

**PROPOSITION D'UNE METHODOLOGIE
PERMETTANT LA MISE EN OEUVRE
D'UNE MAINTENANCE
CONDITIONNELLE AU STADE INDUSTRIEL.**

MARCONNET P., COUET C. *, PAVAN A.

Laboratoire Sciences des Matériaux, Groupe de Mécanique Appliquée.
Université de REIMS CHAMPAGNE- ARDENNE (URCA)

* Laboratoire d'Applications de la micro-électronique (URCA)

RESUME

***L**e suivi de l'endommagement des systèmes de production est un impératif majeur pour les entreprises industrielles. L'évolution dans le temps de paramètres représentatifs des dégradations doit permettre d'extrapoler la date de rupture ; il devient alors possible de prévoir une opération de maintenance conditionnelle pour l'éviter. Le travail présenté concerne la définition d'une méthodologie générale de mise en oeuvre de cette technique. L'utilité d'une telle méthodologie est de rendre un système de surveillance rapidement opérationnel et économiquement viable. Elle a été appliquée à une ligne de production robotisée. Elle a permis de proposer des paramètres de suivi de l'endommagement d'un robot "six axes". Elle utilise un générateur de systèmes experts afin d'automatiser le diagnostic.*

1 . INTRODUCTION :

La disponibilité de l'outil de production, c'est à dire le temps pendant lequel celui-ci est opérationnel, est un impératif majeur pour les entreprises industrielles soumises à une concurrence internationale sévère.

Les efforts à accomplir dans ce domaine sont importants; le tableau suivant (1) donne le taux de disponibilité ainsi que le taux de pannes des matériels de production sur un échantillon représentatif de 300 entreprises.

Disponibilité	<50%	50-60%	60-70%	70-80%	>80%
% des répondants	4%	13%	3%	28%	46%

Taux moyen de pannes	<5%	5-10%	10-15%	15-20%	>20%
% des répondants	43%	40%	8%	6%	3%

Ces résultats montrent que certaines entreprises ont d'importants problèmes de maintenance. Ainsi pour 26% d'entre-elles, les machines critiques pour la fabrication nécessitent au moins une intervention toutes les 32 heures, comme le montre la figure 1 ci-dessous :

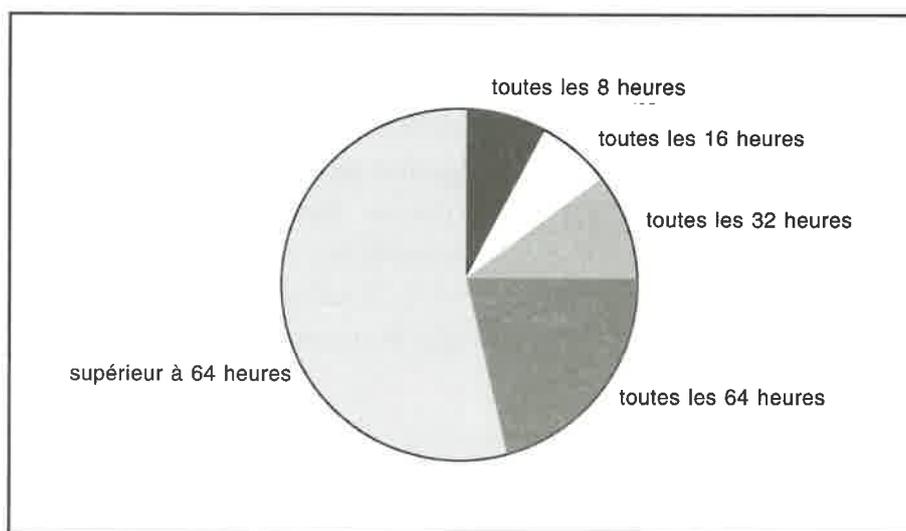


Figure 1 : fréquence moyenne des interventions de maintenance sur le matériel critique en fabrication.

Cette disponibilité peut être améliorée de façon significative par une rationalisation des politiques de maintenance (2). Jusqu'à une période récente, beaucoup d'entreprises utilisaient la maintenance préventive systématique. L'idée « force » de cette politique est de remplacer les pièces soumises à des contraintes importantes à date fixe, de manière à minimiser les défaillances en cours de production. Son efficacité n'est pas satisfaisante.

On s'oriente de plus en plus vers une maintenance conditionnelle (3). L'intervention n'est alors effectuée que lorsqu'un diagnostic, établi à partir des signaux émis par la machine, indique qu'il y a dégradation d'un composant. Cette politique est donc en essor constant grâce au développement conjoint :

- des techniques de surveillance et d'analyse des signaux émis par les machines. Les signaux vibratoires, par exemple, sont très riches en informations exploitables en maintenance.
- des appareils de mesure et des capteurs dont le coût diminue alors que leurs performances s'accroissent.
- des traitements informatiques des données, notamment ceux réalisés grâce à l'utilisation des systèmes experts.

Le groupe de Mécanique Appliquée du laboratoire Sciences des Matériaux (Université de Reims) a développé différents travaux avec un groupe industriel européen désireux de mettre en oeuvre une maintenance conditionnelle dans ses unités de production (4). Parmi ceux-ci, nous présentons un exemple concret de mise en oeuvre de cette «maintenance conditionnelle». Il s'agit du suivi de l'endommagement d'un robot ASEA-IRB60 disposé dans une ligne de production entièrement automatisée et flexible. Cette application a, par ailleurs, aidé au développement d'une méthodologie qui permet de généraliser l'exemple présenté.

2. CONTEXTE INDUSTRIEL

La société SOREMAM (Reims), filiale du groupe suédois ELECTROLUX fabrique une moyenne journalière de 1000 appareils de cuisson distribués sous différentes marques. La production est caractérisée par :

- une grande flexibilité. En effet, la société fabrique plusieurs types d'appareils électroménagers : cuisinières, tables de cuisson, fours, etc...
Pour chacun de ces types, il y a plusieurs modèles comportant à leur tour des variantes : en fonction du type d'énergie, en fonction du mode de cuisson, etc...
On trouve environ 60 modèles qui se déclinent au total en 360 variantes.
- une production en «flux tendus». Ce type de production se caractérise en particulier par l'absence de stocks entre les différentes lignes ou par des stocks non significatifs entre les différents ateliers. Cette politique nécessite que chacun des maillons du process global puisse s'adapter au plus vite à la demande de l'unité située en aval.

La mise en forme des différents produits est répartie sur trois ateliers :

- l'atelier de tôlerie qui dispose de plusieurs lignes de fabrication, telles que les lignes de presses, les lignes de cisailles, les lignes d'assemblage des différents éléments en tôle, dont notamment la ligne robotisée «ASEA» qui va nous servir de support pour illustrer la méthode développée,
- l'atelier d'émaillerie où s'effectuent le traitement de surface des pièces sorties de tôlerie ainsi que la mise en couleur des pièces d'habillage des différents appareils,
- l'atelier de montage où s'effectuent l'assemblage, le contrôle et l'emballage des appareils.

3. POURQUOI AVONS-NOUS CHOISI LES ROBOTS ASEA IRB 60 ?

L'objectif essentiel poursuivi par les responsables de cette société à travers ce projet est l'amélioration de la disponibilité de l'outil de production.

Elle dépend :

- du nombre de défaillance (fiabilité),
- de la rapidité avec laquelle ces défaillances sont réparées (maintenabilité),
- des règles définies pour la réparation (politique de maintenance)
- de la qualité des moyens mis en oeuvre (logistique en personnels et en matériels),

L'atelier «tôlerie» comporte six lignes de production ; aussi pour cette étude nous sélectionnons celle qui a la disponibilité la plus faible. Nous retenons l'indicateur de disponibilité opérationnelle qui rend compte des arrêts dus à la maintenance.

$$DO = \frac{TCBF}{TCBF+TCI}$$

avec TCBF = temps cumulés de bon fonctionnement
TCI = temps cumulés d'immobilisation
(ce sont les arrêts dus aux pannes ou aux interventions du service maintenance)

Cette disponibilité opérationnelle a été calculée pour toutes les lignes de production ; il en est ressorti que les performances de la ligne automatisée ASEA étaient les plus fiables.

Cette ligne de production schématisée sur la figure 2 réalise la mise en forme et le soudage des enceintes de four. Elle est flexible et entièrement automatisée. Le transfert entre les différents postes de travail s'effectue à l'aide de convoyeurs ainsi qu'avec deux robots ASEA IRB60 dans une première configuration puis grâce à un seul robot dans une configuration récente. La mise en forme des tôles s'effectue classiquement sur des presses et le soudage entre les différents éléments est réalisé par deux autres robots (R1 et R2) ASEA IRB60.

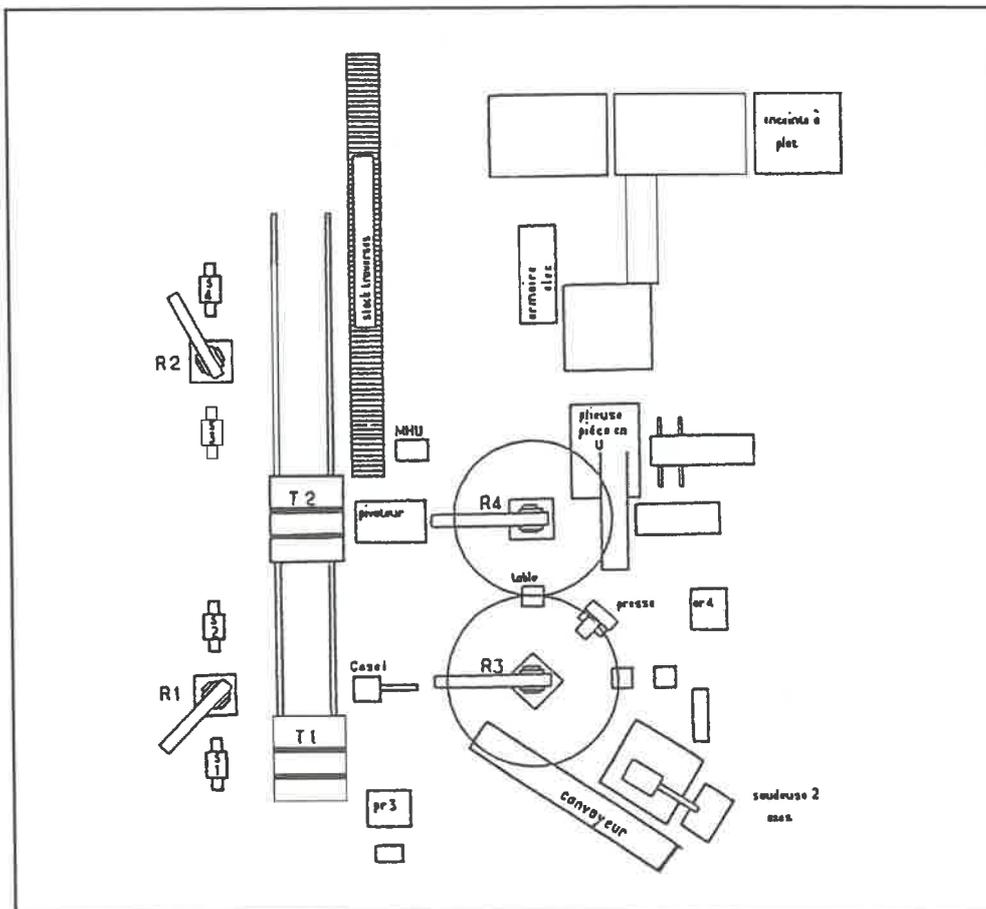


Figure 2 : Schéma de la ligne ASEA avec, à gauche, les robots R1 et R2 pris comme exemple significatif de cette étude.

Parmi l'ensemble de ces machines nous retenons le matériel critique, c'est-à-dire ayant provoqué le plus grand nombre d'arrêts de la « ligne ASEA ». Nous avons pour cela effectué l'analyse des données suivantes :

- données fournies par le service de production où l'on trouve tous les arrêts survenus en cours de production, leur durée et leur cause ;

- données fournies par le service de maintenance où l'on trouve les différentes machines ayant entraîné un arrêt de la production ainsi que le temps consacré à la remise en fonctionnement de celle-ci.

Elles portent sur une année complète de production. L'histogramme de la figure 3 synthétise les résultats obtenus. Les robots représentent à eux seuls 38 % des arrêts ; ces matériels sont donc critiques du point de vue de la disponibilité de la ligne de production.

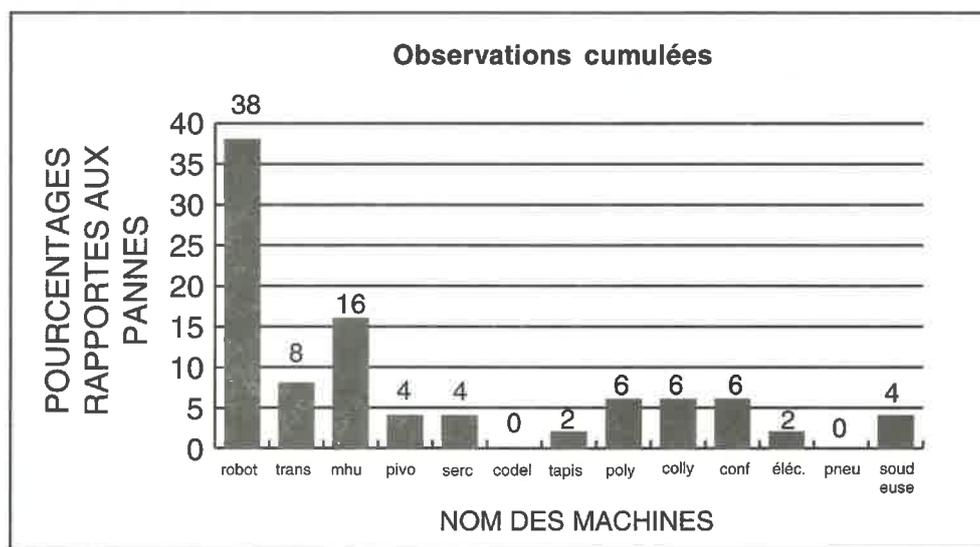


Figure 3 : Analyse des arrêts de la ligne ASEA causés par les pannes.
38 % de ces arrêts sont dus aux robots.

4. DESCRIPTION D'UN ROBOT :

4.1 Organisation de la partie opérative :

Ce robot peut déplacer une charge de 60 kg. Le système mécanique articulé est constitué de cinq axes principaux comme le montre la figure 4 ; la pince de soudure est appelée sixième axe. Chaque axe est commandé par un système d'entraînement séparé, composé des éléments suivants :

- Un groupe moteur comprenant un moteur à courant continu, un résolveur pour le contrôle de la position, une génératrice tachymétrique pour le contrôle de la vitesse. Les axes α et β sont en plus équipés de freins.
- Une transmission mécanique composée soit d'une vis à billes en combinaison avec des systèmes de leviers (figure 4) soit d'un réducteur harmonique en combinaison avec des systèmes de biellettes.

- Un servo-amplificateur (variateur de vitesse).

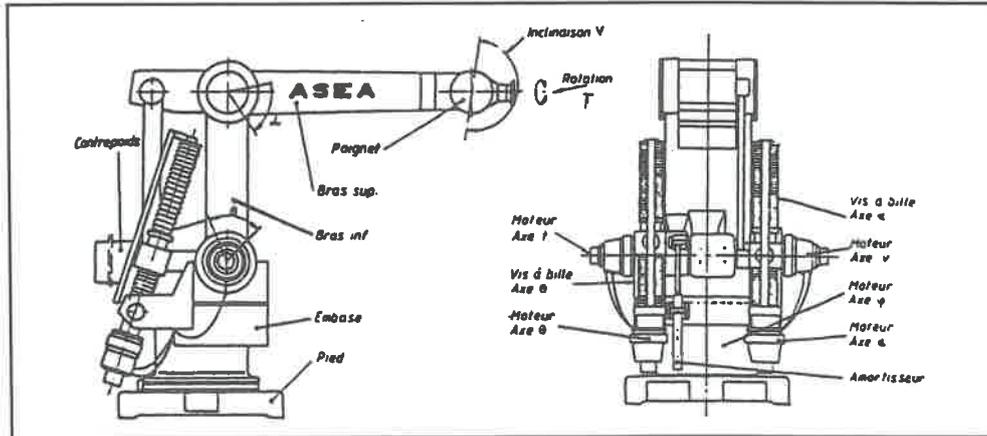


Figure 4 : Organisation de la partie opérative du robot ASEA IRB 60.

4.2 Organisation de la partie commande :

Le calculateur permet la saisie, le traitement et le stockage des données provenant du processus extérieur. La carte de commande d'axe reçoit la consigne du calculateur sous forme de mots de 8 bits indiquant le sens et la vitesse du déplacement demandé. Elle délivre, en fonction de la position réelle de l'axe, une tension de référence qui contrôle le variateur. Le variateur réalise un asservissement de l'axe en vitesse et en courant en pilotant la partie puissance (obtenue grâce à des thyristors).

5. METHODE SUIVIE :

Les matériels étudiés n'ont pas intégré dans leur phase de conception des capteurs capables de délivrer des informations spécifiques à la maintenance. Ce cas de figure est d'ailleurs le plus fréquent dans l'industrie. Il n'est guère réaliste d'envisager l'équipement à posteriori des matériels avec un grand nombre de capteurs spécialisés. D'une part, le coût induit serait rapidement disproportionné, et, d'autre part, la mise en place de ceux-ci pourrait s'avérer fort complexe (problème d'implantation, problème de connectique), voir impossible. On part donc de cette première idée qu'il faut déjà tenter d'exploiter tous les paramètres issus des propres capteurs du robot et ensuite, seulement, envisager des capteurs supplémentaires.

Nous utilisons pour cela une analyse fonctionnelle. Celle-ci va nous permettre de mettre en évidence les paramètres mesurables. Elle est menée suivant deux niveaux. Chacun de ces niveaux répond à un souci différent :

- le premier niveau permet, par une surveillance globale, de détecter une anomalie de fonctionnement du robot ou d'un axe ;
- le deuxième niveau permet d'établir un diagnostic plus précis afin de savoir quel est le composant ou le module qui a le plus de chance d'être à l'origine du problème détecté dans le premier niveau.

A chacun de ces niveaux, nous associons un tableau bilan qui permet principalement de récapituler les différentes entrées et sorties mesurables. Ainsi la figure 5 représente le schéma fonctionnel de la partie asservissement ainsi que celui de la partie opérative.

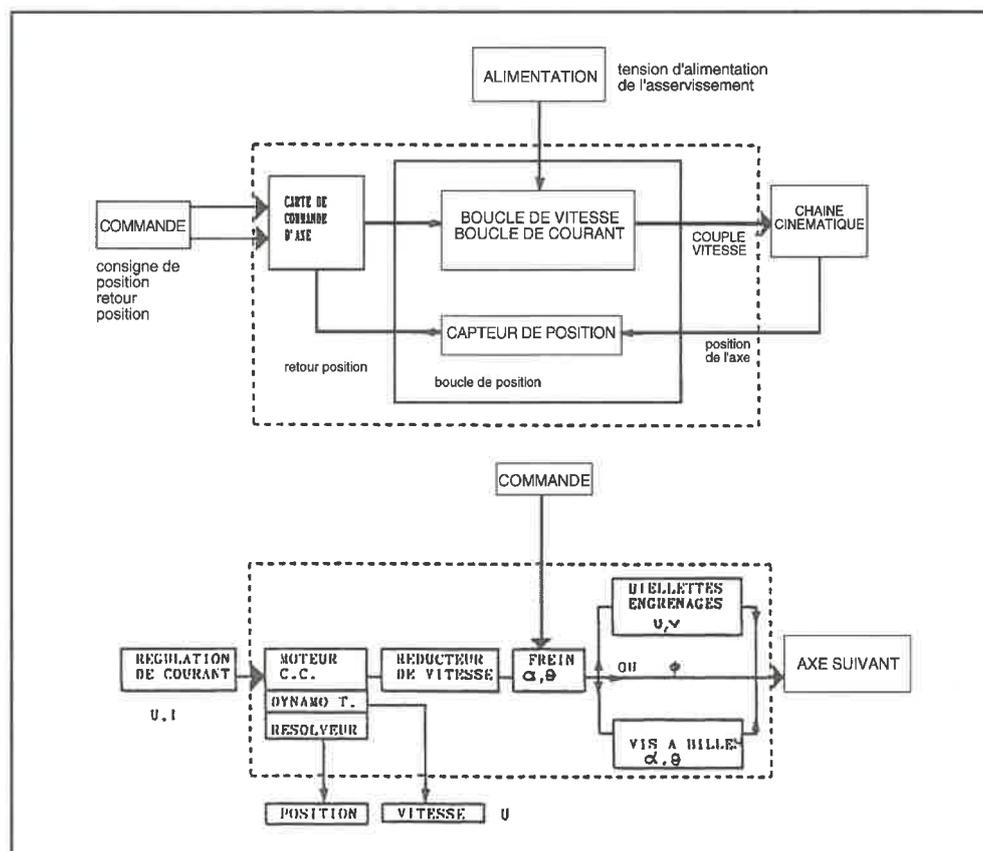


Figure 5 : Décomposition fonctionnelle du sous-système "axe", partie commande et partie opérative.

Puis nous récapitulons dans un «tableau bilan» de premier niveau toutes les entrées-sorties identifiées. A chacune de ces entrées-sorties, nous associons des paramètres qui permettent de les surveiller ou tout au moins de les caractériser. Par exemple l'évacuation des calories lors du processus de soudage s'effectue grâce à un échangeur de chaleur dans lequel circule l'eau de refroidissement. Cet ensemble du point de vue maintenance peut être caractérisé par un débit, une pression ainsi qu'une température. Nous cherchons ensuite les indications sur «l'état de santé» du robot que l'on peut extraire de la valeur prise par ces paramètres au cours du temps. La figure 6 : donne un exemple de tableau-bilan. Dans le paragraphe suivant nous présentons une exploitation du courant sur le variateur d'un axe.

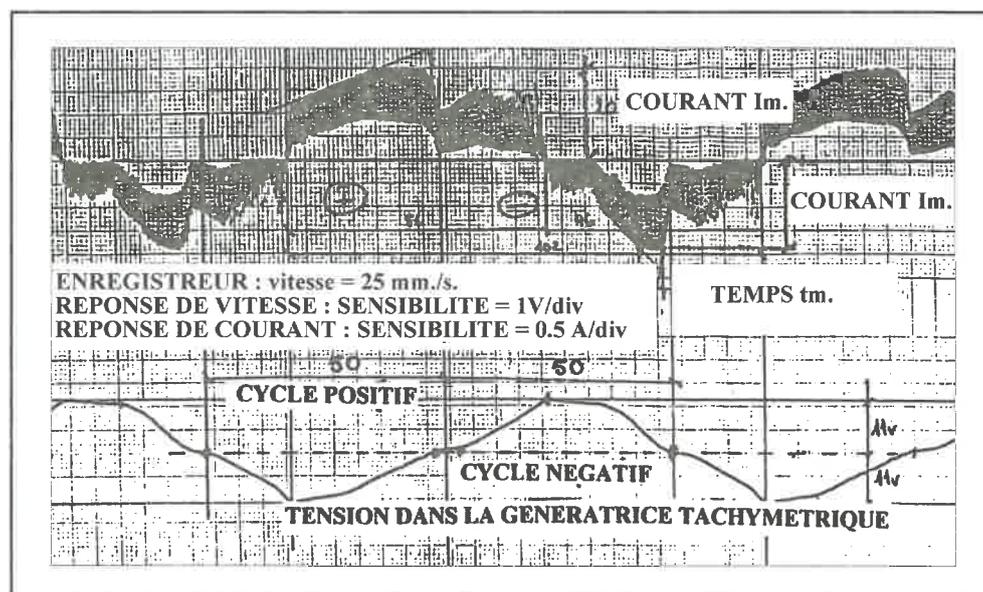
Système sous-système	Entrée = E Sortie = S E/S associées	Paramètre associé et critère (seuil, dérive, signature)	Arbre de décision associé
Robot	Energie Electrique Chaleur perdue (S)	I,U Température globale (seuil) Thermogramme (signature)	
	Bruit (S) Vibrations (S) Lubrifiant (S)	Analyse acoustique (signature) Fréquences, amplitude Analyse ferrographique Observation visuelle d'une fuite	
	Pièces non soudées (E) Pièces soudées	Localisation/références Dispositions des points (dérive de la dispersion)	1
	Information logiciel (E) Information opérateur (E)		
Soudage	Energie électrique (E) Energie pneumatique (E)	I (augmentation) Pression de serrage (augmentation)	3 4
	Eau de refroidissement (E/S) Chaleur (S)	Pression-Débit-Température Température de la pince (aux électrodes)	5 5
	Pièces soudées (s) Information logiciel (E)	Analyse qualitative Analyse statistique des rebuts	1
Axe ϕ	I sur variateur (S)	I maximum sur un cycle Durée de I maximum sur un cycle	6
	U sur dynamo (S)	U maximum sur un cycle Durée de U maximum sur un cycle	7
Axe α - - - Axe V			

La figure 6 : Extrait du tableau bilan "niveau 1 " des entrées-sorties identifiées dans la décomposition fonctionnelle.

6. EXEMPLE D'EXPLOITATION « NIVEAU 1 » :

L'exemple développé concerne la surveillance du courant du moteur d'axe et du signal de vitesse de la génératrice tachymétrique. On enregistre simultanément la réponse de courant prise sur le variateur de chacun des axes pour une consigne de vitesse de déplacement donnée à l'unité centrale et la réponse délivrée par la génératrice tachymétrique sous forme de tension. Ces mesures sont réalisées dans les conditions de service du robot. On peut notamment extraire des enregistrements le niveau moyen de courant à vitesse constante (I moyen), le temps pendant lequel le servomoteur atteint le courant maxi. (t .limite) La figure 7 montre la forme et l'amplitude de ces signaux pour l'axe β du robot.

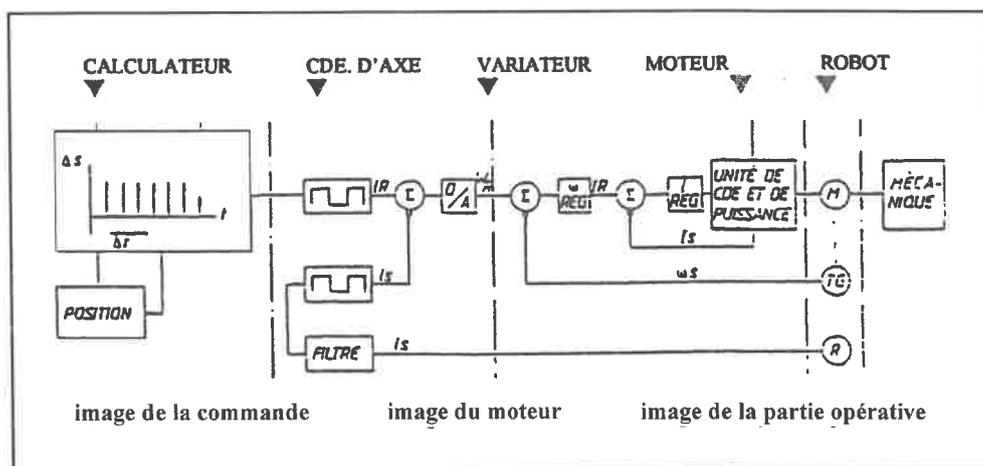
Ces valeurs sont modifiées par l'augmentation de la charge supportée par le robot (augmentation des inerties lors des accélérations) ou bien par l'accroissement du couple résistant de la partie mécanique. Elles peuvent donc servir de base de diagnostic de l'état général du robot (niveau 1) lors de la surveillance de celui-ci. Ainsi en comparant dans le temps des enregistrements successifs, on peut déterminer si chaque axe du robot présente une accélération et une décélération normale et si le couple résistant de la partie mécanique reste le même.



La figure 7 : Forme du signal de réponse de courant sur le variateur et forme du signal délivré par la génératrice tachymétrique pour l'axe β .

7. EXEMPLE D'EXPLOITATION « NIVEAU 2 » :

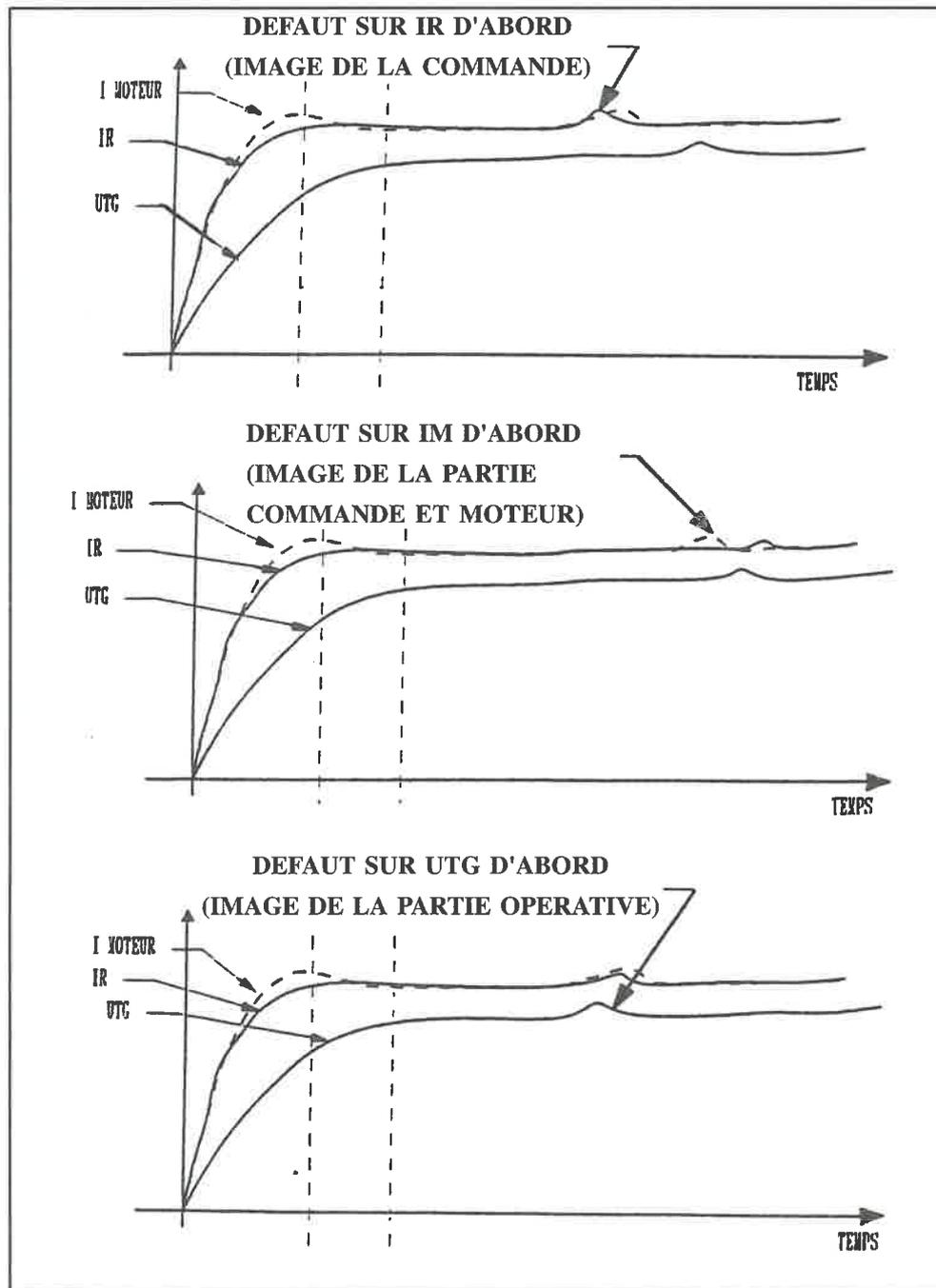
Dans l'analyse à ce deuxième niveau, nous descendons plus profondément dans la décomposition fonctionnelle de manière à atteindre la structure du robot en décomposant les fonctions en éléments structurels qui les assurent. Nous cherchons alors à déterminer quels sont les éléments incriminés si une anomalie est apparue au premier niveau.



La figure 8 : Schéma des boucles d'asservissement d'un axe du robot.

Le système schématisé figure 8 est bouclé. Ainsi un défaut de la partie mécanique aura une répercussion sur la partie commande et réciproquement. L'ordre dans lequel le défaut se manifeste sur les signaux provenant de la commande d'axe, de la génératrice tachymétrique et de la carte de puissance du moteur peut nous indiquer quelle est, de la partie opérative et de la partie commande, celle qu'il faut incriminer. En fonctionnement normal, la réponse de la génératrice tachymétrique est en retard sur le signal de référence (IR). Le défaut peut apparaître suivant les trois chronologies indiquées figure 9.

- Le signal délivré par la génératrice tachymétrique (UTG) est l'image du mouvement qu'effectue l'axe du robot ; c'est donc l'image de la partie opérative.
- Les deux autres signaux sont l'image de la partie commande. Si un défaut apparaît d'abord sur UTG avant de se répercuter sur les deux autres signaux, on peut alors soupçonner la partie opérative. Dans le cas contraire, la partie commande est soupçonnée en premier.



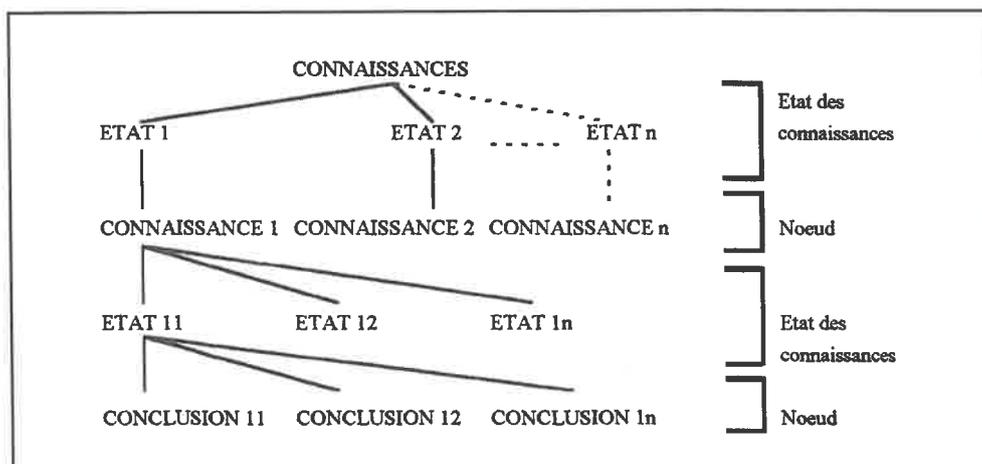
La figure 9 : Analyse temporelle des signaux émis par le robot ASEA IRB60.

8. STRATEGIES DE DIAGNOSTIC UTILISEES :

La première partie de notre démarche, présentée dans les précédents paragraphes, permet d'acquérir les connaissances nécessaires pour établir un diagnostic sur l'état du robot ; elles sont de deux types :

- des connaissances techniques sur son principe de fonctionnement, sur les différents flux qui traversent le système et sur sa structure.
- des connaissances de diagnostic qui permettent, à partir de l'analyse de certains signaux, de déceler soit un comportement anormal d'un axe, soit le composant soupçonné d'être à l'origine de l'anomalie.

La deuxième partie de notre démarche utilise le formalisme des arbres de décision pour réunir l'ensemble de ces connaissances. Il s'agit d'une représentation graphique permettant de représenter les connaissances et le raisonnement nécessaires à la prise de décision. Une branche est un état possible de la connaissance et aboutit à un noeud représentant l'opérateur associé. Les noeuds terminaux correspondent aux différentes conclusions possibles, comme le montre la figure 10.



La figure 10 : Schéma d'un arbre de décision.

Ce graphe correspond à la démarche naturellement adoptée par un technicien en maintenance qui, lors de l'établissement d'un diagnostic, part d'un symptôme pour tenter d'aboutir à la cause réelle. En outre, lorsque les connaissances et les stratégies proviennent de différents experts, elles peuvent diverger ; ce formalisme aide alors à la synthèse. Enfin nous verrons que, lors de la conception d'un système expert, la phase de codage est grandement facilitée par l'utilisation de ces arbres. On associe donc à chacun des tableaux bilans présentés précédemment plusieurs arbres de décision.

9. UTILISATION D'UN SYSTEME-EXPERT :

La troisième partie de notre démarche utilise un système expert (5) pour aboutir de façon automatisée au diagnostic. Notre choix s'est portée sur ces logiciels car ils possèdent les avantages suivants :

- la manipulation et le traitement de données diverses, symboliques, numériques ou booléennes,
- la séparation entre les données, incluses dans la base de connaissance et le système de traitement de ces données, le moteur d'indifférences,
- la possibilité d'enrichir graduellement la base de connaissance, ceci avec un système opérationnel dès l'initiation du projet.

9.1. Spécification du système :

L'étape de spécification du système va permettre de traduire les besoins en fonctions et contraintes.

Fonctions :

- L'ensemble de cette partie logiciel doit être capable d'acquérir des informations numériques, symboliques et de les traiter.
- Ces informations proviennent soit d'un dialogue avec l'utilisateur, soit le plus souvent d'un logiciel de traitement de grandeurs physiques issues de capteurs.
- Le logiciel doit pouvoir prévenir l'utilisateur dans le cas où une anomalie de fonctionnement apparaît (dérive d'un paramètre par exemple), et éventuellement établir un diagnostic sur la cause probable de cette anomalie.

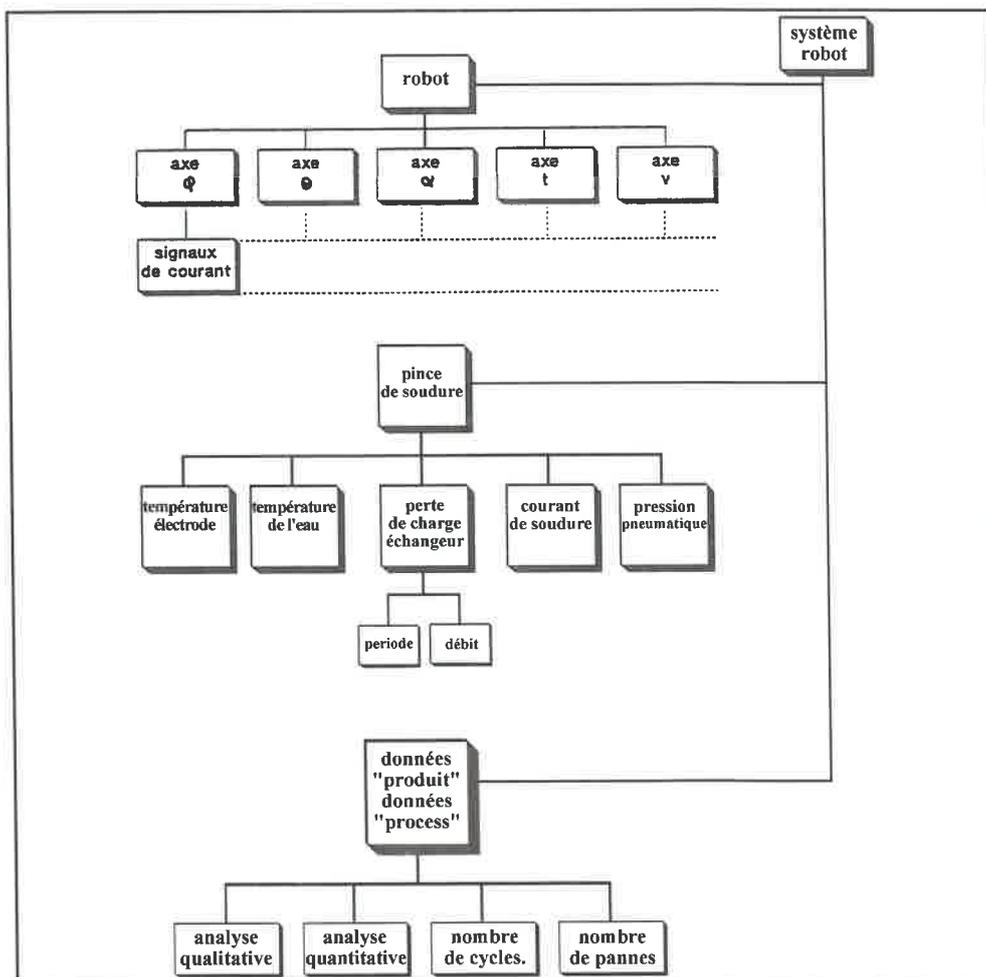
Contraintes :

Le système doit pouvoir évoluer facilement ; sa maintenance doit être aisée et il doit être capable d'échanger des informations avec d'autres programmes informatiques ainsi qu'avec des bases de données afin de s'intégrer dans une G.M.A.O. (Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur).

9.2. Organisation de l'expertise :

Une partie importante de notre réflexion s'est portée sur la base de connaissances ; en effet, la construction de celle-ci en écrivant successivement toutes les règles déduites de l'analyse présentée au paragraphe 5, ne garantit pas le bon fonctionnement du système global.

En outre, le risque de contradiction entre les différentes règles devient important et la maintenance de la base de connaissances problématique. Aussi avons nous structuré la base de règles et organisé la stratégie d'utilisation de ces règles. L'expertise doit être calquée sur la décomposition fonctionnelle du robot. Elle consiste alors à répertorier chacune des fonctions pour laquelle on dispose d'un test de bon ou de mauvais fonctionnement, comme le montre l'exemple figure 11.



La figure 11 : L'expertise est organisée en fonction des tests de fonctionnement répertoriés.

9.3. Conception et codage :

La conception et le codage du système-expert ont été réalisés avec le générateur de systèmes-experts «Intelligence Service» (6). Le moteur de ce générateur est d'ordre 0+ et travaille en logique des propositions. Il gère les items valorisables réels ou symboliques, les propositions booléennes ainsi que les compteurs. Les règles sont un moyen puissant d'expression des connaissances mais leur écriture peut devenir très fastidieuse quand la déduction est purement algorithmique. Aussi le logiciel offre la possibilité de demander l'exécution d'une procédure externe et de récupérer alors des informations extérieures. Cette procédure est un programme quelconque écrit dans un langage procédural classique (Fortran, C, Pascal). Ce mécanisme permet également au système expert de communiquer avec des tableurs et des bases de données.

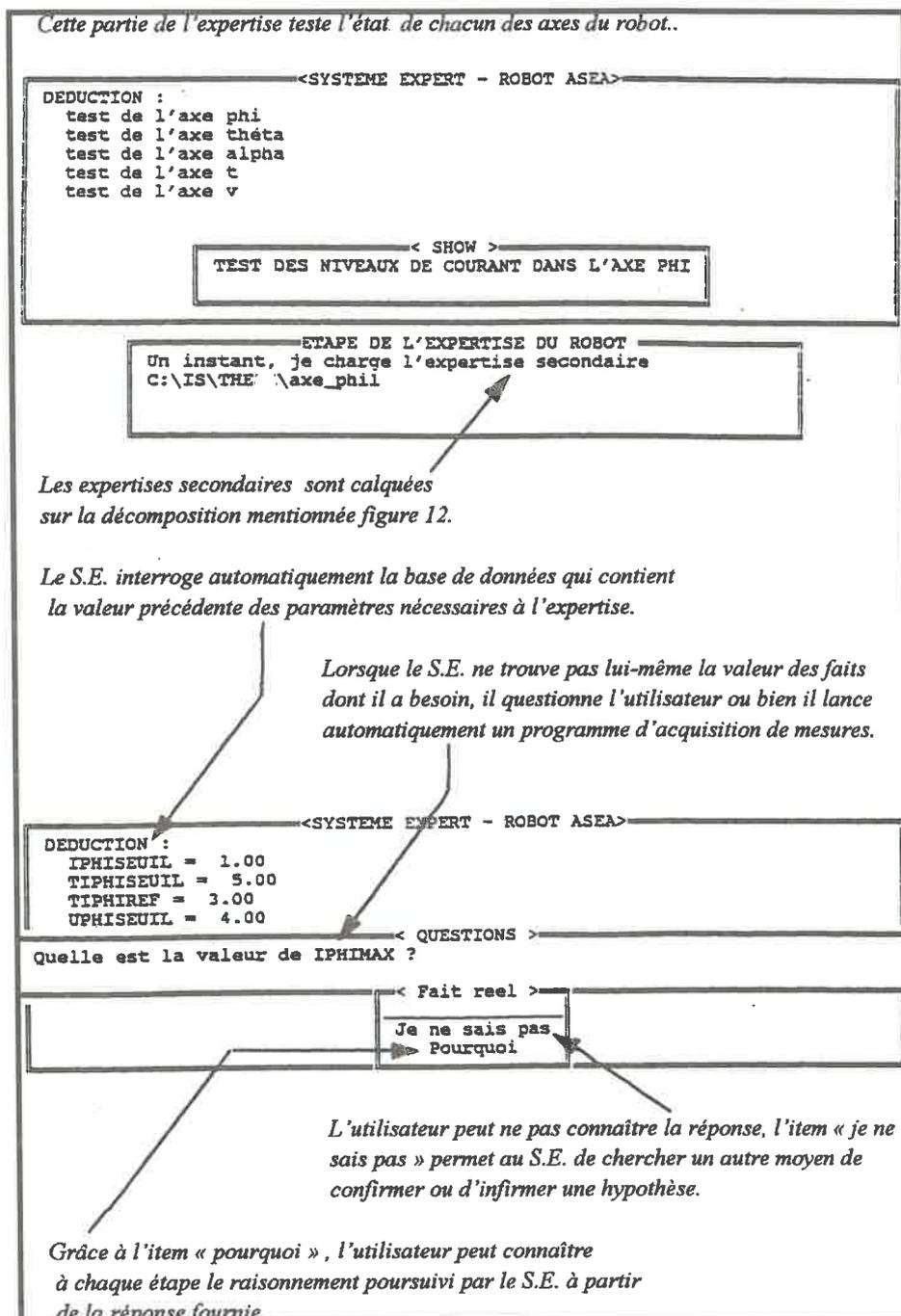
9.4. Environnement créé autour du système-expert :

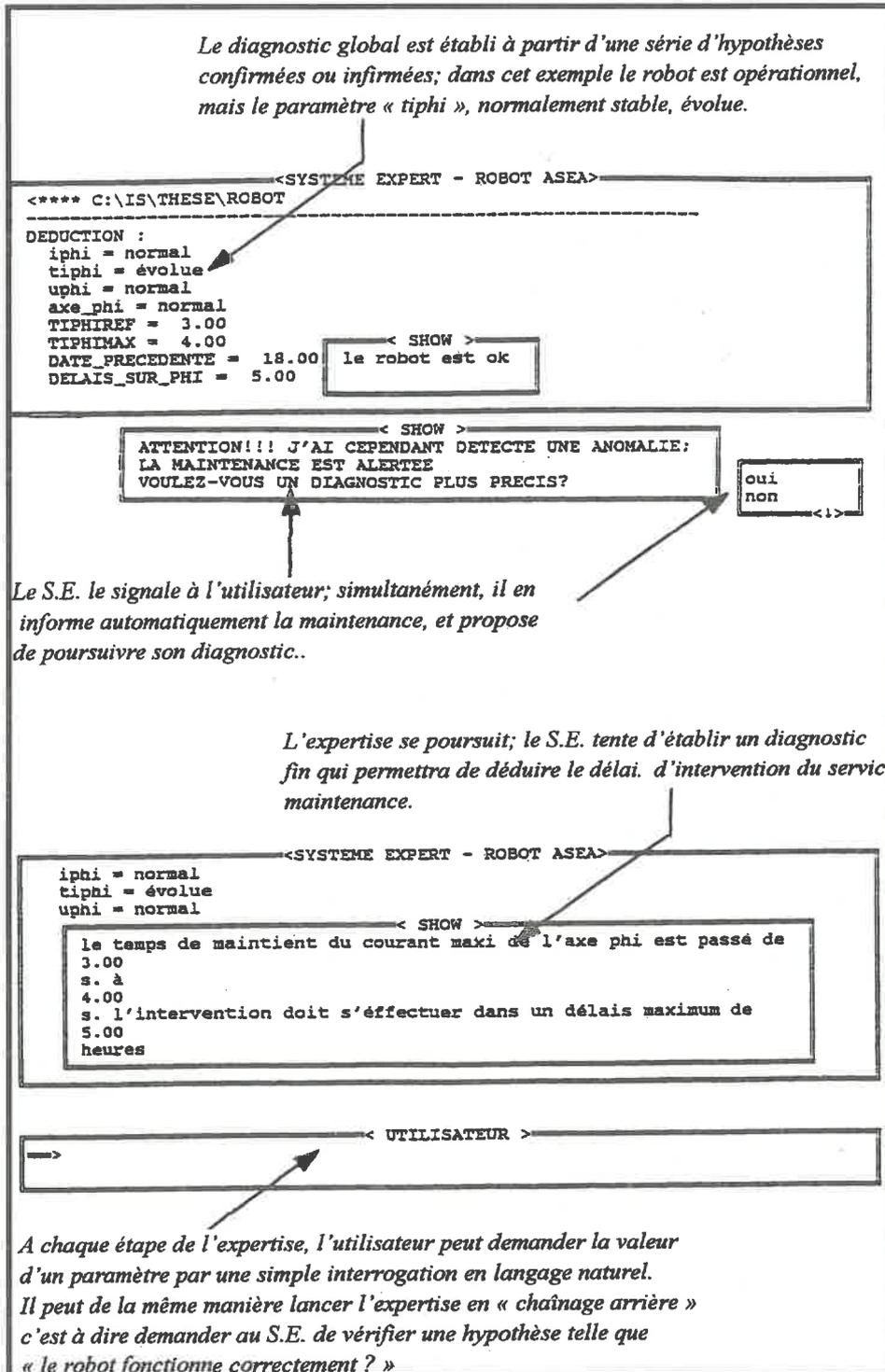
Le générateur de systèmes-experts possède une bibliothèque de procédures permettant un dialogue avec l'extérieur. Cependant, pour qu'à terme le système puisse s'intégrer dans un contexte industriel existant, nous avons créé des procédures en langage Pascal. Ces procédures permettent notamment de produire automatiquement une fiche diagnostic comprenant diverses informations telles que la durée et l'heure du diagnostic, les causes et les remèdes de la panne, c'est-à-dire l'ensemble des informations qui peuvent intéresser un système centralisé de pilotage ou bien un système de gestion assistée par ordinateur.

9.5. Codage des arbres de décision :

Les arbres de décision établis au paragraphe 8 facilitent grandement le codage dans le formalisme des règles de production utilisées par notre système-expert. Chacun des arbres de décision est en fait une représentation graphique de ces règles de production ; l'état possible d'une connaissance représentée par une branche de l'arbre correspond à la partie prémisse de la règle. Les noeuds de l'arbre représentent l'opérateur associé à cet état de connaissance et correspondent à la partie conclusion de la règle .

10. EXEMPLE DE DIALOGUE :





11. CONCLUSION :

La grande difficulté pour mettre en oeuvre une maintenance conditionnelle concerne le choix des paramètres permettant le suivi des équipements de production. Cette étude a permis d'établir une méthode pour y parvenir. Elle va dans un sens d'efficacité à moindre coût dans la mesure où l'utilisation des informations issues des propres capteurs des machines a été privilégiée.

L'application industrielle a permis de proposer un diagnostic général des machines asservies à partir du suivi des courants des asservissements et des signaux délivrés par les capteurs de vitesse. L'utilité de développements dans ce domaine est confortée par une récente étude menée auprès de 160 entreprises françaises (7) ; 58% d'entre elles déclarent que leur plus important problème de fiabilité provient des machines à commande numérique. Cette même application a également permis de proposer un diagnostic concernant les matériels de soudage qui n'a pu être développé dans cet article.

Enfin le suivi de la qualité du produit transformé par la machine surveillée nous paraît une voie intéressante et économique ; en effet, les services «qualité» des usines de production détiennent une masse importante d'informations, qualitatives et quantitatives, sur les produits fabriqués, dont l'exploitation peut permettre de connaître l'évolution de l'usure des machines de production.

En ce qui concerne les systèmes experts, la construction de leur base de connaissances constitue en fait le véritable problème. Ces connaissances doivent être «extraites» auprès d'experts du domaine ; les méthodes pour y parvenir demandent à être encore développées. On peut cependant noter que le développement des analyses «Amdec» (analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité) accompagnant l'installation de machines ou de process peut contribuer à vaincre cette difficulté. Des travaux ont déjà été effectués dans le domaine du diagnostic en maintenance curative (8). Actuellement, nous étudions la possibilité d'adapter ces analyses «Amdec» de manière à ce qu'elles puissent être exploitées en maintenance conditionnelle.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) LECOUFLE J. C. : *Colloque : La maintenance, un investissement rentable*. CETIM, Orléans, 1991.
- (2) BOUCLY F. : *Maintenance: les coûts de non-efficacité des équipements*, Afnor Gestion, Paris, 1988.
- (3) LAVINA Y.. *Audit de la maintenance*, Les éditions d'organisation, Paris, 1992.
- (4) MARCONNET P. : *Suivi de l'endommagement des systèmes de production*, Thèse de l'Université de Reims Champagne Ardenne, 1993.
- (5) FARRENY H. : *Les systèmes expert*. Cepadues Editions, Toulouse, 1989
- (6) *Le générateur de systèmes experts Intelligence Service*, Société GSI-ERLI, Charenton.
- (7) *Constat sur la politique de maintenance dans les industries de la mécanique* : Enquête Cort Consultants, 1992
- (8) SUHNER M.C, GABRIEL M. : *L'Amdec pour générer la base de connaissances de systèmes d'aide au diagnostic*. Conférence lors de la journée : L'Amdec, un atout pour les PMI. Cetim, 1992