

Réflexions sur le Génie Industriel & l'Ingénierie Système

CLAUDE POURCEL¹, IOANA FILIPAS DENIAUD², FRANÇOIS MARMIER^{2,3}, DIDIER GOURC³

¹ EIGSI, 12 bis rue Ampère, 92310 Sèvres, France

² Strasbourg Université, BETA, 61 avenue de la Forêt Noire, 67085 Strasbourg Cedex, France

³ Toulouse Université, Mines Albi, Centre Génie Industriel, 81000 Albi Cedex 09, France

Résumé – Ce texte constitue une contribution à un débat récurrent dans la communauté des ingénieurs : Génie Industriel ou Ingénierie ou Conception de Système. Après avoir consacré un paragraphe aux définitions de ces disciplines, nous présentons quelles sont les compétences qui nous semblent utiles d'acquérir, puis nous présentons quelques exemples de formation. Nous ouvrons, ensuite, le débat et nous proposons de structurer ces différentes approches dans le cadre du Génie des Systèmes.

Mots clés – Génie industriel, ingénierie système, compétences, formation.

Keywords – Industrial engineering, system engineering, skills, teaching programme.

1 INTRODUCTION

Dans un contexte où les produits deviennent de plus en plus complexes, les communautés du Génie Industriel et de l'Ingénierie Système ont pour objectif d'aider à la création de connaissance, de modèle, d'approche ou encore d'outils pour supporter la conception et l'exploitation de système d'objets techniques.

La théorie des systèmes a été développée à partir des années 1950 par L. von Bertalanffy qui a publié "The general system theory" [Von Bertalanffy, 1968]. Il montre la nécessité d'étudier les interactions dynamiques entre les parties et non pas de se borner à un regard réducteur qui isole les parties afin de les étudier individuellement. La théorie des systèmes va utiliser les concepts de boucles de rétroaction (régulation) de la Cybernétique, développée par Wiener en 1947. La théorie des systèmes a ensuite ciblé l'étude de la complexité tel que dans « Le microscope » [De Rosnay, 1975], et « La théorie du système général » [Le Moigne, 1977], et l'Introduction à la pensée complexe" [E. Morin 1992]. L'ensemble de ces écrits ont contribué à développer une "une science des systèmes" [Simon, 1997] qui se veut interdisciplinaire et qui vise à rendre compte de phénomènes complexes en perpétuelle évolution, irréductibles à un modèle analytique de type causal et déterministe.

Pour mettre en évidence le positionnement du Génie Industriel par rapport à l'Ingénierie Système, nous proposons dans cette communication de définir :

- ces deux disciplines scientifiques et techniques ;
- les compétences des ingénieurs exerçant dans ces domaines.
- une liste des domaines de formation dont l'objectif est d'acquérir des compétences en Génie Industriel et Ingénierie Système.

2 DEFINITIONS ET POSITIONNEMENT DES CONCEPTS

Nous proposons dans cette section différentes définitions provenant de la littérature permettant de positionner les concepts de Génie Industriel par rapport à l'Ingénierie Système. Différentes notions sont considérées comme indispensable pour préciser ces deux disciplines : objet technique, génie, ingénierie, ingénieur et conception. Elles sont précisées ci-dessous et suivies des définitions relatives au GI et à l'IS.

Définition 1 : Objet technique

« Les objets techniques sont des objets dont la finalité est d'assurer un service de caractère pratique, utilitaire pour l'homme ».

Cette définition est proche de celle que propose H. Simon [Simon, 1969] Il propose de distinguer quatre indices qui définissent un objet artificiel :

- les objets artificiels sont synthétisés par l'homme ;
- les objets artificiels peuvent imiter les apparences des objets naturels, bien qu'il leur manque un ou plusieurs aspects de l'objet naturel ;
- les objets artificiels peuvent être caractérisés en termes de fonctions, de buts, d'adaptation ;
- les objets sont souvent considérés, en particulier lors de leur conception, en terme d'impératifs tout autant qu'en terme descriptif.

Le terme produit pourrait être employé si on adopte la définition de l'ISO 8412 suivante : « Le produit est le résultat d'activité ou de processus (matière, énergie, information, service etc). » Ce niveau de définition doit être considéré comme générique. Au

niveau particulier on trouve 7 types d'objets techniques tels que précisés sur la figure 1.

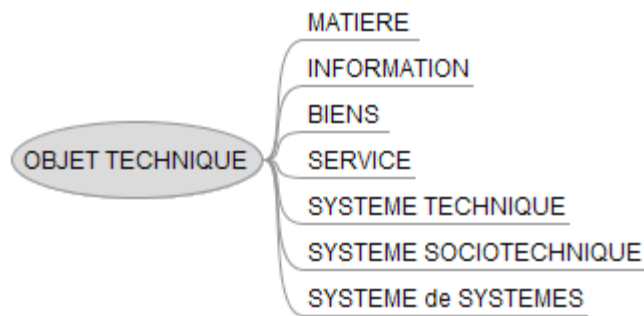


Figure 1. Les 7 types d'objets techniques (ISO 8412)

Définition 2 : Génie

« Science et art de la conception et de l'exploitation des systèmes, des procédés, des ouvrages et des produits nouveaux et améliorés de l'industrie et des services ».

Dans le cadre d'une sensibilisation des jeunes aux Sciences de l'Ingénieur, l'un des auteurs a recensé plus d'une trentaine d'adjectifs ont été recensés associant le terme « génie » au génie d'alimentaire, à la gestion des procédés en passant, bien entendu, par le génie industriel [Pourcel, 2015].

Définition 3 : Ingénierie

« Ensemble des activités de conception et de planification qui concourent à la réalisation d'un projet généralement scientifique ou industriel » [Dictionnaire terminologique de l'office franco-québécois de langue française].

Définition 4 : Conception

« Activité créatrice qui consiste à élaborer un projet ou une partie des éléments le constituant, en partant des besoins exprimés et des possibilités technologiques dans le but de créer un objet technique » [Dictionnaire terminologique de l'office franco-québécois de langue française].

Définition 5 : Ingénieur

« Personne ayant une formation reconnue qui le rend apte à concevoir, réaliser et à mettre en œuvre dans l'industrie des systèmes, des procédés, des produits ou des services » [Dictionnaire terminologique de l'office franco-québécois de langue française].

Dans la littérature, différentes définitions du Génie Industriel sont proposées.

Définition 6 : Génie Industriel

« Le génie industriel englobe la conception, l'amélioration et l'installation de systèmes intégrés d'hommes, de matériaux, d'équipements et d'énergie. Il utilise les connaissances des sciences mathématiques, physiques et sociales ainsi que les principes et méthodes de conception, d'analyse propres au génie, dans le but de spécifier, prédire et évaluer les résultats découlant de ces systèmes » [American Institute of Industrial Engineers]. « Le Génie Industriel vise l'amélioration continue de la productivité, de l'efficacité et des contrôles de la performance. Il s'intéresse à la conception, à l'implantation, à l'amélioration et à l'opération des systèmes intégrés de

ressources humaines, matérielles, d'équipements et d'énergie » [Handbook of Industrial Engineers ; Godard, 1983]. Le terme de Génie Industriel est parfois été décliné en **Génie des Systèmes Industriels**. Certains ont également proposé le terme, plus réducteur de productique qui désigne les activités de conception et d'exploitation de système totalement ou partiellement automatisé.

Définition 7 : Ingénierie Système

L'IS est née dans les années 1960 aux États-Unis, dans le secteur militaire, pour gérer les appels d'offres passés entre le Département d'État de la Défense et ses multiples soumissionnaires. Depuis, l'IS a connu une large diffusion à de nombreux secteurs [Cook et Ferris, 2007]. Elle a donné lieu à la constitution de « communautés de savoir » [Cohendet et Coll., 2006]. Citons l'*International Council on Systems Engineering* (INCOSE) ou, en France, l'Association Française d'Ingénierie Système (AFIS).

L'IS présente une réelle unité conceptuelle, qui en fait, malgré son origine, plus qu'un simple recueil de bonnes pratiques industrielles. Ainsi, pour maîtriser le développement d'une solution globalement performante, c'est-à-dire susceptible de satisfaire les différentes parties prenantes qui interagiront avec elle tout au long de son cycle de vie, il conviendrait de structurer la conception selon quatre principes.

Selon l'office franco-québécois de langue française: L'ingénierie système est une « Branche de l'ingénierie qui a pour objet la conception de systèmes répondant à des objectifs déterminés, suivant une démarche structurée de planification et de développement, selon une approche interdisciplinaire ».

Cette définition est partagée par l'Association Française d'Ingénierie Système (AFIS).

Les définitions proposées nous conduisent au commentaire suivants : L'ingénierie des systèmes vise à aider à concevoir et à développer des systèmes complexes. Cette activité est l'une de celles menées à bien par les ingénieurs en Génie Industriel. L'IS tend donc à structurer les pans de connaissances et les compétences notamment pour le domaine d'activité de la conception.

3 LES COMPETENCES NECESSAIRES EN INGENIERIE SYSTEME

Dans ce paragraphe nous allons montrer en précisant les compétences d'un ingénieur système s'il apparaît des différences notables entre les deux disciplines.

3.1 La notion de compétences

La notion de compétences est explicitée dans de nombreux documents, comme par exemple [Le Boterf, 1998]. Cet auteur précise que la compétence est la capacité d'un acteur à mobiliser ses ressources et celles de son environnement dans le cadre d'une mission précisée.

Les ressources incorporées composées:

- de connaissances : connaissances générales, connaissances d'environnement, connaissances procédurales ;
- de savoir-faire : formalisés, relationnels et cognitifs ;
- mais aussi de qualité, de ressources physiologiques, de culture.

Les ressources de l'environnement composées :

- de réseaux (relationnels, documentaire, d'expertises, informationnels) ;

- d'outils de proximité.

Cette approche doit être mise dans le contexte de la réalité professionnelle, c'est ainsi comme l'a montré Harzallah [Harzallah M., 2000] le modèle explicatif et global de la compétence se décrit comme présenté dans la figure 1.

Une mission est confiée à un acteur, qui dispose de ressources de l'environnement. Elle requiert des compétences. L'acteur a acquis des compétences et c'est l'adéquation entre les deux qui assurera la réussite de la mission.

Compte-tenu de la mission les savoirs et savoir-faire requis doivent être en harmonie avec tout ou partie des aspects suivant : économique, environnementale, social, information, organisationnel, technologique et objet technique (Figure 2).



Figure 2. Missions

3.2 Les missions de l'ingénieur GI

Parmi les missions de l'ingénieur GI, il est possible de relever les suivantes :

- Concevoir des méthodes de production
- Mettre en œuvre et anticiper les actions nécessaires pour optimiser l'utilisation des moyens de production
- Implémenter les systèmes d'information nécessaires à l'entreprise
- Organiser le circuit de production et la logistique associée
- Participer à l'évolution des produits
- Manager des équipes projets
- Organiser la fonction maintenance de l'entreprise pour limiter les coûts

Pour chacune de ces missions, des compétences sont requises.

3.3 Référentiel de compétences en GI ou IS

Le cycle de vie d'un objet technique, permet de distinguer des activités opérationnelles et des activités de pilotage (tableau 1). Ces activités se retrouvent dans les tâches de l'ingénieur en GI.

Tableau 1. Les tâches de l'ingénieur

Partie opérationnelle	Partie pilotage
1. Définir les besoins	1. Evaluer
2. Concevoir	2. Planifier
3. Développer	3. Gérer
4. Mettre en situation	4. Décider
5. Exploiter	
6. Maintenir à niveau à niveau	
7. Evaluer	
8. Retirer d'exploitation	

La partie opérationnelle se divise en deux :

- l'ingénierie ou la conception de l'objet technique ou produit (partie pour faire) ;
- la production de l'objet technique ou du produit (partie à faire).

De la même manière la partie pilotage peut-être dédiée pilotage du projet d'ingénierie ou dédiée pilotage de la production.

Cette vision permet d'identifier deux systèmes : le système pour faire et le système à faire [Fiorèse, 2014].

L'étude « Compétences systèmes » réalisée par SYSTEME@TIC Un des participants [Colombel, 2013] propose de regrouper les définitions fournies par 27 industriels en sous-familles et en familles de compétences systèmes comme préciser dans le tableau 2.

Tableau 2. Compétences systèmes

Approche système
<ul style="list-style-type: none"> • Conceptualisation, abstraction • Approche intégrée, architecture • Approche systémique
Socles techniques et méthodologiques
<ul style="list-style-type: none"> • Socles techniques • Socles méthodologiques
Aptitude à l'innovation
<ul style="list-style-type: none"> • Aptitudes à l'innovation • Aptitudes à la créativité
Aptitudes personnelles
<ul style="list-style-type: none"> • Capacités cognitives • Capacités relationnelles • Ouverture d'esprit
Management de projet
<ul style="list-style-type: none"> • Pilotage de projet • Management technique • Management équipe de projet

Lors de la même étude l'enquête emploi précise 4 types d'acquisition des compétences :

- via la formation initiale
- via la formation continue
- via l'expérience professionnelle
- Compétences propres de l'individu

Elle est complétée par une enquête de type benchmarking avec la collaboration de 15 sociétés étrangères (tableau 3).

Tableau 3. Classification des outils

Famille « approche système »
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Ingénierie système</u> <ul style="list-style-type: none"> ○ Processus d'ingénierie système ○ Cycle de vie d'un système industriel ○ Ingénierie des exigences • <u>Architecture système</u> <ul style="list-style-type: none"> ○ Démarche architecturale ○ Intégration ○ Concepts architecturaux de base • <u>Modélisation et simulation systémique</u> <ul style="list-style-type: none"> ○ Modélisation et dimensionnement d'un système industriel ○ Outils d'ingénierie système ○ Outils de gestion des exigences

Famille « management de projet »	
•	<u>Gestion de projet système</u> <ul style="list-style-type: none"> ○ Structuration d'un projet système ○ Cycle de vie d'un projet ○ Gestion de l'innovation ○ Management du risque et de la production
•	<u>Gestion du facteur humain</u> <ul style="list-style-type: none"> ○ Gestion des équipes ○ Gestion du changement ○ Ingénierie centrée utilisateur
Famille « socle technique et méthodologique »	
•	<u>Socle technique</u> : sciences de l'ingénieur liées au domaine et au produit
•	<u>Socle méthodologique</u> <ul style="list-style-type: none"> ○ Analyse et optimisation des systèmes ○ Outils et pratiques de l'ingénierie système ○ Méthodes de management et de la qualité du système ○ Méthodes des coûts complets

4 LES COMPETENCES A ACQUERIR POUR DEVENIR INGENIEUR SEN GENIE DES SYSTEMES DURABLES

Dans ce paragraphe nous allons proposer ce que nous considérons comme compétences nécessaires au métier d'ingénieur système.

4.1 Les ressources incorporées dédiées Génie des Systèmes

Ressources incorporées 1 :

Connaissances, savoir-faire en Sciences de l'Ingénierie

Systémique et analyse des systèmes
Sciences et génie de l'automatique
Sciences et génie de l'informatique
Sciences et techniques de gestion
Sciences et techniques de l'économie
Sciences et techniques de l'organisation
Sciences et techniques de la décision
Sciences et techniques de la conception
Sciences et techniques de la modélisation
Science et techniques de la production et de la servuction
Science des techniques ou technologie
.../...

3.4 Les ressources incorporés dédiés sciences de la vie

Ces ressources sont nécessaires notamment prendre en compte les aspects sociaux et environnementaux du développement durable.

Ressources incorporées 2 : Sciences te techniques de la vie

Sciences et techniques de la connaissance
Sciences sociales
Sciences et techniques de l'environnement ou écologie
Sciences et techniques du comportement
.../...

4.2 Les ressources incorporés dédiées science de la matière et du mouvement

Ressources incorporées 3 : Sciences de la matière et du mouvement

Chimie et génie chimique
Biochimie et génie biochimique
Electricité et génie électrique
Energétique et génie énergétique
Mécanique et génie mécanique
.../...

...

5 PROPOSITION D'UNE APPROCHE D'INGENIERIE D'UN SYSTEME DE FORMATION

Notre proposition s'inscrit dans la perspective de considérer la formation comme un système de production de services et de mettre en évidence la notion de chaîne de valeur.

5.1 La formation : un service

Nous considérons que former des apprenants est un service rendu à l'apprenant, bien sur, mais également aux organismes recruteurs. Son objectif est d'apporter à l'apprenant des ressources incorporées correspondant

5.2 Une chaîne de valeur

Comme dans les entreprises industrielles il est possible de modéliser une chaîne de valeur comme celle proposée à la figure 3¹.

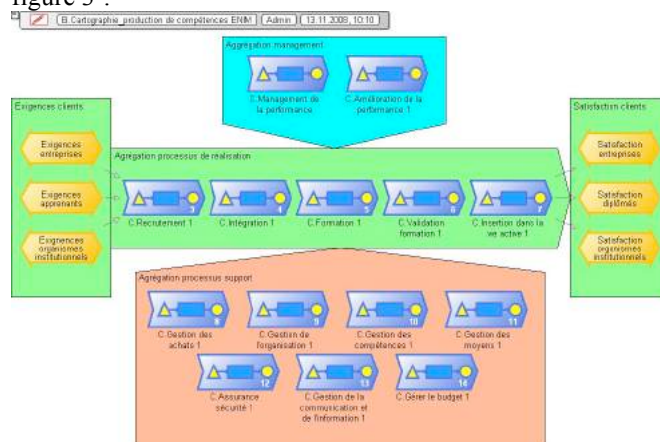


Figure 3 : Chaîne de valeurs

L'entrée de la chaîne est constituée par : les exigences des apprenants, des organismes recruteurs ainsi que certains organismes institutionnels comme, par exemple en France, la commission du titre d'ingénieur. En sortie on mesure la satisfaction de ces trois groupes qui influencent le programme de formation.

La valeur est apportée par (domaines d'activités : le recrutement ; l'intégration ; la formation, la validation des acquis et l'aide à l'insertion professionnelle. Dans certains établissements les laboratoires doivent être considérés comme apportant de la valeur dans la mesure certains de leurs travaux apportent une amélioration de la qualité de l'enseignement. Cette chaîne est complétée par des processus de management et support afin de constituer un système de production de services.

¹ - Les modèles réalisés dans ce paragraphe sont réalisés par les logiciels ADONIS et AOCORE de la société BOC

5.3 Propos sur la stratégie

Comme toute entreprise il est important que l'établissement de formation définisse et déploie un plan stratégie. Il doit comporter :

- Un modèle stratégique comme celui présenté tableau 4.








Tableau 4. Modèle stratégique

Vision
L'évolution des territoires, des entreprises incitent à concevoir et développer une formation en Génie des Systèmes Durables
Mission
Anticiper, imaginer, adapter des activités de formation répondant aux besoins des acteurs entreprises et organismes publics.
Concept organisationnel
Notre projet repose sur les concepts de cycle de vie et système de processus
Slogan
Satisfaire nos clients par la qualité et l'innovation ainsi que par une réponse adaptée à leur besoin.

- Une identification des facteurs clés de succès (FCS) comme présenté tableau 5.

On rappelle que les facteurs clés de succès sont : « Les facteurs dont on estime qu'ils contribuent de manière décisive à la performance de l'entreprise constituent les facteurs clés de succès »

Tableau 5. Les FCS

<p>▲ Satisfaction des partenaires</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  FCS1 : anticiper besoins </div> <div style="text-align: center;">  FCS2 : imaginer des formations innovantes </div> </div>
<p>▲ Satisfaction des organismes de tutelle</p> <div style="text-align: center;">  FCS3 : satisfaire aux objectifs et contraintes </div>
<p>▲ Amélioration de la performance</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  FCS4 : améliorer maturité des processus </div> <div style="text-align: center;">  FCS5 : évaluer la performance globale </div> </div>
<p>▲ Amélioration apprentissage organisationnel</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  FCS6 : participer aux manifestations dédiées GSD </div> <div style="text-align: center;">  FCS7 : améliorer communication interne, externe </div> </div>

- Une orientation de l'ingénierie du système de formation :

Sur la base de nos expériences appuyées par la présentation des définitions et de l'aspect « compétences de l'ingénieur système » nous estimons que l'Ingénierie Système doit être considérée comme une composante du Génie Industriel ou du Génie des Systèmes Industriels. Pour illustrer notre position nous présentons dans la figure 3 un schéma explicatif.

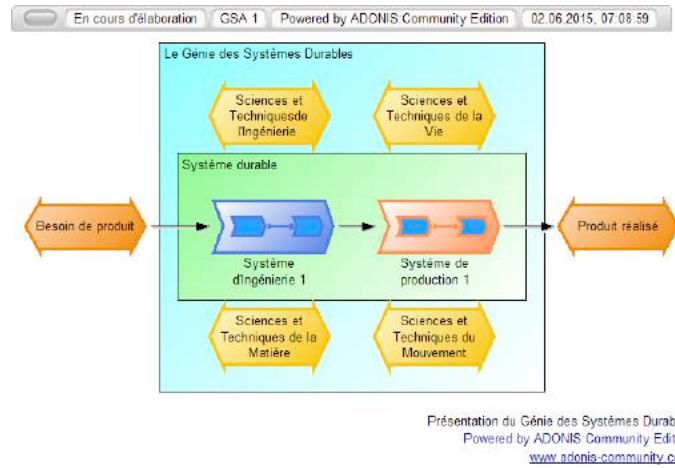


Figure 4. Positionnement des concepts

Les différentes sciences (avec leurs méthodes, concepts, connaissances et compétences, outils) forment un système de systèmes composé :

- d'un système d'ingénierie chargé de la conception et du développement de l'ensemble des processus mettant en œuvre les différentes fonctions de l'entreprise (management, opérationnelle, support et évaluation) ;
- d'un système de production (ou système des opérations) chargé de la mise en œuvre des fonctions chargées de la réalisation des objectifs stratégiques, tactiques et opérationnels que le système s'est fixé.

5.4 L'ingénierie du système de formation

Nous proposons une approche inspirée de l'ingénierie système [Fiorèse, 2012], notamment le concept de cycle de vie qui permet de distinguer :

- Le système pour faire (ou système d'ingénierie) qui comporte 4 phases : recherche exploratoire, conception, développement et mise en situation
- Le système à faire composé du système de formation (ou de production de compétences, d'évaluation et de retrait.

Dans ce paragraphe nous aborderons succinctement la phase de conception, l'ambition de cette communication n'est pas de présenter l'intégralité de la démarche d'ingénierie.

La figure 5 montre les deux aspects systèmes pour faire et système à faire.

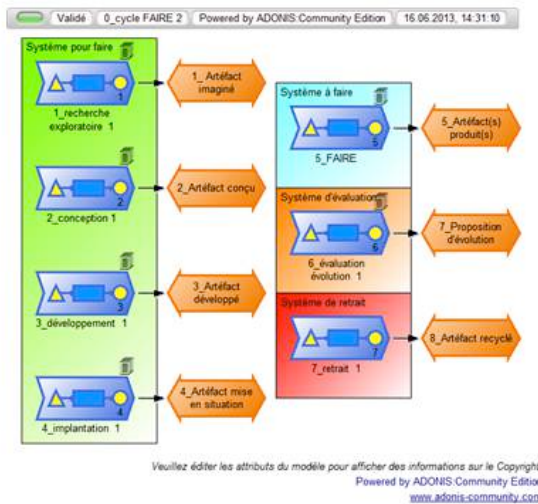


Figure 5. Système pour faire – Système à faire

La phase de conception a pour objectif de définir l'extrant, l'intrant et le processus de formation. Dans notre cas, L'extrant est défini par les ressources acquises lors du processus d'apprentissage. Dans les paragraphes précédents nous avons montré les orientations possibles, La « nomenclature » de cet extrant est présentée à la figure 6.

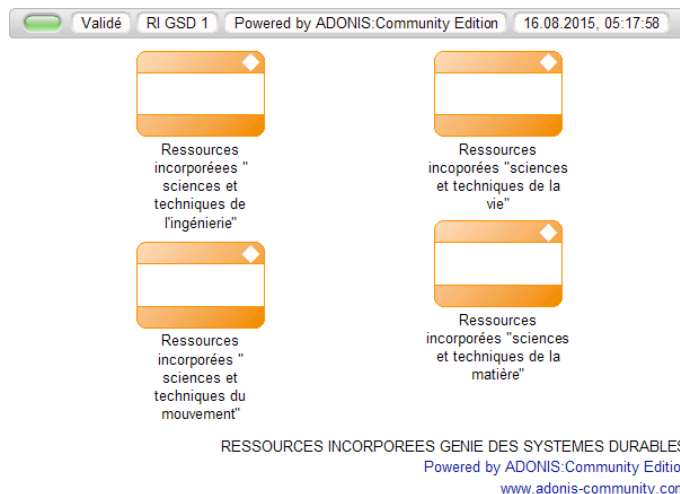


Figure 6. Nomenclature

Les intrants, c'est-à-dire les ressources nécessaires pour suivre convenablement le processus de formation va dépendre de son niveau : BAC + 2, BAC + 3, ...etc.

Pour le processus de transformation nous proposons que chaque type de ressources composant la « nomenclature » soit rassemblé dans un même domaine d'activités. Cette entité étant composée d'une partie opérante, d'une partie opérative, d'une partie de conduite interne (partie prenant les décisions de pilotage) [Gourc, 2015] [Pourcel, 2005]. Ce choix entraîne la mise en œuvre d'une démarche de conception et de développement imbriquée comme nous le présentons à la figure 7.

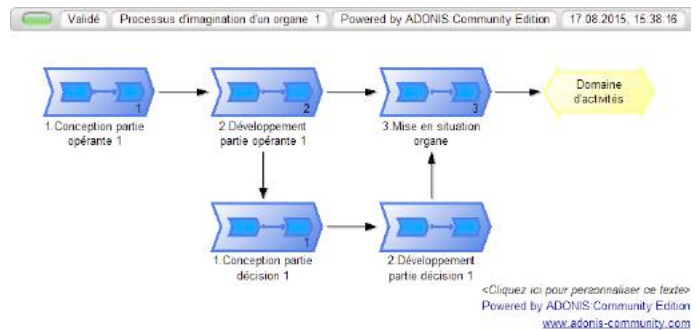


Figure 7. Démarche de conception

Dans ce paragraphe nous avons proposé une démarche d'ingénierie qui doit être validé avant d'être appliquée.

6 CONCLUSION

Dans cette communication après avoir défini et précisé les concepts qui guident nos travaux nous avons proposé une définition des compétences spécifiques à l'ingénierie système. En les positionnant par rapport à celles, plus classiques, de l'ingénieur industriel nous proposons une définition de compétences à acquérir pour devenir un spécialiste du Génie des Systèmes Durables. Afin de permettre un développement de cette approche nous proposons, également une démarche d'ingénierie d'un système de formation.

Nous voulons apporter notre contribution à un débat français, académique et professionnel, sur le Génie Industriel et l'Ingénierie des Systèmes.

En perspective des notions récentes dans le domaine des systèmes complexes, auto-organisés, émergents, reconfigurables, adaptatifs devront être prises en compte.

7 QUELQUES SITES DE REFERENCE

Portail sciences de la complexité :

- <http://www.noetique.eu/livres/editions-marane/complexite>
- [http://www.science.gouv.fr/fr/dossiers/bdd/res/3205/qu-est-ce-que-la-complexite-/](http://www.science.gouv.fr/fr/dossiers/bdd/res/3205/qu-est-ce-que-la-complexite/)
- <http://complexite.epikurie.com/>
- <http://fr.wikipedia.org/wiki/Complexit%C3%A9>
- <http://philosciences.com/Nouvelles/GMorin1.html>

Portail sciences de la conception :

- <http://www.utbm.fr/editions-multimedia/catalogue/livres/collections/sciences-humaines-et-technologie/pour-une-science-de-la-conception.html>
- <http://vimeo.com/56419340>

Portail sciences des systèmes :

- <http://www.etudesup.uottawa.ca/Default.aspx?tabid=1726&onControl=Profs&ProgId=607>
- http://webcast.in2p3.fr/videos-robustesse_et_regulation_de_systemes_une_approche_viability
- <http://www.ixxi.fr/OLD/Gouvernance.php>
- http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/rfp_0556-7807_1975_num_33_1_1607

Portail sciences de la décision :

http://www-ihpst.univ-paris1.fr/axes/decision_rationalite_interaction.php

Etude de marché :

<http://www.unistra.fr/formations/diplome/fr-rne-0673021v-pr-py445-233>

<http://www.insa-lyon.fr/fr/formation/ingenieur-par-apprentissage/gmcip-genie-mecanique/ingenieur-genie-mecanique-conception-et->

Disciplines IS – divers :

<https://www.mysciencework.com/news/10553/lahierarchie-des-disciplines-pour-une-nouvelle-conception-des-sciences>

http://www.canalu.tv/video/eco_gestion/atelier_1_sciences_de_l_ingenieur.3722

<http://www.youtube.com/watch?v=aLFS9cwKIHM>

http://www.lesmetiers.net/orientation/p1_317242/sti2d-sciences-et-technologies-de-l-industrie-et-du-developpement-durable-specialite-innovation-technologique-et-eco-conception

<http://www.franceculture.fr/emission-revolutions-medicales-histoire-de-la-conception-2013-03-12>

8 REFERENCES

- Bistorin O., Pemptroad G., Pourcel C. et Thiery S. (2005) Ingénierie et gestion des processus d'un système de formation - 2^{ème} Workshop ECI « Ingénierie et gestion des processus d'entreprise » - IAE de Paris.
- Bistorin O (2007) Méthodes et outils d'aide à la conception des processus opérationnels des systèmes de formation – Thèse pour obtenir le grade de Docteur de l'Université Paul Verlaine de Metz.
- Bistorin O., Rémi R., Pemptroad G. et Pourcel C. (2007) Intégration du système d'information pour les processus de formation – 7^{ème} Congrès International de Génie Industriel – CIGI 7 – Trois Rivières – Québec – Canada.
- Boucher X. (1998) Gestion des compétences liée à la mise en œuvre de l'ingénierie concurrente – Actes des la journée « Gestion des compétences et performance industrielle » tenue dans l'entreprise Automobile Citroën à Neuilly-sur-Seine.
- Clémentz C. (2000) Modélisation des systèmes de production de compétences : apports à l'ingénierie pédagogique – Thèse pour obtenir le grade de Docteur de l'Université Paul Verlaine de Metz. – Metz, France.
- Cohendet P., Créplet F. et Dupouët O. (2006) La gestion des connaissances. Firms et communautés de savoirs – Éditions Economica.
- Colombel J.Y. (2013) La cartographie des compétences systèmes – 3ème convention interne SYSTEME@TIC – Paris Région, France.
- Cook S. C., Ferris T. L. J. (2007) Re-evaluating systems engineering as a framework for tackling systems issues – *Systems Research and Behavioral Science*, 24(2), pp. 169-181.
- De Rosnay J. (1975) Le macroscope, Editions du Seuil.
- EIGSI (2001) Management et ingénierie des systèmes industriels – Notice de présentation EIGSIMISI – La Rochelle, France.
- Fiorèse S, et Meinadier J.P. (2012) Découvrir et comprendre l'ingénierie système, Collection AFIS, Ed. Cépaduès Toulouse.
- Franchini L. (1998) Aide à la décision pour la gestion des compétences en production, Actes des la journée « Gestion des compétences et performance industrielle » tenue dans l'entreprise Automobile Citroën à Neuilly-sur-Seine.
- Godard M. (1981) Le Génie Industriel : définition et application, Actes du Colloque Franco-québécois sur le thème du Génie Industriel – Marseille, France.
- Gourc D. et Pourcel C (2015) Modélisation d'entreprise : présentation, démarche et utilisation des modèles – *Communication présentée à la sélection du 11^{ème} Congrès International de Génie Industriel – Québec, Canada.*
- Grabot B. (1998) Une expression des besoins pour la planification des compétences en atelier Actes des la journée « Gestion des compétences et performance industrielle » tenue dans l'entreprise Automobile Citroën à Neuilly-sur-Seine.
- Harzallah M. (1998) Gestions des compétences des ressources humaines en entreprise industrielle - Actes des la journée « Gestion des compétences et performance industrielle » tenue dans l'entreprise Automobile Citroën à Neuilly-sur-Seine.
- Harzallah M. (2000) Modélisation des aspects organisationnels et des compétences pour la réorganisation d'entreprise industrielles - Thèse pour obtenir le grade de Docteur de l'Université Paul Verlaine de Metz.
- Jia A. (1998) La conduite d'activité de fabrication : aspect gestion des compétences - Actes des la journée « Gestion des compétences et performance industrielle » tenue dans l'entreprise Automobile Citroën à Neuilly-sur-Seine.
- Jia A. (1998) vers une meilleure gestion des ressources d'un groupe autonome de fabrication - Thèse pour obtenir le grade de Docteur de l'Université François Rabelais de Tours.
- Le Boterf G. (1998) L'ingénierie des compétences – Editions d'organisation – Paris.
- Le Moigne J.L. (1977) La théorie du système général, Théorie de la modélisation, Paris: Col. Systèmes- Décisions, Presses Universitaires de France.
- Le Moigne J.L. (1990) La modélisation des systèmes complexes, Collection AFCET Systèmes, Editions Dunod, Paris.
- Micaelli J.P., Deniaud I., Bonjour E. (2012). Conception ambidextre : quels apports de l'Ingénierie Système ?, *Revue Génie Logiciel*, no. 100, p. 9-15.
- Morin E. (1992) – Introduction à la pensée complexe – Paris, ESF.
- Pourcel C. et Gourc D. (2005) Modélisation d'entreprise par les processus – Editions Cépaduès- Toulouse.
- Pourcel C. (2007) Stratégie, gouvernance et contrôle de la performance d'un établissement de formation – Actes de la 1ère Conférence Internationale des Systèmes de Formation – Carthagène des Indes – Colombie.
- Pourcel C. (2015) Présentation des sciences de l'ingénieur aux élèves de seconde, Lycée Saint Thomas de Villeneuve – Chaville, France.

- Renauld R., Bistorin O., Clémentz C., Padilla P., Pourcel C. et Stock R. (2004) Amélioration des performances des systèmes de production de compétences : réflexion sur l'intégration des connaissances et des compétences, *Actes du colloque C2EI Nancy*.
- Renauld R., Ducq Y et Pourcel C. (2007) Réflexions sur la performance d'un système de formation - 7^{ème} Congrès International de Génie Industriel, Trois Rivières, Québec, Canada.
- Renauld R. et Pourcel C. (2004) Première approche à la modélisation des systèmes de production de compétences et de production de savoir et savoir-faire, *Workshop du groupe ECI (GDR MACS et I3 du CNRS) – Lyon*.
- Simon, A.H. (1969) The science of the artificial, MIT Press, Cambridge MA, USA.
- Von Bertalanffy L. (1973) General System Theory: Foundations, Development, Applications, New York, 1968: George Braziller. Traduction: Théorie générale des systèmes, Paris, Bordas (Dunod).