

L'ANALYSE FONCTIONNELLE, DE LA METHODE AUX OUTILS ...

1. INTERET ET BUT DE L'ANALYSE FONCTIONNELLE

L'analyse descriptive d'un équipement consiste à répertorier, souvent à partir d'un schéma qui doit être connu à l'avance, ses différents organes en précisant leurs rôles respectifs afin d'en déduire le principe de fonctionnement et ses conditions d'utilisation. Mais cette méthode figée, rencontre rapidement ses limites, car si elle est suffisante pour les appareils standards et bien connus, elle permet difficilement de faire face à l'évolution des technologies et à l'apparition de nouveaux équipements, de plus en plus caractérisés par :

- Des cycles de vie très courts
- Une forte évolutivité fonctionnelle
- Une faible pérennité des solutions techniques

Cette approche structurelle et matérielle n'a donc pas de valeur formative pérenne.

Au contraire de ce processus purement cognitif, **l'analyse fonctionnelle** fournit une méthode à la fois technique et pédagogique qui s'inscrit dans une démarche rationnelle de construction des savoirs et des savoirs faire, et apporte des repères suffisants pour permettre d'analyser, choisir et utiliser un équipement, quelque qu'il soit et quelque soit les évolutions technologiques prévisibles ou non.

Elle permet plus facilement, d'autre part, de dégager et d'atteindre les objectifs opératoires nécessaires à la formation technique et professionnelle des élèves. Convenablement adaptée, c'est une approche pédagogique qui vise à la cohérence et à l'efficacité.

Dans l'analyse fonctionnelle d'un équipement, l'objet technique remplit une **fonction** déterminée qui répond au **besoin** d'un utilisateur lui-même conditionné par différents facteurs (techniques, économiques, réglementaires, sociologiques...). La fonction ainsi déterminée est décomposée en sous - fonctions de plus en plus simples auxquelles on apportera des **solutions techniques**. *Ces fonctions sont définies en termes de finalités sans aucun a-priori de solutions*. La diversité des solutions techniques possible déterminera l'ampleur du choix d'appareils ayant la même fonction globale.

Pédagogiquement, l'approche fonctionnelle vise à comment garantir une culture minimale des solutions techniques sans réaliser une approche exhaustive des équipements .

L'analyse fonctionnelle, en tant que **raisonnement systématique des besoins**, est utilisée depuis longtemps, notamment en architecture (Viollet le Duc, Walter Gropius et l'école du Bauhaus, Le Corbusier, le « fonctionnalisme »).

Elle va s'épanouir dans le courant de pensée de **l'analyse « systémique »** des années 70, avec pour objectifs de :

- modéliser des systèmes complexes dont il faut repenser l'organisation,
- mieux appréhender les systèmes à fin d'amélioration et d'optimisation, de mise en œuvre de méthode « **qualité** ».

Pluridisciplinaire, elle est à la base de nombreuses méthodes utilisées en sciences de l'ingénierie, génie industriel, gestion de projet, administration des entreprises, aide à la décision, mais aussi en automatismes, informatique, programmation, conception de logiciel ...etc, mais aussi en sciences humaines, sociologie, pédagogie, communication, économie, urbanisme, écologie, biologie, physiologie...

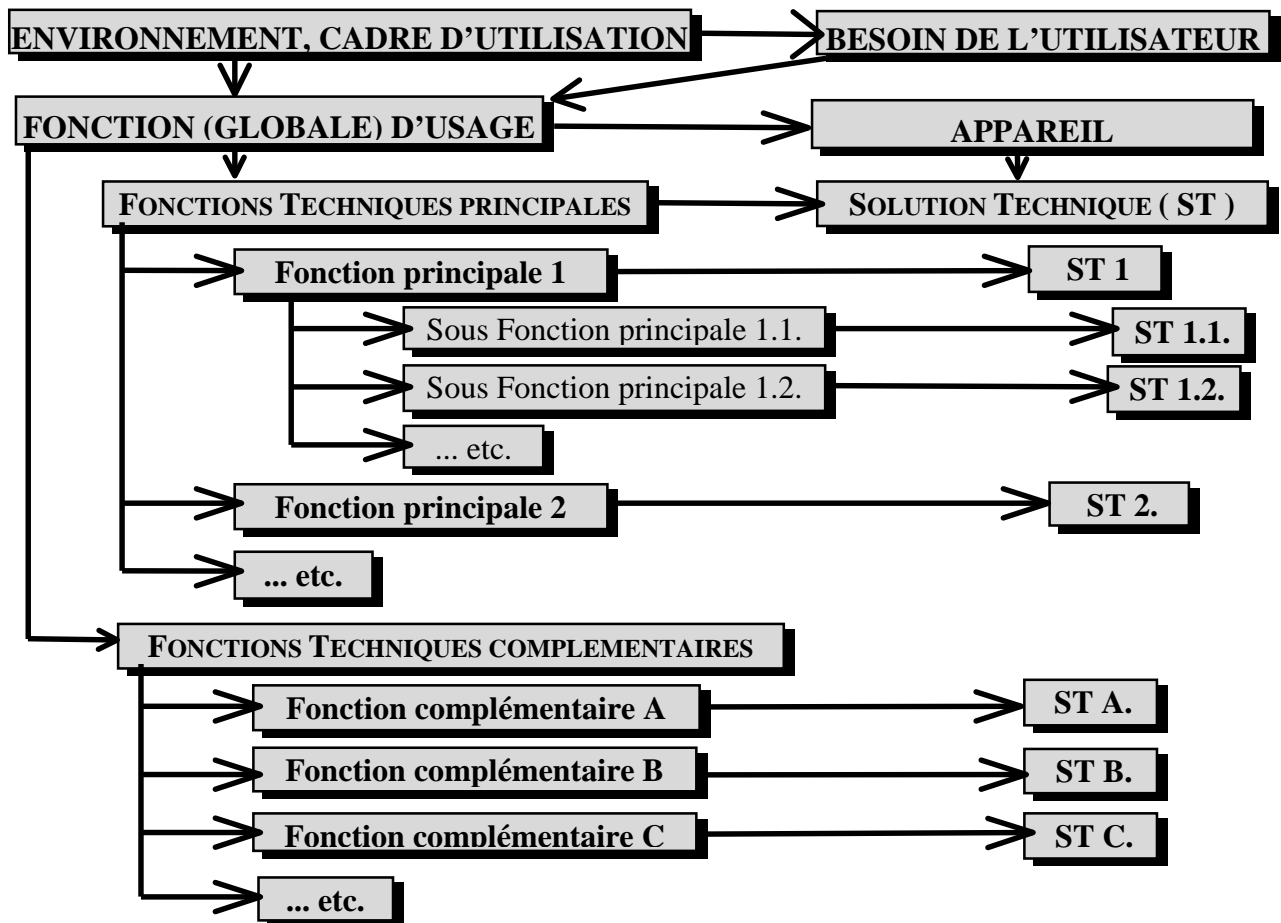
Elle est indispensable à la maîtrise des risques en tant qu'étape fondamentale de l'analyse des modes de défaillance (prévention des risques techniques) et de l'analyse de la valeur (prévention des risques financiers). Elle fonde ainsi, par exemple, l'analyse de la valeur, l'analyse du risque, l'AMDEC HACCP, la Méthode APTE d'analyse fonctionnelle et analyse de la valeur ...etc.

L'approche par fonction, dans la conception des systèmes, met en œuvre un **raisonnement inductif (causes / conséquences)** qui impose, avant tout diagnostic ou recherche de solution, de définir des finalités. Elle permet ainsi de :

- s'assurer de répondre à un besoin et d'identifier les degrés de liberté
- remettre en cause les solutions existantes et d'élargir le champs des possibilités
- mieux circonscrire les zones d'étude et d'optimiser localement les solutions sans perdre de vue l'ensemble.

L'objet de la démarche fonctionnelle peut être un produit technologique ou non, mais aussi un service, un processus, un projet, une organisation, une entreprise ... Il est possible de mener l'étude fonctionnelle d'un logement, de son installation de chauffage, de la conception de son éclairage, de son système de ventilation, du réfrigérateur ou du four qui équipe sa cuisine mais aussi de la distribution d'eau potable d'une ville, d'une crèche municipale ... etc, voire même d'un groupe ou d'une organisation sociale.

2. ANALYSE FONCTIONNELLE EN EQUIPEMENTS



Chaque objet technique (appareil) ou système étudié remplit une **fonction globale d'usage** (ou **fonction de service**) pour répondre à un besoin spécifique de l'utilisateur. Dans un contexte donné, ce besoin est déterminé par des contraintes matérielles, techniques, réglementaires, économiques, sociologiques ... qu'il convient de préciser. Par exemple :

contraintes matérielles : alimentation en énergie, alimentation en eau, évacuations, dimensions, conception du local ...

contraintes techniques : performances, capacité, consommation d'énergie, calorifugeage, durée de vie, robustesse, dimensions, bruit ...

contraintes économiques : coûts d'achat, de fonctionnement, des accessoires indispensables, de l'entretien et de la maintenance ...

contraintes professionnelles : type et importance de la production, concept et process de production, méthode de travail, types de produits utilisés, nombre de repas, fréquence d'utilisation, certification et respect des normes, formation et adaptation des utilisateurs ou du personnel ...

contraintes d'hygiène, de sécurité et d'ergonomie : respect des réglementations en vigueur, respect de la marche en avant, facilité d'entretien, limitation et traitement des nuisances et des émissions de polluant, ambiances thermique, lumineuse et sonore, conditions de travail

... etc.

Cette fonction d'ensemble est décomposée en **fonctions techniques principales** qui sont indispensables à la réalisation du service attendu et en **fonctions techniques complémentaires** (ou secondaires) qui, elles, ne lui sont pas absolument nécessaires mais qui améliorent les performances de l'appareil ou apportent à l'utilisateur confort et simplicité d'utilisation, sécurité, facilité d'entretien ... etc.

Les **solutions techniques** sont la traduction matérielle (dispositifs ou organes de l'appareil) de chaque fonction technique. Chacune de ces fonctions techniques (principales ou secondaires) peut être plus ou moins complexe, elle peut alors être décomposée, dans une analyse descendante sur autant de niveaux que nécessaire, jusqu'à des fonctions techniques élémentaires qui seront remplies par des solutions techniques simples (organe précis et identifié)

Par exemple, dans l'étude fonctionnelle de l'appareil : « **MARMITE ELECTRIQUE** »,

⇒ le **cadre d'utilisation** sera la **restauration collective**, donc des contraintes en matière de débit et de volume de production, d'ergonomie et de sécurité du personnel, d'hygiène et réglementation.

⇒ la **fonction globale d'usage** est : *réaliser des cuissons de denrées dans de grandes quantités d'eau* (à l'anglaise)

La **FONCTION TECHNIQUE PRINCIPALE** est :

- chauffer un grand volume d'eau
se décompose en - **produire de la chaleur**
- **contenir l'eau**

Sa **SOLUTION TECHNIQUE** est :

- marmite électrique à chauffage direct
- résistance électrique (effet Joule)
- **cuve étanche**

Les **FONCTIONS TECHNIQUES COMPLEMENTAIRES** sont :

- **commander** l'appareil
- **réguler** la température de l'eau
- **programmer** le fonctionnement dans le temps
- **informer** que l'appareil chauffe
- **limiter les pertes** thermiques
 - par émission de vapeur et de chaleur
 - par les parois de la cuve
- faciliter l'utilisation, vidage de la cuve
- assurer la sécurité
 - du personnel
 - contre les risques thermiques
 - déversements de liquides chauds
 - brûlures par contact
 - contre les risques mécaniques
 - accrochages
 - écrasement des mains, doigts
 - contre les risques électriques
- des aliments
- de l'appareil →
- permettre l'entretien →

Les **SOLUTIONS TECHNIQUES** en sont :

- **interrupteur** marche arrêt
- **thermostat**
- **programmateur** ou minuterie
- **voyant** lumineux
- **couvercle**
- **isolant thermique**
- système de basculement ou robinet de vidange
- **blocage** du basculement ou du robinet
- **isolation thermique** des poignées et de la cuve
- **encastrement du robinet** de vidange
- couvercle équilibré par **contrepois**
- respect des normes de sécurité, **mise à la terre, disjoncteur différentiel ...**
- **matériaux inoxydables**
- raccordement électrique conforme, **fusibles ...**
- surfaces lisses et sans recoins

La présentation traditionnelle de l'étude fonctionnelle d'un appareil s'effectue souvent sous forme d'un tableau :

environnement, cadre d'utilisation :		
fonction d'usage ou fonction globale :		
fonctions techniques principales	solutions techniques	Commentaires <i>principes de fonctionnement</i> <i>particularités</i> <i>réglementations spécifiques</i> <i>précisions techniques</i> <i>... etc.</i>
fonction principale 1. sous - fonction principale 1.1. sous - fonction principale 1.2. fonction principale 2. ... etc.	ST 1. ST1.1. ST 1.2. ST 2	
fonctions techniques complémentaires		
fonction complémentaire A	ST A	
fonction complémentaire B	ST B	
fonction complémentaire C	ST C	
... etc.		

3. PRINCIPES DE L'ANALYSE FONCTIONNELLE

3.1. NOTION DE SYSTEME

Un système peut être défini de plusieurs façons :

- 1) **ensemble d'éléments** en **interaction dynamique** organisés en fonction d'un **but** (la plus générale).
- 2) outil de modélisation permettant de représenter et d'analyser des complexes d'éléments (matériels, abstrait ou conceptuels) caractérisés par leur nombre et un réseau de relations imbriquées.
- 3) ensemble fini, borné, caractérisé par des relations le reliant à son environnement et aux autres systèmes.

A chaque instant, un système est caractérisé par un état (ensemble des valeurs prises à une époque par tous les éléments composant le système) :

- 1) la variété d'un système est l'ensemble des états possibles d'un système (par exemple : cycles du lave-linge).
- 2) l'état d'un système se définit par rapport au temps.
- 3) en théorie, la variété est indépendante du temps (cas des équipements) ; en pratique, la variété peut se modifier (si le système se transforme dynamiquement).

Entre autres problématiques complexes posées par l'analyse de système :

- 1) un système est en relation avec son environnement (système ouvert) : quelles sont la nature, l'importance et la densité de ces échanges ?
- 2) un système est séparé de son environnement par une frontière. La définition de la frontière d'un système ouvert ne s'impose pas d'elle même à l'analyste, d'une part le système peut être composé de sous-systèmes., d'autre part la frontière est choisie en fonction de l'objectif poursuivi par l'étude.
- 3) le système répond aux perturbations qu'il reçoit en provenance de son environnement actif. Ces perturbations modifieront-elles la structure du système ? Quand une perturbation atteindra t'elle un niveau entraînant une modification des interrelations du système ? En principe cela ne se pose pas en équipement sauf en cas d'usure prévue (exemple : dépôt de tartre dans un lave-linge).

3.2. NOTIONS DE FONCTION

D'après la norme **AFNOR NF X 50-151**, l'analyse fonctionnelle est une démarche qui consiste à rechercher, ordonner, caractériser, hiérarchiser et / ou valoriser les fonctions du produit (matériel, logiciel, processus, service) attendues par l'utilisateur.

Une **fonction** est l'action d'un élément constitutif d'un système exprimée exclusivement en terme de finalité (par ce qu'il « fait »). Chaque fonction doit être exprimée formulée par un **verbe à l'infinitif suivi d'un ou plusieurs compléments**.

fonction de service (ou **fonction principale**) : fonction attendues d'un produit pour répondre à un besoin ou un élément du besoin (matériel, physiologique, psychologique, socioculturel) de l'utilisateur. Elle peut être une **fonction d'usage** (*service rendu*) ou une **fonction d'estime** (*conditions du service rendu*).

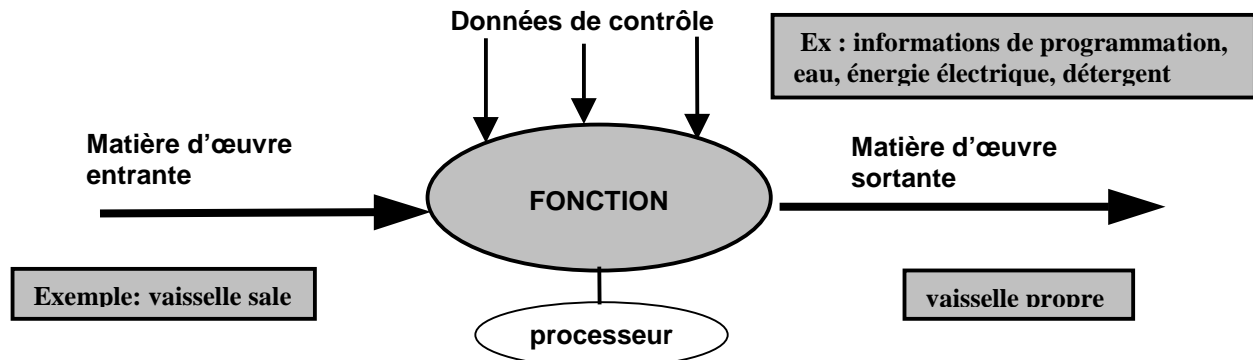
fonction technique : fonction interne au produit nécessaire aux solutions retenues pour assurer les fonctions de service.

- **fonction technique principale ou élémentaire**: permet de remplir une fonction d'usage, de rendre un service attendu.
- **fonction technique complémentaire ou secondaire** : permet de remplir une fonction d'estime (sécurité, ergonomie, confort, environnement, législation ...).

3.3. LIENS INTER-FONCTIONNELS

La fonction entretient des relations internes et externes au système appelée **données** (on parle de flux de donnée).

- La donnée qui traverse la fonction est appelée la **matière d'œuvre (M.O.)**.
- Toute fonction confère une **valeur ajoutée (V.A.)** à la matière d'œuvre.
- Il existe en général une **matière d'œuvre dominante** (ce pour quoi le système est conçu), il peut exister des **matière d'œuvre secondaires**.
- Les autres données sont des données de **contrôle** de la fonction, elle permettent la réalisation de la fonction.
- Selon les systèmes étudiés, les données peuvent être de nature très diverse : matières, énergies, informations ... etc
- L'élément qui réalise une fonction est désigné sous le terme générique de **processeur**.



3.4. REALISATION DE L'ETUDE FONCTIONNELLE

L'analyse fonctionnelle du besoin ou **analyse fonctionnelle externe** met en évidence chacune des **fonctions de service** (ou **fonctions principales**) qu'elles soient *d'usage* ou *d'estime* (*Pourquoi l'objet a-t-il été créé ?*) ainsi que chacune des **fonctions contraintes** (*Quelles sont les contraintes auxquelles l'objet doit satisfaire ?*). Elle permet d'obtenir les données nécessaires à la conception du système, et c'est un outil de dialogue avec l'utilisateur.

L'analyse fonctionnelle du produit ou **analyse fonctionnelle interne** dégage chaque **fonction technique principale et complémentaire** et permet la matérialisation des concepts de solutions techniques.

Elle caractérise le fonctionnement interne de l'objet ou système technique et consiste à :

- définir le système, sa fonction globale, sa frontière, les entrées sorties de matières d'œuvre avec l'environnement.
- rechercher les fonctions techniques, les décomposer en sous – fonctions.
- établir et caractériser les liens entre éléments de l'objet ou système technique étudié.

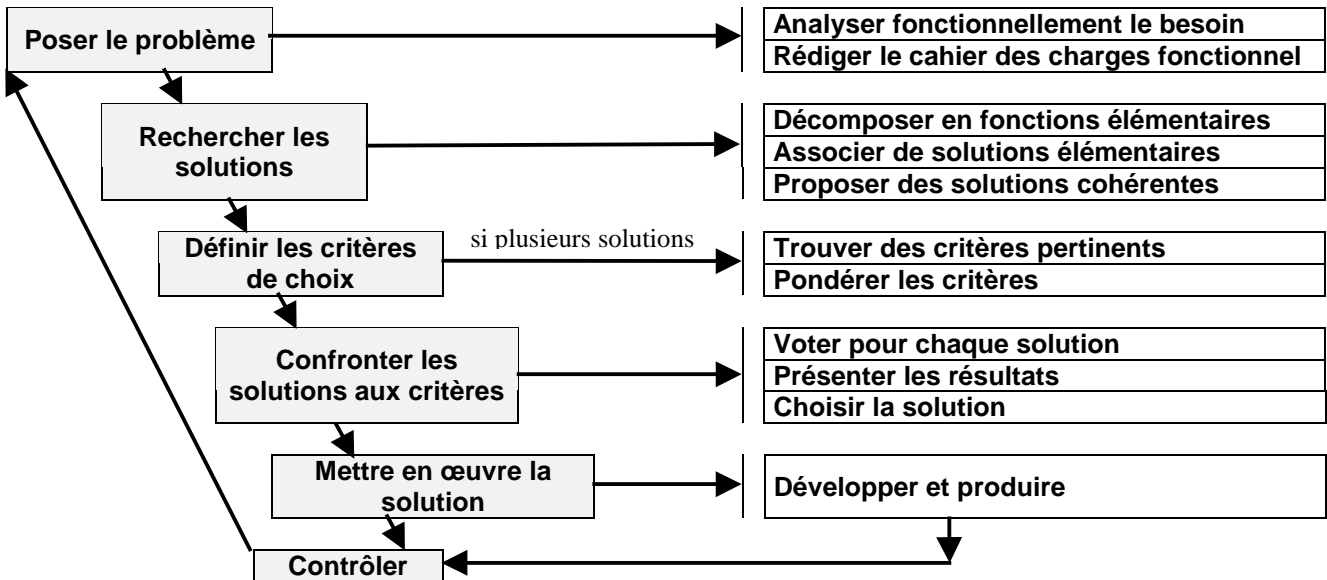
L'outil de description peut :

- privilégier l'analyse descendante, la **modélisation**, l'écriture **des liens inter - fonctionnels** et permettre la description de système complexe pour comprendre et communiquer, réaliser plan, schéma des automatismes, algorithmes de programmation (S.A.D.T. : Structured Analysis and Design Technic)
- privilégier, **de la fonction aux solutions techniques**, le travail de recherche, de décomposition, d'ordonnancement, de valorisation pour comprendre et optimiser (F.A.S.T. : Function Analysis System Technic)

L'ensemble de l'analyse fonctionnelle est une démarche, une aide à la conduite d'un « **projet** » (faciliter la compréhension, concevoir, créer, améliorer ...) à mettre en œuvre de préférence en groupe de travail avec une intention clairement définie.

4. QUELQUES OUTILS D'ANALYSE FONCTIONNELLE

4.1. DEMARCHE DE PROJET



Chaque étapes à franchir doit être franchie dans l'ordre, en utilisant l'outil approprié, dans un travail de groupe.

Ecueils à éviter :

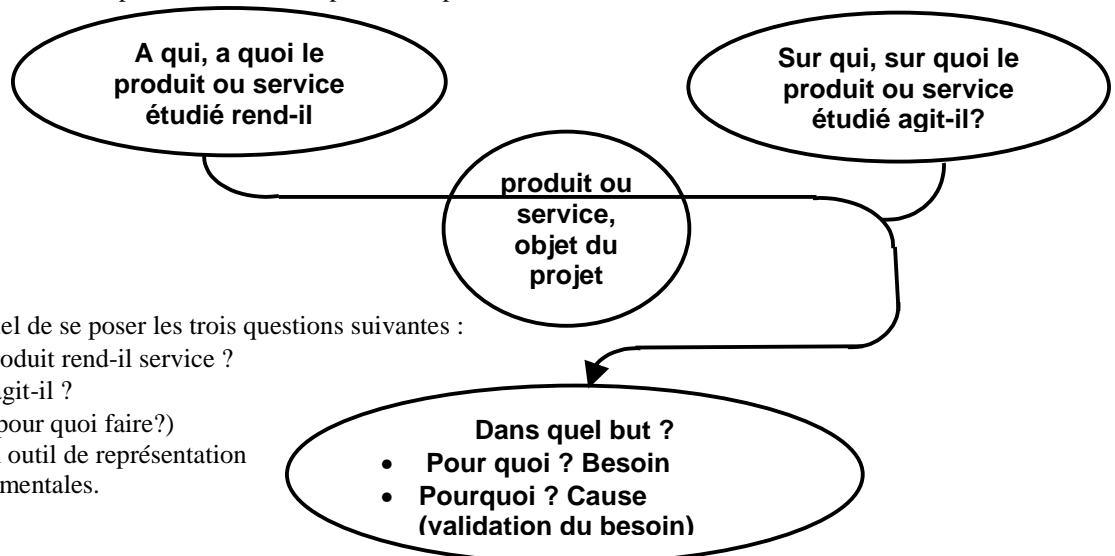
- Rapidité excessive dans les premières étapes
- Niveau insuffisant de l'analyse
- Pensée orientée solution et non fonction
- Absence de retour sur l'attendu.

4.2. LA BÊTE A CORNE : RECHERCHE DE LA FONCTION GLOBALE

Cet outil (qui est un des éléments de la méthode APTE) définit le **besoin** auquel répond le **système**. Souvent les acteurs d'un projet privilégient des solutions déjà connues sans analyser concrètement le besoin qui justifie le projet.

Avant d'imposer un « comment » ou une solution, il faut se tourner vers l'utilisateur et/ou le demandeur, pour aboutir de manière structurée à la solution, car un projet n'a de sens que s'il satisfait le besoin.

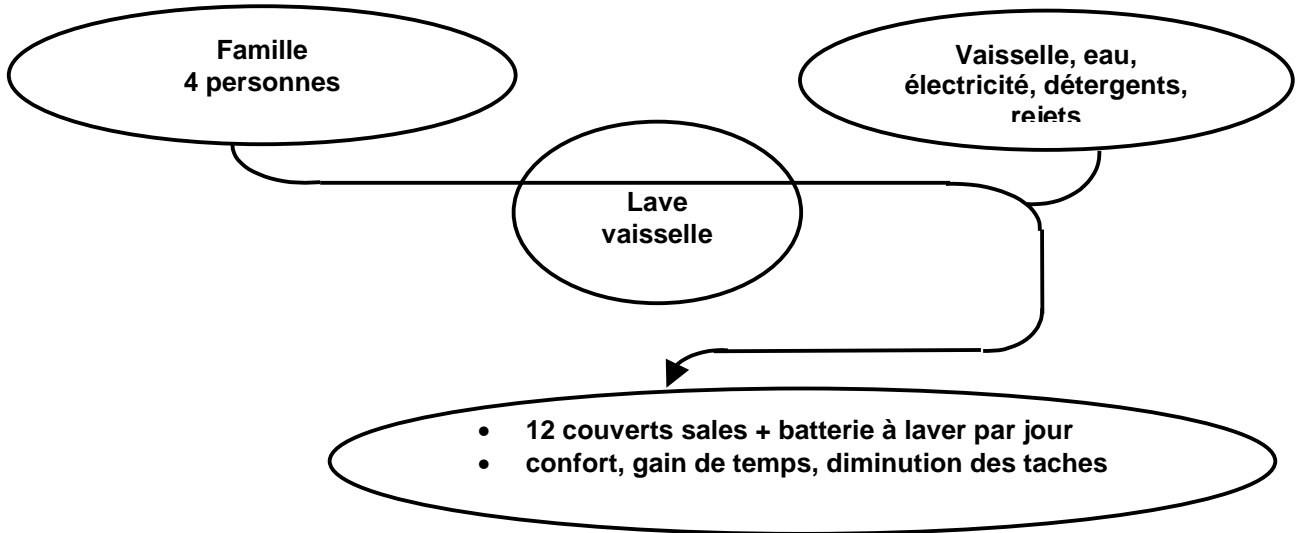
Il convient donc d'exprimer le besoin et rien que le besoin dès le lancement d'un projet. Il s'agit d'explicitier l'exigence fondamentale qui justifie la conception, ou la reconception d'un produit.



Pour cela, il est essentiel de se poser les trois questions suivantes :

- A qui, à quoi le produit rend-il service ?
- Sur qui, sur quoi agit-il ?
- Dans quel but ? (pour quoi faire?)

La bête à cornes est un outil de représentation de ces questions fondamentales.



4.3. LA PIEUVRE

Cet outil (issu de la méthode APTE) identifie les fonctions d'un système ou d'un produit, recherche les fonctions attendues et leurs relations dans *l'analyse fonctionnelle du besoin* (ou *analyse fonctionnelle externe*).

Fonctions principales : *Quelles sont les raisons pour lesquelles l'objet a été créé ?* Pour chaque phase de son cycle de vie, il s'agit d'identifier les relations créées par l'objet entre deux ou plusieurs éléments de son milieu d'utilisation (extérieur à l'objet). Il faut ensuite exprimer le but de chaque relation créée, chaque but détermine ainsi une fonction principale :

Une fonction principale est exprimée par 2 milieux extérieurs et un verbe.

Fonctions contraintes : *Quelles sont les contraintes auxquelles l'objet doit satisfaire ?* Pour chaque position d'utilisation, il s'agit de définir les contraintes imposées au produit par son milieu extérieur d'utilisation. Cela revient à identifier les relations entre l'objet et un élément du milieu d'environnement. Le but de ces relations est appelé fonction de contrainte.

Une fonction de contrainte est exprimée par 1 milieu extérieur et un verbe.

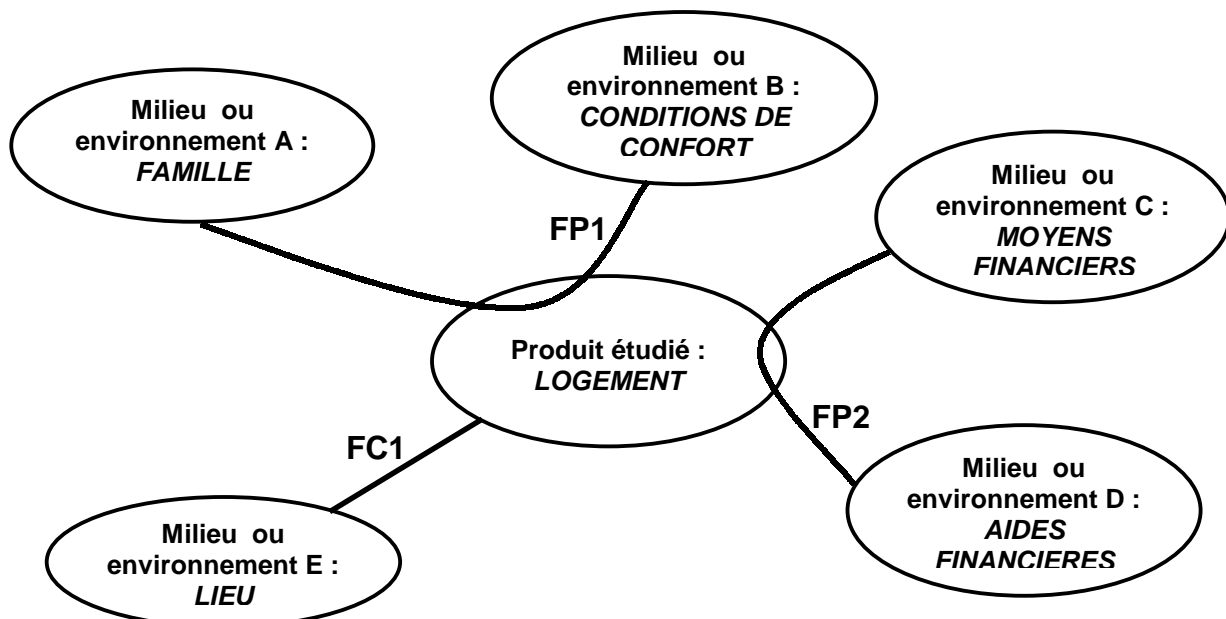
Elles peuvent parvenir de façon différente :

- contrainte imposée par l'action d'un élément du milieu extérieur,
- contrainte d'interface avec un produit existant,
- exigence particulière (de l'utilisateur).

La méthode de recherche des fonctions proposée est simple et repose sur les principes suivants :

- dans chaque situation de sa vie, le futur produit ou système va se trouver en contact direct avec un élément extérieur. Il convient donc d'abord de déterminer tous les éléments extérieurs au produit qui seront en contact avec lui.
- chaque fois que le produit ou le système permet de mettre en relation deux éléments du milieu extérieur, il y a un service rendu. Donc, en prenant tous les éléments du milieu extérieur 2 par 2, chaque fois qu'il sera possible d'exprimer un service rendu « ça sert à X en agissant sur Y », il y aura une fonction principale.
- chaque fois qu'un élément du milieu extérieur exerce une action sur le système, il y a une fonction de contrainte.

L'ensemble des relations entre les fonctions et l'objet vont être représentées dans « *la pieuvre* » :



L'identification des fonctions est très importante dans la vie d'un projet. D'une part, elles reflètent la description du besoin. D'autre part, elles donneront des pistes d'orientation sur le choix des différents scénarios à analyser.

Il est important que la formulation de la fonction soit indépendante des solutions susceptibles de la réaliser.

La pieuvre est un excellent outil de représentation des fonctions et de leur relations avec l'objet étudié. Son avantage principal est de présenter synthétiquement et de manière conviviale ce que la littérature décrirait dans un document très long et peu explicite.

4.4. LE TABLEAU FONCTIONNEL

Il permet une caractérisation des fonctions principales ou de contraintes.

CRITERES D'EVALUATION : paramètre retenu pour apprécier la manière dont une fonction est remplie ou une contrainte respectée

ECHELLE D'EVALUATION OU NIVEAU : repère dans l'échelle adoptée pour un critère d'appréciation d'une fonction

TOLERANCE ACCEPTEE :

flexibilité : indication sur les possibilités de moduler un niveau pour un critère

limites: niveau de critère d'appréciation au-delà ou en-deçà duquel le besoin est non satisfait (minimum, maximum)

FONCTION	CRITERE	NIVEAU	FLEXIBILITE, LIMITES
FP1 : Loger une famille dans les conditions normales de confort	C11 : Nombre de membres C12 : Nombre de chambres nécessaires	2 adultes,3 enfants 4 chambres	Aucune 3 chambres éventuellement
FP2: Définir le logement en fonction des moyens financiers disponibles, et des aides associées au type de logement	C21 : Aide personnalisée au logement C22 : Salaires du couple	Aucune 2 000€. Max	Aucune ± 130 €
FC 1 : Respecter les contraintes de lieu d'habitation actuelle	C31 : Ecole des enfants C32 : Lieu de travail du père C33 : Lieu de travail de la mère C34 : Nourrice	Aucun chgt Rayon de 30 km Rayon de 5 km Rayon de 5 km	Aucune 30 km Maximum + 2 km acceptables + 2 km acceptables

Source : A. Mamessier D.Villet, stage Lyon février 2000

4.5. LE F.A.S.T. : DE LA FONCTION GLOBALE A LA SOLUTION

Recenser et identifier les fonctions : Voir plus haut l'exemple de la marmite électrique

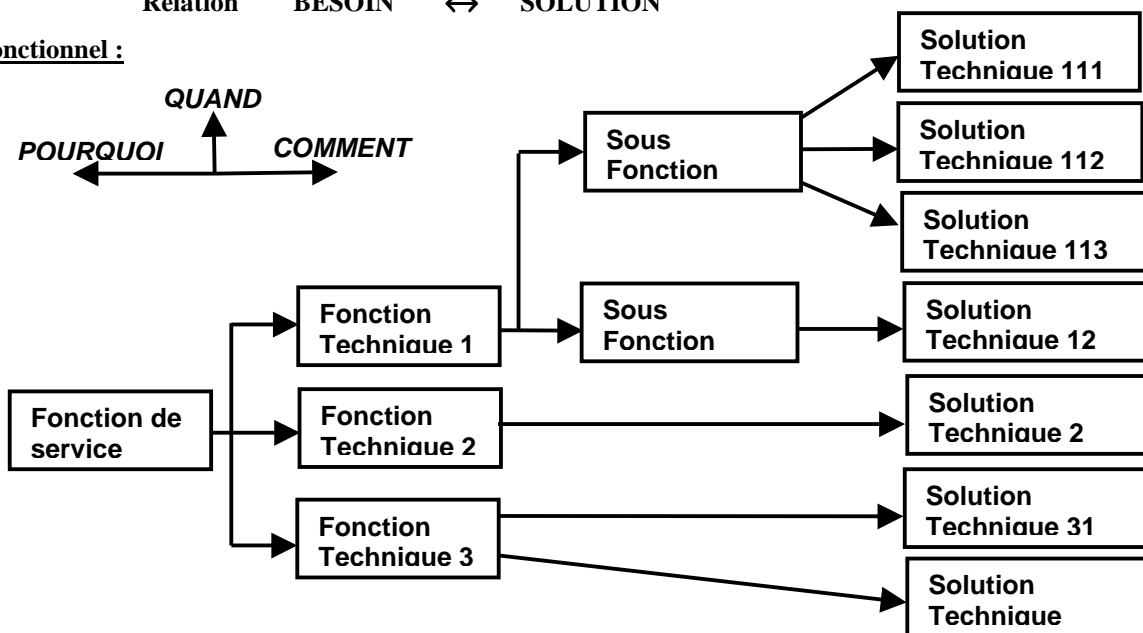
Analyse Fonctionnelle des systèmes techniques (Function Analysis System Technic)

Fonction globale → décomposition fonctionnelle → solutions techniques

Technique interrogative : Pourquoi ? Comment ? Quand ?

Intérêt : Relation BESOIN ↔ SOLUTION

Diagramme fonctionnel :

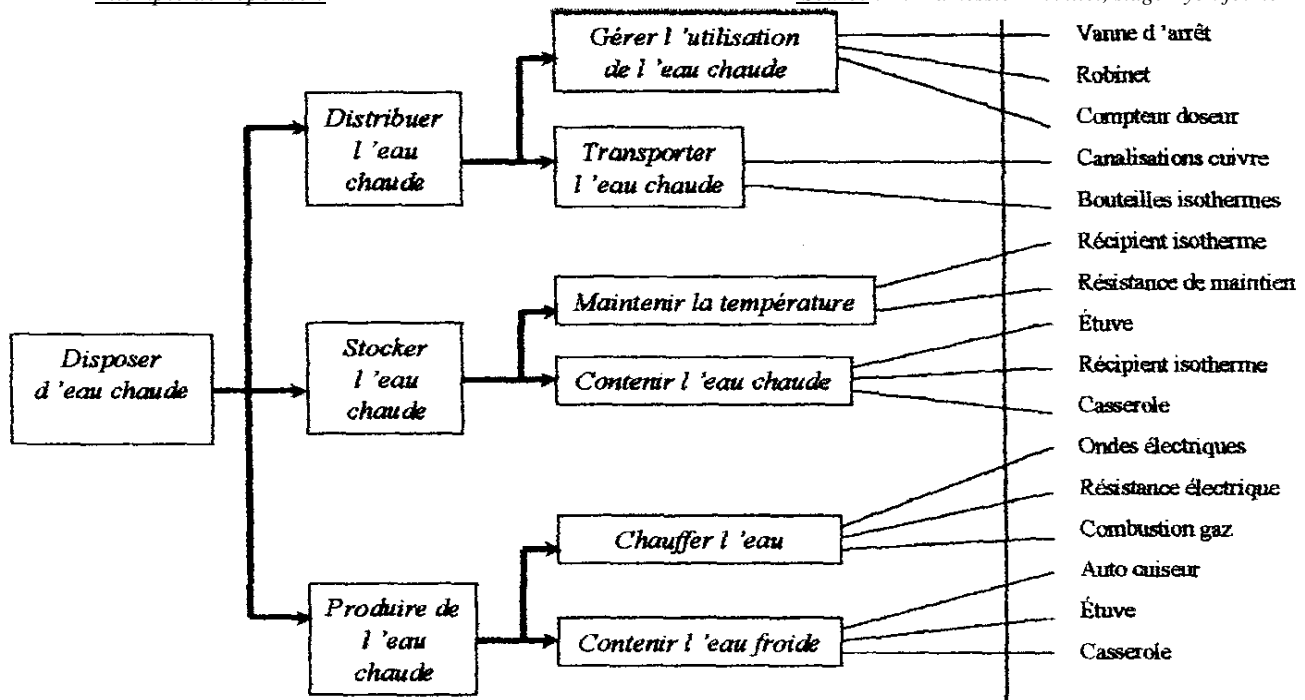


Exercice d'application :

Conduire une démarche d'analyse fonctionnelle d'un système de production d'eau chaude, afin d'éviter une liste exhaustive de l'ensemble des équipements.

Exemple de réponse :

Source : A. Mamessier D.Villet, stage Lyon février 2000



4.6. LE S.A.D.T. : ANALYSE DESCENDANTE ET LIENS INTER - FONCTIONNELLE

Technique structurée d'analyse et de modélisation des systèmes (Structured Analysis Design Technic)

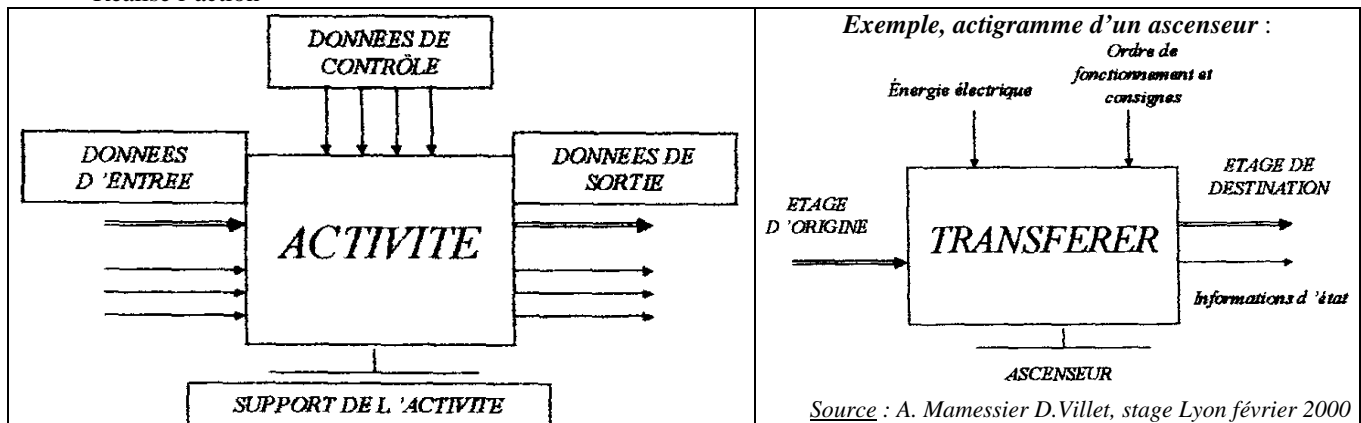
- Modéliser pour comprendre
- Discipliner la démarche d'analyse (descendre, grouper, hiérarchiser)
- Séparer le quoi du comment
- Modéliser la réalité (*actigramme, datagramme*)
- Formaliser de manière graphique (progression, concision, langage)
- Travailler en équipe (cycle auteur / lecteur)
- Consigner par écrit (documentation et mise à jour permanente)

Cette méthode fonctionnelle trouve son origine dans les langages procéduraux. Elle met en évidence les fonctions à assurer et propose une approche hiérarchique descendante et modulaire.

Elle utilise intensivement les raffinements successifs pour produire des spécifications dont l'essentiel est sous forme de notation graphique en diagrammes de flots de données. Le plus haut niveau représente l'ensemble du problème (sous forme d'activité, de données ou de processus, selon la méthode). Chaque niveau est ensuite décomposé en respectant les entrées/sorties du niveau supérieur. La décomposition se poursuit jusqu'à arriver à des composants « maîtrisables ».

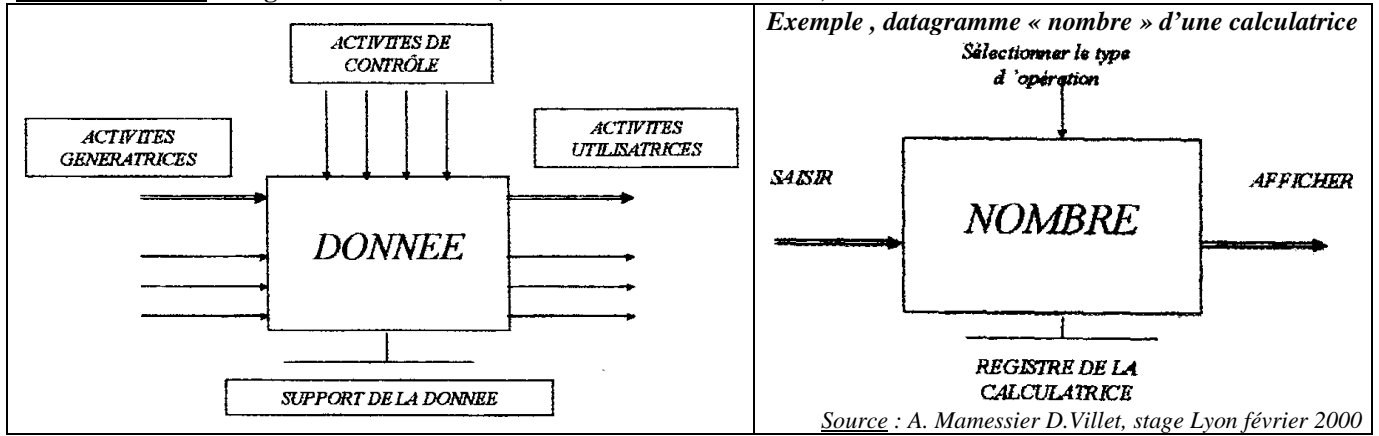
ACTIGRAMME : diagramme d'activité, d'action sur la matière d'œuvre (on utilise des activités)

- Transforme, modifie, change une donnée d'entrée (matière d'œuvre principale, matière d'œuvre secondaire)
- Utilise la potentialité du support de l'activité (le *processeur*)
- Génère une ou plusieurs donnée(s) de sortie (qui peut devenir une donnée d'entrée ou une donnée de contrôle pour l'activité suivante).
- Agit selon les données de contrôle éventuelles
- Réalise l'action



Source : A. Mamessier D.Villet, stage Lyon février 2000

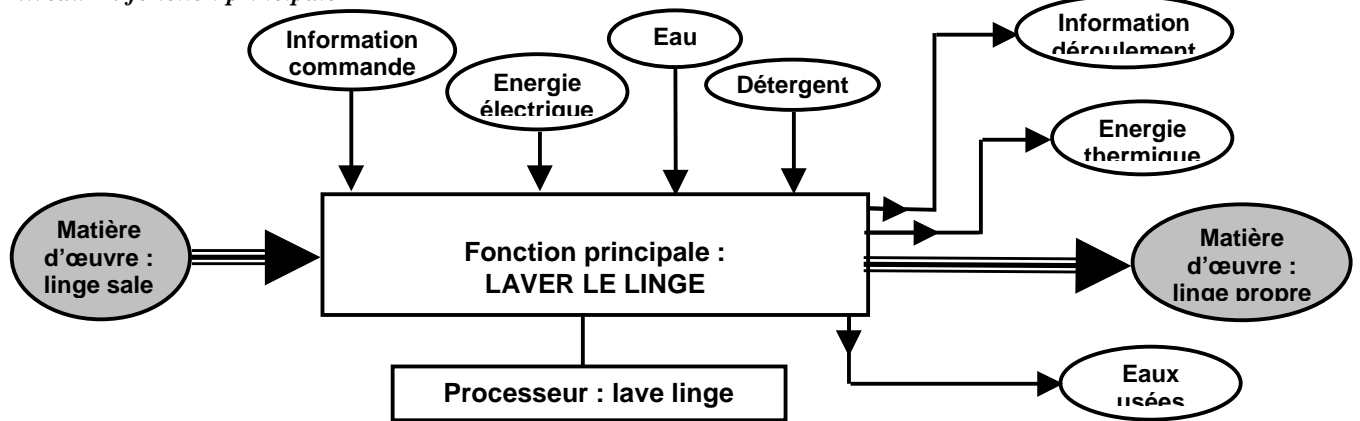
DATAGRAMME : diagramme de donnée (on intervient sur la donnée)



Exemple : Etude du lave linge

Source : Jacques Avril, ENNA Toulouse

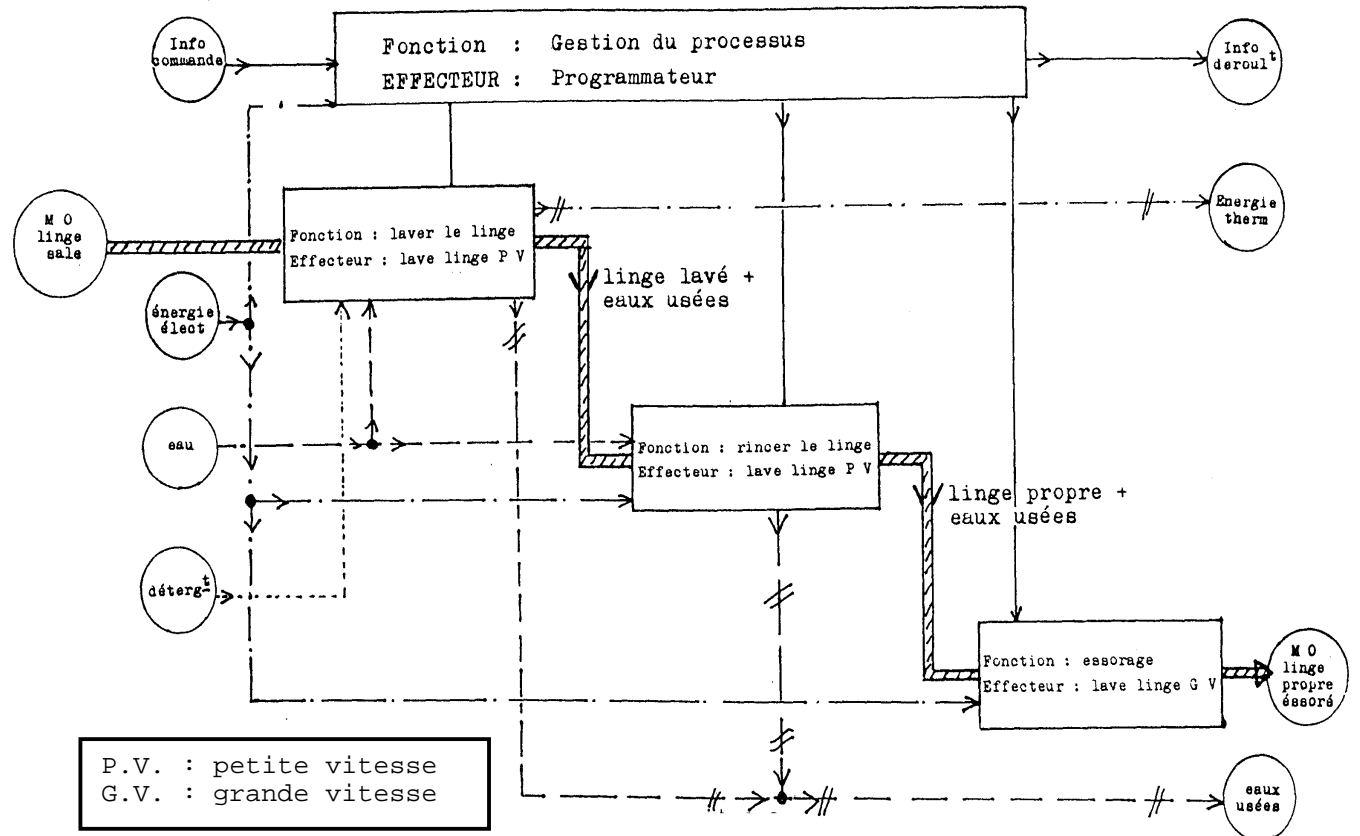
Niveau 1 : fonction principale



Le niveau 1 permet de définir le « tout » et de faire l'inventaire des entrées et des sorties

Niveau 2 : décomposition hiérarchisée en sous- fonctions et structures correspondantes

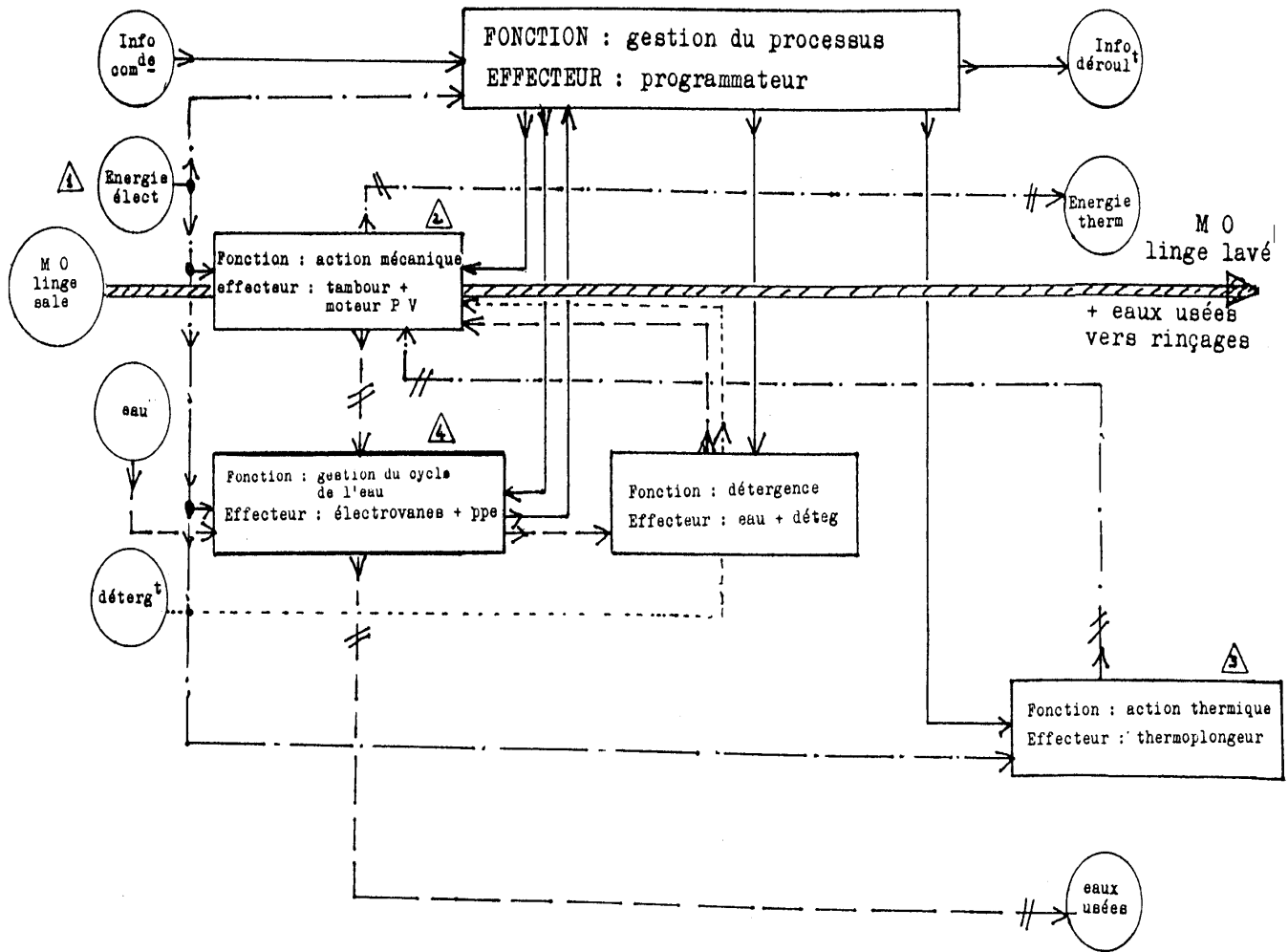
2a : schéma général



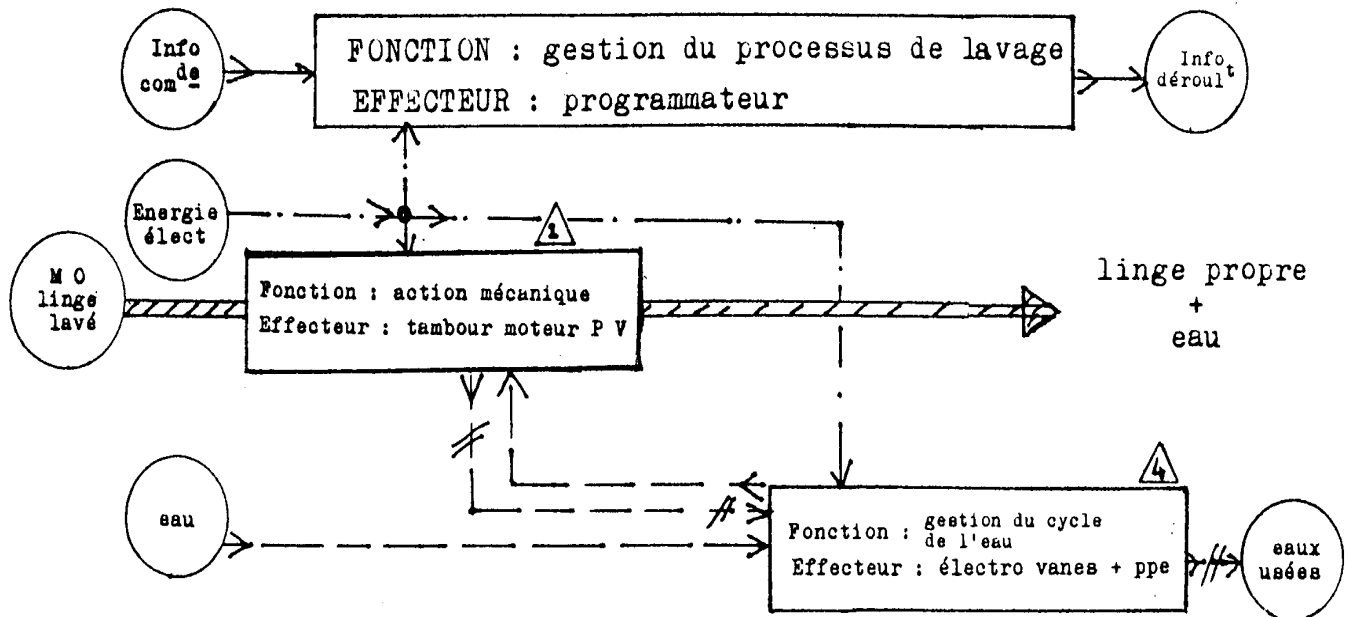
Le *processeur* est l'appareil qui effectue le processus d'une fonction principale

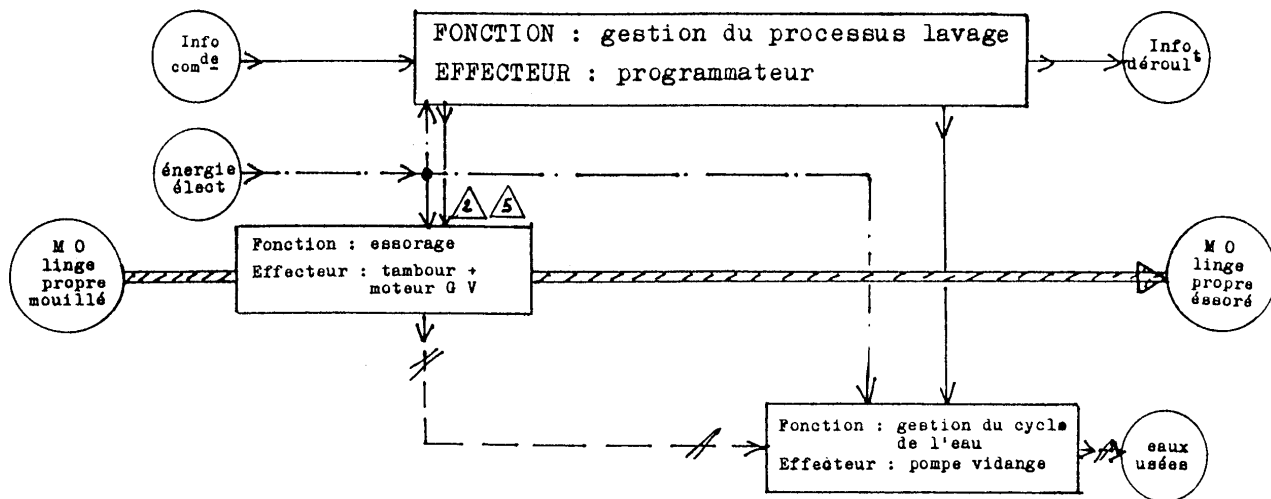
L'*effecteur* ou organe effecteur est l'organe d'un processeur qui effectue une *sous fonction principale*

2b : fonction lavage



2c : fonction rinçage (à répéter plusieurs fois)



2d : fonction essorage**4.7. C.D.C.F. CAHIER DES CHARGES FONCTIONNEL (APTE)**

Le Cahier des Charges Fonctionnel (CDCF) d'un projet est un document par lequel la maîtrise d'ouvrage exprime son **besoin** pour le projet. Ce besoin doit être formulé en termes de **fonctions** que le futur utilisateur aura à accomplir, ou que le système devra accomplir pour lui.

Le CDCF permet en outre :

- de provoquer chez le concepteur /réalisateur (prestataire) la conception et la réalisation du produit le plus efficient,
- de faciliter le dépouillement des propositions des prestataires,
- de favoriser le dialogue entre les partenaires.

Définition AFNOR : Document par lequel le demandeur exprime son besoin (ou celui qu'il est chargé de traduire) en terme de fonctions de services et de contraintes. Pour chacune d'elles sont définis des critères d'appréciation et leurs niveaux. Chacun de ces niveaux doit être assorti d'une flexibilité.

Le CDCF doit être rédigé indépendamment des concepts de solutions envisageables afin de laisser le plus grand éventail de concepts de solutions possibles. Le CDCF doit permettre au maximum l'expression du besoin dans les termes des différents utilisateurs selon les phases de l'état vivant du produit.

Méthodologie

Le cahier des charges fonctionnel relate les besoins exactes des utilisateurs. Pour ce faire, des entretiens sont menés et un groupe de travail est constitué.

Le Cahier des Charges Fonctionnel est la conclusion des travaux d'analyse de la valeur et d'analyse fonctionnelle qui symbolisent la démarche d'expression du besoin :

Orienter l'étude : Du général au spécifique. Le premier point de la démarche va donc consister à regarder le projet d'un œil extérieur, à prendre du recul, à se poser les bonnes questions :

Rechercher l'information : La recherche de l'information doit être canalisée et formalisée. C'est un processus constant tout au long du projet qui doit être mené rigoureusement dès le début du projet afin d'appréhender plus précisément les caractéristiques essentielles du besoin. Un excellent moyen de chercher l'information la plus pertinente et de la vérifier en même temps est de constituer un groupe de travail.

Traduire le besoin en fonctions : Le passage du besoin en fonction s'effectue au travers de l'analyse fonctionnelle qui recense, caractérise, ordonne, hiérarchise et valorise les fonctions.

Formaliser les travaux : Cette formalisation consiste à développer le Cahier des Charges Fonctionnel. Il reprendra les conclusions de l'analyse fonctionnelle

Contrôler le CDCF Besoin : Le contrôle du document est très important. En effet, on remarque que cette étape n'est généralement pas effectuée de façon optimale alors qu'elle est un frein aux dysfonctionnements qui peuvent apparaître beaucoup plus tard dans le projet.

Valider le CDCF Besoin : Il s'agit de s'assurer que le passage du besoin exprimé au besoin fonctionnel est conforme aux objectifs visés. C'est un travail qui peut s'avérer fastidieux et risqué si le volume d'information est important. L'objectif est donc ici de rendre efficace la validation en réduisant son domaine d'action et tout en conservant sa représentativité.

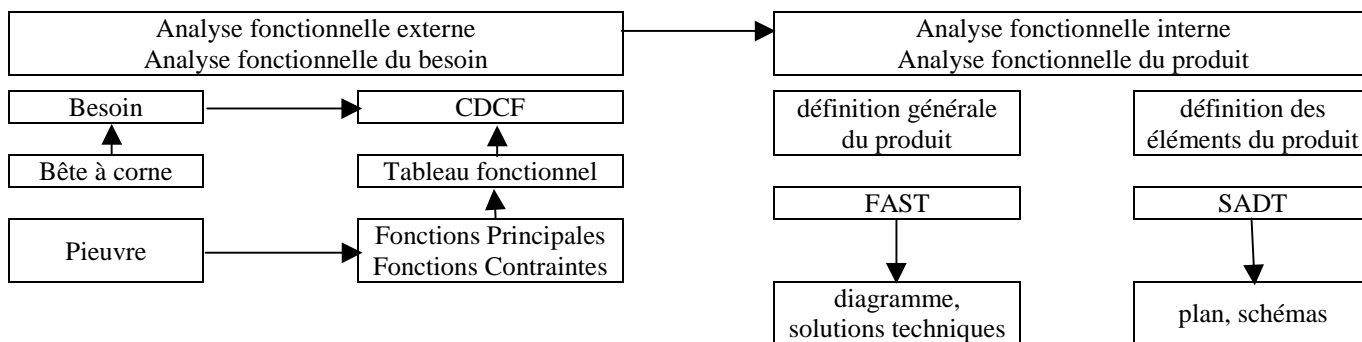
Les tentations sont souvent grandes de passer le besoin de l'utilisateur après les contraintes techniques ou organisationnelles. Pour éviter cela, il est nécessaire de suivre une démarche permettant de remonter au besoin, finalité du produit et ce, dès le départ : un produit n'a de sens que s'il satisfait le besoin d'un utilisateur.

Aussi, le CDCF favorise le dialogue entre le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre. Une relation privilégiée entre eux doit donc être entretenue à ce stade du projet. Le CDCF constitue une référence contractuelle entre les deux parties.

Enfin, il est souhaitable que toutes les parties prenantes (maître d'ouvrage, maître d'œuvre, utilisateurs, exploitants, ...) participent activement à l'élaboration du CDCF et donnent leur accord sur les différentes versions émises.

5. CONCLUSION

PANORAMA DE L'ANALYSE FONCTIONNELLE ET DE SES OUTILS :



L'analyse fonctionnelle est un outil performant pour recenser, caractériser, ordonner, hiérarchiser et valoriser les fonctions d'un produit. Elle permet d'avoir une vision claire des exigences attendues du produit. Ceci permet :

- d'aboutir sur un cahier des charges précis du produit attendu,
- de démarrer une analyse des risques (AMDEC PRODUIT) afin d'éradiquer tout défaut potentiel engendrant une non-teneur des spécifications, avant que la conception ne soit figée et part la même avant que le retour en arrière ne coûte trop cher,
- de démarrer une analyse de la valeur afin d'obtenir le meilleur rapport Qualité/Prix. C'est à dire obtenir un produit qui ne réponde qu'aux spécifications demandées. Il ne sert à rien d'avoir un produit ou composants de produit ayant plus de fonctions que nécessaire car celles-ci auront un coût.

Au niveau du BTS ESF, l'enseignement des sciences et technologies de l'habitat et de l'environnement, d'après le référentiel, doit permettre aux professionnels titulaires d'un BTS d'intervenir dans le cadre des fonctions suivantes :

• Aide à la conception et à la promotion de produits et de services,	• Analyse de situations
• Expertise et conseil technique	• Conciliation des attentes et des aspects techniques
• Proposition de réponses	

Un technicien supérieur doit atteindre différents niveaux d'expertise :

- « Observateur » de systèmes existants (analyser, comprendre ...)
- « Prescripteur » de systèmes en phase de conception (conseiller, guider ...)
- « Formateur » pour l'aide à l'exploitation des équipements

Il convient pour atteindre ces objectifs de créer un état d'esprit « analyse fonctionnelle », ses outils ne sont pas à enseigner en tant que tel mais plutôt à introduire ponctuellement et selon le besoin dans des études de cas.

A d'autre niveaux d'enseignement, l'analyse fonctionnelle offre une démarche pédagogique performante pour construire des savoirs et **former** les élèves, futurs professionnels mais aussi futurs citoyens et consommateurs : leur "**apprendre à comprendre**", à analyser, à démystifier une situation, une solution technique, un besoin, à rechercher et mettre en évidence les relations entre causes et conséquences, à maîtriser des choix.

Quelques sites internet à consulter :

Sur le site de l'académie de Toulouse : <http://www.ac-toulouse.fr/biotech-sante-envir/>

Sur le site de l'académie de Nantes : <http://www.ac-nantes.fr/peda/disc/bio/enseignt/scienappl/scienappl.htm>

Méthode analyse fonctionnelle : <http://www.ifrance.com/accessit/AccessitSite/FichesOutils/Analyse%20fonctionnelle.htm>

Sur <http://www.qualiteonline.com/> http://www.qualiteonline.com/rubriques/rub_3/dossiers/20.html

Le SADT: méthode d'analyse fonctionnelle et de gestion de projets :

<http://www-ic2.univ-lemans.fr/~alissali/Enseignement/Polys/GL/node50.html>

La Méthode APTE d'analyse fonctionnelle et analyse de la Valeur : http://www.methode-apte.com/methode_apte.htm

La méthode AMDEC : http://www.cyber.uhp-nancy.fr/demos/MAIN-003/chap_deux/index.html

Quelques documents à télécharger sur Internet

Systémique et analyse fonctionnelle: <http://www.ac-guadeloupe.fr/Cati971/FORMAT/spc/sti/systemique/>

Guide de l'analyse fonctionnelle : http://rb.ec-lille.fr/l/Analyse_fonctionnelle/RemiBacheletGuideDe_1_AF.PDF

et http://rb.ec-lille.fr/l/Analyse_fonctionnelle/RemiBacheletAnalyseCompleteEco-marathon.PDF

Analyse fonctionnelle de rayonnages de bureau et archives : <http://www.minefi.gouv.fr/daj/guide/gpem/etageres/chap4.pdf>

Analyse fonctionnelle du besoin en jeux et jouets : <http://www.minefi.gouv.fr/daj/guide/gpem/5731/chap3.pdf>

Vous êtes libres :



de reproduire, distribuer et communiquer cette création au public



de modifier cette création

Selon les conditions suivantes :



Paternité. Vous devez citer le nom de l'auteur original de la manière indiquée par l'auteur de l'oeuvre ou le titulaire des droits qui vous confère cette autorisation (mais pas d'une manière qui suggérerait qu'ils vous soutiennent ou approuvent votre utilisation de l'oeuvre).



Pas d'Utilisation Commerciale. Vous n'avez pas le droit d'utiliser cette création à des fins commerciales.



Partage des Conditions Initiales à l'Identique. Si vous modifiez, transformez ou adaptez cette création, vous n'avez le droit de distribuer la création qui en résulte que sous un contrat identique à celui-ci.

- A chaque réutilisation ou distribution, vous devez faire apparaître clairement aux autres les conditions contractuelles de mise à disposition de cette création.
- Chacune de ces conditions peut être levée si vous obtenez l'autorisation du titulaire des droits.
- Rien dans ce contrat ne diminue ou ne restreint le droit moral de l'auteur ou des auteurs.

PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT ET APPROCHE FONCTIONNELLE DES PRINCIPAUX EQUIPEMENTS DE CUISINES PROFESSIONNELLES

1. FONCTIONS DES APPAREILS DE CUISSON ET DE MAINTIEN OU DE REMISE EN TEMPERATURE

1.1. FONCTION D'USAGE (A quoi sert l'appareil ?)

Assurer un processus de cuisson (modes divers : rôtir, braiser, frire, etc. . .) ou de remise en température des aliments,

- en respectant les contraintes réglementaires et les mesures d'hygiène liées à la qualité sanitaire et à la sécurité du personnel,
- en préservant les qualités organoleptiques des produits et en limitant les pertes nutritionnelles des denrées.

dans le cadre d'une cuisine professionnelle (cuisson de quantité importante dans un minimum de temps en restauration collective)

1.2. FONCTIONS PRINCIPALES :

ELEVER LA TEMPERATURE DES ALIMENTS

Produire la chaleur de cuisson et de réchauffement des aliments:

Quelle est la source d'énergie ? Comment la chaleur est-elle produite ?

- par **combustion**, par l'intermédiaire de **brûleurs** : transformation de l'énergie chimique potentielle du gaz en énergie thermique au cours d'une réaction exothermique.
- par **effet Joule** : transformation de l'énergie électrique en énergie calorifique dans des **résistances électriques**.

Remarque : la répartition de la chaleur par les surfaces de chauffe doit être la plus homogène possible,

- par l'intermédiaire d'**ondes électromagnétiques (OEM)** :
 - dans le **foyer à induction**, l'énergie électrique du réseau est utilisée pour émettre un champs magnétique de haute fréquence qui induit des courants électriques (courants de Foucault) dans la masse du récipient culinaire en métal ferro-magnétique, ce courant induit produit alors de la chaleur par effet Joule.
 - dans l'**enceinte à micro-ondes**, transformation d'énergie électrique en énergie rayonnante qui, absorbée par le produit culinaire, se transforme alors en chaleur : la fréquence des micro-ondes entraîne la mise en mouvement de molécules polarisées (essentiellement l'eau) et donc une augmentation de l'agitation moléculaire et une production de chaleur dans l'aliment.

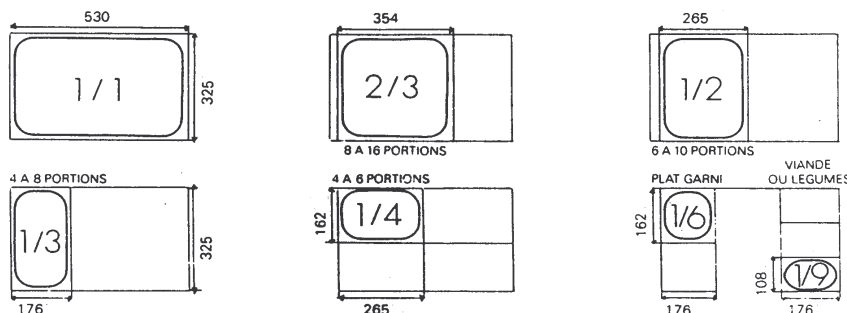
Transmettre la chaleur à l'aliment, suivant son mode de cuisson : (Comment la chaleur est-elle transmise aux aliments ?)

- par contact direct (**conduction** : *propagation de la chaleur dans toutes les direction au sein des solides*) avec l'aliment (grill, plaque à snacker) ou le récipient, contact éventuellement amélioré par la présence d'un corps gras ou aqueux : grillades, poêlage, sautés, braisés.... Suivant l'appareil la chaleur est transmise au récipient par conduction, convection ou rayonnement.
- par l'intermédiaire d'un fluide (**convection** : *propagation de la chaleur vers le haut au sein des liquides et gaz*) : huile (friture), eau (court-bouillon, marmite, bain-marie...), vapeur d'eau, air (cuisson à chaleur sèche dans un four à convection)
- par **rayonnement infrarouge (absorption par un corps d'OEM émises par un autre corps plus chaud à travers un milieu transparent)** : salamandre, rôtissoire, barbecue, fours ...
- par transfert de **l'énergie latente de changement d'état** d'un fluide (*liquéfaction exothermique gaz - liquide*) : cuisson à la vapeur
- par combinaison de plusieurs modes de propagation : four, brûleurs découverts

CONTENIR LES ALIMENTS ET/OU LE FLUIDE DE CUISSON

Les appareils qui ne nécessitent pas de récipients (marmites, sauteuse, friteuses ...) présentent une cuve adaptée à cette fonction. Les appareils professionnels conçus pour recevoir des ustensiles (paniers, récipients, bacs, plats, grilles, barquettes...etc.) doivent présenter des dimensions intérieures définies par la norme NF H 00-054 AFNOR à partir d'un module de base dit « **Gastronorme** »

GN 1/1 = 530 x 325 mm



GN 2/1	GN 2/3	GN 1/2	GN 1/3	GN 1/4	GN 1/6	GN 1/9
650 x 530 mm	325 x 352 mm	325 x 265 mm	325 x 176 mm	162 x 265 mm	162 x 176 mm	108 x 176 mm

1.3. FONCTIONS COMPLEMENTAIRES

Réguler l'appareil (Comment maîtriser le fonctionnement ?)

- **Doser la production d'énergie thermique**

$$\text{ENERGIE} = \text{PUISSANCE} \times \text{TEMPS} \quad E = P \times t$$

Selon l'appareil on agira donc sur la **puissance** ou sur le **temps**

- ⇒ Sélecteur de puissance
- ⇒ Réglage de l'allure par séquenceur ou doseur d'énergie gradué
- ⇒ Capteur de raccordement à un automate de gestion de l'énergie

- **Asservir la production de chaleur à un paramètre**

- ⇒ **Température du produit**, de l'atmosphère d'une enceinte, du fluide de cuisson
régulation thermostatique par thermostat électronique ou électromécanique, à bulbe, à sonde ..
- ⇒ **Temps** : réglage des temps de cuisson par minuteur, programmeur, chronorupteur ...

Commander

- ⇒ Interrupteur, relais électromagnétique, clavier, contacteurs.....

Programmer le fonctionnement dans le temps

- **Fixer horaires et durées** : minuterie, horloge, programmeur
- **Mémoriser les cycles de cuisson** : microprocesseur et mémoire

Informar l'utilisateur

- ⇒ **Témoin de mise en température**
- ⇒ **Signal de fin de cuisson (visuel ou sonore)**
- ⇒ **Eclairage de l'enceinte**

Assurer la sécurité (Comment assurer une utilisation sans danger ?)

- **Pour le personnel, éviter :**

- ⇒ Brûlures : **isolation** des parois, des poignées et des couvercles, blocage des portes.
- ⇒ Coupures, accrochages, écorchures : **pas d'arêtes vives**
- ⇒ Déversement (marmite, sauteuse, friteuse) : robinet encastré, blocage de basculement.
- ⇒ Surpression, explosion, jet de vapeur, brûlure : **soupape de sécurité**
- ⇒ Risques liés au gaz (intoxication, explosion) système de coupure automatique (à **thermocouple**, à **ionisation de flamme**)
- ⇒ Risques liés à l'électricité : blindage des éléments chauffants, **mise à la terre et disjoncteur différentiel**, interrupteur d'arrêt d'urgence, isolation électrique et indice de protection (**IP**)

- **Pour la préparation alimentaire, éviter :**

- ⇒ Manque d'hygiène, nettoyage difficile : **angles arrondis, pas de recoins, démontage facile, matériaux inoxydables**

- **Pour l'appareil, l'environnement et le local, éviter :**

- ⇒ Surchauffe (incendie, détérioration du matériel) : **limiteur de température**
- ⇒ Risques de courts-circuit ou surtension : **isolation électrique, fusibles**

Limiter les pertes d'énergie

- ⇒ qualité de l'**isolation thermique**

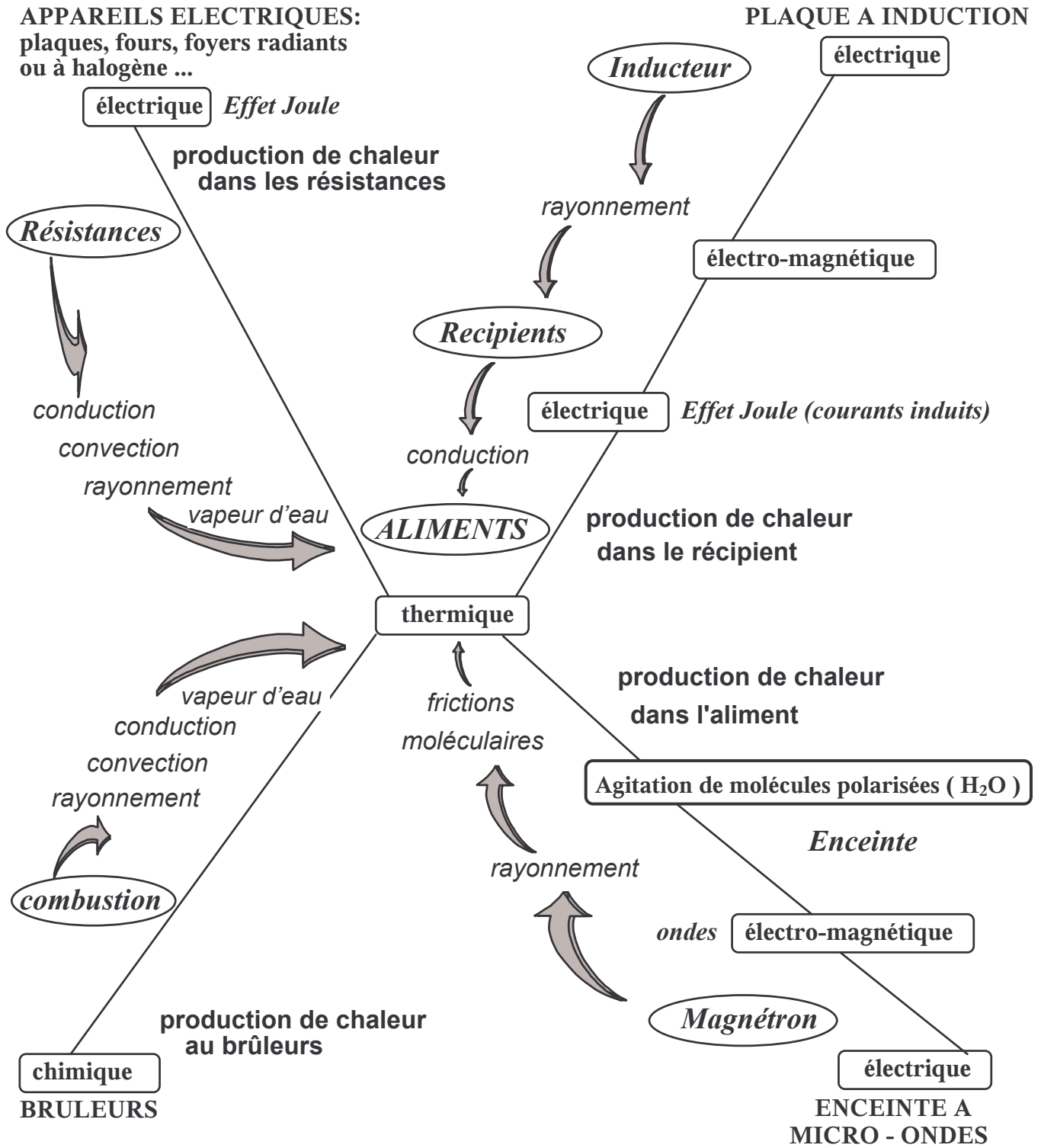
Permettre l'entretien et une utilisation ergonomique

- ⇒ confort d'utilisation, facilité de manipulation, qualité des conditions de travail,
- ⇒ facilité de l'entretien et du nettoyage, respect de l'hygiène et de la qualité sanitaire,

Chaque appareil doit être nettoyé et désinfecté régulièrement selon un **protocole de bionettoyage** spécifique qui définit :

Quoi ?	Appareil.	Eléments à nettoyer, surfaces sensibles
Qui ?	Responsable	Personne affectée à l'opération de nettoyage
Où ?	Lieu	Nettoyage sur place, en plonge, en machine à laver
Quand ?	Séquence	Moment du nettoyage, en production ou en fin de service
	Fréquence de nettoyage	1 fois par heure, par service, par jour, par semaine ...
Comment ?	Matériel et outils de nettoyage	Raclette, seaux, éponges, lavettes, tampons, brosse, pulvérisateur, doseur ...
	Produit utilisé	Détergent - désinfectant, décapant alcalin, détergent - dégraissant
	Méthode	<ul style="list-style-type: none"> • Prénettoyage : éliminer les souillures et résidus alimentaires • Nettoyage - désinfection : concentration du produit, temps d'action, action mécanique, température • Rinçage • Séchage éventuel
	Règles de sécurité	pour le personnel et l'appareil
	Autocontrôle	Contrôle visuel, boîte de Pétri, prélèvement de surface

**PRINCIPE DES APPAREILS DE CUISSON ET DE MAINTIEN OU DE REMISE EN TEMPERATURE :
 PRODUIRE DE LA CHALEUR, C'EST A DIRE REALISER LA TRANSFORMATION D'UNE FORME D'ENERGIE EN ENERGIE THERMIQUE PUIS LA TRANSMETTRE AUX ALIMENTS:**



2. APPROCHE FONCTIONNELLE DES APPAREILS FRIGORIFIQUES PROFESSIONNELS

2.1. FONCTIONS D'USAGE

Il s'agit d'abaisser ou maintenir la température d'aliments à une valeur qui permette sa conservation, soit en *froid positif* (réfrigération), soit en *froid négatif* (congélation) en respectant les contraintes réglementaires et les règles d'hygiène. Contrairement au domaine domestique des réfrigérateurs – congélateurs, ces différentes fonctions sont remplis par des appareils professionnels bien différenciés :

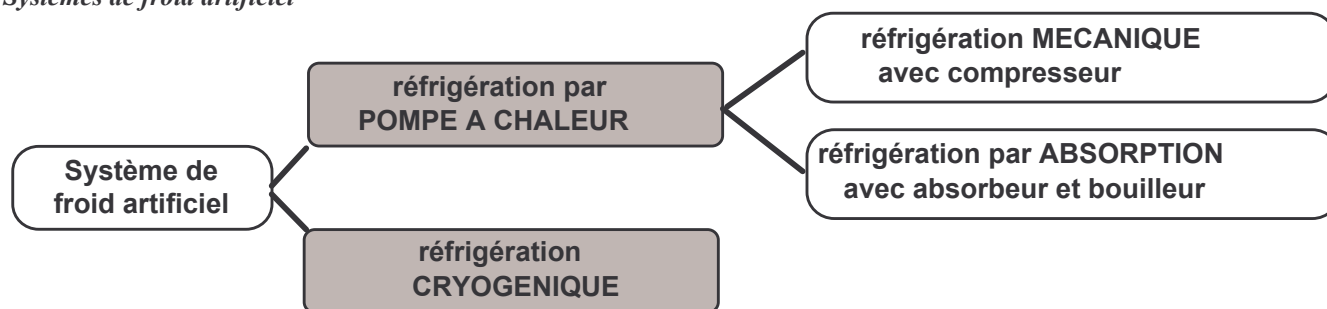
FONCTION D'USAGE		APPAREILS
Conserv des denrées	à une température positive ($> 0\text{ °C}$)	Armoires et chambres froides positive
	à une température négative (stockage des surgelés)	Armoires et chambres froides négatives
Refroidir des denrées	à une température positive (liaison froide positive)	Cellules de refroidissement rapide
	à une température négative (liaison froide négative)	Cellules de congélation rapide

2.2. FONCTION PRINCIPALES

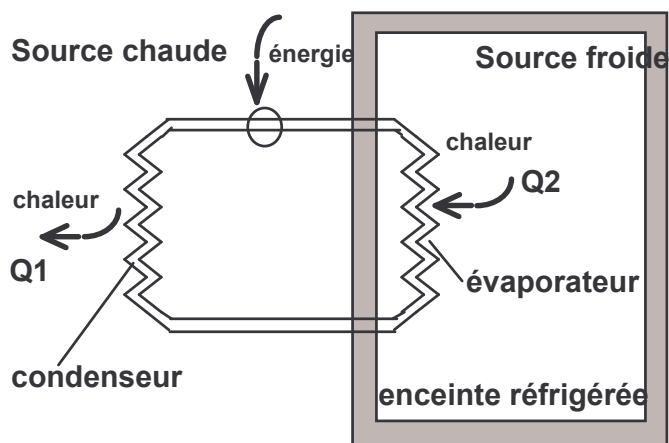
2.2.1. Produire du froid dans une enceinte isolée

Il existe deux solutions techniques pour produire du froid dans une enceinte isolée : la cryogénie et la machine frigorifique (ou pompe à chaleur) qui présente deux variantes : groupe mécanique (le plus utilisé) ou groupe à absorption (utilisation spécifiques : frigo-bar, entrepôts frigorifique, réfrigérateur non électrique).

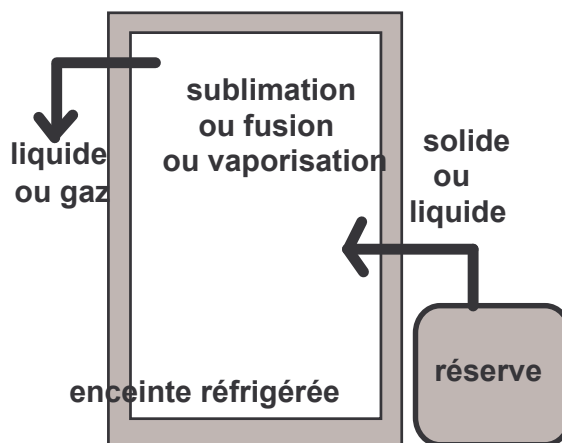
Systèmes de froid artificiel



Cas de la pompe à chaleur :



Cas de la réfrigération cryogénique :



2.2.2. Contenir les aliments

Ces appareils doivent être conçus pour recevoir des plats, bacs, barquettes et grilles aux dimensions GN (Gastronorme) définies par la norme NF H 00-054 AFNOR.

2.3. FONCTIONS COMPLEMENTAIRES

2.3.1. Informer l'utilisateur

La température de l'enceinte ou des produits est affichée à l'extérieur par un écran à diodes lumineuses ou à cristaux liquides.

2.3.2. Assurer la traçabilité

La température de l'enceinte ou des produits est enregistrée sur support papier ou magnétique. Des thermomètres enregistreurs de contrôle avec visualisation extérieure sont obligatoires sur les chambres froides stockant de la viande hachée et des plats préparés à l'avance ainsi que sur les appareils utilisés en restauration différée (liaison froide) et les chambres froide de volume supérieur à 10 m³.

2.3.3. Assurer la sécurité

des aliments	<ul style="list-style-type: none"> choix des matériaux conformes aux règles d'hygiène (norme NF), alarme en cas de dysfonctionnement et de dépassement de la température de conservation.
des utilisateurs	<ul style="list-style-type: none"> conformité de l'alimentation et de l'isolation électrique (Norme NF et UTE), impossibilité d'un enfermement éventuel à l'intérieur de l'appareil : les portes des chambres froides doivent obligatoirement pouvoir s'ouvrir de l'intérieur, même si elles sont fermées à clef de l'extérieur. Les chambres froides de plus de 10 m³ doivent comporter une alarme sonore déclenchable de l'intérieur.
de l'appareil	<ul style="list-style-type: none"> vérification de la conformité de l'appareil aux normes, respect des prescriptions du fabricant concernant installation, conditions de fonctionnement et maintenance

2.3.4. Permettre l'entretien

Utilisation de matériaux (inox, matières plastiques) et conception (pas de recoins, ni d'angles vifs, ni de zones difficilement accessibles ...) qui facilitent le nettoyage et la désinfection.

2.3.5. Organiser le rangement rationnel des denrées

Bacs spécifiques, crochets, portiques, clayettes, étagères ... Possibilité d'étiquetage

2.3.6. Limiter les pertes de froid

L'isolation thermique de l'enceinte doit être performante. Sont en général utilisées des mousses de polyuréthane dont la conductivité thermique λ est de l'ordre de 0,030 W.m⁻¹°C⁻¹.

2.3.7. Déplacer l'appareil

La présence de roulettes à blocage sur les appareils de petit volume permet de faciliter le nettoyage - désinfection des locaux.

2.4. ETUDE FONCTIONNELLE COMPARATIVE DES CELLULES DE REFROIDISSEMENT ET DE CONGELATION RAPIDE MECANIQUE ET CRYOGENIQUE

CADRE D'UTILISATION DE L'APPAREIL : la restauration différée

FONCTION D'USAGE : refroidir puis éventuellement congeler les plats cuisinés à l'avance conformément à la réglementation en vigueur : moyens imposés (température à cœur du produit passant de 60 °C à 10 °C en moins de 2 h) ou permettant d'atteindre des objectifs préalablement fixés et validés.

FONCT. TECH. PRINCIPALES	SOLUTIONS TECHNIQUES		COMMENTAIRES	
			Principe :	
1°) abaisser la température des produits	Machine frigorifique à froid		échanges thermiques dus aux changements d'état d'un fluide	
	mécanique	cryogénique	froid mécanique	froid cryogénique
en froid positif et négatif	en froid négatif (surtout)	transformations subies par un fluide frigorigène (1) dans le cycle de Carnot d'une pompe à chaleur	détente et vaporisation d'un fluide cryogénique (N ₂ ou CO ₂)	
extraire la chaleur des produits	évaporateur	détendeur et buses d'injection	vaporisation endothermique du fluide à basse pression	détente du fluide cryogénique dans l'enceinte et vaporisation endothermique au contact des produits
	détendeur		abaisse la pression du fluide pour permettre sa vaporisation	
optimiser l'échange thermique	ventilateurs	ventilateurs	augmentation de la vitesse de circulation de l'air et donc de la fréquence des échanges	favorisent le contact entre fluide et produits
évacuer la chaleur	condenseur à eau ou à air	conduit d'évacuation	liquéfaction du fluide à haute pression (exothermique)	évacue le fluide gazeux vers l'extérieur
faire circuler le fluide	moto - compresseur et circuit fermé de canalisation	réservoir et canalisation	augmentation de la pression du fluide et consommation d'énergie (⇒ Puissance électrique absorbée, coût énergétique)	fonctionnement avec consommation et perte de fluide (⇒ coût fluide, renouvellement du stock à prévoir)
2°) contenir les produits	enceintes avec clayettes ou échelles ou chariots aux dimensions normalisées		plats ou barquettes normalisées GN : Gastronomique (ou EN : Euronorme)	
	capacité nominale en kg de produit par cycle de refroidissement		capacité ou nombre de cellules adaptées à la production (rythme, quantité, conditionnement, nombre de rationnaires)	

Remarque (1) Les fluides frigorigènes frigorifiques doivent être stables et inertes vis à vis des matériaux avec lesquels ils sont en contact, ininflammables, non toxiques et non explosifs ; ils doivent avoir un point d'ébullition aussi bas que possible et une chaleur latente de vaporisation aussi grande que possible.

L'emploi des CFC (*chlorofluorocarbones*, appelés souvent improprement sous le nom de marque **Fréon**), en grande partie responsables de la destruction de la couche d'ozone, sont interdits depuis début 1996, ceux-ci devant être remplacés par des

hydrochlorofluorocarbones (HCFC) jusqu'en 2030 ou de préférence par des **hydrofluorocarbones (HFC)** et des **fluorocarbones (FC)**.

La **réglementation européenne** interdit depuis 1er janvier 2004, la production et la mise sur le marché d'équipements neufs contenant des **HCFC**. La récupération des gaz **HCFC**. est obligatoire. Le contrôle de l'étanchéité de l'installation doit être réalisé au moins une fois par an. Au 1er janvier 2010, le rechargement des installations au cours d'opérations d'entretien de maintenance avec des **HCFC**. neufs sera interdit. Au 1er janvier 2015, le rechargement des installations au cours d'opérations d'entretien de maintenance avec des **HCFC**. recyclés sera interdit.

Les **fluorocarbones (FC)** comme sont sans effet sur l'ozone, mais ils contribuent, ainsi que les **hydrofluorocarbones (HFC)** de façon directe et importante à **l'effet de serre** : une molécule de ces composés est équivalente, selon sa composition à plusieurs milliers de molécules de CO_2 . Il est probable que dans le futur, l'usage de tout dérivé halogéné sera proscrit, il faudra alors modifier profondément les systèmes frigorifiques.

Les fluides frigorigènes (CFC, HCFC ou HFC) sont notés **Rxyz** (ou x, y et z sont des nombres entiers) et leur formule générale est : $C_{(x+1)} H_{(y-1)} F_z Cl_{(2x+5-y-z)}$

Si $x = 0$ on ne l'indique pas. Le cas $y=1$ (pas de H) correspond aux CFC ou aux FC.

CFC		HCFC		HFC		FC	
R 11	$CFCl_3$	R 21	$CHFCl_2$	R 23	CHF_3	R 14	CF_4
R 12	CF_2Cl_2	R 22	CHF_2Cl	R 125	CF_3CHF_2	R 116	C_2F_6
R 13	CF_3Cl	R 123	CF_3-CHCl_2	R 134	CF_3-CH_2F		
R 113	$C_2F_3Cl_3$	R 124	$CF_3-CHClF$	R 152	CH_3-CHF_2		
R 114	$C_2F_4Cl_2$						
R 115	C_2F_5Cl						

Les **R5xx** et **R4xx** sont des mélanges, par exemple **R502** mélange **R115 / R22**, **R402** mélange **R22 / R125 / R290**

FONCTIONS TECHNIQUES COMPLEMENTAIRES	SOLUTIONS TECHNIQUES	COMMENTAIRES
Réguler la température	thermostat à bulbe ou électronique	asservi le fonctionnement de la machine à la température à atteindre dans l'enceinte pour obtenir la température à cœur souhaitée
	sonde thermique	contrôle la température à cœur du produit
Réguler dans le temps	programmateur relié au thermostat	respect du couple temps/température en fonction de la puissance frigorifique, de la capacité nominale, des produits (épaisseur, nature ...)
Afficher la température	cadran d'affichage analogique ou digital	permet de surveiller visuellement et rapidement la descente en température au cours du cycle
Afficher le temps	cadran d'affichage analogique ou digital	permet de contrôler la durée du cycle
Enregistrer les températures et les durées	enregistreur ("mouchard")	contrôle à posteriori
Alerter	voyant ou (et) signal sonore	Alarme en cas de dysfonctionnement
Isoler thermiquement	enceinte isotherme, isolant thermique : polyuréthane, étanchéité de l'enceinte, joint de porte ...	limiter le flux de déperdition thermique
Assurer la sécurité des aliments	matériaux alimentaires (inox, aluminium, polypropylène ...)	innocuité alimentaire des matériaux destinés au contact des denrées alimentaires
	agrément LERPAC ou CNERPAC	attestation de conformité aux règles d'hygiène et attestation des performances au cahier des charges de l'AFF
Assurer la sécurité des utilisateurs	raccordement avec prise de terre et disjoncteur différentiel, indice de protection électrique (IP) élevé	protection contre l'électrocution
	poignée intérieure de décondamnation	
Assurer la sécurité de l'appareil	installation électrique conforme aux normes NF UTE et NF électricité	préservation de l'intégrité de l'appareil pour un fonctionnement optimal répondant à son usage
	notice du constructeur	respect des consignes d'installation, de fonctionnement, d'entretien.
Faciliter l'entretien	matériaux inoxydables	matériaux imputrescibles, lavables, résistants aux produits d'entretien (autorisé pour contact alimentaire)
	angles de l'habitable arrondis	accès facile lors du nettoyage, interdit les dépôts alimentaires et les agrégats de germes.

Vous êtes libres :



de reproduire, distribuer et communiquer cette création au public



de modifier cette création

Selon les conditions suivantes :



Paternité. Vous devez citer le nom de l'auteur original de la manière indiquée par l'auteur de l'oeuvre ou le titulaire des droits qui vous confère cette autorisation (mais pas d'une manière qui suggérerait qu'ils vous soutiennent ou approuvent votre utilisation de l'oeuvre).



Pas d'Utilisation Commerciale. Vous n'avez pas le droit d'utiliser cette création à des fins commerciales.



Partage des Conditions Initiales à l'Identique. Si vous modifiez, transformez ou adaptez cette création, vous n'avez le droit de distribuer la création qui en résulte que sous un contrat identique à celui-ci.

- A chaque réutilisation ou distribution, vous devez faire apparaître clairement aux autres les conditions contractuelles de mise à disposition de cette création.
- Chacune de ces conditions peut être levée si vous obtenez l'autorisation du titulaire des droits.
- Rien dans ce contrat ne diminue ou ne restreint le droit moral de l'auteur ou des auteurs.