Loïc Pineau
Julie Stal-Le Cardinal
Ludovic-Alexandre Vidal

Génie industriel

Les fondamentaux



ellipses

Références sciences

Génie industriel

Les fondamentaux

Loïc Pineau
Julie Stal-Le Cardinal
Ludovic-Alexandre Vidal

ellipses

Collection Références sciences

dirigée par Paul de Laboulaye
paul.delaboulaye@editions-ellipses.fr

Retrouvez tous les livres de la collection et des extraits sur www.editions-ellipses.fr

ISBN 9782340-100619
Dépôt légal : avril 2025
©Ellipses Édition Marketing S.A.
8/10 rue la Quintinie 75015 Paris

DANGER
LE PHOTOCOPILLAGE TUE LE LIVRE

Le Code de la propriété intellectuelle et artistique n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article L. 122-5, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » (alinéa 1er de l'article L. 122-4).
Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

www.editions-ellipses.fr

Remerciements

Nous remercions tout particulièrement Mathilde HERVIEU, sans qui ce livre serait toujours un manuscrit inachevé, et qui a permis de donner le ton et le rythme à la rédaction de cet ouvrage.

Nous remercions aussi chaleureusement les professionnels qui ont donné leur vision dans leur domaine d'activité, soit en préfaçant les chapitres de ce livre, soit en partageant leurs études de cas, permettant ainsi la mise en perspective des différents concepts : Alexandra PRIEUX, Karim TAZAROURTE, Francis CHAUVEAU, Alain HONNART, Max STELLMACHER, Philippe BOUTONNET, Bertrand NEYRET, Nicolas ANDRIVON, Mathias HUITOREL, Alessandro FOSSATARO.

Merci aussi à Oualid JOUINI et Zied JEMAI, professeurs à CentraleSupélec, qui par leur regard avisé ont donné leur éclairage à la relecture du livre et ont pu le compléter au travers de leurs expertises.

Préface

Par Alexandra PRIEUX
Présidente, Alcediag

J'avoue avoir été surprise, en même temps qu'honorée, que l'équipe de CentraleSupélec me propose d'écrire la préface pour cet ouvrage dédié au génie industriel. Diplômée de l'École en 2005, je n'ai pas eu un parcours classique d'ingénieur. Après un passage en finance puis en conseil en stratégie, je me suis orientée vers l'innovation, d'abord sur des sujets industriels il est vrai (énergie solaire, nanotechnologies) mais très vite dans le médical avec une spécialisation dans le diagnostic sanguin pour la santé mentale. On y parle biologie moléculaire, intelligence artificielle et neurosciences, voire psychiatrie. C'est, semble-t-il, loin des problématiques du génie industriel. Mais est-ce vraiment le cas ?

Pour répondre à cette question et parce que mon expertise sur le sujet était très limitée, j'ai repris les choses à zéro. Qu'est-ce que le génie industriel et quelle est son histoire ? Comme tout un chacun ces derniers temps, je suis allée chercher la réponse d'abord sur Wikipédia puis sur ChatGPT. Le premier se réfère à la définition de l'American Institute of Industrial Engineers « *Le génie industriel englobe la conception, l'amélioration et l'installation de systèmes intégrés. Il utilise les connaissances provenant des sciences mathématiques, physiques et sociales, ainsi que les principes et méthodes propres au "génie" ou, à l'art de l'ingénieur, dans le but de spécifier, prédire et évaluer les résultats découlant de ces systèmes. »* et considère que l'on peut résumer tous les domaines qui touchent au génie industriel comme *l'« optimisation des performances globales de l'entreprise* ». ChatGPT a été, à ma demande, plus concis : « *Le génie industriel, c'est l'art d'optimiser les systèmes complexes pour améliorer l'efficacité et l'efficience des processus de production et des opérations.* ».

Je me suis donc intéressée à l'histoire de cette science pour la replacer dans son contexte. Sans faire de thèse sur le sujet, on comprend assez vite que les premières ébauches sont souvent datées du XVIII^{e} siècle. Les efforts se sont structurés au XIX^{e} siècle et ont abouti à la naissance d'une discipline universitaire avec des cours dispensés dans plusieurs universités d'Europe de l'Ouest dont la France et l'Allemagne. Les États-Unis n'ont pas tardé à suivre avec le premier département pouvant s'apparenter au génie industriel (« ingénierie et fabrication industrielle ») en 1909 à l'Université d'État de Pennsylvanie puis un premier doctorat de génie industriel décerné en 1930 dans la prestigieuse université de Cornell. Chaque discipline a bien sûr ses figures de proue et ici, elles incluent Fayol, Ford et Taylor,

entre autres. Le génie industriel a ensuite évolué avec son temps et les progrès technologiques, et a inclus en passant de nouveaux éléments comme les systèmes de gestion de la qualité, les outils d'aide à la décision comme le MRP (*Material Requirement Planning*), etc. Tout cela sera abordé dans l'ouvrage que voici.

Une fois ce travail de recontextualisation réalisé, il m'a paru important de prendre un peu de recul. Le paragraphe précédent est peut-être (je l'espère en tout cas) intéressant mais il peine à faire briller les yeux. En tout cas les miens. Le terme même de « génie industriel » a, je pense, une part de responsabilité. Le mot « génie » utilisé de cette façon est désuet. Le mot « industriel » évoque de nos jours le déclin européen et des productions potentiellement polluantes. De la même façon, Henry Ford et l'invention du travail à la chaîne n'ont plus vraiment bonne presse. Bref, l'expression « génie industriel » nous rapproche un peu trop des cheminées de la révolution industrielle.

Mais faut-il vraiment limiter le génie industriel à l'ancien monde et aux machines ? L'école Polytechnique de Montréal propose une définition alternative, beaucoup plus large et beaucoup plus riche : « le génie industriel s'attarde comme discipline à examiner comment mieux faire les choses ».

Si on retient cette définition, nul besoin de se limiter au XVIII^{e} siècle, dans un sens comme dans un autre. Certains parlent d'ailleurs de Léonard de Vinci comme le premier pionnier de la discipline. Ses travaux sur le sujet sont en effet nombreux et incluent des éléments pour réduire et optimiser le travail humain avec des systèmes de poulies, de grues ou encore des études anatomiques des muscles et du squelette permettant d'optimiser les efforts humains. Il travaille sur la standardisation des outils en incluant dans ses dessins des spécifications précises sur des systèmes hydrauliques ou le transport de matériaux. Il se définissait d'ailleurs surtout comme ingénieur puisque dans sa fameuse lettre au duc de Milan, il ajoute sobrement à la fin « en peinture, je puis faire ce que ferait un autre, quel qu'il puisse être ».

Mais puisque du XVIII^{e} siècle, nous sommes passés au XV^{e} siècle, pourquoi s'arrêter en si bon chemin ? Il y a 4500 ans, les Égyptiens construisent la grande pyramide de Khéops en une vingtaine d'années, malgré leur technologie limitée. Les problématiques d'organisation, de logistique, d'optimisation (donc de génie industriel) ont nécessairement été au cœur d'un tel exploit. Si on veut pousser plus loin, les premiers Hommes à se sédentariser et à développer l'agriculture ont fait face aux mêmes problématiques (proximité des ressources en eau, etc.). Bref, si le génie industriel a un commencement, il date du début de l'humanité.

Une autre question est : faut-il limiter la portée de cette discipline, et ce malgré son nom, aux seuls sujets industriels. Napoléon et son célèbre « l'intendance suivra ! » répond à cette question. Conquérir la moitié de l'Europe, peut-être, mais on n'emmène pas plus de deux millions de soldats sur les routes sans que le fonctionnement de ce « système complexe » (pour se référer à la définition initiale) ne soit bien optimisé. Napoléon avait donc une vision un peu folle grâce à laquelle il ambitionnait de changer le monde tout en devenant une figure majeure. Cette

situation est assez précisément celle de tous les entrepreneurs et, en fin de compte, les défis sont similaires. Certes, il faut la vision, le projet innovant, lever des fonds, convaincre, etc. Mais la vraie clé du succès est de donner vie à cette vision. Et ça, c'est du domaine de l'« intendance », du génie industriel : faire un démonstrateur, le valider, l'industrialiser, gérer les possibles contraintes réglementaires, puis produire, acheminer et vendre.

Rien de mieux qu'un échec retentissant pour illustrer un propos : la start-up de diagnostic médical Theranos promettait de faire quantité d'analyses biologiques à partir d'une goutte de sang, une révolution qui a valu à la société d'être valorisée jusqu'à dix milliards de dollars et d'être citée en exemple. Sauf qu'ils n'ont jamais pu délivrer ce qu'ils avaient promis et que l'entreprise s'est effondrée. Le cas est bien connu à cause des fraudes massives qui devaient masquer les échecs opérationnels mais la conclusion reste la même : une start-up ne vaut à la fin que par sa capacité à mettre en place un système qui délivre le produit ou service promis. Elle ne vaut que par le résultat de ses efforts de génie industriel.

Le même raisonnement peut être fait jusque dans la sphère personnelle familiale. Ainsi, parmi les grands noms du génie industriel se trouvent les époux Gilbreth. Lilian Gilbreth, psychologue de formation, applique les principes du génie industriel très vite à ce qu'on nomme à l'époque l'économie domestique (enseignée à l'école… mais aux filles uniquement) et à son cas personnel, à savoir ses douze enfants ! Pour l'anecdote, l'un de ses enfants, Frank B. Gilberth Jr., tirera de cette expérience un best-seller qui deviendra une série culte dans les années 1990 puis deux films : « Treize à la Douzaine ». Voici le génie industriel version familiale sur nos écrans. Pour résumer, cette discipline qui veut rendre scientifique l'art « de mieux faire les choses » est en fait présente partout et de tout temps. Comme le Bourgeois Gentilhomme de Molière faisait de la prose sans le savoir, nous faisons tous d'une façon ou d'une autre du génie industriel.

Pour finir, faisons une plongée dans un avenir pas si lointain, où non seulement les problématiques d'optimisation seront toujours omniprésentes mais où probablement elles seront plus complexes et plus globales. Prenons deux exemples. Nous nous émerveillons (ou nous effrayons au choix) de ce que l'Intelligence Artificielle (IA) peut faire. ChatGPT déjà change notre quotidien et demain l'IA sera partout. Oui mais encore faut-il se préoccuper du fait que l'IA est terriblement énergivore. On voit des chiffres comme dix à vingt fois plus gourmands qu'une requête classique sur internet. Il faudra donc fabriquer cette électricité, sachant que le pétrole est limité, que les énergies renouvelables sont bien souvent intermittentes et que la construction d'une centrale nucléaire n'est pas une petite affaire (il suffit de penser à l'épopée de l'EPR de Flamanville). Il faudra stocker, transporter cette énergie sur des réseaux qui ne sont pas forcément dimensionnés pour cela. Pour assurer la stabilité des réseaux, l'interconnexion sera probablement accentuée. Bref, l'IA est une belle innovation qui va nécessiter une adaptation mondiale de notre système énergétique. Le second exemple que l'on peut prendre est tout

simplement la sécurité sociale en France : nous avons (1) une population qui vieillit, avec des besoins qui augmentent, (2) des médecins trop peu payés, trop peu nombreux, qui nécessitent dix années de formation, (3) des innovations qui promettent des progrès fantastiques mais qui sont très chères et (4) un budget ultra-limité. Lorsque l'on parle « d'examiner comment mieux faire les choses », le cas est intéressant.

Côté industriel, on peut souligner que le tout virtuel ou le tout *software* est une illusion. La dématérialisation cache en fait des montagnes de composants électroniques ultra-complexes qu'il faudra fabriquer en grande quantité, à base de matériaux qu'il faudra sourcer soit dans des mines, soit dans des usines de recyclage, le tout de façon aussi décarbonée et économe que possible. Bref, le monde de demain repose sur des productions industrielles ultra-sophistiquées et sous contraintes multiples. Malgré son nom peut-être désuet, le génie industriel est donc probablement la discipline la plus essentielle des prochaines décennies.

Table des matières

Chapitre 1 – Introduction au génie industriel 13

Introduction 13

I. Principes généraux 17

II. Métiers et compétences 18

Chapitre 2 – Approche systémique 19

Introduction 19

I. Principes généraux 21

II. Déroulé de l'approche systémique 24

III. Étude de cas 32

Chapitre 3 – Management de la conception 43

Introduction 43

I. Analyse du besoin 44

II. Analyse fonctionnelle 50

III. Analyse de la valeur 63

IV. AMDEC Produit 72

V. Exercices 75

Chapitre 4 – Management de la production 77

Introduction 77

I. Principes généraux 78

II. Organisation de la production 86
III. Maîtrise des coûts de production 93
IV. Prévision de la demande 94
V. Charge et capacité de production 106
VI. Enjeux d'avenir 112
VII. Production de services 114
VIII. Exercices 120

Chapitre 5 – Management de projet 127

Introduction 127
I. Principes généraux 130
II. Parties prenantes, objectifs et livrables 135
III. Organisation et structuration 140
IV. Planification 145
V. Risques 161
VI. Pilotage de projet 166
VII. Méthodes agiles 172
VIII. Exercice 173

Chapitre 6 – Management de la logistique 177

Introduction 177
I. Principes généraux 179
II. Gestion des stocks et des approvisionnements 184
III. Gestion de la distribution 203
IV. Étude de cas : *EcoTransIT* par Saint-Gobain 220

V. Exercices....231

Chapitre 7 – Management de la qualité....235

Introduction....235

I. Principes généraux....237

II. Maintenance et fiabilité des biens....238

III. Qualité des processus....253

IV. Exercices....269

Chapitre 8 – Correction des exercices....277

Annexes....317

I. Tableau de Weibull....317

II. Papier de Weibull....318

III. Papier gausso-arithmétique....319

Bibliographie....321

Index des notions....329

Index des figures et tableaux....333

Chapitre 1 – Introduction au génie industriel

Introduction

Bienvenue dans le monde fascinant du génie industriel, une discipline à la croisée des chemins entre ingénierie, management et optimisation des systèmes. Ce livre, spécialement conçu pour refléter l'enseignement dispensé à CentraleSupélec, vous emmène dans un voyage au cœur des méthodes, des outils et des philosophies qui façonnent cette science dynamique et essentielle. À travers ses pages, vous découvrirez comment cette discipline permet de transformer les défis industriels en opportunités innovantes et durables.

1. Les fondements du génie industriel à CentraleSupélec

L'École Centrale Paris, souvent simplement appelée Centrale, a été fondée en 1829 par Alphonse Lavallée, un homme d'affaires et philanthrope français. Toutefois, une figure intellectuelle importante a également influencé la création de cette institution : Claude Henri de Rouvroy, comte de Saint-Simon. Saint-Simon, penseur social et économiste, est reconnu pour ses idées progressistes sur l'industrialisation et le rôle des ingénieurs dans la société. Selon lui, le progrès social et économique devait être guidé par ceux qui possédaient les connaissances techniques et scientifiques nécessaires pour moderniser la production et améliorer les conditions de vie. La création de l'École Centrale visait à réaliser cette vision en formant des ingénieurs polyvalents capables de répondre aux besoins de l'industrie en plein essor au XIX^{e} siècle, « former les médecins des usines et des fabriques ».

L'École Supérieure d'Électricité, connue sous le nom de Supélec, a été fondée en 1894 pour répondre à un autre besoin émergent : la formation d'ingénieurs spécialisés dans le domaine de l'électricité. L'électricité devenait une nouvelle force motrice pour l'industrie, et il était crucial de former des ingénieurs aptes à maîtriser et à développer ces nouvelles technologies. Supélec a été créée par Eleuthère Mascart, un éminent physicien et ingénieur, avec le soutien de l'État français et des entreprises industrielles. L'école s'est concentrée sur l'enseignement des principes fondamentaux de l'électricité, de l'électromagnétisme et de leurs applications pratiques dans l'industrie. Supélec a rapidement établi une réputation d'excellence grâce à son approche rigoureuse et innovante de l'éducation.

CentraleSupélec, issue de la fusion de ces deux prestigieuses institutions françaises est reconnue pour son excellence académique et son approche novatrice de l'ingénierie. Cette fusion a permis de combiner le meilleur des deux mondes : la rigueur scientifique et technique de Supélec avec l'approche généraliste et

polyvalente de l'École Centrale. Ancrée dans une tradition d'excellence, CentraleSupélec forme des ingénieurs capables de relever les défis complexes du monde industriel moderne grâce à une formation qui allie théorie avancée et pratique appliquée.

Le génie industriel est une discipline enseignée à CentraleSupélec et c'est aussi la principale thématique de recherche d'un laboratoire du même nom. Certains concepts ou certaines méthodes présentées dans ce livre sont basés sur des recherches développées dans le cadre de thèses de doctorat avec nos chercheurs et d'autres sont issus de la littérature. Toutes les références se trouvent à la fin de l'ouvrage, indexées par chapitre.

Le génie industriel ne se contente pas de former des ingénieurs spécialisés dans la production ou la gestion des opérations. Il vise à développer une vision holistique et stratégique des systèmes industriels. Cette vision englobe des compétences en optimisation, en gestion de projets, en analyse des données et en innovation. Une telle approche multidisciplinaire est essentielle pour concevoir, améliorer et gérer les processus et les systèmes de production de manière efficace et durable.

2. Les objectifs de ce livre

C'est à partir de l'expérience d'enseignement du génie industriel que nous avons mise en place et que nous dispensons depuis plus de vingt ans à Centrale, puis à CentraleSupélec, et des travaux de recherche du laboratoire de génie industriel de l'école, que nous avons écrit cet ouvrage de synthèse à propos de cette discipline. Ce livre s'adresse à ceux qui souhaitent comprendre les principes fondamentaux et les applications pratiques du génie industriel. Qu'il s'agisse d'étudiants, de professionnels ou de chercheurs, chacun y trouvera des perspectives enrichissantes et des outils méthodologiques pour aborder les problèmes complexes de l'industrie d'aujourd'hui et de demain.

Notre objectif est de fournir une compréhension approfondie des concepts clés tout en offrant des exemples concrets de leur application.

Pour enrichir l'expérience d'apprentissage et garantir une compréhension approfondie des concepts abordés, chaque chapitre de ce livre est accompagné d'études de cas et/ou d'exercices pratiques.

3. Les études de cas : des applications réelles

Les études de cas, inspirées de situations réelles rencontrées dans diverses industries, permettent de contextualiser les théories et les méthodes présentées. Elles offrent une perspective concrète sur la manière dont les principes du génie industriel peuvent être appliqués pour résoudre des problèmes complexes et optimiser les performances des systèmes. Par exemple, nous examinons comment un grand groupe industriel français optimise la gestion des transports pour réduire ses émissions de CO_2.

Ces études de cas ne se contentent pas de décrire des situations. Elles incluent également des discussions sur les défis rencontrés, les décisions prises et les résultats obtenus. De cette manière, le lecteur peut comprendre non seulement ce qui a été fait, mais aussi pourquoi certaines approches ont été choisies et comment elles ont été mises en œuvre. Chaque étude de cas encourage le lecteur à réfléchir de manière critique aux solutions présentées et à envisager des alternatives possibles.

4. Les exercices pratiques : renforcer les compétences

Les exercices pratiques, quant à eux, sont conçus pour renforcer l'assimilation des connaissances et développer les compétences analytiques et techniques des lecteurs. Ils couvrent une large gamme de scénarios, des problèmes simples aux défis plus élaborés, exigeant une réflexion critique et une application créative des concepts appris. Les solutions détaillées fournies permettent aux lecteurs de vérifier leur compréhension et de consolider leur apprentissage.

Certains exercices demandent de résoudre des problèmes mathématiques ou de modélisation, tandis que d'autres exigent une analyse qualitative ou une prise de décision stratégique. Par exemple, après avoir appris les principes de l'optimisation linéaire, le lecteur peut travailler sur des problèmes qui impliquent l'optimisation des ressources dans une usine de production. De même, après une introduction aux techniques de gestion de la chaîne d'approvisionnement, des exercices peuvent inclure la conception d'un réseau logistique pour une entreprise internationale.

5. Les concepts clés et thèmes abordés

Au fil des chapitres, nous explorons des concepts clés tels que la modélisation des systèmes, l'analyse des performances, la gestion de la chaîne d'approvisionnement, l'optimisation des processus, et l'innovation technologique. Chaque thème est traité de manière exhaustive, avec des explications claires et détaillées accompagnées d'exemples concrets et de graphiques explicatifs pour illustrer les idées présentées. Ainsi, lorsque nous abordons la modélisation des systèmes, nous discutons des différentes méthodes de modélisation, telles que les modèles mathématiques, les simulations par ordinateur et les modèles stochastiques. Chaque méthode est illustrée par des exemples pratiques tirés de diverses industries.

En ce qui concerne l'analyse des performances, nous examinons comment mesurer et évaluer l'efficacité et l'efficience des systèmes de production. Nous discutons des indicateurs de performance clés (*KPI*) et de la manière dont ils peuvent être utilisés pour identifier les goulots d'étranglement et les opportunités d'amélioration.

La gestion de la chaîne d'approvisionnement est également un thème central. Nous analysons les défis complexes de la gestion des flux de matériaux à travers des réseaux logistiques globaux. Des outils tels les systèmes de gestion de la chaîne d'approvisionnement (SCM) sont explorés. Ce qui est présenté ici sur les matériaux

et la logistique pourra être appliqué de façon similaire aux flux d'information et à la planification des ressources de l'entreprise (ERP).

L'optimisation des processus est un autre pilier du génie industriel. Nous présentons les techniques d'optimisation. Chaque technique est expliquée en détail, avec des exemples d'application dans des contextes industriels tels que la planification de la production, la gestion des stocks, et l'ordonnancement des tâches.

Enfin, la créativité et l'innovation au sens large sont abordées dans les premiers chapitres. Nous avons pris le parti de ne pas traiter en particulier l'innovation technologique en tant que moteur de la transformation industrielle. Nous n'aborderons donc pas les enjeux actuels autour des technologies émergentes, telles que l'Internet des objets (ou *Internet of Things*), l'Intelligence Artificielle (IA), et la fabrication additive (impression 3D).

6. Une approche multidisciplinaire et collaborative

Le génie industriel à CentraleSupélec est caractérisé par une approche multidisciplinaire et collaborative. Les étudiants sont encouragés à travailler en équipes sur des projets réels, souvent en partenariat avec des entreprises industrielles. Cette collaboration permet aux étudiants de mettre en pratique les concepts appris en classe et de développer des compétences en communication, en gestion de projet et en leadership.

Certains des cas présentés ici pourraient être traités en projets collaboratifs pour être réalisés en groupe, permettant aux lecteurs de simuler l'expérience de travail en équipe sur des problèmes industriels réels.

7. Préparer les ingénieurs de demain

L'objectif ultime de ce livre est de préparer les ingénieurs de demain à devenir des leaders dans l'industrie. En combinant une solide formation théorique avec une multitude d'exemples pratiques et d'exercices, nous espérons fournir aux lecteurs les outils nécessaires pour exceller dans leur carrière. Le génie industriel est une discipline dynamique et en constante évolution, et il est crucial que les futurs ingénieurs soient prêts à s'adapter aux nouvelles technologies et aux défis émergents.

En parcourant ce livre, vous découvrirez comment les principes du génie industriel peuvent transformer les défis en opportunités et les idées en réalité. Que vous soyez étudiant en génie industriel, professionnel en activité, ou simplement intéressé par le domaine, nous espérons que vous trouverez ce livre à la fois instructif et inspirant. Nous vous invitons à plonger dans les chapitres suivants, à explorer les concepts, à résoudre les exercices, et à vous immerger dans les études de cas. À travers cette exploration, vous développerez une compréhension profonde et pratique du génie industriel, prête à être appliquée dans le monde réel.

Cet ouvrage est forcément ancré dans le temps et utilise le savoir et les connaissances disponibles aujourd'hui. En revanche, la pédagogie et la philosophie qui le soutiennent traversent les âges et doivent permettre à chacun de s'adapter et d'adopter des technologies nouvelles avec les méthodes de résolution que nous proposons. Outils et méthodes ne sont que des aides à la résolution de problèmes : à vous de discerner et d'être capable de les utiliser au bon moment, et de les extrapoler à vos besoins.

I. Principes généraux

1. Définition

Selon l'*American Institute of Industrial Engineers*, 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 ».

Par ailleurs, selon le *Handbook of Industrial Engineers*, il « vise l'amélioration continue de la productivité, de l'efficacité et des contrôles de la performance. Ses sciences s'intéressent donc 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 ».

2. Cycle de vie

D'une manière générale, le génie industriel s'intéresse aux systèmes de production, d'approvisionnement et de distribution de biens ou de services, à leur conception, à leur mise en œuvre, à leur gestion, à leur maintenance, et à leur amélioration, avec une vision systémique. C'est donc la science de l'optimisation des performances globales de l'entreprise.

Ainsi, les sciences du génie industriel visent à piloter et coordonner chacune des étapes du *cycle de vie* d'un produit ou service (cf. *figure 1.1.)*

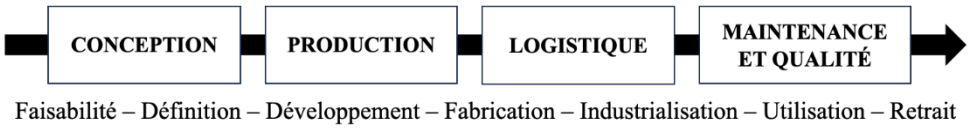


Figure 1.1. – Génie industriel et cycle de vie d'un produit ou service

II. Métiers et compétences

L'ingénieur en génie industriel trouve des débouchés dans tous les secteurs producteurs de biens ou de services. Il peut s'intégrer dans toute taille d'entreprise ou d'organisation : PME-PMI, grands groupes industriels, sociétés de conseil, grandes organisations publiques ou internationales. Il pourra par exemple exercer les fonctions suivantes :

- responsable de production d'une usine de production automobile ;
- responsable de l'organisation de la logistique d'un hôpital ;
- consultant en organisation au sein d'un cabinet de conseil ;
- membre d'une équipe de conception de nouveaux produits de maroquinerie ;
- responsable de la réduction des temps d'attente dans un parc d'attractions ;
- organisation du plan de maintenance d'équipements ferroviaires ;
- responsable de production d'événements artistiques…

Parmi les missions de l'ingénieur ingénieur, on peut également citer les suivantes :

- concevoir des méthodes de conception et des nouveaux produits ou services ;
- 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 spécifiques sont requises. Ce livre a été pensé et conçu pour permettre à chacun de maîtriser certaines des compétences fondamentales liées à ces missions.

À noter : ce livre est une synthèse libre, d'après la sensibilité de ses auteurs, de différentes méthodes et outils afin, pour chaque chapitre, d'en retenir l'essentiel et le plus facile et optimal à mettre en avant.

Chapitre 2 – Approche systémique

Introduction

Par Karim TAZAROURTE

Professeur des Universités-Praticien Hospitalier,
SAMU 69, Service d'Urgence du CHU Edouard Herriot Lyon

La médecine d'urgence en France, comme dans tous les pays économiquement développés, est un marqueur fort pour analyser un système de santé et le service rendu aux patients. C'est une spécialité qui gère des flux de patients et des processus complexes d'accueil, d'information, de décision, d'exécution de la décision et de suivi, tout ceci en contrainte temporelle, territoriale, interdisciplinaire et réglementaire. Laissez-moi vous décrire en quelques lignes ce qu'est la fonction d'une structure d'urgence et le lecteur comprendra tout de suite l'importance du chapitre à suivre consacré à l'approche systémique.

La mission d'un Service (ou Structure) d'Urgence (SU) est d'accueillir, d'évaluer et de prendre en charge toute situation aiguë à caractère médical ou chirurgical d'une personne qui s'y présente, spontanément ou adressée par un professionnel de santé, qu'elle s'y rende par ses propres moyens ou par l'intermédiaire d'un vecteur sanitaire (ambulance) ou de secours sapeur-pompier (VSAV).

Cette arrivée peut se faire directement, sans annonce préalable, ou après avis de la régulation médicale du Service d'Aide Médicale Urgente (SAMU), accessible directement par le numéro 15 ou bien après transfert via le numéro 18-112 (pompiers) ou plus rarement 17 (police). La régulation médicale du SAMU, premier maillon de la chaîne de secours, a pour but de déterminer et de déclencher dans les meilleurs délais la réponse la plus adaptée à chaque situation.

Lors du premier contact téléphonique avec l'appelant en cas d'appel au 15, les Assistants de Régulation Médicale (ARM) évaluent la gravité et l'urgence de l'appel par un interrogatoire minuté, trient l'appel urgent réel de celui ressenti et transmettent l'appel au médecin régulateur urgentiste ou généraliste.

Le choix par le médecin régulateur de la réponse la mieux adaptée se fonde sur trois critères : l'estimation du degré de gravité avérée ou potentielle, l'appréciation du contexte, l'état et les délais d'intervention des ressources disponibles. Le SAMU oriente ensuite le patient vers la structure adéquate, prépare et annonce cette arrivée.

Au sein des SU, l'organisation de la gestion du flux est primordiale et repose sur plusieurs principes : le triage infirmier à l'accueil et la gradation de la prise en

charge en aval du tri ; la mise en place d'une filière rapide de prise en charge ; l'adaptation des effectifs au flux ; l'adéquation de la démarche diagnostique au sein du SU, avec une demande raisonnée et maitrisée des examens complémentaires – biologiques et radiologiques – et des avis spécialisés.

La polyvalence demandée au SU est telle qu'il doit, entre autres, disposer d'une Salle d'Accueil des Urgences Vitales (SAUV) pour la prise en charge des patients les plus graves, d'une Unité d'Hospitalisation de Très Courte Durée (UHTCD), d'une salle de décontamination chimique et radiologique, de locaux d'accueil pour afflux massifs de victimes.

Le SU est le premier maillon organisationnel des plans de secours hospitaliers de type « plan blanc ». Il est le pivot de l'hôpital et ses médecins sont à l'interface de toutes les spécialités comme premier échelon d'une chaîne médicale de prise en charge avec la nécessité de s'entourer des compétences médicales nécessaires et disponibles pour optimiser la prise en charge des patients.

Une des grandes richesses du SU est d'être un lieu de convergence de compétences médicales. Une de ses grandes difficultés est de devoir organiser un parcours multi-acteurs au profit des patients, et cela dans un laps de temps contraint doublé des exigences de patients parfois décorrélées de leurs besoins médicaux. Le fonctionnement harmonieux d'un SU ne peut se concevoir que de manière intégrée à l'ensemble de la structure hospitalière qui l'héberge, en particulier pour la gestion des lits d'hospitalisation. De ces missions découle la nécessaire polyvalence tant en matière de soins qu'en matière d'organisation des soignants des SU.

Depuis vingt ans, l'activité des SAMU a augmenté massivement (en 2022, 23 millions d'appels reçus). Les flux de patients admis en SU sont difficilement contrôlables et ne cessent de progresser, en moyenne de 4 % par an en France depuis 1996. Le recours croissant aux SU est constaté également dans tous les pays développés.

L'augmentation du recours aux SU est multifactorielle : accessibilité 24/7 à ce service sans avance de frais, effondrement de l'offre de soins en médecine générale aux horaires de la permanence des soins ambulatoire ou encore difficultés d'hospitalisation directe depuis la ville par les médecins généralistes ou spécialistes. Ainsi, les SU représentent une part croissante des admissions hospitalières, jouant le rôle de porte d'entrée principale des hospitalisations.

Cette progression du flux entrant conduit à une saturation des SU (*overcrowding*), particulièrement en période hivernale, combinée à un personnel soignant souvent en sous-effectif. Cette suractivité est délétère pour les patients et les soignants (Douplat M et al., 2022 ; Roussel M et al., 2023). De fait, les urgences sont devenues une préoccupation importante des politiques, médias, administrateurs et experts de l'organisation de la santé.

Nous avons là un modèle parfait pour l'approche systémique. Jusqu'ici de nombreuses décisions ne se sont basées que sur une approche analytique

segmentée : par exemple considérer le temps de passage en SU comme un indicateur phare n'a pas de sens et conduit à des aberrations organisationnelles. L'axe ontologique (moyens et organisations) doit être analysé et repenser au travers des besoins réels et non de la nécessité d'un accès facile pour consommer un soin certes justifié mais non urgent (axe fonctionnel). Les parties prenantes (patients et structures d'accès aux soins publiques et privées) doivent permettre de recentrer les SU sur leurs missions premières (axe téléologique) en élaborant d'autres modalités d'organisation pour mieux redéfinir l'axe génétique des SU.

La crise actuelle des SU n'est que l'expression d'une mutation en cours de l'accès aux soins et des besoins d'une population, avec un changement de paradigme de sens et de comportement concernant le travail des soignants, une exigence d'unité de lieu et de temps des patients cherchant un recours au soin, et d'un vieillissement de la population associant polypathologies chroniques, isolement et précarisation. De quoi avoir un champ d'expérimentation vaste au sujet du fonctionnement des structures d'urgence.

I. Principes généraux

1. Génie industriel et approche systémique

L'*approche systémique* est un paradigme scientifique, émergeant progressivement au milieu du XX^{e} siècle, qui propose de définir et d'étudier un phénomène, quel qu'il soit, en le considérant comme un système, c'est-à-dire un ensemble complexe d'interactions. L'ouvrage *General System Theory* du biologiste autrichien Ludwig von Bertalanffy publié en 1968, qui étudie le fonctionnement ouvert et en interaction des systèmes biologiques, est aujourd'hui reconnu comme l'un des fondements de la systémique.

Cette approche scientifique se distingue donc des approches traditionnelles dites analytiques ou cartésiennes qui considèrent qu'étudier un système revient à étudier ses parties et qui consistent ainsi à découper un tel système en parties *a priori* indépendantes pour en faciliter l'analyse.

La systémique leur privilégie à l'inverse une approche globale et holistique. Le terme *systémique* provient d'ailleurs du grec ancien *sústema* qui signifie « ensemble organisé ».

L'approche systémique dans le génie industriel est indispensable pour aborder les défis complexes et interconnectés du monde moderne. Elle offre un cadre permettant de comprendre, analyser et améliorer les systèmes industriels de manière holistique, intégrée et durable.

Les systèmes industriels modernes sont en effet de plus en plus complexes, intégrant de multiples éléments interconnectés. Une approche systémique permet

de comprendre et de gérer cette complexité en considérant l'ensemble du système plutôt que des éléments isolés. Dans un environnement industriel, les différents composants (machines, opérateurs, processus) sont interdépendants. Une modification dans un sous-système peut avoir des répercussions sur l'ensemble du système. L'approche systémique aide à anticiper et à gérer ces interactions et leurs impacts.

L'approche systémique favorise aussi l'optimisation globale du système plutôt que l'optimisation locale des composants individuels. Cela est crucial pour éviter les sous-optimisations et garantir que les améliorations apportées à une partie du système n'entraînent pas des dégradations ailleurs. Dans un contexte industriel, il est essentiel de gérer les risques et de renforcer la résilience face aux perturbations. Une perspective systémique permet d'identifier les vulnérabilités potentielles et de développer des stratégies pour maintenir la continuité des opérations même en cas de perturbations.

L'approche systémique encourage également une vision holistique qui est propice à l'innovation. En comprenant les interactions entre les différents composants du système, les ingénieurs peuvent concevoir des solutions innovantes qui améliorent l'efficacité globale. Cela favorise également une culture d'amélioration continue où les processus sont constamment évalués et optimisés. En ayant une vue d'ensemble des dynamiques du système, les décideurs peuvent évaluer les impacts potentiels de leurs choix et adopter des stratégies plus efficaces.

Enfin, l'approche systémique est cruciale pour intégrer des pratiques durables et responsables sur le plan environnemental. Elle permet d'évaluer l'empreinte écologique de l'ensemble du système et de mettre en œuvre des pratiques qui minimisent l'impact environnemental tout en maintenant l'efficacité industrielle.

2. Définition et principes

a. Système

La notion de *système* est donc l'élément central de l'approche systémique. Un système peut être défini comme un ensemble, que l'on sait isolé du reste du monde, qui transforme des données externes d'entrée en données de sortie par des lois de comportement qui lui sont propres (cf. *figure 2.1.*).



Figure 2.1. – Notion de système en systémique

Le médecin français Claude Bernard précise, en 1965, que les systèmes ne sont pas dans la nature mais dans l'esprit des hommes : ils sont une représentation mentale. En 1972, Ludwig Von Bertalanffy ajoute qu'« il y a des systèmes partout ». En 1975, le prospectiviste français Joël de Rosnay détermine lui qu'« un système est un ensemble d'éléments en interaction dynamique, organisés en fonction d'un but ».

Enfin en 1992, Francis Le Gallou et Bernadette Bouchon-Meunier, coordinateurs du Groupe pour l'Enseignement de la Systémique Théorique et Appliquée, précisent encore la définition d'un système comme et le conçoivent comme « un ensemble, formant une unité cohérente et autonome, d'objets réels ou conceptuels (éléments matériels, individus, actions…) organisés en fonction d'un but (ou d'un ensemble de buts, objectifs, finalités, projets…) au moyen d'un jeu de relations (interrelations mutuelles, interactions dynamiques…), le tout immergé dans un environnement ».

À la lumière des définitions précédentes, selon le systémicien Jean-Louis Le Moigne, un système vu sous le spectre du génie industriel peut alors être considéré comme un ensemble qui, dans un environnement, vise à atteindre des finalités (*axe téléologique*), exerce une activité (*axe fonctionnel*) grâce à des moyens et une organisation propres (*axe ontologique*), et qui voit sa structure interne évoluer au fil du temps (*axe génétique*), sans qu'il perde pourtant son identité unique.

Ces quatre axes, que nous préciserons dans les pages à venir, seront le socle de la méthodologie que nous allons développer dans ce chapitre.

b. Triptyque systémique

De manière canonique, l'approche systémique considère que toute organisation peut être décomposée en un triptyque reliant un système opérant, un système d'information et un système de décision (cf. *figure 2.2.*).

Dans le cadre de cet ouvrage consacré au génie industriel, nous nous focaliserons principalement sur la définition et le fonctionnement des systèmes opérants, et dans une moindre mesure celui des systèmes de décision.

`

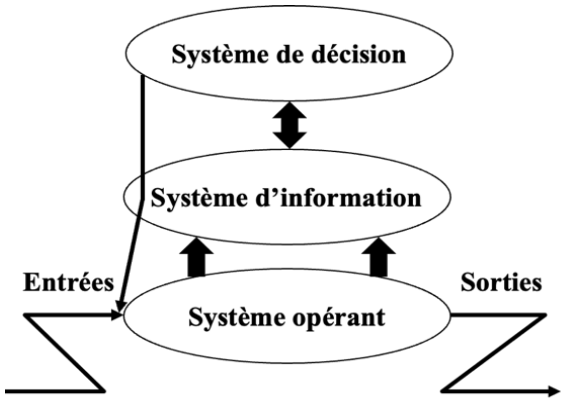


Figure 2.2. – Modèle Canonique OID [Le Moigne J.-L., 1990]

II. Déroulé de l'approche systémique

1. Méthodologie

La méthodologie systémique que nous allons développer en matière de génie industriel repose donc sur la définition précédente qui considère que tout système industriel peut être étudié selon quatre axes (cf. *figure 2.3.*) :

- un axe *génétique* (le cycle de vie du système) ;
- un axe *téléologique* (son environnement et la valeur ajoutée qu'il génère) ;
- un axe *fonctionnel* (ses processus d'activité) ;
- et un axe *ontologique* (ses moyens).

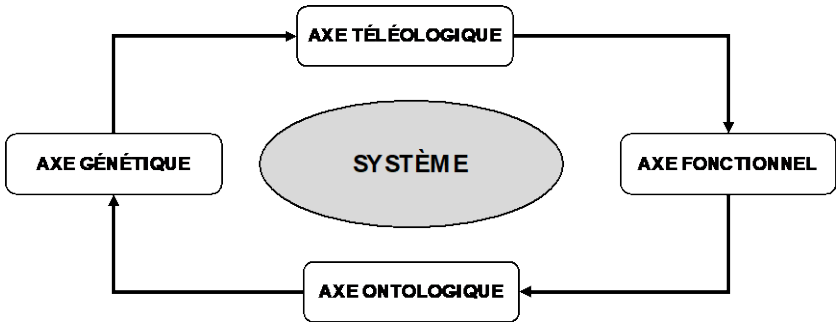


Figure 2.3. – Axes de définition d'un système selon [Le Moigne J.-L., 1985]

Plus précisément, ces quatre axes peuvent être définis successivement, chacun nourrissant et conditionnant le suivant. C'est tout l'enjeu de la méthodologie dont nous détaillerons les étapes dans la suite de ce chapitre.

Ces étapes sont les suivantes :

- On débute par étudier l'axe génétique en émettant des hypothèses quant aux différentes phases du cycle de vie du système et en définissant précisément dans quelle phase celui-ci se trouve.
- Puis, on définit l'axe téléologique du système en listant ses parties prenantes, leurs contraintes et leurs objectifs.
- La définition de l'axe fonctionnel correspond ensuite à l'identification des activités répondant à ces contraintes et objectifs.
- Enfin, l'étude de l'axe ontologique consiste à déterminer les moyens disponibles pour réaliser ces activités et à vérifier ainsi l'hypothèse de la phase de départ.

En outre, une optimisation doit être recherchée d'une part, entre les axes téléologique et fonctionnel, en mettant en place le *strict nécessaire et suffisant* d'activités pour remplir les objectifs et les contraintes ; et d'autre part entre les axes

fonctionnel et ontologique en minimisant similairement le nombre de moyens mis en œuvre pour réaliser les activités.

En conséquence, il est possible d'établir qu'un système industriel est convenablement défini si l'on définit chacun de ces axes les uns en fonction des autres en suivant cette méthodologie qui permet d'obtenir une représentation globale du système (cf. *figure* 2.4).

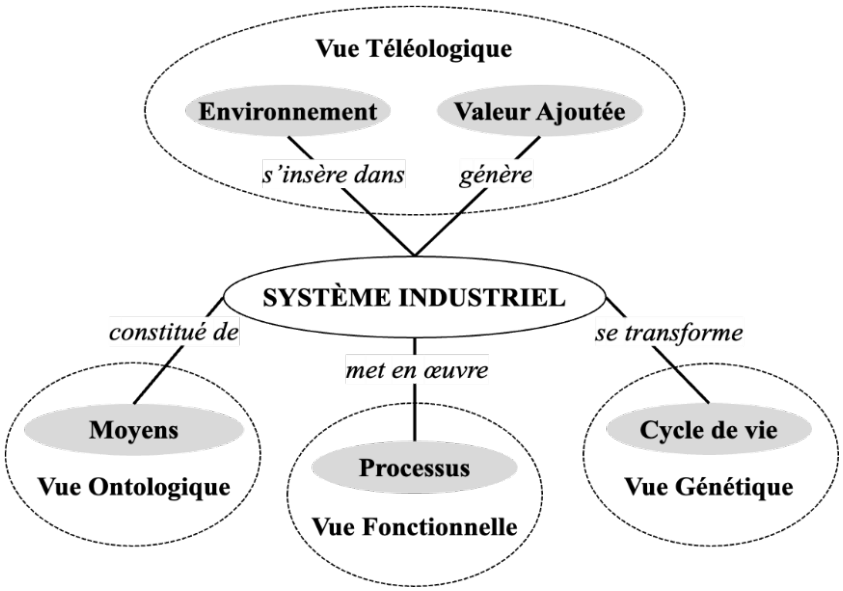


Figure 2.4. – Approche systémique industrielle [Perron S., 2002]

À noter : le système évolue constamment en réagissant à sa propre évolution (objectifs atteints ou non atteints, évolution de ressources, etc.) et à l'évolution de son environnement (changement de lois, nouveau concurrent, etc.). Ainsi, sa représentation globale évolue elle aussi au cours du temps.

2. Axe génétique

L'objectif de l'étude de l'axe génétique est l'identification des différentes phases potentielles de vie du système. Pour cela, il est souvent possible de partir *a priori* des phases génériques du cycle de vie d'un système (cf. *figure 2.5.*).

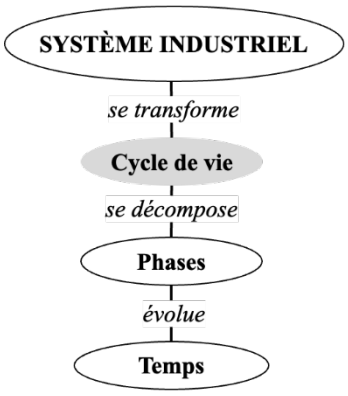


Figure 2.5. – Axe génétique d'un système industriel [Perron S., 2002]

3. Axe téléologique

L'étude de l'axe téléologique consiste, pour chacune des phases, à identifier les parties prenantes entrant en relation avec le système (cf. *figure 2.6.*).

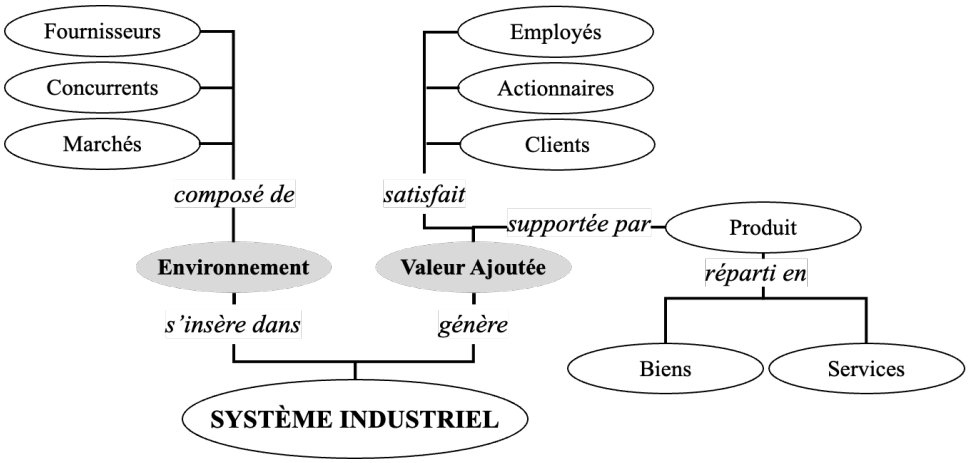


Figure 2.6. – Axe téléologique d'un système industriel [Perron S., 2002]

Une *partie prenante* (*stakeholder* en anglais) peut être définie comme un acteur, individuel ou collectif (groupe ou organisation), activement ou passivement concerné par les activités et l'évolution du système, c'est-à-dire dont les intérêts peuvent être affectés positivement ou négativement par ses relations avec le système.

L'un des objectifs d'une organisation ou d'une entreprise est ainsi de générer au mieux la valeur attendue par ses parties prenantes (cf. *figure 2.7.).* En particulier, aujourd'hui, avec la montée en puissance de critères environnementaux et sociaux, l'humanité au sens large devient une partie prenante incontournable à prendre en compte pour tout système industriel.

Ces différentes parties prenantes vont donc avoir des *attentes* envers l'organisation (par exemple : proposer des produits de qualité) et elles pourront également être sources de *contraintes (*par exemple : respecter une norme européenne en matière de sécurité des produits).

Les attentes de chacun pourront être pondérées en fonction de celles des autres parties prenantes. En revanche, toutes les contraintes devront être respectées.

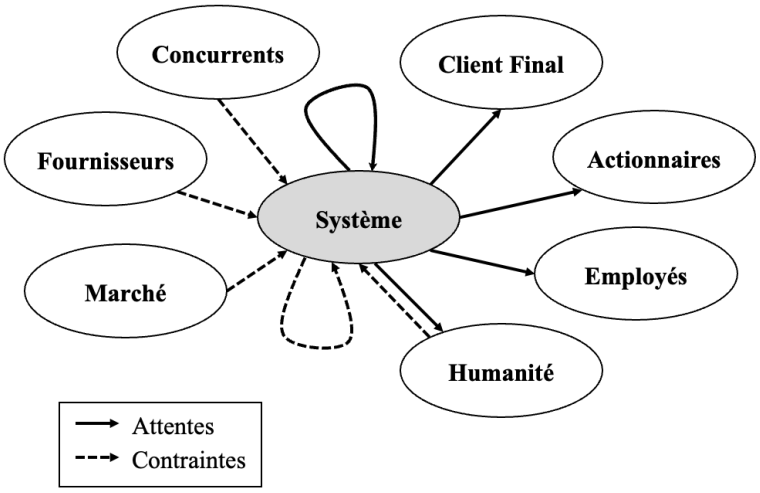


Figure 2.7. – Système industriel et parties prenantes

L'objectif de l'étude de l'axe téléologique est donc de construire, pour chaque phase identifiée, un tableau tel que le *tableau 2.8.* synthétisant les différentes parties prenantes ainsi que les attentes et contraintes qu'elles font peser sur le système étudié.

Ces attentes et contraintes représenteront *in fine* les objectifs de vie du système, c'est-à-dire ses objectifs de création de valeur (pas uniquement financière, mais également environnementale, sociétale, etc.).

PARTIES PRENANTES	ATTENTES	CONTRAINTES
PP1	A1.1 / A1.2 / A1.3	C1.1 / C1.2
PP2	A2.1	C2.1 / C2.2 / C2.3
PP3	A3.1 / A3.2 / A3.3	C3.1 / C3.2

Tableau 2.8. – Parties prenantes, attentes et contraintes

4. Axe fonctionnel

a. Identification des processus

Pour chacune des attentes et contraintes identifiées, il s'agit ensuite de s'assurer de mettre en place des activités pour atteindre les objectifs de vie du système.

En génie industriel, on retiendra le terme de *processus* que l'on peut définir, selon James Champy et Michael Hammer, comme « une succession d'activités pilotées par des objectifs (pour le client externe d'abord, puis interne ensuite) et réalisées à l'aide de moyens comme les personnels, les équipements, les matériels, les procédures, les informations réalisant une valeur ajoutée mesurable ».

L'ensemble des processus (et donc activités de l'entreprise) organisés de manière logique permet ainsi d'atteindre l'ensemble des objectifs de cette dernière.

Il est impératif de bien définir et recenser l'ensemble de ces processus, et donc la liste des tâches, strictement utiles et nécessaires, que devra réaliser le système : c'est tout l'enjeu de l'étude de l'axe fonctionnel (cf. *figure 2.9.*).

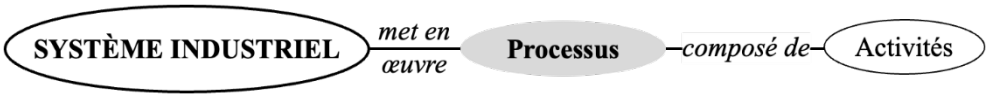


Figure 2.9. – Axe fonctionnel d'un système industriel [Perron S., 2002]

Pour cela, afin de bien définir un processus, il est nécessaire d'identifier :

- ses *éléments entrants* mesurables ;
- une *valeur ajoutée* créée par ce processus ;
- ses *éléments de sortie* mesurables, conformes à des critères d'acceptation ;
- son caractère *reproductible*.

Pour modéliser un processus, une des formalisations les plus répandues est celle de la norme ISO 9001 (cf. *figure 2.10.*).

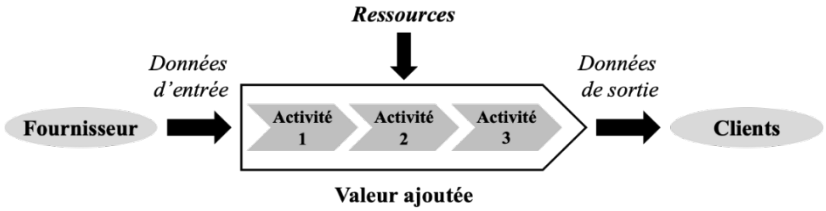


Figure 2.10. – Norme ISO 9001 : formalisation d'un processus

Une autre méthode de formalisation, nommée SADT et également connue sous le label IDEF0, est une méthode d'origine américaine, développée pour Softech par Doug Ross en 1977, puis introduite en Europe à partir de 1982 par Michel Galinier. Celle-ci permet de modéliser des activités et donc des processus (cf. *figure 2.11.*).

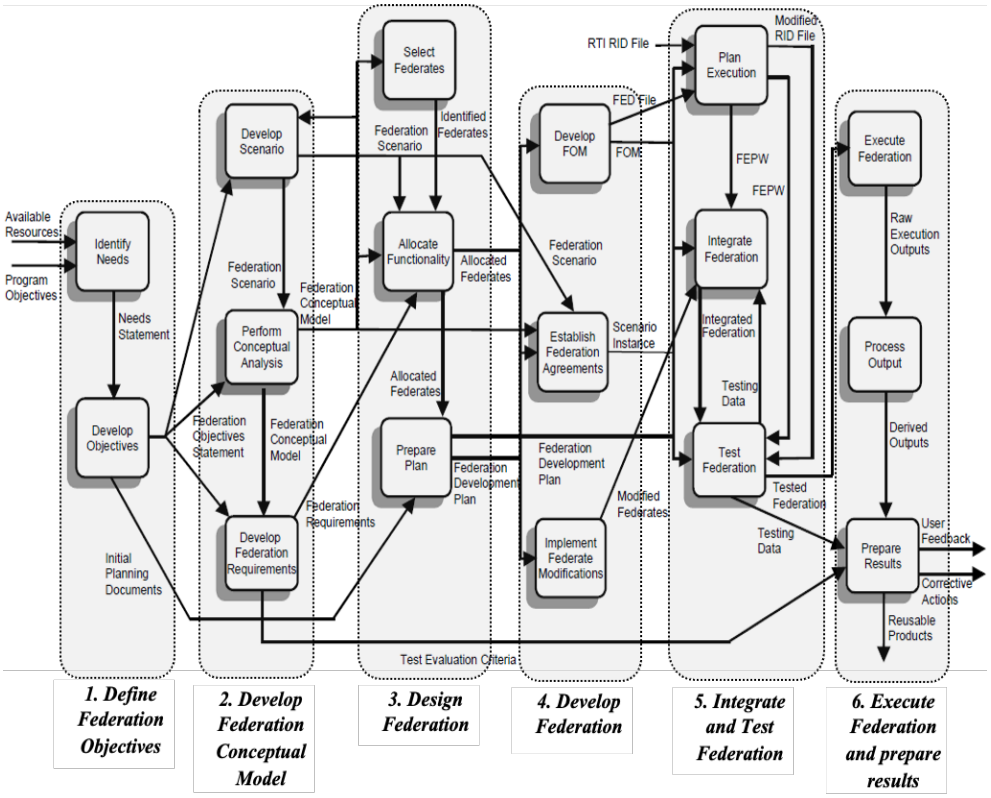


Figure 2.11 – Exemple de SADT (ou FEDEP pour Federation Development and Execution Process Model) réalisé chez Airbus

Les modélisations SADT sont de deux types :

- les *actigrammes* qui modélisent les activités et les flux des informations entre les activités, pour lesquels l'élément de base sera l'activité ;
- les *datagrammes* pour lesquels l'élément de base est la donnée.

b. Approche des 5M

Cette méthodologie systémique a pour objectif d'améliorer les performances de l'organisation. Il est donc également important d'être en mesure d'identifier d'éventuels dysfonctionnements des processus générant des effets non-désirés.

Pour cela, il est possible d'utiliser l'*approche* dite des *5M*, également appelée *diagramme en arêtes de poisson* ou *diagramme d'Ishikawa*, qui consiste à étudier cinq causes potentielles d'un dysfonctionnement : le Matériel, la Méthode, la Main d'œuvre, le Milieu et la Matière (cf. *figure 2.12.*).

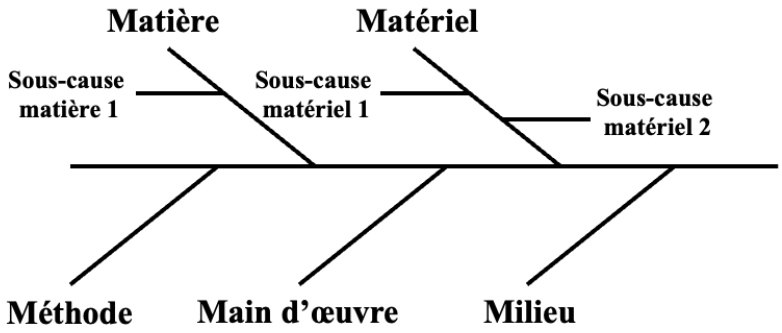


Figure 2.12. – Approche des 5M

5. Axe ontologique

Pour chacune des activités identifiées, il s'agit enfin de s'assurer de disposer des moyens nécessaires pour les réaliser. Ces moyens peuvent être :

- financiers : capitaux, etc.
- humains : employés, etc.
- matériels : matières premières, machines, etc.
- immatériels : informations, connaissances, énergie, etc.

L'étude de l'axe ontologique a pour but d'aboutir au référencement de tous ces moyens (cf. *figure 2.13.*). On vérifie alors la cohérence avec l'étude de l'axe génétique et les phases définies *a priori*.

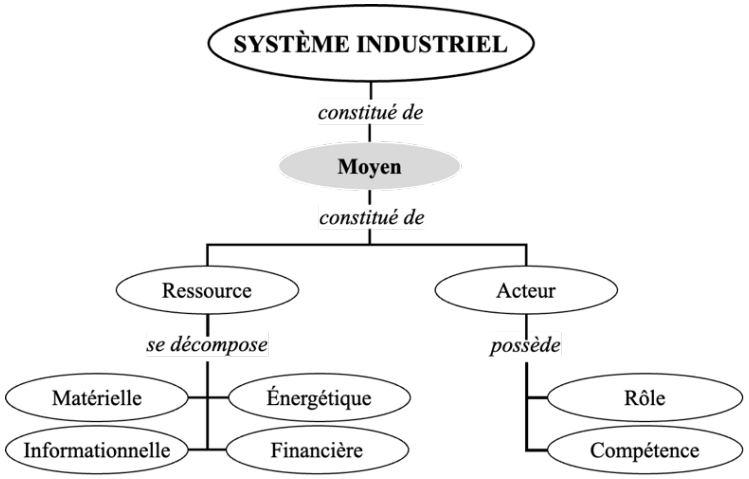


Figure 2.13. – Axe ontologique d'un système industriel [Perron S., 2002]

6. Synthèse

Une fois toutes les étapes précédentes réalisées, une synthèse des différents objectifs, processus, activités et ressources d'un système industriel pourra par exemple prendre la forme de la *figure 2.14*.

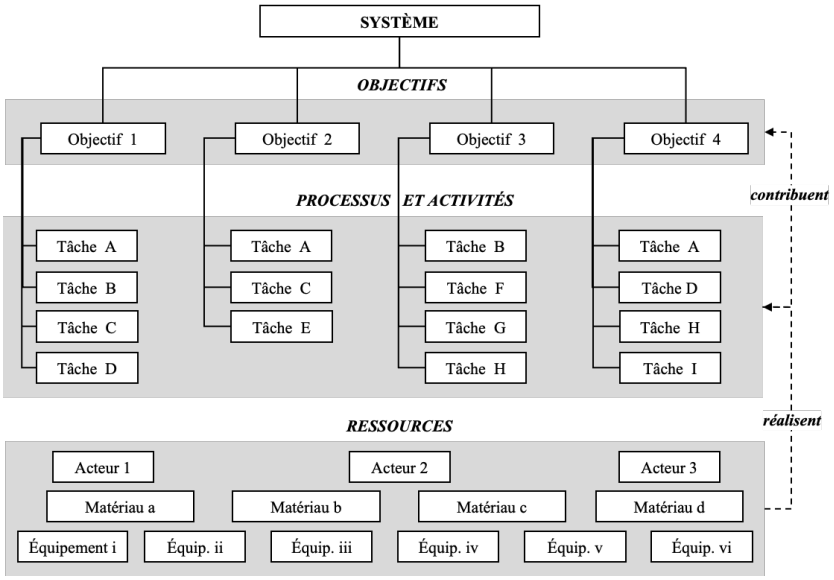


Figure 2.14. – Modélisation globale d'un système industriel

In fine, l'objectif de cette méthodologie d'analyse systémique est donc d'aboutir à une modélisation holistique d'un système industriel (cf. *figure 2.15.*) qui pourra être partagée avec l'ensemble de ses parties prenantes.

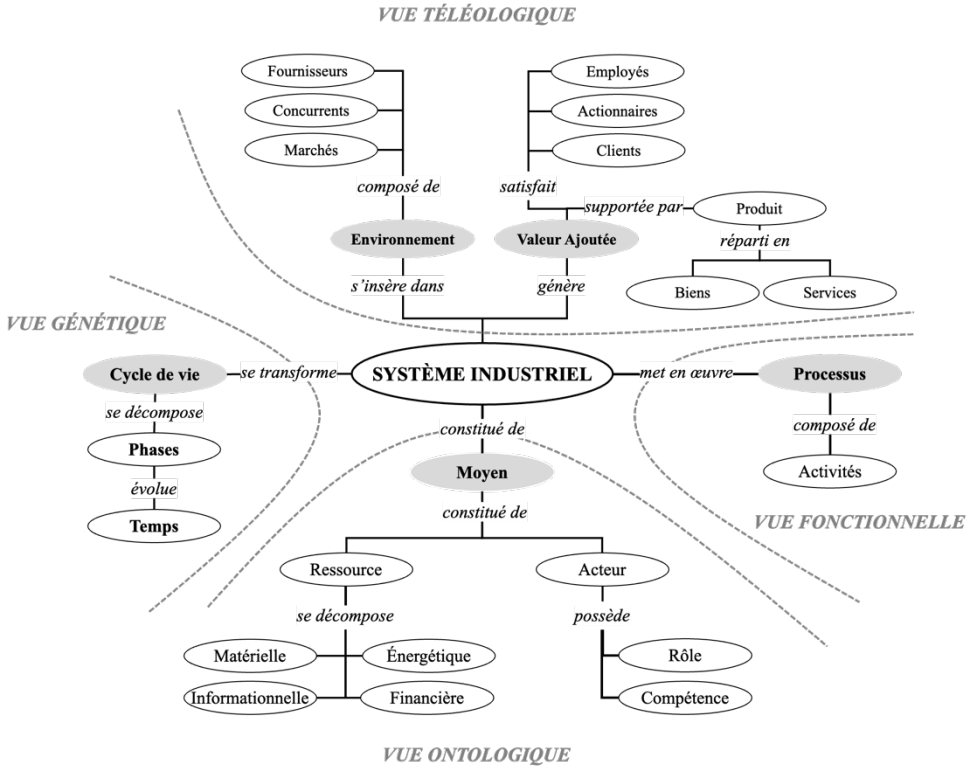


Figure 2.15. – Approche holistique d'un système industriel [Perron S., 2002]

III. Étude de cas

1. Contexte

Notre préface positionne fort justement les urgences comme le révélateur des changements sociétaux, obligeant les acteurs à s'interroger sur leurs processus : c'est en fait tout le système de soins qui est bouleversé (Vie Publique.fr, 2022).

L'hôpital fait l'objet de réformes structurelles intenses et continues depuis les années 1980, s'accélérant encore depuis les années 2000 (IRDES, 2021) : réformes des missions, de la gouvernance, du financement, organisationnelles. Il est au centre d'enjeux sociétaux importants.

Désormais, c'est la révolution numérique qu'il doit intégrer à son fonctionnement. Le Dossier Patient Informatisé (DPI) en est le socle. Il est la version informatique du dossier médical « historique », dans lequel chaque médecin consigne ses notes pour chaque patient qu'il prend en charge.

Il contient aussi, outre les éléments d'identification du patient, et en sus des comptes rendus des consultations et hospitalisations précédentes, les prescriptions, le dossier des soins réalisés, les examens biologiques et radiologiques (ANAP, 2017). Il est au cœur du processus de soins, auquel il est totalement intégré.

Le Dossier Médical Partagé (DMP), appelé initialement Dossier Médical Personnel, nait de manière institutionnelle en 2004 sous l'impulsion du ministre de la Santé Philippe Douste-Blazy (Le Monde, 2024), qui après de nombreux plans gouvernementaux, est généralisé en 2018 à l'ensemble des assurés sociaux.

Il vise à faciliter la communication entre patients et professionnels de santé, dans et hors les murs de l'hôpital, et est intégré au nouveau service numérique Mon Espace Santé en 2022 (Vie Publique.fr, 2023). Il vise à optimiser la prise en charge des patients, et comporte une partie des éléments du DPI, avec lequel il doit communiquer (ANS, 2024).

C'est l'intégration de cette contrainte réglementaire dans le milieu du soin et de ses acteurs, au cœur des grands chantiers hospitaliers actuels, que nous vous proposons d'étudier ici pour illustrer l'apport de l'analyse systémique.

2. Scénario

Nous considérons, dans cette étude de cas, trois acteurs :

- Le premier est un hôpital public de taille intermédiaire (soit environ 400 lits), qui se caractérise par une offre de soins médico-chirurgicale complète comportant des services spécialisés dont des services de réanimation, de cardiologie intensive, d'obstétrique, des laboratoires de biologie, un plateau de radiologie incluant scanners et IRM et une Pharmacie à Usage Intérieur (PUI).

  Comme la majorité des hôpitaux français, il subit une baisse de son activité d'hospitalisation complète, et n'a pas retrouvé, en période post-Covid, son niveau d'activité de 2019 (DREES, 2022). Sa capacité d'investissement est limitée (en 2019, la dette cumulée des hôpitaux atteint 30,2 Mds € selon la Cour des Comptes). Son budget annuel de fonctionnement est d'environ 100 M€ dont environ 70% pour les salaires des personnels.

  Il a acheté auprès d'un éditeur de logiciels, une suite logicielle dont fait partie le DPI. Il est l'outil commun à l'ensemble des soignants. L'équipe informatique comporte environ quinze personnes pour assurer l'ensemble des fonctions nécessaires (réseau, sécurité, gestion de base de données, développement), faire fonctionner les différentes solutions (des logiciels de paye aux applications cliniques, de biologie, radiologie, pharmacie, etc.) et