

MÉTHODE D'ENSEIGNEMENT DE L'ÉLECTRONIQUE

*Département d'électronique de l'ENNA
et du lycée professionnel d'application Paris-Nord.*

Les systèmes et objets techniques auxquels se trouve confronté le technicien d'aujourd'hui étant de plus en plus complexes, il devient difficile sinon impossible de développer un enseignement de l'électronique dans lequel seraient répertoriées des solutions structurales applicables à toutes les situations existantes.

En conséquence, il apparaît, actuellement, hautement souhaitable de développer une méthode d'enseignement dans laquelle l'accent serait mis sur des invariants existants dans une démarche ou un matériel indépendamment du type de problème posé et de son niveau de complexité.

Le principal objectif de cette méthode est de fournir à l'élève le moyen d'acquérir la vision globale des systèmes, à l'intérieur desquels il aura à intervenir dans sa vie de technicien, par une sensibilisation puis une préparation méthodique à l'intervention sur des systèmes industriels. Par ce moyen, l'élève acquerra l'ouverture d'esprit et la rigueur de pensée indispensables au technicien lorsqu'il doit résoudre, choisir ou décider.

■ Notion de système

Un système est un « ensemble d'éléments en interaction dynamique, organisés en fonction d'un but ».

On peut diviser usuellement les systèmes en quatre grandes classes selon les deux critères suivants :

- ils ont été ou non, voulus, conçus et réalisés par l'homme ;

- ils sont constitués de matière vivante ou inorganique.

Il en résulte le tableau suivant :

Systèmes	Naturels	Artificiels
matériels	physiques	techniques
vivants	biologiques	sociaux

■ Systèmes techniques et systèmes mixtes

Définitions

Les systèmes que nous retiendrons afin de les étudier seront constitués pour tout ou partie d'objets techniques et devront posséder une **finalité externe**.

La finalité d'un système totalement ou partiellement technique, lorsqu'elle est externe, consiste à exercer une action définie, jugée utile sur l'environnement.

Un ensemble d'objets associés ou non à un ou plusieurs individus en relation avec ces objets ne constituera, à notre sens, un système que s'il satisfait directement un **besoin humain élémentaire** individuel ou collectif.

Un système ne sera qualifié de technique que s'il l'est totalement ; il ne comporte alors, dans son fonctionnement normal, que des objets techniques ; c'est

le cas des systèmes totalement automatisés dans lesquels l'homme n'intervient que pour les tâches de mise en marche, de surveillance, d'arrêt et de maintenance.

Un système dans lequel un ou plusieurs individus en relation avec un ou plusieurs objets techniques jouent un rôle ou des rôles actifs n'est que partiellement technique ; il ne sera donc pas appelé système technique mais **système mixte** « homme(s)-objet(s) technique(s) ».

Remarques :

Un système technique possède toujours une finalité externe ; on dit qu'il remplit une fonction nommée : **fonction d'usage** prédéfinie, s'imposant à lui et justifiant son existence.

Des systèmes mixtes « homme(s)-objet(s) technique(s) » peuvent posséder, comme les systèmes techniques, une finalité externe ; d'autres peuvent, cependant, posséder une finalité interne créée par lui et justifiant son comportement. En pratique l'enseignant n'abordera que des systèmes à finalité externe car ce sont les seuls pour lesquels une fonction peut être clairement définie.

Identification

Partant en général d'un dispositif technique et de documents divers (schémas « synoptiques » et structurels indispensables, notices d'utilisation et de maintenance souhaitées), l'enseignant devra déterminer si ce dispositif possède l'**autonomie fonctionnelle**, c'est-à-dire satisfait à lui seul le besoin humain élémentaire pour lequel il a été conçu.

Dans l'affirmative, le dispositif sera appelé **système**. Sinon, l'enseignant devra rechercher et identifier les autres dispositifs et (ou) individus qui, associés au dispositif initial, constituent un ensemble possédant l'autonomie fonctionnelle et, partant, un système.

On ne peut donc, en définitive, cerner un système technique ou mixte que si l'on a identifié au préalable le besoin humain auquel il répond.

Un dispositif technique se décompose en un ou plusieurs **objets techniques** apparaissant comme autant d'unités physiques. Chacun des objets techniques, constitutifs d'un système, remplit une **fonction indispensable** à la réalisation de la fonction du système; l'absence d'un quelconque de ces objets techniques fera que le système ne pourra plus satisfaire le besoin élémentaire auquel il doit répondre; il en résulte que chaque objet technique est caractérisé par son **identité fonctionnelle** qui devra être définie. En d'autres termes, précisons de suite qu'un objet technique ne devra être étudié que par la constatation de ce qu'il fait.

Choix

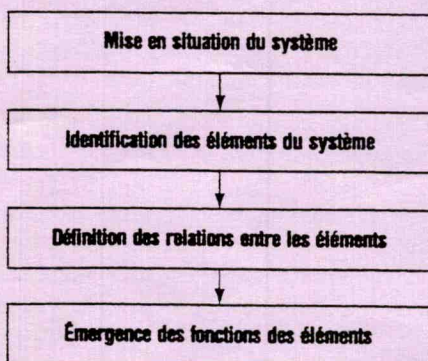
Les objectifs de formation ne permettent de retenir, parmi la multitude de sys-

tèmes existants, que certains d'entre eux, compte tenu des critères de choix suivants :

- **complexité suffisante** pour justifier d'une approche systémique, relativement au niveau de compréhension, aux acquis, au patrimoine de connaissances des apprenants;
- **complexité maîtrisable** par les apprenants, compte tenu de la durée obligatoire limitée de l'étude d'un système (*remarque*: le degré de complexité d'un système lui est, par définition, intrinsèque);
- système totalement ou partiellement **technique** et, de préférence, à **finalité externe** afin de pouvoir lui attribuer une fonction déterminée;
- **pluritechnologie** à technologie électronique dominante;
- **technologie stabilisée** non obsolète, en évitant les technologies dites de « pointe » qui ne présentent pas une assurance de pérennité suffisante.

■ Analyse du système

L'analyse d'un système, totalement ou partiellement technique, débutera par une approche systémique justifiée par le degré de complexité retenu lors du choix du système. Cette approche comportera quatre étapes essentielles :



Mise en situation du système

Cette étape consiste, partant d'un dispositif technique, à donner aux apprenants la vision globale du système auquel s'identifie ou participe le dispositif que l'on désire étudier. A cet effet deux phases devront se succéder :

- expression du **besoin** satisfait par le

système, correspondant à la fonction qu'il remplit;

- **présentation** du système : système réel en fonctionnement sur site, projection vidéo ou montage de diapositives, conférences, photographies, dessins, commentaires explicatifs, etc.

Identification des éléments du système

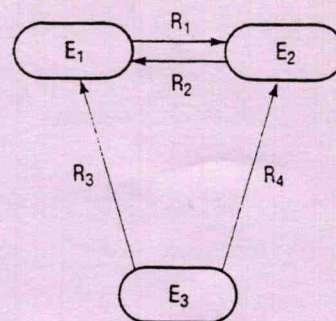
Cette étape consiste à identifier, en les nommant, **tous** les éléments (techniques et éventuellement humains) du système apparaissant souvent comme autant d'unités physiques.

Définition des relations entre les éléments

Cette étape consiste à faire apparaître les transferts de matière, d'énergie et d'information entre les éléments du système pris 2 par 2.

L'ensemble formé par les éléments identifiés, associés aux relations apparues, sera représenté graphiquement par un **diagramme sagittal**.

Exemple de représentation de diagramme sagittal



E₁, E₂, E₃ sont les noms des éléments du système. R₁, R₂, R₃, R₄, associés à une liaison unidirectionnelle, caractérisent avec précision la nature de la matière ou de l'énergie ou de l'information transférée d'un élément à un autre.

La nature de ce qui est transféré appartiendra à l'une des quatre catégories suivantes :

- **contenu sémantique** de l'information indépendamment du support énergétique nécessaire à la transmission;
- **énergie**;
- **action** c'est-à-dire énergie associée à l'information qui la commande;
- **matière** indépendamment de l'énergie indispensable à son transfert.

Le diagramme sagittal, qu'il convient tout d'abord de tracer, doit avoir un caractère **intemporel** : doivent y figurer toutes les liaisons existant indépendamment de la date de fonctionnement du système.

Par contre, pour prendre en compte les éventuelles différentes phases de fonctionnement du système, ce diagramme sagittal pourra « éclater » en diagrammes sagittaux **temporels**, sous-ensembles du diagramme sagittal intemporel; chacun de ces diagrammes sagittaux temporels n'est vrai qu'entre les deux dates limitant la séquence considérée de fonctionnement du système.

Émergence des fonctions des éléments du système

Les **liaisons fléchées**, associées à un élément particulier du système symbolisent les **entrées** et les **sorties** de matière, énergie et (ou) information c'est-à-dire de **matière d'œuvre** : ces liaisons fléchées font donc apparaître la (ou les) modification(s) apportée(s) à la matière d'œuvre et sont, en conséquence, caractéristiques de l'**action** de l'élément concerné, à

l'intérieur du système; elles permettent d'énoncer le **rôle** de l'élément, si ce dernier est un individu, la **fonction d'usage** de l'élément s'il est un objet technique.

A chacun des éléments du système devra être associé soit un rôle (cas d'un individu), soit une fonction d'usage (cas d'un objet technique).

Élargissement de l'étude

L'objet technique particulier étudié n'est qu'une solution possible au problème posé à une date donnée, ce qui sous-tend l'existence d'une technologie déterminée. Afin de donner à l'élève le moyen de s'affranchir des évolutions technologiques, il conviendra d'élargir le champ technique et technologique lié à la fonction d'usage en faisant apparaître un champ technique et technologique plus vaste, lié au même besoin, et correspondant à une fonction dite **globale**.

Cet élargissement consiste à passer de l'énoncé de l'action **caractéristique** de l'objet technique particulier, contenu dans l'expression de la fonction d'usage, à l'énoncé de l'action **spécifique** de cet objet technique et d'objets techniques de la même famille (car satisfaisant le même besoin), contenu dans l'expression de la fonction globale.

Mode opératoire : après avoir identifié le besoin auquel répond l'objet technique, nécessairement différent de celui satisfait par le système auquel il appartient, il convient de définir l'action spécifique sur l'environnement de la famille d'objets techniques satisfaisant ce même besoin.

Remarque : Le niveau d'analyse fonctionnelle associé à la fonction globale sera nommé niveau I, alors que celui associé à la fonction d'usage sera nommé niveau II.

Le problème posé au niveau I possède généralement plusieurs solutions représentées par différents objets techniques de même fonction globale (famille d'objets techniques de niveau I). La fonction globale ne doit donc pas faire référence à un objet technique particulier ou à une technologie particulière.

Une fois la fonction globale définie, l'apprenant devra rechercher et identifier d'autres objets techniques de même fonction globale mais de fonction d'usage différente; il s'entraînera ainsi à discerner l'action d'un objet technique sans faire référence à sa technologie.

Retour vers l'objet de l'étude

Cette étape consiste à revenir au niveau II correspondant à l'objet technique particulier étudié en dessinant le schéma fonctionnel de niveau II, associé à sa

Analyse fonctionnelle de l'objet technique

Présentation

Cette démarche, indispensable pour pouvoir accéder aux activités de conception, a pour but d'apporter à l'élève la connaissance de la méthode menant à la compréhension du fonctionnement de l'objet technique particulier étudié.

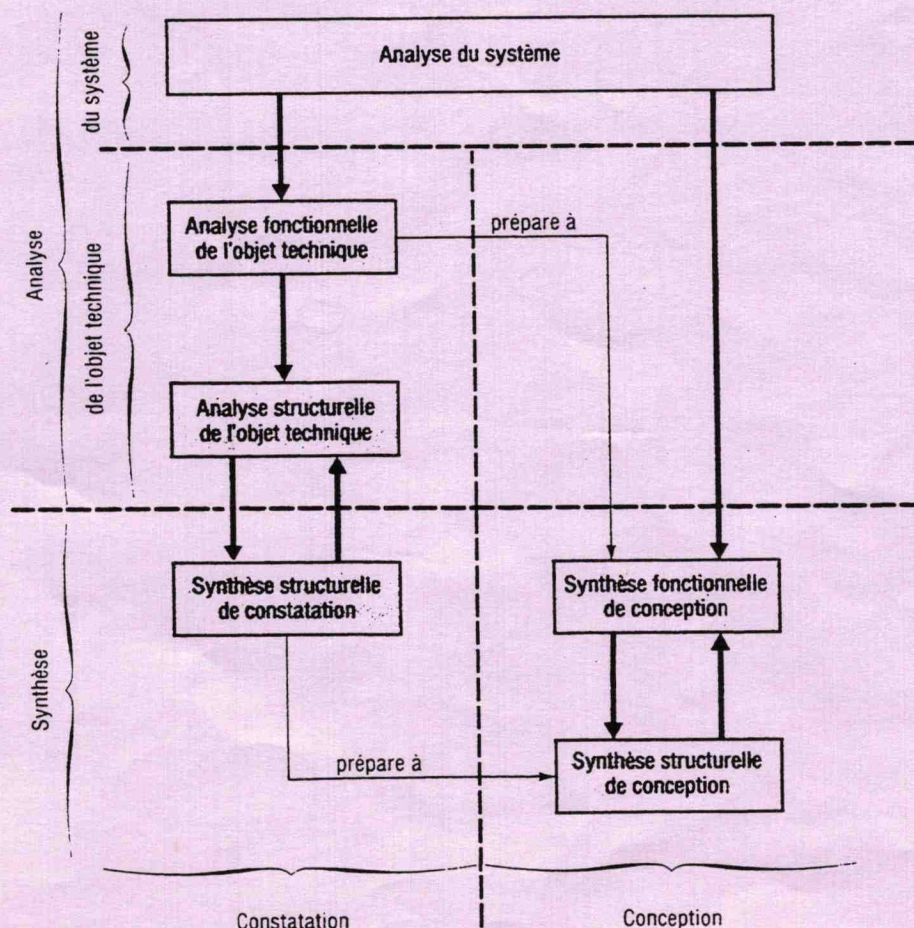
L'analyse fonctionnelle de **constatation** d'un objet technique existant doit impérativement précéder son **analyse** et sa **synthèse structurelles**, activités qui seront détaillées dans un prochain article.

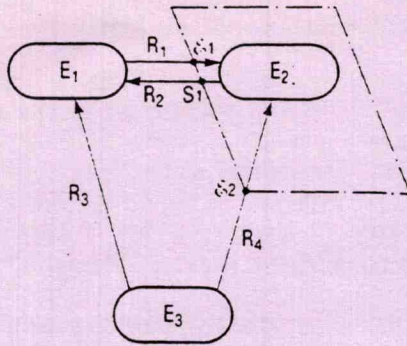
L'analyse et la synthèse techniques de constatation préparent en effet aux

activités de conception car celles-ci ne consistent que très rarement à créer un objet entièrement nouveau, mais beaucoup plus souvent à modifier un objet technique existant; cette modification a pour but d'améliorer, de transformer ou d'actualiser l'objet technique à un nouveau cahier des charges, soit en l'adaptant, soit en faisant évoluer des spécifications et (ou) son prix, par l'utilisation d'une technologie nouvelle.

Les activités d'analyse et de synthèse techniques de constatation et de conception s'organisent donc selon le schéma suivant :

Schéma d'étude d'un objet technique





fonction d'usage définie à la fin de l'analyse du système. Ce schéma fonctionnel, délimité par un trait mixte, fera obligatoirement apparaître :

- toutes les entrées et sorties apparues au niveau du diagramme sagittal lorsque l'on extrait l'objet à étudier de celui-ci;
- les fonctions, représentatives des verbes d'action de la fonction d'usage, délimitées par des symboles rectangulaires;
- les liaisons fonctionnelles internes liées aux fonctions précédentes et reliant les sorties de certaines fonctions aux entrées d'autres fonctions.

Note : toutes les liaisons fonctionnelles devront être explicitées soit directement au niveau du schéma, soit dans un document annexe avec les mêmes contraintes que pour les relations d'un diagramme sagittal.

Mode opératoire : construire un schéma fonctionnel de niveau II, à partir de l'expression de la fonction d'usage d'un objet technique et du diagramme sagittal auquel il appartient. Consiste, pour chaque sortie de cet objet technique :

- à identifier le **verbe d'action**, contenu dans l'expression de la fonction d'usage, qui produit le résultat fourni à cette sortie;
- à associer, à ce verbe d'action, la **fonction** correspondante;
- à identifier la **nature** (matière, énergie ou information) des données présentes aux entrées nécessaires à la réalisation de cette fonction;
- à rechercher, pour chacune des entrées, si la donnée correspondante existe à l'extérieur de l'objet technique :
- si elle existe, elle est présente à une entrée de l'objet technique définie lors de l'extraction de l'objet technique du diagramme sagittal,
- si elle n'existe pas, elle se trouve alors élaborée par une autre fonc-

tion interne correspondant à un autre verbe d'action de l'expression de la fonction d'usage; pour cet autre verbe d'action, on effectuera alors la même démarche que précédemment.

Le schéma fonctionnel sera terminé lorsque toutes les données de la dernière fonction apparue seront disponibles dans l'environnement de l'objet technique.

Schéma fonctionnel de premier degré

Jusqu'à présent, les milieux associés à un objet technique n'ont été abordés que d'une manière très approchée, au niveau du diagramme sagittal, par l'identification des éléments avec lesquels l'objet technique étudié était en relation à l'intérieur du système.

L'analyse fonctionnelle détaillée de l'objet technique (ou d'une de ses fonctions de niveau II selon son degré de complexité) nécessite une étude approfondie des mêmes milieux associés.

Cette étude fait apparaître certains éléments du cahier des charges de l'objet technique sous forme de **contraintes** à satisfaire pour la réalisation de la fonction d'usage de cet objet technique.

Selon le même mode opératoire que celui proposé au niveau II, il devient alors possible de construire le **schéma**

fonctionnel de premier degré, représentant l'organisation caractéristique réalisant la fonction d'usage de l'objet technique. Chacune des fonctions de ce schéma contribue à la réalisation de la fonction d'usage de l'objet technique par la satisfaction d'un nombre limité des contraintes exposées au niveau des éléments du cahier des charges. Les fonctions du schéma fonctionnel de premier degré sont nommées **fonctions principales** et numérotées Fp1, Fp2...

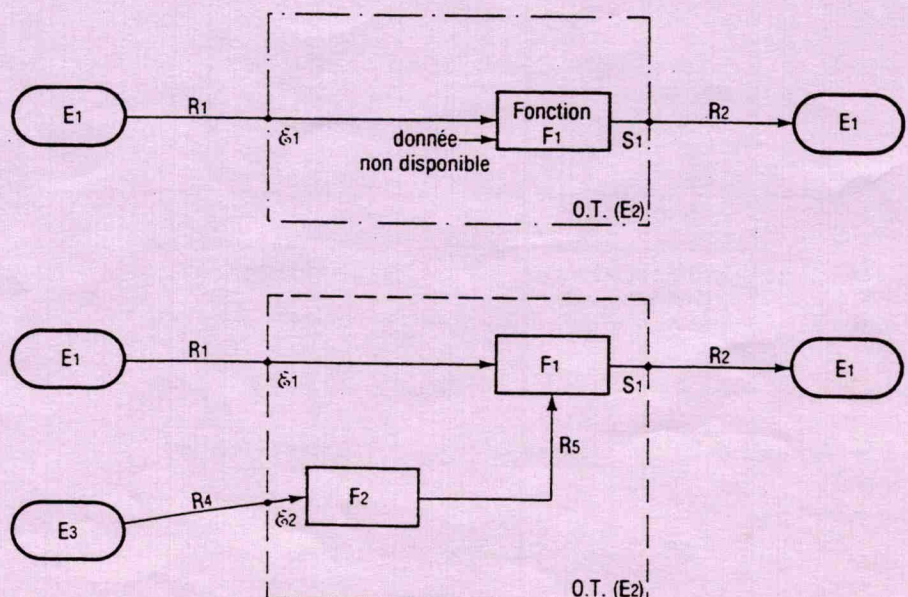
Remarque : toutes les fonctions et liaisons fonctionnelles du schéma fonctionnel de premier degré devront être repérées et explicitées complètement soit à même le schéma, si cela ne le surcharge pas trop, soit dans un document annexe.

Schéma fonctionnel de deuxième degré

Chacune des fonctions principales du schéma fonctionnel de premier degré peut avoir été conçue soit d'une manière purement matérielle au moyen de structures physiques constituées de **composants**, soit d'une manière mixte à la fois matérielle et **logicielle** au moyen de structures physiques associées à des structures logiques caractérisées par un **programme**.

L'étude des structures logicielles fera l'objet d'un article ultérieur.

Exemple de construction d'un schéma fonctionnel : construction du schéma fonctionnel de l'élément E2 du diagramme sagittal.



L'étude des structures matérielles réalisant chacune des fonctions principales peut s'effectuer soit directement si les acquis de l'apprenant le permettent, soit indirectement au moyen d'une décomposition fonctionnelle supplémentaire qui fait apparaître, à l'intérieur de certaines fonctions principales, un ensemble organisé de fonctions dites secondaires. Pour une fonction principale Fpn, par exemple, les fonctions secondaires seront numérotées Fsn1, Fsn2... Chacune des fonctions secondaires participe à la réalisation de la fonction principale à laquelle elle appartient.

En outre, certaines structures remplissent des fonctions non directement liées à la fonction d'usage : alimentation en énergie de dispositifs traitant de l'information, convertisseurs de codes, adaptateurs d'impédances... Ces fonctions seront nommées fonctions annexes, elles seront numérotées Fa1, Fa2...

Il apparaît donc nécessaire, pour pouvoir aborder efficacement et complètement la structure de l'objet technique, de passer par l'intermédiaire d'un schéma fonctionnel de deuxième degré; ce dernier contient :

- les fonctions principales (Fp) remplies par des structures pouvant être abordées directement (également celles que l'on ne désire pas étudier);
- les fonctions secondaires (Fs) composant les fonctions principales remplies par des structures ne pouvant être abordées directement du fait de leur complexité (complexité relative aux acquis des apprenants);
- les fonctions annexes (Fa).

Remarque : Chacune des liaisons fonc-

Niveaux d'analyse fonctionnelle

Niveau d'analyse fonctionnelle	Prise en compte de solutions techniques et/ou technologiques	Niveau de description fonctionnelle	Objets concerné(s)
Niveau I	Non	Fonction globale (FG)	Famille d'objets techniques possédant la même fonction globale mais des fonctions d'usage différentes.
Niveau II	Non	Fonction d'usage (FU)	Objet technique particulier en relation avec ses milieux associés.
1 ^{er} degré	Oui	Agencement des fonctions principales (FP)	Objet technique particulier (architecture interne caractéristique).
2 ^e degré	Oui	Agencement des fonctions : - principales (FP) - secondaires (FS) - annexes (FA)	Objet technique particulier (architecture interne caractéristique détaillée prenant en compte les solutions structurelles).

tionnelles du schéma fonctionnel de deuxième degré devra être complètement explicitée dans un document annexe. Seront notamment précisés, pour chaque différence de potentiels, support d'informations :

- les indices correspondant au point repéré sur la liaison du schéma fonctionnel de deuxième degré;
- la forme d'onde de cette différence de potentiel si celle-ci est analogique, ou ses niveaux si elle est logique;
- la convention qui relie cette forme d'onde à la signification de l'information véhiculée sur la liaison concernée.

directions appartiennent au champ d'observation que détermine l'objet technique; le champ d'observation correspond à la coupe sectorielle choisie par le praticien :

- la quantité d'énergie acoustique reçue, après réflexion, définit la brillance (β) des points lumineux (hauteur des pics en mode A);
- les retards entre l'apparition des échos et la date d'émission définissent les distances (Δ) des interfaces par rapport à l'origine de référence.

Document accompagnant le diagramme sagittal du système d'échotomographie ophtalmique

● Rôle du praticien :

- il apporte les informations de gestion externe par le clavier alphanumérique;
- il sélectionne le plan de coupe d'observation en positionnant la sonde sur la paupière du patient et en contrôlant le résultat obtenu sur OT3.

● Rôle du patient :

- aucun rôle véritablement actif, avant positionnement de la sonde sur l'œil, sa paupière est recouverte d'une « graisse » facilitant la transmission des ultrasons;
- le patient doit éviter de bouger pendant la phase de recherche du plan de coupe.

■ Exemple d'analyse

Le système d'échotomographie ophtalmique a fait l'objet d'une présentation aux épreuves d'électronique du BEP électronique (session 1985, académies de Paris, Créteil, Versailles).

Nous nous proposons, ici, de construire le schéma fonctionnel de niveau II de l'objet technique (OT1) nommé « émetteur-récepteur ultrasonique ».

Conformément au mode opératoire, décrit plus haut, relatif à la construction du schéma fonctionnel de niveau II de l'objet technique :

● Le diagramme sagittal du système est tracé (voir figure 1 et document d'accompagnement).

● La fonction d'usage de l'objet technique est énoncée : l'objet technique délivre l'ensemble des informations échotomographiques (β , Δ , θ) nécessaires à l'élaboration des sonotomogrammes de la zone explorée. Il les a élaborées par exploration ultrasonique de l'œil en recueillant les échos représentatifs des interfaces anatomiques rencontrées sur chacune des directions explorées θ ; ces

● Fonction de OT1 :

- exploration ultrasonique de l'œil; elle permet l'obtention de l'ensemble des informations échotomographiques de la zone de l'œil explorée.

● Fonction de OT2 :

- permet l'obtention des ordres de gestion interne (action du programme interne);
- permet de traduire et de mémoriser, sous forme d'échantillons numériques, l'ensemble des informations échotomographiques, en conformité avec les ordres de gestion interne. L'ensemble des informations échotomographiques s'organise comme suit :
 - θ = sous-ensemble dont les éléments sont les directions sectorielles explorées. Il définit la coupe sectorielle d'observation,
 - β = sous-ensemble dont les éléments sont les brillances des points lumineux en mode B ou la hauteur des pics en mode A. Ces éléments sont les images des interfaces anatomiques situées sur les directions explorées,
 - Δ = sous-ensemble dont les éléments sont les distances des interfaces par rapport à une origine de référence.

● Fonction de OT3 :

- permet l'obtention de l'image échotomographique obtenue par l'organisation puis la visualisation des informations :
 - liées au traitement alphanumérique (identification du patient, biomesures, date et graticule),
 - liées à l'exploration (informations échotomographiques).

● Fonction de OT4 :

- permet la conservation de l'image échotomographique sur un support film ou papier.

● Fonction de OT5 :

- permet la conservation, sur support papier, des informations liées au sonotomogramme, en vue de leur exploitation ultérieure.

● Fonction de OT6 :

- permet l'écriture et la lecture sur support magnétique (disquette) des informations liées au sonotomogramme.

● Fonction de OT7 :

- permet la conservation, sur support magnétique, des informations liées au sonotomogramme, en vue de leur exploitation ultérieure.

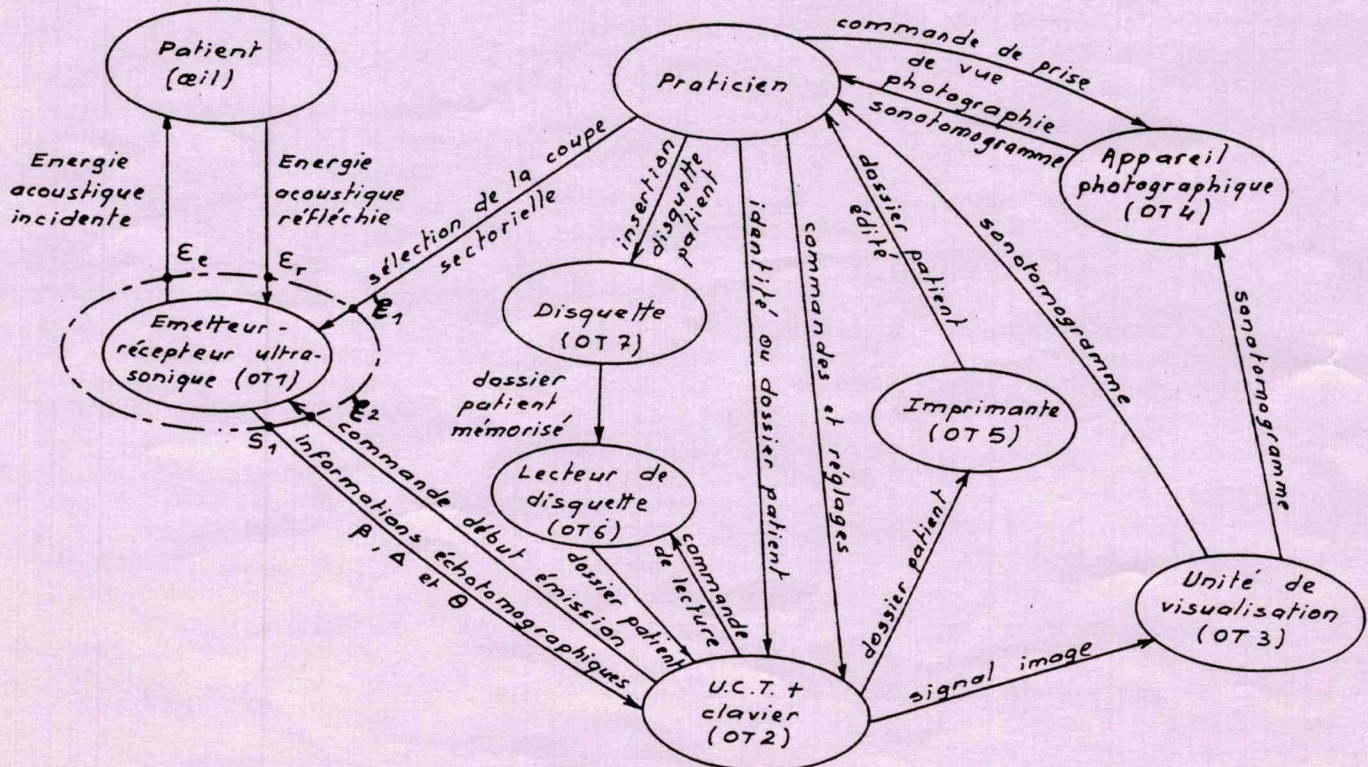
Le schéma fonctionnel est délimité par un trait mixte

Les entrées ε_1 , ε_2 , ε_r , la sortie S_1 , décomposée en S'_1 , S''_1 , S'''_1 , et la sortie ε_e , apparues lorsque l'on extrait l'objet à étudier du diagramme sagittal, figurent sur ce schéma (voir figure 2).

Sortie S_1

- Résultat fourni à cette sortie : informations échotomographiques β , Δ , θ .
- Verbe(s) d'action produisant ce résultat :
 - recueille les échos représentatifs des interfaces (β , Δ);
 - détermine le champ d'observation (θ).
- Fonction(s) correspondante(s) :
 - réception des échos;
 - détermination du champ d'observation.
- Données présentes aux entrées nécessaires à la réalisation de la fonction :
 - réception des échos : énergie acoustique réfléchie par le patient (cette donnée est présente à l'entrée, ε_r , de l'objet technique);
 - détermination du champ d'observation : information relative à la coupe sectorielle choisie par le praticien ; ce

Figure 1. Diagramme sagittal



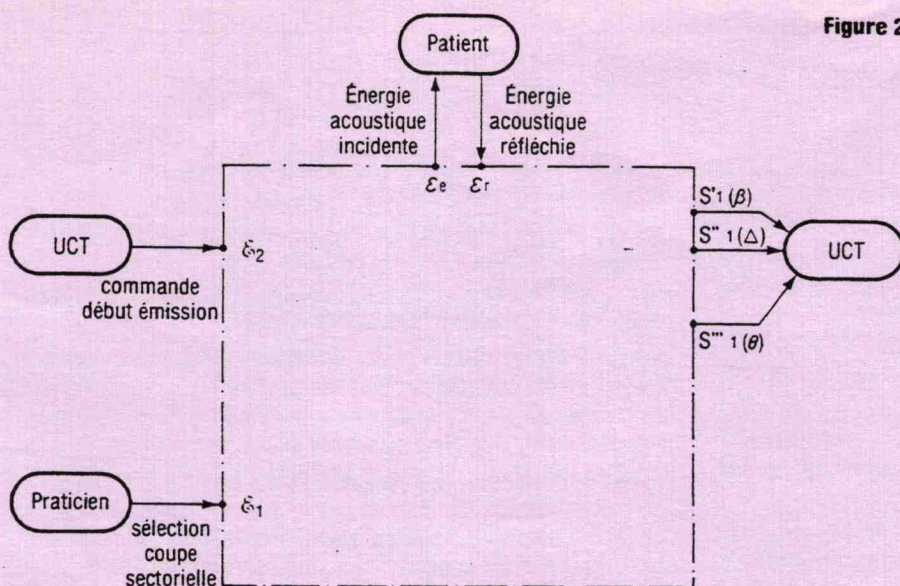


Figure 2

choix fixe la direction principale (cette donnée est présente à l'entrée, E_1 , de l'objet technique) (voir figure 3).

Les informations échotomographiques β et Δ délivrées par l'objet technique résultent de la fonction de réception des échos, alors que l'information θ résulte de la fonction de détermination du champ d'observation, ensemble des directions θ successivement explorées.

Sortie E_e

- Résultat fourni à cette sortie : énergie acoustique incidente.

- Verbe d'action : émettre des ultrasons ; l'émission ultrasonique appartient à l'exploration ultrasonique.

- Fonction correspondante : émission ultrasonique périodique orientée.

- Données présentes aux entrées nécessaires à la réalisation de la fonction :

- information sur la date d'émission ; cette donnée est présente à l'entrée E_2 de l'objet technique ;
- information sur l'orientation de l'émission : l'entrée correspondante n'est pas une entrée de l'objet technique ; l'information sur l'orientation de l'émission est élaborée par la fonction « détermination du champ d'observation » ; (voir figure 4).

La réception d'échos nécessite une **émission ultrasonique périodique, orientée** dans le sens de la direction explorée ce qui implique :

- une commande périodique de début d'émission élaborée par l'UCT ;
- la sélection de la coupe sectorielle que l'on désire observer qui fixera l'orientation de l'émetteur-récepteur-commande élaborée par le praticien.

Remarque : le récepteur d'échos doit posséder la même orientation que l'émetteur d'ultrasons d'où une commande d'orientation commune.

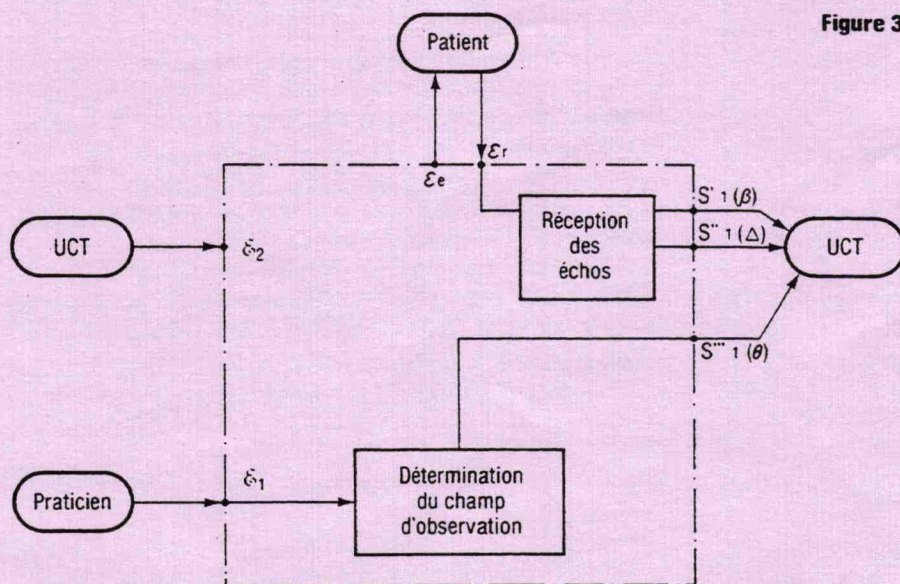


Figure 3

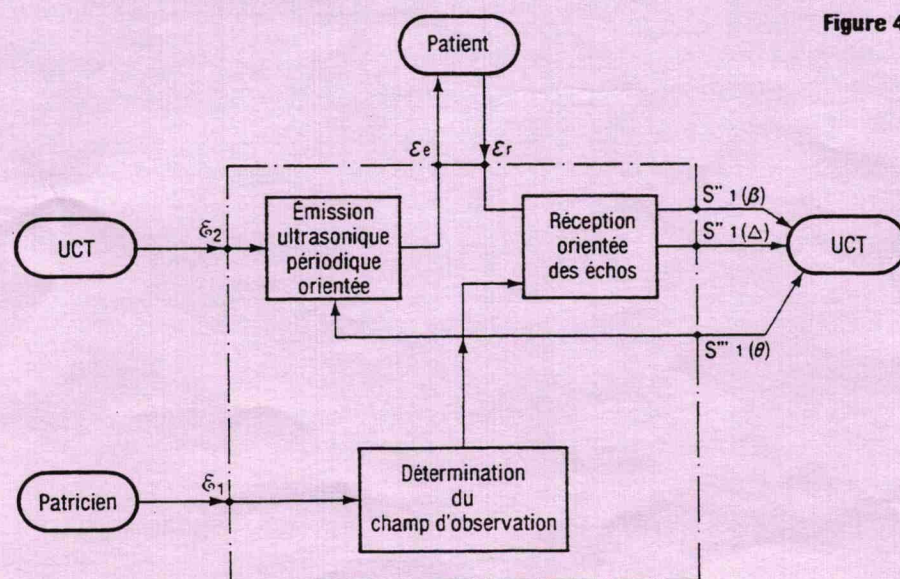


Figure 4

Glossaire

Analyse technique : démarche procédant par décomposition d'un système ou d'un objet technique en un ensemble d'éléments (individus, objets techniques ou fonctions).

Approche systémique : méthode d'étude ou d'action qui utilise les acquis de la théorie des systèmes en englobant, en un tout unique, les éléments d'un système et leurs interactions.

Remarque : ce type d'approche s'oppose à l'approche analytique (ou cartésienne) et ne se justifie que lorsque le degré de complexité du système l'exige.

Autonomie fonctionnelle : caractéristique d'un système totalement ou partiellement technique permettant d'énoncer le besoin auquel il satisfait.

Cahier des charges : document contractuel, entre le promoteur et le concepteur d'un objet technique, décrivant essentiellement les contraintes caractérisant les relations entre l'objet technique et son environnement.

Complexité : mesure de la richesse d'information contenue dans un système. le degré de complexité d'un système (encore nommé sa variété) est égal au nombre d'états qu'il peut prendre et dépend donc du nombre et du type des éléments et des relations qui le constituent.

Composant électronique : unité technologique minimale, non susceptible d'une réalisation au niveau de son utilisateur.

On distingue usuellement les composants :

- passifs : qui se comportent électriquement comme des impédances ou des associations d'impédances ;
- actifs : qui présentent des sources de tension ou de courant au niveau de leur modèle électrique.

Degré (1^{er} et 2^e) : terminologie réservée aux schémas fonctionnels caractéristiques de l'objet technique étudié, ce qui sous-entend le choix de solutions techniques et technologiques.

Fonction : rôle joué par un ou plusieurs individus, ou opération réalisée par un ou plusieurs objets techniques à l'intérieur d'un système.

Fonction annexe : fonction qui ne participe pas directement à la fonction d'usage d'un objet technique (par exemple : alimentation en énergie d'un objet à matière d'œuvre informationnelle).

Fonction d'usage : relation qui caractérise l'accomplissement de l'action caractéristique d'un objet technique par référence implicite ou explicite au traitement subi par la matière d'œuvre sur laquelle il agit (approche des milieux associés).

Fonction globale : relation qui transforme, au niveau de la matière d'œuvre, une situation initiale en situation finale, sans référence à un objet technique particulier.

Fonction principale : relation existant entre une action (variation ou changement d'état d'une grandeur d'entrée) et un résultat (variation ou changement d'état d'une grandeur de sortie).

Remarque : une fonction est dite principale lorsque son existence est indispensable à la compréhension du fonctionnement d'un objet technique.

Fonction secondaire : fonction composante d'une fonction principale.

Identité fonctionnelle : caractéristique d'un système (ou objet) technique permettant de définir sans ambiguïté la fonction qu'il remplit (fonction d'usage).

Information : élément de connaissance susceptible d'être repré-

senté à l'aide de conventions pour être conservé, traité ou communiqué (information = sémantique + support + code).

Matière d'œuvre : partie de l'environnement physique sur laquelle un objet technique est destiné à agir.

Remarque : la matière d'œuvre se divise en trois classes : matérielle, énergétique et informationnelle.

Milieux associés : portions de l'environnement d'un objet technique en relation directe ou non avec celui-ci.

Remarque : On distingue habituellement quatre milieux : technique, économique, physique et humain.

Modèle mathématique : représentation simplifiée d'une structure au moyen d'équations mathématiques exprimant les relations qui existent entre certaines grandeurs mesurables, jugées les plus significatives et permettant d'expliquer de façon satisfaisante son fonctionnement à l'intérieur d'un domaine limité.

Remarque : on nomme souvent modèle électrique la représentation graphique d'équations entre grandeurs électriques au moyen de symboles électriques élémentaires.

Niveau (I et II) : terminologie réservée aux schémas fonctionnels qui ne sont pas caractéristiques de la solution technique ou technologique que constitue un objet technique déterminé d'une date donnée.

Objet technique : objet voulu par l'homme, conçu et réalisé par lui pour exercer une action définie, jugée utile, sur des éléments du milieu extérieur à cet objet (L. Géminard, 1970).

Remarque : un objet technique possède obligatoirement une identité fonctionnelle, ce qui n'implique cependant pas l'existence systématique d'une unité physique lui correspondant.

Schéma fonctionnel : représentation, par l'utilisation de symboles graphiques, de l'agencement des fonctions composantes qui participent à la fonction d'usage d'un objet technique, sans référence aux structures utilisées.

Schéma structurel : représentation, par l'utilisation de symboles normalisés :

- de l'organisation des structures entre elles ;
- de l'agencement des structures correspondant aux fonctions mise en œuvre dans l'objet technique.

Remarque : le schéma structurel ne tient compte ni des dimensions réelles ni des positions respectives des composants dans leur implantation.

Structure : Architecture de composants et/ou d'ensembles de composants susceptible de remplir une fonction déterminée.

Système : ensemble d'éléments, en interaction dynamique, organisés en fonction d'un but (J. de Rosnay, *Le Macroscopie*).

Système mixte : système partiellement technique, c'est-à-dire composé d'individus en relation avec un ou plusieurs objets techniques, à finalité non obligatoirement externe.

Remarque : le système technique apparaît donc comme le cas limite d'un système initialement mixte que l'on aurait entièrement automatisé.

Système technique : système exclusivement composé d'objets techniques, à la fois inorganique et artificiel, à finalité externe directement liée à la satisfaction d'un besoin humain individuel ou collectif.

Remarque : un système technique possède à la fois identité et autonomie fonctionnelle, ce qui permet de l'isoler pour l'étudier. ■