

Cours à l'école des Mines « Les systèmes d'information »

Michel Volle
17 et 24 janvier 2011

Introduction

Ce cours a pour but de procurer aux ingénieurs-élèves une connaissance intuitive et générale, mais exacte, de l'informatisation et des systèmes d'information. Il ne prétend pas épuiser l'ensemble du sujet : c'est un thème de recherche, de réflexion et d'expérience qui peut occuper une vie entière.

Le cours s'appuie sur *De l'Informatique, savoir vivre avec l'automate*, Economica, 2006, que l'on peut télécharger en cliquant sur www.volle.com/ouvrages/informatique/informatique1.pdf. Cet ouvrage, dont la forme s'est inspirée du *De la guerre* de Clausewitz jusqu'à imiter son excessive longueur, vise à fournir à de futurs stratèges une compréhension correcte de l'informatisation et de son importance.

La version rédigée du cours, ici présente, en condense l'essentiel et reprend le contenu de quelques articles auxquels elle apporte des compléments et qu'elle enrichit de liens vers des textes plus détaillés. Elle comporte aussi des développements que la brièveté du cours oral n'a pas permis de présenter (notamment le chapitre III).

Le lecteur curieux pourra trouver dans www.volle.com des choses qui ne figurent pas dans le cours mais qui, d'aventure, pourraient lui être utiles. La bibliographie indique enfin une liste d'ouvrages : ceux qui semblent les plus intéressants sont signalés par un commentaire.

* *

Chapitre I

L'émergence du système d'information

Qu'est-ce que l'« information » ?

L'expression « système d'information » date du début des années 1970 et correspond à une situation historique particulière sur laquelle nous reviendrons. Avant cela il convient d'examiner de près le mot « information ».

Shapiro et Varian [36] considèrent que l'information, c'est l'ensemble des documents, et ils suggèrent ainsi une synonymie entre « information » et « documentation ». La « théorie de l'information » de Shannon [35] la quantifie en associant à chaque document une mesure du nombre minimal de bits nécessaire pour le reproduire : l'information serait ainsi une mesure du volume de données que le document contient. La « science de l'information » décrit les techniques qui permettent de classer un corpus de documents afin d'y trouver aisément ceux dont on a besoin. Ackoff [1] définit enfin l'information comme « les données qui sont traitées afin d'être utiles, et de répondre à des questions comme "qui", "quoi", "où" et "quand" ».

Ces définitions sont toutes critiquables. Parmi tous les documents qui comportent un nombre donné de caractères, ceux qui apporteraient selon Shannon le plus d'information seraient ceux dont les caractères ont été tirés au hasard, car ils ne comportent aucune redondance. Cependant lorsqu'on est confronté à un document illisible ou incompréhensible le langage courant dit avec raison qu'ils « n'apportent aucune information », quelle que soit leur longueur...

L'étymologie est éclairante : « informer », c'est donner une forme intérieure en donnant au mot « forme » le sens qu'il a chez Aristote et qui désigne l'essence, ou définition, d'un être en interaction avec d'autres êtres. « Former » quelqu'un, ou mieux l'*informer*, c'est donc lui procurer une capacité d'agir.

Si l'on donne cette acception au mot « information » on ne le considérera plus comme un synonyme de « documentation » ni de « volume de données » : on dira qu'un document se transforme en information lorsqu'il rencontre un cerveau apte à le recevoir et à l'interpréter, tout comme une gouttelette d'eau en surfusion se transforme en givre lorsqu'elle rencontre une surface solide.

Pour qu'un cerveau soit apte à recevoir une information, il faut qu'il ait reçu auparavant une *structure* convenable : c'est le rôle de l'*instruction*, qui prépare à recevoir une *formation*. Enfin il est évident que l'exercice et l'expérience améliorent l'aptitude d'une personne à s'informer en interprétant des documents, tout comme ils accroissent le domaine qui s'offre à son action et, corrélativement, l'ampleur de ce qui l'intéresse.

Une distance dans l'espace documentaire

On peut définir théoriquement entre chaque utilisateur et chaque ressource documentaire une *distance* $d(u, r)$ d'autant plus faible que le document est plus intelligible pour cet individu (ou, ce qui revient au même, plus intéressant) et qu'il lui apporte donc plus d'information. À partir de cette distance on peut définir deux classifications : des documents, des utilisateurs.

Nommons « domaine de u » l'ensemble des documents proches de l'utilisateur u :

$D(u) = \{ r \mid d(u, r) < s \}$, où s est un seuil conventionnel.

Nommons « lectorat de r » l'ensemble des utilisateurs intéressés par le document r :

$$L(r) = \{ u \mid d(u, r) < s \}$$

Considérons un sous-ensemble D de l'ensemble R des documents. Nous noterons L(D) l'ensemble des utilisateurs intéressés par tous les documents que contient D :

$$L(D) = \{ u \mid D \subset D(u) \}$$

Considérons un sous-ensemble L de l'ensemble U des utilisateurs. Nous noterons D(L) l'ensemble des documents qui intéressent tous les utilisateurs appartenant à U :

$$D(L) = \{ \bigcap_u D(u) \mid u \in L \}$$

L et D sont *en correspondance* si $L[D(L)] = L$ et $D[L(D)] = D$.

Supposons que l'on ait segmenté la population des utilisateurs en les classant selon des données intrinsèques (âge, sexe, lieu de résidence, CSP, niveau de revenu etc.), et que l'on ait procédé de même sur la population des documents (selon la langue, le vocabulaire, la longueur etc.).

Une analyse des correspondance sur le tableau qui croise ces deux segmentations permettra d'identifier des sous-ensembles qui sont statistiquement en correspondance. Cela fournit une aide pour la *dissémination sélective* des documents.

Prendre *information* selon son sens étymologique conduit à considérer non seulement le document lui-même mais aussi les conditions de sa rencontre avec le cerveau, ce qui implique de se soucier de la commodité d'accès et de la lisibilité (présentation, typographie, outils de classement, recherche et balisage etc.).

Il apparaît alors que pour obtenir la lisibilité il faut consentir de perdre une part de la richesse du document (de l'« information » qu'il contient au sens de Shannon) : un document imprimé est en effet plus lisible qu'un manuscrit, un tableau de bord sélectif est plus lisible qu'un empilement complet de statistiques, une base de données ne peut être consultée qu'à travers des « vues » partielles.

L'acception étymologique d'information permet aussi de bien comprendre le sens des mots « informatique » et « informatisation », qui associent « information » et « automate ». Si l'information est ce qui, donnant une forme (intérieure) au cerveau humain, lui confère la capacité d'agir, nous voyons qu'« informatique » désigne l'*alliage* du cerveau et de l'automate et qu'« informatisation » désigne le déploiement des conséquences de cet alliage : nous reviendrons sur ce point.

Quand on parle enfin de « système d'information », qu'entend-on par « système » ? Ce mot évoque une structure *organique*, donc plus riche qu'une classification ensembliste. On ne peut pas en effet se contenter de dire qu'un système d'information est « un ensemble de lignes de codes », pas plus qu'on ne peut considérer un corps vivant comme un « ensemble de cellules », car ces éléments forment des *organes* ayant chacun une fonction particulière : c'est donc sur ces organes et sur leurs fonctions qu'il convient de raisonner plus que sur les éléments qu'ils contiennent, et c'est ce que l'on fait lors des démarches dites d'*urbanisation*, de *modélisation* et d'*implémentation*.

Alliage et émergence

L'alliage de l'automate et du cerveau est un fait relativement récent, et il est utile d'ouvrir ici une parenthèse pour examiner les effets d'émergence résultant de la découverte d'un nouvel alliage.

Les alliages ne sont certes pas tous féconds mais certains d'entre eux ont des propriétés dont l'émergence, faisant apparaître des possibilités nouvelles, transforme le rapport entre la société humaine et la nature – voire la nature elle-même si on la définit comme « ce qui

se présente, devant les intentions humaines, comme outil ou comme obstacle ».

Un alliage fécond n'est pas une « union accidentelle » mais une « union substantielle », (dans le langage de la philosophie) car il fait apparaître dans le monde de la nature un *être* radicalement nouveau : ainsi l'acier, obtenu par alliage du fer et du carbone, a fait émerger un métal plus rigide que le fer (les atomes de carbone s'intercalent entre les atomes de fer et entravent leur glissement).

On peut dire que l'alliage de la société humaine et de la production, au début du néolithique, a fait émerger la civilisation, l'échange, les villes, la comptabilité, l'écriture, la civilisation – et aussi la guerre, car le cheptel et les stocks de semences étaient des proies tentantes.

L'alliage de la machine et de la main humaine (« main d'œuvre »), survenu au XVIII^e siècle en Grande-Bretagne, a fait émerger la société industrielle avec les usines, le développement du salariat, la lutte des classes, l'extension des systèmes éducatif et de santé, l'impérialisme et le colonialisme – et enfin les guerres mondiales du XX^e siècle.

Bertrand Gille [12] a décrit la succession des « systèmes techniques » qui, fondés chacun sur la synergie de quelques techniques fondamentales, ont fourni à des sociétés le socle de leur système productif et de leur bien-être matériel.

L'informatisation s'appuie, elle, sur l'alliage de l'automate et du cerveau humain devenu un « cerveau d'œuvre ». Elle transforme les entreprises et les institutions, l'équilibre économique, le marché et les formes de la concurrence ainsi que la fonction d'utilité des consommateurs. Elle apporte ainsi des bouleversements de nature différente, mais d'ampleur comparable à ceux que la société avait connus avec l'industrialisation.

Les exemples que nous venons de donner montrent que l'émergence d'un alliage s'accompagne de possibilités nouvelles mais aussi de périls nouveaux : elle ouvre à l'action un continent vierge qu'il faut explorer, baliser et coloniser, dont il faut apprendre à connaître la faune et la flore etc.

Quels sont les deux éléments que l'informatisation allie ? L'ordinateur individuel est devenu le terminal d'un automate formé par l'ensemble des ordinateurs et qui, grâce au réseau, est devenu accessible depuis n'importe quel endroit et que l'on peut donc qualifier d'ubiquitaire. L'écran clavier posé sur notre bureau, ou bien notre téléphone mobile « intelligent », sont des interfaces vers cet automate programmable ubiquitaire (APU) qu'ils mettent en relation avec notre système cérébral.

L'APU est un automate *programmable* car il est *a priori* apte à réaliser tout ce qu'il est possible de programmer : calcul, traitement des textes, sons et images, pilotage des robots... C'est pourquoi on définit souvent l'informatique comme la « science du traitement des données », mais cette définition ne rend pas entièrement compte de l'informatisation.

L'automate programmable se distingue des autres automates. Le métier à tisser, l'orgue de barbarie sont des automates qui obéissent à des programmes mais ils ne peuvent remplir que des fonctions limitées. Pour concevoir l'automate à tout faire, capable de commander les équipements périphériques les plus divers – disques durs, écrans, hauts parleurs, ailerons d'un avion en pilotage automatique, commandes des machines-outils, freinage assisté des automobiles – il a fallu un étonnant effort d'abstraction.

Qui sommes-nous en face de l'APU ? Dans notre vie courante, nous sommes l'individu qui utilise le Web pour se documenter, la messagerie pour communiquer. Dans l'entreprise, nous sommes l'« être humain organisé », EHO, car notre cerveau et notre action s'insèrent dans l'organisation d'un processus de production. L'entreprise contemporaine

met en œuvre l'alliage de l'EHO et de l'APU. Elle est elle-même le résultat d'une évolution que nous allons décrire.

* *

L'alliage du cerveau humain et de l'automate a fait émerger un être capable d'actions auparavant impossibles, donc un être nouveau. Le pilote automatique d'un avion de ligne permet de donner à l'avion pendant tout le vol la position qui minimise la consommation de carburant – position qu'un pilote humain ne pourrait maintenir qu'un instant, car ce serait aussi difficile que de tenir une assiette en équilibre sur une épingle.

L'efficacité de cet alliage nécessite que chacune des composantes apporte ce qu'elle sait faire le mieux : tandis que seul l'être humain se débrouille devant l'imprévu, l'automate est infatigable dans l'exécution des tâches répétitives.

Aucun logiciel ne peut d'ailleurs être sans défaut – le logiciel le mieux vérifié comportent en moyenne un défaut pour 10 000 lignes de code source (Printz [29]) – et un programme, suite finie d'instructions, ne peut pas contenir la réponse à toutes les situations que peut présenter la complexité illimitée de la nature.

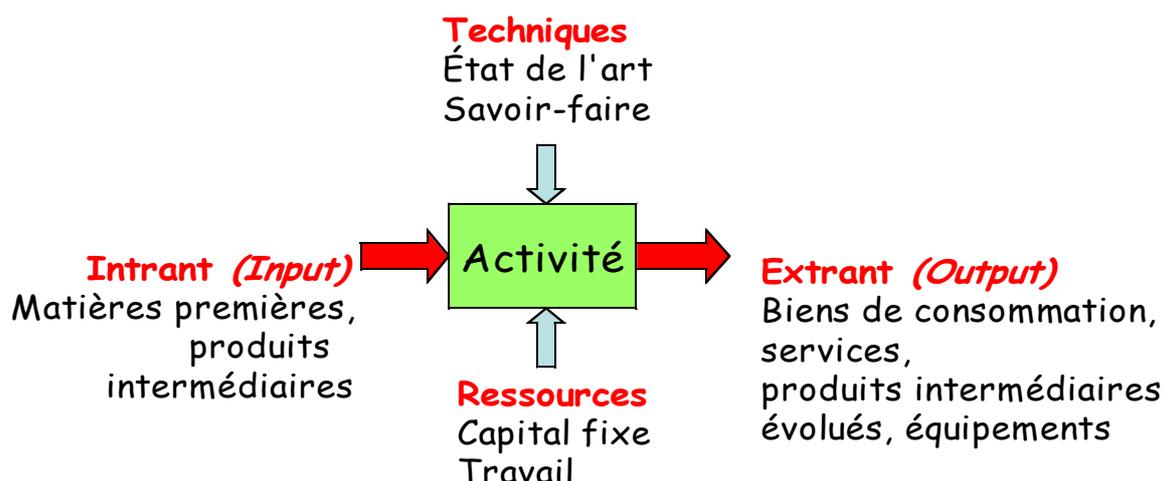
Il faut donc articuler intelligemment les deux composantes, et cela suppose parfois de *sous-automatiser* pour que l'être humain puisse prendre la main en cas d'incident : les grands automatismes (réseau télécom, installations nucléaires) doivent être soumis à une supervision humaine.

Celles des tentatives de l'« intelligence artificielle » qui visent à faire reproduire par l'ordinateur le comportement humain – jusqu'à simuler des émotions – ont le défaut de masquer la différence entre l'automate et le cerveau, ce qui interdit de penser leur articulation. Par ailleurs, tout comme l'économie fondée sur la mécanique a été tentée d'ériger la machine en exemple pour le comportement humain, notre économie risque d'être tentée d'ériger l'ordinateur en exemple et de nier la composante humaine de l'alliage.

L'émergence de l'alliage pose enfin des problèmes de savoir-faire et de savoir-vivre : les institutions, comme les individus, ne peuvent acquérir ces savoirs que par tâtonnement et donc après avoir commis des erreurs.

L'évolution de l'entreprise

Quand, dans une société civilisée, une mission jugée nécessaire ou opportune dépasse les capacités d'un individu, une *institution* est créée pour organiser le travail de plusieurs personnes : administration, armée, systèmes éducatif et de santé etc. On nomme *entreprise* l'institution dont la mission est de produire des biens et services marchands.



Le concept fondamental : l'activité

Toute entreprise est un être vivant, donc complexe : elle naît, croît, évolue, enfin elle meurt ; elle conjugue divers aspects (juridique, économique, technique, sociologique etc.). On ne saurait donc la réduire à une « essence », à une définition.

Cependant, étant une institution qui élabore des *produits* (biens et services) destinés en définitive à satisfaire les besoins du consommateur, l'entreprise s'intercale entre la nature et les êtres humains à qui elle procure des produits utiles. À partir de ce point de vue, on peut la décrire ainsi : *l'entreprise est le lieu où le travail des êtres humains s'organise afin d'agir sur la nature pour obtenir des résultats utiles.*

L'entreprise apparaît alors dans la société comme *le lieu de l'action* et pour la décrire le concept fondamental sera celui d'*activité* : toute entreprise consomme des *intrants*, met en oeuvre des techniques et des ressources, et produit des *extrants*. Exemple des plus simples : à partir de planches et de clous, et en utilisant la technique du coup de marteau, un être humain modérément exercé peut produire des caisses.

L'entreprise telle que nous la connaissons est un être relativement récent. Le mot « entreprise » désignait au XVIII^e siècle la chose que l'on entreprend en courant quelques risques : un voyage était une entreprise. Il désignait aussi les opérations des négociants qui, affrétant un bateau pour le commerce avec le moyen-orient, soumettaient leur capital au risque de la piraterie et des tempêtes. Quant au mot « usine », il désignait une installation – une forge, par exemple – qui utilisait l'énergie fournie par un moulin à eau.

Les manufactures, souvent publiques, produisaient des canons, des tapis, des glaces et les chantiers navals construisaient des bateaux. L'essentiel de la production était cependant réalisé par des artisans ou, dans le textile, par des paysans : un entrepreneur leur fournissait la matière première et ils lui rendaient le produit fini. Les machines, en bois et donc fragiles et imprécises, étaient installées au domicile du travailleur.

Les progrès de la métallurgie ont au XVIII^e siècle procuré des machines plus précises mais coûteuses, difficiles à utiliser et qui exigeaient des réglages et de l'entretien. Il fallait les abriter dans un bâtiment où des ouvriers viendraient travailler : ces bâtiments, on les a nommés « usines » en utilisant le mot qui existait déjà.

L'entreprise moderne

Pendant le XIX^e siècle l'industrialisation et la mécanisation ont été progressives.

L'*entreprise moderne* naît vers 1880, à Chicago, après le grand incendie qui avait en 1871

détruit le quartier des affaires : son organisation s'imposera jusque vers 1960 et l'informatisation n'a fait que lui apporter un perfectionnement – il est vrai que ce perfectionnement est radical.



L'entreprise moderne en 1960 (Billy Wilder, *The Apartment*, 1960)

Vers la fin du XIX^e siècle Chicago est la ville du monde dont l'économie est la plus dynamique : c'est le premier en date des centres d'affaires modernes. Grâce aux chemins de fer, et surtout après l'invention du wagon frigorifique en 1877, il est devenu le pivot du négoce mondial des produits agricoles et de la viande. Autour de ce négoce se sont créés en quelques années des banques, des assurances, une bourse, des services administratifs, une université, des industries, bref toutes les activités propres à la très grande ville y compris la délinquance.

L'entreprise moderne s'épanouira à partir de 1895 avec la deuxième révolution industrielle, celle de l'électricité. L'organisation méthodique du travail de bureau s'y concrétisa en 1884 par l'édification du premier gratte-ciel.

Évolution des équipements de bureau

Les équipements du travail de bureau (fauteuils, bureaux, téléphones, photocopieurs, télécopieurs, calculateurs, machines à écrire, classeurs, trombones, post-its, sans même évoquer l'ordinateur et sa séquelle d'imprimantes, scanners etc.) sont tous d'origine récente : le brevet du trombone est déposé en 1901, celui du classeur mécanique en 1904. Les copieurs apparaissent en 1890, mais la photocopie ne se répandra vraiment qu'à partir de 1960 avec la xérographie. Le Post-it est lancé par 3M (après de longues hésitations) en 1980.

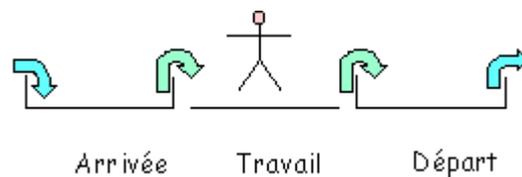
La machine à écrire, inventée en 1868 par l'Américain Christopher Latham Sholes, est commercialisée par Remington en 1874. Elle a déjà le clavier qwerty. Elle écrit en majuscules et l'auteur ne peut pas voir le texte qu'il tape. 5 000 machines sont vendues en cinq ans. La Remington n° 2 de 1878 permet d'écrire en minuscules et majuscules. En 1895, Underwood commercialise une machine qui permet de voir ce que l'on tape. Dès lors la machine à écrire se répand rapidement dans les entreprises. La première école de dactylographie est créée en 1911.

L'organisation du travail dans les bureaux a résulté d'un effort prolongé et méthodique.

Les tâches remplies par les employés se classent en deux catégories : celles effectuées au contact des clients ou des fournisseurs, qui impliquent une part de dialogue et de négociation (« première ligne » ou « front office ») ; celles internes à l'entreprise (« middle office » et « arrière boutique » ou « back office »). Seules ces dernières peuvent être entièrement organisées car l'agent qui se trouve au contact de personnes extérieures doit laisser à l'interlocuteur sa part d'initiative : l'organisation ne peut pas maîtriser complètement le déroulement de ce dialogue.

Les tâches internes obéissent toutes à un même schéma pendant la première moitié du XX^e siècle :

1) d'une part l'agent reçoit des commandes, des matières premières ou des produits intermédiaires ; son travail consiste à élaborer d'autres produits intermédiaires (« livrables ») qu'il oriente vers l'étape suivante du processus. Pour les agents qui traitaient l'information dans les grandes banques ou compagnies d'assurance, par exemple, le travail se faisait sur un bureau dans une salle où se trouvaient de nombreux autres employés ; à gauche de l'agent se trouvait la barquette arrivée, à droite la barquette départ, les dossiers étant apportés et emportés par des personnes équipées de caddies.



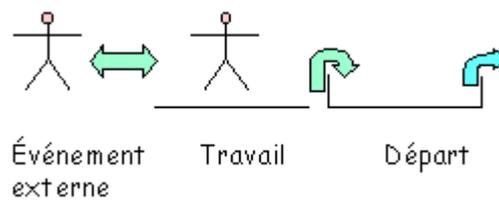
2) d'autre part les personnes qui transportent les dossiers d'un bureau à l'autre, ainsi que le superviseur de la salle de travail, assurent une *logistique* qui entoure les tâches des agents d'un réseau de communication et de contrôle. La pile de dossiers qui reste dans la barquette arrivée signale l'agent qui travaille plus lentement que les autres. La mesure du flux quotidien permet d'établir des normes de productivité. Les délais normaux de traitement d'une affaire peuvent être évalués ;

3) le travail que l'agent effectue sur un dossier consiste en calculs, vérifications et transcriptions, et aussi en expertises, classements, évaluations et décisions (ou avis pour préparer la décision). En même temps qu'il fait progresser le processus de traitement des affaires, le travail alimente des fichiers manuels qui constituent la mémoire de masse de l'entreprise. Les éventuelles interrogations donnent occasion à des échanges de notes ou fiches que l'agent place dans la barquette « départ » en mentionnant le nom du destinataire, les réponses parvenant dans la barquette « arrivée » avec les dossiers à traiter.

Dans les entreprises industrielles, le travail de bureau traitait les commandes, les factures et la comptabilité ; il émettait les ordres qui déclenchaient les opérations physiques de production, approvisionnement, stockage, transport et livraison. Les décisions concernant les opérations physiques étaient prises dans les bureaux, les décisions laissées aux agents de terrain étant celles qui accompagnent l'exécution des opérations.

La procédure de la première ligne était plus souple, car l'agent travaillait au contact d'un client ou d'un fournisseur que ce soit par contact « présentiel », par téléphone ou par courrier : il ne s'agissait plus de traiter des documents conformes aux formats types de l'entreprise mais de répondre à des demandes ou questions formulées dans la langue de

personnes extérieures à l'entreprise et dans un ordre correspondant à leurs priorités (certes le courrier arrivé est placé dans la barquette « arrivée », mais il n'est pas rédigé selon les normes de l'entreprise et son traitement peut nécessiter un dialogue par lettre avec le client).



L'agent devait alors de transcrire les indications recueillies lors de la relation externe en un document susceptible d'alimenter le processus interne.

Cette organisation comportait des articulations fragiles. Les documents posés en pile risquaient d'être traités sur le mode « *last in, first out* » qui induit des délais aléatoires ; la succession des transferts entre agents risquait de finir « dans les sables » en cas d'erreur d'aiguillage ; si pour une raison particulière on avait besoin de retrouver un dossier en cours de traitement, il n'était pas facile de le suivre à la trace le long de son parcours. Enfin, le schéma que nous avons décrit se dégradait en variantes artisanales dans les entreprises petites et moyennes et il était vulnérable à la négligence ou à l'étourderie.

Le modèle de l'entreprise moderne s'imposera pendant plusieurs décennies. Cependant après 1975, et en s'appuyant sur l'organisation qu'avait élaborée l'entreprise moderne, l'informatisation fera naître l'*entreprise contemporaine* que nous allons décrire et qui diffère de l'entreprise moderne sous plusieurs rapports.

L'entreprise contemporaine

Arrivée de l'informatique : années 1950

L'industrialisation du travail de bureau, avec les armoires de dossiers suspendus, classeurs, bibliothèques tournantes, la logistique du transport des dossiers, les longues opérations de calcul, appelait l'informatique. Mais l'informatisation n'a pris son essor que dans les années 1950, la guerre ayant pendant dix ans bloqué l'utilisation civile de l'informatique tout en accélérant sa conception (comme ce fut le cas pour l'agriculture : en Europe le tracteur ne se répand pas avant les années 50).

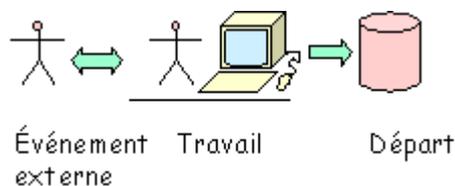
La mécanographie, fondée sur le traitement électromécanique de cartes perforées par des trieuses et tabulatrices, a été conçue pour réaliser des travaux statistiques. La première réalisation est celle du statisticien américain Herman Hollerith (1860-1829) pour le recensement de la population des États-Unis en 1890. Les entreprises créées par Hollerith sont à l'origine d'IBM. Les premiers utilisateurs de la mécanographie furent les instituts statistiques, les armées et quelques administrations. Les origines de plusieurs grands groupes informatiques remontent à l'ère de la mécanographie.

C'est avec l'ordinateur, plus puissant que la machine mécanographique et surtout plus souple grâce à la mise en oeuvre automatique de programmes enregistrés conformément à l'architecture de von Neumann, que l'informatique pénètre les entreprises dans les années 60. Elle est d'abord utilisée pour automatiser la production physique : dès 1968, on pense à remplacer la commande numérique des machine-outils par la « commande numérique directe ». Dans le numéro spécial de « Science et Vie » sur l'automatisme en 1964, la gestion n'apparaît encore pour l'automatisation que comme un domaine relativement secondaire.

Les premières entreprises de services qui s'informatisèrent furent les banques et assurances ; dans les autres secteurs, les premières utilisations ont concerné la comptabilité, la paie et la gestion des stocks. L'informatisation fait évoluer les conditions *physiques* du travail : les employés passent dans les années 60 une partie de leur temps à perforer des cartes et dépouiller des listings, puis dans les années 70 et 80 on installe des terminaux qui seront dans les années 90 remplacés par des micro-ordinateurs en réseau : à chaque étape, l'ergonomie se modifie ainsi que les possibilités offertes.

L'espace de travail change d'allure. Même si le « bureau sans papier » reste rare, les archives et dossiers sur papier sont remplacés, dans une large mesure, par des informations stockées dans les mémoires électroniques. L'interface avec écran, clavier et souris s'installe sur tous les bureaux. Une part croissante du travail à faire arrive non plus dans une barquette mais sur l'écran *via* le réseau.

Ce changement ne modifie pas fondamentalement la nature du travail : la différence entre événement interne et événement externe perdure même si l'écran-clavier s'impose désormais comme un tiers dans la relation avec les personnes extérieures à l'entreprise (au point parfois de gêner le dialogue).



Toutefois l'agent n'a plus, en principe, à recopier une information déjà introduite dans l'ordinateur ; la vérification de la saisie est ou doit être automatique ; les calculs (de prix, taxes, salaires, ainsi que les totalisations etc.) sont eux aussi automatisés ainsi que la mise en forme et l'édition des « états » divers (bulletins de paie, documents comptables, état des stocks, statistiques etc.)

L'ordinateur remplit ainsi deux fonctions : d'une part il aide à traiter des dossiers individuels dont il facilite le tri et la recherche ; d'autre part il permet de produire des indicateurs. L'être humain se spécialise dans les tâches qu'il fait mieux que l'ordinateur : il *analyse* l'information pour faire le tour d'un problème, *l'interprète* pour le comprendre, la *synthétise* pour résumer et communiquer ce qu'il a compris ; enfin il *décide* ou même il *conçoit*. Ayant été soulagé des travaux qui exigeaient l'utilisation répétitive de son cerveau, il est invité à se consacrer à des travaux auxquels celui-ci est mieux adapté. On arrive ainsi à un partage des tâches où chacune des deux ressources (le « silicium », la « matière grise ») tend à être utilisée au mieux de ses aptitudes, mais cette évolution n'est pas facile.

Nous sommes là vers le milieu des années 80. Il faut compléter cette description en mentionnant des défauts souvent rencontrés. D'une part les « applications » informatiques ont été conçues séparément et communiquent mal : les agents doivent dans le cours d'une même tâche ouvrir une session puis la fermer pour passer à une autre dont l'ergonomie sera différente, ressaisir des données, utiliser des codes divers dont la mémorisation demande un apprentissage pénible. Si l'informatique est puissante, elle manque encore de cohérence et de « convivialité ». L'automate n'est pas souple et comme il ne s'adapte pas facilement aux utilisateurs, l'entreprise leur demande de s'adapter à lui.

Ces défauts sont d'abord tolérés en raison des gains d'efficacité que l'informatique apporte, puis ils deviennent de plus en plus insupportables. Le « système d'information »

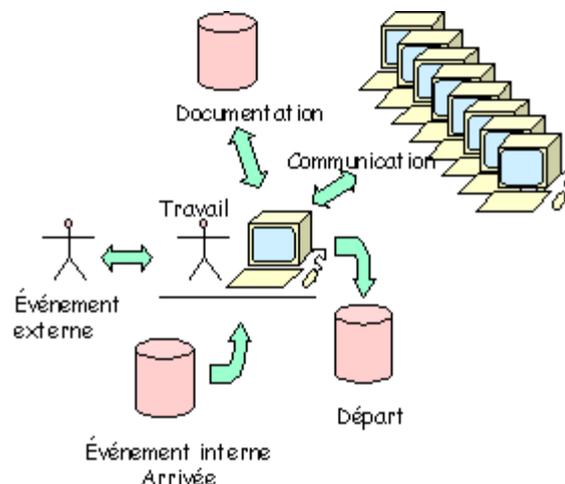
visé à les corriger : les diverses applications doivent s'appuyer sur un référentiel unique, ce qui garantit leur cohérence sémantique ; elles doivent échanger les données et se tenir à jour mutuellement, ce qui assure la cohérence de leur contenu et supprime les ressaisies. Toutefois cette mise en ordre reste souvent partielle et les défauts persistent en raison du poids de l'existant et de la pression d'autres priorités.

La bureautique communicante : à partir des années 1980

L'arrivée du micro-ordinateur dans les années 80 est un choc pour les informaticiens : ils ne reconnaissent pas immédiatement sa légitimité et son utilité. Il sert d'abord à diffuser les applications de bureautique personnelle qui avaient été mises au point auparavant sur des architectures de mini-ordinateurs en grappe (traitement de texte, tableur, grapheur). Il supplante ainsi progressivement la machine à écrire et la machine à calculer mais les applications bureautiques se déploient dans le désordre (versions différentes des applications, travaux locaux sans cohérence d'ensemble).

Au début des années 90 la mise en réseau des micro-ordinateurs confronte enfin la bureautique aux exigences de cohérence du système d'information : pour toute donnée importante, seule doit exister sur le réseau une seule mesure, définie et tenue à jour par le propriétaire de la donnée.

Finalement le micro-ordinateur cumule deux rôles : d'une part il remplace les terminaux pour l'accès aux applications centrales, d'autre part il apporte à l'utilisateur la bureautique personnelle ainsi que la « bureautique communicante » (messagerie, documentation électronique, groupware puis Intranet). Le micro-ordinateur en réseau devient ainsi à la fois un terminal ergonomique des applications centrales, un outil de communication asynchrone entre agents, et la porte d'accès aux ressources documentaires de l'entreprise.



On dirait alors que l'informatique a accompli tout ce qui était possible : elle fournit à l'utilisateur une interface qui, fédérant sous une ergonomie cohérente les accès aux diverses applications, lui évite les connexions-déconnexions et les doubles saisies tout en soulageant son effort de mémoire ; elle lui fournit aussi un média de communication. Cependant il lui reste à assister les utilisateurs non seulement dans chacune de leurs tâches considérée séparément, mais dans la succession et l'articulation des diverses tâches au long du processus de production.

En effet si l'informatique a libéré l'agent des tâches répétitives de calcul, vérification et transcription, les entreprises ne l'ont pas encore pleinement utilisée pour assurer les fonctions de logistique et de supervision remplies autrefois par les personnes qui

transportaient les dossiers et par les superviseurs des salles de travail. Or le travail, devenu informatique (« virtuel »), a perdu la visibilité que lui conférait l'apparence physique des documents et dossiers sur papier : il est donc devenu plus difficile de vérifier sa qualité, d'évaluer la productivité des agents et de maîtriser les délais de production.

Rien de tout cela n'est impossible pour l'informatique. Les outils existent depuis longtemps (les premiers « workflows » ont fonctionné dès l'époque des « mainframes ») mais pour qu'ils soient mis en oeuvre il faut que le besoin soit ressenti et que la possibilité de le satisfaire soit perçue. L'attention s'était d'abord focalisée sur la productivité de l'agent individuel ainsi que sur la maîtrise des concepts (composants, classes, attributs, fonctions) que l'informatique mettait à sa disposition. Il fallait maintenant utiliser celle-ci pour automatiser le processus de travail lui-même.

L'informatique communicante apporte un élément de solution : s'il est possible aux utilisateurs de communiquer par messagerie, pourquoi ne pas utiliser ce média pour tisser une solidarité entre étapes d'un même processus ?

Du concept au processus : années 1990

Pour retrouver la maîtrise de la logistique que l'informatisation avait dans un premier temps négligée, il faut introduire dans le système d'information les tables d'adressage qui balisent les transferts entre agents successifs, la traçabilité (possibilité retrouver et consulter un dossier en cours de traitement), des indicateurs de volume, de délai et (si possible) de qualité : ce sont là les fonctionnalités du *workflow* qui améliore notablement la logistique par rapport à l'époque du papier : il supprime le risque du « *last in, first out* », assure la traçabilité des dossiers et produit automatiquement des indicateurs de volume et délai qui facilitent la maîtrise de la qualité.

Dès lors, le système d'information équipe les processus internes de l'entreprise au plus près de la pratique professionnelle en articulant finement les fonctionnalités de l'informatique de communication à celles du traitement des données structurées.

Pour concevoir le traitement des données structurées, il avait fallu concentrer l'attention sur les concepts à l'œuvre dans le système d'information et sur le processus des traitements informatiques. Pour concevoir un workflow, il faut concentrer l'attention sur l'enchaînement des tâches des agents et donc sur le processus opérationnel. Celui-ci se complique d'ailleurs avec l'arrivée du multimédia pour les événements externes (utilisation conjointe du courrier, du téléphone, du présentiel, de l'Internet, de la carte à puce) comme pour les événements internes (Intranet etc.) et aussi avec l'interopérabilité des systèmes d'information nécessitée par les partenariats entre les entreprises.

La hiérarchie des difficultés invite alors à examiner en priorité le processus opérationnel : cet examen dictera les concepts sur lesquels se fonde le traitement des données. Alors qu'auparavant la pratique professionnelle avait été invitée à se construire autour de l'informatique, c'est désormais l'informatique qui se construit autour de la pratique professionnelle.

Ce changement de point de vue s'accompagne, en ce qui concerne l'organisation, de l'émergence d'une fonction professionnelle : la *maîtrise d'ouvrage du système d'information* dans les métiers de l'entreprise. Pour prendre en compte de façon exacte le déroulement des processus au sein des métiers il faut en effet à la fois une proximité quotidienne avec les agents et une rigueur intellectuelle dont le besoin n'avait pas jusqu'alors été ressenti. Ces professionnels mettent en forme les processus opérationnels en utilisant par exemple le langage UML.

De nouveaux problèmes apparaissent alors : comment choisir, si l'on veut un système d'information assez sobre pour pouvoir évoluer, entre les fonctionnalités que l'on fournira et celles sur lesquelles on fera l'impasse ? comment faire en sorte que le métier, ses dirigeants, s'approprient le système d'information, valident ses spécifications, participent à sa définition ? Par ailleurs, si la maîtrise du processus convient aux travaux internes, il est beaucoup plus difficile d'outiller l'agent du « front office », qui travaille au contact des clients ou des fournisseurs : on ne peut pas prévoir en effet l'ordre dans lequel il devra saisir les données et lancer les traitements. Le système d'information pourra tout au plus lui fournir une aide contextuelle et la liste des tâches à accomplir équipée de boutons indiquant pour chacune d'entre elles le degré d'avancement.

Chapitre II

Structure du système d'information¹

Introduction

L'expression « système d'information » (SI) n'est apparue qu'à la fin des années 1960² quand les entreprises se sont appuyées sur l'automate programmable que l'on nomme « ordinateur » pour stocker, traiter et utiliser des données.

Cette expression désigne un *alliage* entre l'automate et l'organisation de l'action humaine, entre l'automate et le cerveau humain. Cet alliage doit obéir aux exigences pratiques de la rationalité, auxquelles la plate-forme informatique ajoute ses propres exigences.

L'ingénierie du SI demande donc des méthodes et démarches plus explicites que celles dont les entreprises avaient pu se contenter avant l'informatisation. Pour répondre aux exigences de l'action, elle s'appuie sur plusieurs techniques toutes également nécessaires et qui s'empilent en quatre couches au dessus de la plate-forme informatique : langage, action, contrôle, stratégie.

L'ingénierie sémantique définit le *langage* de l'entreprise avec l'administration des données et les référentiels ; l'ingénierie des processus structure *l'action productive* avec la pensée procédurale et la modélisation ; l'ingénierie du *contrôle* éclaire le pilotage avec les indicateurs et tableaux de bord ; *l'ingénierie d'affaires* concrétise l'orientation stratégique et le positionnement de l'entreprise.

L'ingénierie du SI ne se confond donc pas avec l'ingénierie de l'informatique qui, avec l'architecture des logiciels et le dimensionnement des ressources, fournit sa plate-forme à l'informatisation de l'entreprise : l'informatique et l'informatisation sont dans un rapport analogue à celui qui existe entre la construction navale et la navigation.

L'alliage de l'automate et du cerveau, devenu ubiquitaire grâce au réseau, a transformé notre rapport à l'espace et au temps ainsi que notre façon de penser et d'agir : il a ainsi fait émerger autant de dangers nouveaux que de possibilités nouvelles. Mais l'informatisation a été trop rapide pour qu'aient pu mûrir les savoir-faire et savoir-vivre qu'elle réclame aux informaticiens, dirigeants et utilisateurs : c'est ce qui explique que les projets informatiques connaissent encore, comme le montrent les enquêtes du Standish Group, un taux d'échec qui ne serait toléré dans aucun autre domaine de l'ingénierie.

Ingénierie sémantique

Si l'on fait abstraction de la complexité de la plate-forme et de la diversité des « applications », un SI peut sembler très simple. Alimenté par des « données » que quelqu'un saisit, il les traite pour produire des « résultats » puis conserve données saisies et résultats afin qu'ils puissent être consultés : un utilisateur ne fait jamais que lire, écrire et lancer des traitements.

Une *donnée*, c'est le couple que forment une *définition* (ou *concept*) et une *mesure*, la mesure étant caractérisée par le type de la donnée ainsi que par la périodicité et le délai de ses mises à jour. Une donnée se transforme en *information* lorsqu'elle est communiquée à un être humain capable de l'interpréter³.

¹Cette partie du cours reprend l'article « Les systèmes d'information » de *L'encyclopédie des techniques de l'ingénieur*.

²Mélèse [23]. Mélèse avait été influencé par Simon [37].

³Nous donnons ici au mot « information » son acception étymologique, « donner une forme intérieure ». Elle s'écarte du langage courant (« les informations de vingt heures ») autant que de

À la base de tout SI se trouvent ainsi des *choix* qui déterminent un *langage* : il faut choisir les êtres qui seront observés pour être représentés dans le SI, puis les attributs que l'on observera sur ces êtres, et ainsi faire *abstraction* de tout le reste du monde réel. Le mot « donnée » est donc trompeur : la définition et la mesure sont toutes deux *produites* de façon sélective par l'observateur humain et non « données » par la nature.

Les concepts doivent obéir au critère de *pertinence*, c'est-à-dire d'adéquation à l'intention volontaire qui oriente l'action : la qualité *sémantique* d'un SI est le premier critère de son « alignement stratégique ».

Pour comprendre de quoi il s'agit, considérons la vie quotidienne. Quelqu'un qui conduit une voiture ne doit retenir, dans la continuité de son champ visuel, que les signaux utiles à la conduite et donc faire abstraction des autres signaux. Cette abstraction ne prédétermine pas la couleur d'un feu de signalisation dont l'observation fournit, dans le cadre subjectif mais pertinent que délimite l'abstraction, une donnée objective que le conducteur transformera en information, puis traduira en décision et enfin en action effective.

Certaines personnes à l'entendement sommaire, croyant que la pertinence va de soi, qualifient dédaigneusement le souci sémantique d'« intellectuel » ou de « philosophique ». C'est oublier que l'adage *garbage in, garbage out* est implacable : si les concepts ne sont pas pertinents le SI ne peut rien fournir qui vaille : la sémantique détermine son architecture tout comme les fondations déterminent celle d'une maison.

Le socle sémantique du SI conditionne d'ailleurs l'action de l'entreprise. Si celle-ci n'a pas choisi d'observer ses clients, « mettre le client au cœur de l'entreprise » sera un slogan sans portée : c'est ce qui se passe quand un transporteur aérien ne connaît que des passagers, un opérateur télécoms que des lignes, une banque que des comptes etc.

Qualité des données

Toute donnée étant le couple que forment une définition et une mesure, la qualité des données s'évalue selon deux critères : pertinence des concepts, exactitude de la mesure.

Un SI n'a pas pour fonction de « décrire la réalité », car la complexité de celle-ci outrepassa toute description, mais de servir l'action de l'entreprise. Il fera donc abstraction des êtres qui ne sont pas concernés par cette action et, dans l'observation de chacun de ces êtres, il fera encore abstraction des attributs jugés sans importance pour l'action.

La construction d'un référentiel (cf. ci-dessous) doit donc partir de la question « que voulons-nous *faire* », ce qui implique d'élucider la stratégie et les priorités.

La mesure sera exacte si elle peut alimenter un raisonnement exact et, ainsi, favoriser la justesse de l'action. L'exactitude importe plus que la précision car un excès de précision peut être fallacieux : mesurer au micron près la taille d'un être humain, c'est ignorer que le corps humain est élastique.

Les résultats statistiques, indicateurs de pilotage et estimations prévisionnelles peuvent souvent se satisfaire d'un ordre de grandeur exact quoique imprécis. Par contre l'exactitude et la précision se rejoignent dans certaines données opérationnelles : un taux de TVA, un prix unitaire, le montant d'une facture etc. ne tolèrent aucune approximation.

Dans le fonctionnement quotidien de l'entreprise les données se dégradent : l'évolution des techniques, produits et marchés provoque l'obsolescence des concepts ; les fusions et absorptions, ainsi que les partenariats, apportent des homonymes et synonymes ; sur le terrain la pratique du codage est souvent erronée par négligence, malentendu, ou encore

celui de la « théorie de l'information » de Shannon [35].

par émergence de « dialectes locaux » qui donnent aux codes un autre sens que celui qui est retenu par l'entreprise.

Assurer la qualité des données, puis lutter contre l'entropie qui la dégrade, c'est la tâche de *l'administration des données*.

Administration des données

On appelle « administrateur des données » la personne morale⁴ chargée de veiller à la qualité sémantique du SI : pertinence des définitions, absence de synonymes et d'homonymes, accessibilité et clarté de la documentation, exactitude des codages etc.

Les définitions sont contenues dans un *référentiel* qui indique aussi le type de chaque donnée et l'identité de la personne morale (« propriétaire de la donnée ») habilitée à tenir sa mesure à jour et, si nécessaire, à faire évoluer sa définition. L'administrateur des données est garant de la qualité du référentiel et de celle de son utilisation.

La construction d'une nomenclature⁵ et l'identification du propriétaire d'une donnée provoquent souvent une redéfinition de la frontière entre des entités de l'entreprise. Ce rôle est « politiquement » si délicat qu'il a été parfois nécessaire de rattacher l'administrateur des données au directeur général.

Référentiel

Par « référentiel » on entend l'ensemble des règles, documents et bases de données concernant les identifiants, nomenclatures et définitions utilisés par le SI, ainsi que les règles concernant le partage de ces références par les diverses composantes du SI.

On peut se représenter l'entreprise comme un ensemble de « domaines » ou « métiers » (leurs contours sont souvent ceux des directions que découpe l'organigramme), dédiés chacun à une production spécifique. Les tâches réalisées dans ces domaines constituent des « processus » articulant des « activités » réalisées par des êtres humains qu'assistent des automates et qu'outillent des machines.

Tout processus concerne divers ensembles de clients, produits, commandes, factures, personnes de l'entreprise, entités de l'organisation etc. On peut, par analogie avec la démographie, considérer chacun de ces ensembles comme une « population » et ses éléments comme des « individus ».

La première indication que contient le référentiel est donc la *liste des populations* et leur définition. Puis il faut identifier les individus qui composent chaque population. *L'identifiant*, clé associée à chaque individu, permet de retrouver les données le concernant aux diverses étapes de son cycle de vie.

À chaque individu sont aussi associées des données (ou « attributs ») observées et tenues à jour. Chaque donnée a un *type* : elle peut être quantitative (revenu, poids d'une personne etc.), qualitative (métier, commune de résidence etc.), qualitative ordinale⁶ (classe d'âge d'une personne, tranche d'imposition), textuelle (commentaire) ; ce peut être une image (photographie, carte géographique), une date, une adresse postale ou électronique, un nom propre etc.

4 Entité de l'entreprise (direction, service, mission etc.), par différence avec la « personne physique » qui est un individu.

5 Guibert, Laganier et Volle [14]. On utilise souvent des synonymes de « nomenclature » : « classification », « typologie », « taxinomie », « table de codage » etc.

6 Il est possible de transformer une donnée quantitative en donnée qualitative ordinale en attribuant un code à des intervalles de valeur.

La mesure d'une donnée quantitative est un nombre (de type entier, rationnel ou réel) dont les valeurs sont éventuellement bornées. La mesure d'une donnée qualitative est un *codage* caractérisant l'affectation (classement) d'un individu à une classe d'une nomenclature⁷. La mesure d'une image est un graphisme.

Le référentiel prend deux formes : une forme documentaire (papier ou, de préférence, électronique) pour les utilisateurs humains ; une forme physique (base de données) pour l'utilisation automatique par des traitements informatiques.

Chacun des éléments du référentiel est soumis à des règles. Pour expliquer ces règles nous évoquerons des défauts que l'on rencontre trop souvent sur le terrain.

Règles pour les identifiants

Certaines entreprises identifient non le client, mais un équipement qui caractérise le service rendu à celui-ci : ainsi un opérateur télécoms identifie la ligne téléphonique (à laquelle le nom et l'adresse du client sont attachés comme des attributs), une banque identifie le compte avec le RIB.

L'examen des identifiants révèle ainsi des priorités *de facto* qui diffèrent souvent de celles que l'entreprise prétend ou souhaiterait avoir : ces entreprises-là s'intéressent sans doute plus à leur organisation interne qu'au client et à ses besoins.

Il arrive aussi que l'on introduise des attributs dans l'identifiant. Si celui d'un client comprend un élément géographique (numéro du département etc.), il faudra le modifier quand le client déménage. Avant la mise en place du fichier SIRENE, l'INSEE codait l'activité principale d'un établissement dans son identifiant, qu'il fallait donc modifier lorsque l'activité principale changeait.

Il arrive enfin que l'on réutilise pour un nouvel individu l'identifiant d'un autre arrivé en fin de son cycle de vie : ainsi l'ANPE a réutilisé naguère, pour identifier ses agences, les identifiants d'agences supprimées. Cela oblige, lors de l'examen de l'historique concernant un individu, à vérifier qu'il s'agisse continûment du même.

Cette liste d'errements montre la nécessité des règles suivantes :

- définir correctement les populations : il ne faut pas confondre le client avec le produit qui lui est fourni ni avec un contrat passé avec lui ;
- construire des identifiants pérennes, affectés à l'individu pendant tout son cycle de vie ;
- ne pas confondre le rôle de l'identifiant et celui des attributs : l'identifiant ne doit comporter aucun autre code que lui-même ;
- s'interdire de réutiliser un identifiant après la fin du cycle de vie de l'individu.

La meilleure façon de construire un identifiant sera donc de tirer au hasard une suite de caractères puis de vérifier qu'elle n'a pas déjà été utilisée. Elle doit contenir assez de caractères pour qu'il soit possible d'identifier tous les individus de la population concernée pendant le cycle de vie du SI, c'est-à-dire pendant quelques dizaines d'années. Il est utile enfin de lui associer une clé de contrôle qui permettra de vérifier son exactitude.

Nota Bene : De plus en plus souvent, l'identifiant sera un URI (*Uniform Resource Identifier*) ou un UUID (*Universally Unique Identifier*) conformément au modèle REST

⁷ La « classe » d'une nomenclature n'est pas la même chose que la « classe » d'un langage à objets : la première désigne une catégorie dans une classification, la seconde désigne une population.

(*Representational State Transfer*) du Web sur l'Internet⁸.

Lors des traitements informatique, les identifiants doivent être manipulés et vérifiés avec soin : un identifiant erroné, c'est un dossier perdu avec toutes les conséquences qui en résultent⁹.

Règles pour les attributs

Certains attributs sont inutiles : personne ne mesure le nombre des cheveux d'un client, seuls des policiers noteront la couleur de ses yeux. D'autres sont nécessaires : nom, adresse etc. Si l'on classait les attributs sur un axe selon leur utilité il faudrait y placer un curseur pour délimiter ceux que l'on observera, mais il n'existe pas de règle formelle qui permette de définir rigoureusement la position de ce curseur.

Il faut en outre, pour les attributs qualitatifs, choisir le « grain de la photo » qui indique le degré de détail du codage : là non plus, il n'existe pas de règle formelle.

Comme on est toujours tenté d'aller trop loin dans le détail il faut s'imposer une contrainte. Pour construire le référentiel d'une entreprise de service faisant quelques milliards d'euros de chiffre d'affaires, par exemple, il sera raisonnable de se limiter à un délai de l'ordre de six mois et à un budget de l'ordre du million d'euros¹⁰. Si à l'usage une partie du référentiel se révèle trop peu détaillée on pourra toujours l'enrichir par un travail marginal supplémentaire.

Règles pour les nomenclatures

Une nomenclature est une partition d'une population ou, quand elle a plusieurs niveaux, une suite de partitions emboîtées (ainsi le code géographique contient les niveaux îlot, commune, canton, département, région). À chaque classe d'une partition est associé un code.

Le codage est utilisé dans le SI à deux fins distinctes : d'une part il détermine le traitement de l'individu dans la procédure opérationnelle (qualifier une demande d'emploi par un métier, classer un contribuable dans une tranche d'imposition, évaluer l'éligibilité d'une demande de crédit etc.) ; d'autre part il sert à produire des statistiques sur la population étudiée, chaque individu étant compté dans la classe à laquelle le codage l'affecte.

Si l'on n'y veille pas, la nomenclature aura des défauts qui provoqueront des erreurs : si une partie de la population n'est pas couverte, il y a omission ; si une même partie de la population peut être classée de deux façons différentes, il y a double emploi (cela se produit quand les libellés sont ambigus) ; si le découpage ne correspond pas à l'action que le SI est chargé d'outiller, la nomenclature n'est pas pertinente etc.

La qualité d'une nomenclature se juge donc :

- au plan formel, selon l'exactitude du découpage de la population : il faut qu'elle forme une suite de partitions emboîtées, chacune sans omission ni double emploi ;
- au plan sémantique, selon la pertinence du découpage : les classes doivent regrouper les individus en fonction de la similitude des actions que l'entreprise

8 Richardson et Ruby [31].

9 Les universités identifient les étudiants chacune à sa façon : cela crée des difficultés pour les activités interuniversitaires (diplômes cohabilités, échanges entre bibliothèques etc.). Il est donc souhaitable, lorsque plusieurs institutions sont concernées par une même population, que leurs procédures d'identification soient coordonnées.

10 Entre autres conséquences cela oblige à choisir rapidement l'outil qui servira à mettre en forme et à stocker le référentiel plutôt que de passer des mois à chercher le meilleur outil.

- entend conduire envers eux ;
- au plan pratique, selon la clarté de la documentation qui l'accompagne : même pertinente, une nomenclature non commentée sera mal interprétée par ceux qui l'utilisent ;
 - au plan technique enfin :
 - o par la clarté du code utilisé pour identifier les classes (on désignera souvent un niveau par le nombre de chiffres que comporte un code numérique),
 - o par les procédures introduites dans les systèmes de saisie ou les interfaces pour vérifier la qualité du codage,
 - o par la disponibilité des tables de passage.

Lorsque deux entreprises entendent faire communiquer leurs SI elles doivent établir des *tables de passage* entre leurs nomenclatures. Tout est simple s'il existe une bijection entre classes, la table de passage se ramenant alors à une traduction entre terminologies. Mais souvent la correspondance se fait entre parties de classes : dans ce cas, la table de passage ne sera qu'approximative et il peut en résulter de telles difficultés dans le traitement des dossiers individuels que l'on sera contraint de réformer les nomenclatures. La vérification de l'adéquation des nomenclatures est donc un préalable obligé de tout partenariat ou de toute coopération commerciale lorsqu'ils impliquent, comme c'est le plus souvent le cas, de faire coopérer les SI.

Les nomenclatures évoluent car elles doivent refléter des priorités changeantes. Cela pose plusieurs problèmes¹¹ : le suivi historique d'une population suppose entre versions successives de la nomenclature un transcodage approximatif. On préfère d'ailleurs parfois, pour éviter les à-coups qui rendraient le SI instable, prolonger la durée de vie d'une nomenclature au delà de ce qui serait convenable en termes de pertinence.

Nota Bene : il existe des standards qu'il est impératif de respecter si l'on veut pouvoir assurer l'interopérabilité entre l'entreprise et le reste du monde : code géographique, liste des langues, microformats pour le codage des cartes de visite ou des événements dans les agendas etc.

Règles pour le partage des références

Les nomenclatures sont la source des tables de codage utilisées par les diverses composantes du SI (« applications »). Il faut que ces tables soient mises à jour sans délai quand les nomenclatures évoluent : sinon on risque des erreurs dans l'interprétation des données transmises d'une composante à l'autre, on risque aussi de produire des statistiques fallacieuses.

La synchronisation des tables de codage avec les nomenclatures ne peut être obtenue que si les tables sont toutes asservies à une table mère, dite « table de référence ». Soit celle-ci sera consultée au coup par coup, soit elle sera répliquée sans délai perceptible dans les composantes qui l'utilisent.

Une erreur fréquente est de « faire comme si » cette tenue à jour allait de soi. Il arrive ainsi que l'on recette, après un développement, des composantes contenant une copie de la table de référence mais non les procédures de mise à jour. Cette copie étant récente l'erreur n'apparaît pas lors de la recette mais pendant l'exploitation l'écart se creusera et la qualité des données se détériorera.

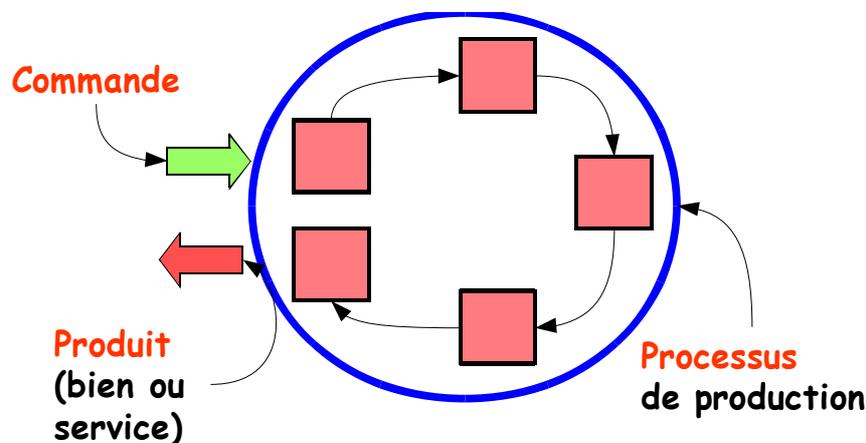
11 Boydens [4]

Ingénierie des processus

Démarche de modélisation

Pour pouvoir informatiser un processus il faut disposer d'un *langage de modélisation* qui permette à chacune des parties concernées de s'exprimer pleinement et qui fournisse à l'informatique des spécifications exactes : c'est le but d'UML¹² (*Unified Modeling Language*).

La démarche de modélisation a été standardisée par l'OMG (*Object Management Group*) avec la MDA (*Model Driven Architecture*)¹³. Elle procède par enrichissement progressif sans bousculer l'ordre des étapes¹⁴ : il ne faut pas se lancer dans la modélisation proprement dite sans disposer de l'expression de besoin, ni documenter les cas d'utilisation avant d'avoir produit le diagramme d'activité etc. Chaque étape aboutit à une livraison qui doit être validée par les parties prenantes pour éviter un effet de tunnel dans la modélisation¹⁵, et cette validation conditionne le passage à l'étape suivante.



Il faut associer plusieurs techniques informelles et formelles pour saisir les diverses facettes du problème sans le dénaturer, puis pour le détailler dans un modèle que l'on pourra ensuite préciser et modifier. Cela permet de s'adresser à des interlocuteurs ayant des intuitions de forme différente.

Il se peut que l'on découvre lors d'une étape des contraintes qui obligent à réviser le résultat des étapes antérieures. Si la documentation est correcte, si les outils facilitent la cohérence entre les étapes, si le modèle est modulaire, le travail nécessaire à ces révisions restera raisonnable.

Une fois *l'expression de besoin* formulée, il convient d'établir le *dictionnaire* du domaine considéré ; puis une approche systémique en fournit une vue globale. La définition des modèles conceptuels, enrichie par la prise en compte des règles de gestion, accompagne la modélisation. Enfin, les cas d'utilisation détaillent ce que le modèle doit effectuer au sein du système global.

12 Booch, Jacobson, Rumbaugh et Rumbaugh [3] ; Roques et Vallée [32].

13 Miller et Mukerji [21].

14 « L'optimisation prématurée est la racine de tous les maux » (Knuth [17]).

15 L'effet de tunnel doit être évité également dans la réalisation : si l'automatisation du processus requiert un travail lourd (et donc long) il faut définir des « livrables exploitables », produits intermédiaires que l'on pourra mettre en exploitation dans les mains des utilisateurs.

Tout comme une base de données le modèle est un être informatique que personne ne peut apercevoir dans son entier mais seulement à travers des « vues » adaptées chacune à une catégorie d'interlocuteurs et qui en révèlent un aspect particulier. Ces vues sont fournies par des *diagrammes* : nous présenterons les principaux d'entre eux.

L'expression de besoin

Il faut d'abord savoir ce que l'entreprise veut *faire*, ce qu'elle veut produire et comment elle veut le produire. L'« ingénierie des besoins » (*requirement engineering*) doit s'appuyer sur une « expression de besoin » pertinente, sobre et cohérente avec le reste de l'entreprise et du SI.

L'expression de besoin est un document court (quelques pages) en langage naturel. Ce document est crucial car tout projet se découpe en travaux parcellaires durant lesquels on risque, ayant perdu de vue le but visé, de ne plus savoir faire des arbitrages de bon sens : il sera alors utile de revenir à l'expression de besoin qui est donc une référence fondamentale pendant toute la durée du projet.

La demande n'est pas le besoin, elle n'en est qu'un symptôme. Il faut donc, pour diagnostiquer le besoin, *interpréter* ce que demandent les dirigeants et les utilisateurs. Souvent en effet leur demande spontanée n'est pas pertinente : « je veux un bouton sur l'écran pour déclencher tel traitement », « il nous faut un serveur Unix pour fidéliser les clients » etc. On doit mettre de telles demandes de côté et poser la question « que voulez-vous *faire* » ou « à quel *problème* voulez-vous répondre ? ». Cette question s'adresse aux « métiers » de l'entreprise, maîtrises d'ouvrage (MOA).

Chaque métier est un être organique et donc complexe : les agents opérationnels, *utilisateurs* du SI, sont les plus nombreux sur le terrain où ils sont encadrés par des *managers opérationnels* ; à la DG, le directeur est un *stratège* qui oriente le métier, entouré d'experts et *concepteurs* qui le conseillent et l'assistent. Cette pyramide se découpe encore, ainsi que les missions et processus du métier, en sous-directions et services que le stratège coordonne.

Chaque métier est ainsi comme une entreprise dans l'entreprise, et comme elle il fédère des spécialités mutuellement jalouses : le stratège doit arbitrer entre des services qui rivalisent pour le partage des ressources.

Il faut faire émerger de cette complexité une expression de besoin claire, résultant d'un consensus autour des priorités : la produire est une des tâches de la « maîtrise d'ouvrage déléguée ».

Beaucoup de projets souffrent de l'imprécision ou de la versatilité de l'expression de besoin ainsi que de conflits « politiques ». C'est pourquoi il faut s'assurer du consensus des dirigeants concernés ainsi que de *l'authenticité de la validation* par le stratège.

La maîtrise d'ouvrage déléguée (MOAD)

La décision comme la responsabilité appartiennent, en ce qui concerne le SI, au *dirigeant* (ou « stratège ») de l'entité considérée (DG, directeur, chef de service etc.).

Il délègue une mission d'expertise à une MOAD, personne morale placée sous son autorité et qui lui soumet, puis met en œuvre, les décisions concernant les expressions de besoin, la modélisation, le pilotage des projets, le déploiement des solutions, la formation des utilisateurs et la dissémination des bonnes pratiques.

La MOAD doit savoir parler trois langages : celui du stratège, celui de la maîtrise d'œuvre

informatique (MOE) et celui des utilisateurs, afin de les aider à communiquer et à se comprendre. Elle doit notamment être pour l'informatique un *client compétent*.
D'une entreprise à l'autre le vocabulaire varie mais quelle que soit sa dénomination la présence d'une MOAD qualifiée dans chacun des métiers conditionne la qualité du SI.
La « gouvernance » du SI culmine dans la personne du DG, assisté par une MOAD centrale qui assure en outre l'animation et la coordination des MOAD des « métiers ». L'expérience montre que l'implication personnelle du DG est condition nécessaire de la qualité d'un SI.

La rédaction d'une expression de besoin passe par plusieurs étapes :

- recueil de la demande spontanée auprès de personnes qui représentent les utilisateurs (« experts métier ») et des dirigeants ;
- classement des demandes par ordre de priorité, sélection de celles qui sont absolument nécessaires ;
- confrontation à l'état de l'art des SI et aux exigences de la cohérence ;
- recueil des avis des dirigeants, obtention d'un consensus ;
- validation par le directeur, stratège du métier.

Pour que la validation soit authentique (c'est-à-dire pour que le stratège se sente vraiment engagé par sa signature), il faut que l'expression de besoin lui présente clairement le but visé, la façon dont on envisage de l'atteindre, et explique pourquoi cette façon-là est jugée préférable à d'autres éventuellement possibles.

Le *dictionnaire* rassemble les définitions des termes relatifs au système considéré. On doit être tolérant lors du recueil de la terminologie du métier et accepter de noter les homonymes et synonymes qui coexistent dans l'organisation. La construction du modèle apportera une réduction terminologique en n'associant plus qu'un nom et un seul à une même chose ou à un même concept : l'amélioration du vocabulaire est l'un des apports de la modélisation.

Un *schéma général*, validé par les acteurs, met en évidence les structures de l'entreprise impliquées, leurs responsabilités et leur mode de coopération en utilisant la notion de « flot d'information » d'UML.

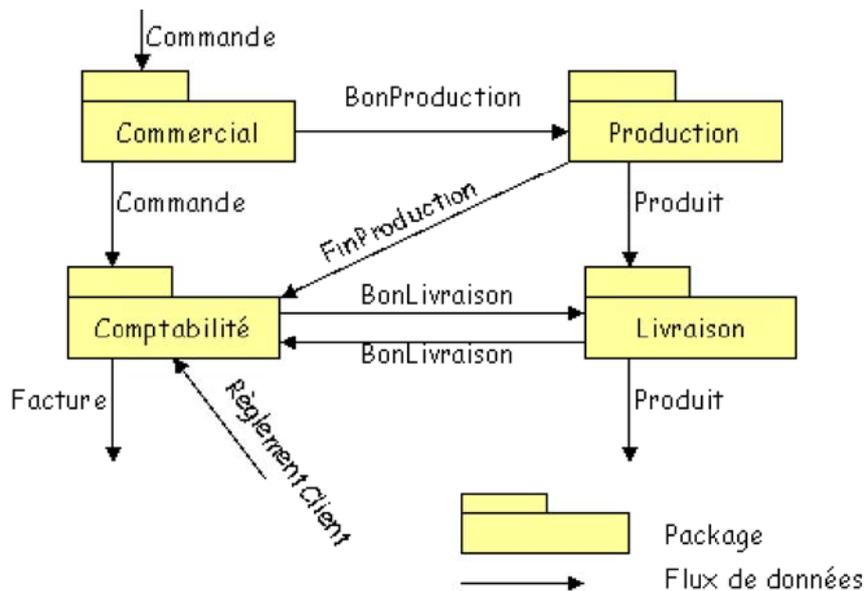


Figure 1 - Schéma général

La notion de « contrainte » dans UML permet de modéliser des règles de gestion qui autorisent, provoquent ou empêchent le déroulement d'un processus (« une direction départementale ne doit pas comporter plus de dix agences », « un client ne peut commander *via* le Web que s'il a été enregistré au préalable », « un employé marié ne doit être muté qu'en dernier recours » etc.)

Décrire un processus, c'est décrire l'événement qui le déclenche, les étapes (ou *activités*) par lesquelles il doit passer, les ressources qu'il doit consommer et l'événement final auquel il aboutit. Ces informations sont rassemblées et documentées dans le *diagramme d'activité* qui montre la succession des activités, les messages qu'elles échangent, les éventuels sous-processus et les livraisons intermédiaires que ceux-ci fournissent.

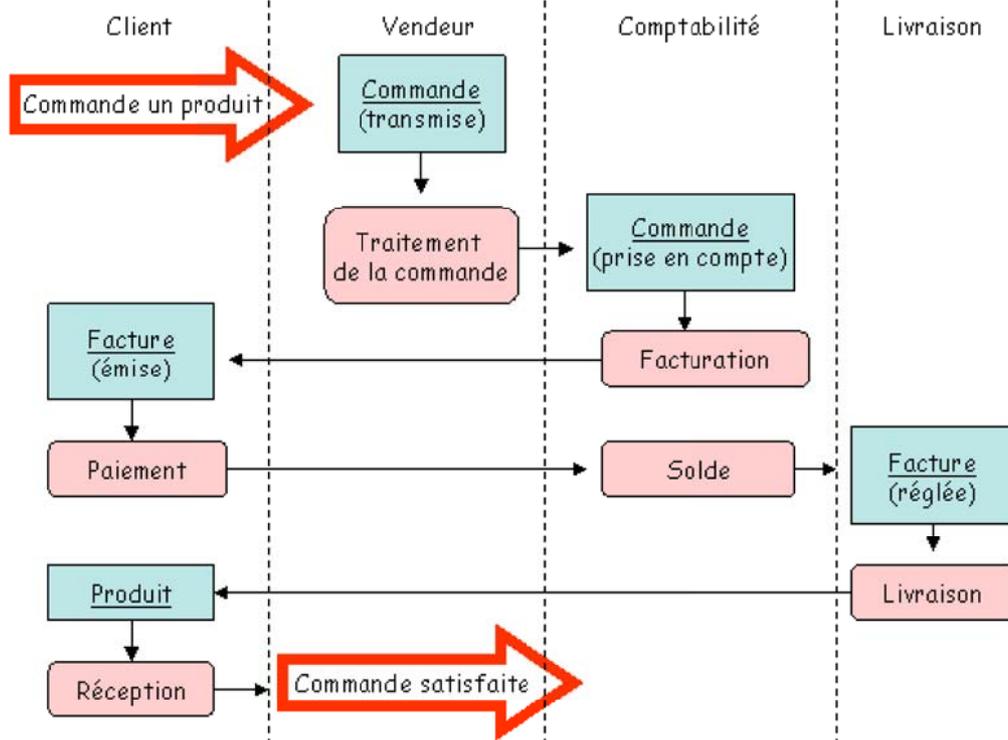


Figure 2 - Diagramme d'activité

Des diverses vues sur le modèle, le diagramme d'activité est la plus lisible et la plus facilement compréhensible pour les personnes qui ne participent pas à son élaboration mais doivent le valider.

L'étape suivante consiste à décrire les *cas d'utilisation*, chaque activité en comportant un ou plusieurs. Un cas d'utilisation regroupe des opérations que l'acteur exécute et qui forment un ensemble cohérent : recevoir des messages, consulter des données ou du texte, saisir des données ou du texte, lancer des traitements, envoyer des messages.

On a défini le cas d'utilisation lorsque (1) on l'a nommé et désigné par sa finalité au sein de l'activité, (2) on a décrit son contenu en définissant les données consultées, saisies ou traitées, la nature des traitements, les messages échangés, (3) on a identifié les composants qu'il met en œuvre au sein du système informatique.

Il arrive que des cas d'utilisation divers comportent des éléments semblables, ou qu'ils soient des cas particuliers de cas d'utilisation plus généraux : on définit alors une hiérarchie de cas d'utilisation qui, par abstraction, simplifie le modèle : c'est le *diagramme des cas d'utilisation*.

Pour valider un cas d'utilisation on présente aux utilisateurs futurs une succession d'écrans simulant l'exécution du processus.

Dans les langages à objet, chacune des populations que le SI décrit (clients, produits etc.) est une « classe » et la représentation de chacun des individus est un « objet ». Chaque objet contient les attributs qui décrivent l'individu ainsi que des fonctions (« méthodes ») qui agissent sur ces attributs, notamment les interfaces qui permettent de les tenir à jour.

Le *diagramme de classe* indique les relations entre classes : l'emboîtement conceptuel des classes filles dans les classes mères est nommé « héritage » (les classes « particulier » et « entreprise » ont dans le diagramme ci-dessous les attributs de la classe « élément », plus d'autres qui leur sont propres), la relation organique entre deux classes est nommée « agrégation » (la classe « adresse » est agrégée à la classe « élément »).

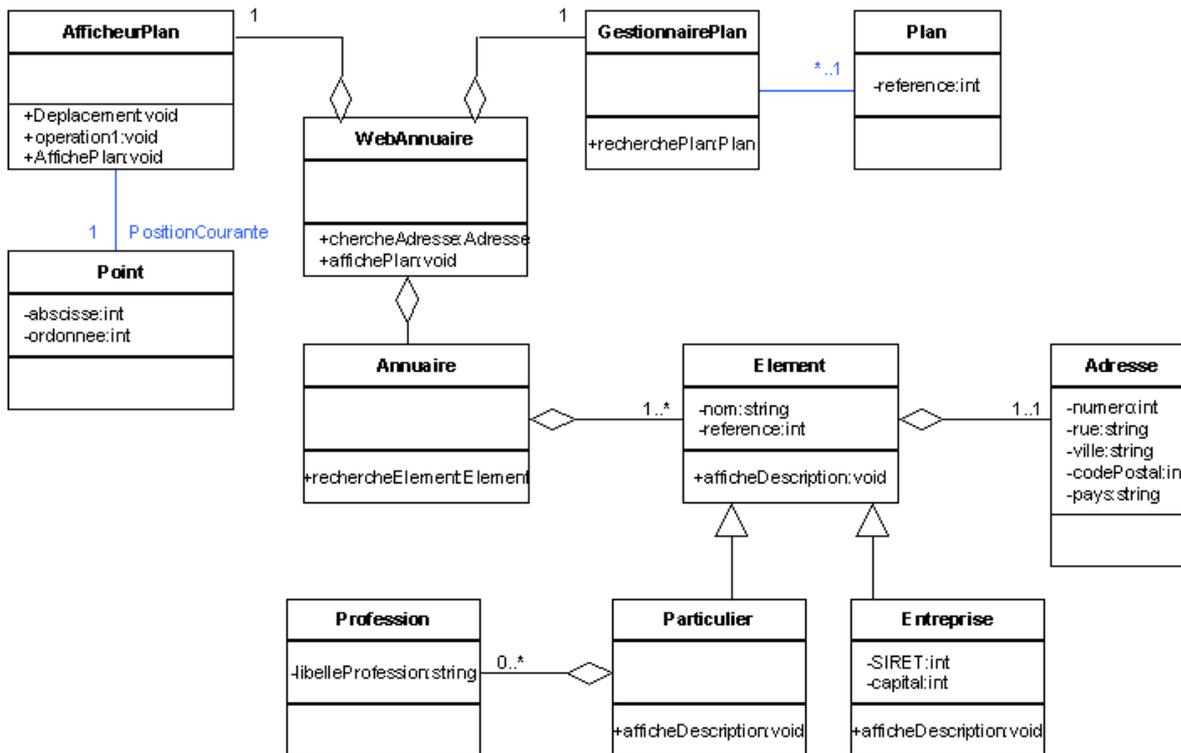


Figure 3 - Diagramme de classe

Le diagramme de classe exprime sous une forme commode pour l'informaticien la structure conceptuelle des populations que le processus considère et il est bien adapté à la programmation dans un langage à objets. Cependant ce diagramme sera, contrairement au diagramme d'activité, d'une lecture difficile pour les autres parties concernées.

Le *diagramme de séquence* représente la succession chronologique des opérations réalisées par un agent lors d'une activité : saisir une donnée, consulter une donnée, lancer un traitement ; il indique les objets que l'agent va manipuler et les opérations qui font passer d'un objet à l'autre.

Le *diagramme d'état* représente la façon dont évoluent durant le processus les objets appartenant à une même classe (« cycle de vie »). La modélisation du cycle de vie est essentielle pour représenter et mettre en forme la dynamique du système avec les pré-conditions et post-conditions vérifiant les unes qu'une activité peut commencer, les autres qu'elle est terminée.

Modélisation et évaluation du coût

L'évaluation du coût du projet progresse à mesure que sa définition se précise.

1) l'expression de besoin n'est accompagnée d'aucune évaluation ; on peut tout au plus lui associer une indication qualitative comme « petit projet », « projet moyen », « gros » ou « très gros » ;

2) si l'expression de besoins passe le cap de la sélection, une « étude préalable » est lancée. La maîtrise d'œuvre fournit une esquisse de solution et une évaluation du coût : la marge d'erreur est alors de l'ordre de 50 % par rapport au coût réel¹⁶. Quoique imprécise,

¹⁶ Si l'on estime à ce stade le coût à 10 millions d'euros, le coût final sera vraisemblablement dans la fourchette de 5 à 20 millions.

cette estimation sert à évaluer la rentabilité du projet¹⁷ (à ce stade l'évaluation des gains que l'on peut en attendre est d'ailleurs tout aussi imprécise) ;

3) si l'étude préalable est convaincante, l'entreprise lance la modélisation et celle-ci permet de resserrer l'évaluation ;

4) si l'entreprise décide de lancer le projet au vu du modèle, la maîtrise d'œuvre consulte des entreprises dont les réponses permettent de la préciser encore ;

5) il arrive enfin souvent qu'on la révise lors de la réalisation : on ne connaîtra vraiment le coût qu'à la fin du projet.

Un « modèle de coût » étalonné et condensant l'expérience des informaticiens ne supprime pas l'incertitude, mais il peut la réduire et améliorer d'autant la qualité des décisions relatives au lancement des projets¹⁸. Lorsque les décisions sont prises sur la base d'une évaluation imprécise, cette imprécision doit être considérée comme l'un des risques associés au projet.

L'informatique de communication

Outre l'informatisation des processus, le SI offre aux agents des outils qui, permettant une communication informelle, complètent utilement le formalisme des processus. Il ne s'agit plus de traiter des données, car les ordinateurs sont utilisés pour envoyer du courrier (messagerie), partager les agendas, diffuser la documentation, etc.

L'informatique de communication utilise des données structurées (dans le carnet d'adresse de la messagerie, dans les masques de saisie ou de consultation de la documentation électronique), mais elles ne représentent qu'une faible partie du volume total de l'information manipulée. Les textes envoyés par messagerie, ou consultables sur l'Internet, écrits en langage naturel, utilisent la souplesse et la puissance de communication de ce langage.

La *messagerie* permet une communication asynchrone en langage naturel. Elle comporte des pièges : l'expérience montre qu'elle est un amplificateur de l'agressivité et que de mauvais usages peuvent annuler son apport à l'entreprise.

Il est donc utile de désigner un administrateur de la messagerie, personne morale chargée de superviser le service. Il dispose d'outils qui, sans qu'il ait à ouvrir les messages, lui permettent de détecter les mauvaises pratiques et de conseiller les utilisateurs : abus des listes de diffusion, boîtes aux lettres jamais ouvertes, émission de messages trop longs, réception de messages trop nombreux etc.

La messagerie sert utilement de poisson pilote au transfert de fichiers et elle peut servir aussi de plate-forme de workflow pour des processus simples.

Les adresses des utilisateurs de la messagerie sont stockées dans un *annuaire électronique* qui peut être enrichi et contenir également le numéro de téléphone, l'adresse postale, la photographie, la description des fonctions etc. de la personne. On peut introduire dans l'annuaire assez d'informations pour alimenter le *profil* de la personne : cet annuaire jouera alors un rôle central dans le SI en facilitant la gestion des habilitations.

L'agenda électronique permet aux personnes d'organiser leur emploi du temps ; couplé à un ordinateur de poche, il remplace avantageusement l'agenda papier. Mis en réseau, il facilite l'organisation des réunions et la prise de rendez-vous par un(e) assistant(e) ou un(e) collègue.

¹⁷ Peaucelle [28].

¹⁸ Printz [29].

La *documentation électronique*, accessible aux agents sur l'Intranet de l'entreprise, remplace avantageusement la documentation sur papier : elle permet de mettre à disposition sans délai des textes à jour, elle évite les oublis de la diffusion sur papier ainsi que l'empilage de notes apportant des corrections aux versions antérieures, elle compense dans une certaine mesure l'inégalité entre les établissements de l'entreprise (directions régionales, direction générale) en ce qui concerne l'accès à l'information. Le moteur de recherche aide à trouver facilement la réponse à une question, les liens hypertexte permettent de relier entre eux les documents concernant des thèmes voisins.

La *dissémination sélective* vise à fournir à chacun la documentation dont il a besoin et uniquement celle-là. L'une des solutions les moins coûteuses consiste, partant d'une démarche de *marketing interne* qui permet de classer les agents selon leurs besoins, à diffuser des *newsletters* qui contiennent des liens hypertexte vers les documents dont la consultation est utile et leur associent un bref commentaire : elles font ainsi connaître les nouveautés de la documentation, en publient des revues thématiques etc.

Lorsque plusieurs personnes concourent à la production d'un même document la gestion des versions successives est toujours délicate : il faut éviter la collision entre des corrections portant sur un même paragraphe (« concurrence »), l'incohérence que provoquent des révisions mal coordonnées, les ruptures de ton et de forme résultant de la diversité des rédacteurs. Des outils de *rédaction coopérative* aident à surmonter ces difficultés.

Le *forum* permet aux agents de poser des questions à la cantonade lorsque la documentation est incomplète ou ambiguë, et aux experts d'apporter des réponses qui entoureront la documentation d'un halo de commentaires. Un forum doit être *animé* : l'animateur purge les messages obsolètes ou non pertinents en regard du thème du forum, introduit dans le corps de la documentation le contenu des messages importants et sollicite les experts pour que toute question reçoive une réponse dans un délai décent.

Pour réaliser une *enquête* interne à l'entreprise (par exemple une enquête de satisfaction sur les apports du SI à l'activité professionnelle), on peut construire un échantillon par tri dans l'annuaire puis envoyer aux personnes enquêtées un message contenant un lien vers le formulaire stocké sur un serveur Web. On peut ensuite programmer des relances vers celles qui n'ont pas répondu. Des programmes produiront automatiquement les tris à plats, tris croisés et représentations graphiques qui facilitent l'interprétation des résultats de l'enquête.

Les cadres, les commerciaux en déplacement chez les clients ou les partenaires veulent pouvoir *accéder depuis l'extérieur* au SI de l'entreprise. Cela pose d'évidentes questions de sécurité auxquelles on peut répondre par un contrôle du mot de passe et par une gestion stricte des habilitations.

Des *plateaux téléphoniques* sont utilisés pour la communication interne (notamment le dépannage des utilisateurs du SI) et ils sont aussi une composante importante de la relation transcanal avec les clients. La pertinence de l'interface fournie aux opérateurs du plateau téléphonique est l'un des enjeux importants du SI. Beaucoup d'entreprises croient faire une économie en externalisant les plateaux téléphoniques. Elles perdent ainsi les informations et l'expérience précieuses que l'on y acquiert. Dans les entreprises efficaces, un directeur ne pense pas déchoir en passant quelques jours au plateau téléphonique et en coiffant le micro-casque pour répondre lui-même aux clients et aux utilisateurs du SI.

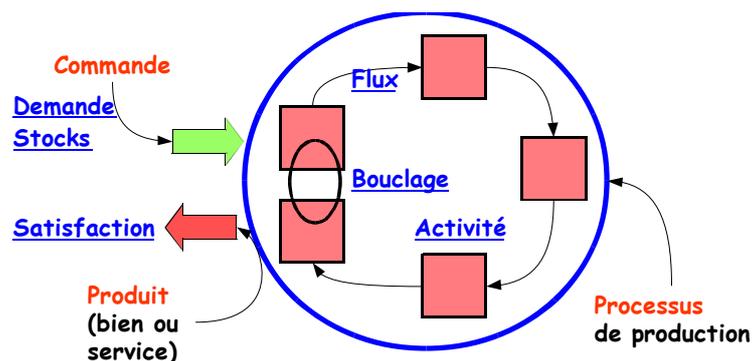
Le contrôle

Il ne suffit pas d'avoir un bon SI : il faut aussi qu'il soit convenablement utilisé. Il faut donc

former les utilisateurs lorsqu'on déploie une nouvelle composante du SI (lorsque les effectifs sont importants, la formation suppose une logistique complexe) puis leur fournir des outils de documentation et d'auto-apprentissage.

Il faut encore, par la suite, observer la façon dont le SI est utilisé. Les indicateurs que fournissent les processus seront rassemblés dans des tableaux de bord quotidiens qui servent au manager opérationnel de chaque entité locale pour contrôler la qualité du travail et la bonne utilisation des ressources¹⁹.

Il est utile d'observer ce qui se passe entre l'agent opérationnel et son poste de travail : des inspections sur le terrain permettent de détecter des pratiques ingénieuses, qu'il convient de généraliser, et aussi de mauvaises pratiques qu'il faudra redresser en introduisant des compléments et corrections dans la formation et la documentation²⁰.



Enfin, il faut réaliser une enquête périodique sur l'utilité du SI pour la pratique professionnelle en s'appuyant sur la nomenclature des cas d'utilisation et en demandant aux utilisateurs d'évaluer l'aide que le SI leur apporte. Cette enquête permet de repérer et de corriger des défauts dont les concepteurs du SI ne s'étaient pas avisés.

Beaucoup d'entreprises négligent les inspections sur le terrain et au lieu d'une enquête sur la satisfaction des utilisateurs elles se satisfont d'indicateurs toujours proches de 99,8 % sur la disponibilité des unités centrales, ou encore de données sur les pannes de service qui, quoique plus proches du terrain, ne renseignent pas vraiment sur la qualité du SI : celle-ci ne peut être évaluée qu'en examinant ce qui se passe, autour de l'interface homme-machine, dans la relation entre l'opérateur humain et l'automate.

La stratégie

On parle d'« alignement stratégique du SI » comme si la stratégie préexistait au SI mais leur relation est dialectique : si à une stratégie, orientation de l'action, correspond un SI qui permette effectivement cette action, les possibilités qu'offre le SI conditionnent en retour l'action et donc la stratégie elle-même. L'alignement doit donc être mutuel.

Stratégie et sémantique

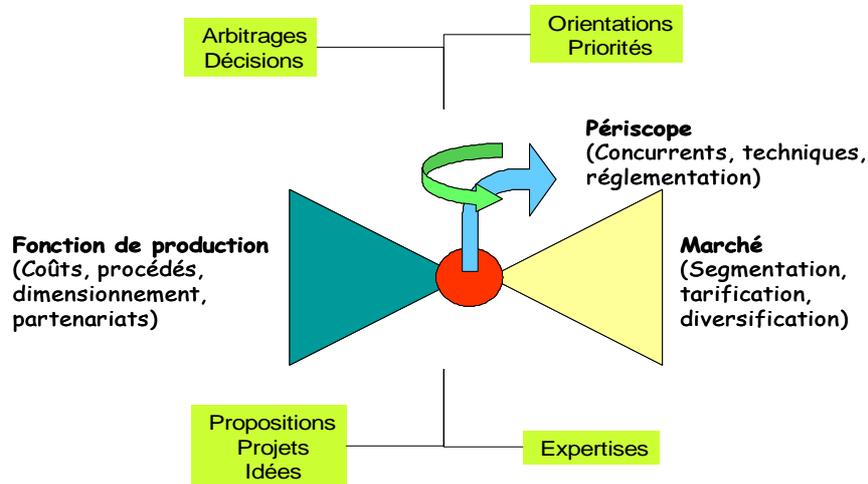
La stratégie d'une entreprise s'exprime en termes de gamme de produits, de segment de marché, de choix techniques – bref, de « positionnement ». Pour faire évoluer le positionnement ou, ce qui revient au même, pour énoncer des arbitrages et indiquer des

19 Contrairement au tableau de bord du comité de direction (cf. ci-dessous) ces tableaux de bord quotidiens sont bruts de toute correction statistique.

20 Il ne faut pas réprimander l'agent qui travaille mal ni chercher à corriger à chaud sa façon de faire car bientôt les inspections ne seraient plus possibles, les agents étant sur leurs gardes.

priorités, le seul outil du stratège est sa parole, confortée par la légitimité de sa fonction.

La relation entre la stratégie et le SI transite donc par la sémantique : l'entreprise ne peut s'engager dans la production d'un nouveau produit, dans la commercialisation sur un nouveau marché, que si ce produit, ce marché, ont été désignés à son attention en les nommant et en les introduisant dans les nomenclatures du SI. Ainsi la stratégie travaille les fondations du SI par le truchement de l'administration des données et, en retour, le SI diffuse dans toute l'entreprise le langage dans lequel elle s'exprime.



Portrait du stratège

Stratégie et processus

L'entreprise contemporaine, soumise à la contrainte de la concurrence et à l'exigence de rentabilité, tire parti de l'informatique dans sa recherche de la compétitivité et du profit : ses produits ne sont pratiquement plus jamais un bien isolé ni un service isolé, mais un *assemblage* (en anglais *package*) de biens et de services (ou seulement de services), et c'est le SI qui assure la cohésion de cet assemblage.

Ainsi par exemple le produit de l'industrie automobile est devenu un assemblage qui associe à la voiture plusieurs services : conseil avant-vente, financement du prêt, entretien périodique, alertes éventuelles, location etc.

La relation avec le client doit elle-même être « transcanal », le SI assurant sa cohérence quel que soit le média que le client emprunte (face à face, téléphone, courrier, message électronique, formulaire sur le Web etc.) et quel que soit le produit dont il s'agit. Il fournit aux agents du centre d'appel, à ceux des agences, des interfaces qui leur permettent d'assurer sans délai la continuité de cette relation.

Assemblages de biens et de services

« [On voit] apparaître de nouveaux véhicules urbains et des usages produits-services [...Michelin a depuis des années] des contrats de service au lieu de ventes de pneu, à savoir des ventes de kilomètres pour les pneumatiques poids lourds, d'heures pour les pneumatiques génie civil et d'atterrissages pour les pneumatiques destinés aux avions. »

Michel Rollier, « Ancrage territorial et croissance mondiale » in Laurent Faibiset alii, *La France et ses multinationales*, Xerfi, 2011

GE Aviation vend les réacteurs en leasing, contrôle leur fonctionnement en vol à distance et en temps réel, assure leur inspection, leur maintenance, leur mise à niveau et leurs réparations et

fournit les pièces détachées : ainsi le moteur est devenu un [service fourni aux compagnies aériennes](#).

À la complexité organique du produit répond ainsi une complexité du processus de production, et ces deux complexités sont masquées par le singulier du mot « produit ». Seul un SI fondé sur un référentiel de qualité et puissamment outillé par l'informatique permet d'assumer une telle complexité.

Considérer l'informatique comme un « mal nécessaire » ou comme un « centre de coûts » est donc une erreur, même s'il convient bien sûr d'éviter le gaspillage.

L'urbanisation

La notion d'« urbanisme du SI » a été introduite par Jacques Sassoon dans les années 90²¹ : elle permet de se représenter clairement, par analogie avec l'urbanisme d'une ville, les exigences de cohérence du SI, de partage de ressources communes par les divers processus et d'évolution dans la durée.

La démarche d'urbanisation débute par une cartographie qui fait apparaître les échanges de données entre métiers, les processus de chaque métier (et aussi les processus dits « transverses » auxquels participent plusieurs métiers), puis relie cette cartographie d'une part à l'état des référentiels, d'autre part à celui de l'informatique de communication.

À partir de ce constat on définit en fonction de la stratégie de l'entreprise la structure cible future du SI à l'échéance de quelques années (en pratique, de trois à cinq ans) ainsi que les étapes à parcourir chaque année pour atteindre cette cible. Il est utile de conjuguer cette urbanisation à celle des ressources informatiques afin de s'assurer que celles-ci pourront satisfaire les ambitions du SI.

L'entreprise se dote ainsi d'une « portée de phares » qui lui permet de placer la discussion budgétaire dans une perspective pluri-annuelle. Cette perspective doit être mise à jour chaque année pour tenir compte de l'évolution de l'entreprise, de son contexte, de sa stratégie, de l'état de l'art des SI et des techniques informatiques : le plan d'urbanisme est un plan glissant et non un plan quinquennal.

La première urbanisation du SI requiert un lourd travail d'enquête, de synthèse et de mise en forme. Sa présentation pour validation par le comité de direction, sa diffusion sur l'Intranet de l'entreprise, favorisent la prise de conscience collective des enjeux du SI et de ceux de la stratégie. Comme pour les processus, il sera utile de mettre à la disposition des agents, par exemple sur l'Intranet de l'entreprise, des animations audiovisuelles et des outils d'autoformation.

La mise à jour annuelle demande de l'ordre de 10 % du travail initial. Il arrive trop souvent que l'entreprise la néglige : après quelques années le plan d'urbanisme devient obsolète et l'apport de l'urbanisation est alors perdu.

Le tableau de bord de l'entreprise

Le [tableau de bord mensuel du comité de direction](#) est pour le SI l'équivalent du coq à la pointe d'un clocher : soutenu par l'architecture, il a pour but de faire rayonner l'information.

Sa confection présente des difficultés :

- il ne sera lu que s'il est sélectif et succinct, mais on est toujours tenté de l'enrichir ;
- il doit comporter un sommaire fixe, mais aussi une partie consacrée à des faits

21 Sassoon [33]. Voir aussi Longépé [19] et Chelli [6].

- jugés importants dans la conjoncture du moment ;
- sa confection et sa diffusion sont soumises à une contrainte de confidentialité ;
 - il doit s'interfacer avec les bases de données opérationnelles pour en extraire des données dont il corrigera les défauts (estimation des données manquantes, redressement des erreurs de codage et des biais) et qu'il classera de façon chronologique, opération techniquement complexe (*datawarehouse*) ;
 - l'expertise en statistique est nécessaire pour pouvoir présenter des données exactes, fussent-elles imprécises, et présenter convenablement les séries chronologiques : cela suppose de retraiter les données comptables²² et d'estimer les données manquantes ;
 - il doit s'alimenter aussi en données externes, parfois difficiles à acquérir (évaluation de la part de marché, veille concurrentielle) ;
 - il faut une expertise en économie et en économétrie pour préparer les commentaires qui faciliteront l'interprétation des séries.

L'expertise en statistique et en économie est rare dans les entreprises et beaucoup de dirigeants ont de mauvaises habitudes : confiance excessive dans la comptabilité, lecture erronée des séries chronologiques²³ etc.

Le tableau de bord du stratège

« Chaque ministère présentait les chiffres et les données à sa façon. Le ministère de l'Armement et le Board of Trade employaient pour une même chose deux langages différents. Cela pouvait entraîner des malentendus et une perte de temps chaque fois qu'une question venait en discussion au Cabinet [de guerre]. [...] Une des premières décisions que je pris en entrant dans le Cabinet fut de me constituer un service statistique personnel [composé d'une demi-douzaine de statisticiens et d'économistes sur qui l'on pouvait compter pour ne s'occuper que des réalités. [Ils me fournirent] constamment des tableaux et des diagrammes qui illustraient l'ensemble des événements de guerre. Avec une inlassable obstination, ils examinèrent et analysèrent tous les documents communiqués au Cabinet et ils menèrent également les enquêtes que je tenais à faire personnellement [...] Bien qu'elles fussent partielles au début, ces informations m'aiderent puissamment à me faire une idée exacte et intelligible des innombrables faits et chiffres qui se déversaient sur nous. »

(Winston Churchill, Mémoires de guerre 1919-1941, Tallandier 2009, p. 192-193)

La confection du tableau de bord du comité de direction est donc délicate à tous égards. Lorsqu'elle réussit, elle épargne à ce comité de longues perplexités et disputes sur l'interprétation de données disparates et lui procure une vue commune sur les données essentielles : l'expérience montre que cela facilite l'émergence d'un consensus et la rapidité de la décision.

L'apport d'un bon tableau de bord à la stratégie ne saurait donc être sous-estimé. Il est cependant soumis à la même contradiction que le SI lui-même : s'il est réussi, son utilisation sera simple et même évidente, alors on pourra croire qu'il a été facile de

22 Les conventions de la comptabilité ont une finalité fiscale et non économique, notamment pour le classement des dépenses entre investissement et exploitation. Le « principe de prudence » introduit par ailleurs un biais dans les estimations.

23 La comparaison du chiffre d'affaires à celui du mois correspondant de l'année précédente, pratique fréquente, mélange deux conjonctures de façon inextricable et n'apporte donc aucune information utilisable.

l'établir...

L'ingénierie d'affaire

La plupart des produits, devenus des assemblages complexes de biens et de services, sont élaborés par des *partenariats*. Ceux-ci ont l'avantage de permettre un partage des risques – et les risques sont élevés lorsque le produit est complexe et que sa mise au point nécessite un investissement important.

Le montage d'un partenariat suppose une *ingénierie d'affaire (business engineering)* qui s'appuie sur le SI : comme le processus de production traverse la frontière des entreprises, leurs SI doivent être *interopérables* c'est-à-dire capables de partager les données nécessaires au processus. Cela suppose une mise à niveau de la partie concernée des référentiels.

Le contrat de partenariat explicite le partage des dépenses, des recettes et des responsabilités. Afin d'éviter que chacun ne soupçonne l'autre de commettre des abus, il importe que les données relatives à la mise en œuvre de ce partage soient transparentes pour tous les partenaires concernés.

La répartition des recettes et des dépenses entre les partenaires sera assurée par une *intermédiation*, composante financière du SI qui automatise le traitement des effets de commerce et les virements.

Les méthodes

Les méthodes²⁴ nécessaires au SI ont fait l'objet d'un travail de formalisation et normalisation auquel de nombreux experts ont contribué.

Leurs auteurs mettent tous en garde : ces méthodes n'étant qu'indicatives, il ne convient pas de les suivre à la lettre. Cependant des chefs de projet, des DSI, des entreprises souhaitent acquérir des « certifications » qui, pensent-ils, garantiront leur efficacité, les favoriseront dans la compétition et, éventuellement, leur procureront un alibi en cas d'échec.

L'usage défensif des méthodes incite à un formalisme stérile : des contrats se substituent à la coopération et à l'animation, des documents inutiles s'accumulent, les procédures dévorent un temps précieux.

Pour accomplir l'une des tâches que réclame le SI (urbanisation, modélisation, conduite de projet etc.) le bon usage requiert de chercher d'abord une solution de bon sens pour définir une première version de la démarche. Une fois ce travail effectué, il faut se tourner vers les méthodes pour s'assurer que l'on n'a rien négligé d'important, corriger la solution et modifier la démarche : les méthodes jouent alors le rôle utile d'un garde-fou.

Voici quelques-unes des méthodes les plus connues :

- PMBOK²⁵ est une méthode de conduite de projet ;
- CMMI²⁶ est une méthode pour qualifier l'entreprise en conduite de projet ;
- COBIT²⁷ traite de la « gouvernance » du SI, c'est-à-dire des formes d'organisation et

24 Le vocabulaire de la profession est emphatique et impropre : elle dit volontiers « méthodologie » pour méthode, « problématique » pour problème, « technologie » pour technique etc.

25 Project Management Institute [30].

26 Software Engineering Institute [38].

27 Information System Audit and Control Association (ISACA) [16].

procédés qui permettent à l'entreprise d'assurer la pertinence du SI et son efficacité ;

- ITIL²⁸ considère la mise en œuvre du SI et la qualité du service rendu à l'utilisateur.

Les méthodes énumèrent les choses à faire mais n'indiquent pas *comment* les faire. Elles proposent par exemple une liste de documents à établir mais il ne suffit pas qu'un document existe, il faut encore que ceux qui le consultent puissent l'interpréter sans un gros effort de déchiffrement. On voit trop souvent des documentations formellement conformes à la méthode mais pratiquement illisibles, et dont la seule utilité est donc de pouvoir prétendre que l'on a « suivi la méthode ».

Le SI et le système informatique

Le SI organise la coopération de l'automate et du travail humain. La physique de l'automate, qui réside tout entière dans le *système informatique*, s'exprime en termes de mémoires, processeurs, logiciels et réseaux.

La définition et la maîtrise du système informatique relève de techniques spécifiques, différentes de celles qui concernent le SI et que nous venons de décrire. La conception d'un SI ne peut cependant pas les ignorer : ses exigences doivent être formulées en des termes que l'informatique puisse prendre en considération.

À la volumétrie des données et aux exigences de performance (délai de traitement et d'affichage) répond le dimensionnement des ressources (taille des bases de données, puissance des moniteurs transactionnels et processeurs, débit des réseaux). À la complexité des traitements répond l'architecture des systèmes d'exploitation, langages de programmation, composants logiciels et algorithmes.

Des pare-feux et « zones démilitarisées » protègent les données contre la malveillance et l'indiscrétion ; des systèmes de réplication à distance (*back up*) les protègent contre les désastres d'origine naturelle (inondations, tremblement de terre etc.). La qualité des données, déjà évoquée, doit être assurée par la programmation des réplications nécessaires. Les logiciels doivent comporter les procédures de reprise automatique et de fonctionnement en régime dégradé qui aident à assurer la continuité du service en cas de défaillance de l'automate ou de rupture du réseau.

Le service doit être supervisé de bout en bout, jusqu'au poste de travail des utilisateurs (et non pas seulement au niveau des unités centrales) : les superviseurs doivent disposer d'outils d'observation et d'intervention en cas d'incident, les utilisateurs doivent pouvoir être informés et dépannés sans délai : un contrat de qualité de service (*service level agreement*) précise les devoirs de la DSI.

Le dimensionnement et l'architecture ont un coût d'acquisition, de maintenance et de fonctionnement qu'il faut comparer aux avantages que procure le SI : cela conduira parfois à réviser les expressions de besoin.

L'entreprise doit enfin trouver les points d'équilibre entre plusieurs politiques opposées : s'il convient d'acheter certains logiciels sur le marché, il existe des besoins qui réclament un développement spécifique ; la DSI doit posséder en propre certaines compétences et acheter à des SSII ou des consultants celles qu'elle ne pourrait pas rentabiliser ; certaines ressources physiques – mémoire, puissance, réseau, outils logiciels – doivent être possédées et gérées en propre par la DSI, d'autres doivent être externalisées.

Ces choix sont d'autant plus délicats que l'évolution des techniques déplace la frontière du possible et transforme continuellement l'offre des fournisseurs : lorsque le téléphone

28 United Kingdom's Office of Government Commerce [39].

mobile, par exemple, devient un ordinateur doté d'un GPS et d'un accès permanent à la ressource informatique, lorsque l'Internet des objets se déploie avec les puces RFID, de nouveaux besoins s'expriment pour exploiter les possibilités ainsi ouvertes et la DSI doit leur répondre. Cela suppose un investissement lourd et une adaptation difficile des méthodes de travail.

Tout cela relève de la responsabilité propre du DSI. Il n'appartient pas aux autres métiers de s'en mêler mais il faut qu'ils soient conscients des difficultés que comporte l'informatique, qu'ils sachent écouter et respecter l'informaticien comme il le mérite.

La réussite du SI nécessite une prouesse technique. Mais comme un SI réussi paraît à l'utilisateur commode, simple et facile, celui-ci supposera souvent que sa réalisation a elle-même été simple et facile. L'entreprise doit tout faire pour éviter ces situations où l'informaticien croira nécessaire, pour faire respecter sa technique, de compliquer la vie de l'utilisateur.

Chapitre III

La société informatisée²⁹

Résumé

La France, comme les autres grands pays avancés, subit une crise provoquée par la transformation de son système productif. L'informatisation fait en effet émerger depuis le milieu des années 1970 un « système technique contemporain » (STC) fondé sur la synergie de la microélectronique, du logiciel et du réseau. Les pays avancés, qui s'appuyaient naguère sur la synergie entre la mécanique, la chimie et l'énergie, sont en cours de transition vers ce nouveau système technique.

Comme ils ne s'y sont pas encore adaptés, leur économie est en déséquilibre, d'où une perte massive d'efficacité et des « crises » récurrentes. Cependant les pays émergents ont pu, grâce au faible coût de leur main d'œuvre, redynamiser des techniques qui étaient devenues obsolètes dans les pays avancés et devenir compétitifs.

Tandis que les systèmes d'information et la baisse des coûts logistiques ont permis aux entreprises multinationales de tirer parti de cette situation, des failles de sécurité dans les réseaux informatiques ont ouvert des opportunités aux prédateurs.

Pour retrouver sa place dans la création mondiale de richesse et renouer avec l'efficacité, la France doit tout faire pour limiter la durée de la transition vers le système technique contemporain. Accélérer et maîtriser l'informatisation, contenir la prédation, sont aujourd'hui des impératifs pour l'État comme pour les grandes entreprises.

* *

Tandis qu'*informatisation* passe pour « ringard » en raison de ses connotations techniques, *numérisation* est à la mode. Pourtant le codage en 0 et 1 est tout ce qu'il y a de plus technique ! L'étymologie de ce terme convient donc mal pour désigner tout ce qui se déploie avec l'Internet à haut débit, la transformation du téléphone mobile en ordinateur géolocalisé, les puces RFID³⁰ ou NFC³¹ des objets communicants, l'organisation des processus de production autour d'un système d'information etc.

Résistant à la mode, nous utiliserons ici *informatisation* pour désigner, outre la technique informatique, la diversité des couches *anthropologiques* que celle-ci met en mouvement : psychologie, organisation, sociologie, économie, philosophie etc.

* *

Pour évaluer les enjeux actuels il est utile de se remémorer un autre grand changement de système technique : celui qui s'est amorcé en Grande-Bretagne au XVIII^e siècle et que désigne le mot « industrialisation ».

Un système productif jusqu'alors dominé par l'agriculture et l'artisanat s'est alors transformé en s'appuyant au plan technique sur la synergie entre la mécanique, la chimie et l'énergie et, au plan de l'organisation, sur l'alliage de la « main d'œuvre » et de la machine. Cette transformation, d'abord lente et pénible (Peaucelle [27]), a placé la Grande-Bretagne au premier rang des nations : Napoléon avait perçu l'importance de l'enjeu et ambitionnait d'industrialiser l'Europe continentale³².

29 Cette partie du cours reprend l'article « Maîtriser l'informatisation pour renforcer la compétitivité de la France » in Laurent Faibis et alii, *La France et ses multinationales*, Xerfi 2011.

30 *Radio Frequency Identification*

31 *Near Field Communication*

32 « Le système continental est dans l'intérêt général de tout le continent. Voulant créer une

Cette transformation du système productif a nécessité, puis suscité une révolution de la société : la bourgeoisie s'est emparée du pouvoir politique, la classe ouvrière s'est développée, les villes se sont agrandies, des systèmes éducatif et sanitaire ont été mis en place, les armées enfin ont reçu les armes puissantes qui leur ont permis, avec l'impérialisme et le colonialisme, de conquérir le reste du monde pour garantir les débouchés et les approvisionnements de l'industrie. Ainsi la Chine, qui avait été au XVII^e siècle la plus prospère des nations mais refusa ensuite l'industrialisation, devint au XIX^e siècle une proie pour les pays industrialisés.

* *

L'informatisation fait émerger depuis le milieu des années 1970 un « système technique contemporain » (STC, Gille [12]) qui s'appuie sur la synergie de la microélectronique, du logiciel et du réseau (Volle [41]). Tout comme l'industrialisation en son temps, elle bouscule l'ordre géopolitique en modifiant la puissance relative des nations (Nora et Minc [25]).

Il nous est difficile de comprendre cette émergence : elle est naturellement masquée par la continuité de la vie quotidienne et, en outre, elle émet deux images qui répugnent également au raisonnement : celle d'une discipline étroitement technique, l'informatique ; celle de *gadgets* à la mode, iPhone et autres iPad, qu'aucun économiste ne semble pouvoir se résoudre à prendre au sérieux.

Cette difficulté a peut-être aussi une autre raison, plus radicale : la création de la théorie économique par Adam Smith en 1776 est corrélative de l'industrialisation et celle-ci lui a fourni ses principes. Pour rendre compte de l'informatisation il faudra mettre ces principes à plat et les reformuler, opération d'autant plus lourde qu'elle concerne aussi l'appareil statistique et la comptabilité nationale qui se sont progressivement et péniblement construits autour de cette théorie.

C'est pourquoi la plupart des économistes, à la fois méprisants et intimidés, ne produisent que des études partielles et non le modèle d'ensemble qui ferait apparaître le jeu solidaire des organes de l'économie contemporaine : n'en explorant que certaines conséquences (numérisation, mondialisation, financiarisation, crises financière et monétaire etc.), ils préfèrent ignorer le ressort qui les explique.

Ce ressort, nous allons tenter de le montrer en esquissant un schéma de l'économie du STC. Nous verrons ensuite comment il se déploie au plan de la géopolitique.

Modéliser l'informatisation

Le modèle économique le plus général (Debreu [9]) décrit comment se rencontrent, dans une société, des agents possédant chacun trois caractéristiques : fonction d'utilité, fonction de production, dotation initiale. Quand une production jugée socialement nécessaire ou opportune dépasse les capacités d'un individu, une *entreprise* est créée, dont la fonction de production et la fonction de coût résultent de l'organisation du travail de plusieurs agents.

La fonction de coût dépend des techniques disponibles : un changement de système technique la transforme donc, ainsi que l'organisation de la production, la définition des produits, les conditions de la concurrence, enfin l'équilibre économique lui-même.

industrie qui l'affranchît de celle de l'Angleterre et qui fût, par conséquent, sa rivale, je n'ai pas eu le choix des moyens. Je peux déjà citer, à l'appui de ce que je dis, l'état florissant de l'industrie non seulement dans l'ancienne France, mais aussi en Allemagne, quoique l'on n'ait pas cessé de faire la guerre » (Caulaincourt [7], vol. 2, p, 215).

L'informatisation favorise l'automatisation de la production et donc une baisse du coût marginal qui, à la limite, devient pratiquement négligeable. Le coût de production se réduisant alors à un coût fixe de conception et d'investissement, le seul facteur significatif de production est le capital fixe. Pour équilibrer le coût fixe, chaque entreprise doit viser le marché le plus large possible : dans cette économie la mondialisation est endogène, d'autant plus que l'informatisation de la logistique a rendu négligeable le coût du transport des biens non pondéreux et que l'ubiquité que procure le réseau a unifié le marché mondial.

Le rendement d'échelle étant croissant l'équilibre de chaque secteur s'établit soit sous le régime du monopole, soit sous celui de la [concurrence monopolistique](#). Ce dernier s'impose pour les produits susceptibles d'une diversification en variétés correspondant chacune à un segment de clientèle – donc, en fait, pour la majorité des produits. Il est d'ailleurs ni plus ni moins stable que l'équilibre de concurrence parfaite ou de monopole, régimes canoniques du système technique antérieur, et comme eux il sera épisodiquement bousculé par l'innovation.

La recherche de la qualité, conjuguée aux possibilités qu'offre l'informatique, incite les entreprises à développer la composante « services³³ » de leurs produits (Debonneuil [8]) : tous les produits deviennent ainsi des assemblages de biens et de services, ou de services seulement. Le coût marginal des services est lui aussi négligeable en dessous d'un seuil, le *dimensionnement*, au-delà duquel il devient pratiquement infini.

La production physique, automatisée, n'emploie pratiquement plus personne : l'essentiel de l'emploi réside donc dans la conception et dans les services, la « main d'œuvre » industrielle ayant été remplacée par un « cerveau d'œuvre » informatisé. L'alliage de la main de l'ouvrier et de la machine, qui caractérisait l'industrie, fait ainsi place à l'alliage du cerveau du salarié et du système d'information.

L'économie informatisée, ultra-capitalistique, est aussi ultra-risquée car tout le coût de production est dépensé avant que l'entreprise n'ait reçu la première réponse des clients, la première riposte de la concurrence. Elle comporte donc, plus encore que l'économie mécanisée, un potentiel de violence. Le souci de limiter les risques, couplé à la complexité de l'assemblage biens – services, incite les entreprises à s'associer à des partenaires pour produire : c'est le système d'information qui assure et la cohésion de l'assemblage, et l'interopérabilité du partenariat.

La violence endémique de cette économie se manifeste aussi par diverses formes de prédation qui, toutes, consistent en une réallocation de la dotation initiale par la force (Volle [43]). La théorie économique, focalisée depuis son origine sur l'échange équilibré, peine cependant à rendre compte de ce phénomène.

Enfin la fonction d'utilité, marquée par le souvenir des époques de pénurie, avait naguère pour seul argument la quantité consommée. Elle prend désormais pour argument la diversité qualitative des produits accessibles au consommateur.

Écarts au modèle

Ainsi tous les fondamentaux du raisonnement – fonction de production, fonction d'utilité, dotation initiale – sont transformés ainsi que le régime de l'équilibre économique lui-même. Mais le schéma que nous venons de décrire est celui d'une économie mature : or

33Un *service* consiste en la mise à disposition *temporaire* d'un bien, d'une capacité intellectuelle, d'un savoir-faire technique, ou d'une combinaison de plusieurs de ces éléments (Demotes-Mainard [10]).

les pays riches, naguère purement industriels, sont en cours de migration vers le STC. Le changement ne pouvant être que progressif, leur économie n'est pas parvenue à l'équilibre.

Rappelons que l'industrialisation n'a pas supprimé l'agriculture mais que celle-ci, en s'industrialisant, a réalisé un important gain de productivité : 3 % de la population active suffisent aujourd'hui pour nourrir les pays avancés alors qu'il en fallait 66 % sous l'ancien régime. De même l'informatisation ne supprime pas la production mécanique et chimique des biens : l'industrie, s'informatisant et s'automatisant, gagne en productivité comme le fit naguère l'agriculture. Il se peut toutefois que ce gain échappe encore à la mesure statistique et comptable qui peine à prendre en considération l'« effet qualité ».

Les possibilités qu'apporte l'informatique et l'aiguillon de la concurrence ont suscité dans certains secteurs – notamment la finance et l'assurance – une course à l'innovation qui, pour mieux profiter de ces possibilités, a voulu ignorer les risques qui les accompagnent. La supervision des automates a donc été négligée comme celle des opérateurs humains, dont l'intellect ne pouvait d'ailleurs plus maîtriser les effets d'un empilage complexe d'outils mathématiques et informatiques. Le risque de crises à répétition était dès lors d'autant plus élevé que l'informatisation, unifiant le marché mondial, procurait une illusion de sécurité.

Pour les entreprises, l'informatisation se révèle aussi pénible que ne l'a été la mécanisation à ses débuts. Tandis que l'exploitation des possibilités rencontre le poids des habitudes et les intérêts des corporations, les dangers sont sous-estimés. Des préjugés freinent le développement de la composante « service » des produits. On exige du « cerveau d'œuvre » l'obéissance passive que l'industrie avait cru devoir demander à la « main d'œuvre », et cela le soumet à un *stress* qui le stérilise. Seules les entreprises animées par un stratège d'une exceptionnelle lucidité peuvent réussir leur informatisation.

Les consommateurs eux-mêmes tardent à ajuster leur comportement. La publicité les oriente vers la recherche du prix le plus bas et non vers celle du meilleur rapport qualité/prix. La réticence des entreprises devant les services entraîne d'ailleurs une montée du chômage et de l'exclusion sociale, le revenu de la classe moyenne se dégrade : autant de facteurs qui entravent l'évolution de la fonction d'utilité vers la qualité.

Ainsi l'économie des pays riches est aujourd'hui sous-efficace : ni leur production, ni leur consommation ne tirent pleinement parti des possibilités qu'offre le STC.

Dimension géopolitique

Ce déséquilibre provoque un changement de la puissance relative des nations et bouleverse l'ordre géopolitique qui, aux XIX^e et XX^e siècles, s'est fondé sur l'industrialisation.

La délocalisation des équipements et du travail vers des pays pauvres, où les salaires sont bas et la population dure au travail, procure à des techniques obsolètes un regain de rentabilité et un surcroît de durée de vie qui, retardant leur éviction complète, freine d'autant l'informatisation. Elle amorce, dans ces pays, un rattrapage économique qui suscite une croissance très rapide de leur PIB.

Cette dynamique les incite à mettre en exploitation des ressources cérébrales naguère sous-utilisées pour se tailler une position dans le STC : ils créent à cette fin des universités au recrutement sélectif et des centres de recherche, ils forment des spécialistes de l'informatique, des nano-technologies et biotechnologies et, tout en équipant à marche forcée leurs institutions et leur territoire en accès à haut débit et

applications, ils se positionnent sur les techniques les plus récentes : [cloud computing](#), *Green IT*, Internet des objets, *eBook*, ordinateur mobile, téléservices (télétravail, télémédecine, télé-enseignement etc.).

Ainsi s'amorce une évolution que l'on peut schématiser ainsi : les pays riches, héritiers de l'industrie et concepteurs de l'informatique, peineront à tirer parti de celle-ci en raison du poids de leurs habitudes et de leurs institutions. Les pays pauvres, qui s'étaient peu ou pas industrialisés et qui désirent prendre une revanche historique, dépasseraient en puissance les anciens pays riches et les supplanteraient.

Ce schéma-là doit lui aussi être amendé et complété. Les pays pauvres ne sont pas tous également aptes à accueillir les industries anciennes puis à s'emparer du STC : ceux qui sont de culture traditionnelle orale, ou soumis à un régime féodal, ne remplissent pas les conditions culturelles et politiques nécessaires.

On distingue donc parmi les pays pauvres ceux qui remplissent ces conditions : on les qualifie d'« émergents » et on désigne les plus importants d'entre eux par l'acronyme BRIC (Brésil, Russie, Inde, Chine). La situation de chacun de ces pays est spécifique ainsi que la liste de ses atouts et handicaps : la Russie, par exemple, possède des ressources physiques et intellectuelles immenses mais elle est entravée par une prédation de grande ampleur.

Dans leur transition vers le statut de pays riche, ou plus exactement « nouveau riche », les pays émergents rencontrent d'ailleurs eux aussi un déséquilibre. Leur structure sociale est mise sous une tension extrême par la montée des inégalités qui accompagne la croissance : alors qu'une partie de leur population urbaine accède au niveau de vie des classes les plus favorisées des pays avancés la population rurale reste misérable et, en Chine notamment, opprimée par la fiscalité locale (Bianco [2]). Leur politique agressive d'exportation suscite par ailleurs des mesures défensives de la part des autres pays.

Les anciens pays riches, entravés par les difficultés de la transition vers le STC, sont profondément démoralisés (Fackler [11], Krugman [18]) : ils connaissent tous un fort chômage, une montée de l'obésité et de la consommation de drogue, une crise du système éducatif etc. Ils n'ont cependant pas perdu tous leurs atouts : ils sont présents sur le front de taille de la recherche alors que les pays émergents s'appliquent à en copier les résultats, et comme par ailleurs la source historique de l'informatisation se trouve chez eux ils sont en principe, au moins pendant un temps, les mieux placés pour en comprendre les implications.

L'informatisation permet enfin à des criminels de rivaliser avec les États démocratiques pour imposer leur pouvoir qui est de type féodal. Le blanchiment informatisé leur a procuré dans certains pays le contrôle de secteurs entiers de l'économie « légale » et, parfois, celui du pouvoir politique lui-même (Saviano [34], Mazur [20], Verini [40]). La statistique des dernières décennies témoigne de l'enrichissement extravagant des plus riches qui, de façon paradoxale, bénéficient en outre de faveurs fiscales (Hacker et Pierson [15]). Les pays qui s'enrichissent grâce au blanchiment sont comme autant d'organes cancéreux qui émettent des métastases vers l'économie mondiale.

Cette économie est ainsi le théâtre d'une lutte entre des entrepreneurs, qui créent la richesse, et des prédateurs qui la détruisent. Cependant la théorie économique, bâtie sur l'apologie de l'échange équilibré, est mal outillée pour rendre compte de la prédation : la plupart des économistes préfèrent la supposer négligeable ou du moins anecdotique.

Ainsi l'éventail des futurs possibles est largement ouvert. Tirons cependant les leçons de l'expérience : lorsqu'on découvre dans une entreprise un système d'information bien

conçu et que l'on s'enquiert des causes de cette réussite, on reçoit toujours la même réponse : le dirigeant suprême de l'entreprise, PDG ou DG, s'est personnellement impliqué et a pesé de toute son autorité pour que soient surmontés les problèmes « politiques » que soulève toujours l'informatisation.

Il en est de même pour un pays : son informatisation ne peut être réussie que si les dirigeants politiques s'impliquent personnellement et veillent à équiper le territoire, former les compétences, informatiser les institutions publiques et les grands systèmes de la nation (santé, enseignement, justice, armée etc.), favoriser enfin les entrepreneurs et combattre les prédateurs.

C'est selon ces critères que se sélectionnent, dès aujourd'hui, les nations qui seront les plus prospères au XXI^e siècle.

Situation de la France

Qu'importe, diront certains, la situation géopolitique d'un pays ! N'est-il pas normal que l'histoire, faisant se succéder les systèmes techniques, fasse défiler des nations différentes sur le podium de la prospérité ?

Certes, on ne peut que se réjouir de voir des pays jadis pauvres faire enfin accéder leur population à un niveau de vie raisonnable. Si l'on est optimiste, on pensera qu'à terme tous les pays, donc aussi ceux qui sont aujourd'hui les plus pauvres, bénéficieront également du bien-être qu'apporte le système technique contemporain. Les réalistes observeront toutefois que l'industrialisation portait déjà la possibilité d'une telle égalisation et que celle-ci ne s'est pas réalisée.

Cependant l'enjeu n'est pas seulement économique. Chaque pays porte, outre son économie, une façon de vivre qui lui est propre : le concert des nations est une polyphonie (ou une cacophonie) de valeurs. Or un pays qui perd son indépendance économique perd aussi, dans ce concert, son droit à la parole, à l'expression de ses valeurs.

Il se trouve que la France porte, avec la structure institutionnelle héritée de son histoire et avec l'idéal d'*élitisme de masse* qu'a apporté la République, des valeurs qui méritent d'être exprimées et défendues – quoiqu'elles soient souvent dénigrées en France même – car elles sont une arme puissante contre la féodalité, la dictature et aussi la religion de l'argent.

* *

En ce qui concerne l'informatisation la France est dans une position médiane. Le blocage de la recherche pendant l'occupation allemande l'a empêchée, contrairement aux États-Unis et à la Grande Bretagne, d'être un pays pionnier en informatique. L'influence des mathématiciens du groupe Bourbaki sur le classement scientifique des disciplines a été un autre handicap (Mounier-Kuhn [22]).

Au total, et malgré quelques exceptions, la France s'est informatisée en important des méthodes et techniques américaines et donc avec le retard que comporte toute opération de seconde main. L'informatisation des institutions et des entreprises est freinée par les habitudes et procédures en place. Elle n'apparaît d'ailleurs pas, aujourd'hui encore et malgré l'émergence évidente du STC, parmi les premières priorités des politiques et leur lutte contre la prédation se limite timidement à la fraude fiscale.

Si, par hypothèse, le lecteur adhère à la description du STC esquissée plus haut, il voit clairement les exigences qui s'imposent à l'homme d'État : celui-ci doit placer l'informatisation de la nation au premier rang de ses priorités et soutenir les entrepreneurs

contre les prédateurs en combattant la délinquance informatique et, particulièrement, le blanchiment.

On voit aussi les exigences qui s'imposent aux stratèges qui, entrepreneurs véritables, se soucient d'abord de la satisfaction des clients de leur entreprise, de la qualité de ses produits et de l'efficacité de leur production. Pour eux aussi l'informatisation est une priorité ainsi que le déploiement de la composante « services » de leurs produits, l'interopérabilité et la transparence des partenariats. Un « commerce de la considération » s'impose dans leurs relations avec le « cerveau d'œuvre » des salariés, partenaires, fournisseurs et clients.

Cela implique, certes, de mettre en place un système d'information réussi – et de ne plus considérer l'informatique comme un « centre de coûts » – mais aussi de renoncer à des orientations qui ont détourné l'entreprise de sa mission : ainsi la « création de valeur pour l'actionnaire » s'est révélée, comme le dit aujourd'hui celui qui en fut le premier promoteur, « l'idée la plus bête du monde³⁴ » et il faut reconnaître que certaines rémunérations constituent, par leur montant, un détournement de patrimoine. Par ailleurs des délocalisations, externalisations ou sous-traitances – comme celles des centres d'appel ou de l'assistance aux clients – ont nui au commerce de la considération et les « économies » apparentes qu'elles procuraient se sont accompagnées de la destruction des deux composantes les plus précieuses du capital : la compétence des salariés, la confiance des clients.

L'homme d'État et l'entrepreneur doivent enfin savoir poser, dans la structure symbolique de la nation comme de l'entreprise, le levier qui leur permettra de la mouvoir : si la plateforme technique est pour l'informatisation une condition nécessaire, son plein déploiement suppose en effet qu'ait pu mûrir dans l'imaginaire collectif une représentation à la fois exacte et motivante de sa nature, de ses apports, des dangers qui les accompagnent, de l'enjeu enfin qu'elle constitue pour les individus comme pour les institutions.

En regard de ces impératifs, les thématiques du « changement », de la « rupture » et de la « réforme » semblent orphelines d'une orientation tandis que celles de l'« austérité » et de la « rigueur » soulignent le déficit de rigueur intellectuelle devant les transformations que le système technique contemporain impose à notre économie et, plus largement, à notre société.

Au « hard power » de la puissance militaire Joseph Nye a naguère opposé le « soft power » que procurent à une nation le rayonnement de sa culture et l'exemple de son mode de vie [26]. Tout, dans la situation présente, invite les hommes d'État et les dirigeants des grandes entreprises à rechercher le « smart power », le *pouvoir intelligent* que procure une informatisation enfin maîtrisée.

Bibliographie

[1] Ackoff Russel, « Management Misinformation Systems », *Management Science*, 14, 1967

[2] Bianco Lucien, « Vingt-cinq ans de réforme rurale », *Esprit*, février 2004

[3] Booch Grady, Jacobson Ivar, Rumbaugh James, Rumbaugh Jim, *The Unified Modeling Language User Guide*, Addison-Wesley, 1998

³⁴ Jack Welch, alors président de GE, a lancé en 1981 la mode de la « *shareholder value* ». Il a changé d'avis : « *Shareholder value is the dumbest idea in the world. Shareholder value is a result, not a strategy... your main constituencies are your employees, your customers and your products.* » (Guerrera [13]).

- [4] Boydens Isabelle, *Informatique, normes et temps*, Bruylant, 1999
Une étude de la base de données de la sécurité sociale belge qui illustre les difficultés pratiques de l'utilisation des bases de données.
- [5] Breton Philippe, *Une histoire de l'informatique*, La Découverte, 1987
- [6] Chelli Henri, *Urbaniser l'entreprise et son SI*, Vuibert, 2003
- [7] Caulaincourt Armand de, *Mémoires*, Plon, 1933
- [8] Debonneuil Michèle, *L'espoir économique*, Bourin, 2007
- [9] Debreu Gérard, *Theory of Value*, Wiley, 1959
- [10] Demotes-Mainard Magali, *La connaissance statistique de l'immatériel*, INSEE, 2003
- [11] Fackler Martin, « [Japan Goes from Dynamic to Disheartened](#) », *The New York Times*, 16 octobre 2010
- [12] Gille Bertrand, [Histoire des techniques](#), Gallimard, La Pléiade, 1978
Un ouvrage fondamental (mais très difficile à trouver car il n'a pas été réimprimé) qui introduit une périodisation de l'histoire fondée sur la succession des systèmes techniques.
- [13] Guerrera Francesco, « [Welch rues short-term profit 'obsession'](#) », *Financial Times*, 12 mars 2009
- [14] Guibert Bernard, Laganier Jean et Volle Michel, « [Essai sur les nomenclatures industrielles](#) », *Economie et statistique*, février 1971
Une étude qui montre que la pertinence du codage dépend de la situation historique.
- [15] Hacker Jacob et Pierson Paul, *Winner-Take-All Politics*, Simon & Schuster, 2010
- [16] Information System Audit and Control Association (ISACA), [Control Objects for Information and related Technology](#), 2007
- [17] Knuth Donald, [The Art of Computer Programming](#), Addison-Wesley, 1997
Un monumental traité d'algorithmique qui explore les problèmes mathématiques que pose l'informatique. C'est le livre de chevet des meilleurs experts.
- [18] Krugman Paul, « [America Goes Dark](#) », *The New York Times*, 8 août 2010
- [19] Longépé Christophe - *Le projet d'urbanisation du SI*. Dunod (2004).
Le meilleur manuel sur l'urbanisation.
- [20] Mazur Robert, « [Follow the Dirty Money](#) », *The New York Times*, 12 septembre 2010
- [21] Miller Joaquin et Mukerji Jishnu – *MDA Guide*. OMG(2003).
- [22] Mounier-Kuhn Pierre-Eric, [L'informatique en France](#), PUPS, 2010
- [23] Mélése Jacques - *L'analyse modulaire des systèmes de gestion*. Hommes et Techniques (1972).
- [24] von Neumann John, [The Computer and the Brain](#), Yale Nota Bene, 2000
Un petit livre fondamental dont la rédaction a été malheureusement interrompue par la mort de son auteur.
- [25] Nora Simon et Minc Alain, *L'informatisation de la société*, La documentation française, 1978
- [26] Nye Joseph, *Bound to Lead: the Changing Nature of American Power*, Basic Books, 1990

- [27] Peaucelle Jean-Louis, *Adam Smith et la division du travail*, L'Harmattan, 2007
- [28] Peaucelle Jean-Louis, *Informatique rentable et mesure des gains*, Hermès, 1997
- [29] Printz Jacques, *Coût et durée des projets informatiques*, Hermès, 2001
- [30] Project Management Institute, *Project Management Body of Knowledge Guide*, 2008
- [31] Richardson Leonard et Ruby Sam, *RESTful Web Services*, O'Reilly, 2007
- [32] Roques Pascal et Vallée Franck, *UML en action*, Eyrolles, 2003
- [33] Sassoon Jacques, *Urbanisation des systèmes d'information*, Hermès, 1998
- [34] Saviano Roberto, [Gomorra](#), Gallimard, 2007
Une exploration éclairante du monde de la prédation.
- [35] Shannon Claude E. - A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal* (juillet-octobre 1948).
- [36] Shapiro Carl et Varian Hal, *Information Rules*, Harvard Business Press, 1998
- [37] Simon Herbert, *The Sciences of the Artificial*, MIT Press, 1969
- [38] Software Engineering Institute, [Capability Maturity Model Integration \(CMMI\)](#), 2007
- [39] United Kingdom's Office of Government Commerce - *Information Technology Infrastructure Library (ITIL)*. (2007).
- [40] Verini James, « [The Great Cyberheist](#) », The New York Times, 10 novembre 2010
- [41] Volle Michel, [e-économie](#), Economica, 2000
- [42] Volle Michel, [De l'Informatique](#), Economica, 2006
- [43] Volle Michel, [Prédation et prédateurs](#), Economica, 2008

Sites Internet

Information System Audit and Control Association (ISACA), www.itgi.org.
 Object Management Group (OMG), <http://www.omg.org/>
 Project Management Institute, <http://www.pmi.org/>
 Software Engineering Institute, www.sei.cmu.edu.
 Standish Group, <http://www.standishgroup.com/>
 United Kingdom's Office of Government Commerce, www.itil.co.uk.

Normes et standards

OMG Model Driven Architecture <http://www.omg.org/mda/>
 World Wide Web Consortium <http://www.w3.org/>

Annuaire

Club informatique des grandes entreprises françaises (CIGREF) <http://www.cigref.fr>
 Club des maîtres d'ouvrage des systèmes d'information <http://www.clubmoa.asso.fr>
 Club des pilotes de processus <http://www.pilotesdeprocessus.org/>
 Club Urba-EA <http://www.urba-ea.org>

