

# **BTS INFORMATIQUE INDUSTRIELLE**

**Session 2001**

**Epreuve**  
**Etude d'un Système Informatisé**

## **Dossier technique**

*Système d'acquisition de température de bobinages*

### **AVERTISSEMENT**

**Le candidat devra se munir de ce dossier technique le jour de l'épreuve 'Etude d'un Système Informatisé'**

Ce dossier technique comprend deux parties :

1. Une présentation générale de 14 pages
2. Une documentation technique composée de 7 annexes numérotées D1 à D7

# **BTS INFORMATIQUE INDUSTRIELLE**

Session 2001

**Epreuve**  
**Etude d'un Système Informatisé**

## **Dossier technique**

*Système d'acquisition de température de bobinages*

## **PRESENTATION DU SYSTEME**

## Important

Pour l'examen, le candidat devra être en possession de ce dossier et de ses supports de cours sur :

- L'architecture des systèmes programmés (décodage d'adresse, programmation d'un coupleur, interruptions) ;
- Le langage UML (diagramme de collaboration, séquences et classes) ;
- Le langage C++ ;
- Les liaisons parallèles et séries (bus IEEE 488, RS232) ;
- Les protocoles et la programmation réseaux (Ethernet, IP, TCP/UDP, sockets) ;

## Plan

### 1. Présentation du système

- 1.1 *Expression du besoin*
- 1.2 *Synoptique général*
- 1.3 *Principe de la mesure*
- 1.4 *Spécifications*
- 1.5 *Architecture matérielle*
- 1.6 *Analyse UML*
- 1.7 *Ressources documentaires*

### 2. Annexes techniques

- Annexe D1 Norme de sécurité EN 60 335-1 (extraits)*
- Annexe D2 Exemple de fiche de mesure*
- Annexe D3 Récapitulatif partiel des notations UML 1.0*
- Annexe D4 Le Bus d'instrumentation IEEE 488 (GPIB)*
- Annexe D5 Documentation des fonctions GPIB*
- Annexe D6 Multimètre HP 34401A- Guide de l'interface IEEE 488 (Extraits)*
- Annexe D7 Programmation Réseau- Syntaxe de quelques appels systèmes*

**Nota :** Le sujet s'intéressera essentiellement à la partie embarquée du système présenté.

# 1 Présentation du système

## 1.1 Expression du besoin

Pour être commercialisé, un four à micro-ondes doit respecter des normes de sécurité. Ces normes sont fixées par des organismes officiels et sont décrites dans des documents de référence. Ces standards de sécurité assurent un niveau de qualité minimum du produit. Un produit ne respectant pas ces limites peut s'avérer dangereux pour le consommateur.

Une des normes s'appliquant aux fours à micro-ondes est la EN 60 335-1 (voir Annexe D1). Dans cette norme, le paragraphe 11.8 (échauffement) définit des cycles « normaux » de fonctionnement permettant d'échauffer les composants internes du four. A la fin des cycles, la température maximum de chaque composant est mesurée. Elle devra être inférieure à une limite prédéfinie pour que le four soit approuvé.

Un four à micro-ondes est constitué, entre autres, d'éléments bobinés : transformateur H.T. pour l'alimentation du magnétron, ventilateur, moteur du plateau tournant, moteur de commandes de soupape, transformateur d'alimentation de la carte électronique, moteur de minuterie...

Chaque bobinage a une classe donnant une valeur maximale d'échauffement. Exemple : un bobinage de classe H doit avoir un échauffement normal inférieur à 140 °C.

Le système d'acquisition de températures de bobinage doit permettre d'acquérir et d'afficher la température de tous les bobinages d'un four à micro-ondes à la fin d'un cycle de chauffe normalisé en respectant la norme EN 60 335-1.

Ce système est en exploitation dans plusieurs sociétés de fabrication de fours à micro-onde. Elles disposent de laboratoires d'essais et de mesures permettant la mise au point et la certification des fours.

Un exemple de fiche de mesure d'échauffement est donné en Annexe D2.

## 1.2 Synoptique général

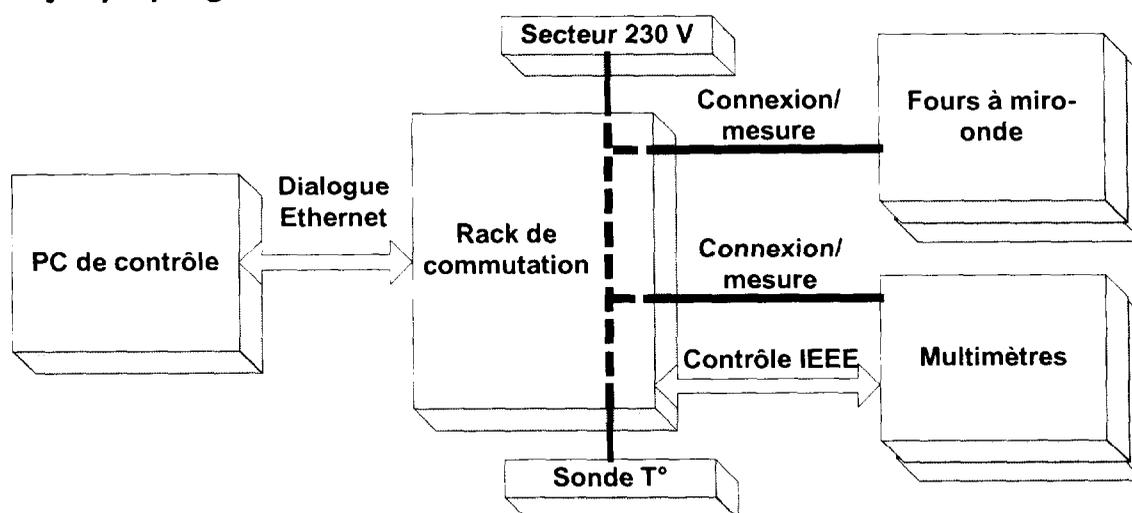


Figure 1 Synoptique général

Pour chaque bobinage de four, des mesures de résistance réalisées par des multimètres permettent de déterminer l'échauffement (voir principe de la mesure au §1.3 page 3).

Le rack de commutation permet de relier de 1 à 4 multimètres à un maximum de 4 fours à micro-onde. Il gère également la commande des multimètres via un bus d'instrumentation IEEE 488.

Son rôle est donc :

- de commuter le mode alimentation normale des bobinages (230 V) ;
- de connecter indépendamment chaque bobinage au multimètre choisi ;
- de couper l'alimentation des bobinages pour les mesures à chaud ;
- de connecter une sonde au multimètre pour mesurer la température ambiante ;
- de configurer le(s) multimètre(s) par le bus d'instrumentation IEEE 488 ;
- de commander et lire une mesure par le bus IEEE 488.

La connexion entre le rack de commutation et le four à micro-ondes permet soit d'alimenter normalement le bobinage, soit de mesurer sa température.

Le PC contrôle par une liaison Ethernet le rack de commutation et permet au technicien :

- de sélectionner le(s) four(s) et le(s) multimètres intervenants dans la mesure ;
- de choisir le mode de fonctionnement (alimentation normale du four ou mesure) ;
- de sélectionner les bobines et la sonde de température ;
- de contrôler et d'interpréter les mesures (départ, erreur, visualisation, sauvegarde...).

Une exploitation locale en réseau est prévue à l'aide d'un serveur chargé de stocker les résultats des mesures de différentes gammes de four. L'exploitation distante est réalisée par l'intermédiaire d'un routeur connecté au réseau Internet (voir architecture matérielle au §1.5).

### **1.3 Principe de la mesure**

#### **1.3.1 Calcul de l'échauffement**

Le principe de la mesure est imposé par la norme EN 60 335-1. On doit effectuer une mesure de la résistance du bobinage lorsqu'il est à température ambiante et une mesure de résistance lorsqu'il est chaud. En connaissant sa matière (cuivre ou aluminium), ainsi que la température ambiante, on calcule alors son échauffement grâce à la formule suivante (spécifiée dans la norme EN 60 335-1).

$$\Delta T = \frac{(R_f - R_i) * (k + T_i)}{R_i} - (T_f - T_i)$$

$\Delta T$  : échauffement du bobinage

$R_f$  : résistance du bobinage à chaud (finale)

$R_i$  : résistance du bobinage à froid (initiale)

$T_i$  : température ambiante à froid

$T_f$  : température ambiante à chaud

$k$  : coefficient (234.5 pour le cuivre ; 225 pour l'aluminium)

#### **1.3.2 Mesure à froid**

On doit mesurer la résistance à froid ( $R_i$ ) de chaque bobinage et la température ambiante ( $T_i$ ).

La résistance du bobinage étant constante, il n'y a pas de contrainte de temps particulière. Il suffit de connecter un à un les bobinages sur le multimètre et d'effectuer une série de mesures.

On pourra prendre 10 mesures, vérifier que l'écart entre la plus petite et la plus grande est inférieur à 0.1% puis effectuer la moyenne.

### 1.3.3 Mesure à chaud

Pour les mesures à chaud, le problème est plus délicat.

On ne peut pas prendre les mesures de résistance de bobinage tant que celui-ci est alimenté sous 230V.

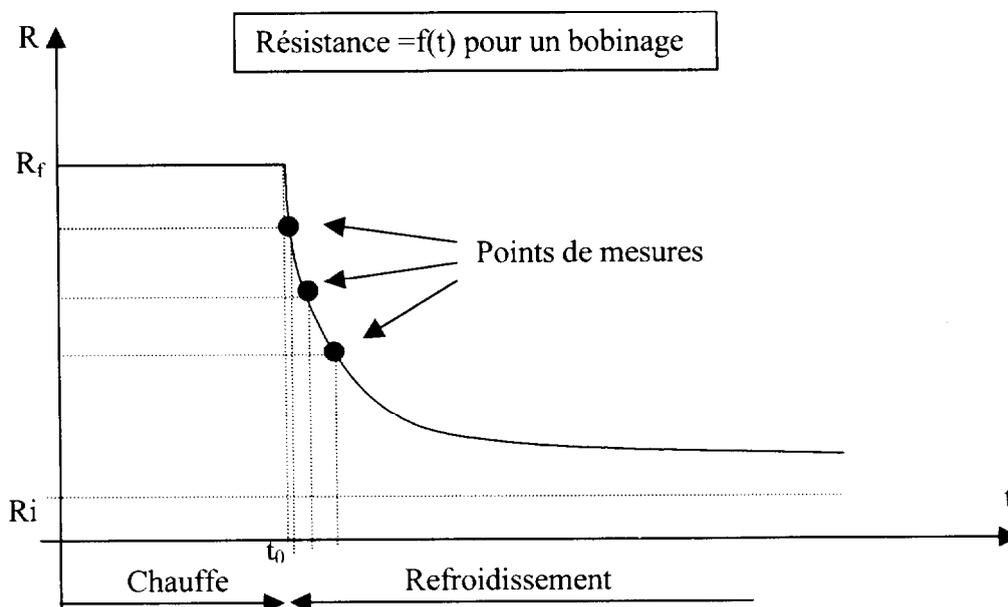
On doit en premier lieu couper l'alimentation du four à micro-ondes puis connecter au multimètre, un à un, les bobinages à mesurer. On doit attendre ensuite que le courant de mesure se stabilise (effet selfique) et enfin effectuer une série de mesures.

Conséquence : on n'est pas capable de mesurer directement la résistance à chaud au moment de l'arrêt pour tous les bobinages.

Solution : on effectue plusieurs points de mesures pendant le refroidissement pour chaque bobinage. Ensuite on détermine les équations  $R=f(t)$  pendant le refroidissement et enfin on calcule  $R_f = f(t_0)$ .

Tous les bobinages doivent être mesurés en moins de 2 minutes.

#### Exemple de courbes



$t_0$  : début de refroidissement.

Un point de mesures peut être constitué d'un nuage de points (5 points).

$R_f$  : valeur de résistance à déterminer

L'équation de courbe de refroidissement est du type  $R=A \exp^{(-t/\tau)} + R_i$ .

$A$  : constante à déterminer. ( $A$  est compris entre 1 et 100 k $\Omega$ )

$\tau$  : constante à déterminer (ordre de grandeur : on peut considérer que le bobinage est refroidi à 95% après 3h donc  $3\tau = 3h$  et  $\tau = 3600s$ ).

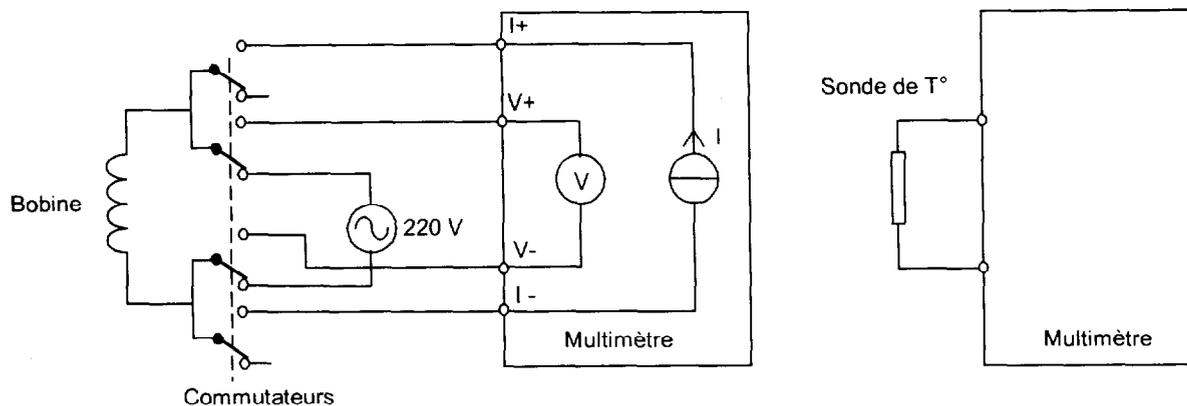
**Figure 2 Courbe de Refroidissement**

### 1.3.4 Connexion des éléments

La mesure de la résistance du bobinage est effectuée selon la méthode 4 fils.

Envoi d'un courant constant par deux fils dans le bobinage, mesure par deux autres fils de la tension alors présente. On calcule la résistance en appliquant la loi d'ohm  $R=U/I$ .

La sonde de température est connectée directement sur le multimètre qui possède un mode spécifique pour ce type de composant.

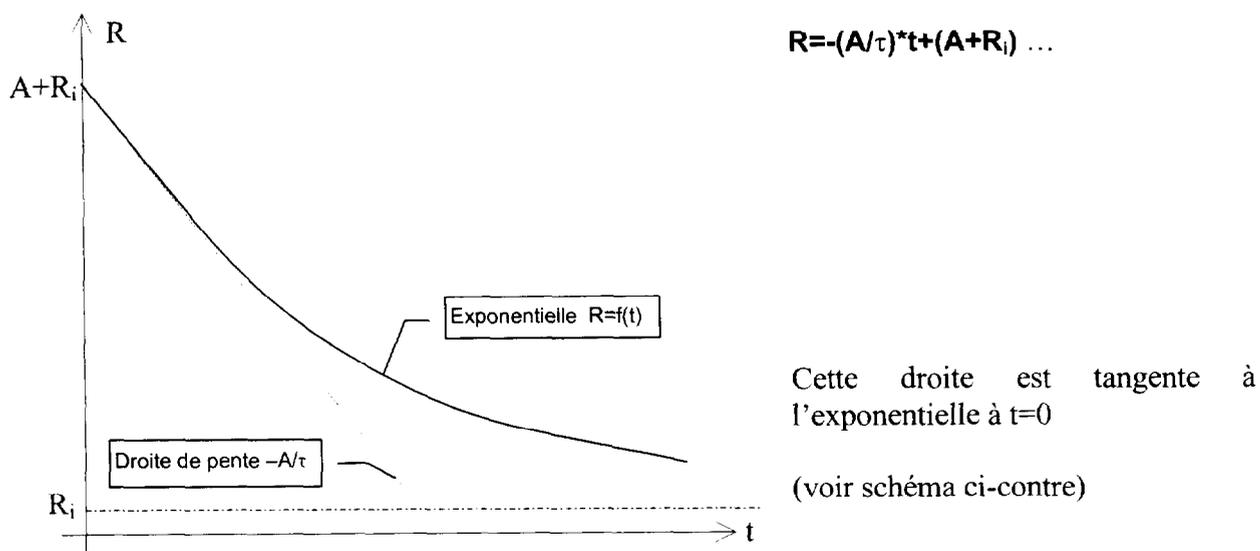


**Figure 3 Connexion des éléments**

Après coupure de l'alimentation des relais, la loi de variation en fonction du temps de la valeur de la résistance mesurée est, comme exposé précédemment, une exponentielle décroissante d'équation  $R = A \cdot e^{-t/\tau} + R_i \dots$

On rappelle que la dérivée de  $A \cdot e^{-t/\tau} + R_i$  est une fonction d'équation  $-(A/\tau) e^{-t/\tau}$ . La valeur de cette dérivée à l'instant  $t$  est la pente de l'exponentielle  $A \cdot e^{-t/\tau} + R_i$  à cet instant.

Cette exponentielle décroissante peut être assimilée sur les 120 premières secondes à une droite d'équation :

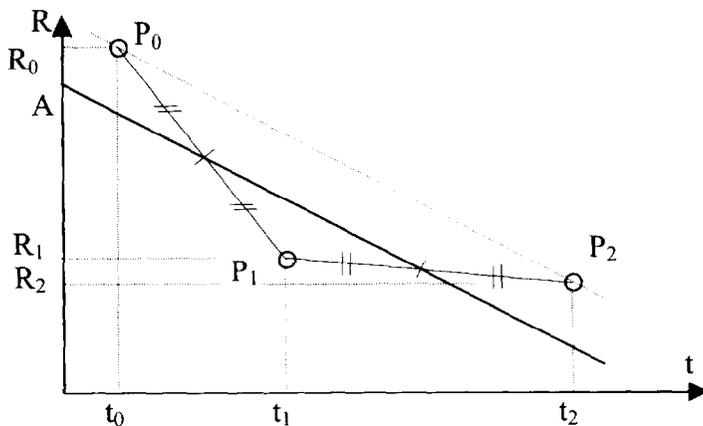


**Figure 4 Droite tangente**

Au cours de ces 120 secondes, chacun de ces bobinages fait l'objet de trois séries de mesures. De ces trois points, on essaie de déterminer l'équation de la droite  $R=f(t)$ .

Habituellement, on utilise pour trouver l'équation d'une droite à partir de points de mesure, les formules de régression linéaire. Cependant, dans le cas où le nombre de points permettant de déterminer la droite est de trois, la droite obtenue est parallèle aux deux points extrêmes et

équidistante de chacun des trois points (entre autres elle passe par le centre du segment qui relie chacun des points extrêmes au point central).



La droite obtenue a pour équation :

$$R = \frac{R_2 - R_0}{t_2 - t_0} * t + \frac{(R_1 + R_2) * (t_2 - t_0) - (t_1 + t_2) * (R_2 - R_0)}{2 * (t_2 - t_0)}$$

Figure 5 Interpolation

## 1.4 Spécifications

### 1.4.1. Fonctionnalités

#### □ Mesurer à froid

On veut mesurer la résistance de chaque bobinage à température ambiante.

La mesure à froid est lancée par le technicien. Il doit pouvoir suivre à l'écran le déroulement de l'acquisition.

Le nombre de bobinages connectés au système de mesure étant variable, il faut tout d'abord détecter automatiquement leur présence. Une fois que l'on sait sur quelles voies de mesures sont les enroulements, on procède à leurs mesures.

On doit aussi relever la température ambiante.

Une fois les mesures acquises, elles doivent être approuvées visuellement par le technicien.

Celui ci saisira manuellement le type de matériau de chaque bobinage (cuivre par défaut ou aluminium).

Si les mesures sont satisfaisantes, elles seront sauvegardées dans un fichier. Les informations à sauvegarder sont les valeurs et les voies connectées. On se propose d'avoir au maximum 10 fichiers de sauvegarde des mesures à froid. Le nom du fichier doit être facilement retrouvable à partir de la référence, la date et l'heure de la mesure et le nom du technicien.

#### □ Visualiser les mesures à froid

On veut pouvoir visualiser les dernières mesures à froid d'un four. Pour cela on sélectionne un des fichiers de mesures et on affiche les valeurs mesurées.

#### □ Mesurer a chaud

Avant d'effectuer la mesure à chaud, on sélectionne le fichier des mesures à froid correspondant au four pour récupérer le numéro des voies connectées.

Le lancement de la mesure est manuel ou déclenché automatiquement après un certain temps à saisir.

On doit pouvoir suivre à l'écran la prise de mesures.

On effectue 3 cycles identiques de mesures sur chaque bobinage avec 5 valeurs par cycle.

On relève la température ambiante.  
La température du bobinage doit être déterminée à  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

On sauvegarde les valeurs dans un fichier. On doit pouvoir identifier facilement les mesures à froid associées.

Un bouton doit permettre de lancer directement la visualisation des mesures et le calcul des températures.

#### □ Consulter les mesures à chaud

On veut pouvoir visualiser et modifier les mesures relevées à chaud.

Une modification peut être effectuée quand une mesure est erronée. Deux méthodes sont proposées : saisie manuelle d'une nouvelle valeur ou calcul linéaire à partir des 2 valeurs les plus proches.

Si une modification est effectuée, on sauvegardera les données dans le fichier.

#### □ Calculer et éditer

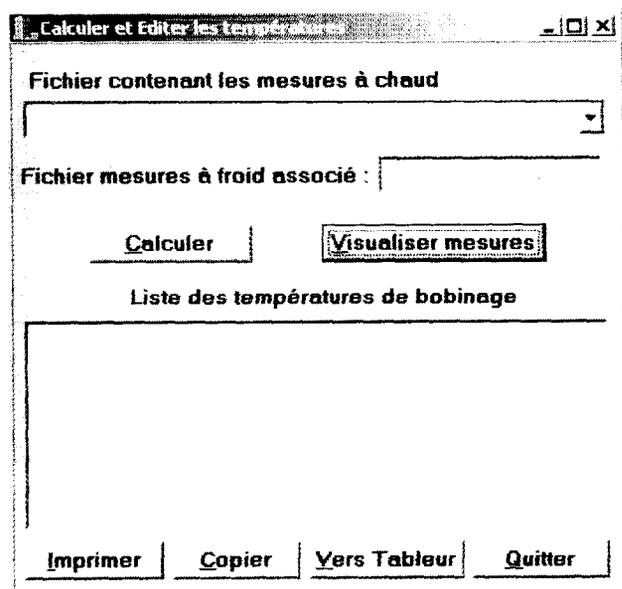
Une fois que les mesures sont effectuées, on calcule et on affiche les températures de bobinage.

Si cette fenêtre a été lancée à partir des mesures à chaud, on affiche la référence des mesures à froid et à chaud.

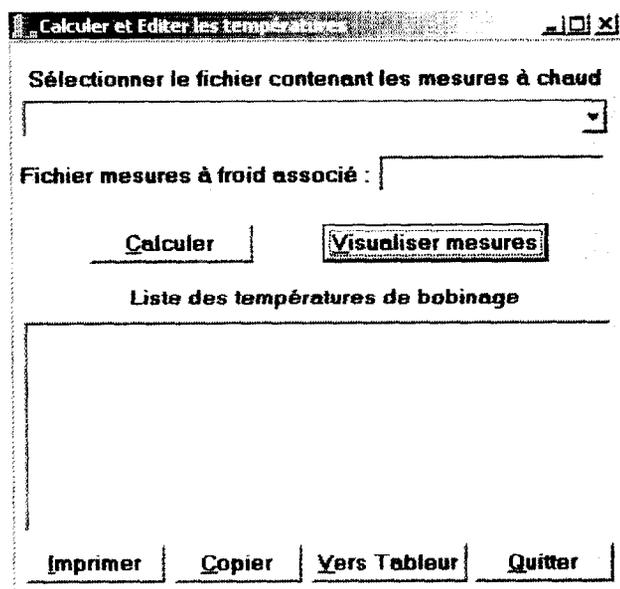
Si cette fenêtre est lancée à partir de la page d'accueil, on sélectionne d'abord le fichier contenant les mesures à chaud.

Une fois que les calculs ont été effectués, on a la possibilité de les imprimer dans une fiche standard. On doit trouver la référence de l'essai, la date ainsi que la résistance à froid, la température à chaud pour chaque bobinage ainsi que sa désignation qui sera saisie manuellement.

On veut aussi envoyer directement les informations vers un tableur pour qu'elles soient éditées.

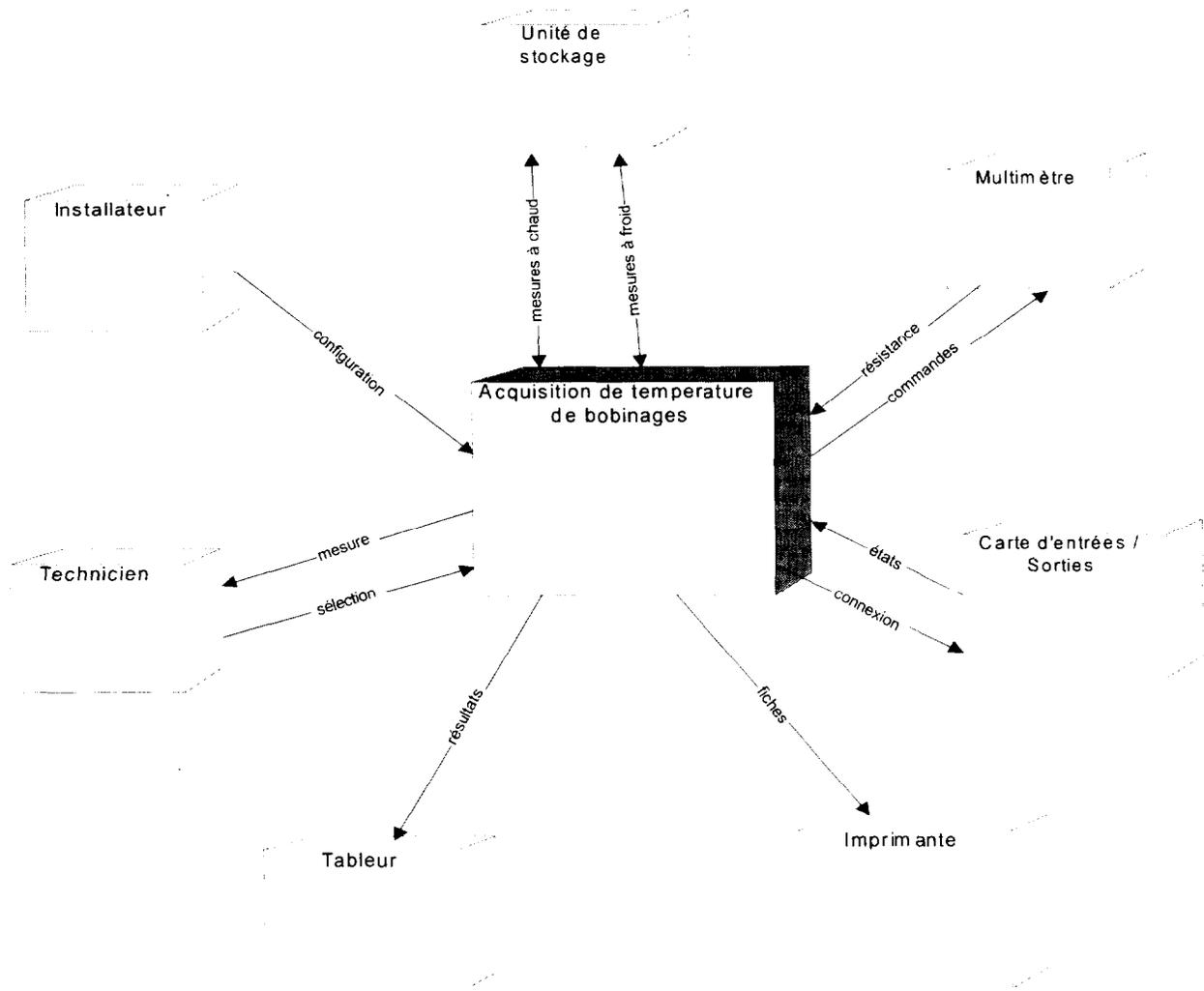


Fenêtre lancée à partir de la boîte de dialogue : Mesure à chaud.



Fenêtre lancée à partir de la page d'accueil.

## 1.4.2 Eléments en relation avec le système



**Figure 6 Diagramme de déploiement**

Le technicien pilote le système pendant les mesures.  
L'installateur configure le système notamment lors du 1<sup>er</sup> lancement.  
Les mesures à froid et à chaud sont sauvegardées sur l'unité de stockage (disque dur).  
Les valeurs de résistance sont acquises à l'aide d'un multimètre IEEE.  
Le rack de commutation permet de connecter un bobinage sur le multimètre ou sur le 230V.  
Les données peuvent être transférées vers un tableur pour être exploitées.  
Une fiche de mesures standard peut être imprimée.

□ **Rack de commutation**

Il permet de connecter les bobinages au multimètre et de commander les mesures sur celui-ci.

□ **Multimètre**

Les multimètres utilisés sont des HP34401A. Il sont commandés à partir du rack de commutation via le bus IEEE488.

□ **Tableur**

Le PC de contrôle fonctionne sous Windows 98, le tableur Excel est utilisé. Le transfert des résultats est réalisé via OLE (*object linking and embedding*).

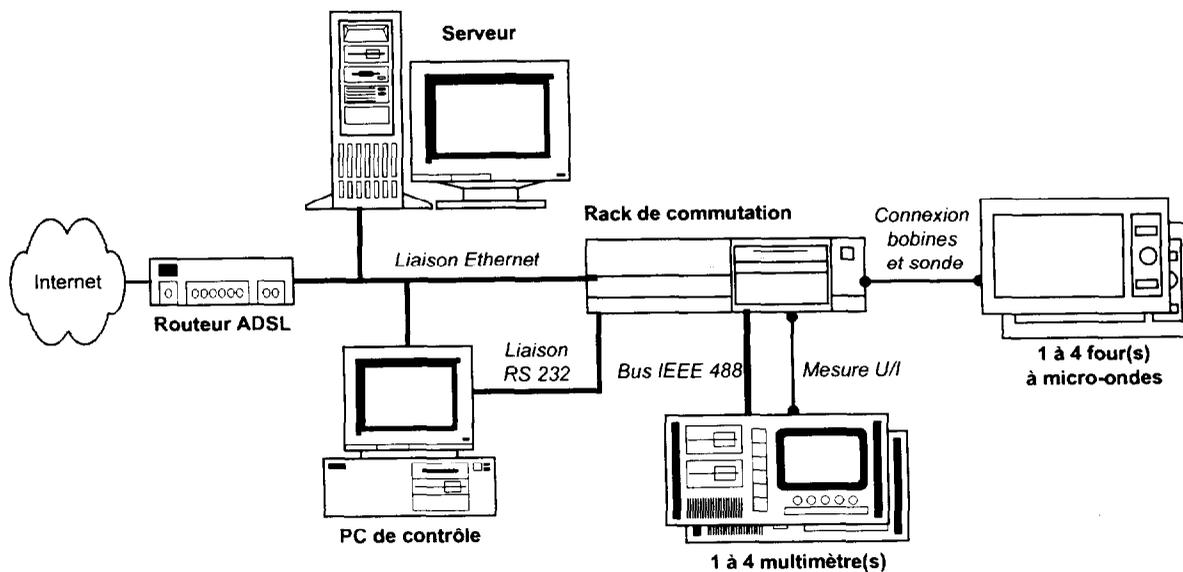
□ **Unité de stockage**

L'unité de stockage est le fichier. Chaque série de mesures sera mémorisée dans un fichier qui sera stocké sur le disque dur du PC de contrôle.

**1.4.3 Spécifications technologiques**

|  |   |
|--|---|
| Résistance d'un bobinage à froid :                           | entre 1 $\Omega$ et 50k $\Omega$  |
| Nombre de bobinages mesurés :                                | 1 à 16 (8 par four au maximum)  |
| Température de bobinage à déterminer :                       | entre 0 et 300 °C à $\pm 1^\circ\text{C}$   |
| Température ambiante :                                       | entre 20 et 30°C  |
| Coefficient de température de la résistivité du cuivre:      | 234.5   |
| Coefficient de température de la résistivité de l'aluminium: | 225   |
| Durée d'acquisition totale :                                 | < 120s  |
| Temps d'attente avant la 1 <sup>ère</sup> mesure :           | 5 à 10s   |
| Précision de la mesure du temps :                            | 1ms   |
| Nombre de cycles de mesure :                                 | 3   |
| Nombre de mesures par cycle :                                | 5   |
| Temps d'acquisition d'une mesure :                           | <=100ms   |
| Nombre de fichiers de mesure directement sélectionnable:     | 5   |
| Eléments paramétrables :                                     | - répertoire de stockage des fichiers de mesures ;<br>- adresse du multimètre ;<br>- nom de l'interface IEEE. |

## 1.5 Architecture matérielle



**Figure 7** Eléments et liaisons

Le dialogue entre le PC de contrôle et le rack de commutation est réalisé essentiellement via la liaison Ethernet et s'appuie sur le protocole TCP/IP.

La liaison RS232 est seulement utilisée en phase d'initialisation pour configurer les paramètres réseau du rack (adresses IP du rack et du serveur, localisation du noyau temps réel à télécharger...). Elle peut également être utilisée pour transmettre des alertes ou des messages administratifs depuis le rack de communication vers le PC de contrôle.

Le serveur permet de stocker les résultats des mesures de différentes gammes de fours pour une exploitation locale. Il contient également l'environnement de développement utilisé, entre autre, par le PC de contrôle ainsi que les ressources du noyau temps réel VxWorks utilisé par le rack de commutation.

En phase de démarrage, à la mise sous tension du rack, celui-ci télécharge à partir du serveur un fichier correspondant au module du noyau VxWorks nécessaire au fonctionnement de l'application envisagée.

Le programme d'application, ici l'acquisition de température de bobinages, est ensuite chargé dans le rack à partir du PC contrôleur.

Le routeur ADSL permet une exploitation distante via Internet des résultats des mesures.

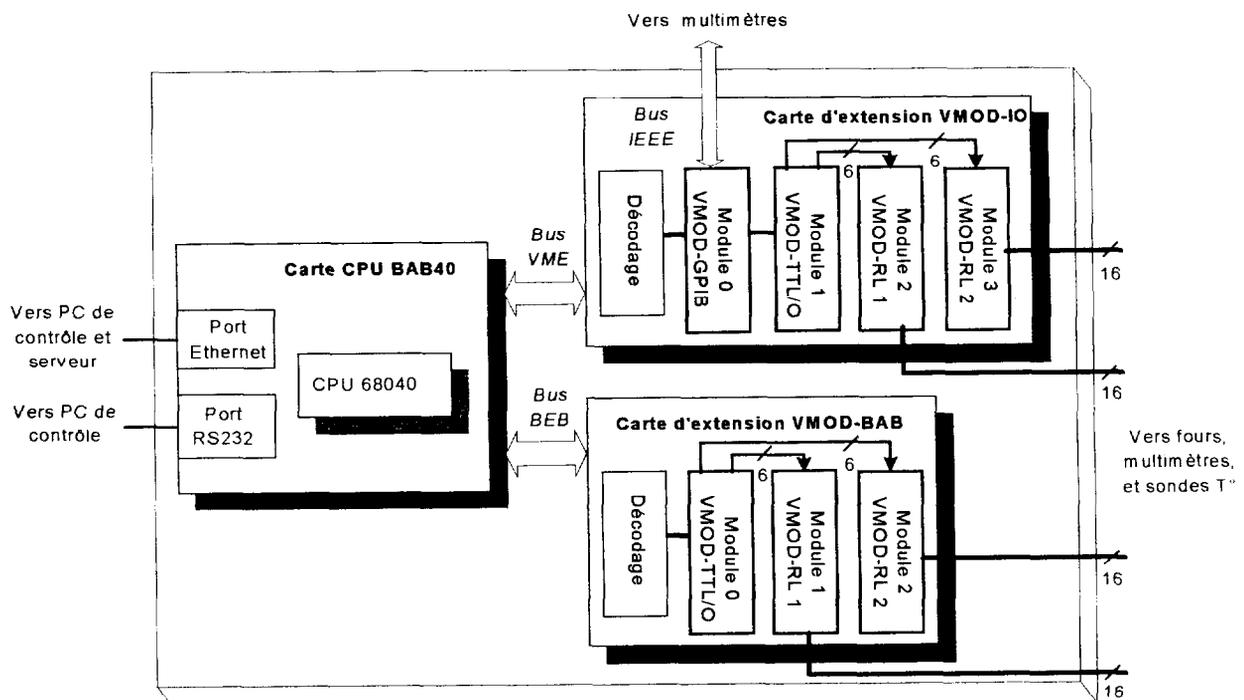
Le rack de commutation au format VME intègre une carte CPU BAB40 à base de processeur 68040, les ports RS232 et Ethernet sont intégrés à cette carte.

La carte CPU est associée à une première carte d'extension (VMOD-BAB) supportant 3 modules d'entrée/sortie :

- un module équipé d'un coupleur parallèle Z8536 (VMOD-TTL/O) ;
- deux modules dotés de relais (VMOD-RL) pour la connexion des bobinages du four.

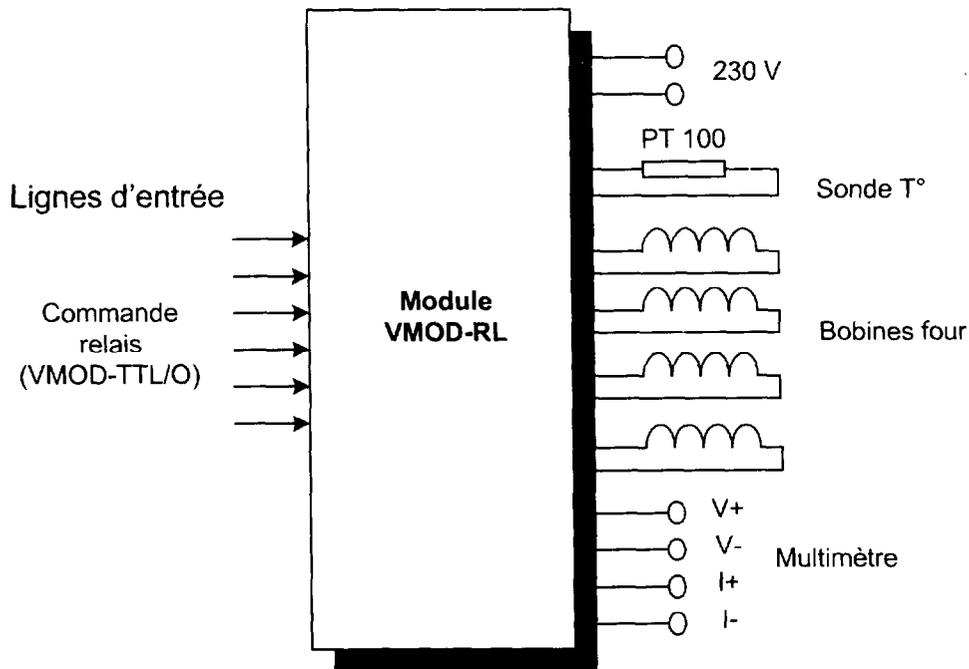
Une deuxième carte d'extension au format VME est intégrée au rack (VMOD-IO), elle supporte 4 modules :

- un module composé d'une interface IEEE 488 pour le dialogue avec les multimètres (VMOD-GPIB) ;
- un module VMOD-TTL/O ;
- deux modules VMOD-RL.



**Figure 8 Rack de commutation**

Pour chaque module relais, les six lignes d'entrée issues des modules TTL commandent six relais pour la commutation de 4 bobines, une sonde de température et l'alimentation 230 V.



**Figure 9 Module relais**

### 1.6 Architecture logicielle

Les différents modules logiciels sont répartis entre le rack de commutation, le PC de contrôle et le serveur.

- Le rack de commutation supporte le noyau temps réel VxWorks. Comme vu au paragraphe précédent, l'application et les modules nécessaires sont téléchargés dans le rack de commutation lors de la mise en marche du système. La partie embarquée de l'application reçoit des commandes depuis le PC de contrôle et gère l'ensemble de ses ressources matérielles pour satisfaire à ces demandes.
- Le PC de contrôle supporte également une application développée en langage C++ qui gère l'IHM et le traitement des données.
- Le serveur stocke et archive les données transmises par le PC de contrôle. L'exploitation de ces données est faite quand le technicien le juge nécessaire, par l'intermédiaire d'applications développées sous Excel.

## 1.7 Analyse UML

### 1.7.1 Modélisation de la partie embarquée.

#### 1.7.1.1 Diagramme de classes.

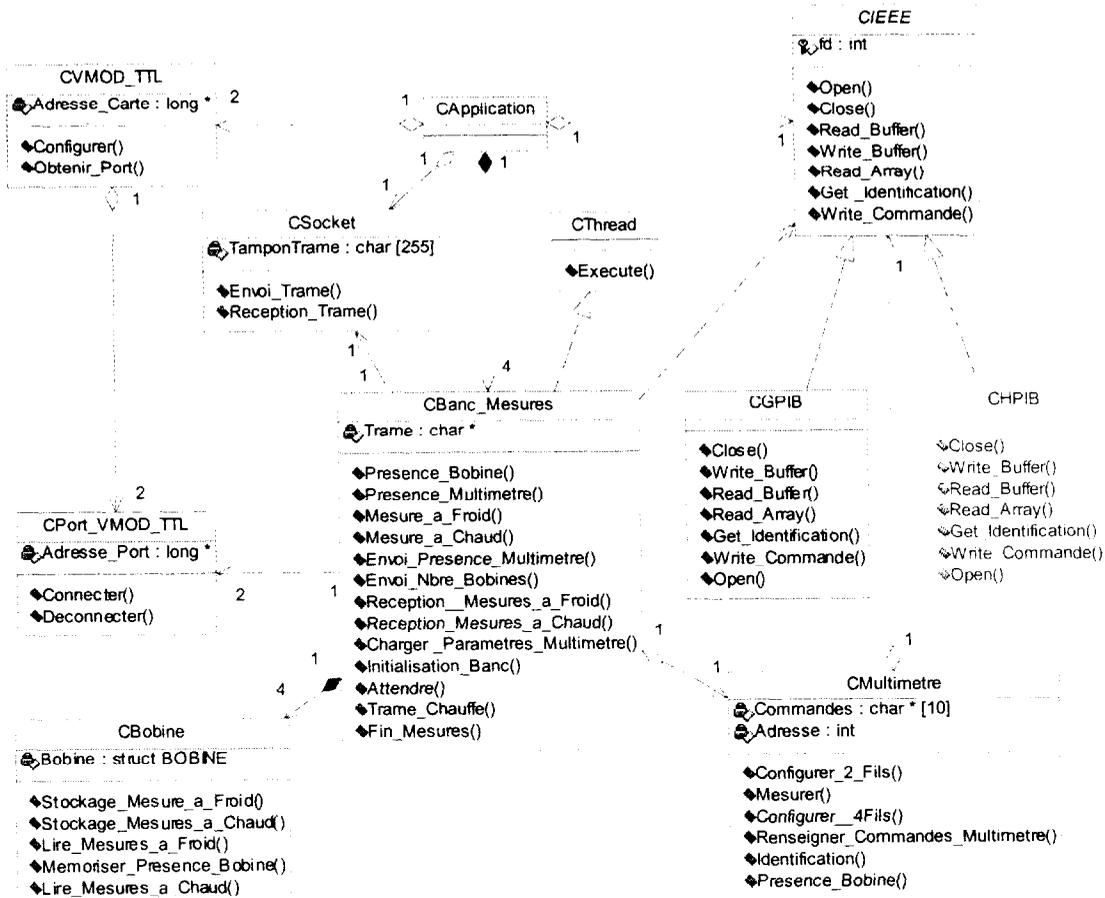


Figure 10 Diagramme de classes

#### Remarques :

- Seuls les attributs et les opérations essentiels à la compréhension du diagramme de classes sont représentés..
- La partie PC de contrôle (IHM) ne sera pas étudiée.
- Des questions seront posées tant sur la forme (questions de cours) que sur le fond (questions de compréhension) sur la représentation UML.
- Par convention tout nom précédé d'un « C » majuscule représentera le nom d'une classe : Ex : Csocket, Cbobine, Cthread ....
- La classe CHPIB représente la classe de gestion d'une carte IEEE différente, non utilisée dans le cadre actuel. Elle n'est présentée ici que pour montrer le rôle de la classe abstraite CIEEE.

### 1.7.1.2 Fonctionnement

L'application est téléchargée dans la carte CPU du rack de commutation. Elle est lancée immédiatement.

Lors de son instanciation l'objet **:CApplication** crée :

- un objet : **CSocket** en allocation dynamique ,
- deux objets : **CVMOD\_TTL** en allocation dynamique ,
- un objet : **CGPIB** en allocation dynamique,
- quatre objets : **CBanc\_Mesures** qui utiliseront la ressource partagée : CGPIB.

Ensuite elle lance les threads relatifs aux quatre banc de mesures.

Chaque objet : **CVMOD\_TTL** crée

- deux objets : **CPort\_VMOD\_TTL** en allocation dynamique. Leurs adresses sont calculées par l'objet : **CVMOD\_TTL** à partir de sa propre adresse.

Chaque objet : **Cbanc\_Mesures** crée

- quatre objets : **CBobine**
- un objet : **CMultimetre** en allocation dynamique.

## 1.8 Ressources documentaires

### 1.8.1 UML

- Intégrer UML dans vos projets : Nathalie Lopez, Jorge Migueis, Emmanuel Pichon : Edition Eyrolles
- Modélisation objet avec UML: Auteur Pierre-Alain Muller :Edition Eyrolles
- Le guide de l'utilisateur UML: Auteurs Grady Booch, James Rumbaugh, Ivar Jacobson : Edition Eyrolles
- Visual Modeling with Rational Rose and UML :Auteur Terry Quatrani :Edition ADDISON-WESLEY.
- Rational Rose 98 using Rational Rose.

### 1.8.2 Réseaux

- La communication sous UNIX : Jean-Marie Rifflet : Edisciences
- TCP/IP : Mac Millan – S&SM
- Transmissions et Réseaux : S. Lohier D. Présent : Dunod