

Analyse fonctionnelle et construction

par **Christophe GOBIN**
Coordinateur R&D
Groupe GTM Construction

1. Caractérisation	—	2
1.1 Spécification d'un bâtiment.....	—	2
1.2 Spécification d'une partie d'ouvrage	—	5
2. Conception	—	8
2.1 La conception comme capitalisation	—	8
2.2 La dynamique de conception	—	11
3. Conclusion	—	15
Pour en savoir plus		Doc. C 3 052

Pour les professionnels du bâtiment, l'analyse fonctionnelle est très souvent assimilée au seul courant architectural dit du fonctionnalisme. Il s'agissait alors, dans les années 1960, de privilégier l'usage auquel était destiné un ouvrage. Les notions de cycle de vie et d'environnement n'avaient pas l'importance actuelle. L'application de ce principe de façon un peu trop rigide a conduit au « mal des banlieues » qui se caractérise par une spécialisation des espaces et une ségrégation sociale importante.

De ce fait, tout un pan de l'analyse fonctionnelle a été occulté, alors que dans les milieux industriels, son emploi n'a cessé de se développer.

Cet article tente une synthèse des apports de cette méthode pour le BTP. L'intérêt de cette démarche est d'actualiser une méthode de travail qui apparaît comme opportune dans le contexte actuel de la construction.

En effet, face aux problèmes urbains auxquels nous sommes confrontés qui placent des solutions technologiques au second plan et nécessitent d'abord de déterminer les objectifs à remplir, tous les intervenants de la construction ressentent la nécessité de disposer d'**outils d'aide à la décision**.

Ce que certains appellent le **développement durable** constitue un contexte exigeant qui demande une refondation des méthodologies de travail collectif puisque le bâti est par essence le résultat d'interventions d'une chaîne d'acteurs.

Pour procéder de manière cumulative, la première étape est de rappeler l'axiome de l'analyse fonctionnelle qui est communément partagé par ses tenants.

« Tout objet ne se justifie que par le service qu'il rend à un utilisateur en lui permettant d'agir sur son environnement pour répondre à un besoin. »

Cet énoncé peut être représenté par la figure **A**. Sous une autre forme, on dira que : plutôt que définir l'objet par ses constituants (approche cartésienne), ce sont les résultats que l'on en attend qui le caractérisent (approche constructiviste).

En fait, l'analyse fonctionnelle consiste à **déplacer le point de vue de l'analyse**. La figure **B** représente ce changement d'attitude.

Cette formulation date des années 1980. Elle correspond à une évolution progressive du concept qui a été formulé en 1947 par Miles quand il a créé l'analyse de la valeur au sein de General Electric.

À partir de cette acception, deux familles d'applications peuvent être distinguées. La première a pour objet de **caractériser les artefacts spécifiques de la construction**. La seconde mettra en perspective la **capitalisation** qui peut en être faite dans le but d'obtenir des outils de conception.

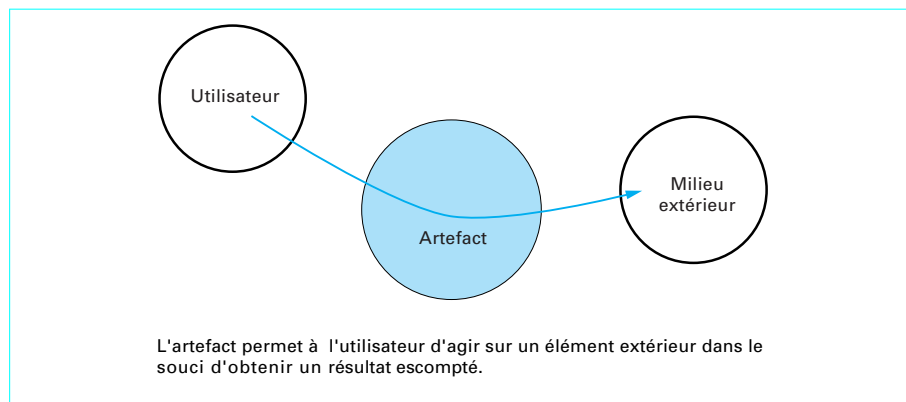


Figure A – Schématisation de l'axiome de l'analyse fonctionnelle

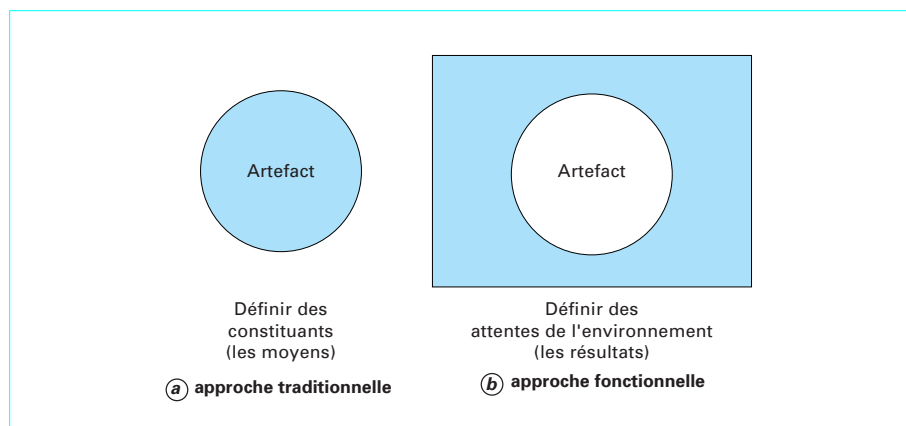


Figure B – Changer de point de vue pour changer d'attitude

1. Caractérisation

Deux contextes de caractérisation doivent être distingués compte tenu du poids des pratiques : le premier est relatif à l'**objet construit en tant que tel** (§ 1.1) — il s'agit alors du domaine de la maîtrise d'ouvrage ou de la maîtrise d'œuvre architecturale — ; le second concerne les **parties d'ouvrage** (§ 1.2) — il s'agit alors du domaine de la construction et de ses composants.

1.1 Spécification d'un bâtiment

Il est vrai que de tout temps, la prise en compte de la destination d'un bâtiment a été une préoccupation des acteurs de la filière. Toutefois, il faut aussi admettre que ce souci était limité à une caractérisation générique : résidentiel, tertiaire, équipement culturel, industriel.

Depuis quelques années, les professionnels reconnaissent, sous la pression de la demande, qu'un bâtiment ne peut pas se contenter d'être conforme aux critères d'une catégorie mais que chacune de ses utilisations est fortement corrélée à la spécificité de ses usagers, c'est-à-dire que chaque opération doit être engagée dans la perspective d'un client ciblé.

Ainsi, la vogue des « bureaux en blanc » s'est soldée par de nombreux déboires (difficulté de location, obsolescence, etc.).

En fait, la prise en compte dès l'amont des attentes des futurs utilisateurs semble désormais un impératif, et ce sur l'ensemble des marchés immobiliers européens. Progressivement, des méthodes de programmation ont été élaborées sur chacun des marchés nationaux. Néanmoins, cette prolifération des méthodes, qui traduit certes l'importance de la spécification, manifeste une certaine hésitation face à la réelle maîtrise du recueil des attentes des clients qui sont par nature variées et multiples.

L'analyse fonctionnelle offre une trame qui concilie tout à la fois une reconduction de la procédure de collecte des informations et la capacité à retranscrire la richesse des points de vue exprimés.

L'originalité de la programmation fonctionnelle réside dans la manière de considérer une construction. Il ne s'agit pas de la définir comme un objet technique mais plutôt de l'envisager comme le support nécessaire pour mener des « activités ».

Cette inversion de point de vue est essentielle. Elle place définitivement la technique comme une ressource au service d'un usage. Ce ne sont donc plus les habitudes constructives qui vont structurer la demande mais bel et bien le contraire. Reste à préciser le concept d'activité.

En considérant la finalité de la construction, l'accent est mis sur l'ensemble des comportements qui vont se dérouler au sein du bâtiment tout au long de son cycle de vie. Il serait sans doute plus approprié de parler d'agissements car ce qui est au centre des préoccupations, ce sont l'efficacité et le confort que les utilisateurs tireront du bâti pour mener à bien leurs participations aux échanges économiques de la collectivité.

Ce faisant, la construction apparaît comme élément de la logistique économique. Pour en déterminer la meilleure configuration, il s'agit d'analyser dans le détail ce qui va être le fonctionnement des utilisateurs sur une certaine période de temps. Cet inventaire des activités dont le bâti va être la scène définit « fonctionnellement » le futur objet technique et précise également la durée de vie qui est escomptée.

L'application de principes de l'analyse fonctionnelle permet d'engager le détail de cette méthodologie.

Dans le cadre de chacune de ses activités, l'utilisateur attend d'un bâtiment qu'il lui offre les meilleures conditions pour la mener à bien.

L'explicitation de ces conditions constitue les **fonctions d'usage**, c'est-à-dire les fonctionnalités indispensables pour pouvoir accomplir un certain nombre de tâches, indépendamment des éléments extérieurs qui pourraient en entraver la bonne fin. Ces éléments

sont physiques : le climat, les intempéries, l'environnement, mais aussi sociaux : les riverains, les autres, la collectivité locale ou les instances réglementaires.

Une formulation générique a été établie dans les années 1980 au cours d'un travail collectif réunissant la Fédération française du bâtiment (FFB), le cabinet APTE (Application des Techniques d'Entreprise) et GTM Construction. Sept classes ont alors été distinguées et l'énoncé en est donné dans le tableau 1.

Définir un bâtiment, c'est préciser, pour chaque activité dont il sera le support, les niveaux de performance attendus pour chacune des sept fonctions d'usage.

Il faut noter que dans cette liste ne figure pas de caractérisation économique. Cela est volontaire car la notion de coût n'a aucune existence physique mais correspond à un protocole qui se retrouve dans le choix des performances.

Toutefois, la question se pose de savoir pourquoi pour une même catégorie d'activité des ouvrages peuvent se distinguer au point de sortir de l'anonymat et de devenir des références.

La raison ne tient pas seulement à la compétence des intervenants mais doit être recherchée dans les hypothèses initiales retenues pour organiser les espaces. Certains qualifient ce choix par l'expression de « **parti architectural** ». L'adéquation constructive y concourt aussi. En effet, toute forme ne se concrétise pas naturellement. Bien au contraire, un équilibre doit s'opérer et cet état a de tout temps été qualifié d'**architectonique**.

Ainsi s'esquisse la trame des spécifications fonctionnelles. Sur le registre de chacune des fonctions d'usage, un principe doit être énoncé ; il va conduire alors à fixer des niveaux de performances.

Cependant, un ouvrage n'est pas défini pour un instant. Il est conçu pour un certain horizon de temps (cycle de vie). De ce fait, une réflexion doit être engagée sur les conditions de son exploitation et la manière de maintenir à niveau les performances dans le temps. Ce troisième volet vient ainsi parachever la structure des spécifications (tableau 2).

Tableau 1 – Fonctions d'usage

Fournir les espaces pour mener des activités	Service rendu par l'habitat qui permet à l'usager de disposer d'espaces nécessaires pour accomplir différentes actions menées soit à l'intérieur du groupe familial, soit avec des personnes extérieures.
Protéger les biens et outils ainsi que le groupe humain	Service rendu par l'habitat qui permet à l'usager de préserver (mais aussi d'utiliser) ses biens et ses outils malgré les diverses agressions climatiques, d'environnement ou d'actions volontaires d'autres personnes.
Mettre à disposition les biens et outils	Service rendu par l'habitat qui permet à l'usager d'utiliser les outils nécessités par ses activités et de profiter de ses biens.
Fournir une ambiance	Service rendu par l'habitat qui permet à l'usager d'adapter l'ambiance intérieure en fonction de l'ambiance extérieure.
Maîtriser les relations	Service rendu par l'habitat qui permet à l'usager de filtrer, d'empêcher ou de favoriser ses contacts avec les autres personnes de l'extérieur et avec les éléments naturels de son environnement.
Tirer parti du site	Service rendu par l'habitat qui permet à l'usager de vivre dans un site sans lui porter atteinte.
Fonction sémiologique	Qualité du vécu de l'habitat par l'usager. C'est donc ce qui fait la différence entre une somme aride de composants techniques et l'appropriation de l'habitat.

Tableau 2 – Structuration des spécifications d'un ouvrage

	Principe de fonctionnement	Performances d'usage	Performances d'exploitation
Caractérisation pour chaque fonction d'usage (1)	Choix d'un mode de fonctionnement	Niveau des performances et tolérances retenues	Conditions d'exploitation et de maintenance

(1) Caractérisation dupliquée pour chaque activité menée par l'utilisateur.

Tableau 3 – Cahier des charges fonctionnel de la salle de bain classique

Fonctions	Principes	Performances	Exploitation
Espaces	Espace spécialisé : hygiène	Usage par personne : 2 m ² /5 m ³ Surcharges usuelles du logement	Autonettoyante (siphon de sol)
Protection	Intégrité des personnes : — non-électrocution	Périmètre de sécurité	Garantie de la performance dans le temps
	— éviter les chutes	Sol antiglissant	
Ambiance	Thermique : confort d'hiver	23 °C par – 10 °C à l'extérieur	Consommation énergétique minimale
	Lumineuse : éclairage artificiel	150 lx	Lampe basse consommation
	Olfactif : renouvellement d'air	Conforme à la réglementation française	
Biens & outils	Douche	Bac 0,9 m × 0,9 m avec pare-douche	Diffuseur/économiseur d'eau
	Lavabo + miroir	1 vasque ECS/mitigeur 1 prise de courant	
	Sèche-serviette	1 unité murale	Label CEE
Site	Indifférent	Indifférent	Indifférent
Relations	Accès direct	Porte de largeur 0,70 m Débattement extérieur	
Sémiologie	Strictement fonctionnelle	Carrelage blanc sol et murs Un listel de couleur horizontal Plafond laqué	Gamme standard Catalogue CUIP
ECS : eau chaude sanitaire CUIP : Club des utilisateurs de produits industriels			

Tableau 4 – Cahier des charges fonctionnel de la salle de bain de relaxation

Fonctions	Principes	Performances	Exploitation
Espaces	Espace polyvalent : — hygiène — relaxation	Usage simultané pour deux personnes : 10 m ² /25 m ³ Surcharges usuelles	Entretien traditionnel
Protection	Intégrité des personnes	Périmètre de sécurité	Abonnement central d'appels
	Alarme	Interphone	
Ambiance	Thermique : confort d'été et d'hiver	23 °C par + 30 °C à – 10 °C à l'extérieur avec réglage thermostatique	Circuit de climatisation spécifique et contrat d'entretien
	Lumineux : éclairage naturel	120 lx ambiance + deux zones	
	Olfactif : renouvellement d'air	Conforme à la réglementation française	
Biens & outils	Baignoire	1,80 m + douche	Diffuseurs, sol antidérapant
	Lavabo	Deux vasques ECS, robinetterie silencieuse	Contrat d'entretien et garantie appareillage
	Maquillage	Miroir, rampe, séchoir	
	Rangement	Colonne 2,5 m × 0,6 m × 0,6 m	
	TV câble	Poste encastré	
Site	Bénéfice de l'orientation	Éclairage naturel le matin (Est)	Châssis de fenêtre fixe avec contrat d'entretien extérieur
	Vue	Accessible depuis la baignoire (plate-forme surélevée)	
Relations	Accès contrôlé	Porte de largeur 0,90 m avec condamnation Débattement intérieur	
	Contrôle des vues	Occultation motorisée et télécommandée	Contrat d'entretien
Sémiologie	Matériaux « chauds » et décoration	Sol moqueté	Réassortiment possible
		Élévation mosaïque décorative	Garantie sur la tenue des coloris
		Plafond staff	

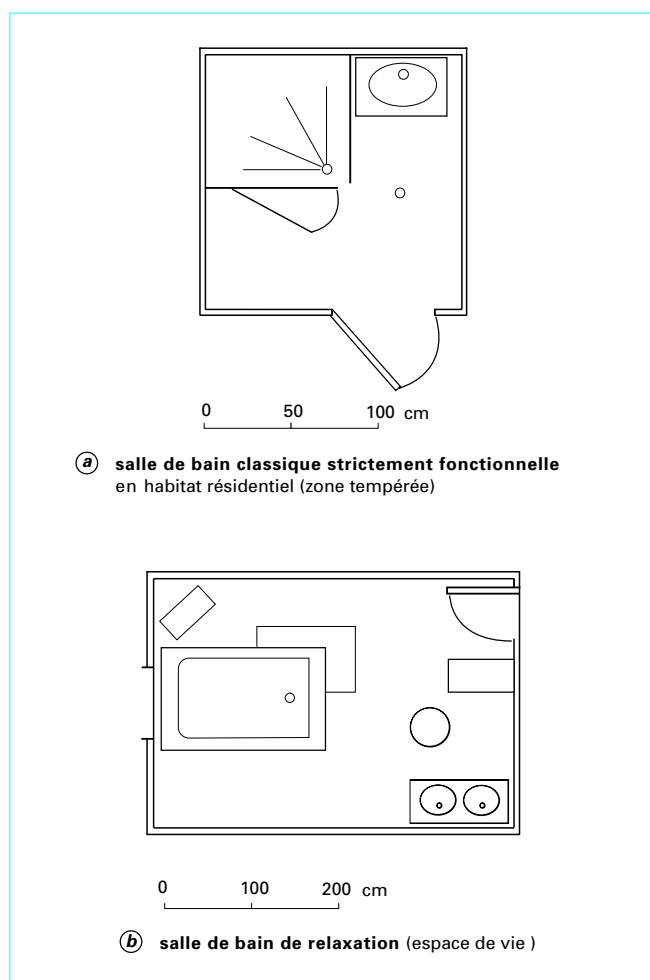


Figure 1 – Deux types de salles de bain

Pour illustrer l'utilisation de cette grille de lecture, l'exemple d'un « ouvrage » simple peut être choisi. C'est celui d'une **salle de bain** qui constitue à elle seule une image en taille réduite d'un bâtiment. Cette étude de cas montre entre autres la sensibilité de l'outil.

L'examen des deux « programmes » (figure 1), ou cahiers des charges fonctionnels (CdCF) (tableaux 3 et 4) montre que leur élaboration exige un certain nombre de prérequis.

La structuration des informations suppose d'abord d'avoir accès à ces données et ce de deux manières. Il faut collecter toutes les informations, c'est-à-dire qu'il est indispensable d'obtenir au moins une donnée relative à chacune des cases des tableaux. Il faut aussi disposer d'une information de « qualité », c'est-à-dire qu'elle doit être renseignée et correspondre à un choix désigné réel.

Mais ce travail demande ainsi une expertise. Cette dernière est elle-même complexe. Elle relève de plusieurs disciplines, ce qui en fait une pratique forcément protéiforme (sociologie, technologie, économie). Elle appelle également un savoir-faire important puisqu'il s'agit chaque fois d'enregistrer un arbitrage entre diverses alternatives.

En fait, une analyse fonctionnelle correspond à la préparation d'une prise de décision et elle y contribue en en permettant l'exercice en toute connaissance de cause.

D'autre part, il est indispensable de retenir que chaque CdCF transcrit un contexte particulier qui influe sur la nature des choix, même si la structuration des informations demeure identique. Sous une forme ramassée, cette trame d'analyse constitue un invariant transversal à la diversité des projets et peut être qualifiée d'outil de type « industriel », c'est-à-dire une **structure permettant d'introduire une logique cumulative dans la construction**.

1.2 Spécification d'une partie d'ouvrage

Si, durant sa phase de programmation, un bâtiment doit être raisonné en tant que totalité, cela est moins nécessaire ultérieurement, en particulier au cours de sa mise au point.

L'analyse fonctionnelle s'applique pourtant également à ces différentes étapes. Et ce pour une raison simple, c'est qu'elle constitue une méthode de caractérisation générique dont le format va dépendre du contexte d'application.

Au stade de la conception, le problème posé est de déterminer les composants qui sont les plus à même de répondre aux spécifications initialement fixées lors de la programmation. Dès lors, la question à résoudre est de formuler les attentes auxquelles chaque élément constructif devra répondre dans cette perspective.

Toute l'importance de cette méthodologie réside dans les gains possibles dégagés par cette nouvelle approche de l'achat. Ce qui importe, ce ne sont pas les moyens acquis mais les résultats garantis. Le potentiel mobilisable réside dans la liberté qui est laissée quant aux choix de la solution face aux performances recherchées. Cet appel à l'**innovation** est certainement indispensable à deux titres : d'abord pour rendre les solutions plus économiques et par ce biais plus abordables, ensuite pour développer des produits plus favorables à l'environnement.

Actuellement, cette démarche qualifiée de « performancielle » est déployée vigoureusement en Grande-Bretagne et aux États-Unis.

Traditionnellement, le bâtiment est considéré comme l'assemblage de composants. Pourtant, il s'agit moins de raisonner le choix de chacun d'entre eux que de perpétuer des habitudes constructives.

Pour s'en rendre compte, il suffit de comparer les modes constructifs du résidentiel de part et d'autre des Pyrénées. En Espagne, la règle est de construire à partir des points porteurs alors qu'en France prédominent les voiles de béton banché.

L'analyse fonctionnelle rompt délibérément ces routines puisqu'il s'agit de combiner différents composants au mieux des attentes spécifiques du contexte et non de reconduire des technologies du simple fait de les avoir pratiquées et d'en connaître le maniement. Dans son principe, l'analyse fonctionnelle suppose donc une remise en cause des routines et du point de vue constructif, elle est beaucoup plus proche de la mixité des technologies pour autant que le besoin s'en avère nécessaire.

En fait, la notion même de composant est notablement modifiée. Il ne s'agit plus d'un découpage de l'ouvrage en éléments relevant d'un corps de métier spécifique (les lots techniques) mais plutôt d'une décomposition commandée pour l'obtention de performances ciblées.

Pour illustrer cette différence, le cas des **façades** est significatif. Habituellement, les façades sont porteuses car elles relèvent des techniques du gros œuvre. En analyse fonctionnelle, on parlera d'abord d'**enveloppe**, dissociant ainsi les performances de confort des propriétés de portance qui relèvent de la structure. Dès lors, une façade légère n'est plus exclue du panel des possibles.

Voyons comment procéder pour spécifier un composant.

Quand il s'agit de raisonner un composant, la propension des professionnels est de se concentrer sur des paramètres strictement techniques dans un discours somme toute assez autocentré. Pourtant, la justification d'un composant réside bien dans sa contribution aux performances de l'ouvrage dans son ensemble. C'est

pourquoi chacun d'eux peut être analysé à l'aune des fonctions d'usage. Cette démarche est assez bien comprise des architectes car le construit inscrit bien « en creux » le mode de fonctionnement du projet. Cela ne signifie pas pour autant que le libellé ne soit pas légèrement infléchi pour tenir compte de ce qu'un composant reste une partie de l'ouvrage global. Le tableau 5 en précise les contours.

Vis-à-vis de cette contribution, chaque composant doit être défini par le niveau des performances qu'il est appelé à respecter.

Toutefois, il est clair que cette information n'est pas préexistante au composant. Elle est directement liée aux capacités du principe technique auquel répond le composant.

Un matériau à changement de phase présente une plage bien plus importante de performance thermique qu'un isolant isotrope dont la performance est fixée une fois pour toutes.

Comme le composant participe d'un tout, un phénomène complémentaire doit être pris en compte : c'est celui des **solutions de continuité**. Les performances d'un élément doivent être compatibles avec celles des autres et l'assemblage de chacun d'entre eux doit autoriser une performance globale conforme aux spécifications du programme.

Ces deux observations conduisent alors à la structuration des caractéristiques d'un composant décrite par le tableau 6.

La figure 2 montre pour une partie d'ouvrage l'utilisation d'une **spécification fonctionnelle**. Il s'agit de l'enveloppe et plus particulièrement d'une façade. Le principe constructif retenu est celui d'une façade légère. Ces exemples sont extraits d'une démarche industrielle engagée dans les années 1990 par un consortium d'industriels de la chimie et de la construction (FUCI : façade utilisant des composés industriels).

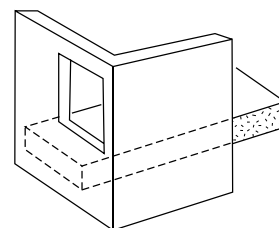
Chaque étape correspond à une phase du programme industriel :

- la première (figure 2a) constitue le cahier des charges générique d'une enveloppe légère (tableau 7). C'est la sélection des possibles acceptables ;
- la deuxième (figure 2b) précise les spécifications de la solution par panneau rapporté, la plus appropriée au consortium (tableau 8). C'est l'expression des performances qui seront affichées et assumées ;
- la troisième (figure 2c) correspond aux spécifications d'une pièce d'attache nécessaire au bon fonctionnement du produit (tableau 9). L'accastillage qui accompagne le panneau (ici, fixations au plancher) est également caractérisable à l'aide de la trame fonctionnelle.

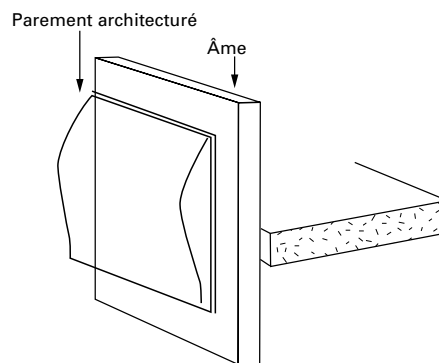
La même structuration s'applique mais sur un périmètre de plus en plus restreint.

Tableau 5 – Apport des composants constructifs aux fonctions d'usage

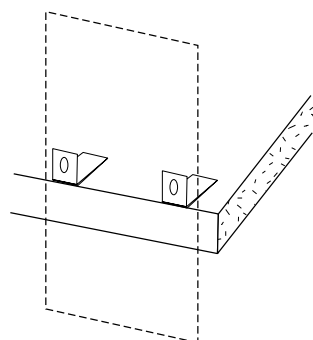
Fonctions d'usage	Apport des composants constructifs
Espace	Contribution à la matérialisation de l'espace dans sa géométrie et la délimitation de ses formes
Ambiance	Contribution au maintien du niveau des performances de confort
Protection	Contribution à la protection des personnes et à la sécurité des biens
Biens & outils	Contribution au bon fonctionnement des différents équipements
Maîtrise des relations	Contribution pour filtrer et contrôler l'accès entre une personne et les autres
Intégration au site	Contribution pour bénéficier des services disponibles sur le site sans y porter préjudice
Sémiologie	Conditions de rendu : choix des matériaux dans leur texture, leur toucher, leur aspect, leur couleur mais également ergonomie



(a) façade légère



(b) panneau rapporté



(c) accastillage

Figure 2 – Exemple de façade légère

Tableau 6 – Structuration des spécifications techniques d'un composant

	Principe technique	Performances intrinsèques	Continuité des performances
Caractérisation pour chacune des sept fonctions d'usage	Choix du « parti » technique retenu	Niveau fixé des performances correspondantes et tolérances admises	Détails constructifs de la jonction avec les autres composants du point de vue de la fonction

Tableau 7 – Cahier des charges fonctionnel d'une façade légère

Fonctions	Principes	Performances	Conditions limites
Espaces	<ul style="list-style-type: none"> Panneau appuyé Panneau autoportant Panneau rapporté 	<ul style="list-style-type: none"> Définition des gammes dimensionnelles : épaisseurs, hauteurs, largeurs avec tolérances Déformations géométriques acceptées 	<ul style="list-style-type: none"> Tolérances des supports Conditions de continuité Positionnement et conditions de pose
Ambiance	<ul style="list-style-type: none"> Juxtaposition des fonctions de confort Panneau autonome 	Performances de confort : <ul style="list-style-type: none"> — acoustique — thermique — lumineux — olfactif 	<ul style="list-style-type: none"> Compatibilité des performances avec les performances globales de l'habitat Maintien dans le temps des performances
Protection	<ul style="list-style-type: none"> Protection rapportée Protection intégrée 	Performances : <ul style="list-style-type: none"> — étanchéité à l'eau — étanchéité à l'air — résistance au vent — protection contre l'incendie — résistance aux chocs 	<ul style="list-style-type: none"> Interchangeabilité Conditions d'approvisionnement
Relations	<ul style="list-style-type: none"> Spécialisation des panneaux en ouvrants et opaques Incorporation des ouvrants 	<ul style="list-style-type: none"> Définition des décrochements Définition des gammes dimensionnelles des ouvrants et des performances relatives Performances d'usage 	<ul style="list-style-type: none"> Conditions d'entretien Conditions de maintenance
Site	<ul style="list-style-type: none"> Indifférence Intégration 	<ul style="list-style-type: none"> Gamme des parements acceptés Résistance aux pollutions 	<ul style="list-style-type: none"> Durabilité
Biens & outils	<ul style="list-style-type: none"> Incorporation des fluides Non-spécialisation (banalisation) 	<ul style="list-style-type: none"> Maintien de la résistance Gabarits à respecter 	<ul style="list-style-type: none"> Conditions de raccords éventuels Tolérances de pose
Sémiologie	<ul style="list-style-type: none"> Franchise des matériaux Architecture de joint Pastiche 	<ul style="list-style-type: none"> Définition de l'image perçue Règles de calepinage Modérateur/couleur Texture 	<ul style="list-style-type: none"> Condition d'échelle Caractère régional

Tableau 8 – Cahier des charges fonctionnel d'une façade légère par panneau rapporté

Fonctions	Principes	Performances	Conditions limites
Espaces	<ul style="list-style-type: none"> Panneau rapporté autostable 	<ul style="list-style-type: none"> Manuportable Épaisseur maxi. 20 cm Hauteur 2,7 m ± 1 cm Calepinage au pas de 30 cm 	<ul style="list-style-type: none"> Fixation mécanique sur nez de dalle Autonettoyant
Ambiance	<ul style="list-style-type: none"> Isolation thermique extérieure Isolation phonique Incorporation d'ouvrants (lumière) 	<ul style="list-style-type: none"> Valeur du coefficient de transmission thermique global du matériau $K (W.m^{-2}.^{\circ}C^{-1})$ Niveau acoustique 	<ul style="list-style-type: none"> Doublage intérieur complémentaire
Protection	<ul style="list-style-type: none"> Sécurité des personnes Sécurité des tiers 	<ul style="list-style-type: none"> Conformité aux règles neige et vent (NV) Classement feu Étanchéité eau/vent 	<ul style="list-style-type: none"> Calfeutrement en nez de dalle pour incendie Antigraffiti
Maîtrise des relations	<ul style="list-style-type: none"> Capacité d'incorporation de tout type d'ouvrants (accès à l'extérieur) 	<ul style="list-style-type: none"> Dimensionnement et géométrie des baies 	<ul style="list-style-type: none"> Positionnement en cas de loggia ou de balcon
Insertion, site	<ul style="list-style-type: none"> Préservation des ressources naturelles 	<ul style="list-style-type: none"> Capacité d'incorporer des matériaux de recyclage 	<ul style="list-style-type: none"> Remplacement à l'unité Penser à la fin de vie : déconstruction
Biens & outils	<ul style="list-style-type: none"> Pas d'incorporation technique 		<ul style="list-style-type: none"> Possibilité de plinthe technique en applique
Sémiologie	<ul style="list-style-type: none"> Affirmer sa modernité Architecture de joints 	<ul style="list-style-type: none"> Joints creux Surface architecturée pour chaque projet 	<ul style="list-style-type: none"> Doublage intérieur en continuité par plaque de plâtre Support de parement

Tableau 9 – Cahier des charges fonctionnel des fixations des panneaux rapportés au plancher

Fonctions	Principes	Performances	Conditions limites
Espaces	Fixation ponctuelle	Nombre d'attaches par panneau Géométrie de l'attache Positionnement et tolérances	Réglage de la fixation au platelage
Ambiance	Continuité des performances	Traitement du pont linéique : – au niveau acoustique – au niveau thermique	Détail du raccordement avec nez de plancher
Protection	Transmission des sollicitations	Charges devant être reprises (chocs, vent...)	
	Résistance au feu	Protection contre l'incendie	Détail du calfeutrement
Biens & outils	Possibilité de démontage d'un panneau	Accessibilité de l'attache Condition de saisie de panneau	Prévoir les discontinuités du parement intérieur
Relations	Pas de spécification particulière		
Site	Résistance aux chocs thermiques	Jeux de dilatation du panneau admis	Désolidarisation du parement intérieur
Sémiologie	Attache non visible	Gabarit à respecter	Raccordement avec le parachèvement

2. Conception

Pour répondre à la caractérisation, il est indispensable de disposer d'outils permettant de formuler des propositions adaptées au cahier des charges. La première étape consiste à capitaliser des connaissances avant de déterminer les modes de conception alimentés par ces informations.

Cette progression s'explique de deux manières.

Si l'analyse fonctionnelle suppose d'être calibrée dans chaque contexte, elle est suffisamment **générique** pour introduire une certaine structuration des données. En effet, l'exercice montre que beaucoup d'éléments d'analyse peuvent être reconduits en toute connaissance de cause. La raison en est l'existence d'invariants dits systémiques. La construction n'échappe pas aux règles épistémologiques des autres sciences. La difficulté est de dégager ces constantes sans verser dans la routine des pratiques du quotidien.

Par ailleurs, les connaissances technologiques en construction pèchent beaucoup d'être **déconnectées des utilisateurs finaux**. Pour l'heure, le caractère strictement technique l'emporte sur les finalités. Cette prédominance explique en partie la désaffection du public pour la construction qui n'en retient que les désagréments, à savoir la pénibilité et les nuisances suscitées lors de sa mise en œuvre. En fait, contrairement à d'autres secteurs industriels, la construction n'est pas guidée par la prise en compte des futurs utilisateurs et présente ainsi certaines caractéristiques de l'autisme, ce qui rend beaucoup plus lente la mise en pratique de procédés innovants.

2.1 La conception comme capitalisation

Un outil simple développé en analyse fonctionnelle, le FAST (Functional Analysis System Technique), permet d'envisager des utilisations intéressantes.

Cette technique consiste à représenter le cours de la décomposition logique d'un problème en sous-questions et à les articuler suivant une hiérarchie temporelle. Elle s'opère par itérations successives et introduit une régulation. S'il n'est pas possible de subdiviser un élément en composants de rang supérieur, alors c'est qu'il s'agit d'une tâche élémentaire autosuffisante (figure 3).

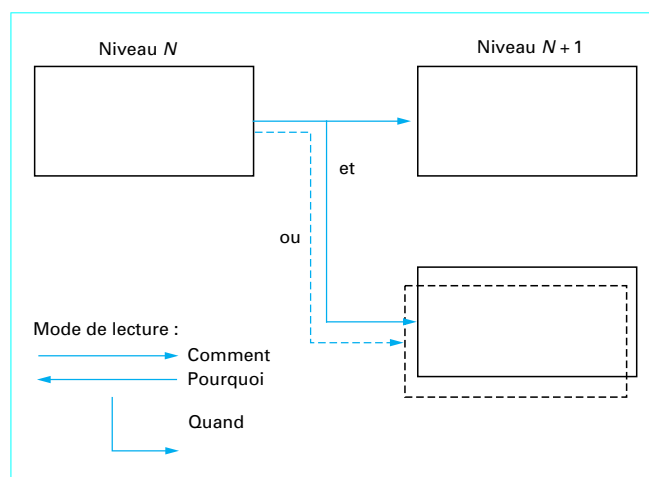


Figure 3 – Conventions d'un diagramme FAST

Cette double lecture permanente, qui explicite une action et la situe dans une perspective causale, présente un double intérêt :

- elle permet tout d'abord d'offrir une vision cohérente et globale d'un « objet ». Sa forme ramassée (graphique) et concise (libellés synthétiques) implique un effort analytique ;
- elle autorise également des échanges fructueux car sa lecture par différents intervenants conduit à des discussions qui s'apparentent à une maïeutique. Son contenu peut être conforté progressivement (appropriation) ou enrichi par l'apport de points de vue complémentaires.

Les exemples qui suivent concernent deux domaines d'application relatifs à la décomposition des ouvrages (nomenclature fonctionnelle) et aux attributs des objets techniques (gestion des informations).

Sur le premier point, l'intérêt de l'analyse fonctionnelle est de permettre un référencement des ouvrages qui ne soit pas lié à des corps de métiers (les moyens) mais qui corresponde aux services rendus (les attentes). Le résultat s'articule suivant deux niveaux : la définition de six sous-ensembles génériques (tableau 10) puis l'analyse de chacun d'eux (tableau 11).

La nomenclature fonctionnelle détaillée est présentée dans le tableau 11. Les FAST sont retranscrits sous la forme d'une classification :

- la mise en œuvre des sous-ensembles **adaptation** et **structure** permet de mettre à disposition des surfaces libres (des « plateaux ») qui vont être affectées à des activités humaines. Le bâti apparaît ainsi comme un moyen de fournir des « sols artificiels » et de pallier la rareté du foncier ;

- l'**enveloppe** et les **partitions** vont permettre d'attribuer ou de dédier à des activités spécifiques des zones particulières et de leur fournir un « clos et couvert » ;

- les sous-ensembles fonctionnels **équipements** et **parachèvements** sont particulièrement liés aux comportements humains :

- dans les pays développés, les utilisateurs sont accompagnés d'une « kyrielle » d'artefacts dont ils ont besoin pour mener à bien leurs activités. Ceux qui sont en relation avec le bâti sont listés sous le terme d'**équipements**,

- le **parachèvement** traduit le fait que l'assemblage d'éléments fractionnés nécessite une tâche complémentaire pour en assurer une finition homogène. Et cela peut être qualifié de rattrapage d'un rendement insatisfaisant de la production (les imperfections).

Le second aspect de la capitalisation est la « **consistance** » des données.

Le corollaire à l'organisation des données consiste en effet au traitement des données. Cet aspect de l'information prend de plus en plus d'importance du fait des préoccupations environnementales qui, sous l'impulsion de la Communauté européenne, conduisent à maîtriser la traçabilité de l'ensemble du cycle de vie des produits. Cette démarche (IPP : *integrated product policy*) suppose comme préalable une coordination de l'ensemble des acteurs économiques pour établir des conventions d'échange de données vérifiables et accessibles.

En se référant aux récents arguments, désormais admis, avancés par les partisans d'un développement durable, il apparaît que toute activité économique responsable devrait se situer au confluent des trois sphères économique, sociale et environnementale (figure 4). Cette analyse peut être étendue à la définition des produits. Dès lors, les informations associées doivent correspondre à ces trois dimensions. Tout artefact présente donc des caractéristiques propres mais ces dernières doivent s'accompagner de données sur les processus collectifs qui les génèrent ainsi que sur les impacts qu'elles induisent sur l'environnement.

Par exemple, un composant de partition sera caractérisé d'abord par sa contribution aux sept fonctions d'usage (délimitation des espaces, performances de confort, capacité à incorporer des fluides,

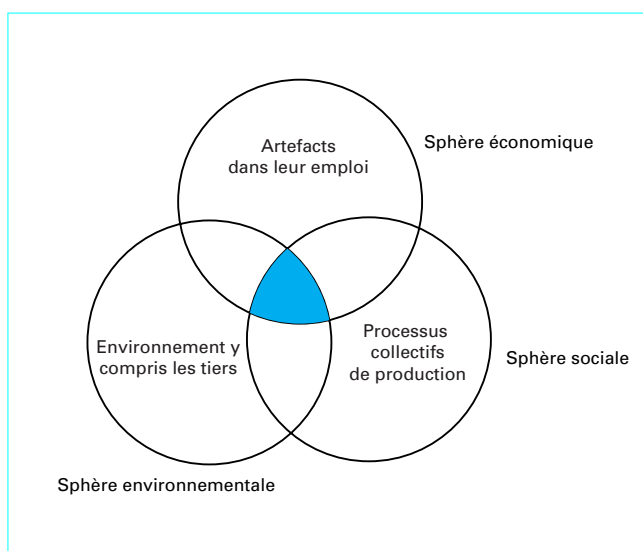


Figure 4 – Conjonction des informations

état de surface...) mais il est indispensable de connaître sa constitution en termes de prélèvement sur les ressources naturelles et d'impacts dus à sa fabrication (ensemble des données qui entrent dans une analyse de cycle de vie) et également d'être informé des conditions de mise en œuvre (collisage, poids propre, conditions d'approvisionnement...).

Les considérations précédentes peuvent être transcrites sous un format FAST qui constitue la préfiguration d'une normalisation (figure 5).

Cette approche est générique et elle permet une déclinaison pour chaque type d'objet suivant son contexte d'utilisation.

Il faut noter aussi à la lecture de cette illustration la possibilité de retranscrire une procédure sous la forme d'une arborescence fonctionnelle. En effet, ce diagramme transcrit par lui-même un mode d'obtention des données par étapes successives et dans une logique articulée.

Tableau 10 – Les six sous-ensembles constitutifs d'une construction

	1- Adaptation	Ensemble de composants permettant l'insertion dans le site et les divers branchements aux réseaux.
	2 – Structure	Composants permettant de superposer les surfaces d'activité.
	3 – Enveloppe	Composants permettant de mener des activités en dehors des intempéries (hors d'eau et hors d'air).
	4 – Partition	Ensemble des composants délimitant les zones d'activités et de ceux en permettant l'accès.
	5 – Équipement	Ensemble des composants permettant l'usage des outils et assurant l'énergie nécessaire pour le maintien de l'ambiance.
	6 – Parachèvement	Ensemble des composants qui assurent la finition de chaque sous-ensemble précédent.

Tableau 11 – Nomenclature fonctionnelle des sous-ensembles constitutifs d’une construction

1	ADAPTATION			2	STRUCTURE			33	MODÈNATURE :			5	ÉQUIPEMENTS		
11	111	1111 1112 1113 1114	ESPACES EXTÉRIEURS : <i>Circulation</i> Voies piétonnes Pistes cyclables Voies automobiles Aires de stationnement <i>Accès</i> Accès piétons Accès cyclables Accès automobiles <i>Aménagements extérieurs</i> Espaces verts Mobilier urbain	21	211 										

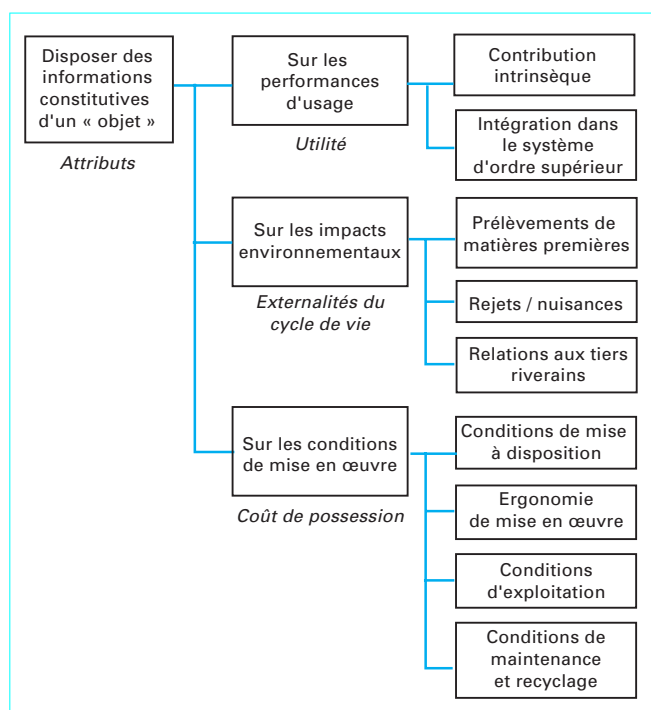


Figure 5 – Classes d'attributs d'un objet

2.2 La dynamique de conception

Pour passer d'un état statique (structuration des données) à un état dynamique (méthode de conception), il est nécessaire de recourir à de nouveaux instruments.

L'analyse fonctionnelle permet cette instrumentation. Toutefois, il importe de préciser que si elle peut y contribuer et y concourir, elle ne constitue pas à proprement parler une méthode de conception. C'est plus exactement une aide aux choix qui s'apparente à la gestion des connaissances.

En effet, il apparaît que pour l'heure, ce qui fait le plus défaut, c'est de renseigner les décisions et d'opérer en toute connaissance de cause. Cette exigence est sévère pour la construction dont les pratiques font trop peu souvent l'objet d'un retour d'expérience et relèvent essentiellement de la transmission orale.

L'articulation des décisions est rendue accessible en revenant à la notion de principe technique et de fonction. Concevoir, c'est retenir un principe permettant de remplir une fonction. Ainsi, une capitalisation est possible en établissant une arborescence qui dresse l'inventaire des principes envisageables pour répondre à une fonction et dont chacun d'eux génère de nouvelles fonctions. Des itérations successives (filiation) autorisent alors d'aboutir à la traçabilité des choix de plus en plus détaillés puisqu'ils découlent d'une même fonctionnalité et peuvent aller jusqu'à la définition des éléments constitutifs d'une gamme de solutions.

Le détail du processus est le suivant. Considérons dans un plancher en béton armé coulé en place la création d'une réservation (hors d'une gaine technique) pour le passage de tuyauteries. En l'état actuel des techniques, trois principes sont envisageables, détaillés sur la figure 6.

Il faut noter qu'aucun principe n'est en lui-même suffisant et qu'il suscite à son tour de nouvelles fonctions à remplir. En fait, cela tient à l'imperfection plus ou moins grande des moyens retenus et le phénomène est sensiblement équivalent au principe de Carnot (certains spécialistes parlent alors de rendement de conception).

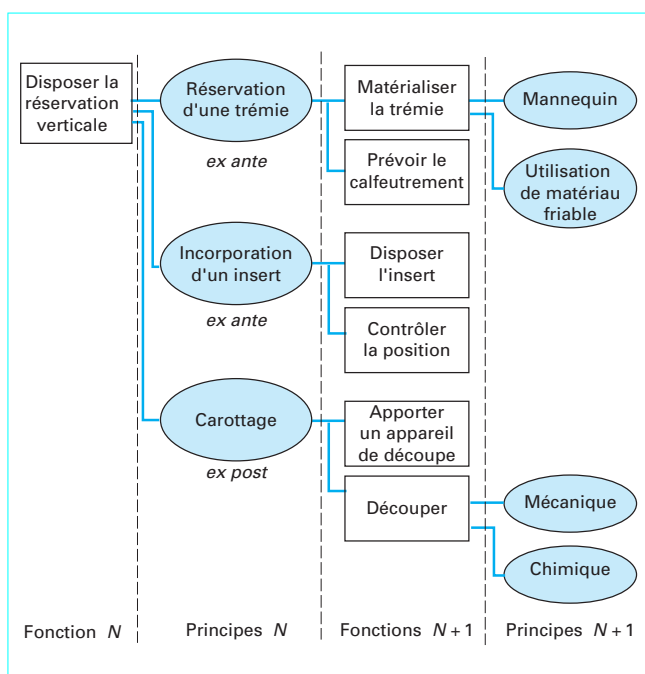


Figure 6 – Processus pour la création d'une réservation

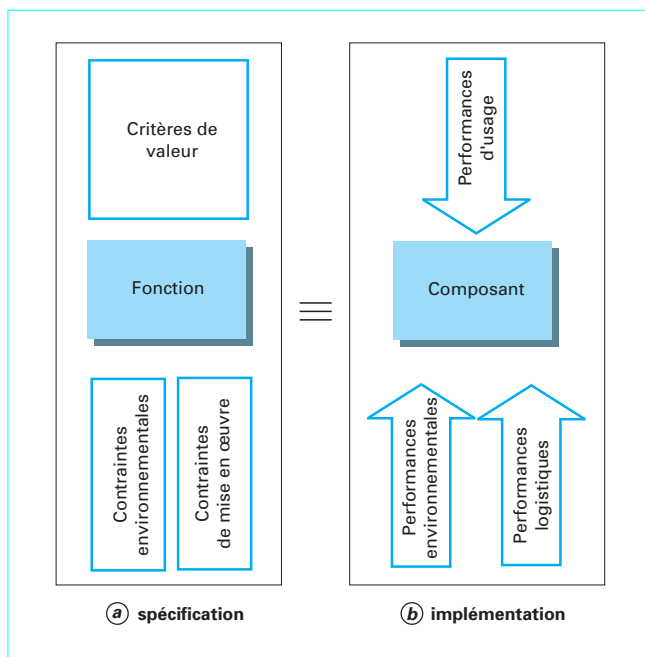


Figure 7 – Dualité fonction/composant

Nota : le principe de Carnot établit que le rendement d'un moteur thermique ne peut être de 100 %. Par extension, aucun fonctionnement ne peut avoir ce rendement maximal.

En outre, chacune des fonctions de l'arborescence doit être définie par un libellé et l'ensemble des critères de valeur qui lui sont attachés (fonctionnement et contraintes). Il lui est associé un composant qui devra en traduire la concrétisation dans le monde physique ou économique (figure 7).

Cette dualité fonction/composant est intéressante à préciser. En effet, la définition de la fonction constitue la spécification du composant. Ce dernier apportera une réponse conforme pour autant que ses performances correspondent au niveau fixé des critères de valeur.

Ainsi le composant apparaît comme l'implémentation des spécifications et cela conduit à une reformulation du processus de conception.

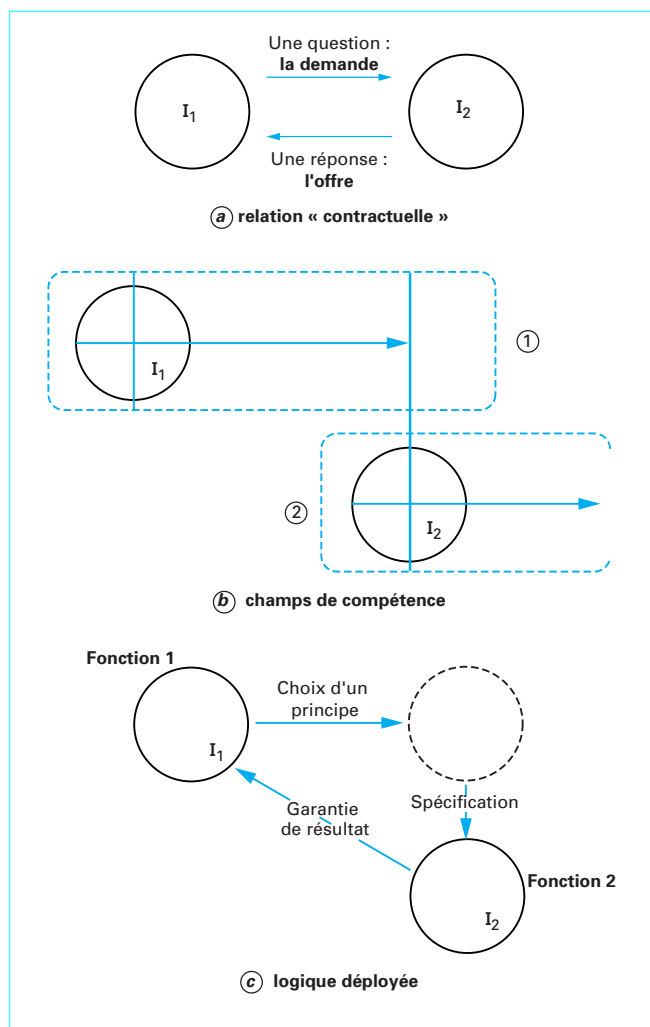


Figure 8 – Processus de conception

Le processus de conception (figure 8) suppose tout d'abord l'existence d'une relation contractuelle (a) entre deux intervenants responsables d'un niveau de fonctionnalité. En effet, elle peut être assimilée à un dialogue client-fournisseur où chacun a un champ de compétence précis et complémentaire (b) ; sinon, elle n'aurait aucune raison d'être. À partir de ces deux préalables, il est possible de décomposer les étapes du processus (c).

Le demandeur, dans son domaine de compétence, doit préciser le principe de fonctionnement qu'il entend retenir. Ce choix se traduit en spécifications fonctionnelles de rang supérieur. Le fournisseur qui les reçoit s'engage à apporter par lui-même, ou en faisant appel à son tour à un sous-traitant de rang supérieur, une solution en tout point conforme aux résultats escomptés. La conception apparaît ainsi comme une « fermeture » fonctionnelle.

Par ailleurs, à l'instar de la conception en milieu industriel, l'importance rattachée au concept de maîtrise des risques devient capitale en construction. Il est en effet admis par de nombreux experts que la **meilleure connaissance des risques encourus** est à même d'orienter efficacement les efforts à consentir au plan économique. L'analyse des risques apparaît désormais comme le préalable à toutes les démarches organisationnelles, qu'elles soient qualiciennes, environnementales ou sécuritaires.

Mais à bien y réfléchir, un risque, c'est la possibilité de se trouver face à un mauvais fonctionnement de l'objet considéré. Les liens étroits avec l'analyse fonctionnelle sont donc assez naturels pour ceux qui la pratiquent. Plutôt que de chercher à détecter les causes de défaillances, il va s'agir de se prémunir contre l'oubli de la prise en compte de paramètres qui interfèrent avec l'objet. Cela revient à dire que l'analyse du contexte doit être poussée le plus loin possible de manière à circonscrire l'ensemble des interactions dont il est logique de se prémunir.

Là encore, il n'existe pas de méthode exhaustive car les conditions exceptionnelles d'une crise peuvent contrecarrer toute prévention. L'art de l'analyse fonctionnelle en ce domaine est de savoir trouver l'équilibre entre la décision d'intégrer les paramètres et l'effort consenti par l'emploi de ressources qui va nécessairement y correspondre pour en prévenir les effets. Pour illustrer de façon la moins anecdotique possible l'apport de l'analyse fonctionnelle à l'analyse de risque, il est possible de construire une aide à la recherche des éventuelles défaillances.

À cette fin, il est intéressant de croiser deux diagrammes FAST, comme dans le tableau 12 :

- le premier correspond à la caractérisation d'une fonction en transcrivant les trois étapes d'un fonctionnement systémique (entrants, traitement, sortants) ;
- le second est une traduction des enseignements de Juran [1] qui s'est toujours référé à l'analyse fonctionnelle et que l'on peut qualifier de mode de dysfonctionnement.

La grille générique du tableau 12 concourt ainsi au déploiement à partir de l'analyse fonctionnelle d'un « objet » de l'analyse des risques fonctionnels correspondants.

À titre d'illustration, les figures 9 et 10 montrent des extraits d'un travail de capitalisation et son exploitation, réalisé au moyen du logiciel LEA.

Tableau 12 – Grille d'analyse des défaillances

		Dysfonctionnements			
		Mauvaise définition	Incompétence de l'opérateur	Erreurs contingentes	Absence de contrôle
Fonctions	Capter	<ul style="list-style-type: none"> • Périmètre mal cerné • Difficulté d'accès (indétermination) 	<ul style="list-style-type: none"> • Manque de connaissances • Défaut d'appréciation 	<ul style="list-style-type: none"> • Interprétation insuffisante • Autolégitimation 	<ul style="list-style-type: none"> • Validation non effectuée
	Transformer	<ul style="list-style-type: none"> • Paramètres erronés 	<ul style="list-style-type: none"> • Choix défectueux • Ignorance de solutions • Mauvais rendement de conception 	<ul style="list-style-type: none"> • Paramètres erratiques • Fausse manœuvre • Mauvaise interprétation des consignes 	<ul style="list-style-type: none"> • Approvisionnement défectueux • Délai non tenu • Non-qualité
	Transmettre	<ul style="list-style-type: none"> • Absence de notice d'utilisation (information) 	<ul style="list-style-type: none"> • Manque d'apprentissage (formation) • Manque de clarté 	<ul style="list-style-type: none"> • Omission • Non-transparence 	<ul style="list-style-type: none"> • Absence de maintenance préventive • Défaut de service après vente

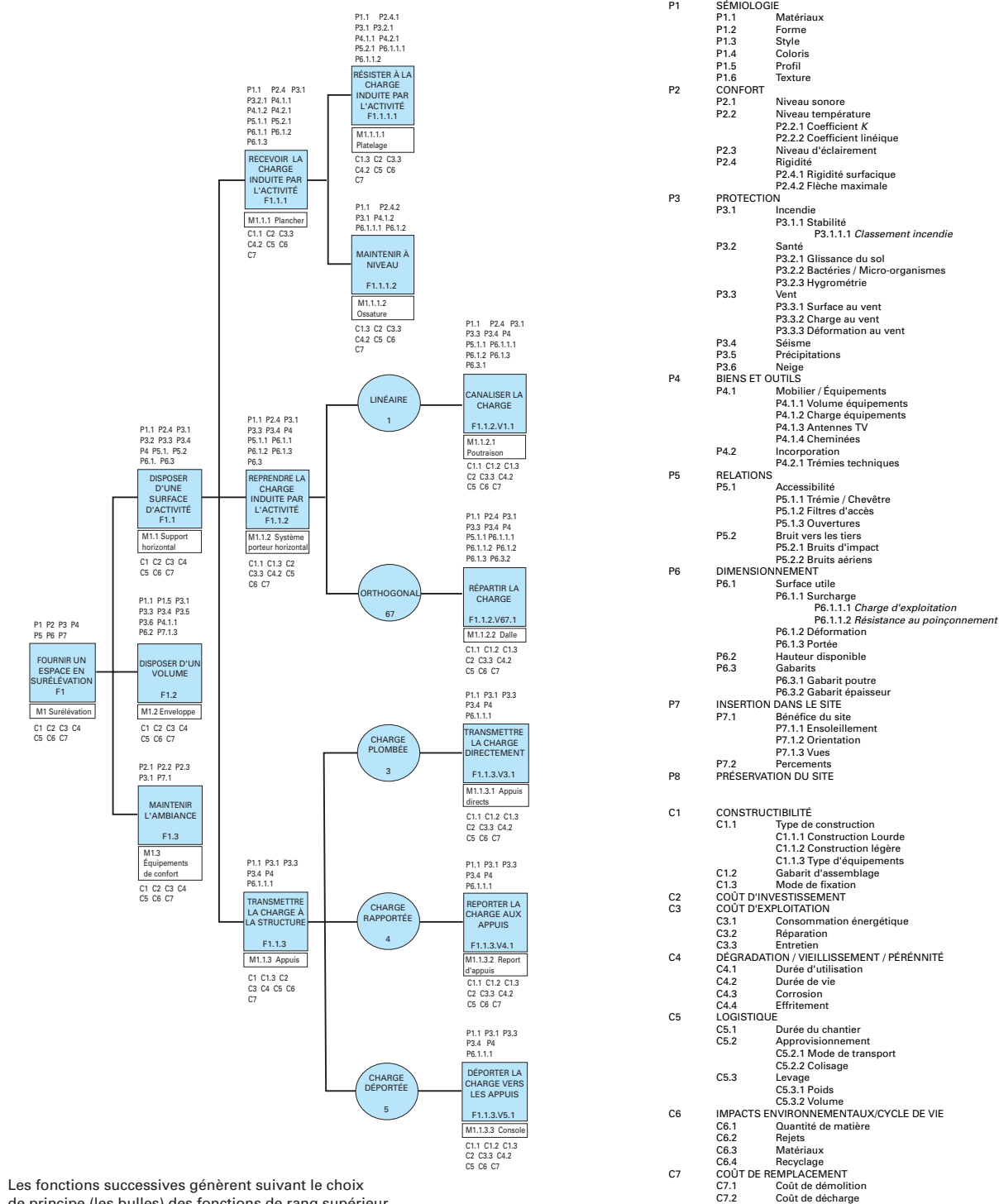


Figure 9 – Structuration des données fonctionnelles pour la surélévation d'un bâtiment (d'après le logiciel LEA)

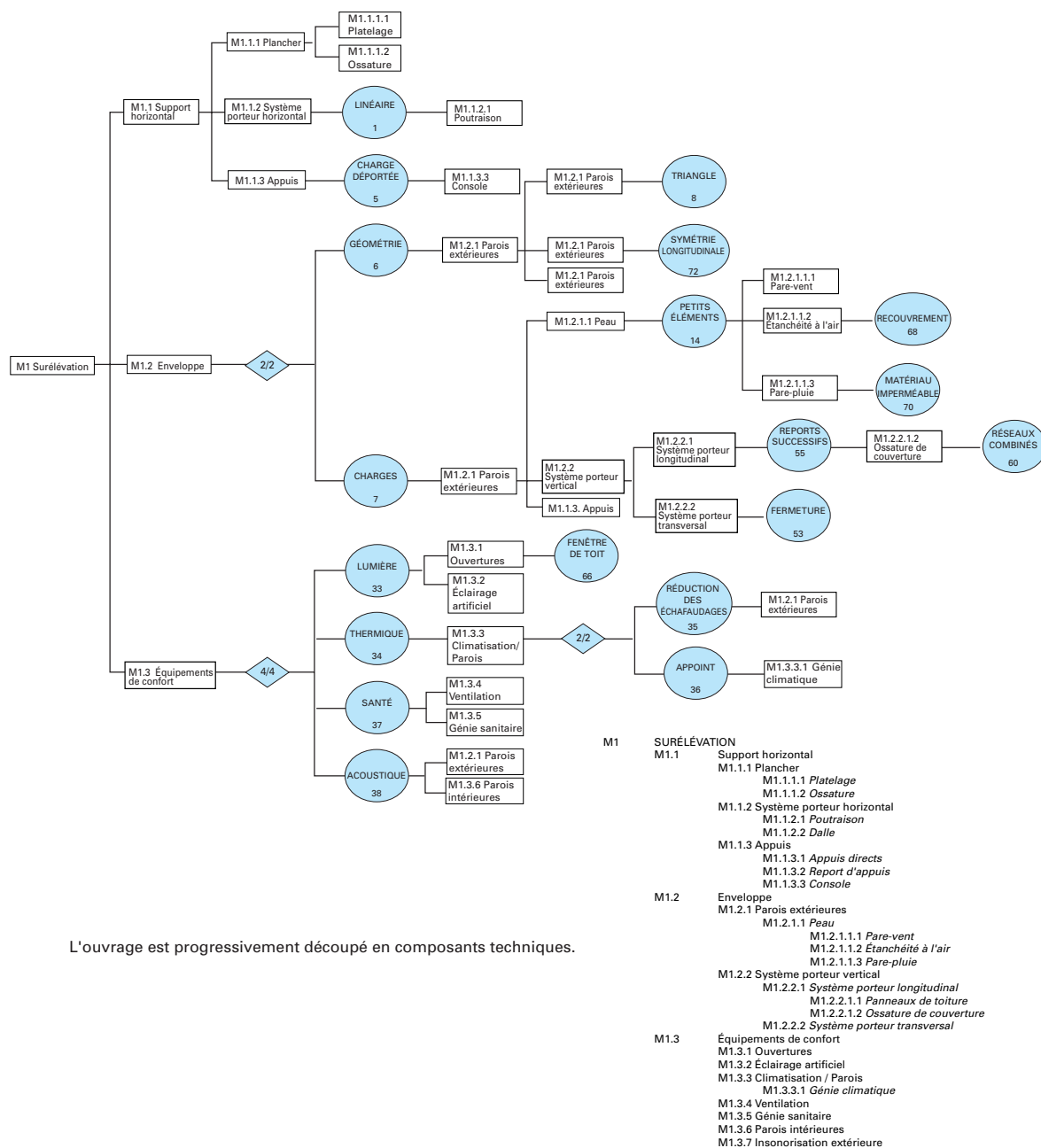


Figure 10 – Arborescence technique déduite de la structuration de la figure 9 (d'après le logiciel LEA)

3. Conclusion

La présentation qui vient d'être faite de l'emploi de l'analyse fonctionnelle dans deux domaines, à savoir la caractérisation et la conception, répond à un souci plus large qui est sous-jacent au contexte économique actuel.

À bien y réfléchir, cette méthode de raisonnement est profondément ancrée dans la motivation des acteurs économiques. Elle reprend ce constat que les ressources disponibles sont rares et qu'il faut les utiliser au mieux dans le but d'en tirer le meilleur usage. Cela constitue bien les fondements de l'« économie » qui tend à ménager ce qui est disponible pour en tirer parti grâce à l'ingéniosité déployée par chacun. Derrière cette attitude, il y a implicitement la préoccupation de la pérennité du groupe social. L'analyse fonctionnelle ne dit rien d'autre. Tout objet n'a de sens que s'il permet d'agir pour atteindre un but suscité par un manque.

Quand les tenants des thèses du développement durable s'expriment, leurs réflexions ne sont pas si éloignées que cela des remarques précédentes. En revanche, l'analyse fonctionnelle suppose une discipline de mise en œuvre que l'on peut qualifier de qualitative puisqu'il s'agit d'introduire une rigueur dans un processus, alors

que la propension contemporaine est de privilégier les éléments quantitatifs. Les chantres du développement durable se fixent des objectifs ambitieux (facteur quatre, facteur dix) mais ils ne précisent pas la méthode pour y parvenir pas à pas de façon incrémentale, c'est-à-dire au quotidien.

Tout l'intérêt actuel de l'analyse fonctionnelle est, pour ceux qui veulent bien s'en donner la peine, de mettre à leur disposition des outils qui sans garantir de résultats permettent pourtant, suivant l'agilité de chacun, de progresser vers une optimisation qui apparaît désormais comme indispensable.

Pour illustrer ces propos de manière plus concrète, il est possible d'examiner le diagramme FAST d'une conception de bâtiment conforme aux principes du développement durable, comme celui du tableau 13.

Cette analyse a été proposée par un groupe de travail composé de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe), du Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) et de GTM Construction [2]. Elle est actuellement reprise au niveau européen comme recommandation pour la mise en œuvre du développement durable dans la construction mais elle est aussi utilisée pour déterminer les besoins en informatique professionnelle jusqu'en 2012.

Tableau 13 – Concevoir un bâtiment « durable »

Caractériser la phase de construction initiale	Permettre une optimisation technico-économique	Capacité à satisfaire la fonctionnalité (fonctions d'usage)
	L'accompagner de conditions de mise en œuvre acceptables	Impact capitalistique
		Logistique de mise en œuvre
		Conditions de travail
	Conduire à des prélèvements de ressources minimaux	Impact sur la valorisation personnelle et l'emploi
		Nuisances de chantier
Maîtriser la phase d'exploitation	Assurer le maintien des fonctions d'usage	Impact sur le prélèvement des matières premières
		Impact sur le prélèvement des ressources énergétiques
		Durée de vie, robustesse
	Maîtriser la gestion des interfaces (bâtiment/quartier)	Entretien, maintenance optimisée
		Consommation et rejets
		Services collectifs : coût d'accès
	Participer et contribuer à la vie urbaine	Personnes : sécurité, santé
		Immateriels, communication : TV, téléphone
		Intermodalité (moyens de transport)
		Incorporation des services de proximité
		Intégration des coûts sociaux évités
Gérer la phase de réhabilitation/démolition	Permettre une rénovation-réhabilitation	Impact sur la valeur patrimoniale du lieu
		Impact du bâtiment sur le milieu
		Capacité d'adaptation
	Autoriser une déconstruction	Capacité à changer d'utilisation finale
		Opportunité d'amélioration des performances
		Facilité de démolition
		Déconstruction (capacité de tri), valorisation