

Modélisation, ingénierie et pilotage des établissements de formation

CHRISTIAN CLEMENTZ & CLAUDE POURCEL

LGPIIM – ENIM Metz – France

Résumé

L'ingénierie des systèmes de production est particulièrement facilitée par la modélisation possible des processus mis en œuvre. Le pilotage de ces processus permet alors de satisfaire le besoin. Dans cet article, nous montrons qu'en termes de processus un établissement de formation se comporte comme tout système de production. Nous nous écartons volontairement de l'habituelle pratique de la classe pour mieux définir le comportement global d'un système de production de compétences. Nous suggérons un modèle et une démarche aptes à spécifier les processus de tout système de formation.

Mots clés : processus, pilotage, système de production de compétences, modélisation

Abstract

Production systems engineering is made easier thanks to the potential schematizing of the various processes at work. Monitoring these processes enables to come up to our expectations. In this paper, we are trying to show that an educational establishment functions like any production system as far as processes are concerned. We voluntarily mask the practical working of a class in order to identify more clearly the working of a knowledge and skills pattern. Here we want to put forward a pattern as well as an approach capable of identifying the processes at work in any educational establishment.

Key words: Process, monitoring, knowledge production system, skills system, schematizing.

Introduction

Nos expériences passées tant dans le domaine de l'industriel (ingénieur, dirigeant d'entreprise et consultant) que dans celui de l'enseignement et de la recherche nous ont conduit à nous interroger sur le bien fondé de l'application des méthodes et des outils de la productique et du génie industriel aux systèmes de production de biens et de services. Nos premières réflexions nous ont à proposer un axe de réflexion sur le Génie des Systèmes de production de biens et de services ainsi défini :

« Le Génie des Systèmes de Production (de biens et de services) englobe la conception, l'amélioration, la réalisation, l'exploitation et l'extinction de systèmes intégrés d'hommes, de ressources techniques et de ressources naturelles. Son objectif majeur est d'analyser, de spécifier, de prédire et d'évaluer les performances de ces systèmes placés dans un objectif de développement durable ».

Cette définition très proche de celle du Génie Industriel a clarifié notre projet de recherche mais nous avons besoin de l'approfondir et d'expérimenter nos méthodes et nos outils. C. Clémentz¹ à proposer d'étendre la notion de système de production aux établissements en proposant d'employer l'expression « Système de Production de Compétences » sous-entendant, par là, que l'apprenant vient acquérir dans un établissement de formation un accroissement de ses compétences, c'est-à-dire de son de ses savoir-faire et de son savoir être. Plus récemment C. Pourcel, à l'occasion d'une Action Spécifique du CNRS « Gestion Hospitalière, a piloté un groupe de travail sur le thème de stratégie et de l'ingénierie des systèmes hospitaliers. Dans le premier cas l'apprenant est placé au centre des préoccupations du concepteur et de l'exploitant. Dans le second cas le patient se trouve être la préoccupation première du management des systèmes hospitaliers. Partant de ces deux démarches le Laboratoire de Génie Industriel et de Production Mécanique de l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Metz a crée une équipe de recherche sur le thème de l'ingénierie de formation. Nous présentons dans cet article les grandes lignes de nos réflexions : sur la modélisation, l'ingénierie et le pilotage des systèmes de production de compétences.

Le concept de système de production de compétences

1.1 Les systèmes de production d'objets et de services

Les systèmes de production d'objets se caractérisent par le fait que le résultat, des activités et processus qui les composent, sont illustrés par objets techniques tangibles : biens et produits de grande consommation, biens d'équipement, ...etc.

Habituellement, ces systèmes se décomposent en deux sous-systèmes :

- Le premier qui concerne l'approvisionnement de matières premières, de composants, voire de sous-ensembles que l'entreprise ne veut pas réaliser en interne (décision stratégique de « faire-faire ») ;
- Le second appelé « sous-système de fabrication » transforme les éléments acquis auprès des fournisseurs en objets techniques finis destinés aux clients.

La coordination entre les deux sous-systèmes est assurée par un processus de pilotage appelé également gestion de la production. On notera que chaque sous-système peut à son tour être décomposé en unité d'organisation chargée d'une mission particulière, cette unité étant animée par un processus de pilotage décentralisé. Dans certaines entreprises l'emploi des techniques de la logistique peuvent conduire à une vision plus vaste du système de production.

Les systèmes de production de services fonctionnent selon des principes équivalents. Le résultat des activités et processus qui les composent sont des objets techniques abstraits comme, par exemple, des polices d'assurance, des documents administratifs (carte d'identité, passeport, carte grise, ... etc.)

1.2 Les systèmes de production de compétences

Ces systèmes ont un objectif essentiel de formation défini comme : « **un ensemble de compétences à acquérir, à améliorer ou à entretenir exprimées initialement par le commanditaire et / ou les formés** » L'analyse systémique d'un système éducatif permet de le positionner aisément. C'est ainsi que l'on peut distinguer :

- Le supra-système qui représente les actions au niveau national, voire régional ou académique,
- Le système constitué par l'établissement de formation étudié,
- Le sous-système unité organisationnelle décentralisée de l'établissement,
- Le mini-système représentant, par exemple, la classe,
- Et, enfin, le poste de travail qui permet, par exemple, la réalisation de travaux pratiques.

Au-delà de cette approche, une des spécificités importantes des établissements de formation tient au fait que l'objectif majeur est l'acquisition, par un homme, de nouvelles compétences ou de compétences complémentaires. La transformation ne s'effectue pas sur des objets techniques tangibles ou symboliques. Ici, l'apprenant est acteur de son processus d'acquisition et les enseignants doivent le considérer comme un « client », avant afin de l'attirer vers le programme de formation proposé, après car il peut devenir un recruteur potentiel.

La modélisation des systèmes de production de compétences

1.3 Etat actuel des méthodes de modélisation

La modélisation en entreprise² a pour objet la construction de modèles de tout ou partie d'un système pour en expliquer la structure, l'organisation et le fonctionnement ou pour en analyser le comportement. Le recours à la modélisation des systèmes de production de compétences peut se justifier pour les raisons suivantes :

- Comprendre, analyser et corriger la structure et le fonctionnement du système ;
- Prévoir le comportement et les performances des processus opérationnels et support avant leur implantation ;
- Choisir la (ou les) meilleure(s) alternative(s) d'implantation ;
- Bâtir une vision commune du fonctionnement du système et la communiquer facilement au plus grand ensemble possible du personnel.

Les méthodes de modélisation des systèmes sociotechniques sont nombreuses et elles se différencient par le point de vue à modéliser (fonctionnel, ressources, organisation, ...), le système à modéliser (opérant, information, décision), l'objectif de la modélisation (audit, analyse, conception). Nous présentons ci-dessous trois catégories de méthodes issues des Sciences de l'Ingénierie :

- Les méthodes et architectures générales : CIMOSA, PERA, GERAM, GRAI integrated Manufacturing,^{3,4} ENV 40003, ODP, ...etc.
- Les méthodes issues de l'informatique et orientées objet : MERISE⁵, REMORA⁶, OSSAD, HOOD, SYS_PO, OMT, UML^{7,8} et une méthode en cours de développement UEML;

- Les méthodes de modélisation issues de la productique et du génie industriel : GRAI, AICOSCOP⁹, etc... C'est dans cette catégories que se situe MECI¹⁰ (Modélisation d'Entreprise pour le Conception Intégrée) Elle repose sur deux aspects fondamentaux :
 - Le méta-modèle « tâche → compétences → acteur → activité → processus »
 - Le concept d'unité d'organisation : inspiré du modèle O.I.D., cette entité comporte un processus opérant (opérationnel et / ou logistique) et un processus de pilotage ou management.

1.4 Modélisation d'un système de production de compétences par MECI

Identification des processus

Une analyse fonctionnelle permet d'identifier les processus fondamentaux d'un système de production de compétences que l'on peut classer en trois catégories :

- Les processus **fondamentaux** sont évidemment le processus de formation et celui de recrutement des élèves. On peut y ajouter le processus de recrutement du personnel enseignant.
- Les **processus logistiques** sont la logistique technique (tout ce qui est du ressort de l'acquisition et du maintien des ressources techniques : machines électriques, machines d'essai, matériels informatiques, etc.) et la logistique administrative
- **Le processus de pilotage** de l'établissement de formation

Certains processus comme, par exemple, le processus de formation peuvent-être décomposés en sous-processus ou processus élémentaires. Ces entités ont pour rôle de réaliser une ou plusieurs tâches de formation.

Caractérisation des processus

La caractérisation des activités et des processus s'effectue à l'aide de fiche comme celle présenté ci-dessous : Fiche 1

Fiche de caractérisation d'une activité de formation aux automatismes industriels
<u>Désignation</u> : former aux automatismes industriels
<u>Référence</u> : A _automatismes industriels
<u>Type</u> : opérationnel
<u>Mission ou spécification</u> : apprendre les savoirs et les savoir-faire indispensables à la maîtrise des automatismes industriels
<u>Apprenants intrants</u> : 72 élèves de première année d'école d'ingénieurs
<u>Apprenants extrants principaux</u> : (72 – X) élèves de troisième année possédant des compétences

reconnues en maîtrise des automatismes industriels

Apprenants extrants secondaires : X élèves de troisième année ne possédant pas les compétences nécessaires à la maîtrise des automatismes industriels

Composant de : processus de formation aux méthodes et techniques du Génie Industriel et de la Productique

Composé de : 8 activités élémentaires chargées de la réalisation de 8 tâches élémentaire d'enseignement :

- Modélisation, analyse et commande des systèmes continus
- Modélisation, analyse et commande des systèmes séquentiels
- Commande des systèmes à événements discrets
- Représentation fréquentielle et commande des systèmes asservis
- Représentation d'état et commande des systèmes asservis linéaires
- Automatismes industriels
- Automatisation des systèmes de production
- Diagnostic et sûreté de fonctionnement

Piloté par : responsable de la formation en automatismes industriels

Spécifier par : processus de conception des tâches et des processus de formation

Caractérisation des unités d'organisation

Comme les systèmes industriels, un établissement de formation ne peut être piloté par une entité centrale. On peut également imaginer une structure de pilotage où chaque processus identifié au paragraphe 3.2.1. est animé par un responsable. On obtient alors une structure de pilotage hiérarchisée à deux niveaux. Nous présentons, ci-après, la fiche de caractérisation du sous-système de formation d'un établissement de formation.

Fiche 2: fiche de caractérisation d'une unité d'organisation

Fiche de caractérisation du sous-système de formation
<u>Désignation</u> : sous-système de formation au Génie Industriel
<u>Mission ou spécification</u> : Former des ingénieurs en Génie Industriel trouvant un emploi
<u>Composant de</u> : Système de formation « EIT »
<u>Composé de</u> : de quatre processus :
<ul style="list-style-type: none">• Processus de formation en automatique et informatiques• Processus de formation en mécanique• Processus de formation aux sciences du management de l'entreprise• Processus de conduite des processus de formation placé sous la responsabilité du Directeur de la formation
<u>Objectifs</u> :
<ul style="list-style-type: none">• Elèves ayant des compétences reconnues en Génie Industriel
<u>Origine des objectifs</u> : direction du système de formation
<u>Indicateurs de performance</u> :
<ul style="list-style-type: none">• Nombre d'élèves obtenant le diplôme de fin de formation / au nombre d'élèves recrutés• Nombre d'élèves trouvant un emploi au bout d'un an• Moyenne du nombre d'élèves ayant trouvé un emploi sur trois ans
<u>Destination des indicateurs de performances</u> : direction du système de formation
<u>Contraintes</u> : la formation doit être assurée en trois années
<u>Origine des contraintes</u> : le supra-système de formation (ministère de l'éducation nationale)
<u>Spécifier par</u> : processus de conception du programme de formation

Représentation du modèle d'un établissement de formation

1.4.1.1 Les différents processus fondamentaux : pilotage, de formation, de recrutement des élèves et des enseignants, logistique administrative et technique sont représentés à la figure 1.

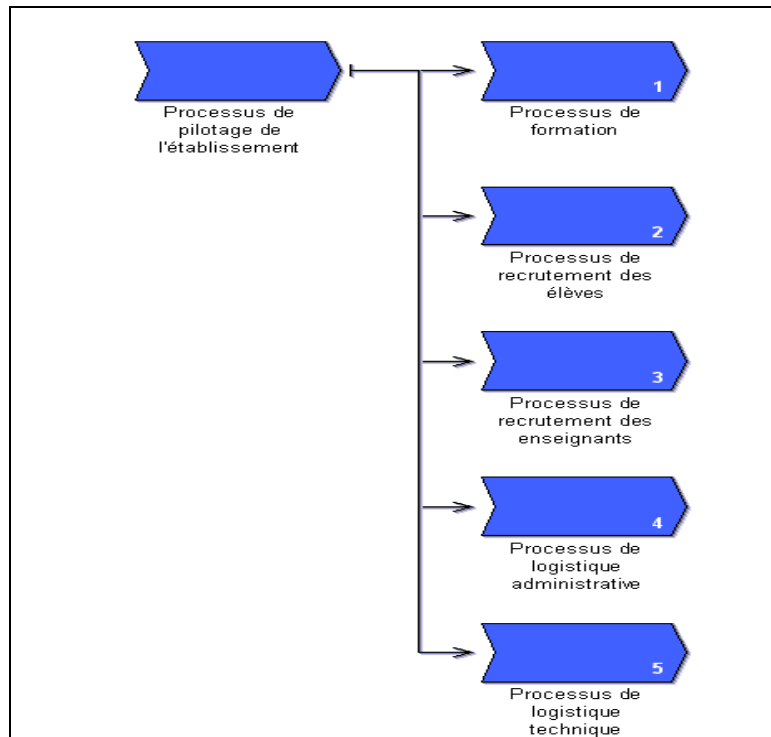


Figure 1 : les cinq processus fondamentaux

1.4.1.2 Un sous-processus élémentaire ou processus élémentaire pourra être représenté selon le graphe de la figure 2.

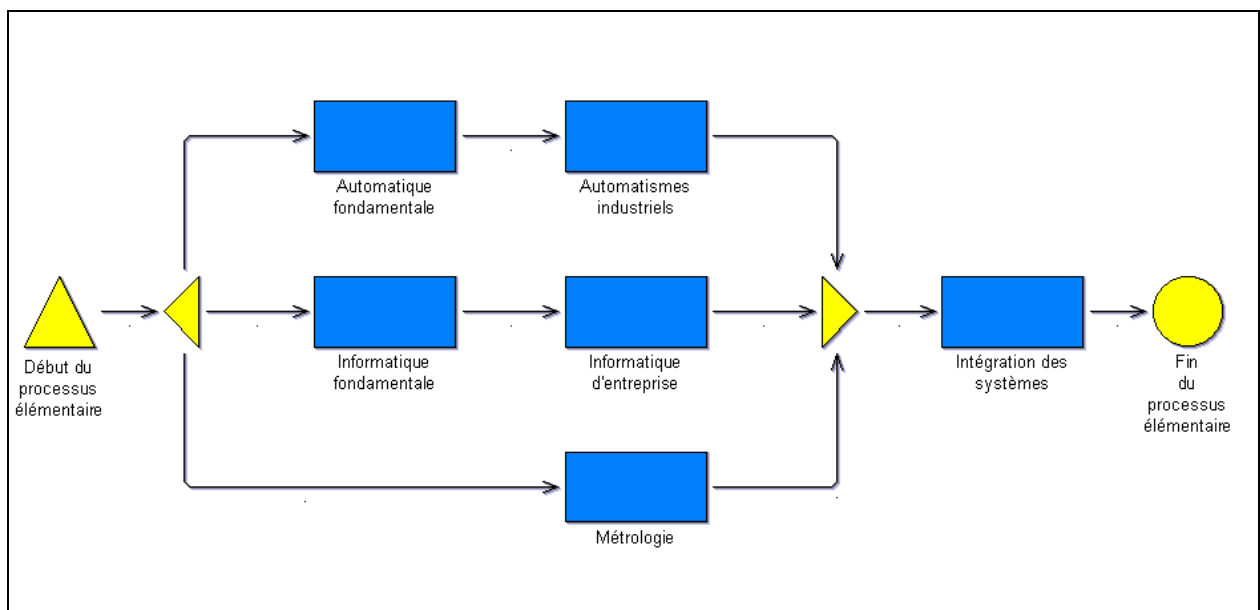


Figure 2 : représentation du processus élémentaire « enseigner l'automatique et l'informatique »

Le processus élémentaire représenté a pour mission d'enseigner l'automatique et l'informatique. A ce titre il doit réaliser 6 tâches d'enseignement : automatique théorique, automatismes industriels, informatique fondamentale, informatique d'entreprise, métrologie et intégration des systèmes. Ce graphe précise l'ordre de réalisation des tâches d'enseignement.

L'ingénierie des systèmes de production de compétences

1.5 *Etat actuel des méthodes de réingénierie*

L'aide à la réingénierie de système sociotechnique s'appuie sur les méthodes et techniques de modélisation et sur l'emploi de méthodes développées spécifiquement, citons :

- La méthode GRAI, orientée système de gestion ou d'aide au choix de logiciel ;
- La méthode AIRE¹¹ est ne extension de la méthodes AICOSCOP¹² et s'appuie sur la méthode de modélisation MECI ayant pour objectif d'analyser, d'identifier les processus significatifs d'un facteur clé de succès ainsi que les activités critiques par la recherche des inducteurs de performance ;
- La méthode BOC¹³ s'appuyant sur le paradigme BPMS (Business Processus Management Systems) qui définit un cadre de gestion des processus opérationnels et institutionnels ;
- Le benchmarking est présenté comme une méthode d'évaluation des performances d'un système que ce soit une entreprise, un de ses départements ou un de ses processus. De nombreuses évolutions se sont faites depuis son apparition dans le milieu des années 1980. Récemment un recensement effectué a permis de définir une typologie des benchmarking existants : interne, concurrentiel, fonctionnel, générique, produit, organisationnel, processus, stratégique. Cette approche peut être mise en parallèle avec les approches de réingénierie (ou reconfiguration ou refonte) qui ont pour objectif de s'attaquer aux fondements de l'organisation du système pour en améliorer sa performance.

1.6 *La méthode AIRE (Aide à la Réingénierie d'Entreprise)*

Le modèle conceptuel

C'est dans la cadre du projet AICOSCOP que nous avons défini que pour « piloter » convenablement une unité organisationnelle quatre types de décision devaient être prises en considération : décisions de conception de l'objet, décisions de conception de du système de production de l'objet, décisions de conception et de mise à disposition des ressources, décisions de d'exploitation des ressources. Ces trois types particuliers de décisions peuvent

être prises à l'intérieur ou à l'extérieure de l'unité organisationnelle. Cette vision de la conduite est plus exhaustive que celle qui ne propose qu'une vision exploitation et fait apparaître la nécessité de deux aspects de l'unité d'organisation.

L'observation du comportement d'une unité d'organisation, dans notre cas un système de formation, met en évidence une entité caractérisée par :

- Les élèves qui doivent acquérir des connaissances ;
- Les élèves sortants, résultats de la mission principale du système ;
- Les objectifs et les contraintes qui lui sont fixés par son environnement ;
- Le compte-rendu et les indicateurs de performance résultats des conditions de réalisation de la mission ;
- Les ressources humaines, techniques et naturelles affectées à l'unité.

Cette observation des intrants et des extrants d'une unité organisationnelle, que l'on peut considérer comme un système opérant, permet de définir un système de production comme un ensemble de ressources gérées conjointement en vue de la « **production de compétences** » afin d'atteindre des objectifs donnés. La forme élaborée de représentation de l'unité observée est représentée à la figure 3.

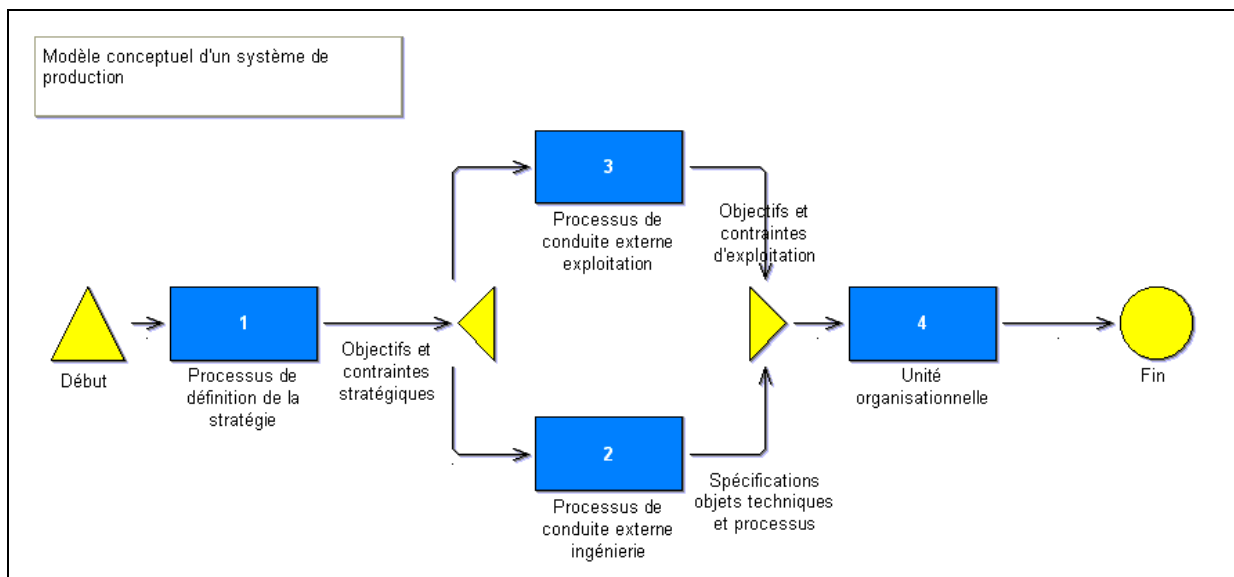
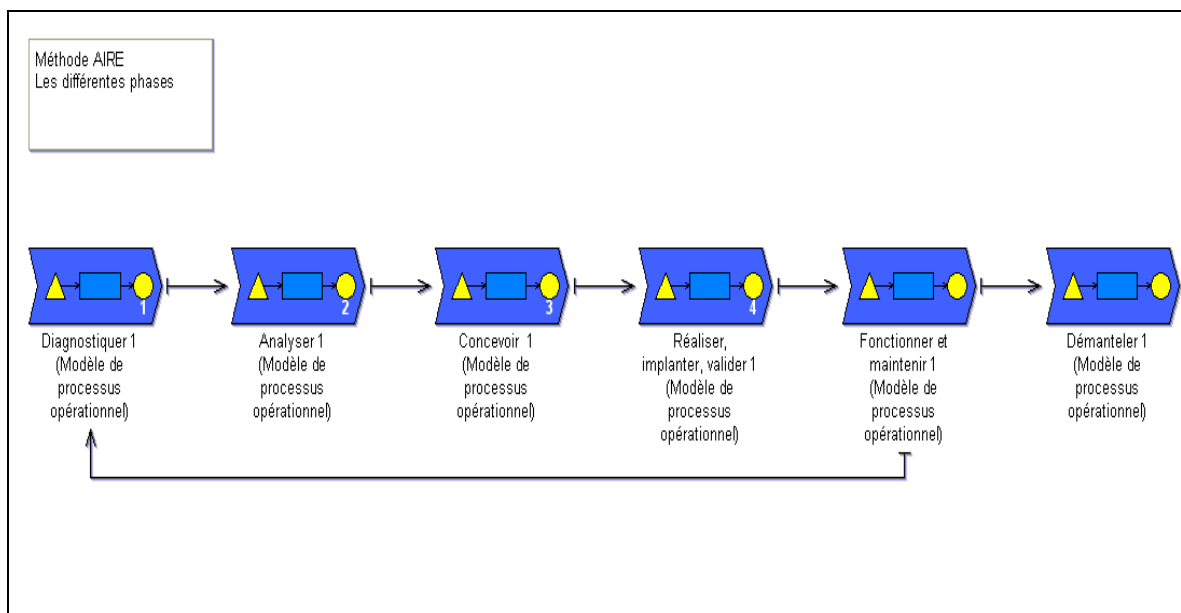


Figure 3 : représentation élaborée d'une unité d'organisation – mise en évidence des entités de conduite externe

La démarche

La démarche que nous préconisons s'apparente au cycle de vie d'un objet. Le cycle de vie d'un système est, par exemple décrit dans la méthode GERAM (conceptualisation, définition, conception fonctionnelle et détaillée, installation et construction, opérationnelle et de maintenance). Notre démarche propose les phases suivantes : diagnostiquer, analyser, concevoir, réaliser, implanter et valider, exploiter et maintenir, éventuellement démanteler. Le déroulement d'un tel projet est montré à la Figure 4



Description des cinq premières phases d'un projet de réingénierie d'un établissement de formation

Nous présentons les différentes phases dans des tableaux qui précisent : le processus référencé, son ordre dans le déroulement du projet, la mission, l'objet technique intrant et l'objet technique extrant.

Tableau 1 : phase A

Processus - phase A : diagnostiquer
Processus référencé : AIRE_A 12/2002
Ordre : 1
Mission : proposer des axes d'orientation, décider de l'intérêt d'un projet de réingénierie et l'organiser
Intrant : demande de diagnostic
Extrant : cahier des charges de la phase d'analyse

Tableau 2 : phase B

Processus - phase B : analyser
<u>Processus référencé</u> : AIRE_B 12/2002
<u>Ordre</u> : 2
<u>Mission</u> : modéliser le système, comprendre son fonctionnement, détecter ses dysfonctionnements, rédiger le cahier des charges de conception
<u>Intrant</u> : rapport de la phase A "diagnostiquer"
<u>Extrant</u> : rapport d'analyse comprenant des axes d'orientation du nouveau programme de formation

Tableau 3 : phase C

Processus - phase C : concevoir
<u>Processus référencé</u> : AIRE_C 01/2003
<u>Ordre</u> : 3
<u>Mission</u> : En partant des conclusions et des orientations du cahier des charges de fin de phase B spécifier les activités et les processus opérant et de conduite ainsi que les ressources nécessaires à leurs réalisations. Dans certain cas spécifier le système d'information et l'organisation du système.
<u>Intrant</u> : cahier des charges de conception
<u>Extrant</u> :
<ul style="list-style-type: none">• Spécification des différentes tâches de formation, des activités et des processus chargés de les mettre en œuvre• Spécification des acteurs de la formation : ressources humaines et ressources techniques• Spécification du sous-système de formation : organisation du processus opérationnelle, définition du processus de pilotage et des conditions de mesure de la réalisation des objectifs, spécification de ou des acteurs du pilotage du sous-système

Tableau 4 : phase D

Processus - phase D : réaliser, implanter, valider
<u>Processus référencé</u> : AIRE_D ...1/2003
<u>Ordre</u> : 4
<u>Mission</u> : en partant des spécifications élaborées à la phase de conception acquérir les ressources, les implanter, mettre en route le nouveau système et valider son fonctionnement
<u>Intrant</u> : spécifications issues de la phase C
<u>Extrant</u> : système reconfiguré en état d'exploitation normale

Tableau 5 : phase E

Processus – phase E : exploiter le système de production de compétences
<u>Processus référencé</u> : AIRE_E 01/2003
<u>Ordre</u> : 5
<u>Mission</u> : assurer la production d'objets ou de services selon un plan de la demande, assurer la maintenance des ressources techniques
<u>Intrants</u> : plan de la demande
<u>Extrants</u> : objets techniques

En guise de conclusion : pilotage et performance d'un système de production de compétences

Dans cet article nous avons voulu montrer que les méthodes et outils du Génie Industriel et de la Production peuvent apporter une aide au déploiement de la stratégie d'un établissement de formation et à la conception de son pilotage.

La mise en œuvre, à la suite d'un projet de réingénierie si elle est facilitée par l'emploi de ces méthodes et outils ne doit pas cacher certaines difficultés. Le pilotage et la performance d'un établissement n'est pas aisé :

- Pour le pilotage il faut prendre en considération la spécificité des acteurs. Les enseignants doivent pour faire face aux nouveaux objectifs des établissements remettre en cause très fréquemment le contenu de leurs cours, études de cas et travaux pratiques. Cela constitue, pour eux, un accroissement de charge de travail qui vient souvent en concurrence avec leur tâche de chercheur.
- Pour la performance là aussi le choix des indicateurs de performance est délicat. Nous n'y répondons pas aujourd'hui mais il est possible de se poser quelques questions :
 - Comment mesurer efficacement l'accroissement de compétences d'un élève ? Plus particulièrement au niveau des savoir-faire ? Sur quelle durée ?
 - La performance du système de production de compétences dépend bien entendu de celle des acteurs. Doit-on, et comment, mesurer leur performance ?

Remerciements

Nous tenons à remercier la Société BOC^a qui a mis à notre disposition le logiciel ADONIS qui a facilité grandement nos réflexions sur la modélisation, l'analyse et l'ingénierie des systèmes de production.

^a <http://www.boc-eu.com>

Bibliographie

- ¹ - C. Clémentz, Modélisation des systèmes de production de compétences, *Thèse de l'Université de Metz, - spécialité : automatique et productive, 2000.*
- ² - Vernadat F. (1999), Techniques de modélisation en entreprise : applications au processus opérationnels, *Collection Gestion, Editions Economica, Paris.*
- ³ - Roboam M. (1993), La méthode GRAI : principes, outils, démarche et pratique, *Editions Teknea, Toulouse.*
- ⁴ - Dougmeints G. (1984), Méthode GRAI : méthode de conception des systèmes en productive, *Mémoire pour l'obtention du titre de Docteur d'Etat en Automatique, Université de Bordeaux I.*
- ⁵ -Tardieu H., Rochfeld A. et Colletti R., (1984) La méthode MERISE : principes et outils, *Les Editions d'Organisation, Paris.*
- ⁶ - Rolland C., Foucaut O. et Benci G. (1988), Conception des systèmes d'information : la méthode REMORA, *Editions Eyrolles, Paris.*
- ⁷ - Muller P.A. (2000), Modélisation objet avec UML, *Editions Eyrolles, Paris.*
- ⁸ - Morley., Hugues J. et Leblanc B. (2002), UML pour l'analyse d'un système d'information : le cahier des charges du maître d'ouvrage, *Collection InfoPro, Dunod Editeur, Paris*
- ⁹ - Groupe AICOSCOP (1990), Rapport final du contrat de recherche MRT-FRT n°88.P00661, *Paris.*
- ¹⁰ - Pourcel C. et Gourc D. (2002), MECI : Modélisation d'Entreprise pour la Conception Intégrée, *Cours de l'Ecole de Modélisation d'Entreprise, EMAC, Albi 2002.*
- ¹¹ Pourcel C., *Aide à la réingénierie d'entreprise*, Cahier de Recherche du LGIPM – ENIM établi à l'occasion des travaux du groupe de travail Méthode de Réorganisation Industrielle du Club des Enseignants Chercheurs en Génie Industriel, Paris, 2000.
- ¹² - Groupe AICOSCOP (1990), Rapport final du contrat de recherche MRT-FRT n°88.P00661, *Paris.*
- ¹³ Karagiannis, D. (1994), Towards Business Process Management Systems, *Tutorial at the International Conference on Cooperative Information Systems (CoopIS '94), Toronto*