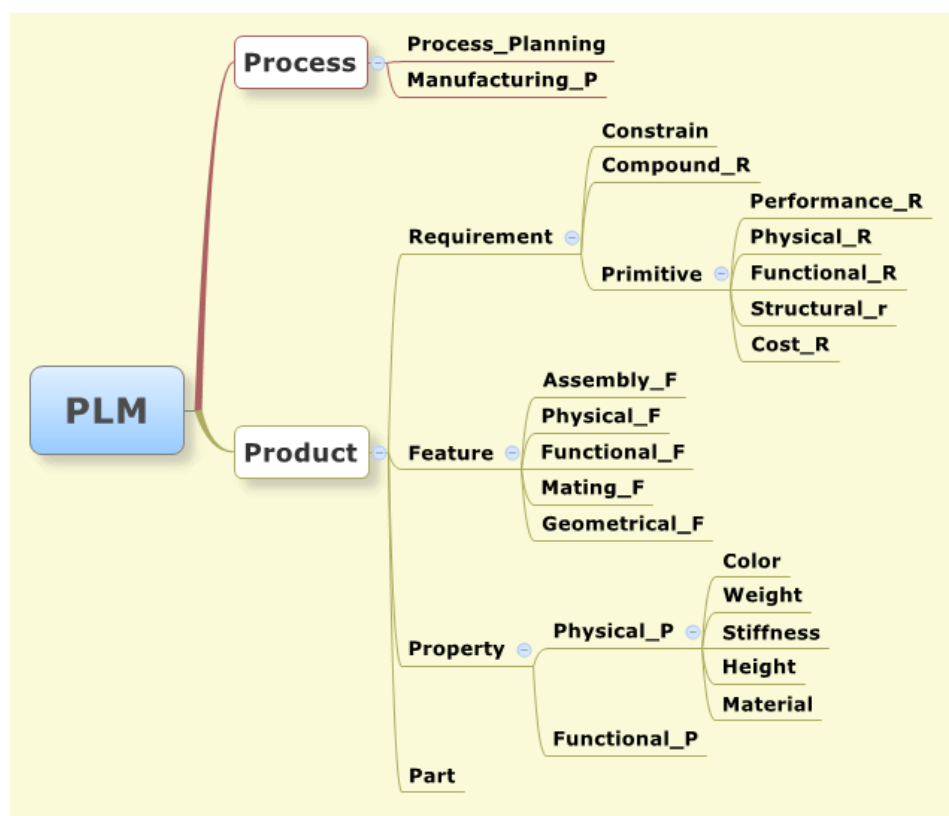


Figura 3-5 Principalele concepte extrase de TOVE (Mostefai, 2001)

¹ Protégé este un editor de ontologii și de structuri de bază de cunoștințe de tip « open source » gratuit, oferit de Stanford University, <http://protege.stanford.edu/>.

3.2 Modelarea

Modelul obținut se numește MSIC, acronim de la *Méthodologie Structurée et Intégrée de Conception* (Metodologie Structurată și Integrată de Concepție).

3.2.1 Modelul « faze-activități »

Acesta reprezintă una din contribuțiile personale la modelizarea procesului de concepție și a ciclului de viață a sistemului. Modelul prevede descompunerea în ciclului de viață în faze, care se descompun la rândul lor după o structură piramidală până la al IV-lea nivel, unde se situează activitățile elementare. Printre proprietățile specifice acestui model enumerăm : granularitatea, amplitudinea, circularitatea și interferența (Figura 3-6).

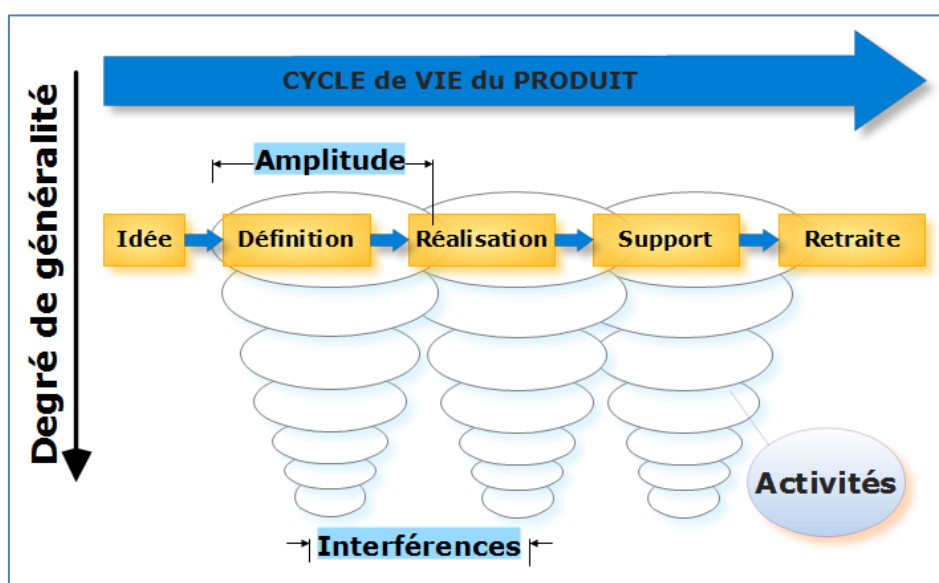


Figura 3-6 Modelul « faze-activități » în ciclul de viață

3.2.2 Modelul de activitate elementară

Un alt element personal este modelul de activitate elementară care este orientată în mod dublu spre :

- a. finalitatea acțiunii (enunțarea scopului și listarea acțiunilor de realizat),
- b. conținutul acțiunii care include și aspectele organizatorice, ca numele serviciilor implicate în activități, numele factorilor decizionali.

În definirea acestui model ne-am sprijinit pe modelul oEPC care este unul din standardele de modelizare utilizate în industria germană. El comportă șase domenii de baza și un evantai destul de larg de relații predefinite (Tabelul 3-2). În Figura 3-7 am adaptat modelul din Tabelul 3-2 în funcție de nevoile noastre am obținut fișa de descriere a unei activități elementare.

Tabelul 3-2 Modelul activității elementare MSIC

	Phase	Tâche	Objectif	Résultat attendu	Méthode	Activités à réaliser	Attribution (Phase)	Attribution (Ressources)	Décideur
Phase									
Tâche									
Objectif									
Résultat attendu									
Méthode									
Activités à réaliser									
Attribution (Phase)									
Attribution (Ressources)									
Décideur									

<p>PHASE : DEFINITION DU PRODUIT</p> <p>N° PHASE : MSIC 33</p> <p>TACHE : Méthodes d'industrialisation</p> <p>RESULTAT ATTENDU : Revue contrôle des coûts no1.</p> <p>METHODE :</p> <p>ACTIVITES à réaliser : Faire un dossier d'avant projet, afin de le présenter à la revue des contrôle des coûts RMSIC 33.</p> <p>ATTRIBUTIONS : DIRECTION, VENTE, BT, BM, PRODUCTION</p> <p>DECIDEURS : DIRECTION</p>

Figura 3-7 Fișa de descriere a unei activități elementare (MSIC)

De exemplu, în figura de mai sus se arată aplicarea modelului de descriere a unei activități elementare de nivel II (MSIC33) în cadrul fazei MSIC1-Definirea produsului.

3.2.3 Planul calitate

Utilizarea metodei QFD este cunoscută de mult timp. Noi am adaptat-o pentru a putea răspunde în mod corect necesității de a integra nevoile clienților și de a alimenta mecanismele care compun funcționarea QFD (Figura 3-8). Această modificare constituie o contribuție personală importantă la definirea finală a modelului MSIC.

Planul Calitate („Plan qualité”) începe prin a defini nevoile clientului pentru a le converti, apoi, în funcții ale sistemului de conceput. Funcțiile sunt analizate și se stabilesc descrierile tehnice, performanțele, cuantificarea sau nivelul criteriului, flexibilitățile și indicatorul de negociabilitate a flexibilității (Oriță și Drăghici, 2010).

Este important să se precizeze clasa de flexibilitate în cazul unei oferte și un coeficient de importanță relativă pe o scară de ierarhie a funcțiilor de la 1 la 5.

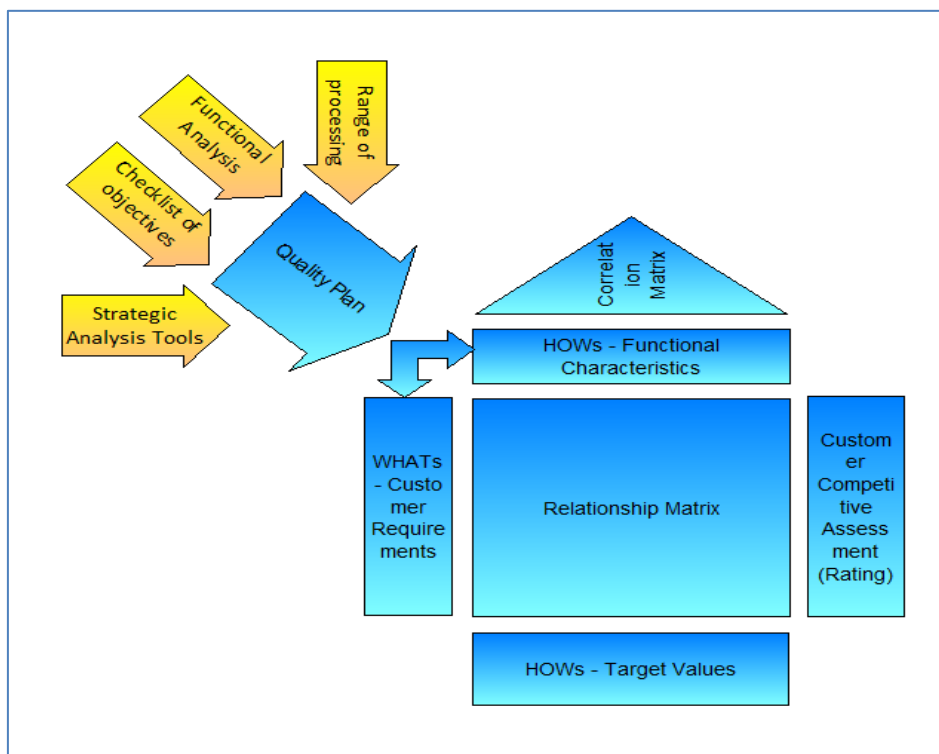


Figura 3-8 Relația între Planul Calitate și QFD (Oriță ș.a., 2011)

Planul calitate acompaniază activitățile derulate în cadrul ciclului de viață al sistemului, în special în primele două faze, și este un rezumat al specificațiilor tehnice ale acestuia, disponibil ca referință, în special în faza de dezvoltare și industrializare. Am vrut să integrăm în acest instrument de calitate a concepției cele trei aspecte ale obiectului de studiat menționate de (Donnadieu, 2008) : funcțional, structural și istoric. Acest lucru oferă avantajul de a oferi o viziune multi-perspectivă a sistemului și permite stabilirea priorităților de dezvoltare, fără însă a complica abordarea metodologică.

Din punct de vedere formal instrumentul se prezintă sub forma unui clasor Excel cu mai multe file care conțin : obiectivele produsului secundar (clase ontologice de nevoi), calitatea cerută (CE(QUOI)), caracteristica calității (CUM (COMMENT)), matricea calitate (CE-CUM), matricea de validare, FMEA, TRIZ, etc.

Originalitatea acestui instrument constă în modul în care sunt folosite metodele AF, Gama procesului de transformări ale produsului, Organigrama tehnică a produsului, FMEA, TRIZ, etc. pe parcursul ciclului de viață.

Am dori să subliniem importanța clasării poziției produselor față de client pe care noi am creat-o și am folosit-o în cadrul Planului calitate (Figura 3-9).

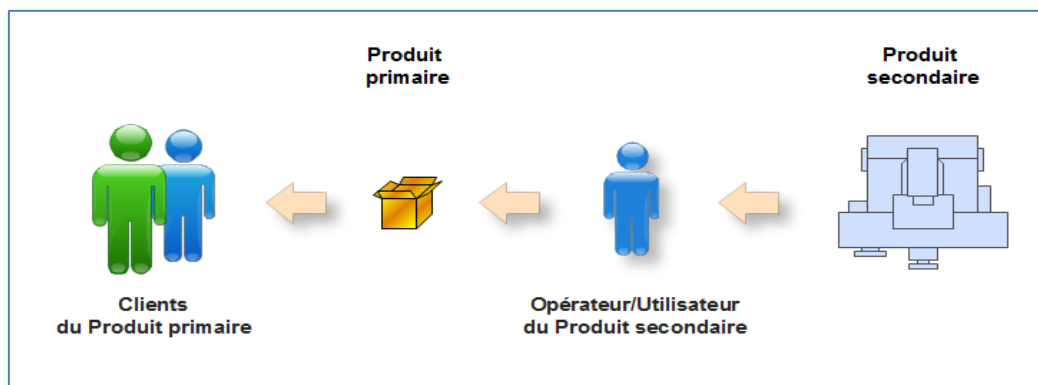


Figura 3-9 Positionarea produselor primare/secundare

3.2.4 Integrarea metodelor în MSIC-PLM

În Figura 3-10 se prezintă modul original de poziționare și interacțiune a metodelor și mijloacelor desfășurate în cadrul ciclului de viață MSIC-PLM.

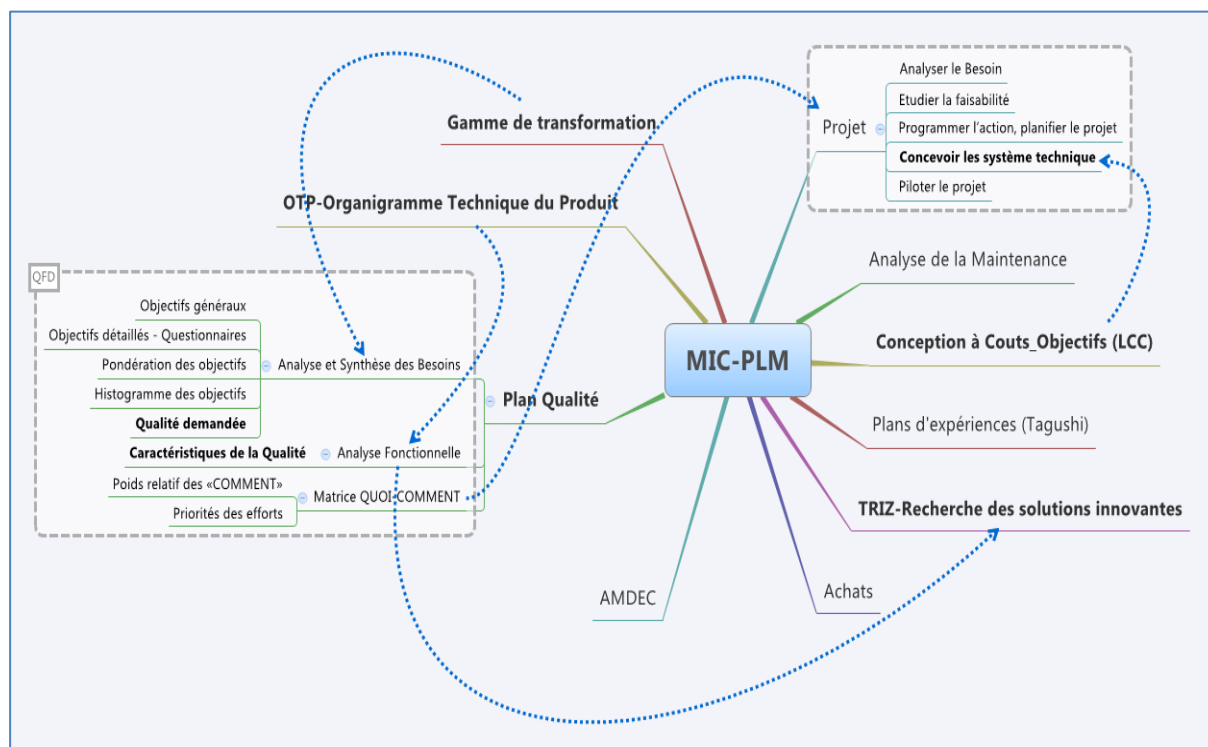


Figura 3-10 Integrarea metodelor (« outils ») în MSIC-PLM

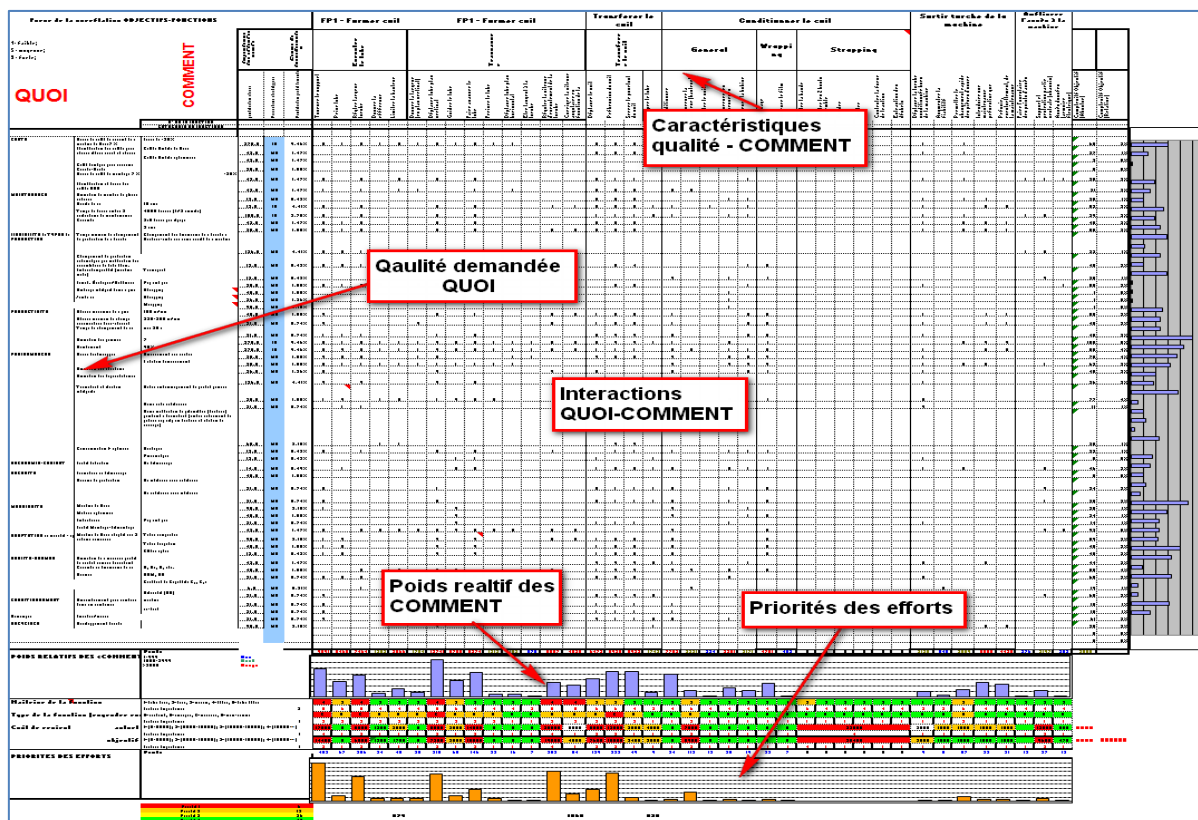
În figura de mai sus se remarcă trei zone și interacțiunile dintre ele : a) zona caracteristicilor calitate integrate în Planul calitate : QFD, AF, AMDEC ; b) zona caracteristicilor de proiect : planificarea acțiunii, organizarea resurselor, pilotajul proiectului/programului și c) zona concepției inovante (TRIZ, LCC).

3.2.5 Matricea interacțiunii obiective-funcții (CE-CUM)

Reprezintă sinteza analizei lui CE și CUM (Akao, 1993). Interacțiunea dintre linii și coloane este ponderată în interiorul matricei. Prin integrarea acestor

ponderări se obține greutatea relativă a CUM (caracteristicile calității) sau prioritatea eforturilor de proiectare (concepție). Prioritatea eforturilor integrează funcțiile sistemului, prețul lor de cost și tipul funcției (noi, existente, similare sau necunoscute).

Tabelul 3-3 Matricea calității



3.2.6 Concluzii

Putem enumera câteva concluzii privind Planul de Calitate : a) Planul de Calitate definește "vocea consumatorului" și o integrează în procesul de proiectare al companiei; b) Instrumentul pregătește faza de concepție conceptuală și utilizarea lui debutează înainte de crearea modelelor 3D (CAO); c) Matricea de calitate este o sinteză a caietului de sarcini, de la ea se definesc ponderile relative ale funcțiilor (CUM) și prioritățile eforturilor de dezvoltare; d) Planul calitate are un rol important în definirea strategiei de dezvoltare și reprezintă un instrument integrat („*boîte à outil*”) în cadrul modelului metodologic, e) Utilizarea sa este descrisă în conținutul activităților MSIC care aparțin fiecărei faze a ciclului de viață.

3.3 Modelul MSIC

În figura de mai jos prezentăm într-un formalism MindMap cele șapte faze ale MSIC (Metodologie Structurată și Integrată de Concepție).

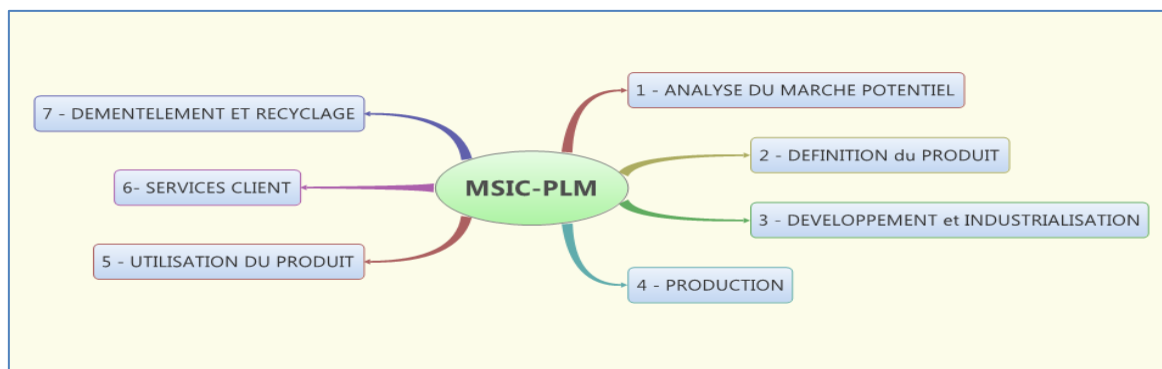


Figura 3-11 Cele șapte faze ale MSIC

Decupajul în faze nu reprezintă o noutate absolută în sine. Originalitatea modelului MSIC rezidă în integrarea metodelor și mijloacelor, ca : Plan Calitate, Gama de transformare, Organigrama tehnică, etc., în cadrul ciclului de viață. MSIC este cunoscut sub două formalisme : a) de tip *flow-chart* cu accentul pus pe logica fluxului de activități și pe descompunerea piramidală a celor șapte faze ale ciclului de viață, și b) de tip clasor Excel (MS Office) cu accentul pus pe caracteristicile ontologice ale activităților elementare. La modelarea ciclului de viață s-a pus accentul pe faza de MSIC 2 - Definiția produsului și pe faza MSIC 3 - Dezvoltare și Industrializare, considerându-se că în aceste faze se creează valoarea adăugată a produsului și se iau deciziile cele mai importante cu privire la costuri.

În conformitate cu Figura 3-12, descompunerea fazelor se aseamănă sistemului IDEF0 simplificat (nu se face o reprezentare completă a tuturor fluxurilor). Principiul de reprezentare este arborescent, fiecare fază are patru nivele: subfaze, etape și activități. Ultimul nivel (activități) are un conținut pronunțat, ceea ce permite să se dea o orientare de gestiune de proiect, dacă se dorește planificarea unui produs. Pentru a descrie activitățile de la ultimul nivel (nivelul IV) am utilizat modelul iterativ simplu, model descris în capitolul 2.5.4.2 al tezei.

În descrierea activităților am ținut cont de caracterul inovator al concepției (Dieter și Schmidt, 2007) și am integrat utilizarea metodelor prezente în Planul calitate. Soluțiile și specificațiile evoluează simultan (Rozenburg și Eekels, 1995) și țin cont de structura iterativă a rezultatelor activităților de fezabilitate (Capitolul 2.6.3 din teză). În Figura 3-13 am arătat diferența dintre fluxurile celor patru tipuri de produse :

- A – produse analoge,
- B – produse cu modificări minore (de tip parametric),
- C – produse parțial noi,
- D – produse noi.

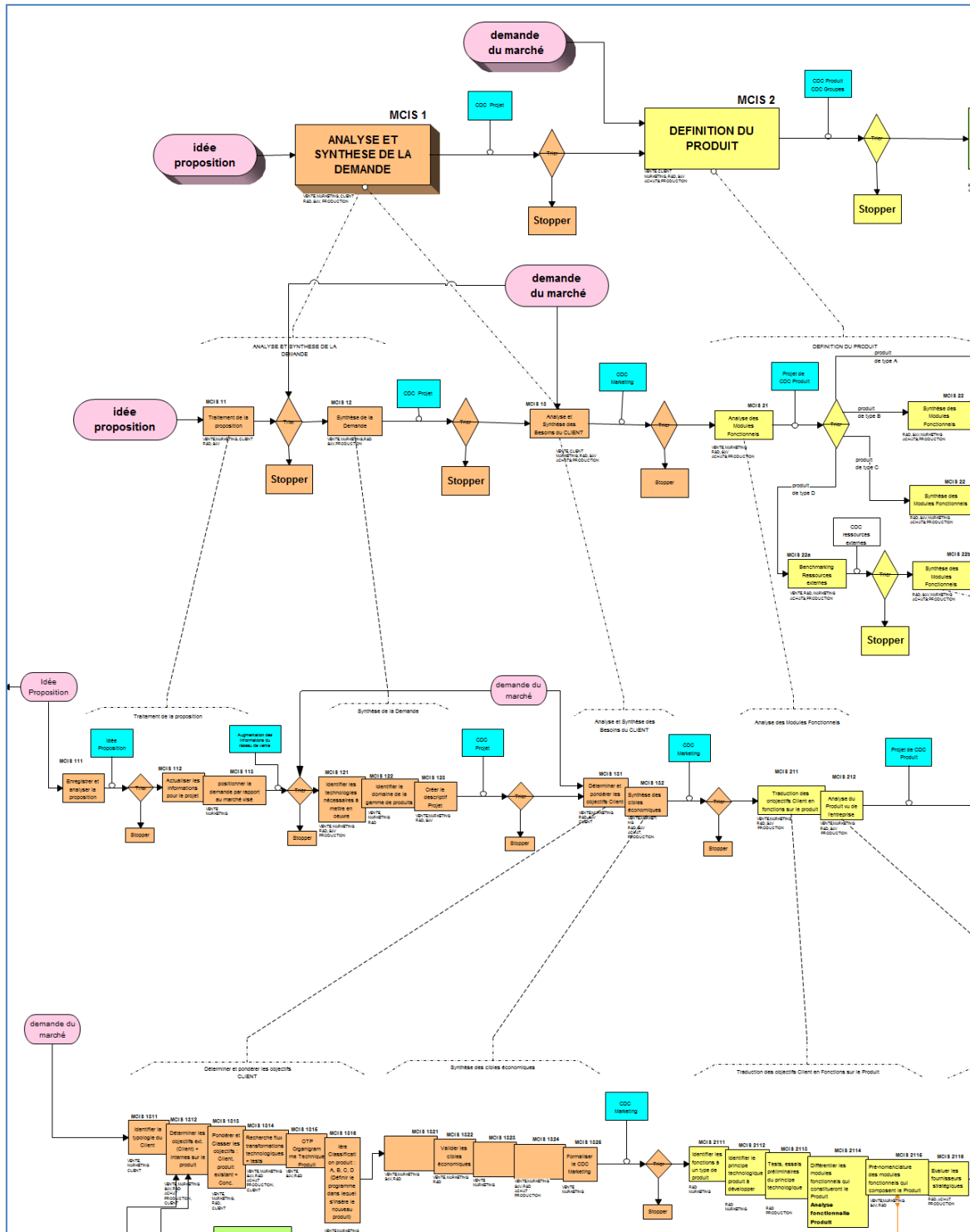


Figura 3-12 Vedere generală a celor patru nivele MSIC1 și MSCI 2

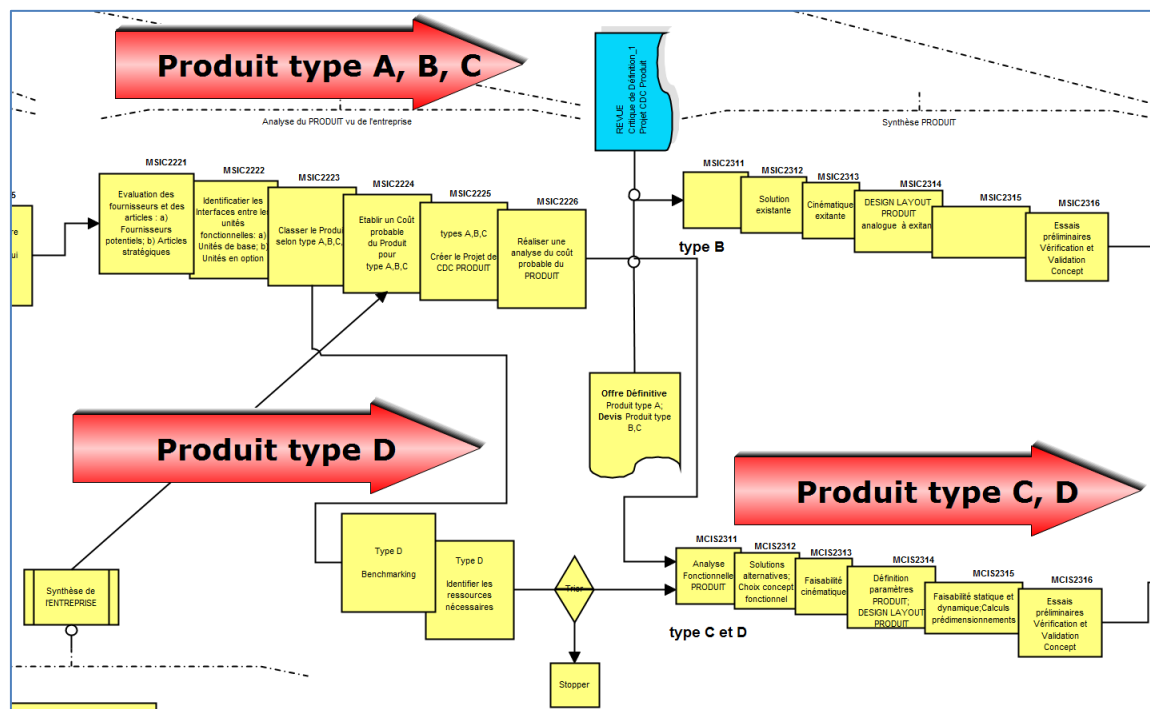


Figura 3-13 Vedere parțială a fluxurilor diferențiate ale MSIC2

Fazele MSIC3, MSIC4, MSIC5, MSIC6 și MSIC7 sunt descrise în tabloul de mai jos :

Tabelul 3-4 Sinteza fazelor MSIC3, MSIC4, MSIC5, MSIC6 și MSIC7

Faze	Descriere
MSIC3	Fezabilitatea dezvoltării și industrializării Sinteza proceselor de realizare Documentare, conformitate, certificare Validare prin prototip Omologarea CDS Proces de Producție
MSIC4	Pregătirea fabricației Utilizarea mijloacelor de fabricație Controlul costurilor produsului fabricat
MSIC5	Expediere - Transport Montaj extern-client Formare Bilanț tehnic și economic al produsului livrat
MSIC6	Exploatare sub garanție Exploatare Revederea exploatării du produsului
MSIC7	Oprirea producției Reciclare Distrugere Stocare

3.3.1 Tabloul de bord MSIC

Din formalismul inițial de tip « *flow-chart* » am transpus MSIC într-un tablou (matrice) Excel, cu linii și coloane, ca în Tabelul 3-5 și Tabelul 3-6.

Adoptarea unui astfel de instrument ne-a permis să organizăm informațiile legate de ciclul de viață, ca parte a unui meta-model în sensul descris în capitolul 2.2. Utilizând acest suport am vrut să profităm de portabilitatea oferită de Excel în scopul unei rapide adoptări de către toți utilizatorii.

Tabelul 3-5 Liniile și coloanele din Tabelul MSIC

PHASES	Phase 1...7					
ETAPES	étape 1...n					
Sous-étapes	sous-étape 1...n					
Activités	activité 1...n					
Etapes						
Direction						
Programme						
Décisions						
Direction						
Programme						
Données						
Initiales (Infos, Moyens)						
Résultats						
Coûts						
Outils de Gestion						
Outils généraux						
Méthodes						
Quantification des risques						
Questions						

Tabelul 3-6 MSIC1 în format Excel (Vedere parțială a primei faze)

	ETAT DE L'ART DU MARCHÉ				ETAT DE L'ART DE L'ENTREPRISE				DEMANDE	ANALYSE et SYNTHÈSE DEMANDE									
PHASES du Programme										Traitement de la Demande									
ETAPES du programme										Etude ciblée									
Sous-étapes programme																			
Pas programme																			
Tâches MARKETING	Recherche informations	Positionnement de la gamme des produits de l'entreprise sur le	Identifier la Qualité en utilisation de la gamme de produits;	Quantification de la Fiabilité : a)	MTBF=Moyenne des Ventes (produits sur marché: statistiques de ventes, fichier clients, mémoire de l'entreprise, rapports des vendeurs);	Identifier l'acteur	Veille Technologique	Développements en cours en interne et en externe	Disponibilité et pérennité des ressources	Disponibilité du savoir-faire dans l'entreprise	Organisation de la Qualité; Etat des procédures internes	Comparaison et Etat des défauts par rapport aux produits similaires	Enregistrer la Demande	Analyser la Demande	Actualiser les Infos; Cibler le segment de	Trier, Rejeter ou Transmettre la Demande	Mettre en forme la Demande	Identification technologiques	Identifier (nouveaux) domaine gamme produit
Tâches R&D	Les prises de décisions des dirigeants ne doivent plus se fonder sur l'habitude et la seule expérience personnelle.																		
Tâches ACHATS	Le DDP (Dossier de Demande de Programme) représente la mémoire du produit. Orientations générales: -que la demande oriente bien la conception, -que le cadre général soit bien tracé, -que le problème soit posé avec ses limites de principe, -que le cadre financier soit clair, -que le programme de production (issu du développement) et le calcul de rentabilité (quantités) soient abordés.																		

În final procesul de modelizare s-a concretizat prin crearea Tabloului de bord care integrează în mod creator metodologia. Structura acestui Tablou de bord ține cont, deasemenea, de activitățile elementare descrise în capitolul

3.6.2.4. Redăm aici numele coloanelor în original : N° DE LA TÂCHE MSIC, CONTENU SELON MSIC PHASE/TÂCHE, BUT(S), TRAVAUX À RÉALISER, ACTIVITÉS CORRESPONDANTES, DOCUMENTS, RESSOURCES, RESPONSABLES, DATE DÉBUT, DATE FIN, DÉLAI FINAL (Tabelul 3-7 și Tabelul 3-8).

Tabelul 3-7 Antetul fișierului MSIC

N° tâche MSIC	Contenu selon MSIC - Phase / Tâche	BUT(S)	Travaux à réaliser	Activités correspondantes	Documents	Ressources	Responsables	Date Début	Délai final	Date Fin
			OUI			OUI				
1	ANALYSE DU MARCHÉ POTENTIEL	Avoir un descriptif PROJET pour la revue de phase d'acceptation du projet								
11	Traitement de la	Identifier la relation de cause								

Unul din avantajele utilizării Tabloului de bord este că permite accesul unic, de la o singură sursă, la toate informațiile utilizate în ciclul de viață al produsului în context PLM. Aceste informații sunt accesibile prin « *hypelink-urile* » create în coloana « Documents » din fiecare foaie a fișierului Excel.

Tabelul 3-8 Partea inferioară a fișierului Excel, cu cele șapte foi MSIC

10				3) Formaliser la proposition et confirmer son contenu. - Créer un 1er questionnaire adéquat qui permet de déterminer les objectifs globaux des attentes (souhaits) probables et possibles du marché. Créer un questionnaire simple, ciblé selon les	Créer un questionnaire simple, précis, ciblé adressé aux personnes qui detiennent les informations clés
----	--	--	--	---	---

3.4 Concluzii

Vom enumera câteva avantaje ale folosirii modelului MSIC (*Méthodologie Systémique Intégrée de Conception*) : simplitate și portabilitate prin Excel, modificare ușoară fără cunoștințe prealabile, transpunerea conceptelor teoretice într-o formă accesibilă conectorilor care lucrează la nivele diferite de abstractizare, concept operațional rapid, fără o formare prealabilă laborioasă, utilizarea unei singure « *boîte à outils* » care conține metodele de bază necesare în procesul de concepție (AF, TRIZ, AMDEC, etc.), organizare simplă a informației care ghidează (după un fir conducător informațional) conectorul și nu numai, în procesul de creare a unui nou artefact, caracter prescriptiv suplă, induce auto-organizarea concepției, pasaj natural și simplu spre gestiunea de proiect prin utilizarea listei de « *Activités correspondantes* », etc.

4 APPLICAȚIE INDUSTRIALĂ

4.1 Găsirea relației nevoi – funcții

Proiectul ales pentru testarea metodologiei s-a desfășurat în cadrul unui mandat efectuat de laboratorul LI3C al HEIG-VD (Haute École d'Ingénieurs et de Gestion du Canton de Vaud de Yverdon-les-Bains - Suisse). Conținutul mandatului se referea la concepția unei linii de ambalaj pentru produse alimentare (brânză topită) (Figura 4-1). Obiectivul principal prevedea reducerea cu 30% a costurilor de fabricație lăsând o mare libertate de alegere a mijloacelor care puteau fi folosite pentru atingerea scopului principal. În plus caietul de sarcini prevedea și alte obiective ca : mărirea productivității, ridicarea nivelului tehnologic, respectul normelor din domeniul alimentar, introducerea conceptelor moderne de mentenanță, etc.



Figura 4-1 Exemple de produse finite

Am integrat încă de la începutul proiectului conceptul de *LifeCycle Cost (LCC)*, ceea ce ne-a permis să controlăm în permanență diferențele dintre costurile obiective bugetate și costurile reale și să putem atinge obiectivele propuse. Ne vom mărgini în continuare să punctăm numai câteva aspecte semnificative ale utilizării metodologiei MSIC.

Încă de la început am introdus metoda « *Plan qualité* ». Într-o logică de « *triangulation systémique* » am combinat cele trei vederi : funcțională, structurală și istorică pentru a pondera nevoile consumatorilor, a afișa (Pareto) sinteza nevoilor (în clase ontologice) și a calcula ținta absolută a calității produsului (Tabelul 4-1). În plus am testat cu succes interacțiunea și conlucrarea metodelor integrate în Planul calitate ca : AF, Gama de transformare a produsului primar și secundar, Organigrama tehnică, Structura (arhitectura) artefactului, TRIZ.

Tabelul 4-1 Ponderarea calității absolute

plan qualité											N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
degré d'importance donné par les exigences Client (moy pondérée)	analyse concurrentielle			planification				pondéra- tion												
	Produit actuel SAPAL ML4	autres		qualité cible planifiée	taux d'amélioration	polarisations stratégiques:		pondération absolue	pondération qualité demandée											
		Corazza	Kustner																	
a	b	c	d	max(a,b,c)	f=e/b	g	h	i=a*f*h												
8	5	7	7	9	1.9	FO	9.0	140.0	4.62%											
9	3	3	3	10	3.3	FA	1.0	30.0	0.99%											
5	3	3	3	6	1.9	MO	5.0	44.1	1.45%											
7	3	3	5	8	2.8	FO	9.0	183.3	6.05%											

Din analiza Pareto s-au determinat primele doua clase (Productivitate și calitate) care « cântăresc » cel mai mult (> 66%) față de totalul de 100% al tuturor obiectivelor.

Prin aplicarea convergentă a metodelor conținute în Planul calitate s-au dezvoltat cele mai bune soluții pentru Organigrama tehnică a artefactului, Gama proceselor de transformare (Figura 4-2), Sinteza funcțiilor și a Gamei de transformare.

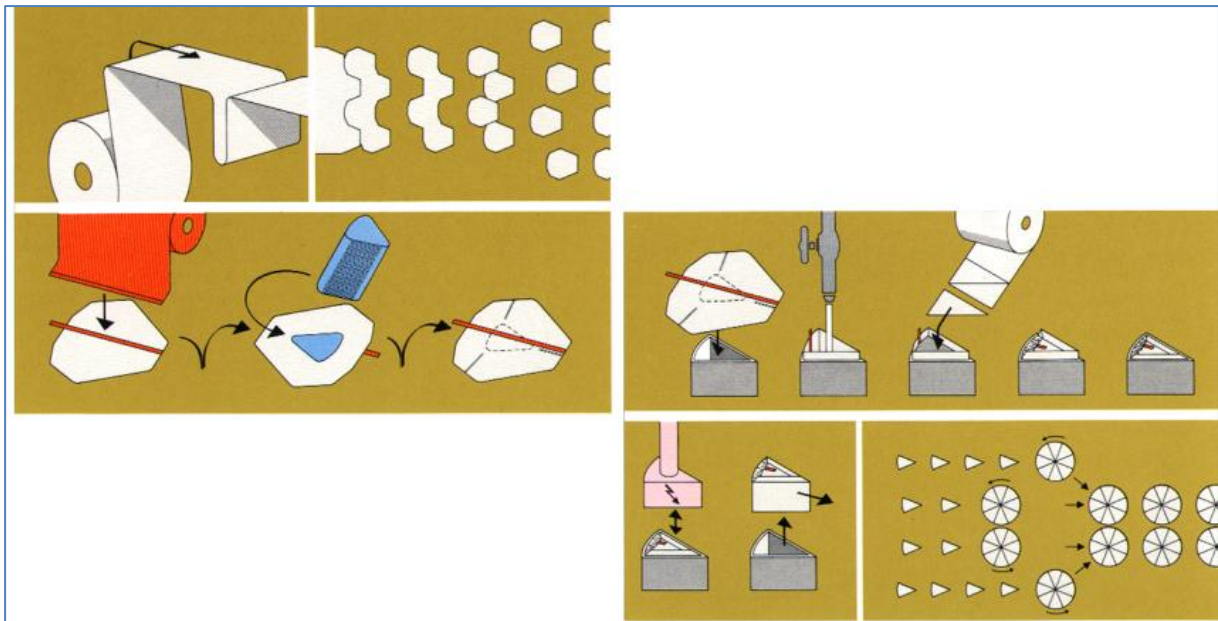


Figura 4-2 Gama de transformare finală a produsului primar

Legătura dintre analiza funcțională și gama de transformare este ilustrată în Figura 4-3 unde se poate vedea topologia funcțiilor de-a lungul procesului principal de transformare.

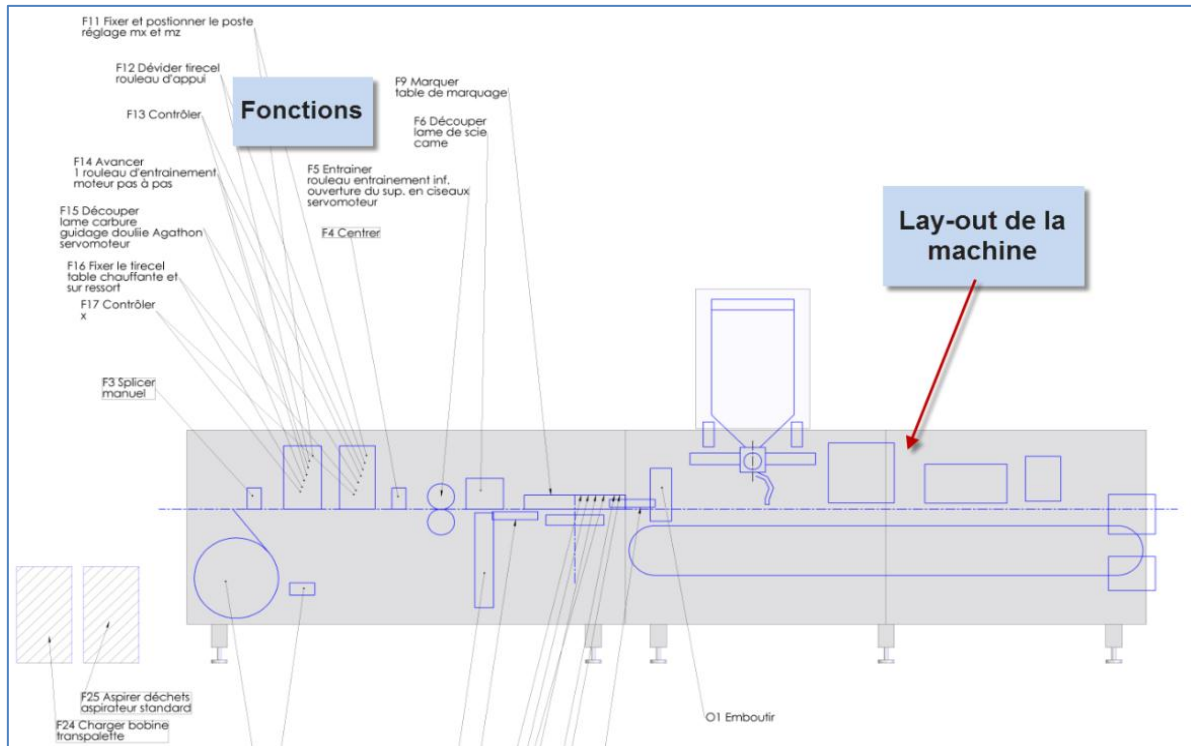


Figura 4-3 Sinteza confecționării porțiilor de brânză

Aplicând, de exemplu, o rezolvare de tip TRIZ unei probleme de fiabilitate a benzii de transfer (Figura 4-4) s-a găsit o nouă soluție (compromis între flexibilitate și rigiditate) mai fiabilă și mai economică.

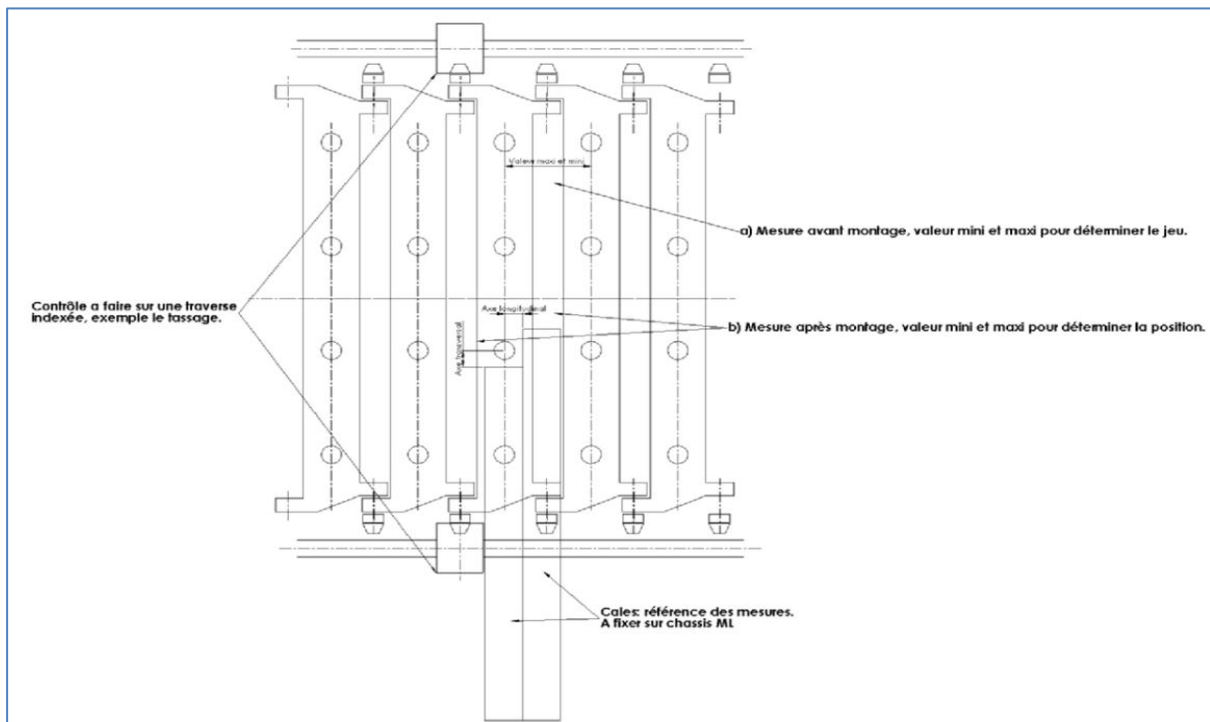
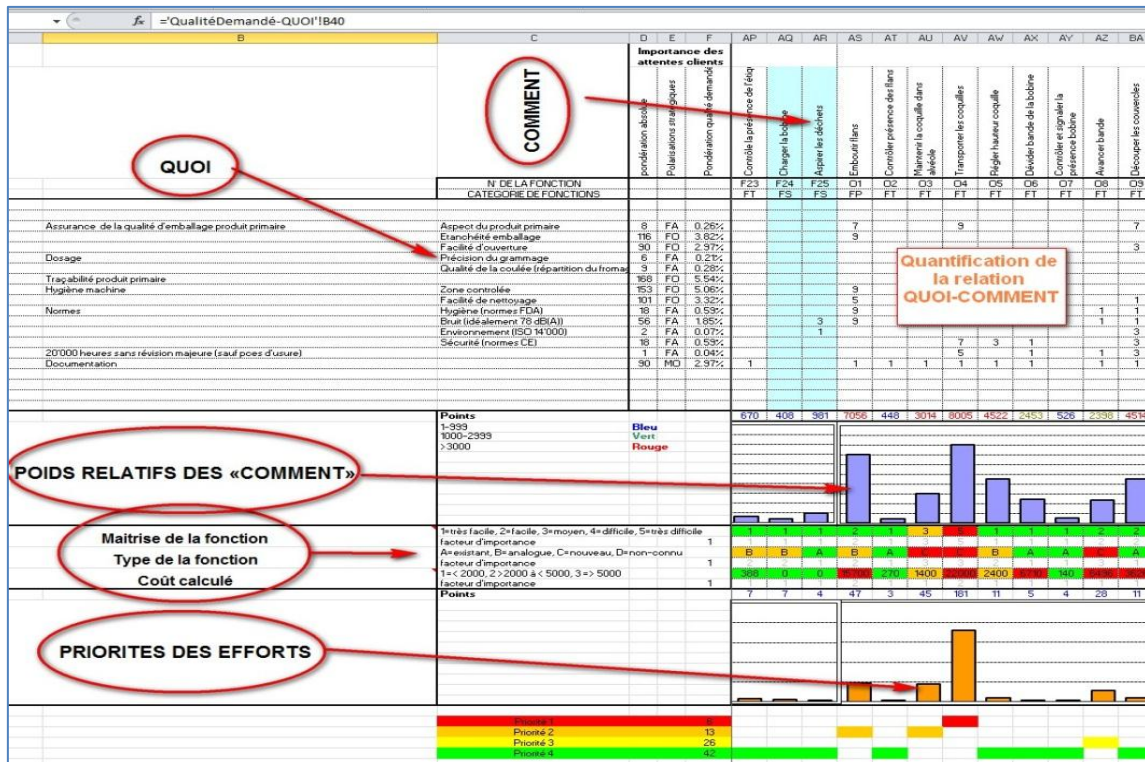


Figura 4-4 Vedere parțială a lanțului metalic de transfer

Planul calitate se finalizează prin ponderarea priorității eforturilor de concepție. Matricea nevoi-funcții (CE-CUM) a fost adaptată metodologiei MSIC pentru a furniza caracteristica calității (Tabelul 4-2) în funcție de criterii ca de exemplu : greutatea relativă a « CUM », tipul de funcții și costul estimat. Bineînțeles, am putea introduce mai multe criterii pentru a preciza mai bine caracteristica de calitate, dar pentru nevoile proiectului nostru am considerat suficiente criteriile luate deja în considerare.

Tabelul 4-2 Matricea calității (detaliu)



Mai menționăm câteva avantaje care rezultă din utilizarea matricei globale a calității : furnizează o bună sinteză între nevoile clienților și funcțiile sistemului ; asigură o excelentă coerență între caietele de sarcini marketing, de definiție a artefactului și de dezvoltare și industrializare ; indică strategia de urmat pentru concepția conceptuală și de detaliu ; acoperă toată familia de produse rezultând un câștig de timp considerabil ; integrează toate disciplinele de inginerie și toate informațiile cu privire la ciclul de viață al artefactului.

4.2 Calculul costurilor

Construcția costului de fabricație ține cont de schema prezentată în Figura 4-5. Costul de fabricație impus de 750'000 CHF pentru o mașină standard a fost considerat de la început ca un obiectiv prioritar în faza MSIC1 (a se vedea în Planul calitate obiectivele produsului secundar).

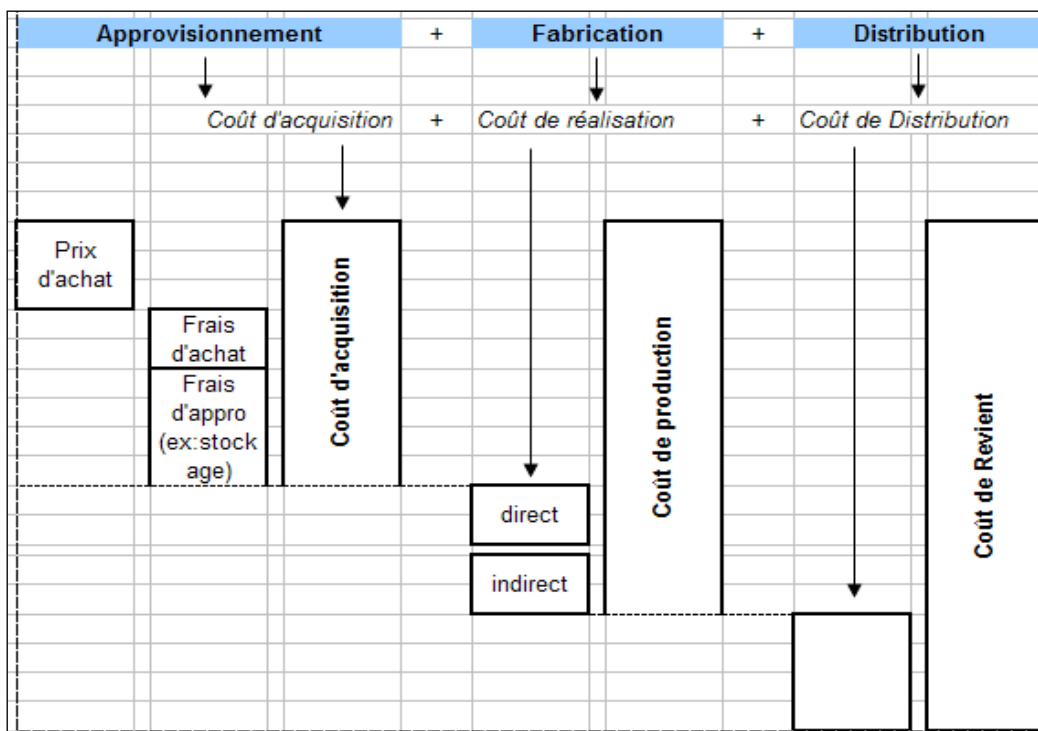


Figura 4-5 Calculul Costului de fabricație

Abordând analiza și pilotajul costurilor din perspectiva conceptului de LCC (*LifeCycle Cost*) am definit în cadrul metodologiei costurile specifice fazelor ciclului de viață (Figura 4-6). Astfel, au fost definite prețurile dorite de clienți, prețurile de vânzare întreprindere, etc., printr-o abordare proactivă în care marja este un rezultat real, eliminând astfel efectul pervers al instituirii automate al procentului de marjă (printr-o abordare voluntaristă).

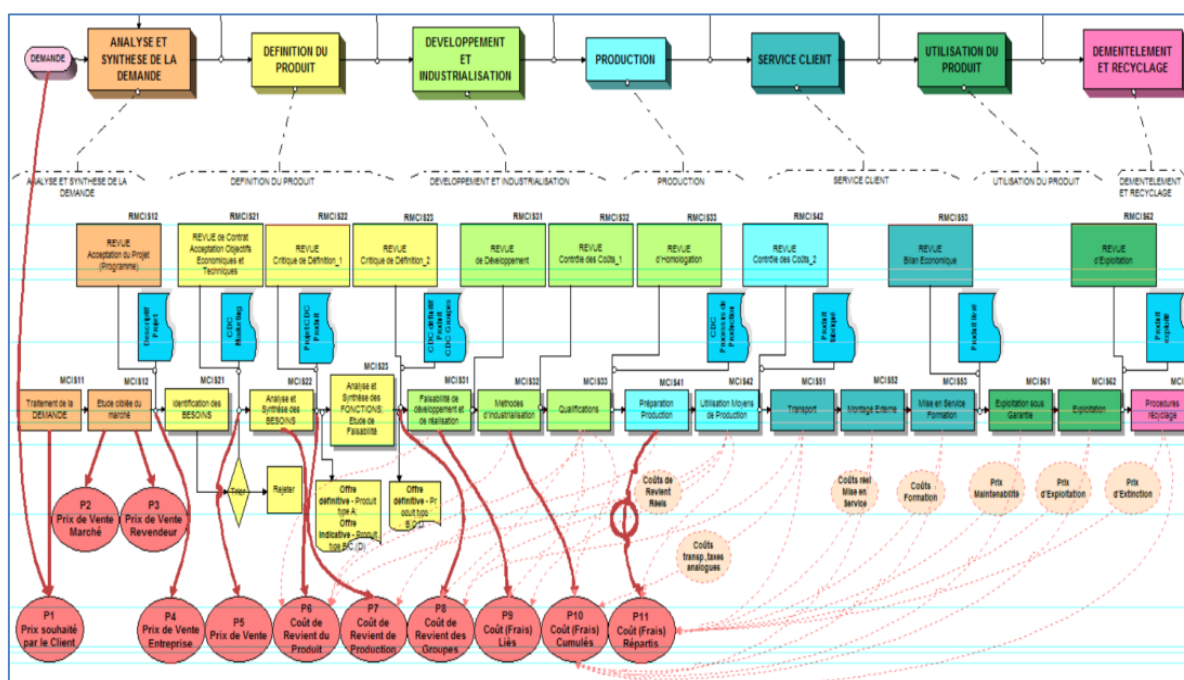


Figura 4-6 Vedere de ansamblu a structurii LCC în MSIC

Prin urmare : PREȚ DE VÂNZARE – COSTURI = MARJA. În acest fel, singurele acțiuni posibile au fost îndreptate spre optimizarea costurilor, pentru că prețul de vânzare a fost dictat de piață.

În Figura 4-7 vom prezenta sinteza costurilor de dezvoltare în fazele MSIC1 – MSIC3. Am identificat mai multe curbe :

- « *PR objectifs* » de 750 KF : este paralelă la axa X deoarece marja (care este un obiectiv) nu se schimbă;
- « *Objectif calculé* » : variază mai ales în fazele MSIC1 et MSIC2 penru a se stabiliza în MSIC3 ; acest comportament este logic pentru că la începutul fazei MSIC3 (la realizarea prototipului) informațiile sunt din ce în ce mai precise privind valoarea componentelor ;
- « *Courbe du Prix prévisionnel* » : reprezintă costurile introduse în sistemul SAP ; aceste costuri converg asimptotic către « *PR objectifs* » ; în faza MSIC4 se introduc costuri din ce în ce mai apropiate de valorile reale ceea ce face ca această curbă sa tindă în final spre curba obiectiv ;
- « *Courbe du potentiel* » indică impactul deciziilor luate în fazele de concepție, de dezvoltare și industrializare.

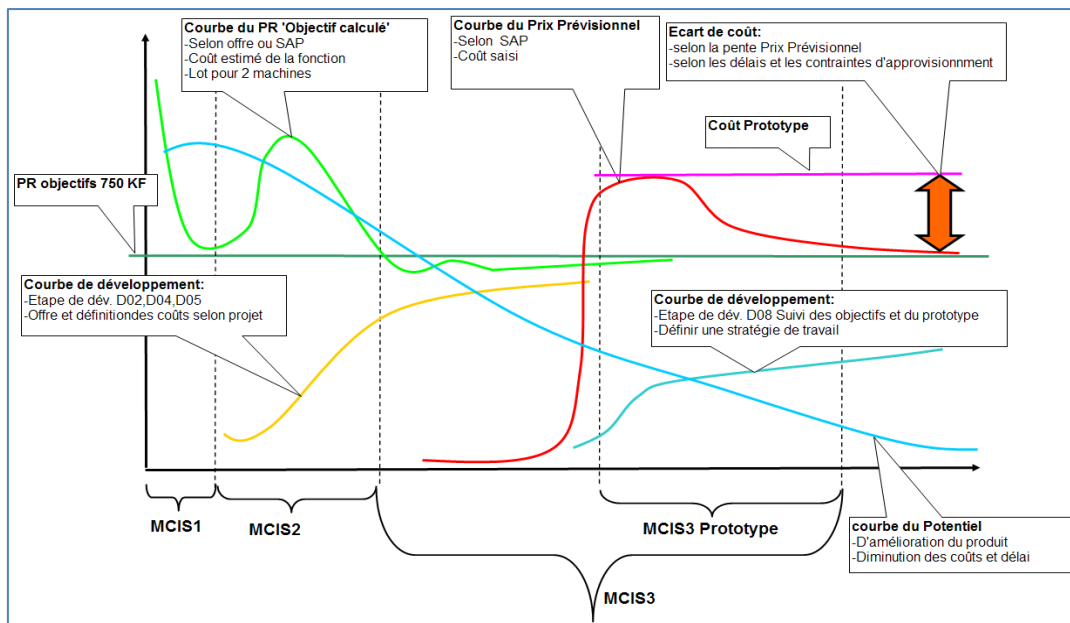


Figura 4-7 Sinteza evoluțiilor costurilor

4.3 Aplicația informatică a metodologiei

Am efectuat implementarea metodologiei într-o aplicație informatică existentă LIPS-MSIC pentru a adăuga o veritabilă bază de date gestiunii documentelor. Introducerea metodologiei nu s-a putut face fără ajustarea unor anumiți termeni MSIC pentru a se putea adapta conceptelor proprii LIPS. Toate conceptele fundamentale ale MSIC au putut fi însă păstrate.

Fereastra principală a fost divizată în trei părți : *Information*, *Annuaire local* și *Module fonctionnel*. De la partea *Annuaire local* accesăm la gestiunea tehnică a proiectului : referințe documentare, activități, resurse și module funcționale. Informațiile privind costurile obiective și actuale completează Tabloul

de bord al avansării proiectului (Figura 4-8). O gestiune de tip PLM impune să se cunoască în orice moment starea documentelor consultate. În plus, putem să modificăm autorizațiile de consultare sau modificarea a documentelor. Pilotajul activităților presupune deasemenea cunoașterea și pilotarea acțiunilor critice și a atribuțiilor.

O notiune interesantă și practică a reprezentat-o existența « *pattern-urilor* » în scopul creerii de noi proiecte concrete după modele testate în prealabil. *Reporting*-ul a fost o altă funcție importantă care a permis pilotarea, efectuarea de analize financiare și controlul principalilor indicatori ca de exemplu : costurile, bugetele, termenele, etc.

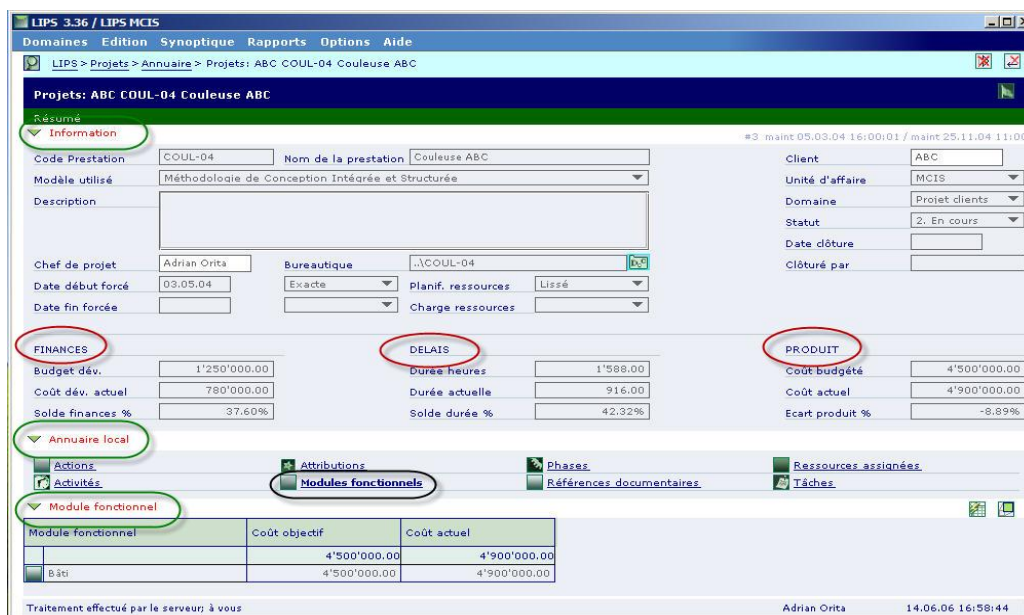


Figura 4-8 Tabloul de bord al proiectului

4.4 Concluzii ale aplicației industriale

Putem conchide, în urma prezentării aplicării industriale a metodologiei, că obiectivele principale ale companiei au fost îndeplinite. Pentru a exemplifica, trebuie să menționăm că obiectivul inițial al prețului de cost a fost îndeplinit. În plus, perioada de concepție a liniei de ambalare a fost de numai nouă luni (pentru prototipul funcțional care a fost vândut). Acesta este un termen excepțional pentru un astfel de artefact. În continuare putem să menționăm câteva aspecte pozitive semnificative ale proiectului :

- Transferul metodologiei. La rezultatele operaționale, pozitive, s-a adăugat transferul unei noi culturi de de inginerie care reprezintă o valoare perenă pentru întreprindere ;
- Constituirea unei baze de cunoștințe pertinente prin intermediarul Tabloului de bord ;
- Utilizarea unei adevărate metode de inginerie de identificare a nevoilor clienților ;
- Adoptarea și aplicarea Analizei funcționale (AF) în amonte în ciclul de viață al produsului ;

- Căutarea de soluții care răspundeau strict obiectivelor validate ale clienților ;
- Estimarea rapidă a costurilor de fabricație și corectarea permanentă a diferențelor în raport cu costurile bugetate ;

În mod particular, ameliorarea procesului de concepție s-a caracterizat prin aspectele următoare : demers sistematic și structurat, trasabilitate a activităților, transfer de experiențe între meseriile implicate în procesul de concepție, garanția atingerii costului obiectiv propus, diminuarea numărului de componente și diminuarea bugetelor de proiectare.

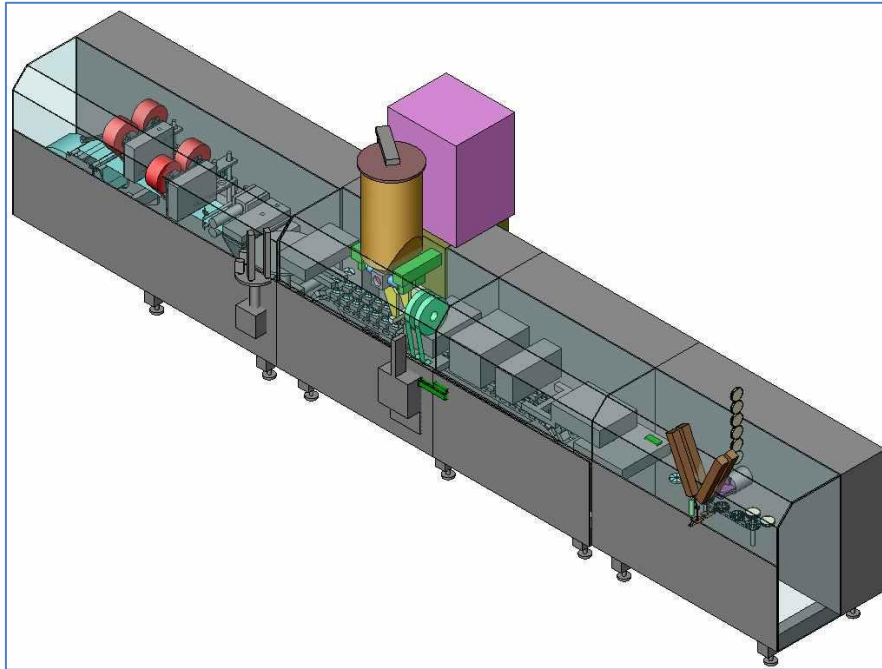


Figura 4-9 Ansamblul liniei de ambalaj

5 CONCLUZII GENERALE, CONTRIBUȚII ȘI PERSPECTIVE

5.1 Concluzii

În această teză ne-am propus, ca o noutate, o metodologie sistemică și integrată pentru încorporarea procesului de concepție în ciclul de viață al unui sistem mecatronic pentru a satisface constrângerile de mediu caracteristice unui context PLM. Această metodologie a fost testată într-un proiect industrial în scopul de a o îmbunătăți pentru a crea o platformă operațională și valabilă pentru mediul economic. Principalul scop al metodologiei noastre a fost acela de a sprijini descrierea, analiza și definirea procesului de concepție, în ceea ce privește structura de relații între entitățile ciclului de viață al unui sistem industrial.

O revizuire a contribuțiilor ingineriei de sistem, a domeniilor de epistemologia cunoașterii și a ontologiei de clase, a metodelor de management al cunoașterii, etc., au arătat că o metodologie sistematică bazată pe transformarea obiectivelor clientului în funcții ale artefactului și îmbunătățirea procesului de proiectare sunt încă la începutul lor. Cu toate acestea, metodele existente (în conformitate cu capitolul 2) constituie o bună bază pentru a construi o soluție completă bazată pe conceptele deja existente.

Pentru a rezuma, putem spune că procesul de sinteză a unui model metodologic nou, reprezentând ciclul de viață al produsului în contextul PLM (cf. cu capitolul 3), s-a bazat pe o combinație de trei domenii complementare care prin interacțiunile lor au condus la MSIC (Figura 5-1) :

- Model DRM de cercetare modificat în conformitate cu metodele de proiectare de cercetare (Blessing și Chakrabarti, 2009) ;
- Tipologiile existente de modele de concepție și a ciclului de viață;
- Validarea prin aplicarea industrială a modelului.

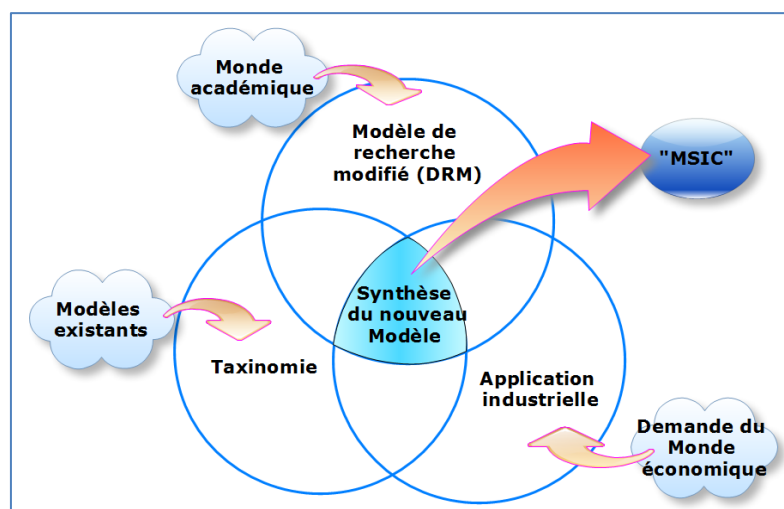


Figura 5-1 Convergența celor trei câmpuri

Ca metodă de validare generală putem califica un rezultat ca bun dacă el permite să se găsească răspunsuri la « *ansamblul de întrebări cu o toleranță acceptabilă* » (Lissandre, 1990). Ori, pentru că « *ansamblul de întrebări* » este o notiune destul de vagă am ales să verificăm dacă rezultatul cercetării noastre : a) a fost obținut urmărind metoda de lucru propusă la cap. 1.4 ; b) a adus noutăți în raport cu alte modele inventariate în cap. 2 ; c) a fost validată printr-o aplicație industrială și cu ce rezultate (cf. cap. 4).

Parcurgând raportul de teză constăm că răspunsurile aduse la toate cele trei puncte sunt afirmative. Într-adevăr metoda de lucru DRM modificată a fost urmărită pe tot parcursul cercetării tinându-se cont de cele șase etape (cu o anumită suplețe cerută de caracterul deschis și complex al cercetării) și de formele canonice de raționament. În raport cu modelele analizate în capitolul 2 modelizarea efectuată în capitolul 3 a pus în evidență caracterul complex al demersului, dar a reușit crearea unei metodologii cu caracter sistematic, prescriptiv și descriptiv bazată pe noțiunea de fază, subfază, etapă și activitate. Noutatea principală a metodologiei rezidă în integrarea și folosirea tehnicilor de creativitate (Brainstorming, QFD, TRIZ, AF, AMDEC/FMEA, LCC, Conception à coût objectif, etc.) în cadrul unui instrument nou de tip « *boîte à outils* » numit « *Plan qualité* ». Acesta integrează munca efectuată de grupurile interdisciplinare, acompunându-le după un fir conducător (caracter prescriptiv suplă) în tot ciclul de viață al artefactului. Cele trei axe care converg în firul conductor sunt : artefactul, proiectul și resursele. În sfârșit, aplicația industrială a arătat că metodologia noastră a găsit răspunsurile potrivite la principalele întrebări puse de industrie : diminuarea costurilor și posibilitatea transferului unei noi metodologii de concepție către ansamblul serviciilor implicate în ciclul de viață al produsului. În cele din urmă îndeplinirea obiectivului de cost inițial reprezintă, după părerea noastră, validarea relevanței metodologiei propuse.

5.2 Sinteza contribuțiilor personale

Domeniul contribuțiilor personale se situează în cadrul capitolelor 3 și 4.

Iată cele mai importante contribuții personale aduse prin modelul MSIC :

- a. Marea adaptabilitate a metodologiei, indiferent de problema de concepție de rezolvat și de natura cunoștințelor utilizate ;
- b. Coordonarea activităților eterogene, datorită integrării unei structuri de proiect în cadrul MSIC prin modelul fază-activități, care generează *ad-hoc* un fir conducător de proiect ;
- c. Permite luarea de decizii într-un context caracterizat printr-o mare incertitudine ; caracterul sistematic, prescriptiv și descriptiv ajută, în mod paradoxal, la caracterizarea unei situații altfel greu de analizat ;
- d. Introducerea conceptului de « *Boîte à outils* » prin « *Plan qualité* » ;
- e. Instanțierea nevoilor clienților în raport cu specificul fiecărei profesii prin folosirea gamei de transformări și a organigramei tehnice de produs (OTP) ; dialogul între aceste mijloace dă naștere specificațiilor tehnice ale artefactului și în mod implicit caietului de sarcini pe specialități ;
- f. Facilitatea de a gera activități delocalizate (*outsourcing*) datorită preciziei definiției produsului ;

- g. O bună definiție a caracteristicilor componentelor în amont ciclului de viață a permis instaurarea unui dialog constructiv cu furnizorii ceea ce a diminuat numărul de iterații între biroul tehnic și furnizori.

5.3 Perspective

Această cercetare se poate extinde pe mai multe direcții pe baza metodelor și mijloacelor déjà folosite în acest raport sau numai identificate :

- O cercetare viitoare poate stabili un model de luare de decizii de tip « *fuzzy logic* » ;
- Introducerea unei metode metrice de evaluare a performanțelor procesului de concepție ;
- Utilizarea unor noi concepte IT bazate pe ontologiile informatice, ca OWL 2 ;
- Integrarea în MSIC sau cel puțin în cadrul platformei de concepție CAD a unei metode de calcul a costurilor.