

REPUBLIQUE DU SENEGAL

UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR



Gm.0673

Ecole Polytechnique de Thies

Departement du genie Electromecanique

**PROJET
DE
FIN D'ETUDES**

en vue de l'obtention du diplome d'ingenieur de conception

TITRE: Conception et Etude d'Implantation d'un Systeme d'Acquisition
de Donnees pour le Suivi de la conduite de Locomotives
Diesels-electriques (S.N.C.S)

Auteur: Komlan MESSIE

Directeur: Adama DIARRA, Ing., M.Sc.A

Date :

28 Juin 1993

Co-directeur: Birahim FALL, Resp. BEC (SNCS)

CONCEPTION ET ETUDE D'IMPLANTATION D'UN

SYSTEME D'ACQUISITION DE DONNEES POUR

LE SUIVI DE LA CONDUITE DE LOCOMOTIVES

DIESELS-ELECTRIQUES (S.N.C.S : Societe Nationale

des Chemins de fer du Senegal)

- A mes parents,
- A mes frères, soeurs et à toute ma famille,
- Aux familles amies,
- A mes ami(e)s et à toutes les personnes qui m'ont aimé.

REMERCIEMENTS

J'exprime ma reconnaissance à toutes les personnes qui, de près ou de loin, par leurs conseils, et suggestions, ont efficacement contribué à la réalisation du présent projet de fin d'études. Mes remerciements vont particulièrement:

- A Mr. Adama DIARRA, Ing., M.Sc.A, Professeur à l'École Polytechnique de Thiès (EPT), mon directeur de projet. Votre esprit d'ouverture et votre amour pour la rigueur dans la démarche scientifique m'ont beaucoup formé.

- A Mr. Birahim FALL, responsable du bureau d'expertise et contrôle à la S.N.C.S, mon directeur externe, vos explications pratiques nous ont été utiles pour la conduite de cette étude.

- A Mr. Igor SABATIN, Ing., Ph.D., Professeur à l'EPT, je vous suis reconnaissant pour vos explications pour une meilleure compréhension du sujet.

- A Mr. Cheikh Ahmet Tidiane GUEYE, Ing., service des matériels et entretien à la S.N.C.S., pour votre constante disponibilité, vos conseils et votre soutien.

- A Mr. El Hadj Ousmane N'DAO, chef de l'atelier de la S.N.C.S, et à tout le personnel de l'atelier, pour la confiance que vous nous avez témoignée en nous confiant cette étude au nom de la S.N.C.S.

- A Mr. Philippe ROUSSILLAT, directeur de HYDROSOURCE S.A. pour sa disponibilité et son soutien logistique.

- A tous les professeurs, techniciens, élève-ingénieurs et services de l'EPT ayant contribué à ma formation d'ingénieur.

- A la famille de Mr. DIARRA pour son esprit de tolérance.

Une acquisition de données est le processus par lequel on collecte des informations générées par un phénomène physique réel. La température, la pression, la vitesse, la vibration, la lumière, sont quelques exemples d'informations qu'on peut collecter. Les acquisitions de données jouent un important rôle dans plusieurs domaines tels que la sidérurgie, les fabrications d'automobiles, d'avions, la médecine etc...

Le concept d'acquisition de données est un peu large de nos jours et peut être décrit comme la collecte d'informations analogiques et/ou digitales dans le but de les observer, et d'analyser des événements ou phénomènes du monde réel. Il montre la capacité d'un système à déterminer les niveaux critiques de tels phénomènes, et à répondre de façon appropriée par la sortie de signaux analogiques ou digitaux, lesquels peuvent contrôler des appareils, des instruments ou des processus.

Bien avant l'âge des ordinateurs, l'acquisition de données se faisait avec des outils comme des papiers d'enregistrement (avec enregistrement manuel des données), par des tracés de courbes, lignes etc..., dès chaque changement des données ou à des intervalles de temps prédéfinis. Le résultat était généralement une longue bande de papiers qui montrent, par exemple, des variations de paramètres en fonction du temps (comme pour les séismographes). Cette méthode est évidemment très lourde, encombrante et relativement non précise. Elle est extrêmement difficile à exploiter pour de futures analyses.

Avec l'avènement des microprocesseurs et des ordinateurs de plus en plus puissants, une nouvelle forme d'acquisition est apparue. Nous avons désormais un traitement en temps réel, des calculs et graphismes, des enregistrements à grande vitesse, l'utilisation de données précédemment acquises et des analyses très complexes avec une grande aisance.

Le processus commence avec un phénomène physique (température, pression, etc...). Un capteur convertit l'information physique en tension ou courant. Ce signal électrique analogique varie avec l'évolution du phénomène et est ensuite injecté dans une carte qui le convertit en signal directement utilisable par l'ordinateur.

Le besoin de mieux dominer les machines amène l'homme à s'intéresser aux paramètres qui gouvernent leur fonctionnement. L'acquisition de données, qu'elle soit manuelle ou automatique, permet d'avoir une idée plus claire sur l'évolution de ces paramètres. Tout ensemble permettant de faire de l'acquisition de données est appelé système d'acquisition de données. Le développement rapide de microprocesseurs et d'ordinateurs de grandes puissances, avec des techniques sophistiquées de digitalisation des signaux a suscité de nombreuses applications notamment en instrumentation, contrôle de processus industriels et analyse de variables physiques. Les systèmes d'acquisition de données se sont surtout développés avec les facilités de stockage et de transmission rapide de données qu'offre l'évolution sus-mentionnée. Ils conduisent, entre autres, à des applications industrielles, médicales, spatiales etc...

Les données recueillies sont ensuite traitées par l'ordinateur, à l'aide de logiciel d'acquisition et de traitements statistiques adéquats comme LABTECH NOTEBOOK, WORKBENCH, SYSTAT, SSPS/PC+, PC MATLAB, CONTROL EG, etc...

Par cette étude, nous voulons présenter le concept général des systèmes d'acquisition de données, leur importance et surtout leur implantation dans le milieu industriel. Le processus industriel concerné dans cette étude est une des locomotives diesel-électriques de la Société Nationale des Chemins de Fer du Sénégal (SNCS): la BB1600, mais l'étude est applicable aux autres types de locomotives.

Cette locomotive est sujet aux réparations répétitives, et au vieillissement rapide dûs à une carence dans le suivi de l'évolution de ses paramètres vitaux de fonctionnement comme la température et la pression. Il nous appartient de faire le choix correct et l'étude d'implantation de tout l'ensemble d'acquisition de données, compte tenu de critères spécifiques.

Ce rapport est un résumé de toute cette étude, et comporte globalement:

- Le cahier des charges,
- Des notions fondamentales sur les systèmes d'acquisition de données,
- Une description du processus industriel,
- Les spécifications et études techniques,
- L'étude économique,
- Une analyse suivie de recommandations.

TABLE DES MATIERES

Remerciements	i
Dédicace	ii
Avant propos	ii
Sommaire	iv
CHAPITRE 1: Introduction	1
1.1. BREF APERÇU DE L'ENTREPRISE	1
1.2. PROBLÉMATIQUE ET DÉFINITION DU CAHIER DES CHARGES	2
1.3. TITRE DU PROJET	3
1.4. IMPORTANCE DU PROJET DANS LE CONTEXTE DE LA S.N.C.S	3
CHAPITRE 2: Généralités	4
2.1. CONSTITUTION GÉNÉRALE D'UN SYSTEME D'ACQUISITION DE DONNÉES	4
2.2. DÉFINITIONS ET NOTIONS FONDAMENTALES	4
2.2.1. La mesure de la pression	5
2.2.2. Les pressostats et les thermostats	6
2.2.3. Cellule de mesure de pression	7
2.2.4. Capteur de pression	7
2.2.5. Transmetteur de pression	7
2.2.6. Les séparateurs	8
2.2.7. L'étendue de mesure du capteur (EM)	9
2.2.8. Étalonnage	9
2.2.8.1. Méthode n°1	9
2.2.8.2. Méthode n°2	9
2.2.9. Écarts exprimés par la méthode n°1	10
2.2.9.1. Écart de linéarité	10
2.2.9.2. Hystérésis	11
2.2.9.3. Répétabilité	11
2.2.9.4. Erreur globale ou erreur combinée	12
2.2.10. Écart exprimé par la méthode n°2: la précision	12
2.2.11. Dérives thermiques des capteurs	12
2.2.11.1. La dérive thermique du zéro	12

TABLE DES MATIERES

2.2.11.2.	La variation thermique de sensibilité	13
2.2.11.3.	La plage de température compensée	13
2.2.12.	Autres caractéristiques des capteurs .	13
2.2.12.1.	La sensibilité (k_0)	13
2.2.12.2.	La résolution	13
2.2.12.3.	La relaxation	13
2.2.12.4.	La sélectivité	14
2.2.12.5.	L'encombrement	14
2.2.12.6.	La plage de température ambiante admissible	14
2.2.12.7.	La résistance à la corrosion . . .	14
2.2.12.8.	Domaine de non détérioration . .	14
2.2.12.9.	Pression d'éclatement	15
2.2.12.10.	Unités utilisées	15
2.2.12.10.1.	Pression	15
2.2.12.10.2.	Température	15
2.2.13.	Environnement & protection des capteurs	15
2.2.14.	Signal de sortie	16
2.2.14.1.	Le signal de sortie analogique . .	16
2.2.14.1.1.	La bande passante . . .	16
2.2.14.1.2.	Le temps de réponse . .	16
2.2.14.2.	Le signal de sortie numérique . .	17
2.2.14.3.	Le signal de sortie logique . . .	17
2.2.15.	Fonctionnement en différé	17
2.2.16.	Fonctionnement en temps réel	18
2.2.17.	La fiabilité	18

CHAPITRE 3: Les Capteurs et l'Ensemble Informatique d'Acquisition de Données

3.1.	LES CAPTEURS	19
3.1.1.	Définition	19
3.1.2.	Exemples de technologie de capteur	20

TABLE DES MATIERES

3.1.2.1.	Exemple d'un capteur de pression: capteur à jauge extensométrique	20
3.1.2.2.	Mesure de la température avec le thermocouple	21
3.1.2.3.	Mesure de la température avec sondes à résistance	24
3.1.2.3.1.	Principe	24
3.1.2.3.2.	Valeurs de base et tolérances	25
3.1.2.3.3.	Raccordement des sondes à résistance	25
3.1.3	Spécifications des capteurs	27
3.2.	L'ENSEMBLE INFORMATIQUE D'ACQUISITION DE DONNÉES	27
3.2.1.	Le matériel d'acquisition de données (le hardware)	27
3.2.1.1.	Le conditionneur de signaux	28
3.2.1.2.	Le préamplificateur	28
3.2.1.3.	Le multiplexeur	29
3.2.1.4.	L'échantillonneur-bloqueur (E/B)	30
3.2.1.5.	Le convertisseur analogique digital (C.A.D)	31
3.2.1.6.	Le circuit d'interface : la logique de contrôle	32
3.2.1.7.	La carte d'acquisition	33
3.2.2.	Caractéristiques et spécifications du matériel	33
3.2.2.1.	L'échantillonnage d'un signal analogique	34
3.2.2.2.	La résolution	34
3.2.2.3.	La vitesse	36
3.2.2.4.	Autres caractéristiques du matériel (hardware)	36
3.2.3.	Le logiciel d'acquisition des données	38
3.2.4.	Le module de conditionnement	41
3.2.5.	L'ordinateur	41

TABLE DES MATIERES

CHAPITRE 4: Le Processus Industriel	42
4.1. LE GROUPE ÉLECTROGÈNE	43
4.1.1. Un moteur diesel MGO V16 BZSHR	43
4.1.2. Une génératrice principale (GP) TYPE GP 849 A	43
4.1.3. Une statodyne type BGG 21 AS	44
4.1.4. Deux turbo soufflantes VTR 200 et un compresseur centrifuge	44
4.1.5. Une pompe gasoil	44
4.1.6. L'installation de refroidissement	45
4.1.6.1. Le circuit haute température HT	46
4.1.6.2. Le circuit basse température(BT)	46
4.1.6.3. Les radiateurs	47
4.1.6.4. Le circuit d'huile	47
4.1.6.5. Les sécurités	47
4.2. DESCRIPTION DU CADRE DE FONCTIONNEMENT	48
4.2.1. Le local de tarage	48
4.2.2. La locomotive diesel-électrique	49
4.3. MÉTHODES ACTUELLEMENT UTILISÉES	49
CHAPITRE 5: Spécifications et études techniques	
d'Implantation	52
5.1. RÉSUMÉ DES DONNÉES	52
5.2. CHOIX DES CAPTEURS ET ÉTUDES D'IMPLANTATION	54
5.2.1. Choix des capteurs de pression	54
5.2.1.1. Justification et étude d'implantation	55
5.2.2. Choix des capteurs de température	55
5.2.2.1 Justification	56
5.2.3. Capteur de vitesse angulaire	56
5.2.4. Capteur de débit	57
5.2.4.1. Justification et étude d'implantation	57
5.2.5. Capteur de tension et de courant	57

TABLE DES MATIERES

5.3.	CHOIX DE L'ENSEMBLE INFORMATIQUE D'ACQUISITION DE DONNÉES	58
5.3.1.	Les cartes	58
5.3.1.1.	Justification et étude d'implantation	58
5.3.2.	Choix de l'ordinateur	59
5.3.3.	Choix de l'imprimante	59
5.3.4.	Choix du logiciel d'acquisition de données	60
5.3.4.1.	Justification	60
5.3.5.	LABTECH NOTEBOOK	61
5.3.5.1.	Caractéristiques	61
5.3.5.2.	Spécifications	63
5.3.6.	La carte d'acquisition ACPC-12-16	64
5.3.6.1.	Caractéristiques	64
5.3.6.2.	Spécifications	65
5.4.	JUSTIFICATION GLOBALE DES CHOIX	66
5.5.	PROBLEMES DE MONTAGE	66
5.5.1.	Montages de la sonde à platine avec le panneau terminal	67
5.6.	PROBLEMES LIÉS A L'IMPLANTATION DU SYSTEME .	68
5.7.	UTILISATION D'AUTOMATES PROGRAMMABLES INDUSTRIELS (API)	69
5.8.	MAINTENANCE DU SYSTEME	70
CHAPITRE 6: Etude économique		70
6.1.	DEVIS ESTIMATIF	70
6.2.	COMMENTAIRES ET ANALYSE	70
6.2.1.	Hypothèses	70
6.2.2.	Commentaires	70
6.2.3.	Analyse	71
6.3.	RÉSULTATS ET AVANTAGES ESCOMPTÉS	72
6.4.	INCONVÉNIENTS	75
CONCLUSION ANALYSE & RECOMMANDATIONS		77
ANNEXES		

LISTE DES FIGURES

<u>FIGURE N°</u>		<u>PAGE N°</u>
#1:	FIGURE 2.1. Vue d'ensemble d'un système d'acquisition de données	4
#2:	FIGURE 2.2. Illustration des différents types de mesure de pression	5
#3:	FIGURE 2.3. Schémas illustrant les méthodes n°1 et n°2	10
#4:	FIGURE 2.4. Illustration de la répétabilité	11
#5:	FIGURE 2.5. Temps de réponse	17
#6:	FIGURE 3.1. Schéma d'un capteur industriel	19
#7:	FIGURE 3.2. Pont de wheatstone	21
#8:	FIGURE 3.3. Thermocouple, principe de fonctionnement	22
#9:	FIGURE 3.4. Thermocouple, principe de compensation	23
#10:	FIGURE 3.5. Types de montage RTD	25
#11:	FIGURE 3.6. Schéma de principe des multiplexeurs analogiques	29
#12:	FIGURE 3.7. Schéma des multiplexeurs numériques	29
#13:	FIGURE 3.8. Schéma de l'échantillonneur/bloqueur	30
#14:	FIGURE 3.9. Schéma du convertisseur analogique/digital	31
#15:	FIGURE 3.10. Illustration de la résolution	34
#16:	FIGURE 3.11. Illustration de la vitesse	35
#17:	FIGURE 4.1. Vue d'ensemble des circuits thermiques de la locomotive	45
#18:	FIGURE 4.2. Dimensions du local de tarage	47
#19:	FIGURE 4.3. Dimensions de la cabine du conducteur	48
#20:	FIGURE 5.1. Vue d'ensemble du système	53
#21:	FIGURE 5.2. Bloc diagramme de la carte	64
#22:	FIGURE 5.3. Montage des cartes avec le multiplexeur	66
#23:	FIGURE 5.4. Montage 2 fils	67
#24:	FIGURE 5.5. Montage 3 fils	67
#25:	FIGURE 5.6. Montage 4 fils	67

LISTE DES TABLEAUX

<u>TABLEAU N°</u>		<u>PAGE N°</u>
#1: Tableau n°1	Résumé des données	52
#2: Tableau n°2	Devis estimatif	71

CHAPITRE 1:
Introduction

1.1. BREF APERÇU DE L'ENTREPRISE

La Société Nationale des Chemins de Fer du Sénégal (S.N.C.S), autrefois appelée Régie des Chemins de Fer du Sénégal, est un organisme décentralisé de l'Etat chargé de la gestion des matériels et installations ferroviaires. Ses objectifs généraux sont:

- Soutien au développement industriel et agricole du pays en fournissant un moyen de transport de masse à un coût minime pour la collectivité ;

- Favoriser l'exploitation économique des ressources;
- Participer au maintien et à la création d'emplois;
- Développer la coopération internationale ferroviaire, en particulier avec la république du Mali.

Son action est déterminante dans le processus de développement économique du pays:

- Au plan national, elle sert à l'évacuation des minerais de la Compagnie Sénégalaise des Phosphates de Taïba (C.S.P.T); au transport de produits des Industries Chimiques du Sénégal (I.C.S); au transport de produits agricoles, arachides et coton notamment.

- Au plan international, singulièrement en direction de la République du Mali, l'action du chemin de fer a été décisive: dans les transports de matériaux et matériels pour la construction du barrage de MANANTALI, et dans l'approvisionnement en céréales, denrées et marchandises diverses etc...

Pour ses trafics, la S.N.C.S utilise divers types de locomotives tels que la BB1600, les CC2000 etc.... Le moteur de la BB1600 est construit par la SACM (Société Alsacienne de Construction Mécanique de MULHOUSE, FRANCE), etc...

1.2. PROBLÉMATIQUE ET DÉFINITION DU CAHIER DES CHARGES

L'atelier de la SNCS s'occupe, entre autres, des réparations des locomotives diesels-électriques, de leur rodage, et de leur tarage. Les conducteurs de locomotives et les spécialistes de tarage n'ont pas la possibilité de visualiser certains paramètres vitaux de fonctionnement de la locomotive. La température du gaz d'échappement au niveau de chaque cylindre, la pression au niveau de l'arbre à cames du moteur diesel, la température de l'eau de refroidissement, en sont des exemples concrets. Lors du tarage, l'ouvrier est obligé d'aller mesurer chaque valeur de paramètre, à des instants déterminés. Il relève ensuite ces valeurs sur des papiers préparés à cet effet. Cette méthode présente des risques certains d'insécurité et d'erreurs de mesure. La conservation de ces données est un autre problème.

La S.N.C.S nous a confié la responsabilité de faire la conception d'un système d'acquisition et de traitement de données pour le suivi de la conduite de ses locomotives. Le système doit faire l'acquisition, la visualisation, l'impression, au besoin, des données en temps réel et/ou en différé. Le système doit être facile d'utilisation pour les agents concernés de la SNCS.

1.3. TITRE DU PROJET

CONCEPTION ET ÉTUDE D'IMPLANTATION D'UN SYSTEME D'ACQUISITION ET DE TRAITEMENT DE DONNÉES POUR LE SUIVI DE LA CONDUITE DE LOCOMOTIVES DIESELS-ÉLECTRIQUES.

1.4. IMPORTANCE DU PROJET DANS LE CONTEXTE DE LA S.N.C.S

A part la précision que nous aurons au niveau des mesures, le système permettra de constituer une bonne banque de données sur l'historique de chaque locomotive. Cette banque de données pourra énormément faciliter des études ultérieures sur les locomotives. Les temps des opérations de tarage, de réparation et de rodage seront réduits; ce qui entraîne la réduction des coûts d'entretien. Ceci accroîtra la motivation des ouvriers.

CHAPITRE 2:
Généralités

2.1. CONSTITUTION GÉNÉRALE D'UN SYSTÈME D'ACQUISITION DE DONNÉES

La structure générale d'un système d'acquisition de données à n canaux d'entrées est la suivante, dans l'ordre, en partant du processus industriel:

- Un capteur industriel par variable physique mesurée,
- L'ensemble informatique où l'on distingue l'ordinateur, le matériel et le logiciel d'acquisition de données.

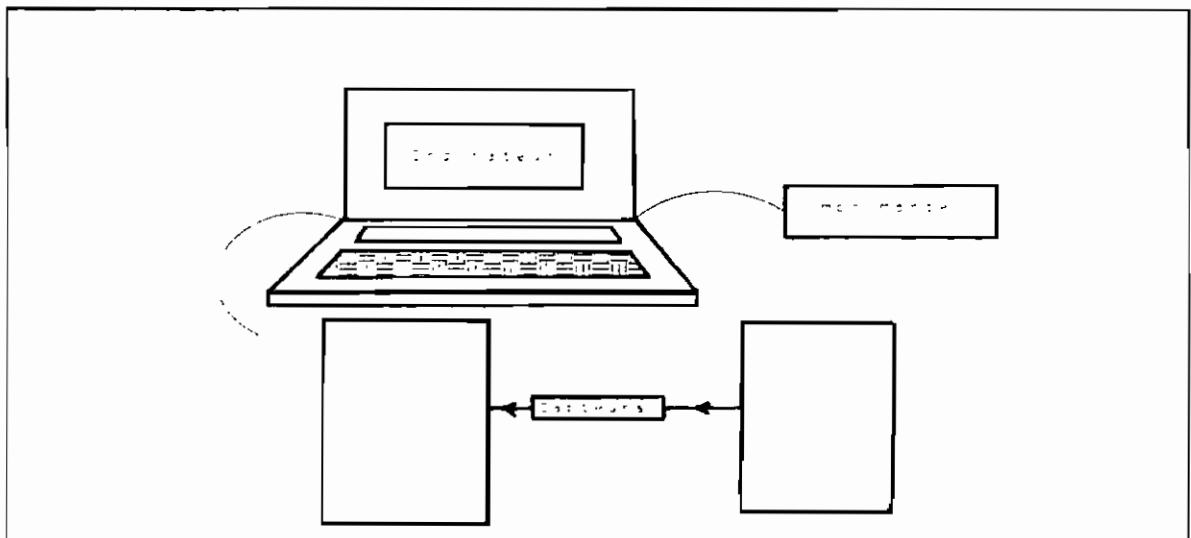


FIGURE 2.1: Vue d'ensemble d'un système d'acquisition de données

2.2. DÉFINITIONS ET NOTIONS FONDAMENTALES

Elles sont essentiellement basées sur les variables les plus utilisées dans notre étude: la pression et la température.

2.2.1. La mesure de la pression

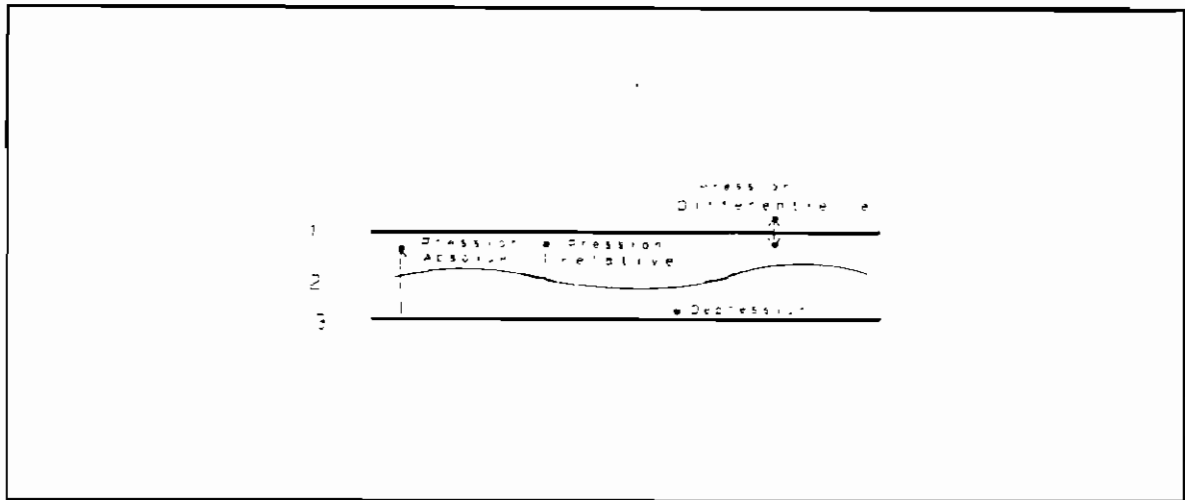


FIGURE 2.2: Illustration des différents types de mesure de pression

LÉGENDE

1. Pression de ligne: pression statique;
2. Pression atmosphérique: référence fluctuante;
3. Vide absolu: limite théorique.

On distingue quatre types de mesure de pression:

- **Mesure de pression absolue:** elle est référencée au vide absolu, c'est le cas de la pression atmosphérique;

- **Mesure de pression relative ou effective:** elle est référencée à la pression environnante, généralement la pression atmosphérique;

- **Mesure de pression différentielle :** c'est la différence entre deux pressions;

- **Mesure de la dépression:** elle est référencée à la pression environnante, généralement la pression atmosphérique.

On peut par ailleurs différencier la mesure des pressions en fonction de leur évolution dans le temps:

* **Pressions statiques ou quasi-statiques:** elles sont de variation lente. on peut citer l'exemple de la pression atmosphérique, la mesure de niveaux, certains procédés industriels (pétrochimie, industrie alimentaire, papetière, etc...);

* **Pressions dynamiques:** elles peuvent être aléatoires ou cycliques: pression dans un affût de canon (balistique), pression dans une moule d'injection plastique, dans un cylindre de moteur à combustion, etc..

Signalons que dans le cadre de notre étude, nous ferons des mesures de pression relatives.

2.2.2. Les pressostats et les thermostats

Ce sont des appareils de mesures de pression (respectivement de température) destinés à des fonctions de sécurité ou de régulation. Ces appareils maintiennent une pression (respectivement une température) autour d'une valeur de réglage (action de régulation "tout ou rien") ou déclenche une alarme en fonction des variations de la mesure (action de sécurité). Ils font partie de la grande famille des actionneurs.

2.2.3. Cellule de mesure de pression

C'est l'élément sensible qui permettra de constituer un capteur ou un transmetteur. Sa conception nécessite le savoir-faire du constructeur. Sa vente en l'état ne peut être prise en considération que pour des applications en grandes quantités et nécessite une étroite collaboration avec l'utilisateur pour concevoir l'intégration mécanique de l'élément de mesure.

Une cellule est constituée d'un corps d'épreuves (membrane céramique ou acier) équipée de jauges de contraintes (collées, sérigraphies ou déposées sous vide) câblées en pont de Wheatstone). Le raccordement électrique se faisant par l'intermédiaire d'un étage de raccordement (embase ou traversée).

2.2.4. Capteur de pression

Il est constitué d'une cellule de mesure intégrée dans une structure mécanique. Le capteur est doté d'une prise de pression et d'un raccordement électrique par câble ou collecteur. Son utilisation requiert généralement une interface électronique appelée "Conditionneur".

2.2.5. Transmetteur de pression

C'est un capteur intégrant un dispositif électronique permettant d'obtenir un signal de sortie standardisé:

0 à 10 Volts, 0 à 5 Volts, 1 à 5 Volts, 4 à 20 mA, 0 à 20mA.

2.2.6. Les séparateurs

Les séparateurs, préconisés par certains constructeurs, permettent d'isoler le fluide de l'appareil mesurant la pression (manomètre, capteur ou transmetteur). Ils sont particulièrement recommandés lorsqu'on mesure la pression de produits:

* **Visqueux ou chargés**, risquant de boucher l'organe de mesure.

* **Cristallisables à température ambiante**, donc devant être maintenus sous haute température.

* **Corrosifs**, risquant d'attaquer et de favoriser la rupture de l'organe de mesure.

* **Toxiques**, le séparateur constitue une sécurité supplémentaire. Il permet d'éloigner l'appareil de mesure du produit dangereux au moyen d'un tube capillaire.

* **Alimentaires**: l'organe de mesure constitue généralement une cavité fermée propice à la fermentation des produits alimentaires. Il faut alors utiliser des séparateurs facilement et rapidement démontables pour être fréquemment inspectés, nettoyés et rendus stériles.

L'utilisation en température va de -60°C à 200°C et permet de mesurer de 0,16 à 1000 bars avec plusieurs modèles. Notons qu'en cas de destruction de l'élément de mesure (manomètre, capteur ou transmetteur), La membrane du séparateur assure l'étanchéité du circuit.

2.2.7. L'étendue de mesure du capteur (EM)

Elle est la différence entre la valeur maximale et la valeur minimale que peut mesurer le capteur. Elle est choisie au plus proche de la valeur de la variable à mesurer. On prendra garde aux valeurs maximales admissibles.

2.2.8. Étalonnage

Il s'obtient par un relevé des valeurs de sortie (signal) pour des valeurs d'entrée (pression ou force ...) atteintes par variations croissante et décroissante (plusieurs montées et descentes). Les écarts (linéarité, hystérésis, ...) sont calculés par rapport à une droite de référence et exprimés en pourcentage de l'E.M On utilise une des deux méthodes suivantes:

2.2.8.1. Méthode n°1

Elle utilise la meilleure droite ou droite des moindres carrés déterminée par le calcul mathématique, et minimisant les écarts en tout point. La régression linéaire effectuée permet de déterminer la pente de la droite et l'ordonnée à l'origine (S_0).

2.2.8.2. Méthode n°2

Elle utilise la droite passant par les extrêmes théoriques ou droite 4-20mA (ou autre). Sa caractéristique principale est qu'elle établit les erreurs par rapport à des points de référence déterminés.

2.2.9. Écart exprimés par la méthode n°1

2.2.9.1. Écart de linéarité

C'est le plus grand écart constaté entre la courbe de réponse ou courbe d'étalonnage et une ligne droite appelée "meilleure droite" obtenue par la méthode des moindres carrés.

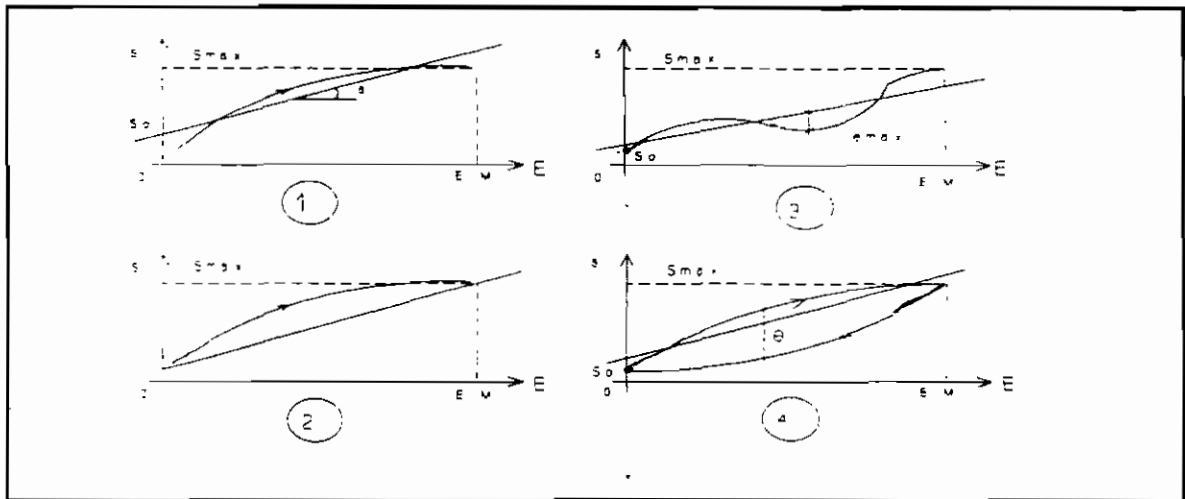


FIGURE 2.3: Schémas illustrant les méthodes n°1 et n°2

- LÉGENDE:** 1. Méthode n°1 ; 2. Méthode n°2
 3. Écart de linéarité ; 4. Hystérésis

$$\text{Forme: } S = a \times E + S_0$$

a = Sensibilité du capteur, S_0 = Ordonnée à l'origine.

L'écart de linéarité s'exprime en pourcentage de l'étendue de mesure:

$$e_L = \frac{e_{\max}}{(S_{\max} - S_0)} = \pm X\% * EM$$

2.2.9.2. Hystérésis

C'est la différence des indications obtenues (S) pour une même valeur de la grandeur d'entrée (E) atteinte, soit par variation de croissance continue. L'erreur d'hystérésis est égale à la moitié de l'écart maximum entre la montée et la descente. Elle s'exprime en pourcentage de la valeur de l'étendue de mesure (E.M). Cette définition est valable pour les deux méthodes car elle est indépendante de la droite de référence:

$$e_H = \frac{1}{2} \times \frac{e_{max}}{(S_{max} - S_0)}$$

2.2.9.3. Répétabilité

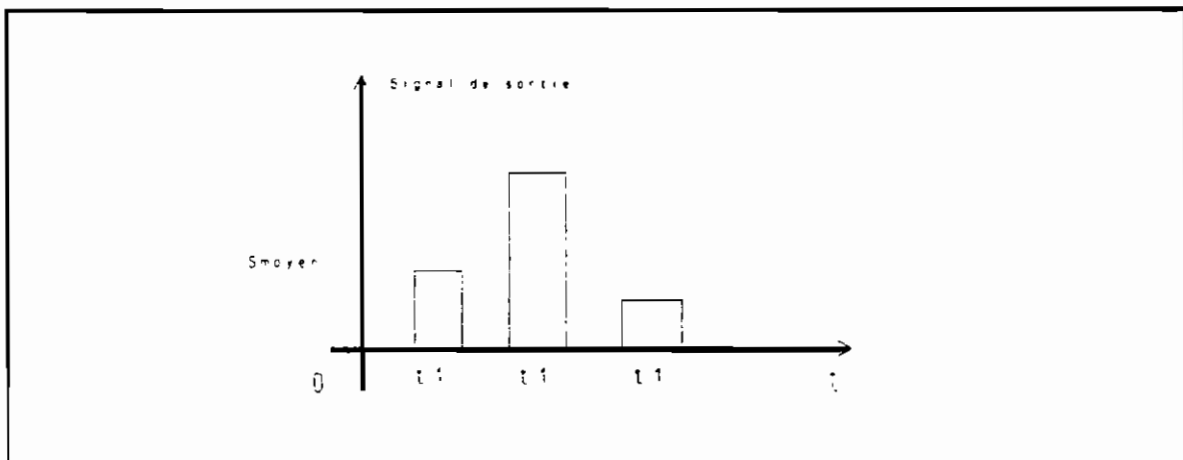


FIGURE 2.4: Illustration de la répétabilité

La répétabilité est l'étroitesse de l'accord entre les résultats des mesures successives d'une même grandeur effectuées avec la même méthode, par le même observateur avec les mêmes

instruments de mesure, dans le même laboratoire et à des intervalles de temps assez courts. L'erreur de répétabilité s'exprime par:

$$e_R = \pm \left(\frac{\Delta S}{S_{\text{moyen}}} \right)$$

2.2.9.4. Erreur globale ou erreur combinée

C'est la combinaison des erreurs élémentaires à 20°C: Linéarité (e_L); Hystérésis (e_H); Répétabilité (e_R). Elle est déterminée par l'écart maximum relevé après une ou plusieurs montées descentes entre les points de mesure et la droite des moindres carrés. On l'exprime généralement comme une bande d'erreur en $\pm X\%$ E.M..

2.2.10. Écart exprimé par la méthode n°2: la précision

On exprime la précision en $\pm X \%$ E.M. Cette précision correspond à une erreur maximum mais exprimée par rapport à la droite passant par les extrémités théoriques (exemple: 4-20 mA).

2.2.11. Dérives thermiques des capteurs

On exprime la dérive thermique du zéro ΔS_0 et la variation thermique de sensibilité par Δ_s .

2.2.11.1. La dérive thermique du zéro

Elle s'exprime en $\pm X \%$ E.M. dans la totalité de la plage de température compensée (exemple: 1% E.M. de -10°C à + 55°C).

2.2.11.2. La variation thermique de sensibilité

Elle s'exprime en $\pm X \%$ / °C (pourcentage de la sensibilité en un point par °C).

2.2.11.3. La plage de température compensée

C'est l'intervalle de températures pour lequel sont garanties les dérives thermiques du capteur ou du transmetteur.

2.2.12. Autres caractéristiques des capteurs**2.2.12.1. La sensibilité (k_0)**

Elle exprime le quotient de la variation du signal de sortie par la variation correspondante du signal d'entrée. Les capteurs, transmetteurs ayant une réponse linéaire, la sensibilité se confond avec la pente de la droite d'étalonnage. On a :

$$k_0 = \lim_{\Delta x_0 \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta y}{\Delta x} \right) \Big|_{x=x_0}$$

2.2.12.2. La résolution

C'est l'accroissement minimum de la grandeur d'entrée provoquant une modification de la grandeur de sortie. Elle n'est pas nécessairement constante sur toute l'étendue de mesure.

2.2.12.3. La relaxation

C'est le décalage temporel entre l'effet et la cause. De nature exponentielle, elle est donnée sous forme d'une constante de temps.

2.2.12.4. La sélectivité

C'est la capacité à mettre la différence entre la vraie variable physique et les parasites.

2.2.12.5. L'encombrement

C'est la spécification des dimensions physiques du capteur.

2.2.12.6. La plage de température ambiante admissible

Elle correspond au domaine de non détérioration en température. C'est la plage d'utilisation en température. Elle est souvent équivalente au domaine de température de stockage. Elle s'exprime en degré Celsius (°C).

2.2.12.7. La résistance à la corrosion

Elle est donnée par la nature du matériau de la partie du capteur en contact avec le milieu fluide étudié.

2.2.12.8. Domaine de non détérioration

C'est la valeur limite que peut atteindre et conserver la grandeur à mesurer, sans que les caractéristiques métrologiques du capteur soient altérées après disparition des surcharges appliquées. Il est communément appelé P_{max} admissible pour les capteurs de pression.

2.2.12.9. Pression d'éclatement

C'est la valeur limite que peut atteindre la grandeur à mesurer susceptible de provoquer la rupture du capteur.

2.2.12.10. Unités utilisées

2.2.12.10.1. Pression

Dans le système international (S.I.), l'unité légale de mesure de pression est le Pascal (symbole Pa).

1 Pascal = 1 Newton/1 m².

L'unité pratique généralement utilisée dans l'entreprise est le bar ou le millibar.

1 bar = 10⁵ Pa = 100 KPa; 1 mbar = 100 Pa = 10² Pa = 1hPa.

2.2.12.10.2. Température

Dans le système international (S.I.), l'unité légale de mesure de température (notée T) est le degré Kelvin (symbole K).

L'unité pratique (notée t) utilisée dans l'entreprise est le degré Celsius (symbole °C). Elle est rattachée à l'unité légale par $t = T + 273,15$.

2.2.13. Environnement & protection des capteurs

Les appareils de mesure en milieu industriel subissent des contraintes extérieures (élévation de température, coup de bélier, vibrations, humidité, atmosphère corrosive, perturbation électrique, électromagnétique...). Par exemple, le fonctionnement de la locomotive génère de fortes vibrations; il nous faut

choisir des capteurs qui résistent à cet environnement.

La protection contre le parasitage dû à l'environnement est réalisée par différents accessoires mécaniques ou électriques. D'autres précautions de montage et de choix de types de matériels sont également à retenir (positionnement, propreté, sécurité ADF (anti-déflagrant), SI).

2.2.14. Signal de sortie

2.2.14.1. Le signal de sortie analogique

Il est lié à la grandeur à mesurer par une loi continue, généralement linéaire. Ce signal analogique peut être un courant, ou une tension. Il est donné par ses limites de variation.

2.2.14.1.1. La bande passante

Elle permet d'apprécier la réponse en fréquence d'un capteur. Elle se définit pour des excitations de nature sinusoïdale. Elle délimite un domaine compris entre une fréquence minimale et une fréquence maximale (exprimée en Hertz), à l'intérieur duquel le signal de mesure reste dans les limites de précision du capteur.

2.2.14.1.2. Le temps de réponse

C'est le temps qui s'écoule après une variation brusque de la grandeur à mesurer (échelon) jusqu'à ce que le capteur donne une indication ne différant pas de la nouvelle valeur d'un certain pourcentage. On doit donc parler de temps de réponse à n%.

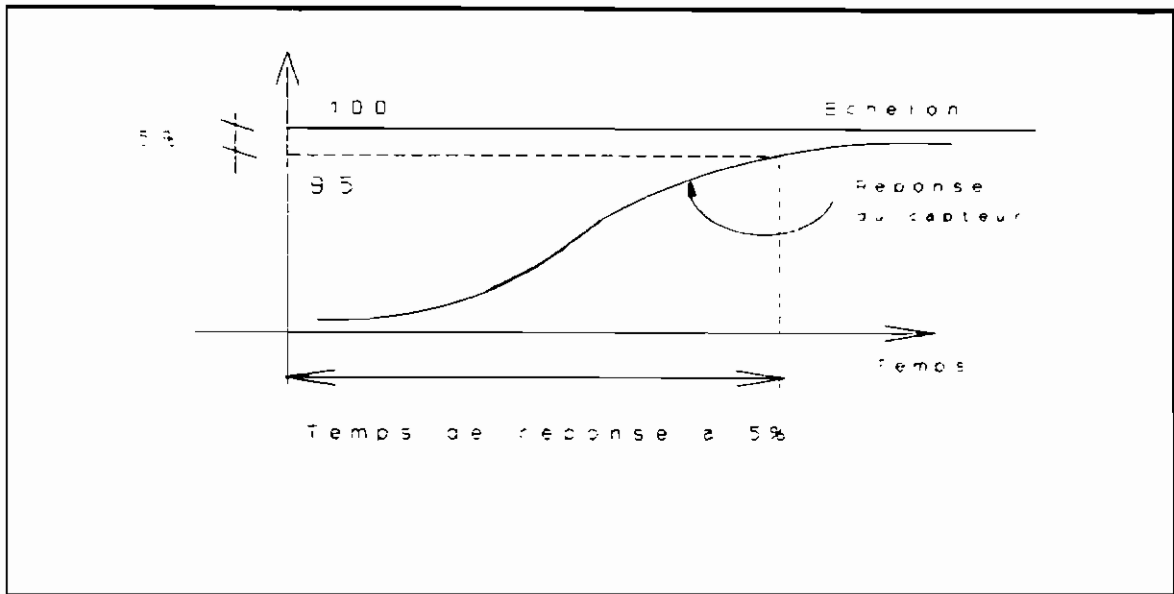


FIGURE 2.5.: Temps de réponse

2.2.14.2. Le signal de sortie numérique

Elle contient l'information sur la grandeur à mesurer sous une forme codée (ou chiffrée). On parle alors de capteur à sortie numérique ou digitale. Le signal de sortie peut être de deux types: absolu ou incrémental.

2.2.14.3. Le signal de sortie logique

C'est un signal "tout ou rien" qui correspond au franchissement d'un seuil de la grandeur à détecter.

2.2.15. Fonctionnement en différé

L'ordinateur reçoit des informations préalablement stockées, les traite et édite ensuite les résultats de ce traitement sur écran ou sur papier.

2.2.16. Fonctionnement en temps réel

L'ordinateur prend en compte les informations lorsque celles-ci se présentent, en effectuant un traitement à grande vitesse, de manière à émettre des ordres, messages dans un temps compatible avec la rapidité d'évolution du processus industriel.

2.2.17. La fiabilité

Elle caractérise la probabilité de survie d'un élément ou d'un ensemble, après x heures de fonctionnement, ou encore, la probabilité de non défaillance avant ces x heures.

CHAPITRE 3 :

Les capteurs et l'ensemble informatique d'acquisition de données

3.1. LES CAPTEURS

3.1.1. Définition

Les capteurs sont des instruments utilisés pour la mesure des différentes variables du processus industriel. Ils constituent un intermédiaire indispensable pour la détermination de l'état du processus et jouent un rôle essentiel dans l'organisation d'ensemble d'un système d'automatisation. Leurs caractéristiques ont une influence notable sur les performances qu'il est possible d'obtenir puisqu'ils sont les seuls points d'accès au processus industriel. Ils convertissent la variable physique généralement en signal électrique directement exploitable. La température, la pression, sont des exemples de propriétés physiques.

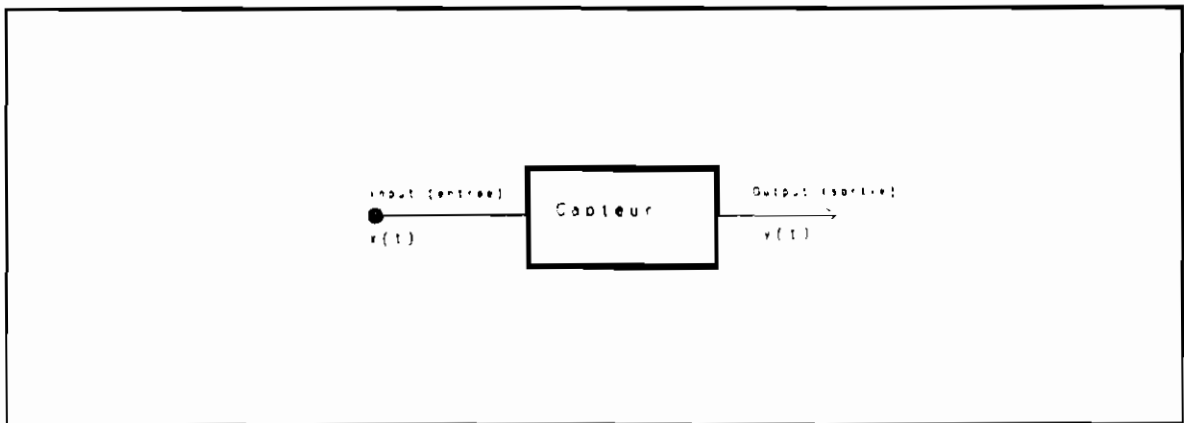


FIGURE 3.1. Schéma d'un capteur industriel

3.1.2. Exemples de technologie de capteur

Les différents types de capteurs utilisés sont :

- Les capteurs capacitifs, les capteurs inductifs et les capteurs résistifs. Ils nécessitent des interfaces physiques comme le pont de Wheatstone pour les capteurs capacitifs.

- D'un autre côté, les capteurs piézoélectriques, les capteurs thermoélectriques, les capteurs photo-électriques et opto-électriques sont de la classe de capteurs qui convertissent la variable physique directement en signal électrique et n'ont souvent pas besoin d'interfaces physiques.

3.1.2.1. Exemple d'un capteur de pression:

capteur à jauge extensométrique

L'exploitation de la variation de résistances de la jauge extensométrique sous l'effet de déformation dues à la pression est généralement réalisée en insérant la ou les jauges dans un ou plusieurs bras d'un pont de Wheatstone.

* **A l'équilibre:** Les pressions, de part et d'autre du corps d'épreuve supportant les jauges, sont égales. Le signal de sortie entre B et D mesuré par G est nul.

* **En déséquilibre:** Lorsque la pression appliquée sur le corps d'épreuve devient différente de la pression de référence située de l'autre côté, celui-ci se déforme, ainsi que les jauges R1, R2, R3, R4, générant entre B et D un signal linéairement proportionnel à la pression appliquée.

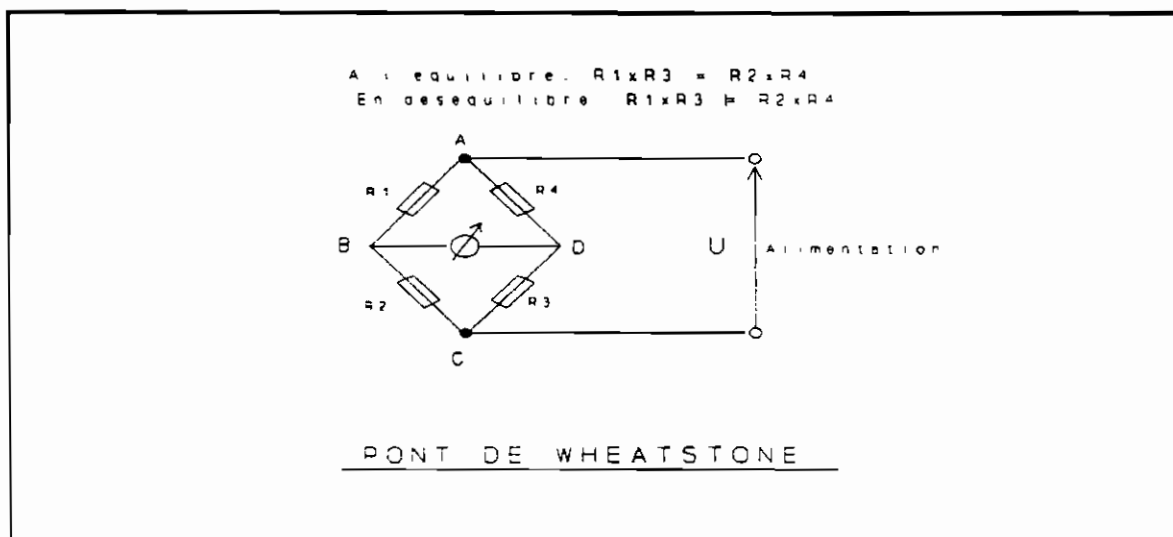


FIGURE 3.2. Pont de wheatstone

3.1.2.2. Mesure de la température avec le thermocouple

Un thermocouple est constitué par l'association de deux conducteurs de nature différente, soudés à leurs extrémités. Si les deux soudures sont portées à des températures différentes, il passe dans le circuit, un courant faible dont la valeur est, en première approximation proportionnelle à la différence de température.

L'une des soudures, celle qui se trouve en contact du corps dont on veut mesurer la température, est dite chaude. L'autre est dite froide, même si sa température est supérieure à celle de la soudure chaude, ce qui peut se produire. Un thermocouple, pour être fidèle, doit être réalisé à l'aide de métaux de grande pureté, donc coûteux.

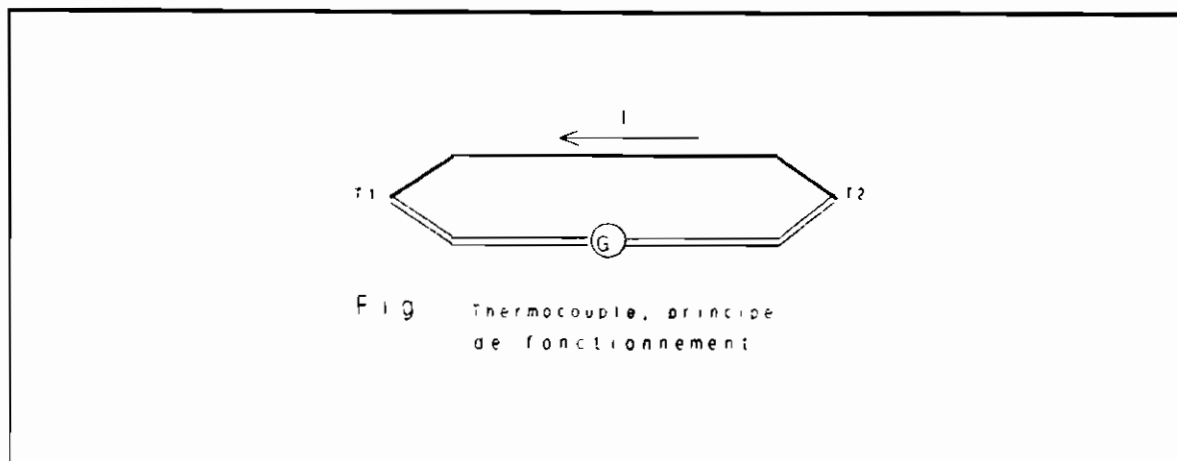


FIGURE 3.3. Thermocouple, principe de fonctionnement

Par ailleurs les points de mesures pouvant se trouver à une distance importante du point où sont exploitées les informations, il n'est pas possible d'effectuer la liaison en prolongeant jusqu'à ce point, les conducteurs du thermocouple. Pour cette raison, les conducteurs du thermocouple sont de longueur limitée et aboutissent couramment dans une tête de canne, d'où repart un câble dit de compensation bifilaire. Une des méthodes utilisées consiste à choisir des conducteurs de nature telle que les forces électromotrices développées soient les mêmes dans la gamme de température utilisée. Un thermocouple NICKEL, CHROME-NICKEL allié par exemple, sera utilisé avec un câble de compensation CUIVRE-CONSTANTAN. De cette manière la soudure froide peut être ramenée à une distance importante du couple.

Le principal problème posé par l'utilisation de thermocouple

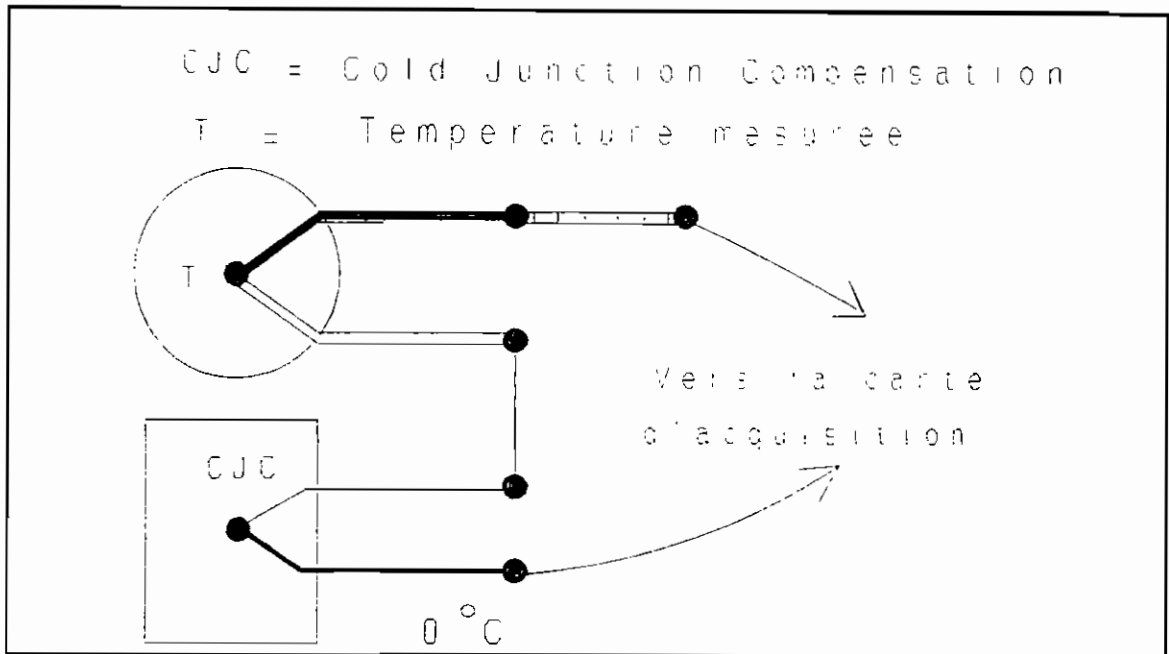


FIGURE 3.4: Thermocouple, principe de compensation

concerne le maintien de la jonction de référence à une température constante et connue. Pour que l'erreur relative sur la température mesurée reste faible, il faut que la température de référence soit contrôlée avec une précision d'autant plus grande qu'elle est plus proche de la température mesurée. En effet, l'erreur relative due à une erreur absolue ΔT_r , est donnée par:

$$\frac{(-\Delta T_r)}{(T_c - T_r)}$$

On trouve dans le commerce, tout une gamme de circuits intégrés qui assurent la compensation de la température de référence (exemple des CJC: Cold-Junction Compensation), l'amplification, et la conversion tension/courant pour la transmission à grande distance de signaux de sortie de

thermocouple. De même on trouve des thermocouples normalisés: T, J, K, E, S, R, B, G, D, C. Les thermocouples délivrent des signaux électriques faibles de l'ordre de 40 μ Volts/ $^{\circ}$ C.

3.1.2.3. Mesure de la température avec sondes à résistance

Le principe de mesure des sondes à résistance repose sur la variation de résistance de fils métalliques en fonction de la température. Sir William SIEMENS utilisa ce principe avec une sonde en platine. Le perfectionnement de ce principe de mesure a abouti aux sondes à résistance de précision dont l'application est très étendue. Les sondes à résistance se distinguent par le fait qu'il est possible d'atteindre une précision de mesure très élevée allant jusqu'à plus ou moins 0,001 K dans une plage de température de -200...+850 $^{\circ}$ C.

3.1.2.3.1. Principe

La résistance électrique du conducteur ou du semi-conducteur varie en fonction de la température. La variation relative de la résistance électrique en fonction de la température est définie comme valeur caractéristique et désignée comme coefficient de température. Ce coefficient de température est indiqué comme valeur moyenne entre 0 et 100 $^{\circ}$ C. Les matériaux ayant un coefficient de température et une résistance spécifique élevés sont les mieux adaptés pour les sondes à résistance.

Le platine et le nickel répondent à ces exigences. La reproductibilité de leur résistance est bonne et un vieillissement artificiel permet d'obtenir une excellente fiabilité. La résistance spécifique élevée du platine et du nickel permet de placer le fil de résistance dans de très petits espaces (miniaturisation).

3.1.2.3.2. Valeurs de base et tolérances

Pour garantir l'interchangeabilité, les valeurs de base et les tolérances correspondantes pour les résistances de mesure platine et nickel ont été regroupées sous la norme **DIN 43 760**. Cette norme définit les tolérances d'interchangeabilité et de ce fait, les écarts admissibles par rapport à la température de référence.

3.1.2.3.3. Raccordement des sondes a résistance

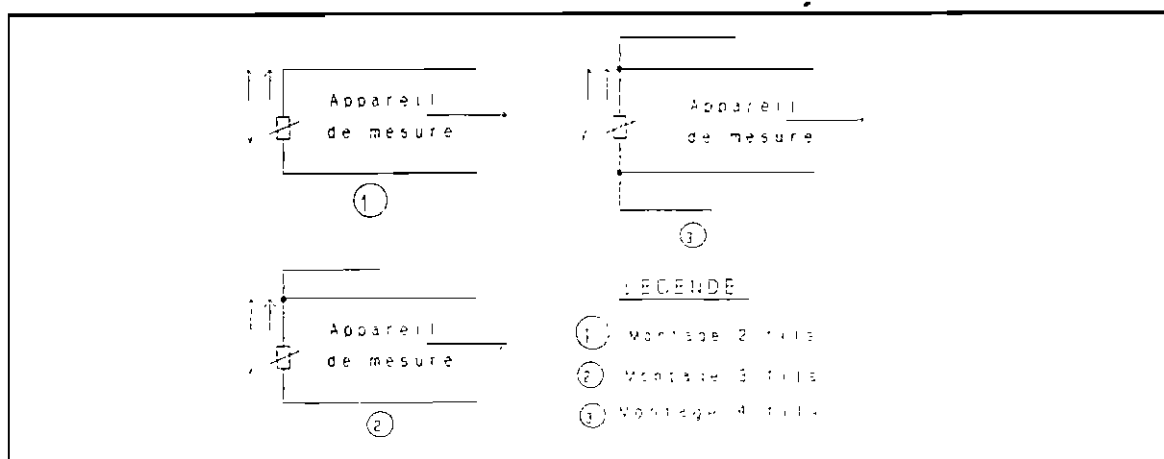


FIGURE 3.5. Types de montage (v= sonde à résistance).

Lors de la mesure de température avec des sondes à résistance, la précision est influencée par la résistance du câble de raccordement (résistance de ligne).

3.1.2.3.3.1. Montage 2 fils

L'influence de la résistance de ligne peut être compensée par une résistance de tarage de ligne à une température donnée.

3.1.2.3.3.2. Montage 3 fils

Le plus couramment utilisé, surtout lorsque la distance entre le capteur et l'appareil de mesure est assez importante, ce montage permet une compensation suffisante pour la plupart des applications industrielles.

3.1.2.3.3.3. Montage 4 fils

C'est le système le plus précis, qui permet de supprimer totalement les erreurs dues à la résistance de ligne ainsi qu'aux variations de température sur les conducteurs. C'est un montage essentiellement utilisé dans les laboratoires ou les ateliers de montage.

3.1.3 Spécifications des capteurs

La conception d'une bonne chaîne d'acquisition passe par un choix correct des capteurs. Ceci englobe une bonne connaissance de sa nature, son principe de fonctionnement et les principales

spécifications techniques qui ont une influence notoire sur les résultats escomptés. Nous pouvons classer ces spécifications en catégories de performance: caractéristiques statiques, dynamiques, environnementales et fiabilité.

Malgré de nombreux efforts de normalisation, la terminologie utilisée par les fabricants n'est pas parfaitement unifiée, de sorte que certaines propriétés peuvent apparaître sous plusieurs appellations. L'importance relative de chaque paramètre dépend du système considéré. Dans le cadre de notre étude, nous utiliserons les critères suivants dont la définition est donnée plus haut : **Étendue de mesure (E.M), Consommation, Signal de sortie, Erreur globale, Répétabilité, Dérive thermique, Stabilité à long terme, Plage de température d'utilisation, Degré de protection, Prix, Disponibilité, Encombrement.**

3.2. L'ENSEMBLE INFORMATIQUE D'ACQUISITION DE DONNÉES

3.2.1. Le matériel d'acquisition de données (le hardware)

Présenté le plus souvent sous forme de cartes ou modules, on y distingue les éléments suivants:

- Un préamplificateur différentiel d'entrée par canal,
- Une cellule de filtrage,
- Un étage de multiplexage à n voies, regroupés par 8, 16 ou 32,
- Un Échantillonneur-Bloqueur (E/B) ou S/H,
- Un convertisseur analogique digital (CAD),
- Un dispositif de contrôle pour la sélection d'un canal précis.

3.2.1.1. Le conditionneur de signaux

Il est indispensable dans la carte lorsque le capteur n'en dispose pas de façon intégrée. Son architecture comprend deux blocs fonctionnels:

- **Le filtrage** : doit être placé à l'entrée de chaque voie afin de limiter les spectres fréquentiels et d'atténuer les éventuels parasites dans les câbles d'amenée du signal utile.
- **Le calibrage** : assure la linéarité du signal à la sortie du conditionneur.

3.2.1.2. Le préamplificateur

C'est un ensemble de circuits électroniques qui permet de:

- assurer la protection du système (cette fonction devient primordiale lorsque le gain est unitaire),
- assurer une adaptation d'impédance de sorte que l'impédance de source vue par le multiplexeur soit très faible et soit définie par l'impédance de sortie du préamplificateur.
- fixer la bande passante,
- amplifier les signaux différentiels utiles,
- assurer la réjection des signaux de mode commun.

3.2.1.3. Le multiplexeur

Il sélectionne et présente à son unique sortie, l'un des n canaux d'entrée, c'est-à-dire les n tensions appliquées à ses n entrées. Le canal sélectionné est désigné au moyen de son

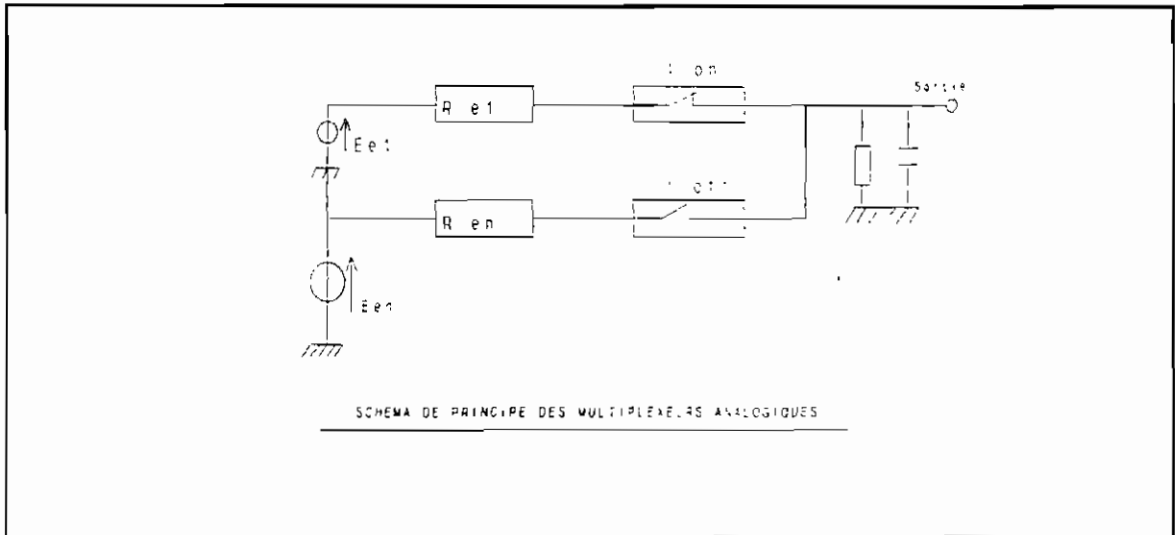


FIGURE 3.6. Schéma de principe des multiplexeurs analogiques

adresse par le circuit d'interface géré par le microprocesseur. Un amplificateur à gain programmable peut être éventuellement placé à sa sortie. Il en existe 2 sortes: le multiplexeur numérique (ou digital), et le multiplexeur analogique.

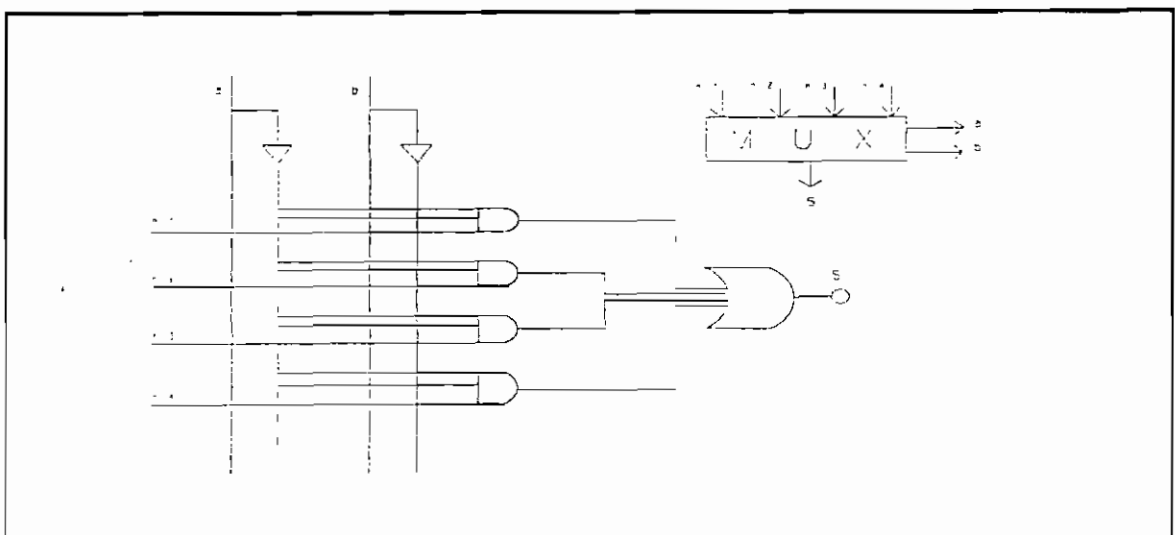


FIGURE 3.7: Schéma des multiplexeurs numériques

- le multiplexeur analogique est composé de résistances et de condensateurs alors que le multiplexeur numérique est constitué essentiellement de portes logiques. Le temps de balayage des canaux limite la fréquence d'échantillonnage du système.

3.2.1.4. L'échantillonneur-bloqueur (E/B)

il maintient constante la valeur échantillonnée, pendant toute la période nécessaire à la conversion. Son principe de fonctionnement est celui d'un interrupteur placé sur un circuit de condensateurs qui se chargent à la valeur échantillonnée quand

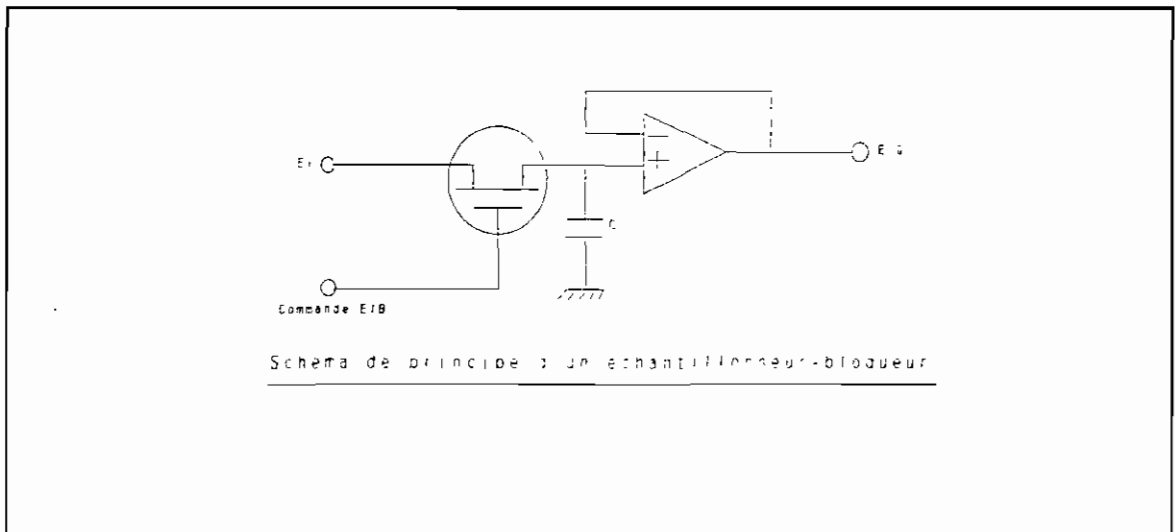


FIGURE 3.8.: Schéma de l'échantillonneur/bloqueur

l'interrupteur est fermé. En l'absence d'impulsion, le condensateur se charge à la valeur E_i et la sortie est $E_o = E_i$. Quand le circuit reçoit une impulsion par la commande E/B ,

l'entrée E_i est isolée; la capacité qui était chargée à la valeur instantanée de E_i impose alors sa tension de charge à la sortie E_o .

3.2.1.5. Le convertisseur analogique digital (C.A.D)

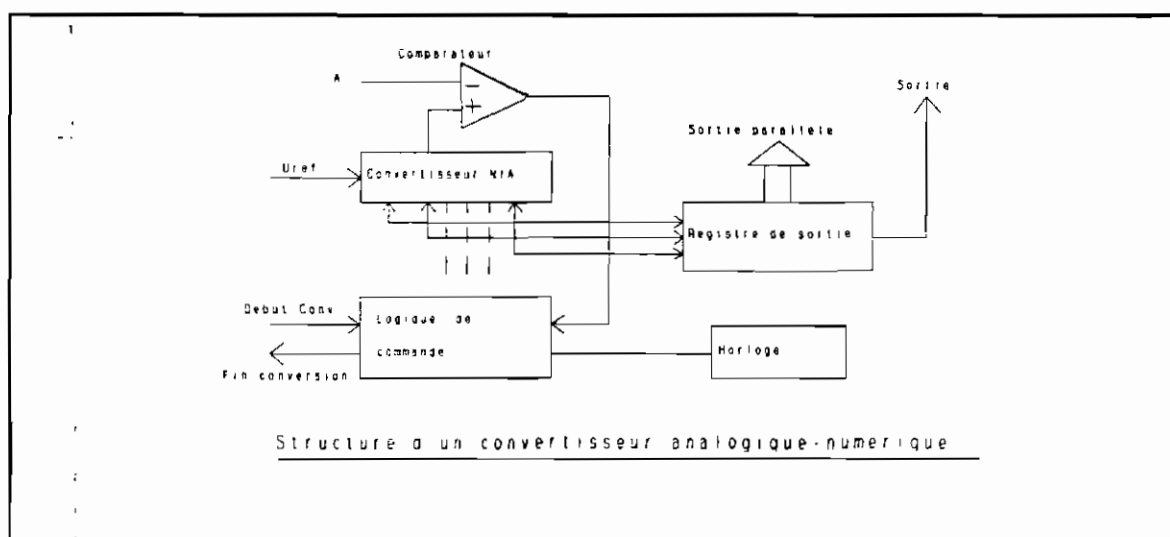


FIGURE 3.9. Schéma du convertisseur analogique/digital

Il assure la numérisation de la grandeur analogique livrée par le capteur. Les méthodes de conversion utilisées dans les convertisseurs sont: la conversion à essais successifs de niveaux; la conversion à essais successifs de bits; la conversion simultanée; la conversion itérative. Les convertisseurs les plus utilisés opèrent par approximations successives ou poids. On obtient ainsi une durée de conversion fixe, plus courte qu'avec les autres méthodes et la résolution reste très bonne ($t_c < 20 \text{ Ms}$ pour un C.A.D de 12 bits, où t_c = temps de conversion).

Le convertisseur du schéma fonctionne de la façon suivante: l'entrée analogique est comparée avec la sortie d'un convertisseur D/A. L'entrée numérique est incrémentée par un circuit de logique qui positionne tour à tour chaque bit de sortie en commençant par les bits de poids forts. Ceci se poursuit jusqu'à ce que la sortie du convertisseur D/A atteigne la valeur d'entrée à convertir.

3.2.1.6. Le circuit d'interface: la logique de contrôle

Cette logique établit une séquence programmable destinée à la commande séquentielle du multiplexeur d'entrée, de l'E/B, et du convertisseur et elle est gérée par un microprocesseur. Cette séquence s'établit comme suit, à la demande d'une information concernant une voie i:

- adressage et validation du microprocesseur (voie i);
- prise de l'information analogique par l'E/B;
- fin d'échantillonnage signalée au convertisseur: début de la conversion A/D. L'échantillonneur étant maintenu en position "maintien" jusqu'à la commande suivante.

3.2.1.7. La carte d'acquisition

Elle est le principal élément électronique du système d'acquisition de donnée. Composée de la plupart des circuits électroniques sus-mentionnés, elle permet l'enregistrement, la visualisation des données pour la conduite du processus. Nous en

distinguons 2 types selon leur mode de connexion : Les "Single ended" et les "Differential Input Ended".

La structure minimale d'une carte d'acquisition de donnée est la suivante:

- un préamplificateur différentiel d'entrée par canal.
- une cellule de filtrage.
- un étage de multiplexage à n voies, regroupés par 8, 16 ou 32.
- un Échantillonneur-Bloqueur (E/B) ou (S/H).
- un convertisseur analogique digital (CAD)
- un dispositif de contrôle pour la sélection d'un canal précis.

La carte sert d'interface entre l'ordinateur et les capteurs, et exécute les fonctions associées à chacun de ses composants.

3.2.2. Caractéristiques et spécifications du matériel

3.2.2.1. L'échantillonnage d'un signal analogique

Soit un signal y , fonction du temps $y=f(t)$, dont la courbe représentative est définie et connue. La mesure de ce signal par un ensemble multiplexeur-convertisseur à des instants $T, 2T, 3T, \dots, nT$, constitue un échantillonnage de ce signal, en même temps qu'une conversion analogique-digitale. La fonction $f(t)$ est donc remplacée par une suite de valeurs discrètes $f(T), f(2T), f(3T), \dots, f(nT)$, qui donnent une image partielle de la fonction continue $f(t)$. Le problème consiste maintenant à choisir la

période d'échantillonnage T de manière que $f(T)$ puisse être reconstituée de façon suffisamment précise par interpolation entre les instants $T, 2T, 3T, \dots, nT$.

3.2.2.2. La résolution

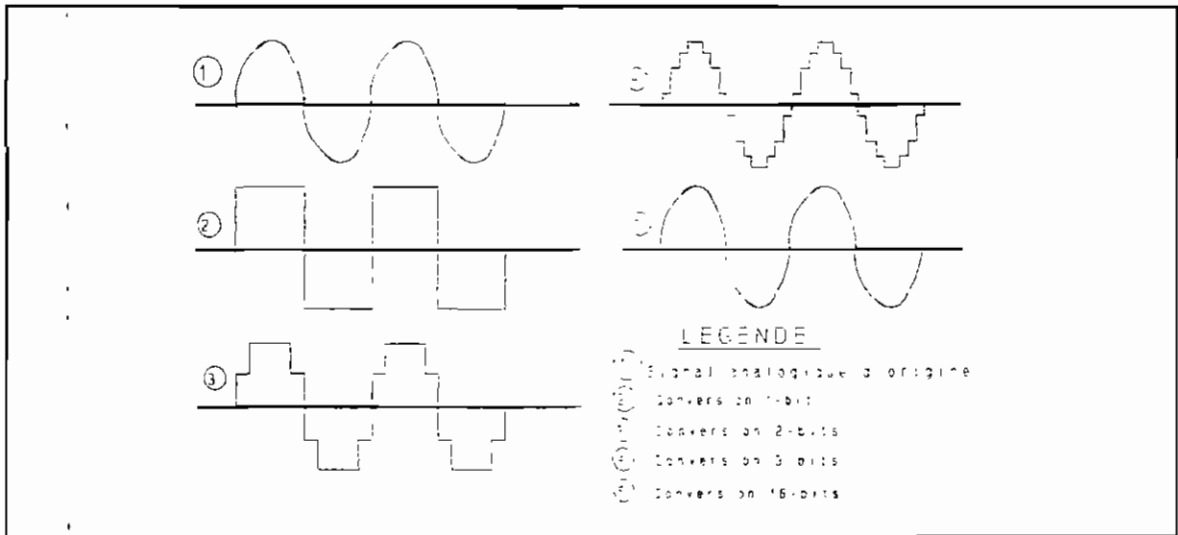


FIGURE 3.10. Illustration de la résolution

La résolution définit, pour les convertisseurs, le plus petit changement mesurable du signal d'entrée. Elle est l'un des nombreux facteurs utilisés pour définir la précision avec laquelle le signal est mesuré par la carte d'acquisition. Les autres facteurs considérés sont: la linéarité, le gain, l'erreur, le bruit. Généralement, la résolution est une fonction du nombre de bits qui composent signal de sortie numérique.

Un convertisseur 12 bits peut générer des nombres sur 12 bits alors qu'un convertisseur 8 bits ne peut en faire que 8.

La résolution est aussi exprimée en pourcentage. Il s'obtient en faisant :

$$\text{Résolution} = \frac{1}{2^n} = 2^{-n}$$

où n = nombre de bits du signal de sortie.

Exemple : Pour n=8, on a $2^8 = 256$ et

$$\text{Résolution} = 2^{-8} = 0,39\% \text{ de l'étendue de mesure.}$$

Utilisons ceci dans la mesure de température, le domaine de tensions délivrées correspondant à un domaine de températures de 0°C à 256°C. Le CAD ne peut détecter que des changements de température d'au moins $1^\circ\text{C} = 256 \times 2^{-8} = 1$.

Pour n=16 bits, on a $256/2^8 = 256 \times 2^{-16} = 0,004$, pour la même rangée de températures, le CAD peut détecter seulement des changements de températures supérieures à 0,004°C.

3.2.2.3. La vitesse

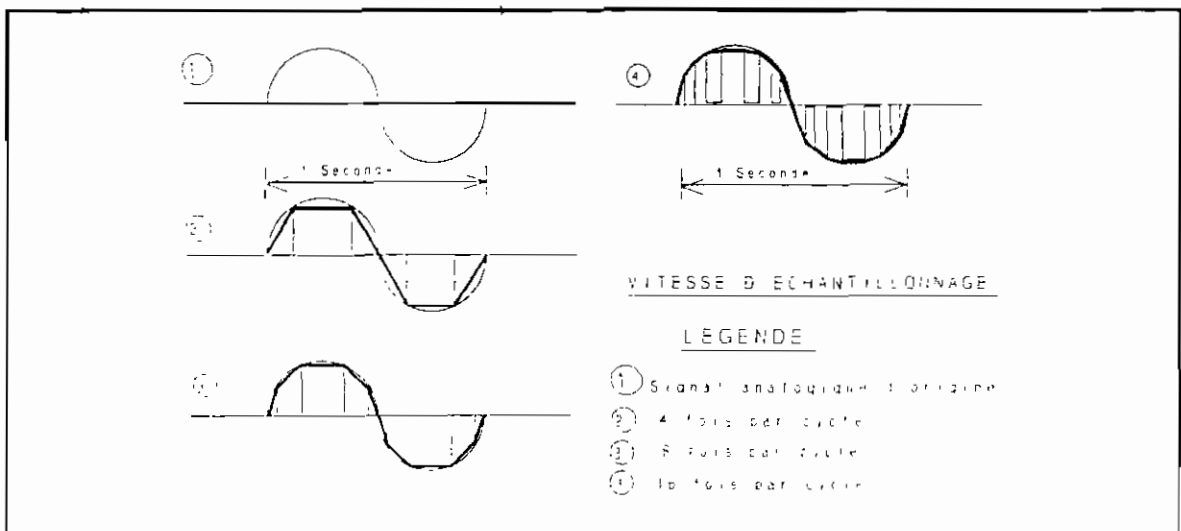


FIGURE 3.11. Illustration de la vitesse

Elle exprime la vitesse à laquelle les données sont mesurées. Elle est appelée vitesse d'échantillonnage et est exprimée en Hertz. Un Hertz est le nombre de mesures par seconde. L'échantillonnage correspond au processus par lequel le CAD "regarde" brièvement la forme du signal et identifie rapidement sa valeur en ce moment. Plus le nombre de fois où le signal est détecté par seconde est grand, plus le signal est reproduit avec fidélité. Lorsque le signal change trop rapidement on peut avoir une fausse image du signal. En pratique, la vitesse du convertisseur doit être 2,5 à 3 fois plus élevée que la fréquence de changement du signal d'entrée.

3.2.2.4. Autres caractéristiques du matériel (hardware)

3.2.2.4.1. Les entrées

On en distingue 3 sortes :

3.2.2.4.1.1. Entrée analogique ou digitale

Une carte peut nous offrir des entrées analogiques et des entrées digitales dépendamment de notre application.

3.2.2.4.1.2. "Single ended" ou "differential"

Ceci se réfère à la façon dont les capteurs sont raccordés à la carte.

La "Single Ended" reçoit un fil de connexion provenant de la borne "haut" de chaque canal, leurs masses étant reliées

ensemble avec celle de la carte sur une seule borne. Elle est sensible aux tensions parasites créées par les bruits et les champs magnétiques présents dans les circuits, dès que ces dernières dépassent quelques centaines de millivolts mentionnés par le fabricant. La ddp entre la terre des capteurs et celle de la carte ne doit pas dépasser la valeur du fabricant.

La "**Differential Input Ended**" accepte 3 fils de connexion dont 2 proviennent respectivement des niveaux "haut" et "bas" du capteur, la troisième reliant toutes les terres des capteurs à celle de la carte en une seule borne. Elle est insensible jusqu'à un certain niveau. Les tensions parasites sus-mentionnées n'ont pratiquement pas d'influence sur les mesures effectuées par ce type de carte.

3.2.2.4.1.3. L'étendue de tensions

Les différents capteurs utilisés livrent différentes rangées de tensions; par exemple: 0 à +10 V; 0 à +100 mV; 0 à +5 V; -5V à +5V. Il faudra être sûr que notre carte offre cette rangée de tensions. Nous avons la possibilité de sélectionner cette rangée sur la carte à l'aide de "JUMPERS" sur la carte ou à l'aide du logiciel d'acquisition de données. Il est plus pratique de sélectionner la plus petite rangée de tensions qui puisse bien couvrir l'étendue de tensions livrée par les capteurs.

Il existe des rangées bipolaires (valeurs négatives à positives; exemple: -5 volts à +5 volts) ou unipolaires (valeurs négatives ou positives; exemple: 0 à 10 volts).

3.2.2.4.2. Les sorties de cartes

Nous devons identifier, dépendamment de nos applications, si la carte peut livrer des signaux analogiques ou/et digitaux.

3.2.2.4.3. Les composants de temps

On y distingue les horloges et les "triggers" qui offrent la possibilité de démarrer un processus de façon conditionnelle, par exemple après un événement donné ou une durée de fonctionnement donnée.

3.2.3. Le logiciel d'acquisition des données

Dans tout système d'acquisition de données, le matériel (hardware) n'a aucune valeur s'il n'y a aucun programme ou logiciel pour le gérer. Dans ces genres de logiciel nous distinguons successivement:

3.2.3.1. Les "drivers" (programme pilote)

Le "driver" est un petit programme servant de lieu de communication entre la carte (matériel informatique), le système d'exploitation et le logiciel d'application. Un "driver" doit pouvoir répondre aux questions suivantes:

- * Est-ce-qu'il fonctionne bien avec le logiciel principal que nous utilisons ?

- * Dans le cas où nous écrivons un programme nous même, nous devons nous demander si le "driver" nous procure les commandes

nécessaires dont nous avons besoin pour satisfaire le cahier de charges. Généralement, il y a des possibilités offertes par le matériel (surtout l'ordinateur) et qui peuvent ne pas être exploitées par le driver.

* Est-ce que le driver est écrit et organisé de façon à minimiser les difficultés d'utilisation de notre logiciel ?

3.2.3.2. Le logiciel d'application

C'est la liaison entre le système d'acquisition de données et l'utilisateur. Il faut choisir un logiciel convivial, avec lequel on se sent à l'aise. Il y en a généralement 3 sortes: logiciel d'acquisition de données, logiciel d'analyse, et logiciel de présentation.

3.2.3.2.1. Logiciel d'acquisition de données

Il en existe 2 types: ceux présentés avec un menu descriptif et ceux avec des icônes. Les menus sont une liste de commandes à choisir pour satisfaire un besoin spécifique (par exemple le choix d'un canal, d'une rangée de tensions ...). Les icônes, de plus en plus populaires, sont des représentations graphiques d'applications spécifiques du monde physique. Les logiciels utilisant des icônes sont très faciles d'apprentissage. Chacun des 2 types de logiciel d'acquisition a sa force et faiblesse, dépendamment de l'application qu'on veut en faire. Les principales fonctions à exiger d'un logiciel d'acquisition de données:

- acquérir les données, faire des calculs en temps réel et donner des signaux de sortie pour le contrôle, les stocker sur des disquettes ou sur un disque dur pour des analyses en différé et la présentation des documents.

3.2.3.2.2. Les logiciels d'analyse et de présentation

Ils sont surtout utilisés sur des données déjà stockées sur des mémoires de masse (disquettes et disque dur), donc en différé. Ceux d'analyse sont utilisés pour des calculs complexes, ceux de présentation, pour l'esthétique des documents courbes etc... Notons que les logiciels d'acquisition de données ont aussi des possibilités d'analyse et de présentation mais limitées.

3.2.4. Le module de conditionnement

Encore appelé "panneau terminal", il est indispensable pour la mesure de certaines variables. Par exemple l'utilisation de thermocouple, nécessite souvent l'emploi de ces panneaux pour une bonne compensation de la température ambiante. Ils permettent d'avoir une bonne précision au niveau des résultats. Il sont constitués de certains des composants électroniques précédemment cités et/ou d'autres types de composants. Tout dépend de l'emploi qu'on veut en faire. On trouve dans le commerce, des panneaux sous forme de cartes électroniques. Leur appellation dépend des fabricants. Par exemple le panneau T45 est adapté aux mesures de température avec sonde à résistance, et est fabriqué par la compagnie américaine STRAWBERRY TREE Inc.

3.2.5. L'ordinateur

Il sert de support à tous les éléments (cartes et logiciel) précédemment cités. Il doit satisfaire au critère minimal de fiabilité du milieu d'utilisation. Il existe aussi des ordinateurs industriels qui ont une configuration plus solide que les ordinateurs ordinaires. La vitesse de l'ordinateur doit être compatible avec celle des diverses cartes dont il sert de support.

CHAPITRE 4 :

Le processus

industriel

Le processus industriel est l'objet sur lequel porte notre étude. Il est le siège des phénomènes physiques dont nous voulons mesurer les variables. Dans notre étude, nous travaillons sur la locomotive diesel-électrique BB1600 de la SNCS. La BB1600 est construite par la société ALSTHOM (FRANCE) et son moteur est construit par la S.A.C.M (Société Alsacienne de Construction Mécanique de MULHOUSE). La série des locomotives BB possède 2 bogies à 2 moteurs par bogie. Le bogie étant un organe qui supporte les essieux, donc les roues de la locomotive. Une autre série existant dans l'entreprise est celle des CC qui possèdent 2 bogies à 3 moteurs par bogie. Notre étude peut s'appliquer à toute les autres locomotives, à quelques variables près. Nous nous intéresserons surtout au groupe électrogène et au circuit de refroidissement, sans oublier les autres parties de la locomotive. Signalons que les figures ne sont pas à l'échelle.

4.1. LE GROUPE ÉLECTROGÈNE

Il comprend :

4.1.1. Un moteur diesel MGO V16 BZSHR

Il est construit par la SACM à Mulhouse, en France. Il comporte 16 cylindres en V suralimentés à haute pression par 2 turbo soufflantes BBC type VTR 200 entraînées par le gaz

d'échappement. La vitesse maximale du moteur diesel est de 1500 tpm en charge. Sa vitesse de ralenti est de 700 tpm. Sa puissance minimale UIC à 1500 tpm est 1600 CH. (tpm = tour par minute).

4.1.2. Une génératrice principale (GP) TYPE GP 849 A

Elle est accouplée directement au moteur diesel. Le courant débité par la GP est utilisé entre autre par les moteurs de traction situés sur le bogies. Ce sont ces moteurs de traction qui fournissent la puissance nécessaire au déplacement de la locomotive.

4.1.3. Une statodyne type BGG 21 AS

Installée sur un support réglable monté sur la génératrice principale, elle est entraînée par des courroies trapézoïdales au moyen d'une poulie montée en bout d'arbre de la génératrice principale (rapport des poulies 2/1 : 3000 tours de statodyne pour 1500 tours diesel). Elle alimente l'excitation de la génératrice principale et assure l'alimentation des auxiliaires: l'éclairage train et la charge batteries.

4.1.4. Deux turbo soufflantes VTR 200 et un compresseur centrifuge

Les turbo soufflantes sont montées sur le moteur diesel, à l'intérieur du V formé par les cylindres. Les collecteurs de gaz d'échappement sont reliés à la volute d'une roue turbine entraînée par les gaz d'échappement. Ceux-ci sortent de la

turbine par une pipe d'échappement passant dans une gaine adéquate du capot recouvrant le groupe.

Le compresseur centrifuge est calé sur l'arbre de la turbine, il aspire l'air à travers un caisson muni de filtres, et le refoule à haute pression vers les cylindres à travers deux réfrigérants (aéro-réfrigérants) air-eau.

4.1.5. Une pompe gasoil

Entraînée mécaniquement par le diesel et montée sur la face côté distribution, elle aspire le combustible de la soute à gasoil, le refoule vers les pompes d'injection à travers un groupe de filtres à gasoil. Des circuits de retour évacuent l'excès de gasoil vers la soute. Au lancement du Diesel, il peut être nécessaire de manoeuvrer la pompe à main si les tuyauteries ne sont pas remplies de gasoil. Une électrovanne ferme l'arrivée du gasoil aux pompes d'injection en cas d'emballement du moteur.

4.1.6. L'installation de refroidissement

Elle comprend tous les organes nécessaires au refroidissement des fluides circulant dans le moteur diesel. Une partie de ces organes est installée sur le moteur lui-même: échangeur eau-huile (EH), échangeur air-eau (AE), l'autre est logée dans la caisse: radiateur (R), soute à eau (SE). Le refroidissement s'effectue par l'intermédiaire de 2 circuits d'eau:

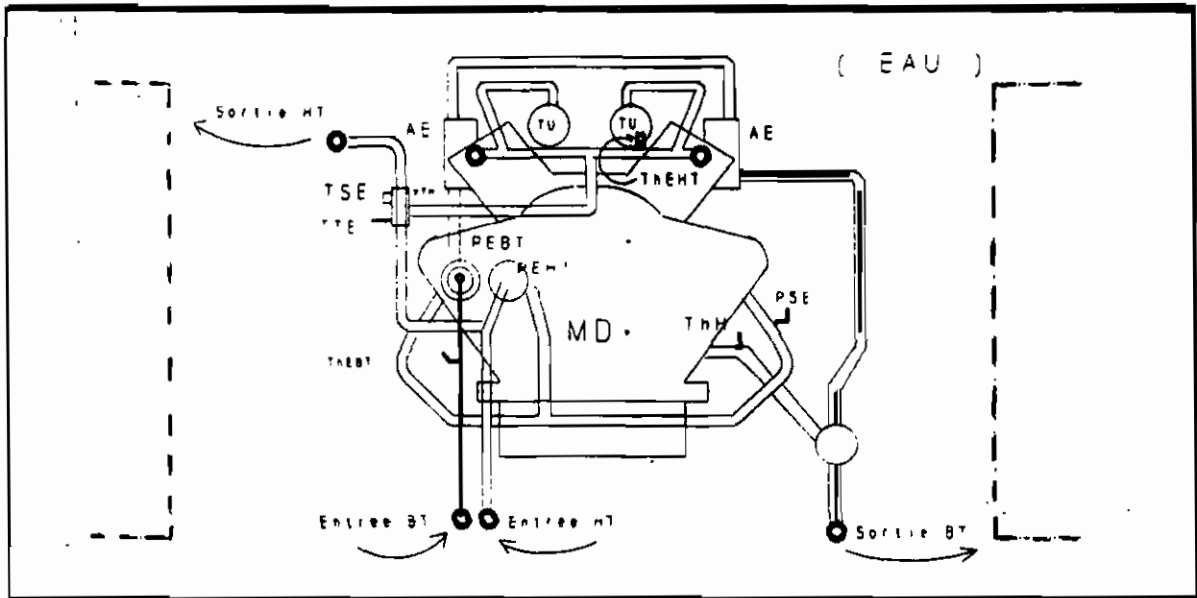


FIGURE 4.1. Vue d'ensemble des circuits thermiques de la locomotive

LÉGENDE

- | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| ThEHT: Thermomètre Eau BT; | ThEHT: Thermomètre Eau HT; |
| ThH: Thermomètre Huile; | AE: Échangeur Air-Eau; |
| MD: Moteur Diesel; | PEBT: Pompe Eau BT |
| PEHT: Pompe Eau HT; | PSE: Manostat; |
| TSE: Thermostat Eau HT. | |

4.1.6.1. Le circuit haute température (HT)

L'eau de ce circuit est refoulée à travers le moteur par une pompe à eau montée sur le carter de distribution. Cette eau refroidit les chemises des cylindres, les culasses et le corps des turbo-soufflantes. A la sortie du moteur, elle traverse une batterie de radiateurs avant de retourner à l'aspiration de la pompe.

4.1.6.2. Le circuit basse température (BT)

L'eau du circuit BT est refoulée par une deuxième pompe à eau montée sur le carter de distribution. Cette eau refroidit l'air de suralimentation du moteur diesel, la pompe à eau refoulant dans deux aéro-réfrigérants montés en parallèle sur le diesel. A la sortie, l'eau entre dans un échangeur eau-huile dans lequel est refroidie l'huile de graissage du moteur (qui sert également à refroidir les pistons), puis traverse la deuxième batterie de radiateurs.

4.1.6.3. Les radiateurs

Ils sont constitués d'un certain nombre d'éléments de forme parallélépipédique, de hauteur 1100 mm, montés en parallèle sur des collecteurs. Ils sont refroidis par un ventilateur hélicoïde (VTRA) à axe vertical, entraîné directement par le moteur diesel. Les tuyauteries de liaison du moteur diesel aux collecteurs de radiateurs sont montées sur la caisse et reliées à la tuyauterie du moteur par des durites.

4.1.6.4. Le circuit d'huile

Le réservoir d'huile est constitué par le carter du moteur diesel. Une pompe spéciale assure la circulation de l'huile et le graissage du moteur. Le refroidissement de l'huile est réalisé par le passage dans l'échangeur de température monté sur le circuit d'eau. Une vanne thermostatique avec by-pass, montée sur la tuyauterie d'huile arrivant à l'échangeur, assure la régulation de la température de l'huile.

4.1.6.5. Les sécurités

- La vitesse nominale du moteur est de 1500 tpm; au ralenti, elle est de 700 tpm.

- La régulation de la température d'eau, assurée par une vanne thermostatique, commence à partir de 75°C. Le thermostat d'eau HT déclenche par haute température à 92 plus ou moins 1°C.

- Au refoulement de la pompe du circuit HT, il y a un manostat PSE qui provoque l'arrêt du diesel, par baisse de pression d'eau à 0,4 plus ou moins 0,1 bar.

- Un manostat PSH, placé sur le circuit d'huile provoque l'arrêt du diesel, par baisse de pression d'huile à 1,8 plus ou moins 0,1 bar.

4.2. DESCRIPTION DU CADRE DE FONCTIONNEMENT

4.2.1. Le local de tarage

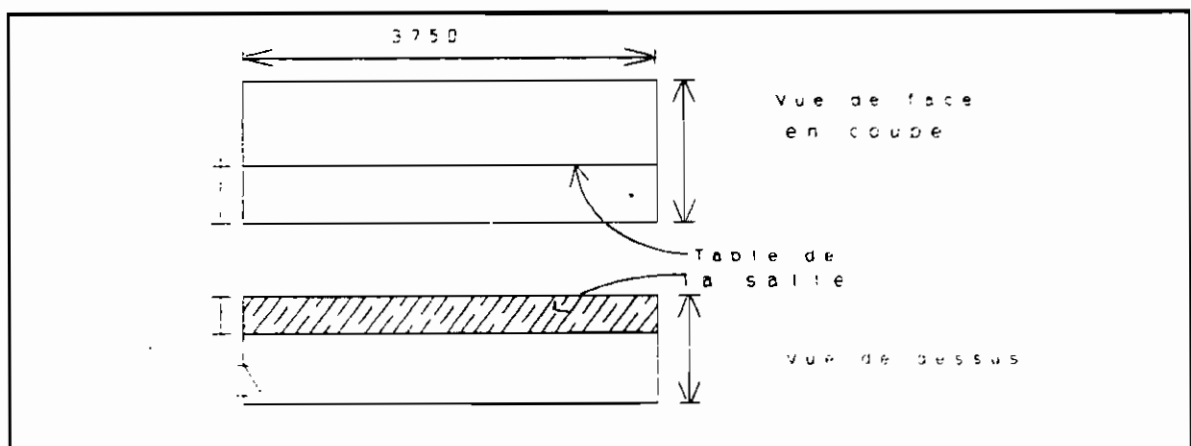


FIGURE 4.2. Dimensions du local de tarage

Il est situé tout juste à coté de l'atelier. La locomotive est généralement garée à 2,5 mètres environ du local de tarage.

Il abrite le bureau de l'opérateur. Il est climatisé mais le climatiseur ne fonctionne pas. La température ambiante, en l'absence du climatiseur, y varie entre 27° et 42°C en moyenne, selon l'ambiance de travail de la locomotive. Les dimensions de ce local sont mentionnées sur la figure.

4.2.2. La locomotive diesel-électrique

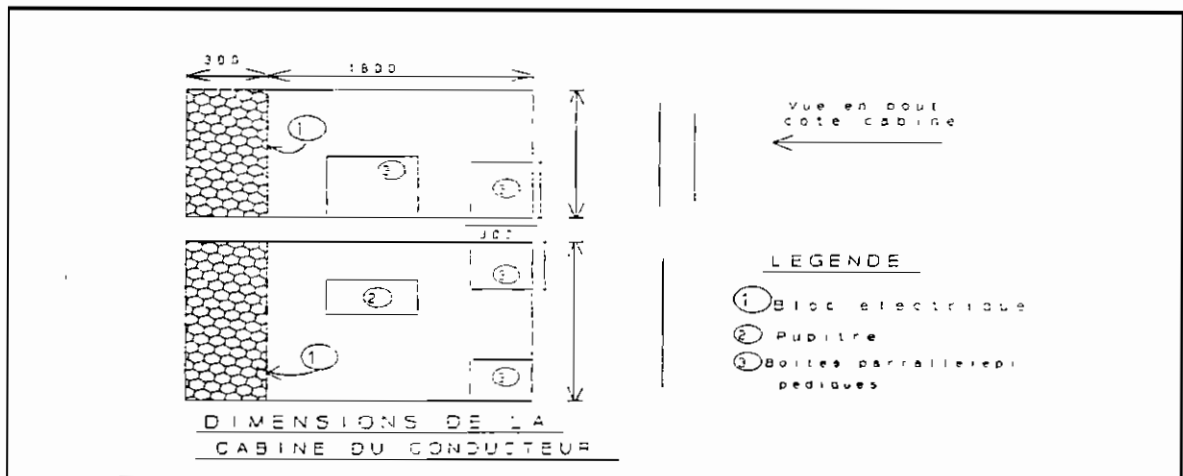


FIGURE 4.3. Dimensions de la cabine du conducteur

Elle constitue la tête de tout convoi sur rail. C'est elle qui fournit la puissance de traction. Elle est globalement divisée en deux grandes parties: la partie moteur et la partie cabine du conducteur. Les deux sont séparées par un bloc électrique où on trouve des relais et autres appareillages et connections électriques. Les dimensions de la cabine du conducteur sont mentionnées sur la figure.

4.3. MÉTHODES ACTUELLEMENT UTILISÉES

Le tarage est une opération qui consiste essentiellement à faire le rodage du moteur, à prendre ses caractéristiques en faisant d'éventuels réglages. Son but est de s'assurer de l'équilibre des puissances thermiques (du moteur diesel) et électriques (des moteurs de traction). Il nécessite le concours de 3 agents:

- Le premier dans la cabine de la locomotive pour la commande du moteur diesel;

- Le second fait les relevés des variables (température, pression, vitesse...etc);

- Le troisième fait varier l'intensité et la tension débitée par la génératrice principale, par une manipulation d'un système de condensateurs installés à côté du local de tarage.

Le préposé aux relevés est obligé, de faire le tour de la machine, dans une ambiance de température élevée, de bruits assourdissants et de risque élevés d'accidents et d'étouffement. Il fait des mesures manuelles à l'aide de thermomètres pour les températures, de manomètres pour les pressions, de tachymètre pour la vitesse de rotation du moteur diesel. Ces derniers sont assez sales. Des trous taraudés de 18mm de diamètre (M18: système métrique) sont déjà pratiqués au niveau des tuyauteries pour accueillir les bouts filetés des thermomètres et manomètres. A la fin des opérations ces instruments sont remplacés par des bouchons. Toutes les précautions sont prises pour éviter des fuites. Les mesures sont relevées sur des feuilles de papier

préparées à cet effet. Ces mesures sont prises à des instants prédéterminés ou à des vitesses de rotation fixées par le constructeur. Les valeurs prises sont ensuite comparées à celles spécifiées par le constructeur. S'il n'y a pas concordance, l'opérateur, compte tenu de son expérience, fait des réglages et recommence ainsi les opérations. Quelques essais suffisent généralement. Cette méthode prend évidemment beaucoup de temps et est peu précise d'autant plus que les erreurs peuvent être difficilement calculées, car incluant des erreurs liées à la lecture et à la fatigue de l'opérateur.

CHAPITRE 5 :

Spécifications et études techniques d'implantation

Ce chapitre résume le choix des différents matériels que nous préconisons pour notre système. Ce choix est basé sur plusieurs critères dont le cadre de fonctionnement du système, le prix, la disponibilité, la fiabilité du matériel, et le niveau de compréhension des utilisateurs. Nous avons consulté plusieurs fabricants et spécialistes dans le domaine. Il nous est arrivé de faire des compromis sur certains critères afin de trouver la juste solution qui ne néglige en aucun cas les performances attendues du système. Les figures ne sont pas à l'échelle.

5.1. RÉSUMÉ DES DONNÉES

Après plusieurs visites au niveau de l'atelier de tarage, nous avons résumé dans le tableau n°1, les principales données sur les différentes variables que nous allons mesurer. Il s'agit principalement des ordres de grandeur des valeurs minimales et maximales des variables, les points de prise et les modes de captage de chaque variable, les instruments utilisés, la nature du fluide et le niveau des vibrations. En ce qui concerne les ordres de grandeur, nous avons consulté des registres constitués par les opérateurs. Nous avons ainsi analysé des registres établis en diverses périodes de l'année; ceci, pour tenir compte d'éventuelles variations qui sont fonctions de la saison.

RESUME DES DONNEES

AUTEUR :

Komlan MESSIE

N°	VARIABLES		Marges		Point de prise et mode de captage	Instrument utilisé	Nature du Fluide	Vibrations
			Mini	Max				
1 à 16	Températ. d'échappem. (°C)		100	700	Prise directe à la sortie des cylindres thermomètre de diamètre 18mm	THERMOMETRE Diamètre de 18mm	Gaz échappe.	Elevé
17	Temp. Eau de Refroidis. (°C)	HT	60	95	Thermomètre monté sur rampe d'eau à la sortie du bâti	THERMOMETRE Diamètre de 18mm	Eau	Elevé
18		BT	25	75	Prise à la sortie de la pompe BT	THERMOMETRE Diamètre de 18mm	Eau	Elevé
19	Temp. Huile HT (°C)		55	95	Thermomètre monté sur conduite d'huile à la sortie du moteur	THERMOMETRE Diamètre de 18mm	Huile	Elevé
20	Pression Eau de Refroidis. (Bars)	HT	0.3	4	Prise rapide à la sortie du bâti à la sortie du moteur	MANOMETRE Diamètre de 18mm	Eau	Elevé
21		BT	0.3	4	Prise rapide montée sur tuyau BT	MANOMETRE Diamètre de 18mm	Eau	Elevé
22	Pression Huile de Refroidis. (Bars)	Avant Filtre	2	6	Prise rapide montée juste avant le filtre d'huile	MANOMETRE Diamètre de 18mm	Huile	Elevé
23		Après Filtre	2	6	Prise rapide montée juste après le filtre d'huile	MANOMETRE Diamètre de 18mm	Huile	Elevé
24	Pression Gasoil (Bars)		0.2	3	Prise à la sortie du filtre de Gasoil	MANOMETRE Diamètre de 18mm	Gasoil	Elevé
25	Pression de Suralimentat. (Bars)	Avant Réfrigé.	0.3	2.5	Prise rapide montée juste avant le réfrigérant (radiateur)	MANOMETRE Diamètre de 18mm	Air	Elevé
26		Après Réfrigé.	0.25	2.5	Prise rapide montée juste après le filtre d'huile	MANOMETRE Diamètre de 18mm	Air	Elevé
27	Pression Arbre à Came (AC) (Bars)		2.5	5	Prise rapide montée sur le bout de l'arbre à came	MANOMETRE Diamètre de 18mm	Huile	Elevé
28	Débit Gasoil						Gasoil	Elevé
29	Intensité GP (Ampères)	Sortie	7	500	Au niveau de la GP	Multimètre	-----	Elevé
30		Excitation	0	240	Au niveau de la GP	Multimètre	-----	Elevé
31	Vitesse Moteur Diesel (TPM)		250	5000	Prise à l'aide d'un tachymètre	TACHYMETRE	-----	Elevé
32	Tension de sortie GP (volts)		200	940	Prise dans la zone de montage des relais	VOLTMETRE	-----	Elevé
33	Température ambiante (°C)		15	45	aux environs du local de tarage	THERMOMETRE	-----	Elevé

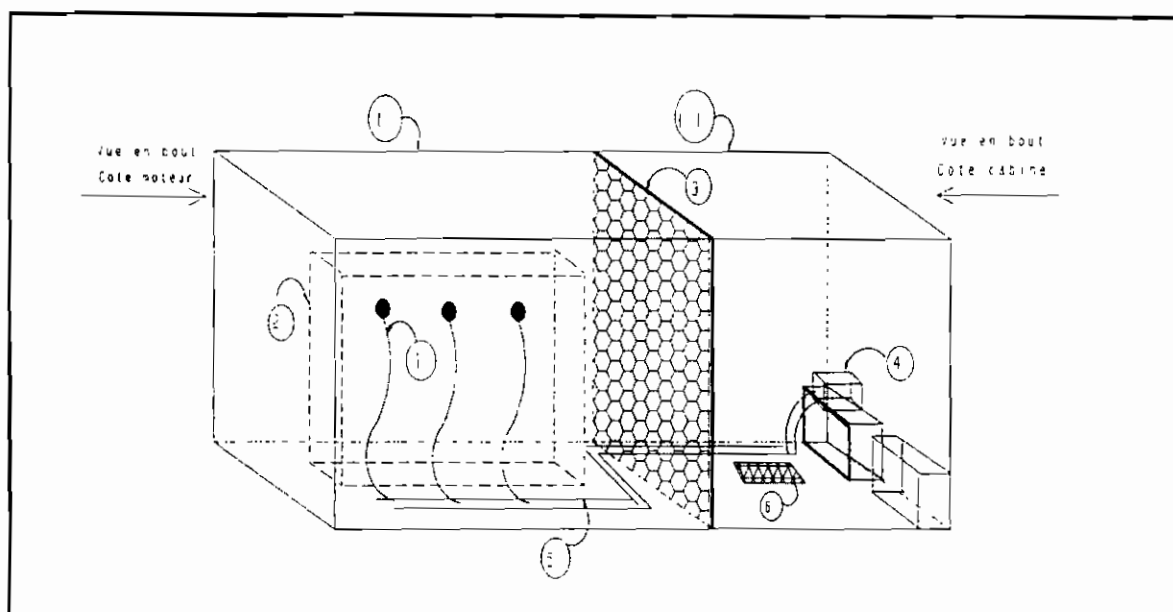


FIGURE 5.1. Vue d'ensemble du système

LÉGENDE: i. Coté moteur ii. Coté cabine du conducteur
1. Capteur 2. Moteur Diesel 3. Bloc électrique
4. Ensemble Informatique 5. Câbles des capteurs 6. Emplacement
du pupitre du conducteur.

Les valeurs mentionnées au niveau du tableau sont établies de la façon suivante:

- La valeur minimale est un peu inférieure à la valeur minimale couramment constatée.
- La valeur maximale est un peu supérieure à la valeur maximale couramment constatée.

Nous avons veillé à ce que les écarts ne soient pas trop grands, car la différence entre la valeur maximale et la valeur minimale a une influence sur la précision obtenue.

5.2. CHOIX DES CAPTEURS ET ÉTUDES D'IMPLANTATION

Nous avons choisi des capteurs de température et de pression avec des bouts filetés de 18 mm de diamètres (M18: système métrique), pour pouvoir utiliser les trous taraudés de 18 mm de diamètre (M18: système métrique) déjà existant au niveau des tuyauteries. S'il y a d'éventuels capteurs dont le bout fileté n'est pas de 18 mm, nous pouvons utiliser des adaptateurs de diamètres, par exemple M16 à M18.

5.2.1. Choix des capteurs de pression

Pour toutes les pressions mesurées:

**Choix: capteur: Réf. SEDEME JPB Tb660, plus
une prise de pression Réf. SMS-15-D-4000A et
prise type SMK 20 R1/8co PD.**

Fabricants: capteur: BOURDON SEDEME (S.A), FRANCE.

prise: STAUFF.

Fournisseur: HYDROSOURCE S.A. DAKAR, SÉNÉGAL.

Adresse: Tél: 324232, Fax:326464.

5.2.1.1. Justification et étude d'implantation

Les pressions considérées sont des pressions relatives, comme il est d'usage dans l'entreprise. Rappelons que cette

pression est référencée à la pression environnante, généralement la pression atmosphérique. L'étendue de mesure nominale considérée est de 0 à 5 bars. Elle est réglable à plus ou moins 50%, c'est à dire qu'on peut élargir cette étendue par exemple à 7,5 bars. Cette étendue couvre correctement les domaines de pressions qui nous intéressent. Son signal de sortie est de 1-5Vcc, 3 fils. Il n'est pas encombrant ni lourd. Son degré de protection est acceptable et il est destiné aux applications industrielles en environnement sévère. Il est aussi disponible sur le marché. Pour son implantation nous conseillons l'utilisation d'ensemble de prise de pression; car cette option nous permet de faire des connexions à des points éloignés, d'avoir une étanchéité par joint torique avant ouverture de clapet, ...etc. Les détails techniques sont mentionnés en annexes. D'éventuels adaptateurs de raccordement seront fabriqués par les ateliers de la S.N.C.S.

5.2.2. Choix des capteurs de température

**Choix: SONDE A RÉSISTANCE de PLATINE CHEMISÉE Pt100
suivant la norme DIN IEC 751 .**

**** éléments de mesure:** leurs longueurs ne doivent
pas dépasser 400 mm.

*** Pour les gaz d'échappement: Réf.90.250.00,
DIN 43764, forme A.**

*** Pour les autres mesures température:
Réf.90.235.00 DIN 43765, forme B.**

Fabricant: JUMO, FRANCE.

Fournisseur: HYDROSOURCE S.A. DAKAR, SENEGAL.

Adresse: Tél: 324232, Fax:326464.

5.2.2.1 Justification

Ces sondes couvrent les étendues de mesures qui nous intéressent, suivant chaque cas. Nous avons choisi des sondes de platine car elles sont faciles d'utilisation et d'implantation, moins chères et disponibles. De plus, elles sont plus précises que les thermocouples. Leur caractère chemisé nous est imposé par le milieu d'utilisation. Ces sondes résistent en effet aux conditions sévères d'utilisation. Nous en donnons les détails techniques en annexes. Nous pouvons obtenir toute longueur d'élément de mesure de notre choix.

5.2.3. Capteur de vitesse angulaire

Choix: TACHYMETRE Réf # 068 LEINE & LINDE AB.

Fournisseur: DURHAM INSTRUMENTS, CANADA.

Adresse: Fax (514) 697-4519.

Nous en donnons les fiches techniques en annexes.

5.2.4. Capteur de débit

**Choix: Débitmètre électromagnétique, diamètre d'environ
450 mm.**

Fabricant: KROHNE S.A., FRANCE.

Fournisseur: HYDROSOURCE S.A. DAKAR, SENEGAL.

Adresse: Tél: 324232, Fax:326464.

5.2.4.1. Justification et étude d'implantation

A part les capteurs de débit électromagnétiques il existe d'autres types tels que les débitmètres à ultrason, à flotteur, à liaison électromagnétique, massiques, à force de coriolis. Les différences de prix sont parfois importantes mais le capteur choisi nous donne une précision acceptable.

L'implantation de ce capteur nécessitera une coupure de la conduite de gasoil. Selon les renseignements pris à la S.N.C.S, cette coupure ne gênera pas, à priori, le bon fonctionnement de la locomotive. Néanmoins, nous recommandons une étude préliminaire pour évaluer les incidences éventuelles de cette coupure sur le fonctionnement de la locomotive et sur l'évolution des autres variables.

5.2.5. Capteur de tension et de courant

Choix: Réf. ACROMAG Série 1700

Fournisseur: ACROMAG, Inc. USA.

Ces capteurs peuvent mesurer la tension, le courant, ou la puissance, dépendamment des réglages, dans chaque cas.

5.3. CHOIX DE L'ENSEMBLE INFORMATIQUE D'ACQUISITION DE DONNÉES

Nous avons au total 33 canaux d'entrée.

Nous préconisons une cadence de 3 mesures par seconde, ce qui est acceptable pour notre application.

5.3.1. Les cartes

Choix: 3 cartes ACPC-12-16.

1 carte de Multiplexage à 8 entrées digitales.

20 modules T45 de conditionnement.

fournisseur: STRAWBERRY TREE, USA.

Fabricant: STRAWBERRY TREE, USA.

5.3.1.1. Justification et étude d'implantation

Chaque carte a une résolution de 12 bits et 16 entrées, ce qui est acceptable pour notre application. Nous avons choisi 3 cartes identiques de 16 entrées, soit 48 entrées et non 2 cartes de 16 et 1 carte de 8 entrées, soit 40 entrées, pour des raisons d'uniformité et des besoins éventuels d'extension. Les mêmes raisons s'appliquent à la carte de multiplexage.

Le nombre de canaux offert par l'ensemble des 3 cartes est largement supérieur à celui des variables mesurées, pour répondre au besoins éventuels d'extension pour la mesure d'autre variables. Par exemple, les tensions et courants d'excitation séparée (U_{sep} , I_{sep}), les tensions et courants nécessaires à l'alimentation des auxiliaires (U_{Aux} , I_{Aux}); pour le calcul de la puissance du diesel.

Un besoin d'uniformisation des matériels justifie ce choix pour éliminer tout risque d'erreur et aussi pour bénéficier d'éventuel escompte.

5.3.2. Choix de l'ordinateur

Choix: IBM ou COMPATIBLE 386 Dx 33 MHz avec

- * 4 Meg. de RAM,
- * Coprocesseur mathématique 387 Dx 33,
- * Disque dur de 80 Méga-octets,
- * Souris, 1 lecteur HD 3"1/2 et 1 lecteur HD 5"1/4,
- * Écran couleur super VGA,
- * Carte graphique,
- * 10 Boîtes de disquettes HD 3"1/2,
- * 10 Boîtes de disquettes HD 5"1/4.

Fournisseur: Sur le marché local.

Ce choix est celui du local de tarage. Celui de la locomotive est un ordinateur industriel de marque **SIEMENS** dont les spécifications seront données en annexe.

5.3.3. Choix de l'imprimante

CHOIX: EPSON FX 105 ou FX1000.

Fournisseur: sur le marché local.

C'est une imprimante matricielle. La qualité de l'impression est acceptable pour notre application.

5.3.4. Choix du logiciel d'acquisition de données

Choix: LABTECH NOTEBOOK dernière version avec

- * LOTUS 123, dernière version , plus IMPRESS,
- * Système d'exploitation DOS dernière version.

5.3.4.1. Justification

Nous avons consulté et analysé plusieurs logiciels dont: WORKBENCH PC, LABTECH NOTEBOOK PC, QUICLOG PC, ANALOG CONNECTION PC, SignalysLC PC, LABTECH ACQUIRE, LABTECH CONTROL FT, LABTECH CHROM, LABTECH MONITOR, UnkelScope, etc...

Notre choix s'est porté sur le logiciel **LABTECH NOTEBOOK** pour plusieurs raisons dont les principales sont mentionnées dans le paragraphe spécial le concernant. LABTECH NOTEBOOK est en effet disponible à l'ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE THIES. Son coût est relativement abordable; il intègre les différentes fonctions nécessaires à notre application. Il est l'un des logiciels les plus puissants, conviviaux et faciles d'apprentissage. Il est aussi compatible avec la majorité des cartes d'acquisition généralement utilisées.

Il nous a été un peu difficile de départager LABTECH NOTEBOOK et WORKBENCH. Nous avons préféré LABTECH NOTEBOOK entre autres raisons car il peut bien faire par exemple des courbes X,Y (c'est à dire que LABTECH NOTEBOOK peut tracer des courbes d'évolution d'une variable Y en fonction d'une autre variable X) contrairement à WORHBENCH qui est cher et peu disponible.

Le logiciel LOTUS 123 est un puissant tableur assurant une meilleure présentation de courbes et capables de faire des calculs statistiques dont nous aurons éventuellement besoin. Il est compatible avec LABTECH NOTEBOOK et avec la plupart des logiciels d'acquisition de données.

5.3.5. LABTECH NOTEBOOK

5.3.5.1. Caractéristiques

C'est un logiciel d'acquisition de données, de visualisation, et de contrôle en temps réel ou en différé.

- Il offre un menu descriptif et aussi un menu iconographique; il ne nécessite pas de compétence particulière en informatique.

- Il est convivial et il optimise les potentialités offertes par le matériel (ordinateur et cartes).

- Il accepte des entrées et sorties analogiques, des entrées et sorties digitales, des thermocouples, des RTD (Resistive Temperature Detector), des entrées et sorties impulsionnelles, des mesures de fréquences, dépendamment de l'ordinateur et du matériel utilisés.

- Chaque canal peut être configuré avec des caractéristiques précises; de même à l'intérieur d'un même canal, ces caractéristiques peuvent être programmées pour varier d'un instant à l'autre, individuellement.

- Il peut générer des modèles mathématiques avec jusqu'à 10 paramètres et profite des possibilités offertes par le coprocesseur mathématique.

- Les données sont visualisées et stockées en temps réel, sur dans des fichiers avec options, dans des mémoires de masse (disque dur et disquettes). Ces données peuvent être notamment stockées sur des formats en vue d'utilisation ultérieure sur d'autres logiciels d'analyse ou de présentation de notre choix, comme LOTUS-IMPRESS, SYMPHONY.

- Il permet de visualiser des courbes de tendance Y en fonction de X ou Y en fonction du temps, des représentations sous forme de barres horizontales ou verticales, de l'évolution des variables.

- On peut effectuer des opérations de contrôle, à échelle limitée, en boucles ouvertes ou fermées avec les sorties analogiques et/ou digitales.

- LABTECH NOTEBOOK est compatible avec la majorité des ordinateurs et des cartes d'acquisition de données qu'on trouve sur le marché.

- L'acquisition de données peut se faire à la vitesse désirée. Par exemple elle peut aller jusqu'à 14,8 KHz ou 50000 KHz, et les transferts sur disque dur se font à 400Hz. De même, les données peuvent être collectées continuellement sur des durées de plusieurs semaines ou mois, selon nos objectifs.

- Il peut faire des déclenchements conditionnels en fonction du temps ou d'événements à venir.

5.3.5.2. Spécifications

Elles dépendent du type d'ordinateur utilisé, et de l'utilisation qu'on veut faire de LABTECH NOTEBOOK. par exemple, la vitesse d'acquisition qu'on aura avec un ordinateur XT ou AT ne sera pas la même que celle obtenue avec un ordinateur 386. La même différence peut être constatée dépendamment si l'on fait de l'acquisition de données ou du contrôle de processus.

5.3.5.2.1. Cas d'une acquisition de données

- * **Vitesse de traitement:** Minimum: 0,007Hz;
Maximum: 14,8 KHz à 50000 KHz.
- * **Durée maxi de fonctionnement en continu:** 10¹⁶ Secondes.
- * **Nombre maxi de boucles:** 10⁸.
- * **Nombre maxi de canaux:** 240 en mode normal.
- * **Types d'entrées:** analogiques, digitales, thermocouples, RTD

5.3.5.2.2. Cas d'un contrôle de processus industriel

- * **Vitesse:** Maxi: 30Hz, Minimum: 0,007 Hz.
- * **Durée de fonctionnement continu:** 10⁸ Secondes.
- * **Modes de contrôle:** boucle ouverte, boucle fermée, P.I.D (Proportional-Integral-Derivative), "Bang-bang" (ON/OFF); des boucles d'alarme peuvent être générées.
- * **Type de sortie:** analogiques et/ou digitales.

5.3.5.2.3. Cas de stockages de données

- * **Vitesse de stockage continu sur disque:** Max: 400 Hz;
- * **Mode de stockage:** Réel ASCII, entier ASCII, Réel BINAIRE, entier BINAIRE.

5.3.5.2.4. Analyse et visualisation de données

- * **Compatibilité avec des logiciels tels que LOTUS123, SYMPHONY.**
- * **Nombre de graphes:** Maxi: 15;

5.3.5.2.5 Configuration minimale requise

- * IBM, XT, AT, 386, 486, PS/2 et compatibles.
- * 2 lecteurs de disquettes ou un disque dur & un lecteur de disquette.
- * Mémoire RAM 512 K.
- * Système d'exploitation (IBM ou MS), Version 2 ou supérieure.
- * Carte couleur IBM CGA, EGA, VGA, PGA, HERCULE carte graphique ou équivalent.

Le logiciel est accompagné d'une clé physique pour éviter des copies frauduleuses.

5.3.6. La carte d'acquisition ACPC-12-16

5.3.6.1. Caractéristiques

- * **Source: STRAWBERRY TREE Inc.**

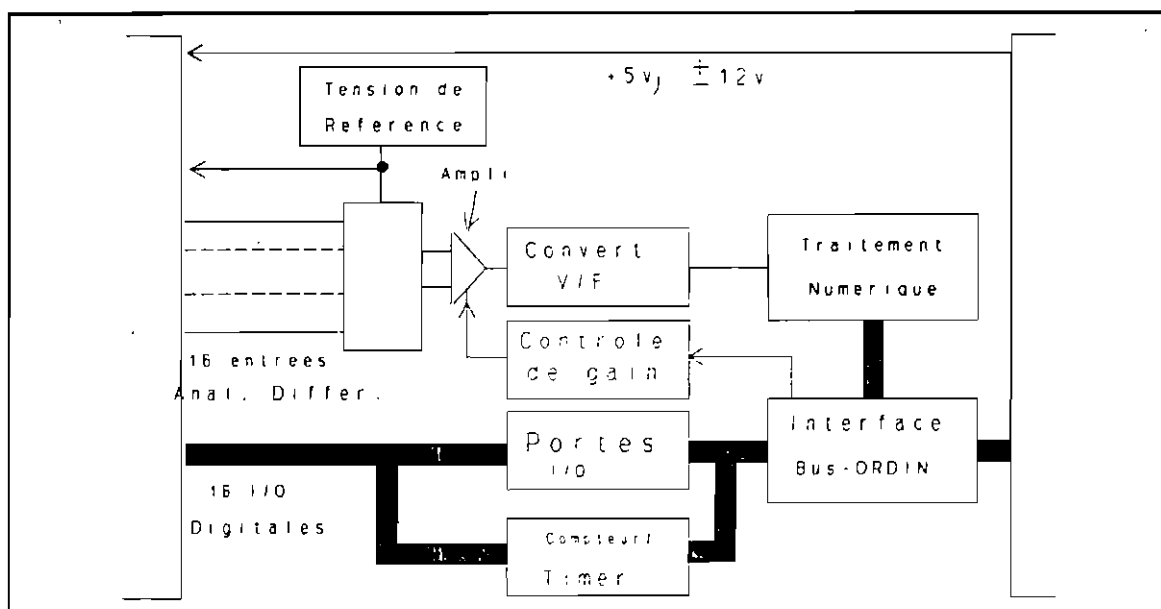


FIGURE 5.2. Bloc diagramme de la carte ACPC-12-16

- * 6 rangées de tensions d'entrées,
- * 6 rangées de courants d'entrées,
- * 16 entrées analogiques différentielles,
- * Des sélections de caractéristiques de canal peuvent se faire à partir du logiciel,
- * Possibilité de compensation de thermocouples avec des CJC (Cold-Junction Compensation), et de linéarisation précise de sondes à platine.
- * Elle est compatible avec un grand nombre de logiciels et d'autres cartes.

5.3.6.2. Spécifications

- * **Résolution:** 12 bits; * **Vitesse:** jusqu'à 10 KHz;
- * **Compteur/Timer:** 16 bits, jusqu'à 3 MHz;
- * **Entrées/Sorties Digitales:** 16, compatibles TTL, individuellement programmables en entrée ou sortie.
- * **Entrées analogiques:** 16 Différentielles.
- * **Rangées de gains:** -5 à 5v, -1 à 10v, -250 à 250mv, -50 à 500mv, -25 à 25mv, -5 à 50mv; -50 à 50mA, -10 à 10mA; -2 à 20mA, -1 à 1mA, -2 à 2mA.
- * **Protection des entrées:** plus ou moins 50v en permanence, plus ou moins 150v en instantané.
- * **Type de thermocouple:** E, J, K, T, B, R, S, C, D, G.
- * **Tension de référence:** 6,9 volts plus ou moins 5%.
- * **Température d'utilisation:** 0°C à 50°C.
- * **Dimensions:** 13"x4,2" soit 33,0cmx10,7 cm.
- * **Consommation en puissance:** 3,4 Watt.

5.4. JUSTIFICATION GLOBALE DES CHOIX

L'étendue de mesure de chaque capteur préconisé couvre largement le domaine de variation des variables correspondantes, pour des raisons de sécurité évidentes. Que ce soit pour les capteurs ou le système informatique, nous nous sommes principalement basés sur des critères comme la disponibilité, le prix, la fiabilité, l'encombrement, la facilité d'utilisation et les autres critères techniques mentionnés au chapitre 3.

5.5. PROBLEMES DE MONTAGE

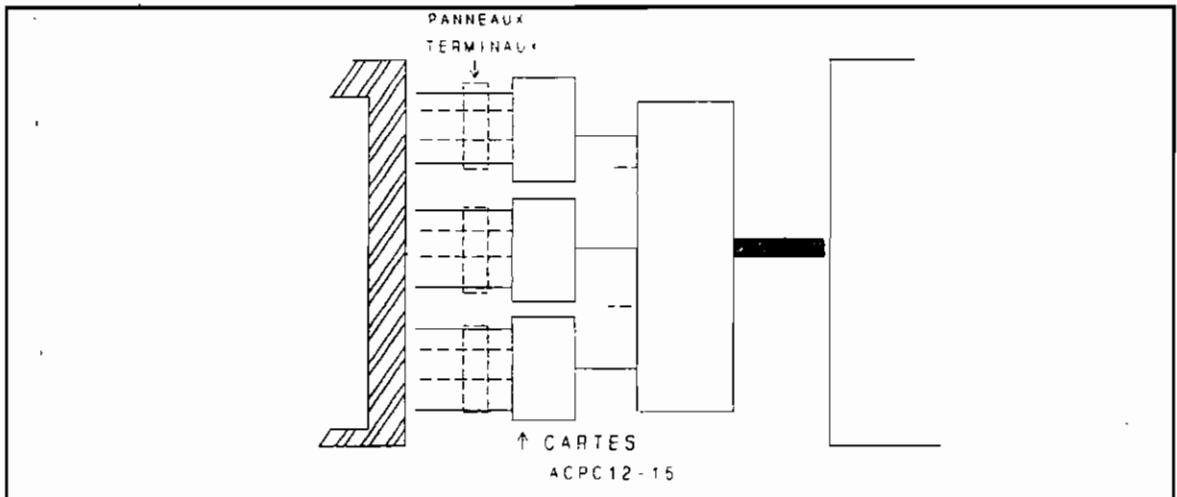


FIGURE 5.3. : Montage des cartes avec le multiplexeur

Ce montage se fera dans le cas d'une une carte de muti-plexage (multiplexage matériel). A défaut, il sera préférable de faire un multiplexage logiciel (programmation en spécifiant les adresses de base de chaque carte et en les configurant. Des notices accompagnent chaque carte).

5.5.1. Montages de la sonde à platine avec le panneau terminal

Nous donnons ici des exemples de montage.

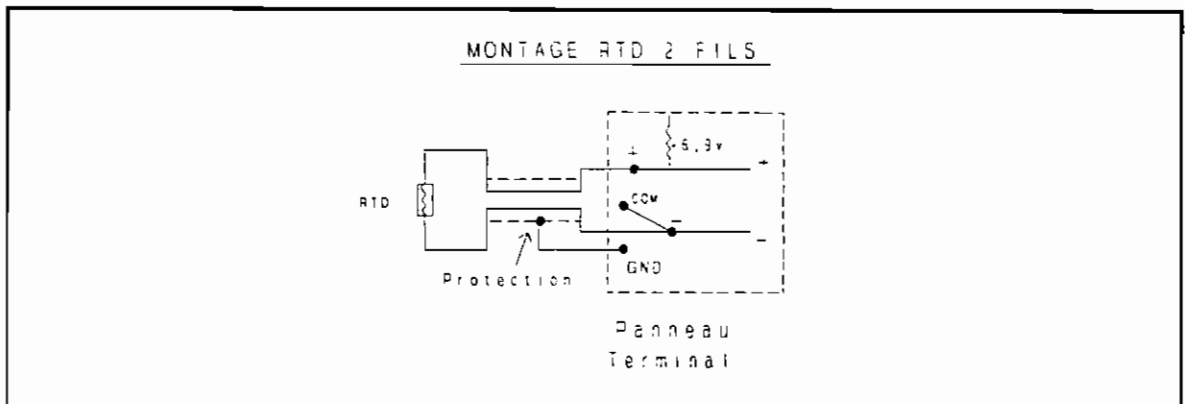


FIGURE 5.4. Montage 2 fils

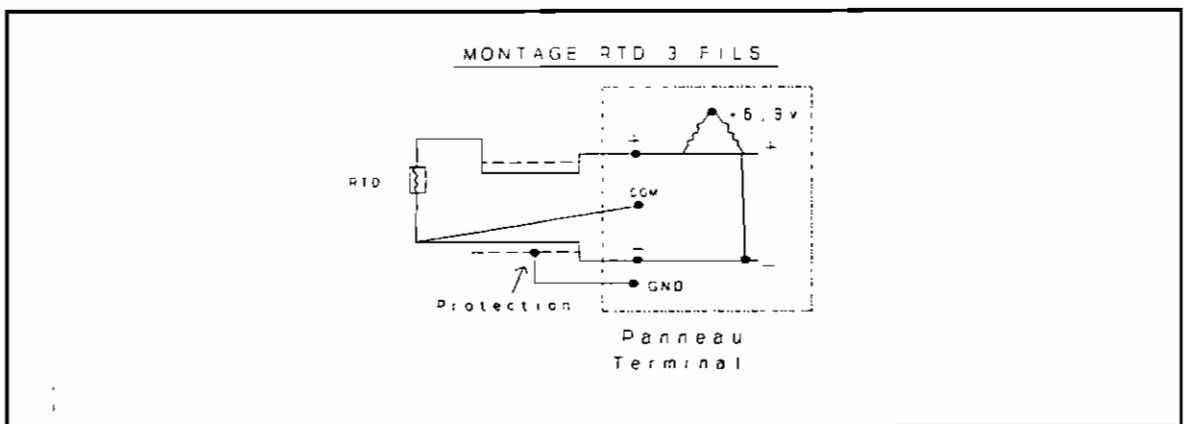


FIGURE 5.5. Montage 3 fils

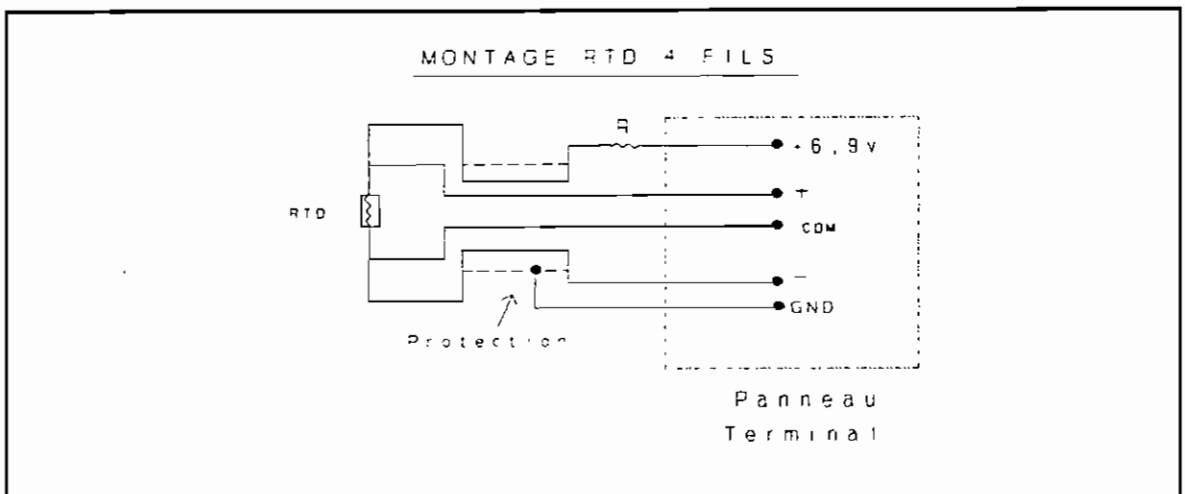


FIGURE 5.6. Montage 4 fils

NB: Nous recommandons le montage 3 fils pour les raisons énumérées au paragraphe 3.1.2.3.3 du chapitre 3.

5.6. PROBLEMES LIÉS A L'IMPLANTATION DU SYSTEME

- Avant l'installation des cartes d'acquisition de données, il est important de procéder à certaines opérations sur les cartes, comme la sélection des gains à l'aide de "JUMPER" ou à l'aide du logiciel d'acquisition de données, le calibrage des circuits de CJC (Cold-Junction Compensation), le calibrage de l'offset et du gain de l'amplificateur, etc... Nous n'allons pas exposer les étapes de ces opérations car chaque carte comporte des notices où sont mentionnées ces étapes, qui diffèrent d'un fabricant à l'autre et d'une carte à l'autre. Cette remarque reste valable pour les capteurs.

- L'apprentissage des opérations sur le système, surtout l'utilisation des logiciels LABTECH NOTEBOOK et LOTUS123 se fera dès l'installation du système. L'utilisateur novice, sans compétence ni formation poussée en informatique ou en électronique peut aussi se servir du système, seulement en observant quelques règles de sécurité.

- Nous préconisons une installation progressive du système:

* **première étape:** installation du système raccordé à un ordinateur situé dans le local de tarage.

* **Deuxième étape:** installation du système raccordé à un ordinateur situé dans la locomotive.

L'analyse des résultats obtenus dans la première étape nous guidera l'exécution de la deuxième étape.

- Il est préférable que le climatiseur du local de tarage soit remis en bon état pour optimiser les conditions de travail de l'ordinateur, et donc du système.

5.7. UTILISATION D'AUTOMATES PROGRAMMABLES INDUSTRIELS (API)

Nous signalons au passage que dans le cadre des acquisitions de données suivies d'une automatisation, on peut aussi utiliser des Automates Programmables Industriels (API). Nous avons préféré l'utilisation des cartes d'acquisition pour plusieurs raisons:

- Dans ce cas précis, les API sont plus rigides d'utilisation et mal adaptés à notre application.

- Chaque constructeur d'API a un langage de programmation pour chacun de ses API. L'apprentissage de ce langage ne peut qu'ennuyer les agents de la SNCS, au lieu de les motiver.

- Nous pensons que l'utilisation de cartes d'acquisition de données avec un logiciel, donne l'occasion de mieux visualiser la configuration générale du système.

5.8. MAINTENANCE DU SYSTEME

Le système n'est pas très exigeant en ce qui concerne sa maintenance. Une attention particulière doit être accordée à l'ordinateur. Les règles à observer sont celles qui sont nécessaires pour tout système informatique. Elles sont dans les notices qui accompagnent le matériel informatique. Nous recommandons une petite initiation préliminaire en informatique aux agents qui auront à utiliser le système afin qu'ils soient sensibilisés aux règles élémentaires de sécurité. Les capteurs par contre ne nécessitent généralement pas de soins particuliers. L'installation de chaque capteur doit être suivie de près. Un programme précis doit être établi pour vérifier la performance de chaque composant du système.

CHAPITRE 6 :

Etude économique

6.1. DEVIS ESTIMATIF

Nous le résumons dans le tableau n°2 ci-dessous.

6.2. COMMENTAIRES ET ANALYSE

6.2.1. Hypothèses

1. Nous considérons seulement le personnel et les éléments qui entrent en jeu lors d'une opération de tarage et lorsque la locomotive est en ligne.

2. Les calculs ont été effectués en prix hors taxes, du moment. Ces prix peuvent évoluer avec le temps.

6.2.2. Commentaires

* Les prix mentionnés sont des estimations de fabricants, fournisseurs et de spécialistes dans le domaine.

* Le système d'exploitation DOS et le logiciel LOTUS123-IMPRESS ne sont pas mentionnés sur ce devis car d'une part, le DOS accompagne souvent les ordinateurs actuellement vendus sur le marché, d'autre part le logiciel LOTUS123-IMPRESS existe déjà dans l'entreprise.

* Nous constatons que la proportion du coût de l'ensemble informatique est relativement faible par rapport au reste.

* Il y a des produits dont l'achat n'est pas trop indispensable au bon démarrage du système. C'est le cas par exemple de la carte de multiplexage (puisque un multiplexage logiciel est possible), des boîtes de disquettes (l'entreprise en dispose). Nous pouvons donc voir le coût d'implantation au rabais.

DEVIS ESTIMATIF

[Auteur: Komlan MESSIE]

Post.	DESIGNATIONS	Unit	Qt.	Prix Uni	Prix Tot.
I	Capteur de pression, sortie 4/20 mA Réf. JPB Tb660 Type 3-2 A40	u	8	350000	2800000
II	Capteur de température Sonde à platine Pt100	u	20	80000	1600000
III	Capteur de vitesse angulaire Tachymètre, Réf. # 068 LEINE & LINDE AB DURHAM INSTRUMENTS Inc.	u	1	210000	210000
IV	Capteur de tension, série 1700 ACROMAG	u	2	150000	300000
V	Capteur de courant, série 1700 ACROMAG	u	2	150000	300000
VI	Capteur de débit, KROHNE S.A	u	1	800000	800000
VII	Logiciel LABTECH NOTEBOOK, dernière Version STRAWBERRY TREE Inc.	u	1	750000	750000
VIII	Ordinateur 386 Dx-33MHz + Coprocesseur 387 DX 120 Meg (disque dur.), souris, 4 Meg de RAM, DOS dernière Ver, écran SVGA, 2 lect. 3,5" & 5,25" HD	u	1	700000	700000
IX	Boîtes de disquettes 3,5" & 5,25" HD (10 de chaque)	ff			170000
X	Carte ACPC 12-16 STRAWBERRY TREE Inc.	u	3	300000	900000
XI	Multiplex. 8 entrées digit. STRTAWBERRY TREE Inc.	u	1	200000	200000
XII	Panneau Terminal Réf. T45 STRAWBERRY TREE Inc	u	20	150000	3000000
XIII	Ensemble de raccordement	ff			300000
TOTAL HORS TAXES: 12.030.000 Francs CFA (Douze Millions trente Mille Francs CFA)					

6.2.3. Analyse

Notre système permet de réduire le nombre d'agents nécessaires pour une opération de tarage. Il seront désormais 2 au lieu de 3. D'où nous pouvons dire que le coût d'entretien partiel lié au tarage sera diminué du salaire d'un agent travaillant régulièrement pendant la durée du tarage.

La fréquence de détériorations des pièces de la locomotive, liée à la non connaissance de l'évolution des variables sera diminuée. Cette diminution entraîne une réduction du coût d'entretien partiel liés au renouvellement prématuré de pièces de rechange.

* L'investissement initial est de l'ordre de 12 millions de Francs CFA hors taxes. La récupération peut progressivement se faire sur une durée relativement très courte. Cet investissement est pratiquement négligeable par rapport au coût d'achat d'une locomotive. De plus notons que certaines pièces de locomotives reviennent extrêmement chères et l'implantation du système pourra limiter le coût d'entretien de la locomotive et la fréquence d'achat de ces pièces.

* La S.N.C.S a de gros clients comme la Compagnie Sénégalaise de phosphates de Taïba, et d'autre entreprises de la place. Il y a aussi des transports de marchandises, de passagers, etc... (Source: document SICOF, S.N.C.S.). Si nous supposons que l'immobilisation de locomotives pour cause de retard de réparation peut faire annuler un voyage, cela fait un manque à

gagner important. Nous imaginons aisément qu'une accélération des réparations de locomotives ne peut qu'améliorer le service offert et assurer des recettes régulières à la SNCS.

6.3. RÉSULTATS ET AVANTAGES ESCOMPTÉS

Ils sont nombreux mais, nous répertorions ci-dessous les plus importants:

1. Accumulation de l'expérience acquise dans l'exploitation de chaque locomotive, sur une longue période.

2. Surveillance, contrôle et archivage des performances des équipements et des opérateurs.

3. Acquisition, stockage et traitement statistique en temps réel des données livrées par les capteurs.

4. Gestion individualisée de chaque locomotive permettant de réduire les difficultés de localisation des pannes.

5. Un meilleur contrôle de l'évolution des paramètres de fonctionnement, permettant de respecter les limites à ne pas dépasser et d'éviter les risques inutiles de détérioration du matériel.

6. Entretien prévisionnel des locomotives par une meilleure connaissance de leur comportement au tarage et en ligne d'où la limitation du vieillissement des locomotives, et une meilleure orientation des dépannages et réparations.

7. Obtention d'informations permettant d'élaborer un vrai programme de maintenance de l'ensemble de la locomotive.

8. Réduction des fréquence et durée des réparations donc du temps d'immobilisation des locomotives; ce faisant l'entreprise pourra mieux répondre aux attentes de ses clients, d'où un meilleur service et une éventuelle augmentation de ses recettes.

9. Les opérations de tarage et de rodage seront nettement facilitées du fait que les mesures seront désormais automatiques. Ceci expliquera l'amélioration du rendement du personnel car ce dernier sera plus motivé et moins fatigué.

10. possibilité de simulation sur modèle, de régimes normaux et d'avaries du processus.

11. Augmentation de la sécurité par la signalisation anticipée des régimes d'avarie après l'analyse des tendances des paramètres de chaque locomotive.

12. C'est une étape importante pour d'éventuels travaux de contrôle, ou études de ce genre au niveau de la locomotive.

13. Pour la S.N.C.S, réduction du nombre d'agent nécessaires pour le tarage. Désormais 2 agents suffiront au lieu de 3 dans l'ancien système. Ils seront répartis de la façon suivante:

- Un agent sera affecté dans le local de tarage pour manipuler l'ordinateur et les niveau de courant et de tension débités par la génératrice principale;

- Le second agent sera affecté dans la cabine de la locomotive pour la commande du moteur.

14. Pour les agents de la S.N.C.S, on a l'amélioration des conditions de travail en ce qui concerne la température et la sécurité. Personne ne sera plus obligé de se déplacer pour relever manuellement des données.

15. Un avantage incontestable de notre système par rapport au système de voyants généralement observés dans certaines installations industrielles est que non seulement, notre système peut signaler, dans certaines mesures, le dépassement d'un seuil mais il donne aussi la valeur de la variable qui dépasse ce seuil.

16. Nous donnons ici un exemple pour illustrer le fait que désormais les dépannages et réparations seront mieux orientés. Les voyants sont généralement commandés par des relais. par hypothèse supposons que le voyant s'allume lorsqu'un certain contact "Q" du relais est fermé. En l'absence par exemple d'une baisse de pression, ce contact doit être ouvert. S'il arrive que ce contact soit défectueux alors il peut être fermé sans qu'il y ait de baisse de pression, d'où un allumage anormal du voyant. Le premier réflexe serait de penser qu'il y a baisse de pression alors qu'en réalité il n'y en est rien. En consultant les valeurs emmagasinées par notre système, on pourra aisément déceler qu'il n'y a pas de baisse de pression. Le système nous permet donc de mieux orienter nos recherches de pannes, peut-être vers une hypothèse de défectuosité de relais.

6.4. INCONVÉNIENTS

* Tout nouveau système, quelque soit le niveau de satisfaction qu'il procure, peut aussi être source de problèmes. Force est de reconnaître que notre système va bouleverser des habitudes établies depuis des décennies. Les difficultés d'adaptation du personnel au système peut, dans un premier temps, entraîner une brève baisse de la productivité qui doit considérablement s'améliorer par la suite.

* Le système va entraîner une réduction du personnel préposé au tarage. Cette réduction peut être source de conflits si des affectations éventuelles ne satisfassent pas les agents concernés.

CONCLUSION

ANALYSE &

RECOMMANDATIONS

Nous avons tenté de définir dans cette étude, le concept et l'organisation générale d'un système d'acquisition de données et son implantation sur des locomotives diesels-électriques. Elle nous a conduit à une spécification de la configuration optimale de toutes les composantes nécessaires pour un bon fonctionnement du système. Nous avons parlé aussi des problèmes liés à l'implantation d'un tel système sans oublier les avantages que cela procure.

Nous pensons, au terme de cette étude, avoir satisfait à chaque point du cahier de charges, à savoir, faire la conception et l'étude d'implantation d'un système d'acquisition de données pour le suivi de la conduite de locomotives diesels-électriques. Notre système peut en effet assurer l'acquisition, la visualisation en temps réel ou en différé, le stockage et l'impression des valeurs des différents paramètres de fonctionnement de la locomotive.

L'objectif principal de toute entreprise, est de maximiser les profits, d'augmenter le chiffre d'affaires, d'améliorer le service offert, d'assurer la sécurité du personnel, etc... L'analyse technico-économique nous a montré que nous avons toutes les raisons d'encourager l'investissement nécessaire à l'implantation de ce système pour un mieux-être des opérateurs de tarage ou de rodage, de même que celui de l'entreprise.

Nous tenons néanmoins à attirer l'attention sur le fait que le système répond aux impératifs suivants:

- Réduction de la fréquence des réparations répétitives d'où une réduction significative du coût d'entretien;

- Économie de gasoil. En effet une réparation entraîne généralement une consommation élevée "non productive" de carburant. La limitation de ces réparations va réduire cette consommation "non productive" de carburant.

- L'importance réelle de cette étude ne peut être exprimée que du point de vue financier, mais on ne saurait non plus ignorer des incidences telles que la possibilité de contrôler le rendement de chaque locomotive, le maintien du service à un niveau optimal, et la motivation du personnel par l'amélioration des conditions de travail des agents,

Nous ne pouvons terminer sans faire quelques recommandations pour une éventuelle réalisation de cette étude:

1. Nous proposons un planning des travaux:

1.1 Présentation de l'étude aux responsables de la S.N.C.S;

1.2 Approbation par l'entreprise de la liste des appareils et matériels recommandés par l'étude;

1.3 Devis estimatif et approbation par l'entreprise;

1.4 Préparation des documents d'appel d'offres international pour la fourniture des matériels;

1.5 Implantation progressive du système au niveau du local de tarage et d'une locomotive BB1600 choisie par l'entreprise;

1.6 Évaluation des résultats obtenus;

1.7 Étude d'adaptation du système à chaque locomotive si l'entreprise est satisfaite au point 6;

1.8 Même procédure de commande que précédemment;

1.9 Généralisation du système aux autres locomotives;

1.10- Évaluations périodiques.

2. Nous avons constaté sur place qu'il existe un dispositif avec transmetteur pour le captage de la vitesse linéaire de la locomotive. Nous recommandons qu'une étude approfondie soit faite sur les possibilités d'utilisation de ce dispositif pour obtenir un signal électrique adéquat qu'on injectera dans notre système. Nous avons déjà prévu des canaux supplémentaires au niveau de la carte d'acquisition pour ces genres d'extension.

3. Une étude postérieure pourra être faite sur des possibilités d'utilisation éventuelle des appareils de sécurité disponibles sur la locomotive. Cette étude favorisera un meilleur contrôle de certaines fonctions de la locomotive, avec utilisation de notre système.

4. Les produits préconisés dans cette étude sont parmi les meilleurs de ce moment. Ils sont susceptibles d'évolution dépendamment de l'avancée technologique. Nous recommandons donc, dans le cas où cette étude n'est pas réalisée dans un délai d'un (1) à trois (3) ans, qu'on refasse une étude de mise à jour de l'ensemble préconisé avant une quelconque implantation.

Le sens réel des résultats et avantages qui en sont attendus nous amène à encourager son implantation effective au niveau des locomotives de la S.N.C.S. Nous le recommandons aussi pour les entreprises de la sous-région utilisant des locomotives ou des engins industriels.

Annexe 1

- * Schéma de corrélation entre la carte, les logiciels LABTECH NOTEBOOK et LOTUS 123 et le disque de stockage.

Annexe 2

- * Présentation physique de la carte ACPC-12-16
- * Schéma de raccordement de l'ensemble capteur-panneau terminal-carte d'acquisition-ordinateur.
- * Fiche technique sur la résolution de la carte.
- * Fiche technique sur la précision de la carte.

Annexe 3

- * Evolution de la résolution et de la précision des cartes ACPC 12 bits et 16 bits en fonction du domaine de températures mesurées et du type de RTD.
- * Extrait du manuel de référence du logiciel LABTECH NOTEBOOK, notions sur la définition d'un canal de RTD.

Annexe 4

- * Présentation de l'écran icônographique de LABTECH NOTEBOOK avec mise en évidence des icônes.
- * Exemple d'évolution, en temps réel, de variables, en fonction du temps.
- * Autres exemples d'évolution, en temps réel, de variables, en fonction du temps.

Annexe 5

- * Les représentations possibles sur LABTECH NOTEBOOK:
- * Variable Y en fonction du temps t.
- * Variable Y en fonction d'une autre variable x.
- * Exemple de représentation de valeurs de 3 variables sous forme de barres horizontales.
- * Exemple de représentation de valeurs de 3 variables sous forme de barres verticales.
- * Exemple de représentation de valeurs de 3 variables sous forme numérique.

Annexe 6

- * Présentation des différentes parties de l'écran du logiciel LABTECH NOTEBOOK.
- * Exemple d'icône de LABTECH NOTEBOOK.
- * Branchement d'icônes dans LABTECH NOTEBOOK.

Annexe 7

- * Exemple de fonctions exécutées par LABTECH NOTEBOOK.

Annexe 8

- * Schéma de raccordement électrique de capteurs RTD (sonde à résistance).
- * Schéma de raccordement de capteurs en fonction de la distance entre le capteur et l'ordinateur (ou l'indicateur numérique).

Annexe 9

- * Données techniques sur la sonde à platine

Annexe 10

- * Fiche technique du capteur de vitesse angulaire
LEINE & LINDE.

Annexe 11

- * Document technique sur la locomotive.

Annexe 12

- * Schéma des circuits thermiques de l'eau au niveau de
la locomotive BB1600, de la S.N.C.S., SÉNÉGAL.

Annexe 13

- * Données sur le capteur de pression.

Annexe 14

- * Données sur la prise de pression.

Annexe 15

- * Données sur l'ordinateur industriel.

Annexe 16

- * Données sur le degré de protection.

Annexe 17

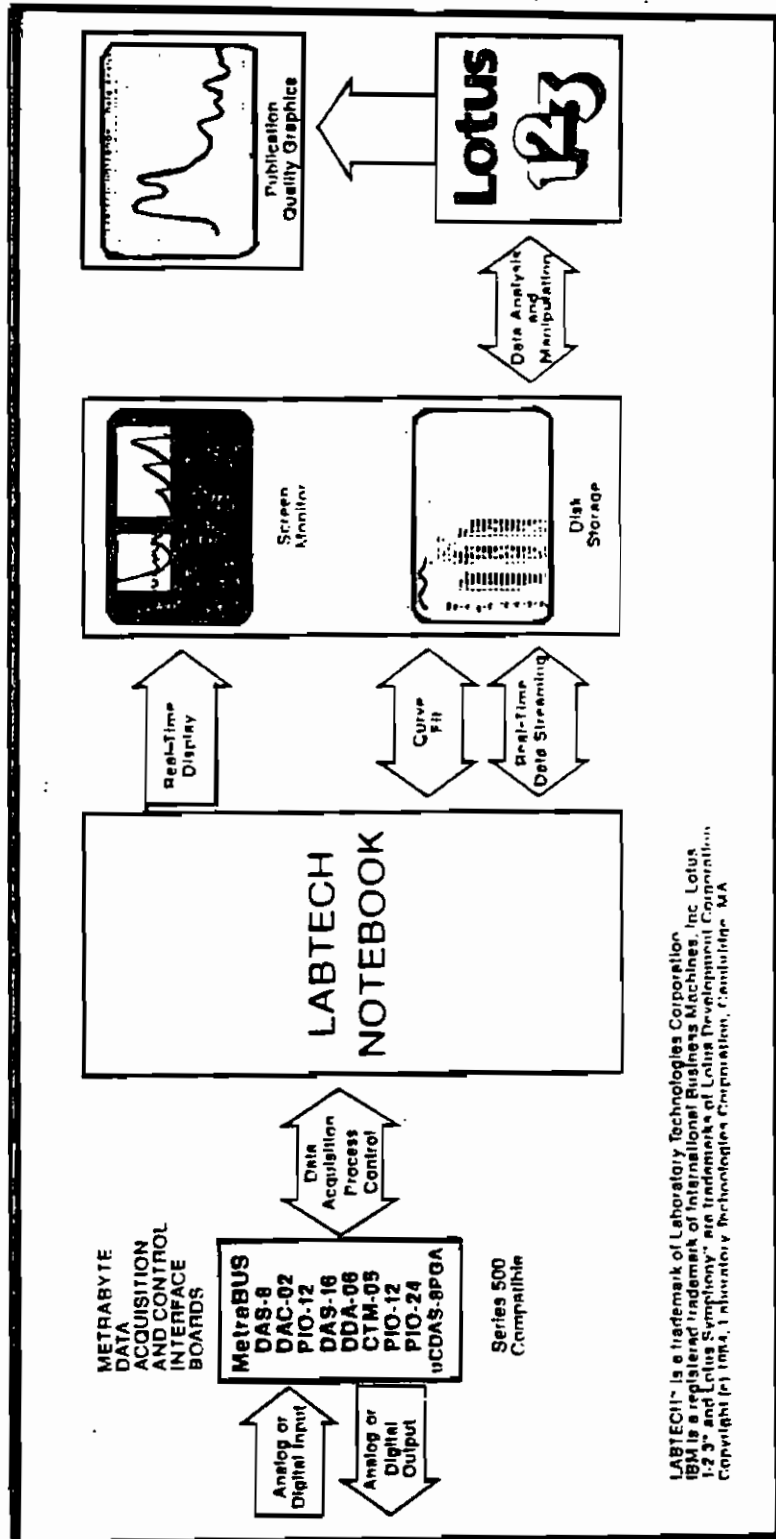
- * Données sur les propositions de capteurs.

Annexe 18 Données sur le capteur de débit.

ANNEXE 1

SCHEMA DE CORRELATION ENTRE:

- * La carte d'acquisition de données
- * Le logiciel d'acquisition de données (Labtech Notebook)
- * Le disque de stockage
- * Le tableur (LOTUS 123)

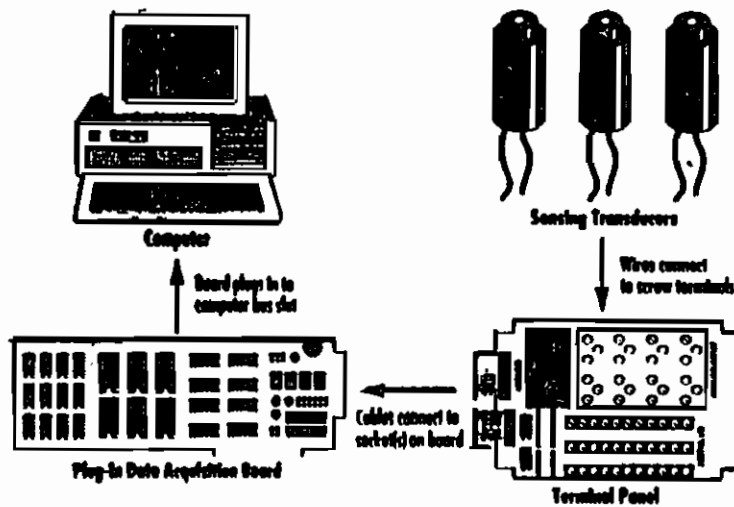
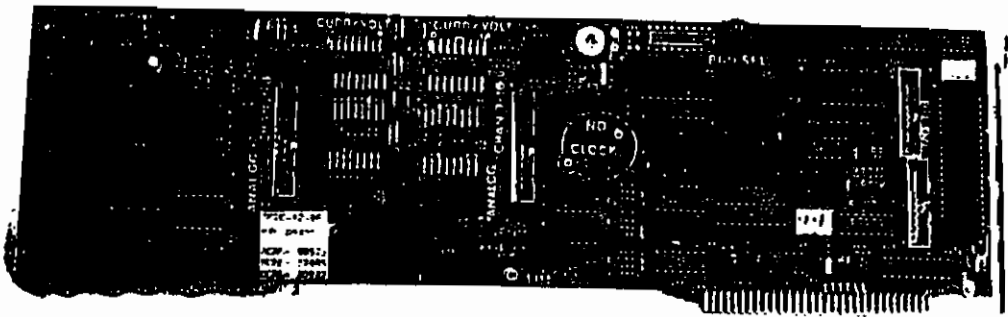


LABTECH™ is a trademark of Laboratory Technologies Corporation.
 IBM is a registered trademark of International Business Machines, Inc. Lotus
 1-2-3™ and Lotus Symphony™ are trademarks of Lotus Development Corporation.
 Copyright (c) 1984, Laboratory Technologies Corporation, Cambridge, MA

ANNEXE 2

Présentation physique de la carte
Schéma de raccordement de l'ensemble CAPTEUR - PANNEAU TERMINAL - CARTE D'ACQUISITION - ORDINATEUR
Fiche technique sur la résolution de la carte
Fiche technique sur la précision de la carte

ACPC-12



*Not drawn to scale

Resolution and Scan Time

Converter Bits	Resolution	Scan Rate One Channel	Scan Rate Multiple Channels*
low noise mode	0.024%	50 or 60Hz	50 or 60Hz
12 bits	0.024%	2500Hz	2500Hz
11 bits	0.05%	5000Hz	2000Hz
10 bits	0.1%	7500Hz	2500Hz
9 bits	0.2%	10000Hz	2400Hz

*Divide this rate by the number of channels to use. Scan time is the time to read data into memory including the time to switch channels and ranges.

Accuracy and Noise Rejection

Full Scale Range	Resolution At Full Scale	Absolute Accuracy: the larger of		CRR	NCRR	Internal Noise (Typ. RMS)†
		±% of range	±% of reading			
-5 to 50mV	12 ₁ N	.08%	-	>110dB	>70dB	2 ₁ μV
-25 to 25mV	12 ₁ N	.16%	-	>100dB	>70dB	2 ₁ μV
-50 to 500mV	120 ₁ N	.05%	.2%	>85dB	>70dB	10 ₁ μV
-250 to 250mV	120 ₁ N	.05%	.2%	>75dB	>70dB	10 ₁ μV
-1 to 10V	2.4mV	.05%	.2%	>60dB	>50dB	200 ₁ μV
-5 to 5V	2.4mV	.05%	.5%	>50dB	>70dB	200 ₁ μV
-2 to 2mA	.5 ₁ μA	.2%	.5%	>110dB	>70dB	.08 ₁ μA
-1 to 1mA	.5 ₁ μA	.2%	.5%	>100dB	>70dB	.08 ₁ μA
-2 to 20mA	.5 ₁ μA	.1%	.5%	>85dB	>70dB	.4 ₁ μA
-10 to 10mA	.5 ₁ μA	.1%	.5%	>75dB	>70dB	.4 ₁ μA
-50 to 50mA	100 ₁ μA	.1%	.5%	>50dB	>70dB	0 ₁ μA

Conditions: After automatic self calibration 15 V to 35 V at the interface board. Source resistance less than 1kΩ. Includes linearity, drift, offset and calibration errors. 12 bit resolution selected.

Conditions for Common Mode Rejection Ratio (CMRR): DC to 400Hz common mode input, ±7.5 Vdc channel to ground. The specification applies even when one or more non-measured channels connect the operating common mode range.

Conditions for Harmonic Rejection Ratio (HRR): 60 Hz or greater frequency, low noise mode (12 bit resolution, 10000 samples/channel over time)

†Low noise mode

ANNEXE 3

**Evolution de la résolution de la carte ACPC-12-16
en fonction du domaine de températures mesurées**

**Extraits du manuel de référence du logiciel LABTECH NOTEBOOK
Notions sur la définition d'un canal RTD**

Accuracy and resolution are shown for both 12-bit and 16-bit boards. Because of the Dynamic Resolution of the 12-bit boards, the resolution for 12-bits is shown as a range, it is best at the lowest temperatures. The low number applies at the low end of the temperature range, the high number at the high end, and an intermediate value in the middle of the range. Most software packages provide for two point calibrations of sensors to improve the accuracy over that shown below.

Current Set Resistor (Ohms)	RTD (Ohms)	Temperature Range (Degrees C)	Resolution (Degrees C) 12-bits	Resolution (Degrees C) 16-bits	Accuracy (Degrees C) 12-bits
10K	50	-200 to 115	0.02 to 0.1	0.005	0.9
20K	50	-200 to 325	0.04 to 0.2	0.01	1.2
20K	100	-200 to 115	0.02 to 0.1	0.005	0.9
50K	50	-200 to >850	0.1 to 0.5	0.03	2.1
50K	100	-200 to 750	0.05 to 0.2	0.01	1.4
50K	200	-200 to 115	0.02 to 0.1	0.005	1.0
100K	100	-200 to >850	0.1 to 0.5	0.02	2.1
100K	200	-200 to 750	0.05 to 0.2	0.01	1.4
100K	500	-200 to 115	0.02 to 0.1	0.005	0.9
200K	200	-200 to >850	0.1 to 0.5	0.03	2.1
200K	500	-200 to 325	0.04 to 0.2	0.01	1.2
200K	1000	-200 to 115	0.02 to 0.1	0.005	0.9
500K	500	-200 to >850	0.1 to 0.5	0.02	2.1
500K	1000	-200 to 750	0.05 to 0.2	0.01	1.4
1,000K	1000	-200 to >850	0.1 to 0.5	0.02	2.1

```

Block Type: 9          block type          ** RTD_CH **
RTD_CH      int          board number
(Temperature) int          TEMP block number
int          TEMP block subtype  ** TC=0, RTD=1, ICTD=2 **
int          RTD type           ** DIN285, CU10, etc... **
int          temperature units  ** DEG_C, DEG_F, DEG_K, ... **

----- USER DEFINED RTD PARAMETERS -----
float        rho              ** DUMMY except for USER_DEF **
float        alpha            ** DUMMY except for USER_DEF **
float        delta            ** DUMMY except for USER_DEF **
float        C4               ** DUMMY except for USER_DEF **

int          range            ** selects LO, HI **
int          gain coe         ** DUMMY **
float        offset           ** applied to TEMP data **
float        scale            ** applied to TEMP data **
long         iterations
long         buffer size
int          stages

----- ITER stages -----
See AD block
----- end ITER -----

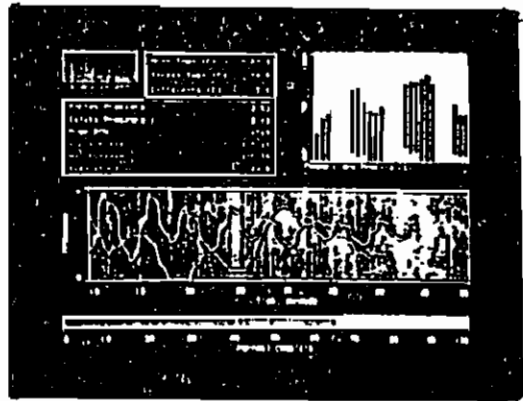
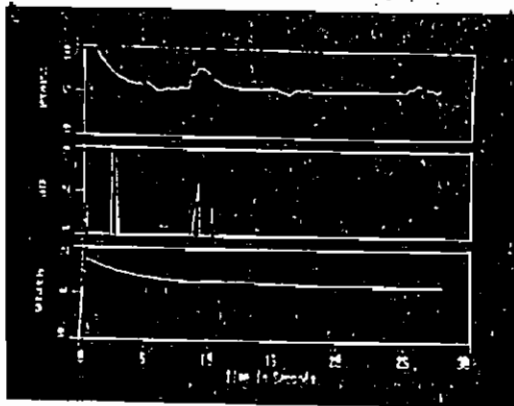
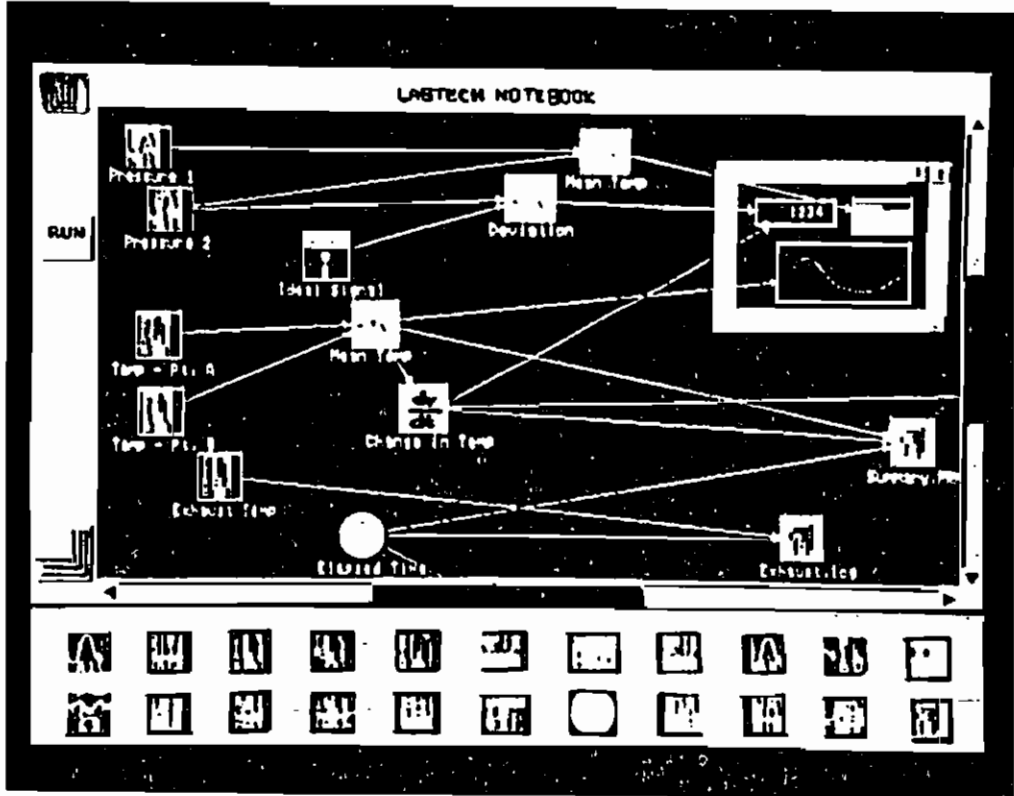
```

ANNEXE 4

*** Présentation de l'écran icônographique du logiciel Labtech Notebook avec mise en évidence des icônes**

*** Exemple d'évolution, en temps réel, de variables en fonction du temps**

*** Autres exemples d'évolution, en temps réel, de variables en fonction du temps**



ANNEXE 5

Les types de représentations de Labtech Notebook

<p>* Représentation d'une variable Y en fonction du temps.</p>	<p>* Représentation de l'évolution d'une d'une variable Y en fonction d'une autre variable X.</p>
<p>* Exemple de représentation simultanée de valeurs de 3 variables sous forme de barres horizontales.</p>	<p>* Exemple de représentation simultanée de valeurs de 3 variables sous forme de barres verticales.</p>
<p>* Exemple de représentation simultanée des valeurs de 3 variables sous forme numérique.</p>	

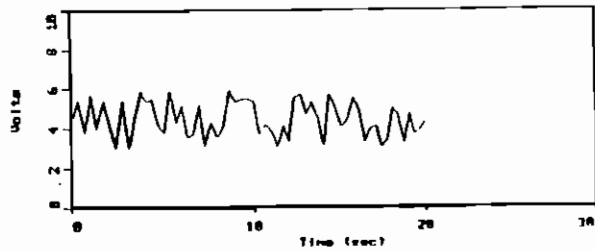


Figure T vs. Y trace

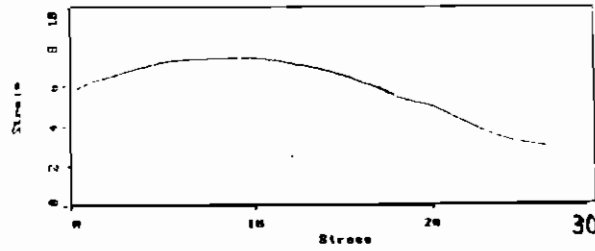


Figure X vs. Y trace

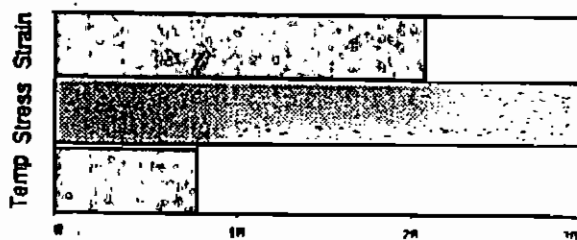


Figure Horizontal Bar Trace

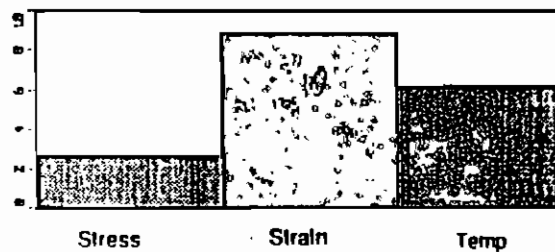


Figure Vertical Trace

Temp	2.949
Stress	9.667
Strain	5.391

Figure Digital Meter Window

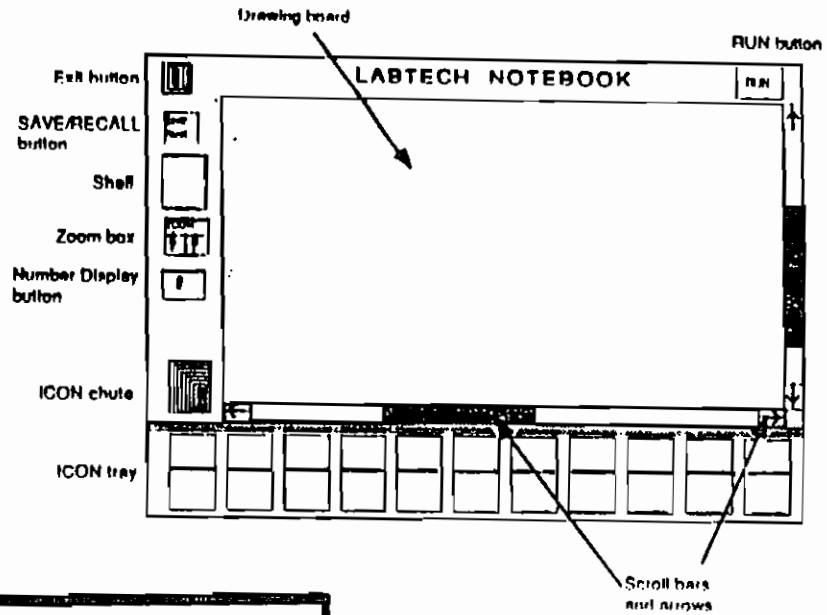
ANNEXE 6

* Présentation des différentes parties de l'écran du logiciel
LABTECH NOTEBOOK.

* Exemples d'icônes de
LABTECH NOTEBOOK

* Exemple de brachement d'icônes
dans LABTECH NOTEBOOK

* Exemples d'icônes de
LABTECH NOTEBOOK

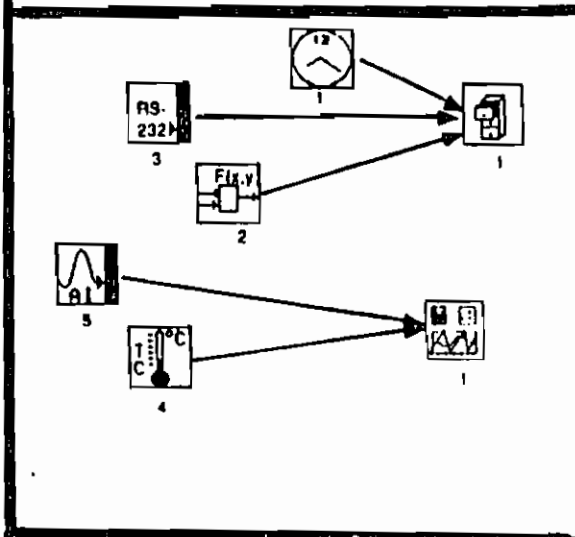


Input Block Icons

- | | | | |
|--|---------------|--|--------------|
| | Analog Input | | Thermistor |
| | Digital Input | | Strain |
| | RS-232 Input | | Counter |
| | Resistance | | Thermocouple |
| | Frequency | | RTD |
| | GPIB Input | | |

Output Block Icons

- | | | | | | |
|--|---------------------------|--|----------------------------|--|---------------------|
| | Open-loop Analog Output | | Open-loop Digital Output | | Echo Digital Output |
| | Closed-loop Analog Output | | Closed-loop Digital Output | | Echo Analog Output |
| | Pulse Output | | GPIB Output | | |
- Other Block Types**
- | | | | | | |
|--|------|--|--------|--|------------|
| | Time | | Replay | | Calculated |
|--|------|--|--------|--|------------|



- Data Storage (FILES)
- Data Display (SCREENS, TRACES, and ADJUST)

ANNEXE 7

Exemples de fonctions exécutées

par LABTECH NOTEBOOK

$x+y$ $x+y$

$x-y$ $x-y$

$x \cdot y$ $x \cdot y$

x/y x/y

x^2 x^2

\sqrt{x} \sqrt{x}

x x

$1/x$ $1/x$

1 1

$|x|$ $ABS(x)$

x^r x^r

$\cos^{-1}(x)$ $\arccos(x)$

$\tan^{-1}(x)$ $\arctan(x)$

$\frac{dx}{dt}$ dx/dt

$\int x dx$ Integral

$\min(x,y)$ $\min(x,y)$

$\lim(x)$ $\text{limit}(x)$

$\max(x,y)$ $\max(x,y)$

$\overline{\lim}(x)$ $\text{ulimit}(x)$

$\pm(x)$ $\text{sign}(x)$

\neg $\text{NOT}(x)$

OR $\text{OR}(x < y)$

σ **block** $\text{Block } \sigma$

σ **moving** $\text{Moving } \sigma$

FFT(x) $\text{FFT}(x)$

FILTER $\text{FILTER}(x)$

ax^b $\text{POLY}(x)$

CAL $\text{CAL}(x)$

CAL.E $\text{CAL.E}(x)$

BCD $\text{BCD}(x)$

BCD $\text{BCD}(x)$

TCPL $\text{TCPL}(x,y)$

mod(x) $\text{MOD}(x)$

log(x) $\text{LOG}_{10}(x)$

ln(x) $\text{LN}(x)$

e^x $\text{EXP}(x)$

\sum_n^m $\text{SUM}(x,y)$

sin(x) $\text{sin}(x)$

cos(x) $\text{cos}(x)$

tan(x) $\text{tan}(x)$

sin⁻¹(x) $\text{arcsin}(x)$

BIT $\text{GETBIT}(x)$

XOR $\text{XOR}(x,y)$

AND $\text{AND}(x,y)$

Least Least

Greatest Greatest

\bar{x} Average

σ **block** Block Av

σ **moving** Moving Av

σ $\text{Std Dev } - \sigma$

X.. $\text{LAG}(x)$

123
456 Counter

RAND Random

FIAND N.Random

RNG Moving Rg

OFF
all OFF ALL

OFF
n..m $\text{OFF}(x..y)$

ON
n..m $\text{ON}(x..y)$

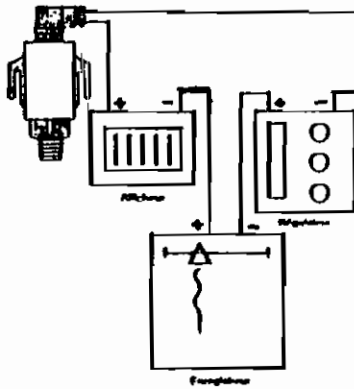
ANNEXE 8

* Schéma de raccordement électrique de capteurs
RTD (Sonde à résistance)

* Schéma de raccordement électrique de capteurs en fonction
de la distance entre le capteur et l'ordinateur

SCHÉMAS DE RACCORDEMENT ÉLECTRIQUE

A) Montage en boucle de courant 4-20mA

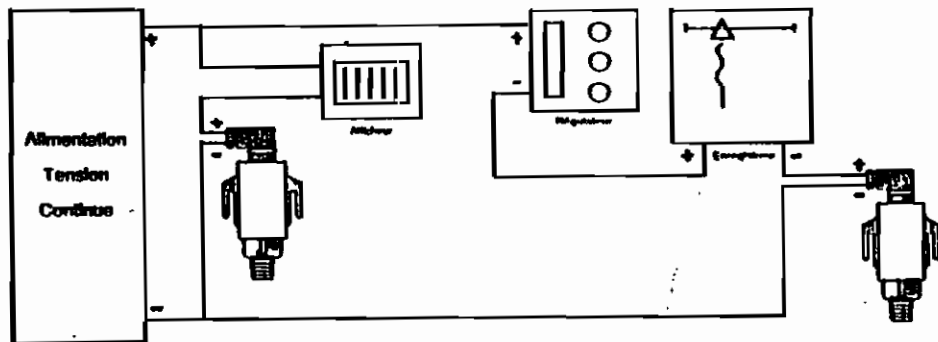


Impédance de charge maximale du circuit extérieur

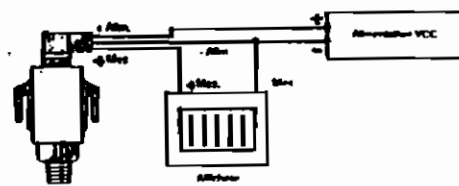
$$R_{Cmax} = \frac{V_{alim} - V_{min}}{I_{max}}$$

Exemple : tension d'alimentation minimum autorisée $V_{min} = 9V$, signal de sortie à 20 mA donc $I_{max} = 20\text{ mA} = 0,02\text{ A}$, alimentation du circuit de mesure $V_{alim} = 24V$, Résistance maximum autorisée : $R_C \leq \frac{24-9}{0,02} = 750\Omega$

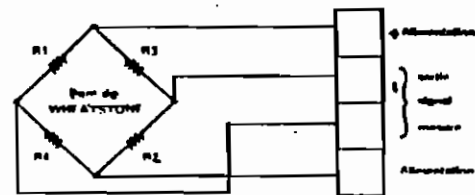
B) Montage en boucle de courant de plusieurs transmetteurs à alimentation commune



C) Branchement avec signal de sortie en tension - haut niveau (1.5 V, 0-10 V)



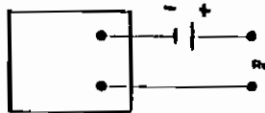
D) Branchement avec capteur signal bas niveau en mV.



DISTANCES DE TRANSMISSION (en fonction du type de transmetteur)

Capteur - Transmetteur

Sortie Courant



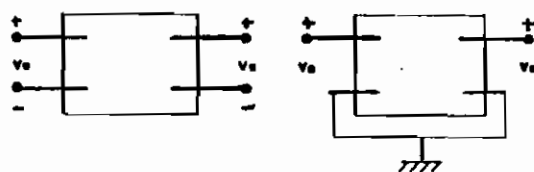
$I : \begin{cases} 0 - 10\text{ mA} \\ 0 - 20\text{ mA} \\ 4 - 20\text{ mA} \end{cases}$

Distance autorisée pour le transport du signal de sortie :

quelques kilomètres

Capteur - Transmetteur

Sortie Tension



4 fils
 $V_s : \begin{cases} 0 - 5\text{ V} \\ 0 - 10\text{ V} \\ 1 - 5\text{ V} \end{cases}$

3 fils
 $V_s : \begin{cases} 0 - 5\text{ V} \\ 0 - 10\text{ V} \\ 1 - 5\text{ V} \end{cases}$

Distance maximale à ne pas dépasser pour le transport du signal de sortie :

quelques dizaines de mètres

ANNEXE 9

DONNEES TECHNIQUES SUR LA SONDE A PLATINE

- SONDES A RESISTANCE CHEMISEES
- VALEURS DE BASE SUIVANT 43 760
- TOLERANCES D'INTERCHANGEABILITE DES SONDES
A RESISTANCE
- TOLERANCES DES RESISTANCES DE MESURE
EN PLATINE SUIVANT DIN IEC

Valeurs de base suivant 43 760
en ohm pour sondes à résistance graduées de 1 en 1°C

°C	-60	-50	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
-60	69,5																
-50	74,8	73,8	73,3	72,8	72,3	71,9	71,4	70,9	70,5	70,0							
-40	79,1	78,6	78,1	77,7	77,2	76,7	76,2	75,7	75,2	74,7							
-30	84,2	83,6	83,1	82,6	82,1	81,6	81,1	80,6	80,1	79,6							
-20	89,3	88,6	88,3	87,7	87,2	86,7	86,2	85,7	85,2	84,7							
-10	94,5	94,1	93,9	93,6	93,0	92,5	91,9	91,4	90,9	90,3							
0	100,0	99,5	98,9	98,4	97,8	97,3	96,7	96,2	95,7	95,1							
10		100,6	101,1	101,7	102,2	102,8	103,3	103,9	104,4	105,0							
20		106,6	106,7	107,2	107,8	108,4	109,0	109,5	110,1	110,7							
30		111,2	111,8	112,4	113,0	113,6	114,1	114,7	115,3	115,8							
40		117,1	117,7	118,2	118,8	119,4	120,0	120,6	121,2	121,8							
50		123,0	123,5	124,2	124,8	125,4	126,0	126,7	127,3	127,9							
60		129,1	129,7	130,3	131,0	131,6	132,2	132,8	133,5	134,1							
70		135,3	135,8	136,6	137,2	137,9	138,6	139,2	139,8	140,4							
80		141,7	142,4	143,0	143,7	144,3	145,0	145,8	146,3	146,9							
90		148,3	148,9	149,6	150,2	150,9	151,6	152,2	152,9	153,6							
100		154,9	155,6	156,3	157,0	157,7	158,3	159,0	159,7	160,4							
110		161,5	162,2	162,9	163,6	164,3	165,0	165,7	166,4	167,1							
120		168,9	169,5	170,2	170,9	171,6	172,4	173,1	173,8	174,5							
130		176,7	177,4	178,2	178,9	179,6	180,4	181,1	181,9	182,6							
140		183,3	184,1	184,8	185,6	186,3	187,1	187,9	188,6	189,4							
150		191,7	192,4	193,2	194,0	194,8	195,5	196,3	197,1	197,9							
160		199,7	200,2	201,0	201,6	202,6	203,4	204,2	205,0	205,8							
170		207,4	208,2	209,1	209,9	210,7	211,5	212,3	213,2	214,0							
180		214,8	215,6	216,5	217,3	218,1	219,0	219,8	220,7	221,5							

Tolérances d'interchangeabilité des sondes à résistance

Val. de base	Pt 100 (DIN IEC 751)						Ni 100 (DIN 43 760)		
	Classe A		Ecart admissible				Classe B		Ecart admissible
Ω	Ω	°C	Ω	°C	Ω	°C	Ω	Ω	°C
100	± 0,24	± 0,55	± 0,32	± 0,8	± 0,3	± 0,8	69,5	± 1,0	± 2,1
0	± 0,08	± 0,15	± 0,12	± 0,3	± 0,3	± 0,8	100,0	± 0,2	± 0,4
180	± 0,15	± 0,36	± 0,30	± 0,8	± 0,8	± 0,8	161,8	± 0,8	± 1,1
300	± 0,20	± 0,65	± 0,46	± 1,3	± 1,3	± 1,3	232,2	± 1,3	± 1,7
500	± 0,27	± 0,75	± 0,64	± 1,8	± 1,8	± 1,8	-	-	-
800	± 0,38	± 1,15	± 0,79	± 2,3	± 2,3	± 2,3	-	-	-
650	± 0,43	± 1,35	± 1,06	± 3,3	± 3,3	± 3,3	-	-	-
800	± 0,48	± 1,45	± 1,13	± 3,6	± 3,6	± 3,6	-	-	-
800	-	-	± 1,17	± 3,8	± 3,8	± 3,8	-	-	-
800	-	-	± 1,28	± 4,3	± 4,3	± 4,3	-	-	-
800	-	-	± 1,34	± 4,8	± 4,8	± 4,8	-	-	-

Calcul des valeurs de base:
 Pour Pt 100 dans le plage de température de 0 à 850°C:
 $R_t = 100 (1 + 3,90802 \cdot 10^{-3} \cdot t - 0,580195 \cdot 10^{-6} \cdot t^2)$
 Pour Pt 100 dans le plage de température de -200 à 0°C:
 $R_t = 100 (1 - 3,90802 \cdot 10^{-3} \cdot t - 0,580195 \cdot 10^{-6} \cdot t^2 - 4,27350 \cdot 10^{-12} \cdot (t - 100) \cdot t^3)$
 Pour Ni 100 dans le plage de température de -60 à 180°C:
 $R_t = 100 + 0,5485 \cdot t + 0,665 \cdot 10^{-3} \cdot t^2 + 2,805 \cdot 10^{-6} \cdot t^3$

R_t = résistance en Ω à la température t
 t = température en °C

Définition des tolérances pour résistance de mesure Pt 100 et Ni 100

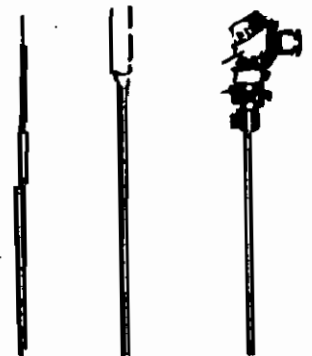
Pour Pt 100:
 Ecart admissible en °C = ± [0,15 + 0,002 | t |] pour classe A
 Ecart admissible en °C = ± [0,3 + 0,005 | t |] pour classe B
 (t) = valeur de la température

Pour Ni 100:
 Ecart admissible en °C = ± [0,4 + 0,007 | t |] pour 0 à 180°C
 Ecart admissible en °C = ± [0,4 + 0,028 | t |] pour -60 à 0°C

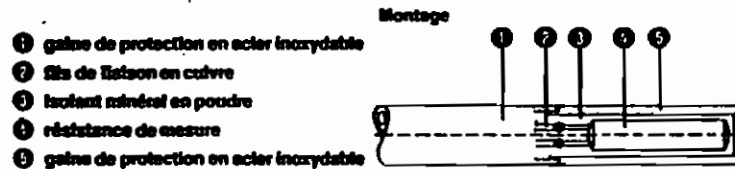
Sondes à résistance chemisées Pt 100 (Pt 500, Pt 1000) suivant DIN IEC 751

Description

Les sondes à résistance chemisées sont surtout utilisées dans l'industrie chimique, les centrales électriques, la construction de moteurs, sur bancs d'essai et dans des tuyauteries ainsi que dans tous les endroits où la prise de mesure s'avère difficile. Dans la gaine flexible à paroi mince en acier inoxydable, les fils de liaison sont insérés dans un isolant minéral en poudre très fortement comprimé. La résistance de mesure en technique 2, 3 ou 4 fils reliée aux fils conducteurs est placée dans une gaine de protection en acier inoxydable. La gaine de protection et le câble chemisé sont soudés ensemble. La bonne conductivité thermique entre la gaine de protection et la résistance de mesure permet d'obtenir des temps de réponse courts ($t_{0,95}$ à partir de 1,2 s) ainsi qu'une haute précision. Un montage antivibratoire garantit une longue durée de vie. Grâce à la flexibilité de la gaine, il est possible de mesurer la température à des endroits inaccessibles jusqu'à présent. Les sondes à résistance chemisées, isolées sous un minéral, résistent remarquablement bien aux vibrations, puisqu'elles sont flexibles et de ce fait n'entrent pas en résonance. Elles peuvent être fabriquées dans toutes les longueurs et peuvent être livrées enroulées.



Sondes à résistance chemisées
Pt 100 (Pt 500, Pt 1000)
suivant DIN IEC 751



Sondes à résistance chemisées Pt 100 (Pt 500, Pt 1000)

Description	Température d'utilisation max. en °C	Dimensions en mm		1 x Pt 100	2 x Pt 100	2 fils	3 fils	Type	Exécution
		∅	L						
Sonde à résistance chemisée avec fils de raccordement nus Gaine en acier inox. AISI 321	600	3	—	x		x		90 295 F01	
				x			x	90 295 F02 d	
	500	3	—		x	x		90 295 F03	
				x			x	90 295 F06 d	
	600	6	—	x		x		90 295 F05	
					x	x		90 295 F07	
Sonde à résistance chemisée munie d'un manchon. Fils de raccordement nus Gaine en acier inox. AISI 321	600	3	6	x		x		90 295 F20	
				x			x	90 295 F21 d	
	500	3	6		x	x		90 295 F22	
				x			x	90 295 F25 d	
	600	6	8	x		x		90 295 F24	
					x	x		90 295 F26	
Élément de mesure interchangeable suivant DIN 43 762 avec plaque de fixation et socle en céramique, adaptés à la tête de raccordement forme B suivant DIN 43 729 Gaine en acier inox. AISI 321	600	3	—	x		x		90 295 F30	
				x			x	90 295 F31 d	
	500	3	—		x	x		90 295 F32	
				x			x	90 295 F35 d	
	600	6	—	x		x		90 295 F34	
					x	x		90 295 F36	

Tolérances des résistances de mesure en platine selon DIN IEC

Des variations dues à la fabrication font que les résistances de mesure réalisées présentent des valeurs différentes. Il est donc nécessaire de contrôler à 100% toutes les résistances de mesure en vue de vérifier leurs valeurs électriques.

La résistance de mesure en platine est basée sur la norme DIN IEC 751, qui définit le tracé de la caractéristique (relation entre la température mesurée et la résistance) et la plage de variation (tolérance) de la résistance électrique en fonction de la température mesurée. Deux classes de tolérances sont définies par la norme: la classe A et la classe B.

En raison des exigences croissantes en matière de précision, il est nécessaire aujourd'hui de disposer de résistances de mesure, dont les valeurs de résistance à différentes températures sont soumises à de plus petites variations. Il en résulte que des accords, comprenant une sélection spéciale de résistance de mesure, sont passés avec les clients.

Néanmoins il n'est pas possible de réduire à volonté les plages des classes de tolérance, car la mesure de sélection de la résistance est également soumise à certaines variations. A titre d'exemples, nous citerons la variation de température des bains thermostatiques, qui maintiennent les résistances à température pendant la mesure, et le défaut de précision de l'appareil de mesure.

Pour éviter les confusions, JUMO a créé une classification, qui englobe les classes de la norme DIN IEC 751 et des classes spéciales.

Dorénavant cette classification des tolérances servira de base aux accords passés avec les clients.

Les classes de tolérances sont regroupées dans le tableau ci-dessous.

Les diagrammes représentent les différentes classes de tolérances pour les températures mesurées 0 °C et 80 °C

DIN, classe A DIN, classe B
1/3 DIN, classe B 2 DIN, classe B
1/2 DIN, classe B 5 DIN, classe B

Pour les résistances de mesure fabriquées, la classe A et les tolérances plus serrées peuvent seulement être appliquées jusqu'à la température maximale du thermomètre ou jusqu'à max. 850 °C.

Cette régulation est également valable pour les tolérances 1/3 DIN et 1/2 DIN.

Pour les thermomètres, dont les câbles de raccordement ont seulement deux fils, seules la classe B et les classes de tolérances élargies sont tolérées.

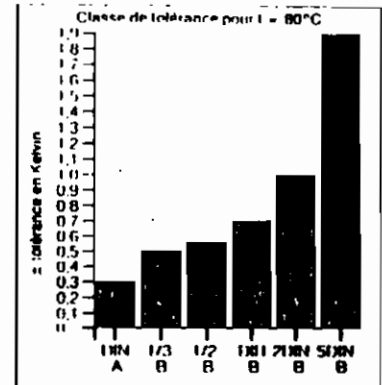
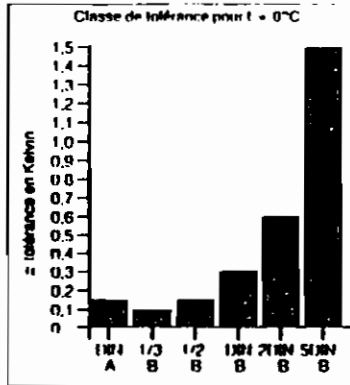


Tableau des tolérances

Désignation	Tolérance $\Delta T/K$ (Temp. l en °C)	Tolérances pour t = 0 °C			
		ΔT °C	R(Ω) Pt 100	R(Ω) Pt 500	R(Ω) Pt 1000
DIN Classe A (DIN IEC 751)	$0,15 + 0,002 \cdot |t|^{11}$	± 0,15	99,941 à 100,059	499,707 à 500,293	999,414 à 1000,586
1/3 DIN Classe B (JUMO)	$0,10 + 0,005 \cdot |t|^{11}$	± 0,10	99,961 à 100,039	499,805 à 500,195	999,609 à 1000,391
1/2 DIN Classe B (JUMO)	$0,15 + 0,005 \cdot |t|^{11}$	± 0,15	99,941 à 100,059	499,707 à 500,293	999,414 à 1000,586
DIN Classe B (DIN IEC 751)	$0,30 + 0,005 \cdot |t|^{11}$	± 0,30	99,883 à 100,117	499,414 à 500,586	998,829 à 1001,172
2 DIN Classe B (JUMO)	$0,60 + 0,005 \cdot |t|^{11}$	± 0,60	99,785 à 100,234	498,827 à 501,172	997,655 à 1002,345
5 DIN Classe B (JUMO)	$1,5 + 0,005 \cdot |t|^{11}$	± 1,5	99,414 à 100,586	497,068 à 502,930	994,137 à 1005,861
Désignation	Tolérance $\Delta T/K$ (Temp. l en °C)	Tolérances pour t = + 80 °C			
		ΔT °C	R(Ω) Pt 100	R(Ω) Pt 500	R(Ω) Pt 1000
DIN Classe A (DIN IEC 751)	$0,15 + 0,002 \cdot |t|^{11}$	± 0,31	130,775 à 131,011	653,873 à 655,055	1307,748 à 1310,111
1/3 DIN Classe B (JUMO)	$0,10 + 0,005 \cdot |t|^{11}$	± 0,50	130,702 à 131,084	653,510 à 655,418	1307,021 à 1310,838
1/2 DIN Classe B (JUMO)	$0,15 + 0,005 \cdot |t|^{11}$	± 0,55	130,683 à 131,103	653,415 à 655,513	1306,830 à 1311,026
DIN Classe B (DIN IEC 751)	$0,30 + 0,005 \cdot |t|^{11}$	± 0,70	130,626 à 131,160	653,129 à 655,799	1306,257 à 1311,599
2 DIN Classe B (JUMO)	$0,60 + 0,005 \cdot |t|^{11}$	± 1,0	130,511 à 131,274	652,556 à 656,371	1305,113 à 1312,743
5 DIN Classe B (JUMO)	$1,5 + 0,005 \cdot |t|^{11}$	± 1,9	130,168 à 131,618	650,839 à 658,088	1301,677 à 1316,175

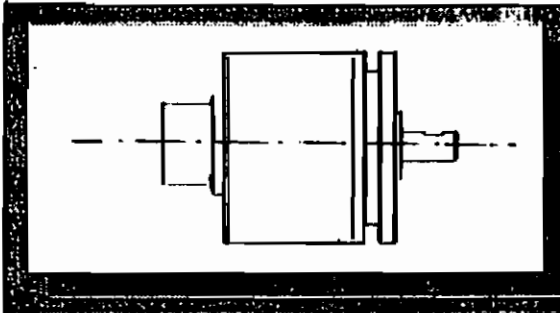
¹¹|t| représente la valeur en chiffre de la température sans tenir compte du signe (+ ou -)

ANNEXE 10

FICHE TECHNIQUE DU CAPTEUR DE VITESSE

ANGULAIRE LEINE & LINDE

Incremental encoder with marker pulse



Resolution up to 1000 ppr
 Supply voltage 5V to 24V
 Output signals
 Output and input protected

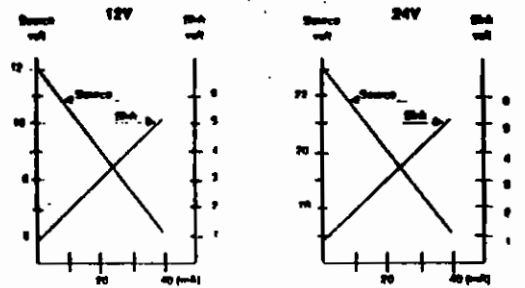
ELECTRICAL SPECIFICATION

Nominal supply voltage	5V	12 to 24 V	
Permissible variation	+5%	11.5 - 30 V	
Current consumption at no load typ. (max.)	130 (180) mA	80 (70) mA	
Max. load	Sink	40 mA	
	Source	40 mA	
Output circuit	Line driver	BC846	
		SN 75114	BCX71J
Output level at max. load	U_{low}	$\leq 0.45 V$	See figure for OUTPUT LEVEL
	U_{high}	$\geq 2.4 V$	
Max. frequency	min.	200 kHz	100 kHz
Optoelectronics	Light emitting diodes and photodiodes		
Temperature range	Operating	0°C to +60°C	
	Storage	-25°C to +70°C	
Output signals	1, 2, 0, 0		
Cable length	1.5 m shielded (2x 0.34 mm ² + 6x 0.22mm ²)		
Case-mounted connector	MS 3102E-18-1P		
Suitable mating connector	Straight	MS 3106E-18-1S	
	Angled	MS 3108E-18-1S	

CONNECTIONS AND COLOUR CODES

Function	Pin	Colour
Signal 1	A	Green
Signal 1	B	White
Signal 2	C	Black
Signal 2	D	Yellow
+E Volt	E	Red
0 Volt	F	Blue
Signal 0	G	Brown
Signal 0	H	Violet

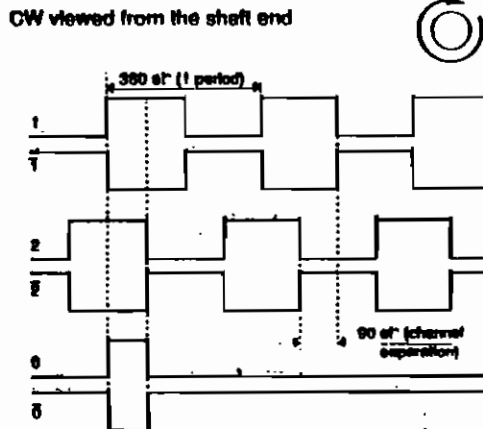
OUTPUT LEVEL



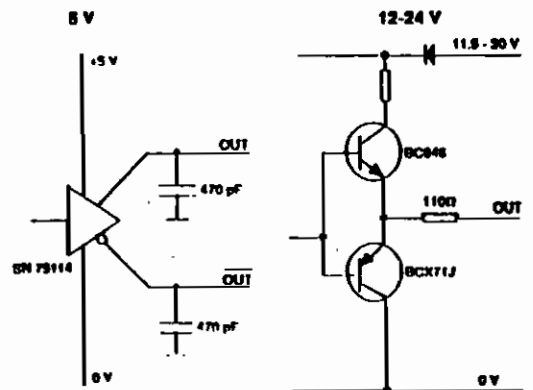
ACCURACY at 20°C

Max dividing error = ± 50 electrical degrees
 Channel separation = 90 ± 25 electrical degrees.

SIGNAL SEQUENCE



OUTPUT CIRCUIT



ANNEXE 11

DOCUMENT TECHNIQUE

SUR LA LOCOMOTIVE

1.3- CARACTERISTIQUES DE TRACTION

- Nombre de moteurs Diesel	1
- Type du moteur Diesel.....	MGO V 16 BZSHR
- Constructeur du moteur Diesel	SACM MULHOUSE FRANCE
- Puissance nominale UIC du Diesel à 1 500 tr/mn..	(1600 ch) 1176 kW
- Puissance de la locomotive sur le réseau	(1400 ch) 1029 kW
- Type de la transmission	Electrique
- Type du générateur auxiliaire	Statodyne BGG 21 AS
- Type des moteurs de traction	TA 669 D
- Type de la batterie	S.A.F.T. KPM 210
- Tension de la batterie	72 Volts
- Type de freinage	Vide commandant l'air comprimé

1.4- CARACTERISTIQUES DES MACHINES TOURNANTES (en régime continu)

	<u>Moteur TA 669</u>	<u>GP 849 A</u>
- Tension	640 V	640 V
- Courant	345 A	1 380 A
- Vitesse	560 tr/mn	1 500 tr/mn
- Puissance	192 kW	883 kW

1.5- PERFORMANCES

- Vitesse maximale	85 km/h
- Vitesse au régime continu (plein champ)	20,4 km/h
- Effort au démarrage à la jante, roue mi-usée ...	21 200 kg
- Effort au régime continu, à la jante, roue mi-usée	12 500 kg
- Courbe effort-vitesse annexée au marché	TR 5 635 713

ANNEXE 12

SCHEMA DES CIRCUITS

THERMIQUES DE L'EAU AU

NIVEAU DE LA LOCOMOTIVE

ANNEXE 13

DONNEES TECHNIQUES SUR

LE CAPTEUR DE PRESSION

Technologie "TRANSBAR"™

- Sécurité intrinsèque EExia II C T6 (ou T5)
- Certificat de conformité LCIE n° 89.C.6088 X
- Réglages de zéro et d'E.M.
- Alimentation 9 à 28 Vcc
- Protection contre inversions de polarité et surtensions
- De 0,5 à 400 bar
- IP 66
- Stabilité à long terme
- Boîtier de fonderie moulé peinture époxy

Description

Destinés aux applications industrielles en environnement sévère, les transmetteurs modulaires de la série TB 660 se caractérisent par : un boîtier robuste et des options telles que le réglage de l'étendue de mesure et la protection EMI-RFI.



Caractéristiques Mécaniques et Électriques (20°C)

Modèles	TB 663	TB 664
Signal de sortie	4 - 20 mA (2 fils)	1 - 5 V (3 fils)
Tension d'alimentation	9 à 28 Vcc	
Impédance de sortie	—	≤ 10 Ω
Impédance de charge	Voir diagramme	≥ 10 kΩ
Consommation maximale	—	4 mA
Erreur globale* (non linéarité, hystérésis et répétabilité)	≤ 0,2 % de l'étendue de mesure nominale	
Température de stockage	- 40°C à + 85°C	
Température d'utilisation ambiante	- 25°C à + 70°C	
Température du fluide	- 25°C à + 100°C	
Variation thermique ou zéro	≤ 1 % de l'E.M. (de - 10°C à + 55°C)	
Variation thermique de sensibilité	≤ ± 0,02 %/°C	
Matériaux en contact avec le fluide	Alumine + joint viton + acier inox Z2 CND 17-12	
Indice de protection	IP 66	
Poids	650 g	

*Ecart par rapport à la meilleure droite, 0,5 % E.M. pour 0,5 bar A et 400 bar A

Réglages

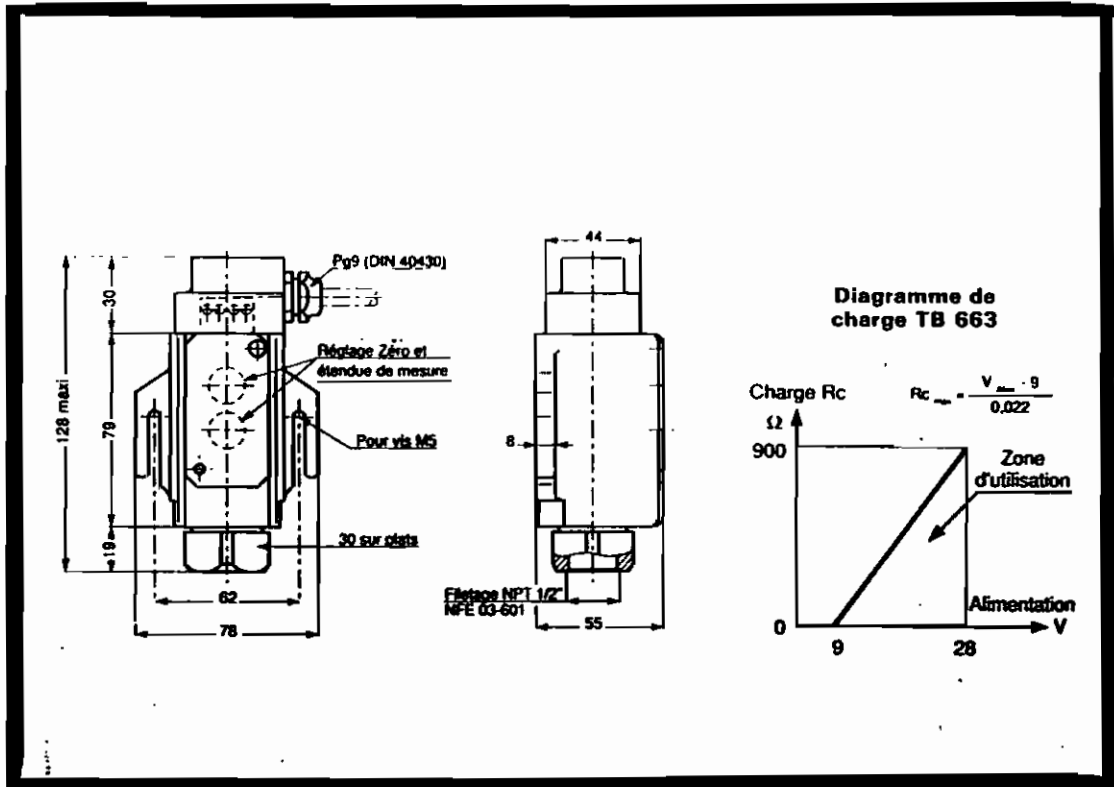
- Réglage zéro : ± 20 % de l'étendue de mesure nominale
- Réglage étendue de mesure : ± 50 % de l'étendue de mesure nominale sauf ± 20 % de l'E.M. pour TB 663 en 0,5 bar et 400 bar TB 664

Table de sélection en bar

Etendue de mesure nominale	0,5	1	2	5	10	20	50	100	200**	400**
Pression max. admissible	1	2	4	10	20	40	100	200	350	500
Pression d'éclatement	2	4	8	20	40	80	200	400	450	600

** Versions pressions absolues uniquement

Dimensions



Désignation

	TB	66	X	X	X	X	X	- (X)
Signal de sortie								
			3 : Transmetteur 4-20 mA, 2 fils	4 : Transmetteur 1-5 Vcc, 3 fils				
Réglages			1 : Réglage zéro	2 : Réglage zéro + étendue de mesure				
Raccordement hydraulique			A40 : 1/2" NPT lemelle acier inox 316L					
Etendue de mesure			0.5 - 1 - 2 - 5 - 10 - 20 - 50 - 100 - 200 - 400 bar					
Pression			A : Absolue	R : Relative (sauf en 200 et 400 bar)				
Options			JN : Joint Néoprène	JEP : Joint Ethylène-Propylène	JSF : Joint Silicone Fluoré			
			Protection EMI-RFI suivant IEC 801-3 uniquement sur TB 663 en S.I. bande 27 à 500 MHz - champs 10 V/m.					

BOURDON SEDEME

Le matériel défini par cette documentation est susceptible de modifications sans préavis compte tenu des progrès techniques de nos fabrications.

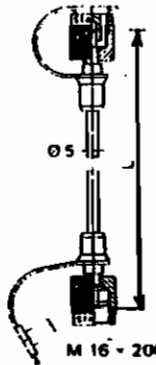
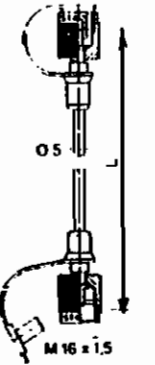
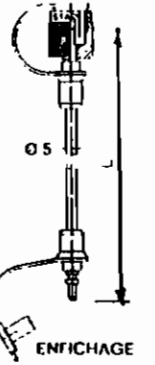
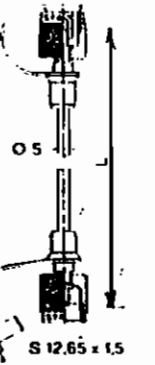
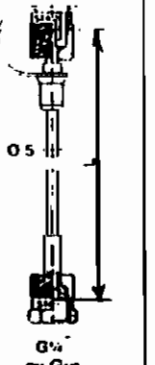
1, rue de Terre Neuve B.P. 357
91959 Les Ulis Cédex France
Tél. : (1) 69.29.19.00
Télex. : 681 636 F
Téléfax : (1) 69.07.22.08

ANNEXE 14

DONNEES TECHNIQUES SUR

LA PRISE DE PRESSION

Capillaires type SMS

<p>Capillaires :</p> <p>Diamètre nominal 2 mm</p> <p>Rayon de courbure mini : 20 mm</p> <p>Coefficient d'utilisation de pression en fonction de la température d'emploi</p> <p>0°C 122 % à 30°C 110 % à 50°C 100 % à 80°C 88 % à 100°C 77 %</p> <p>Matériau : Polyamide PA 11 (couleur noir)</p> <p>Utilisation jusqu'à 100°C</p> <p>Pression d'éclatement : 1900 bar</p> <p>- Insensible aux U.V.</p>	<p>Stauff-test 20/20</p>  <p>STAUFF-TEST 20 16 x 200</p> <p>M 16 x 200</p> <p>STAUFF-TEST 20</p>	<p>Stauff Test 20/15</p>  <p>STAUFF-TEST 20 16 x 200</p> <p>M 16 x 15</p> <p>STAUFF-TEST 15</p>	<p>Stauff Test 20/10</p>  <p>STAUFF-TEST 20 16 x 200</p> <p>ENFICHAGE</p> <p>STAUFF-TEST 10</p>	<p>Stauff Test 20/12</p>  <p>STAUFF-TEST 20 16 x 200</p> <p>S 12.65 x 15</p> <p>STAUFF-TEST 12</p>	<p>Stauff Test 20/M</p>  <p>STAUFF-TEST 20 16 x 200</p> <p>G 1/2 ou G 1/4</p> <p>RACCORDEMENT DIRECT MANOMÈTRE</p>
	<p>200</p> <p>400</p> <p>630</p> <p>800</p> <p>1000</p> <p>1500</p> <p>2000</p> <p>2500</p> <p>3200</p> <p>4000</p>	<p>SMS 20 - 200 A</p> <p>SMS 20 - 400 A</p> <p>SMS 20 - 630 A</p> <p>SMS 20 - 800 A</p> <p>SMS 20 - 1000 A</p> <p>SMS 20 - 1500 A</p> <p>SMS 20 - 2000 A</p> <p>SMS 20 - 2500 A</p> <p>SMS 20 - 3200 A</p> <p>SMS 20 - 4000 A</p>	<p>SMS 20/15 - 200 A</p> <p>SMS 20/15 - 400 A</p> <p>SMS 20/15 - 630 A</p> <p>SMS 20/15 - 800 A</p> <p>SMS 20/15 - 1000 A</p> <p>SMS 20/15 - 1500 A</p> <p>SMS 20/15 - 2000 A</p> <p>SMS 20/15 - 2500 A</p> <p>SMS 20/15 - 3200 A</p> <p>SMS 20/15 - 4000 A</p>	<p>SMS 20/10 - 200 A</p> <p>SMS 20/10 - 400 A</p> <p>SMS 20/10 - 630 A</p> <p>SMS 20/10 - 800 A</p> <p>SMS 20/10 - 1000 A</p> <p>SMS 20/10 - 1500 A</p> <p>SMS 20/10 - 2000 A</p> <p>SMS 20/10 - 2500 A</p> <p>SMS 20/10 - 3200 A</p> <p>SMS 20/10 - 4000 A</p>	<p>SMS 20/12 - 200 A</p> <p>SMS 20/12 - 400 A</p> <p>SMS 20/12 - 630 A</p> <p>SMS 20/12 - 800 A</p> <p>SMS 20/12 - 1000 A</p> <p>SMS 20/12 - 1500 A</p> <p>SMS 20/12 - 2000 A</p> <p>SMS 20/12 - 2500 A</p> <p>SMS 20/12 - 3500 A</p> <p>SMS 20/12 - 4000 A</p>	SMS 20/M - 200 A SMS 20/M - 400 A SMS 20/M - 630 A SMS 20/M - 800 A SMS 20/M - 1000 A SMS 20/M - 1500 A SMS 20/M - 2000 A SMS 20/M - 2500 A SMS 20/M - 3200 A SMS 20/M - 4000 A

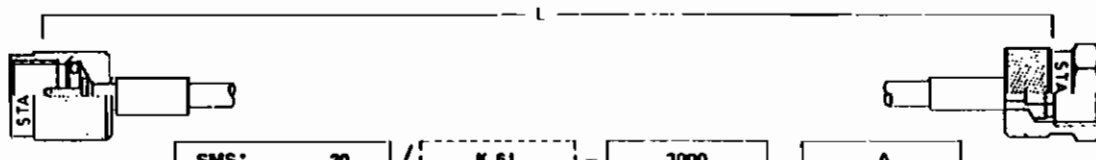
200	SMS 20 - 200 A	SMS 20/15 - 200 A	SMS 20/10 - 200 A	SMS 20/12 - 200 A	SMS 20/M - 200 A
400	SMS 20 - 400 A	SMS 20/15 - 400 A	SMS 20/10 - 400 A	SMS 20/12 - 400 A	SMS 20/M - 400 A
630	SMS 20 - 630 A	SMS 20/15 - 630 A	SMS 20/10 - 630 A	SMS 20/12 - 630 A	SMS 20/M - 630 A
800	SMS 20 - 800 A	SMS 20/15 - 800 A	SMS 20/10 - 800 A	SMS 20/12 - 800 A	SMS 20/M - 800 A
1000	SMS 20 - 1000 A	SMS 20/15 - 1000 A	SMS 20/10 - 1000 A	SMS 20/12 - 1000 A	SMS 20/M - 1000 A
1500	SMS 20 - 1500 A	SMS 20/15 - 1500 A	SMS 20/10 - 1500 A	SMS 20/12 - 1500 A	SMS 20/M - 1500 A
2000	SMS 20 - 2000 A	SMS 20/15 - 2000 A	SMS 20/10 - 2000 A	SMS 20/12 - 2000 A	SMS 20/M - 2000 A
2500	SMS 20 - 2500 A	SMS 20/15 - 2500 A	SMS 20/10 - 2500 A	SMS 20/12 - 2500 A	SMS 20/M - 2500 A
3200	SMS 20 - 3200 A	SMS 20/15 - 3200 A	SMS 20/10 - 3200 A	SMS 20/12 - 3500 A	SMS 20/M - 3200 A
4000	SMS 20 - 4000 A	SMS 20/15 - 4000 A	SMS 20/10 - 4000 A	SMS 20/12 - 4000 A	SMS 20/M - 4000 A

NOTA : Pour emploi des fluides gazeux remplacer le terme SMS par SGS.

(1) Autres longueurs sur demande.

Voir gamme d'embouts possibles pages 15 et 18.

Référence de commande



1 ^{er} embout		
20	A....	J....
15	S....	D....
12	K....	R....
10	L....	U....
M....	G....	P....
N....	F....	
W....	C....	

2^{ème} embout

uniquement dans le cas où le 2^{ème} embout est différent du premier

Longueur

Longueur en mm (voir côté L ci dessus)

* SMS = capillaire Stauff, à préciser sur toute commande.

ANNEXE 15

DONNEES TECHNIQUES SUR

L'ORDINATEUR INDUSTRIEL

ORDINATEUR INDUSTRIEL

SOURCE: SIEMENS, La console de programmation PG 750 et PG 730, SIMANTIC S5, manuel, volume 1/2, RFA.

Réf: PG 750, SIEMENS

CARACTERISTIQUES ET SPECIFICATIONS

1. Sa structure modulaire facilite considérablement sa maintenance. La console, de construction robuste, est conçue pour une utilisation sur une site dans des conditions d'environnements industriels.
2. Son disque dur de 40 Mo comporte les logiciels nécessaires à une utilisation immédiate sur site de la console.
3. Elle peut fonctionner sous 115 volts ou 230 volts. L'adaptation à la tension disponible s'effectue automatiquement.
4. La console complète comprend:
 - Ecran incorporé, un clavier détachable, fixe à la console,
 - Un cordon secteur, logé dans le capot du panneau arrière,
 - Une souris et une tablette de souris dans la trappe à la face inférieure de la console,
 - Un câble d'adaptation pour le raccordement aux automates programmables.

5. La PG 750 peut fonctionner dans différentes positions suivant nos besoins spécifiques. Les positions sont montrées dans le manuel.

6. La PG 750 permet le raccordement de moniteurs externes, tout comme celui des automates programmables industriels. Elle supporte le raccordement d'imprimantes compatibles à interface parallèle ou série. Les interfaces LPT1 (parallèle) ou COM1 et COM2 (série) sont prévues à cet effet.

7. Elle utilise un microprocesseur 80386 Dx (32 bits). Elle peut fonctionner sous le système d'exploitation DOS. Elle est équipée d'un standard d'une RAM de 4 Mo et il est possible de faire des extensions de 4 Mo, 6 Mo, ou 12 Mo. Il est possible aussi d'y brancher un coprocesseur arithmétique 80387.

8. Les lecteurs, 3"1/2 ou 5"1/4 (en option), sont montés sur des éléments amortisseurs spéciaux qui réduisent l'effet des vibrations et des chocs.

9. Elle accepte les moniteurs suivants: EGA/VGA, CGA 40, CGA 80, MONO. Le moniteur intégré qui l'accompagne est un couleur. La synchronisation de l'image, le réglage de la hauteur de l'image, et le passage TTL/analogique s'effectuent automatiquement. La lumière est réglable.

10. La PG 750 a un dispositif de démagnétisation automatique du tube couleur. Ce dispositif supprime la dénaturisation des couleurs qui affecte le moniteur sous l'action de champs magnétiques continus ou de champ magnétique terrestre.

11. Les logiciels LABTECH NOTEBOOK et LOTUS 123 peuvent bien fonctionner sur la PG750.

1 Introduction: la console de programmation PG 750 et ses logiciels

Ce paragraphe est destiné à expliquer ce qu'est une console de programmation et ce qu'elle permet de réaliser. Au terme de cette description, nous vous présentons les logiciels SIMATIC.

1.1 Définition et domaine d'application

La PG 750 est l'appareil le plus moderne de la gamme des consoles de programmation SIMATIC. Son matériel performant et sa compatibilité avec le standard industriel lui permettent de résoudre toutes les tâches, non seulement dans le cadre du système d'automatisation SIMATIC S5, mais également dans celui des automates programmables industriels en général et des ordinateurs personnels. Le processeur 32 bits rapide, la mémoire de travail importante et le système graphique couleur à haute définition sont autant d'arguments permettant, avec un système d'exploitation approprié, d'utiliser la console PG 750 pour des applications multitâches et multifenêtres.

La console de programmation PG 750 est un appareil universel performant pour la programmation et le test d'automates programmables SIMATIC S5. La programmation peut s'effectuer en mode off-line, les programmes ainsi élaborés pouvant ensuite être transférés et testés on-line pour les tâches de commande. Cet appareil permet non seulement la mise en service des différents processeurs centraux (CPU) des automates (AG), mais également de tous les processeurs de communication (CP) et des cartes périphériques intelligentes (IP). La PG 750 peut également être utilisée en ordinateur personnel à condition d'employer les logiciels que nous proposons sous les trois systèmes d'exploitation PCP/M-86, MS-DOS et FlexOS. De plus, elle permet d'exécuter pratiquement toutes les applications d'ordinateur personnel disponibles sur le marché sous le système d'exploitation MS-DOS.

Passons maintenant à la PG 750 en tant que console de programmation SIMATIC:

1.2 Fonctionnalités

La PG 750 est livrée avec le logiciel de base STEP 5 qui comporte les systèmes d'exploitation PCP/M-86 et S5-DOS, ainsi que les paquets CONT, LOG et LIST (schéma à contacts, logigramme et liste d'instructions), LC, COMPAR, REASSIGN (liste croisée, comparaison, réassignation), EPROM/EEPROM (cartouches mémoire), COUPLAGE PG-PG et EDITEUR SYMBOLIQUE. Ces paquets vous permettent d'élaborer, de tester et de documenter vos programmes d'application. Ces programmes peuvent être entrés dans les modes de représentation graphiques ou alphanumériques. Au-delà des possibilités offertes par ce logiciel de base, les fonctionnalités de la console de programmation dépendent des paquets supplémentaires que vous avez chargés.

1.3 Le système d'exploitation S5-DOS

Tous les paquets S5 tournent sous le système d'exploitation commun S5-DOS ("Disk Operating System pour SIMATIC-S5") qui se base sur le système d'exploitation standard PCP/M-86 de Digital Research. Le système d'exploitation, en tant qu'élément du logiciel de base STEP 5, est déjà installé sur le disque dur. La PG 750 est préparée en usine en vue des applications S5. C'est ce qui explique que PCP/M-86 et S5-DOS sont automatiquement chargés lorsque vous démarrez la console de programmation.

1.4 Concept du dialogue homme-machine

Avec son guide-opérateur confortable, la console de programmation PG 750 assiste aussi bien l'utilisateur néophyte que le programmeur averti. En cas d'introductions erronées, la console affiche à l'écran les indications correspondantes, décrivant ainsi la bonne marche à suivre. En plus du clavier standard, des touches de fonctions spécifiques S5 simplifient et accélèrent l'élaboration et la correction des programmes. Une touche "Help" permet d'afficher à tout moment des informations et des explications supplémentaires. L'avantage de cette philosophie de commande est d'aider l'utilisateur néophyte à se familiariser très rapidement avec l'appareil, sans pour autant pénaliser l'utilisateur confirmé du S5.

ANNEXE 16

DONNEES SUR LE DEGRE

DE PROTECTION

INFORMATIONS SUR LES DEGRE DE PROTECTION

** Le premier chiffre désigne le degré de protection procuré par l'enveloppe tant en ce qui concerne les personnes que les matériels contenus dans l'enveloppe.*

** Le premier chiffre désigne le degré de protection procuré par l'enveloppe contre les effets nuisibles dus à la pénétration de l'eau.*

1 ^{er} chiffre	Description du 1 ^{er} chiffre
0	Non protégée
1	Protège contre les corps solides supérieurs à 50mm
2	Protège contre les corps solides supérieurs à 12mm
3	Protège contre les corps solides supérieurs à 2,5mm
4	Protège contre les corps solides supérieurs à 1 mm
5	Protège contre la poussière
6	Protège totalement contre la poussière

2 ^{em} chiffre	Description du 2 ^{em} chiffre
0	Non protégée
1	Protège contre les chutes verticales de gouttes d'eau
2	Protège contre les chutes d'eau pour une inclinaison maximale de 15°
3	Protège contre l'eau de pluie
4	Protège contre les projections d'eau
5	Protège contre les jets d'eau
6	Protège contre les paquets d'eau de mer
7	Protège contre les effets l'immersion
8	Protège contre l'immersion prolongée

ANNEXE 17

DONNEES SUR LES PREMIERES

PROPOSITIONS DE CAPTEURS

CHOIX DES CAPTEURS DE TEMPÉRATURE

(PROPOSITIONS)

N°	Références	Etendues de mesures (EM)	Conditions d'alimentation	Consommation	Signal de sortie (mA)	Caractéristiques	Conditions d'utilisation	Commentaire	fabricant
1	PT100/TR Bourdon Résistance métallique Platine	0 à 200°C	15Vcc/35Vcc	---	4/20 mA 2 fils analogique	Précision globale (%EM) = 0,3	0 à 70°C	Protection IP55 Diamètre de 18 mm Hauteur:	BOURDON
2	CP/CMTB(K) Thermocouple	0 à 1200°C	12 à 33Vcc	20mA	4/20 mA *Charge de sortie max 600 ohm/24v 2 fils	Ecart de linéarité = 0,5 Bande passante = 0 à 40 Hz	-40 à 85°C	Protection IP57 Diamètre : de 18 mm Hauteur:	CORECI
3	PYRO-CONTROLE Thermocouple	-100 à 450°C	entre 12 et 36Vcc	0.3W à 5W	0 à 10v *Charge de sortie max 1200 ohm 2 fils	Ecart de linéarité(%EM) = 0,1 Précision globale (%EM) = 0,5 Bande passante = 0 à 10 Hz	-20 à 100°C	Protection: Possibilité ADF EEX D2C T6	PYRO-CONTROLE
4	X54 Thermocouple	-190 à 1800	17Vcc à 60Vcc	4-20 mA	4/20 mA *Charge de sortie max 200 ohm 2 fils	Ecart de linéarité(%EM) = 0,1 Précision globale (%EM) = 0,1	-25 à 80°C	Protection IP57 *Diamètre maxi = 144 mm *Diamètre : de 18 mm Hauteur:	RONAN (USA) -Distribution : MESA S.A.R.L (FRANCE)

BOURDON SEDEME S.A (FRANCE)

FABRICANT:

CHOIX DES CAPTEURS DE PRESSION

(PROPOSITIONS)

N°	Relevances (pressions relatives)	Echelles de mesures (EM)	Alimentation	Impédance d'entrée	résistance d'isolement	Signal de sortie pour l'EM	Impédance de sortie	Erreur Quotidienne	Repetitivité	Dérive Thermique	Stabilité à long terme	Plage de températures	Echelle	Observations
1	TFC EFO1H0B20P Raccord G1/4 UNF 2E	0 à 6 bars *Pret. max adm.: 9 bars *Pret. d'acier: 100 bars	Min: 10 Vcc Max: 20 Vcc	1300 ohm ± 20%	100 Mohm 100v à 25°C	3 mV/v ± 10% typ ± 25% max	1250 ohm ± 20%	< ± 0,25% EM max	< ± 0,05% EM max	Zéro ± 0,005% EM typ sur 5 ans ± 0,01% EM % max Stabilité: ± 0,01% typ ± 0,005% C IPPE (0,01% Cmax)	Zéro ± 0,2% EM typ sur 5 ans ± 0,5% EM max Stabilité: ± 0,01% typ sur 5 ans (± 0,01% max)	* d'utilisation -85°C à +150°C * Compensée: -30°C à +130°C	IP64 (Pression relative)	-Très bonne stabilité à long terme - Excellentes caractéristiques métrologiques - Tenue en température de la cryogénie à 200°C - Très bonne tenue en choc et vibrations
2	TFS EFS9H0B20P Raccord G1/4 UNF 2E	0 à 6 bars (Domaine de mesures max: 7,5 bars) *Pret. max adm.: 120 bars *Pret. d'acier: 120 bars	± 15V Nominale 7,5 à 18Vcc	CONSUMMATION - 15v < 20mA 15v < 13mA	100 Mohm: 100v à 25°C	0,3v ± 0,02%	1 ohm < r < 10 ohm	< ± 0,25% EM max (Non linéaire à 80% hystérésis)	0,05% de de l'EM max	Zéro < 0,01% Stabilité: < 0,01% C	Zéro ± 0,2% EM typ sur 5 ans (± 0,5% EM max) Stabilité: ± 0,1% typ sur 5 ans ± 0,25% typ	* d'utilisation 95°C à -125°C * Compensée: -25°C à +125°C * de stockage -60°C à +150°C	IP64	-Très grande stabilité à long terme - Excellentes caractéristiques métrologiques - Tenue en température avec l'électronique mesurée jusqu'à 125°C
3	MO EMO1WO B22P Raccord M18x1,5	0 à 10 bars *Pret. max adm.: 15 bars Fréquence pleine - (18000 Hz)	12Vcc	350 ohm	> 1000 Mohm	2mV/v ± 20%	350 ohm	< ± 0,25% EM max hystérésis et (Non linéaire à 80%)	< ± 0,1% EM	Zéro ± 0,02% EM/C	.....	* d'utilisation 30°C à +100°C * Compensée: -10°C à +95°C	Variation Thermique de sensibilité ± 0,02% EM °C	
4	T83C E30318 B22P 3 Fil. raccord G1/2 Raccord M18x1,5	0 à 10 bars (Domaine de mesures max: 11 bars) *Pret. max adm.: 20 bars *Pret. d'acier: 40 bars	15 à 45Vcc	Consommation maximale: 6mA	.....	.....	.....	< ± 0,2% EM (Non linéaire à 80% hystérésis et (Non linéaire à 80%)	.....	Zéro < ± 1% EM dr: -10 à 85°C	.....	* d'utilisation 25°C à +70°C * de stockage -40°C à +85°C * du fluide: -25 à +100°C	Variation Thermique de sensibilité ± 0,01% °C	

ANNEXE 18

DONNEES SUR LE

CAPTEUR DE DEBIT



Débitmètres électromagnétiques. Pionnier dans ce type d'appareil, KROHNE a su maintenir son avance technologique. L'utilisation du plus important banc d'étalonnage dans le monde hollandaise de Slidrecht ainsi que l'introduction d'éléments très innovants tel que le PEA unique, permettent aux débitmètres électromagnétiques de KROHNE, une prépondérance et une position de leader sur ce marché. Selon les applications et les niveaux de précision attendus, KROHNE propose à partir du principe de base et selon la loi de Faraday, une gamme importante de débitmètres électromagnétiques.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

DOCUMENTS EN FRANCAIS

1. CETIM, Catalogue, capteurs industriels et compteurs d'énergie, FRANCE, 1988.
2. BOURDON SEDEME, catalogue , France, 1992/93.
3. FAURE HERMANN, catalogue, capteurs de débit à turbine Allemagne, 1992.
4. JUMO, catalogue, mesure et régulation, FRANCE, 1992.
5. KRONHE, catalogue, débit niveau densité, FRANCE, 1992
6. STAUFF, catalogue, prise de pression, FRANCE, 1992.
7. S.N.C.S, Chemins de fer du Sénégal, 100 ans après, SENEGAL, 1985.
8. TÉLÉMÉCANIQUE, CIMTEL, les automates programmables intégrés, catalogue 11.1990.
9. TONSI O.BONZI, Conception et réalisation d'un système d'acquisition de données, projet de fin d'études, École Polytechnique de Thiès, juin 1986.

10. S.A.C.M, Manuel de conduite et d'entretien, S.A.C.M Diesel- pour le moteur S.A.C.M UD 30L6, V8, V12, V16 types A et B, référence: diffusion d'information, Société Alsacienne de Constructions Mécaniques de Mulhouse, département Diesel, Août 1978.
11. J.P. NANTET, Ordinateurs temps réel, applications industrielles, éditions Masson et Cie.
12. ALSTHOM, Régie des Chemins de fer du Sénégal Locomotive Diesel-électriques type 60T-1600 Ch Marché N°60 38 HG du 26 Fév. 1976, Série 1601 et 1603, 1976.
13. S.N.C.S, SICOF, 1992.
14. SIEMENS, consoles de programmation PG 750 et PG 730, SIMANTIS S5, manuel, volume 1/2,
15. Patick ACROMBESSY, Systèmes d'acquisition de données industrielles et modélisation du condenseur de la centrale thermique du Cap des Biches, SÉNÉGAL, Projet de fin d'études, École Polytechnique de Thiès, juillet 1992.
16. Mor NDIAYE, Systèmes d'acquisition et de traitements de données, application au four sécheur de CSP Taïba-SÉNÉGAL, Projet de fin d'études, ÉPThiès, juillet 92.

DOCUMENTS EN ANGLAIS

17. ACROMAG Inc, Catalog, USA, 1992.
18. BARLEY CONTROL COMPANY, Catalog, USA, 1991.
19. DALIMAR INSTRUMENTS Inc, Catalog, USA, 1992.
20. METRABYTE, Catalog, USA, 1992.
21. STRAWBERRY TREE Inc., Data Acquisition and control catalog, 1992.
22. DURHAM INSTRUMENTS, Data acquisition systems OPTIM-MÉGADAC 500 Catalog, USA, 1992.
23. J. P. HOLMAN, Experimental methods for engineers, 5th edition, Mc GRAW-HILL, 1989.
24. H. NUSSBAUMER, Intelligent instrumentation "microprocessor applications in measurement and control, Presses Polytechniques Romandes, collection informatique, 1987.
25. Laboratories technologies, Inc. LABTECH NOTEBOOK, Reference manual, 1992.

26. DURHAM INSTRUMENTS, LEINE and LINDE, catalog, 1992.

27. DURHAM INSTRUMENTS, Lucas control systems products,
SCHAEVITZ pressure sensors, catalog, 1992.

28. DURHAM INSTRUMENTS, measurement systems, intelligent,
distributed data acquisition , DATASCAN, 700 series,
catalog, 1991.

29. CyberResearch Pc systems Handbook for scientists and
engineers, USA, 1991.

30. D. Minner, Physical data acquisition systems PRENTICE
HALL, USA, 1992.

31. ABB, BROWN BOVERI System control catalog, 1992.