

Titre: Conception d'un moniteur industriel de vibrations avec analyse spectrale
Title: spectrale

Auteur: Normand Allard
Author:

Date: 1990

Type: Mémoire ou thèse / Dissertation or Thesis

Référence: Allard, N. (1990). Conception d'un moniteur industriel de vibrations avec analyse spectrale [Mémoire de maîtrise, Polytechnique Montréal]. PolyPublie.
Citation: <https://publications.polymtl.ca/58292/>

 **Document en libre accès dans PolyPublie**
Open Access document in PolyPublie

URL de PolyPublie: <https://publications.polymtl.ca/58292/>
PolyPublie URL:

Directeurs de recherche:
Advisors:

Programme: Non spécifié
Program:

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

CONCEPTION D'UN MONITEUR INDUSTRIEL
DE VIBRATIONS AVEC ANALYSE SPECTRALE

par

Normand ALLARD, ing.

DÉPARTEMENT DE GÉNIE ÉLECTRIQUE

ÉCOLE POLYTECHNIQUE

MÉMOIRE PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION
DU GRADE DE MAÎTRE ÈS SCIENCES APPLIQUÉES (M.Sc.A.)

mars 1990

© Normand Allard 1990

The author has granted an irrevocable non-exclusive licence allowing the National Library of Canada to reproduce, loan, distribute or sell copies of his/her thesis by any means and in any form or format, making this thesis available to interested persons.

The author retains ownership of the copyright in his/her thesis. Neither the thesis nor substantial extracts from it may be printed or otherwise reproduced without his/her permission.

L'auteur a accordé une licence irrévocable et non exclusive permettant à la Bibliothèque nationale du Canada de reproduire, prêter, distribuer ou vendre des copies de sa thèse de quelque manière et sous quelque forme que ce soit pour mettre des exemplaires de cette thèse à la disposition des personnes intéressées.

L'auteur conserve la propriété du droit d'auteur qui protège sa thèse. Ni la thèse ni des extraits substantiels de celle-ci ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

ISBN 0-315-58103-4

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

ÉCOLE POLYTECHNIQUE

Ce mémoire intitulé:

CONCEPTION D'UN MONITEUR INDUSTRIEL
DE VIBRATIONS AVEC ANALYSE SPECTRALE

présenté par: Normand Allard

en vue de l'obtention du grade de: M. Sc. A.

a été dûment accepté par le jury d'examen constitué de:

M. J.-G. Deschênes, M.Sc.A., Président

M. P. Blondeau, Ph.D., Directeur

M. G. Olivier, Ph.D., Membre

SOMMAIRE

La surveillance de vibrations présente un intérêt particulier pour l'industrie manufacturière, car elle permet d'effectuer une maintenance plus sélective. Cette technique réduit les temps hors-service, accroît la productivité et diminue les coûts de maintenance périodique.

Ce projet identifie les paramètres essentiels de la surveillance de vibrations, et propose un appareil qui pourra servir à la surveillance en milieu industriel.

Les principes de base de la surveillance de vibrations ainsi que plusieurs normes industrielles et internationales sont présentés. L'évaluation utilise l'intensité vibratoire et le contenu fréquentiel des signaux de vibrations, générés par des accéléromètres, comme critères de base.

Les règles de conception qui ont servi à l'élaboration des circuits et du microprogramme du prototype sont ensuite présentées. Les entrées et sorties comprennent un clavier, un affichage et des indicateurs lumineux pour communiquer avec l'opérateur. Des contacts permettent une interaction directe avec le circuit de commande de la machine sous surveillance. Finalement, un lien sériel transmet les données à un micro-ordinateur éloigné pour fins d'affichage graphique.

Les tests effectués et les étapes de développement requises pour parachever le développement du moniteur sont discutés et complètent le document.

L'intérêt de la solution provient de la simplicité d'utilisation et de la flexibilité du moniteur proposé. Celui-ci peut être utilisé seul, grâce à son autonomie, ou comme élément d'un système centralisé, grâce à ses possibilités de communication.

ABSTRACT

Vibration monitoring and diagnosis is particularly interesting for the manufacturing industry, for it helps in reducing downtime, increasing productivity and lowering preventive maintenance costs.

This project presents the basic parameters used in vibration monitoring and proposes a design for an industrial vibrations monitor.

The basics of mechanical vibrations are reviewed, along with industrial and international standards. The diagnosis uses the vibration severity and the spectral components of vibration signals produced by piezoelectric transducers.

The monitor produces local indication of the general machine condition, and can transmit data to a remote micro-computer for graphic displays.

The advantage of the solution lies in the ease of use and the flexibility of the monitor. The device can be used as a stand-alone unit, thanks to its autonomous operation, or as part of a centralized monitoring system, thanks to its communication capabilities.

REMERCIEMENTS

L'auteur tient à remercier les professeurs et techniciens de la Section électronique, au département de Génie électrique de l'École Polytechnique, pour leur aide tout au long de la réalisation de ce projet.

Plus particulièrement, Pierre Blondeau, directeur de mémoire et professeur titulaire, ainsi que Georges-Émile April, professeur titulaire, ont largement contribué au projet par leur support et encouragement continus.

Finalement, des remerciements spéciaux reviennent à Sylvie Beucage pour son soutien financier.

TABLE DES MATIÈRES

Sommaire	iv
Abstract	vi
Remerciements	vii
Liste des figures	x
1. Introduction	1
2. Surveillance de vibrations en milieu industriel	4
2.1 Principes généraux	4
2.2 Appareils existants	8
2.3 Rappel théorique de mécanique vibratoire	9
2.4 Caractéristiques vibratoires des machines tournantes	12
2.5 Normes industrielles et internationales	13
3. Conception du moniteur	16
3.1 Modes d'opération	16
3.2 Schéma-bloc fonctionnel	17
3.3 Capteurs de vibrations	21
3.4 Conditionnement des signaux	22
3.4.1 Filtre et amplificateur d'entrée	23
3.4.2 Intégrateur	24
3.4.3 Filtre et convertisseur à valeur efficace	24
3.5 Analyse spectrale	27
3.5.1 Conversion analogique à numérique	28
3.5.2 Transformée rapide de Fourier	29

4. Protocole de test	32
4.1 Réalisation du prototype	32
4.2 Opération du prototype	34
4.3 Tests préliminaires	37
4.4 Essai pratique	41
4.5 Évaluation du prototype	44
5. Conclusion	48
Bibliographie	51
Annexes	
A. Microprogramme du moniteur	54
B. Programme d'affichage graphique	109
C. Organigramme de la Transformée rapide de Fourier ...	123
D. Dessins du prototype	125

LISTE DES FIGURES

N°1	Évolution des vibrations d'une machine en fonction de son âge	15
N°2	Impact de la maintenance préventive sur les coûts d'opération	17
N°3	Système mécanique simple avec force d'excitation harmonique	20
N°4	Schéma-bloc général du moniteur	28
N°5	Éléments de la chaîne de conditionnement	29
N°6	Éléments du bloc d'analyse et de commande	30
N°7	Circuit équivalent de l'accéléromètre piézoélectrique	32
N°8	Filtre requis pour la mesure de l'intensité vibratoire (ISO-2954)	34
N°9	Formes limites du filtre proposé avec composants de précision $\pm 5\%$	36
N°10	Formes limites du filtre proposé avec composants de précision $\pm 1\%$	36
N°11	Boucle de surveillance automatique	45
N°12	Choix de menus offerts à l'opérateur	46
N°13	Échantillonnage d'un signal sinusoïdal	48
N°14	Résultat de la TRF appliquée au signal sinusoïdal	49
N°15	Échantillonnage d'une onde carrée	50

N°16	Résultat de la TRF appliquée à l'onde carrée	50
N°17	Échantillonnage d'un signal d'accélération de vibrations	52
N°18	Échantillonnage d'un signal de vitesse de vibrations	53
N°19	Résultat de la TRF appliquée au signal de vitesse de vibrations	54

CHAPITRE 1

INTRODUCTION

Le but de ce projet est de concevoir et de réaliser le prototype d'un appareil qui pourra servir à la surveillance de vibrations d'équipement en usine. Afin d'être adapté au milieu industriel, l'appareil devra fournir des résultats pratiques, être simple d'utilisation et fonctionner de la manière la plus autonome possible.

La surveillance de vibrations rend de grands services à l'industrie en permettant le dépistage de troubles mécaniques avant qu'ils ne causent de coûteuses pannes et pertes de production. Les appareils offerts sur le marché peuvent se diviser en deux grandes classes: les appareils simples d'utilisation, qui ne mesurent que le niveau global de vibrations, et les appareils sophistiqués, qui permettent une analyse fréquentielle mais qui sont d'un maniement complexe.

Le projet vise à réaliser le prototype d'un appareil simple et autonome qui pourrait permettre d'effectuer une analyse spectrale des vibrations tout en étant utilisable par le personnel non-spécialisé des services de production et d'entretien d'une usine. Le besoin de ce moniteur de vibrations fut identifié lors de discussions entreprises avec une industrie manufacturière de la région de Montréal.

Pour atteindre cet objectif, le projet fera appel à l'électronique intégrée sous la forme de puces de microprocesseurs et de convertisseurs spécialisés. Les signaux seront conditionnés et filtrés de façon à respecter les normes de l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), et l'analyse spectrale sera réalisée par l'entremise d'une transformée Rapide de Fourier (TRF), programmée par l'auteur en langage d'assemblée.

Le mémoire débute par une revue des principes de base reliés à la surveillance de vibrations en usine, incluant un rappel théorique de mécanique vibratoire. Les caractéristiques vibratoires des machines tournantes sont examinées, et les normes habituellement utilisées dans l'industrie sont abordées.

Les détails de conception du moniteur sont ensuite discutés. Cette partie présente les choix effectués sous forme de schéma-blocs, sans entrer dans les détails des circuits et du microprogramme. Le lecteur est invité à consulter les dessins de l'annexe D pour connaître les détails de réalisation du prototype.

La réalisation matérielle et les tests de validation du prototype sont discutés dans la partie qui traite du protocole de test. Les méthodes de montage et de tests y sont discutées. Afin de limiter le niveau de détails, seuls les résultats les plus typiques sont présentés. Cette partie se

termine par une évaluation du prototype, et par une série de recommandations quant à son développement futur.

Finalement, la dernière partie passe en revue les résultats obtenus et les avantages de la solution proposée, et le mémoire se termine par une discussion des possibilités de recherche future pour le développement de l'appareil.

CHAPITRE 2

SURVEILLANCE DE VIBRATIONS EN MILIEU INDUSTRIEL

Ce chapitre effectue un survol de la surveillance de vibrations en tant que technique de dépistage de problèmes mécaniques. Cette technique se révèle très utile pour l'industrie et permet de réduire les coûts d'opération et d'augmenter l'efficacité. Le chapitre présente les principes de base et l'utilité de la technique pour l'industrie, fait un bref rappel théorique de mécanique vibratoire et introduit le lecteur aux normes industrielles et internationales qui s'appliquent à l'analyse de vibrations. Les détails de conception du moniteur débutent au chapitre suivant.

2.1 Principes généraux

L'analyse de vibrations repose sur le fait qu'il est impossible de construire une machine mécanique qui ne vibre pas. Toute machine présente un niveau de vibrations qui lui est normal et à peu près constant sur environ 90% de sa vie utile (Hines 1974). Durant les derniers 10%, le niveau de vibrations se met à augmenter considérablement. Ce comportement est illustré à la figure 1.

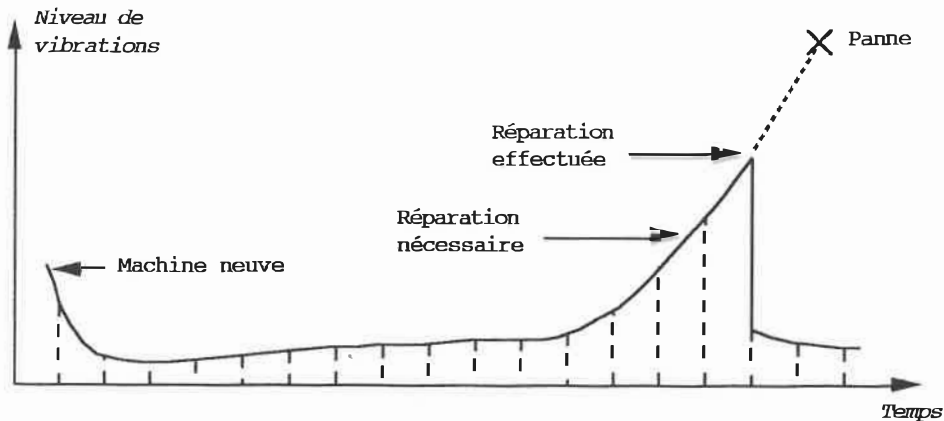


Figure 1: Évolution des vibrations d'une machine en fonction de son âge

Cette figure montre que le niveau de vibrations d'une machine connaît une légère chute au début de sa mise en service, alors que les pièces s'ajustent entre elles: c'est la période de rodage. Le niveau atteint ensuite un minimum, et demeure stable ou augmente tranquillement. Lorsque l'usure de certaines pièces dépasse un seuil donné, le niveau grimpe considérablement. Si aucune mesure préventive n'est prise, une panne se produit. Il est à noter que les vibrations peuvent se mettre à augmenter instantanément si l'équipement est endommagé par une force externe, comme un choc.

L'objectif de la surveillance de vibrations consiste à déceler l'apparition de problèmes ou d'usure excessive, et d'estimer le moment optimum pour effectuer un entretien préventif avant le moment fatidique.

Cette technique permet de choisir le moment de l'arrêt pour entretien hors des heures de production, alors que les

pannes, en général, se produisent aux moments les plus indésirables. De plus, les pièces peuvent être commandées uniquement lorsque requises, ce qui permet de limiter les coûts d'inventaire. Finalement, les démantèlements inutiles sont évités, ce qui est souhaitable car l'intervention humaine peut aussi être la cause de problèmes subséquents.

L'analyse spectrale augmente l'efficacité de cette technique en identifiant les organes internes les plus usés ou endommagés. En effet, la fréquence à laquelle le problème apparaît peut être directement reliée aux organes internes, connaissant la construction interne de la machine. Ainsi, les problèmes de roulements à billes causent des crêtes dans le spectre de vibrations à des fréquences bien précises qui dépendent du roulement lui-même et de la vitesse de rotation de l'équipement.

La surveillance de vibrations s'inscrit dans le cadre du programme d'entretien préventif d'une usine. La prévention permet de réduire les coûts d'entretien et les pertes de production, mais un excès peut augmenter exagérément les coûts (Cordaro 1986), tel qu'illustré à la figure 2.

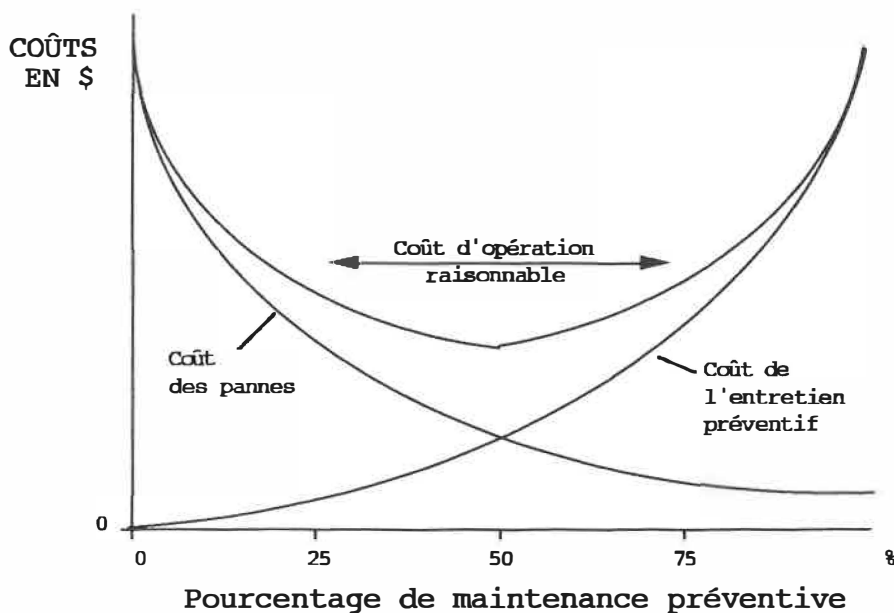


Figure 2: Impact de la maintenance préventive sur les coûts d'opération

Le coût des pannes est maximum si l'usine n'effectue aucun entretien préventif. Toutefois, la prévention engage un investissement non-négligeable de ressources humaines et financières, et si l'on augmente trop le pourcentage d'entretien préventif, le coût des pannes continue à diminuer mais les coûts d'entretien deviennent excessifs. Il est essentiel de pouvoir trouver un équilibre qui produira un coût total raisonnable.

Par conséquent, la surveillance de vibrations s'avère être une technique efficace pour réduire les pannes et les pertes de production. Elle s'utilise surtout sur l'équipement dont les temps d'arrêt ont un impact majeur sur les

coûts de production, ou dont les coûts d'entretien sont élevés.

2.2 Appareils existants

La mesure de vibration s'est répandue durant les années soixante-dix, grâce à l'avènement de nouveaux appareils utilisant l'électronique intégrée (Hines 1974, Keller 1978).

Une revue des divers types d'appareils recommandés pour la mesure de vibration (Bloch et Geitner 1983, Jackson 1979, Harris et Crede 1976), ainsi qu'un coup d'œil dans divers catalogues de fabricants et de fournisseurs industriels, permettent de regrouper ces appareils en deux grandes classes:

- les appareils portatifs ou portables, et
- les appareils dédiés.

Les appareils portatifs ou portables peuvent eux-mêmes se diviser en deux sous-groupes, selon qu'ils effectuent une analyse fréquentielle ou non.

La solution la plus économique pour une usine consiste à acquérir un appareil portatif et de mesurer périodiquement le niveau de vibration des équipements.

Une solution plus poussée, et plus coûteuse, fait appel à un appareil portable qui effectue une analyse fréquentielle des vibrations. La «signature» vibratoire des équipements peut alors être obtenue, enregistrée et analysée à intervalles réguliers. Des entreprises-conseil se spécialisent dans

ce genre de service, à cause du coût élevé de l'équipement et de la formation requise pour effectuer les mesures.

Finalement, la solution la plus sûre est de fixer un appareil de surveillance en permanence sur une machine. Ce sont les appareils dédiés, qui, en général, ne surveillent que le niveau global de vibrations et fournissent un signal d'alarme.

Le moniteur proposé dans ce projet fait partie des appareils dédiés, mais il effectuera une analyse fréquentielle des signaux de vibrations. Afin de satisfaire au mieux aux exigences du milieu industriel, il fonctionnera de façon autonome et sera simple à utiliser. De plus, il pourra s'utiliser seul ou en groupe, pour offrir un maximum de flexibilité.

2.3 Rappel théorique de mécanique vibratoire

Les vibrations forcées constituent la réponse d'un système élastique à une forme d'excitation. Sur une machine tournante, ces excitations prennent souvent la forme de forces périodiques pouvant s'exprimer sous la forme:

$$F = F_0 \cos(\omega t + \varphi)$$

Les forces causées par un arbre déséquilibré, par exemple, ont cette forme, et leur fréquence est égale à la vitesse de rotation de l'arbre.

On peut analyser la réponse d'un système à ce genre d'excitation en considérant le système simple de la figure 3, où une masse est soumise à une force d'excitation harmonique.

L'équation du mouvement de la masse s'écrit comme suit:

$$\begin{aligned} \text{Force d'excitation} &= \text{Force d'inertie} + \text{Force d'amortissement} + \text{Force du ressort} \\ F_0 \cos \omega t &= m \frac{d^2x}{dt^2} + F_1 \frac{dx}{dt} + s x \end{aligned}$$

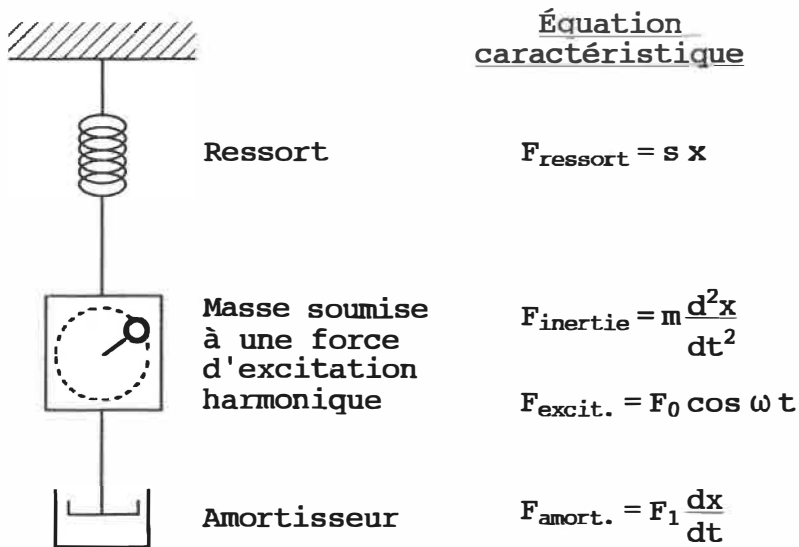


Figure 3: Système mécanique simple avec force d'excitation harmonique

La solution complète de cette équation différentielle est la suivante (Collacot 1979):

$$x = e^{-at} A \cos \left[\left(\omega_0^2 - \frac{a^2}{4} \right)^{1/2} t \right] + \frac{c}{\left[(\omega_0^2 - \omega^2)^2 - a^2 \omega^2 \right]^{1/2}} \cos(\omega t - \varphi)$$

où:

$$a = \frac{F_1}{m}$$

$$\tan \varphi = \frac{a\omega}{\omega_0^2 - \omega^2}$$

$$c = \frac{F_0}{m}$$

$$\omega_0 = 2\pi F_0$$

Le premier terme représente la réponse du système en régime transitoire. Ce terme tend vers 0 lorsque t tend vers l'infini. Le deuxième terme représente la réponse en régime permanent. On constate que le système se met à vibrer à la même fréquence que l'excitation.

Dans le cas d'un mouvement harmonique simple, c'est-à-dire le cas où il n'y a qu'une seule fréquence de vibrations, le déplacement, la vitesse et l'accélération sont reliées par les équations suivantes:

- déplacement: $x = A \sin(\omega t + \varphi)$
- vitesse: $\frac{dx}{dt} = \omega A \sin\left(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}\right)$
- accélération: $\frac{d^2x}{dt^2} = \omega^2 A \sin(\omega t + \varphi + \pi)$

Il est important de noter que si l'amplitude de vibration est égale à A , alors l'amplitude de la vitesse est égale à ωA , et celle de l'accélération à $\omega^2 A$ (Ostiguy 1986). Ce résultat sera utile lors de la discussion des normes à la section 2.5.

2.4 Caractéristiques vibratoires des machines tournantes

On peut distinguer deux catégories de machines selon leur type de mouvement: les machines alternatives et les machines tournantes.

Les machines alternatives sont caractérisées par des mouvements de va-et-vient. Leurs vibrations sont irrégulières, de nature impulsive et par conséquent se prêtent mal à la surveillance automatique. Chaque cas nécessite une analyse du régime transitoire avec des appareils spécialisés.

Les machines tournantes, par contre, présentent des niveaux de vibrations permanents et facilement mesurables. Les vibrations sont majoritairement périodiques, et leur comportement en fonction du temps est prévisible d'une machine à l'autre. Ces machines se prêtent bien à la surveillance automatique de vibrations, et c'est à celles-ci que le moniteur de ce projet est destiné.

Les machines tournantes présentent deux types de vibrations, dépendant du phénomène qui les produit: les vibrations périodiques et les vibrations aléatoires.

Les vibrations de nature périodique apparaissent généralement à des fréquences qui sont reliées à la fréquence de rotation. Elles peuvent être sinusoïdales, mais elles se contentent en général d'être périodiques. Ces vibrations

peuvent avoir plusieurs origines, par exemple (Collacot 1979):

- pièces tournantes déséquilibrées (déséquilibre statique ou dynamique),
- roulements à billes défectueux,
- roues d'engrenage en mouvement (défectueuses ou non),
- arbres déformés ou mal alignés,
- structure résonante,
- et autres.

Les vibrations aléatoires présentent la caractéristique de bruits blancs (c'est-à-dire à peu près constants dans le domaine des fréquences) et résultent de phénomènes divers:

- mouvement de l'huile de lubrification,
- frottement de balais sur le commutateur d'un rotor,
- roulement des billes (bruit blanc au-dessus de 250 Hz),
- dilatation de gaz,
- et autres.

Le capteur de vibrations génère un signal qui représente les vibrations totales, incluant les périodiques et les aléatoires.

2.5 Normes industrielles et internationales

L'expérience montre qu'il est possible de définir des niveaux de vibrations qui sont à recommander pour les machines tournantes en général. Ces niveaux ont été établis de façon empirique et varient selon les auteurs et le type de

machine auquel ils s'appliquent. Les normes peuvent spécifier des niveaux de déplacement, de vitesse ou d'accélération de vibrations, dans des gammes de fréquences différentes.

La nature des systèmes mécaniques est telle que les déplacements les plus grands se produisent aux fréquences les plus basses. En montant en fréquence, l'amplitude des déplacements diminue. La vitesse étant la dérivée du déplacement, tel que discuté à la section 2.3, son amplitude varie peu avec la fréquence, alors que celle de l'accélération augmente.

Ainsi, dépendant de l'analyse désirée, un paramètre différent sera utilisé.

On utilise ordinairement les paramètres suivants, selon le cas (Collacot 1979):

- le déplacement, pour les procédures d'alignement ou d'équilibrage de pièces (< 50 Hz);
- la vitesse, pour la mesure du niveau global de vibrations (de 50 à 1 000 Hz);
- l'accélération, pour l'analyse des hautes fréquences (> 1 000 Hz).

Les normes de l'Organisation internationale de normalisation (ISO) utilisent, comme paramètre d'évaluation, l'«intensité vibratoire», qui est définie comme étant la vitesse efficace de vibrations dans la gamme de fréquence allant de 10 à 1 000 Hz. L'intensité vibratoire d'une machi-

ne correspond à la plus grande valeur mesurée dans les trois directions aux paliers et points de fixation.

Les dessins n° 7 et 8 de l'annexe D présentent une liste de normes reliées à la mesure de niveaux de vibrations. Le dessin no. 9 illustre les points et méthodes d'installation et de mesure recommandés.

Pour être en accord avec les normes internationales, le moniteur utilisera la vitesse et l'intensité vibratoire comme paramètres d'analyse pour la surveillance de vibrations.

Le moniteur utilisera les seuils et les définitions suivants, basés sur les normes industrielles présentées par R.A. Collacot (1979), pour évaluer le niveau de l'intensité vibratoire:

- **Inadmissible:** intensité vibratoire > 12.7 mm/s rms;
dangereux, arrêter l'équipement;
- **Sévère:** de 7.6 à 12.7 mm/s; réparer avant quelques semaines, surveiller les vibrations fréquemment;
- **Tolérable:** de 5.1 à 7.6 mm/s; réparer dès que possible pour éviter l'usure prématurée;
- **Satisfaisant:** de 2.5 à 5.1 mm/s; défaut mineur, réparation non-économique pour l'instant;
- **Bon:** inférieure à 2.5 mm/s; roulement fin, bien équilibré.

CHAPITRE 3

CONCEPTION DU MONITEUR

Ce chapitre présente les choix effectués pour la conception du moniteur. Ces choix résultent des notions introduites au chapitre précédent. Seuls les points particuliers au développement du moniteur sont discutés, et le lecteur est prié de se référer aux schémas de l'annexe D pour le détail des circuits. La réalisation et l'essai du prototype apparaissent au chapitre suivant.

3.1 Modes d'opération

De façon générale, le moniteur doit effectuer la surveillance automatique d'une machine tournante à vitesse non-variable et en régime d'opération normal. Le moniteur devra donc posséder un mode d'opération automatique afin de:

- déterminer si la machine est en régime d'opération normal,
- saisir et conditionner les signaux de vibrations en provenance des capteurs,
- déduire les valeurs de l'intensité vibratoire et des composantes fréquentielles de vibration,
- comparer l'intensité vibratoire aux seuils prévus,
- fournir une indication locale de l'évaluation de la machine,

- transmettre les valeurs des composantes fréquentielles à un ordinateur éloigné.

En plus du mode automatique de surveillance, un mode manuel doit être prévu afin de permettre à l'utilisateur de:

- spécifier les capteurs en et hors service,
- lire les valeurs de l'intensité vibratoire pour chacun des capteurs, et
- vérifier le bon fonctionnement du moniteur.

Finalement, un mode de vérification interne de bon fonctionnement est nécessaire lors de la mise en marche et à intervalle régulier. Le moniteur doit détecter et signaler, autant que possible, une défaillance interne ou une défektivité de capteurs.

Les fonctions de base du moniteur se regroupent donc en trois catégories:

- mode de surveillance automatique,
- mode d'opération manuelle, et
- mode d'autovérification.

3.2 Schéma-bloc fonctionnel

Le moniteur peut se représenter du point de vue fonctionnel par deux sous-blocs principaux: une chaîne de conditionnement et un bloc d'analyse, tels qu'illustrés à la figure 4.

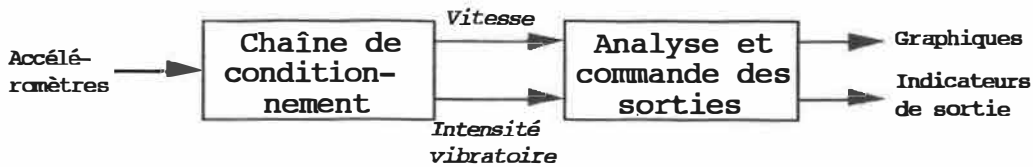


Figure 4: Schéma-bloc général du moniteur

La chaîne de conditionnement sert à extraire les paramètres d'intérêt à partir des signaux des capteurs, et à les présenter sous une forme qui permet de les analyser et de les comparer à des niveaux de référence prédéterminés. Les deux paramètres d'intérêt sur lesquels s'appuie le moniteur sont le signal de vitesse de vibrations et l'intensité vibratoire.

Le bloc d'analyse et de commande des sorties utilise les valeurs de ces paramètres pour fournir une évaluation du niveau des vibrations générées par la machine sous surveillance. Les résultats de cette évaluation sont affichés sous forme de graphiques et servent à piloter les indicateurs de sortie.

Le signal d'entrée est fourni par un accéléromètre piézoélectrique, pour les raisons présentées à la section suivante. Le moniteur utilise donc l'accélération des vibrations comme signal d'entrée.

Les figures 5 et 6 suivantes présentent les éléments de base des deux sous-blocs fonctionnels du moniteur, en débutant par la chaîne de conditionnement. Chacun de ces élé-

ments sera discuté plus en détail dans la suite de cette section.

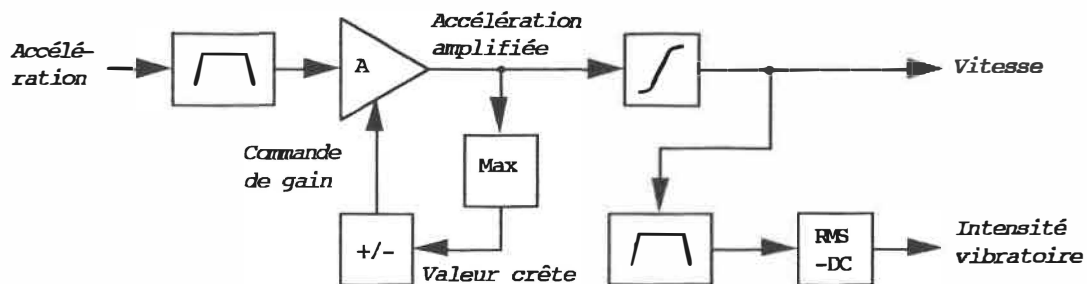


Figure 5: Éléments de la chaîne de conditionnement

Les signaux d'accélération indiqués sur la figure 5 en provenance du capteur traversent un filtre d'entrée qui limite l'étendue des fréquences à la gamme d'intérêt. Un amplificateur à gain variable conditionne ensuite ces signaux de façon à utiliser la plus grande plage d'entrée possible de l'intégrateur qui suit. En effet, l'intensité vibratoire peut s'étendre sur un rapport de 1 000 à 1 entre des niveaux élevés et des niveaux faibles de vibrations.

L'intégrateur convertit le signal d'accélération de vibration en un signal de vitesse, dont les composantes fréquentielles pourront être extraites. Pour obtenir une mesure de l'intensité vibratoire, ce signal de vitesse doit être filtré selon les exigences de l'ISO (entre 10 et 1 000 Hz), puis converti en valeur efficace.

Les deux paramètres de vitesse et d'intensité vibratoire continuent leur cheminement vers le bloc d'analyse et de commande des sorties représenté à la figure 6.

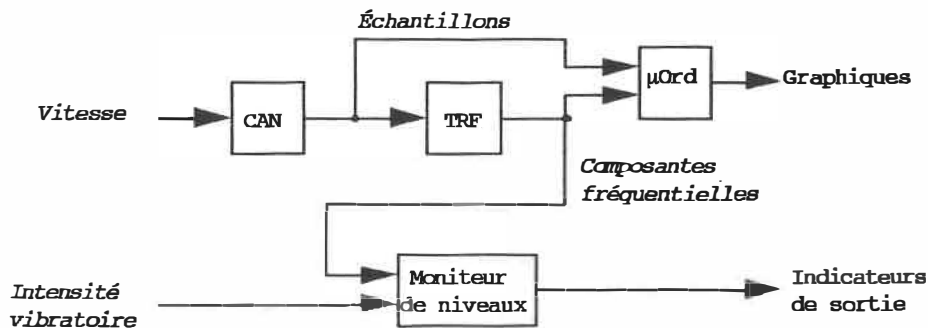


Figure 6: Éléments du bloc d'analyse et de commande

Afin d'extraire les composantes fréquentielles du signal de vitesse, celui-ci subit une conversion analogique à numérique (CAN), puis se dirige vers un calculateur de Transformée rapide de Fourier (TRF). Le micro-ordinateur récolte le signal de vitesse et les composantes fréquentielles et les affiche sous forme graphique pour observation. Le moniteur de niveaux compare l'intensité vibratoire et les amplitudes des composantes fréquentielles à des seuils prédéterminés et actionne les indicateurs de sortie en conséquence.

Cette figure introduit également un premier compromis entre matériel et logiciel. Puisqu'il est nécessaire de mémoriser certaines données et de communiquer avec un micro-ordinateur, l'utilisation d'un microprocesseur s'impose. Une conversion analogique à numérique des données doit donc appa-

raître dans le schéma-bloc. L'extraction des composantes fréquentielles peut se faire par l'emploi de puces spécialisées, mais puisque la rapidité n'est pas primordiale pour la surveillance de vibrations, un algorithme microprogrammé suffira.

Le schéma-bloc utilisé pour la réalisation du prototype apparaît sur le dessin n°1 de l'annexe D. Il est à noter que le prototype, dans sa version actuelle, ne surveille que les niveaux d'intensité vibratoire et ne fait qu'afficher graphiquement l'amplitude des composantes fréquentielles.

3.3 Capteurs de vibrations

Le capteur le plus répandu pour la mesure et la surveillance de vibrations dans l'industrie est l'accéléromètre piézoélectrique (Collacot 1979). Ce type de capteur possède plusieurs avantages, dont une gamme de fréquences étendue, une grande stabilité dans le temps et un format compact, léger et robuste. De plus il est économique et disponible chez plusieurs fabricants.

Ce capteur fonctionne de la façon suivante. Une masse fixée sur un matériau piézoélectrique exerce une force proportionnelle à son accélération. Sous l'effet de cette contrainte de déformation, le matériau développe une charge électrique. Pour obtenir un signal électrique utile à partir de cette charge, il est nécessaire de l'amplifier. Or, l'impédance de sortie du cristal piézoélectrique étant extrême-

ment élevée, la longueur et le type de câble utilisé pour relier le capteur à l'amplificateur sont critiques. Pour simplifier leur utilisation, des accéléromètres sont maintenant disponibles avec un préamplificateur incorporé dans le même boîtier. On obtient ainsi un signal de tension en sortie avec une faible impédance. La figure suivante représente le circuit équivalent du capteur (PCB Piezotronics 1984).

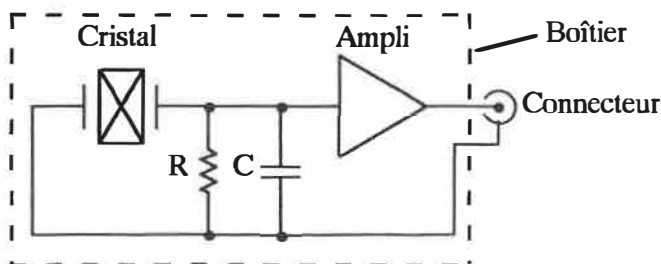


Figure 7: Circuit équivalent de l'accéléromètre piézoélectrique

Les caractéristiques typiques de l'accéléromètre utilisé pour le projet sont les suivantes:

- Alimentation: courant continu, entre 2 et 20 mA, sous une tension de 18 à 28 Vcc.
- Sensibilité: 10 mV/g \pm 2 %.
- Gamme de fréquence: 1 à 5 000 Hz (\pm 5 %); 0.7 à 10 000 Hz (\pm 10 %).
- Impédance de sortie: < 100 Ω .

3.4 Conditionnement des signaux

La chaîne de conditionnement décrite précédemment à la figure 5 comprend:

- le filtre et l'amplificateur d'entrée,
- l'intégrateur, et
- le filtre et convertisseur à valeur efficace pour la mesure de l'intensité vibratoire.

En plus de ces éléments, un sélecteur permet de choisir le signal d'entrée parmi plusieurs capteurs installés sur la machine sous surveillance. Un multiplexeur analogique de type CMOS exécute cette fonction.

3.4.1 Filtre et amplificateur d'entrée

Le filtre d'entrée limite le signal à l'étendue de la réponse en fréquence de l'accéléromètre, soit de 1 à 10 000 Hz.

L'amplificateur d'entrée à gain variable comprend deux étages d'amplification composés d'amplificateurs opérationnels. Il fournit huit niveaux différents de gain, commandés par le sélecteur de gain.

L'ajustement automatique de gain s'effectue de la façon suivante. Un détecteur de crête fournit au microprocesseur une indication de l'amplitude maximale du signal à la sortie de l'amplificateur. Le microprocesseur augmente ou diminue le gain grâce à des sélecteurs analogiques placés dans la boucle de rétroaction, afin de fournir le maximum d'amplitude à l'entrée de l'intégrateur tout en évitant l'écrêtage.

3.4.2 Intégrateur

Un amplificateur opérationnel avec condensateur de rétroaction constitue le bloc intégrateur (Stout et Kaufman 1976). Une résistance élevée montée en parallèle avec le condensateur limite le gain DC et évite la saturation de la sortie. Ceci évite la nécessité de réinitialiser ou décharger périodiquement le condensateur.

3.4.3 Filtre et convertisseur à valeur efficace

La forme du filtre doit se conformer aux spécifications de la norme 2954 de l'ISO pour permettre la mesure de l'intensité vibratoire. Ce filtre limite les fréquences à la bande entre 10 et 1 000 Hz. La forme du filtre apparaît à la figure 8.

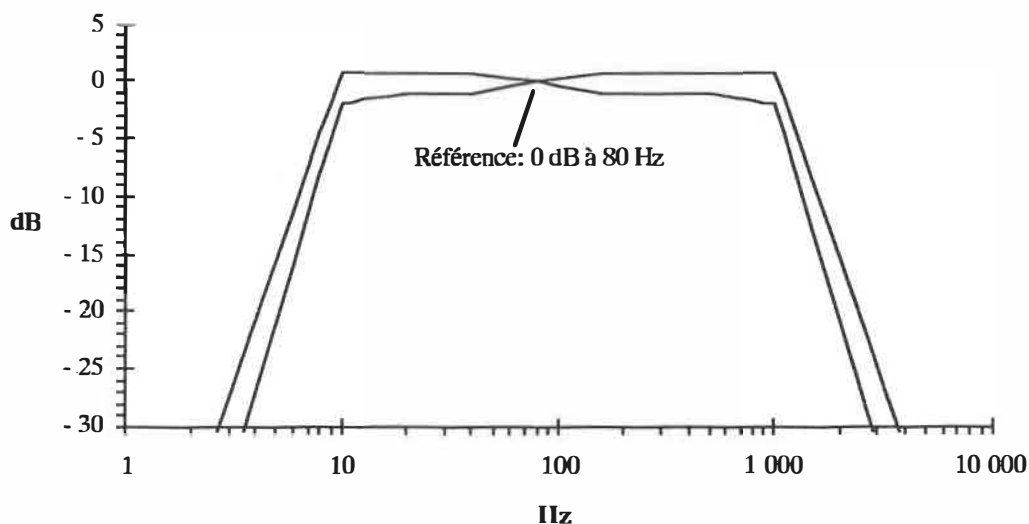


Figure 8: Filtre requis pour la mesure de l'intensité vibratoire (ISO-2954)

La norme ne précise pas le type du filtre, uniquement sa forme. La pente des flancs de 18 dB/octave indique qu'un filtre du 3^e ordre s'impose. La superposition de différents types de filtre permet de vérifier qu'un filtre de type Chebyshev 0.3 dB s'insère bien à l'intérieur des limites spécifiées.

Toutefois, le filtre doit pouvoir se bâtir à partir de composants de valeurs standards, pour éviter des ajustements d'étalonnage, au cas où une production en série du moniteur serait envisagée. Plusieurs séries de calculs ont permis de choisir un assortiment de composants réalisant le filtre Chebyshev 0.3 dB. La précision des composants doit être déterminée pour s'assurer que le filtre demeure à l'intérieur des limites requises, quelles que soient les variations des valeurs des composants (Horowitz et Hill 1987).

Une simulation, effectuée grâce à un algorithme programmé sur calculateur, a permis de déterminer les variations de la forme du filtre proposé, en fonction des combinaisons possibles de valeurs extrêmes des composants. La figure 9 illustre les limites de variation de la forme du filtre avec des composants de précision $\pm 5\%$ (les lignes pointillées représentent les limites spécifiées par ISO-2954).

Cette précision ne suffit pas à contenir les variations à l'intérieur des limites ISO. La figure 10 montre qu'une précision d'au moins $\pm 1\%$ sur la valeur des résistances et

condensateurs est nécessaire pour garantir que le filtre restera à l'intérieur des limites sans nécessiter d'étalonnage.

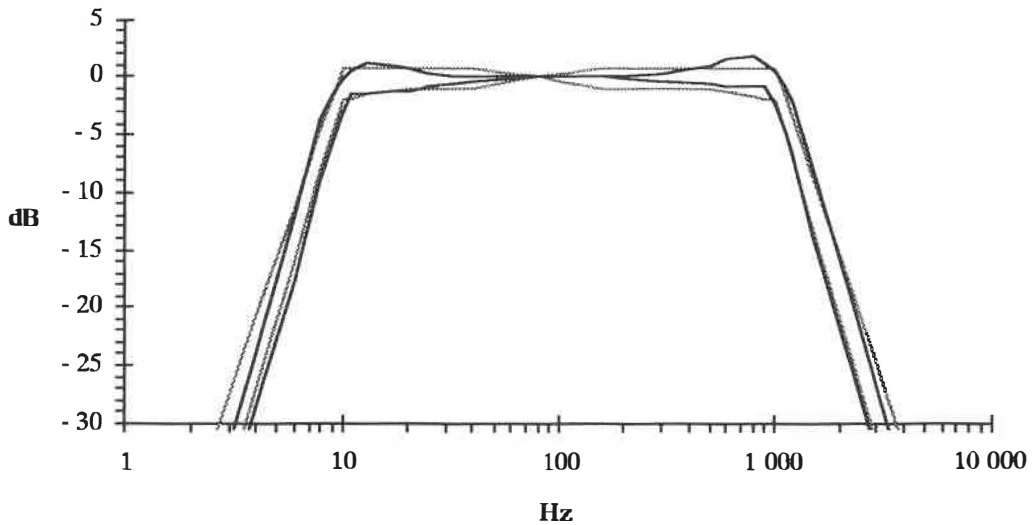


Figure 9: Formes limites du filtre proposé avec composants de précision $\pm 5\%$

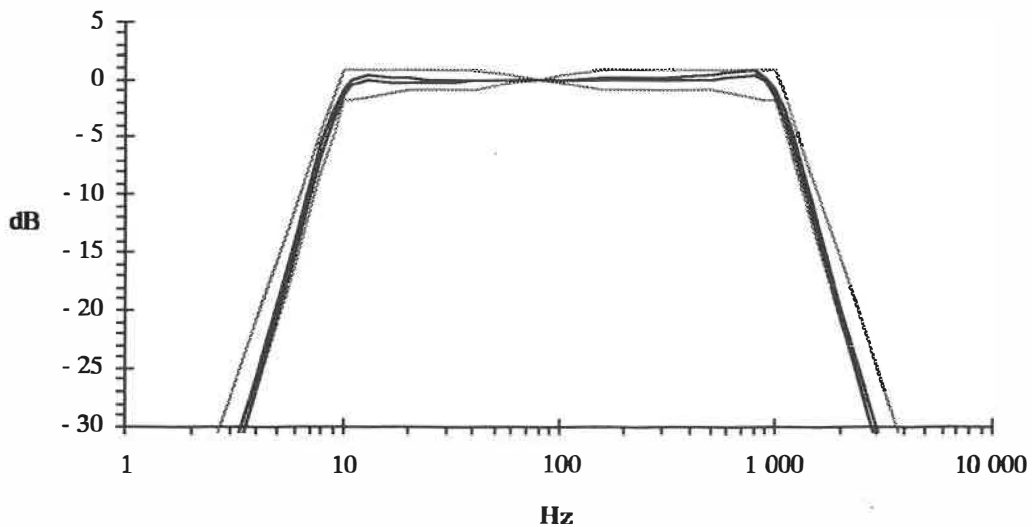


Figure 10: Formes limites du filtre proposé avec composants de précision $\pm 1\%$

Le filtre se compose de deux filtres actifs: un passe-haut suivi d'un passe-bas, réalisés avec des amplificateurs opérationnels (Savant et al. 1987).

L'intensité vibratoire correspond à la valeur efficace du signal sortant du filtre. Cette valeur est obtenue grâce à une puce spécialisée qui agit comme convertisseur RMS à DC. Un composant externe sert à ajuster la période de conversion.

La valeur efficace d'un signal $x(t)$ correspond à la racine positive de la moyenne quadratique, qui s'exprime comme suit:

$$\bar{x}^2 = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T x^2(t) dt$$

Le signal $x(t)$ n'étant pas périodique, la période de conversion T devra être choisie suffisamment grande devant la composante de fréquence minimale de $x(t)$. La fréquence de 10 Hz est la limite inférieure du filtre décrit plus haut. Le convertisseur sera ajusté à une valeur d'au moins 1 s, qui correspond à 10 fois la fréquence inférieure de 10 Hz.

3.5 Analyse spectrale

L'analyse spectrale débute par une conversion analogique à numérique, puis utilise un algorithme de transformée rapide de Fourier pour extraire l'amplitude des composantes fréquentielles.

3.5.1 Conversion analogique à numérique

Selon le théorème de Nyquist, la fréquence d'échantillonnage doit dépasser le double de la plus haute fréquence présente dans le signal que l'on désire observer. Le moniteur permet la surveillance de signaux jusqu'à 10 kHz; l'échantillonnage devra se faire à au moins 20 kHz. Le tableau suivant présente les modèles de convertisseurs les plus répandus (Blondeau et Lemire 1985, Jaeger 1982):

Table I
PRINCIPAUX TYPES DE CONVERTISSEURS
ANALOGIQUE À NUMÉRIQUE

<u>Type</u>	<u>Vitesse</u>	<u>Coût/complexité</u>
Compteur ou poursuite numérique	< 1 000/s	Faible
Rampe simple/double	< 1 000/s	Moyen
Approximation successive	< 10 ⁶ /s	Moyen
Parallèle	10 ⁶ à 10 ⁸ /s	Élevé

Un convertisseur du type à approximation successive se prête bien à l'utilisation du moniteur. Le modèle choisi pour le prototype incorpore un échantillonneur/bloqueur à son entrée, et transmet les valeurs converties sur 8 bits de façon sérielle. Il peut effectuer plus de 40 000 conversions par seconde.

3.5.2 Transformée rapide de Fourier

Rappelons que l'extraction des composantes fréquentielles selon la transformée de Fourier s'exprime par les relations suivantes :

$$F(\omega) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} f(t)e^{-j\omega t} dt \quad \Leftrightarrow \quad f(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} F(\omega)e^{j\omega t} d\omega$$

Transformée directe

\Leftrightarrow

Transformée inverse

Le terme $F(\omega)$ définit la composante fréquentielle de $f(t)$ à la fréquence angulaire ω .

On peut considérer une série d'échantillons comme étant le produit d'une fonction continue par une série d'impulsions. En appliquant la transformée de Fourier à ce produit, on obtient la transformée discrète de Fourier (TDF), qui s'exprime par :

$$F(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} f(n)e^{\left(\frac{-jkn2\pi}{N}\right)} \quad \Leftrightarrow \quad f(n) = \sum_{k=0}^{N-1} F(k)e^{\left(\frac{jkn2\pi}{N}\right)}$$

La TDF se calcule facilement, mais requiert N^2 opérations complexes (additions et multiplications complexes). La transformée rapide de Fourier (TRF), qui est apparue durant les années soixante (Cooley et Tukey 1965), exploite certaines simplifications de calculs pour les cas où N est une puissance de 2, et permet de réduire le nombre d'opérations

de N^2 à $N \log_2 N$. Ainsi, pour une série de $2^{10} = 1\ 024$ échantillons, la TRF effectue le calcul en 10 240 opérations, au lieu de 1.05×10^6 avec la TDF. Le nombre d'opérations est réduit par un facteur de plus de 100.

Pour l'application pratique de la TRF, certaines techniques sont recommandées (Ramirez 1985, Keller 1978):

- Échantillonner à au moins trois fois la fréquence la plus haute que l'on désire observer, pour avoir une marge de sécurité par rapport à la fréquence de Nyquist et réduire les problèmes de recouvrement spectral;
- Prendre plusieurs séries d'échantillons et faire la moyenne des résultats de la TRF. Ceci a pour effet de diminuer la contribution du bruit, à cause de son caractère aléatoire. L'amélioration du rapport signal/bruit est proportionnel à la racine du nombre de moyennes. Au moins 32 séries d'échantillons devraient être prises normalement, et 128 ou même 512 sont recommandées en milieu bruyant.
- Utiliser la méthode d'apodisation de Hanning (Gade 1988), pour réduire les imprécisions dues à la fenestration.

L'algorithme microprogrammé sur le prototype s'inspire de celui proposé par E.O. Brigham (1988) au chapitre 8 de son livre donné en référence. L'annexe C présente l'organigramme de cet algorithme de calcul à titre de référence. Le calcul se fait en valeur absolue sur des séries de 512 échantillons. Seules les amplitudes sont calculées; la phase est ignorée.

L'analyse spectrale mise en œuvre sur le prototype présente les caractéristiques suivantes:

- fréquence d'échantillonnage: 25.6 kHz,
- précision: 8 ± 0.5 bits,
- nombre d'échantillons: 512,
- résolution: 50 Hz,
- sortie: 256 composantes spectrales de 0 à 12 800 Hz,
- temps de calcul: environ 8 secondes.

Ces caractéristiques se modifient aisément grâce à l'utilisation d'une programmation modulaire et de variables symboliques dans le code source. L'algorithme du prototype n'applique aucune apodisation ni calcul de moyennes dans sa version actuelle.

CHAPITRE 4

PROTOCOLE DE TEST

Ce chapitre présente la partie réalisation et essais du prototype mis au point. Le prototype permet de vérifier les concepts développés dans les chapitres précédents, sans être toutefois une version complète du moniteur. Le chapitre débute par une présentation des détails matériels et logiciels, suivis des résultats des tests et une évaluation du prototype.

4.1 Réalisation du prototype

La mise au point du prototype s'est faite en plusieurs étapes. Les circuits furent développés et vérifiés sur des plaquettes de montage, puis une version sur cartes avec supports de montage à enroulement a suivi.

Le prototype comprend trois cartes enfichables dans un connecteur de fond de panier:

- une carte analogique, contenant la chaîne de conditionnement et le convertisseur analogique à numérique;
- une carte numérique, sur laquelle sont montés le microprocesseur, les mémoires vive et morte, et les puces périphériques d'interface;
- une carte-connecteur, servant à relier l'alimentation, le clavier et les indicateurs de sortie au bus de fond de panier.

La répartition des circuits sur plusieurs cartes différentes a permis de vérifier chaque carte séparément. Ainsi, le développement du logiciel a débuté sur un micro-ordinateur, pour vérifier le bon fonctionnement de la chaîne de conditionnement sur la carte analogique. La carte numérique fut ensuite mise au point séparément.

La suite du développement, incluant la transformée rapide de Fourier, se fit à l'aide d'un assembleur croisé et d'un programmeur de mémoire morte.

Le prototype comprend un lien de communication sérielle de type RS-232C, par lequel les signaux échantillonnés et les résultats de Fourier sont transmis. Un micro-ordinateur programmé en langage C récolte ces données et les affiche sous forme graphique pour fins d'observation et de vérification.

Le clavier et le lien sériel utilisent des interruptions matérielles pour déclencher le traitement de leurs données par le microprocesseur.

Le microprogramme et les schémas électroniques du prototype se trouvent aux annexes A et D; le programme d'affichage graphique sur micro-ordinateur apparaît à l'annexe B. Le microprogramme occupe 5.3 K-octets de mémoire morte, et 3 K-octets de mémoire vive.

L'intérêt de la solution réalisée sur ce prototype tient à sa simplicité d'utilisation. Malgré la complexité de l'analyse effectuée, l'appareil fonctionne de façon autonome

et s'utilise très facilement grâce aux menus qui guident l'utilisateur. L'ajustement automatique de gain et la génération d'un signal interne pour autovérification contribuent également à la simplicité et à l'autonomie de l'appareil.

4.2 Opération du prototype

Deux modes sont prévus pour l'opération du prototype : la surveillance automatique et l'intervention manuelle.

En mode d'opération normale, le prototype effectue une surveillance automatique selon la boucle de surveillance décrite à la figure 11.

La surveillance automatique débute par une initialisation et une autovérification des circuits internes. Vient ensuite une boucle de saisie des signaux, où chaque accéléromètre est sélectionné à son tour pour mesurer l'intensité vibratoire, échantillonner le signal de vitesse et extraire les composantes fréquentielles. S'il y a eu requête du micro-ordinateur, les échantillons et composantes fréquentielles sont transmis sur le lien sériel. Finalement, les résultats sont analysés, les sorties sont ajustées en conséquence, et la boucle de surveillance reprend.

Les communications, soit avec l'utilisateur par l'intermédiaire du clavier, soit avec le micro-ordinateur sur le lien sériel, sont déclenchées par interruptions. La communication sérielle s'effectue uniquement par l'intermédiaire du

micro-ordinateur. Rien n'apparaît sur l'affichage local lorsqu'elle est active.

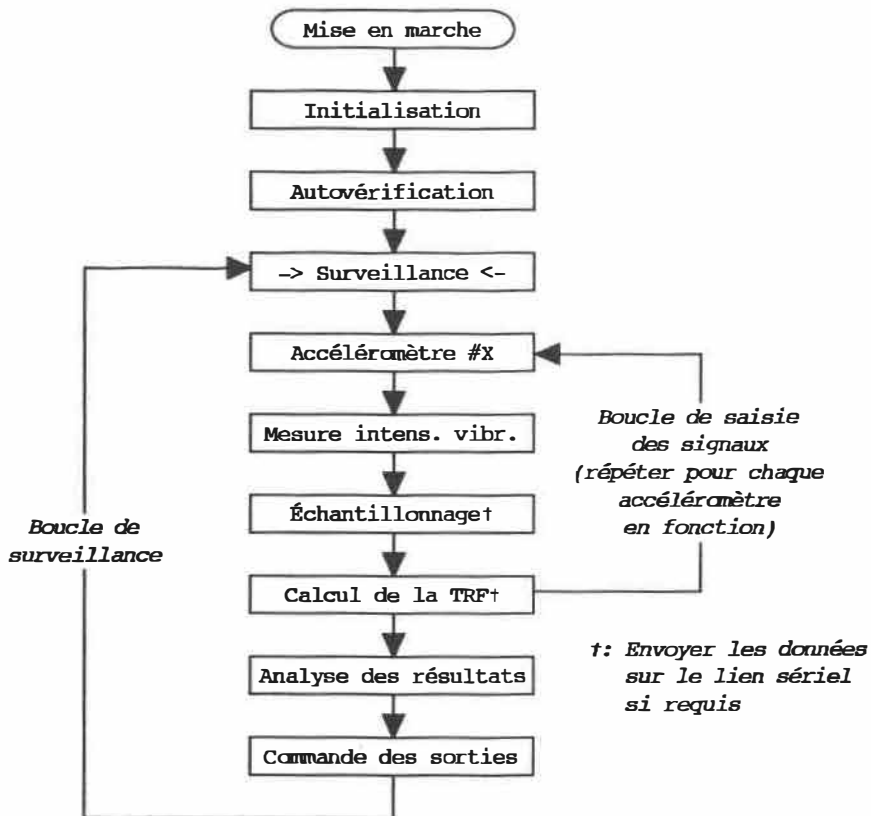


Figure 11: Boucle de surveillance automatique

Le pilotage du prototype s'effectue par choix de menus et de sous-menus apparaissant sur l'affichage local à cristaux liquides. Le clavier sert à spécifier les choix désirés. Les choix offerts à l'opérateur sont illustrés à la figure 12.

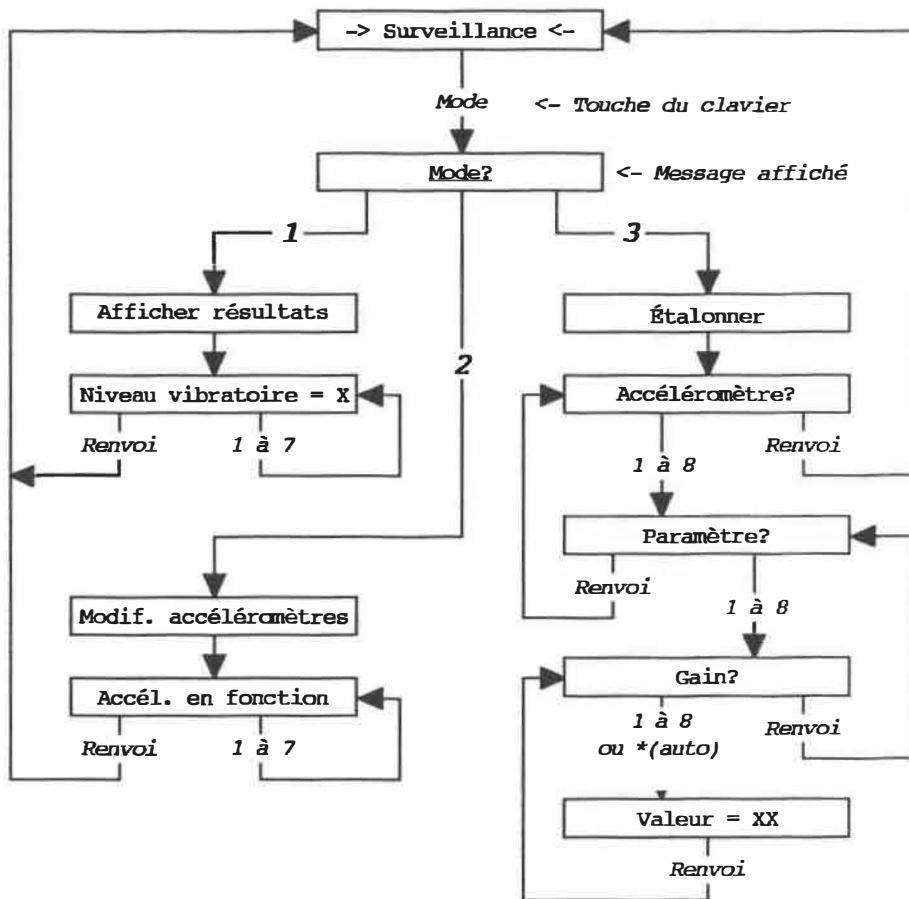


Figure 12: Choix de menus offerts à l'opérateur

On distingue trois modes d'opération manuelle. Le premier affiche la valeur de l'intensité vibratoire mesurée sur chacun des accéléromètres. Le second permet de spécifier quels accéléromètres, parmi les sept possibles, sont en fonction et reliés à l'appareil. Enfin, le troisième mode sert à vérifier le fonctionnement interne du moniteur en spécifiant l'accéléromètre, le paramètre et le gain désirés. La valeur

lue au convertisseur analogique à numérique est alors affichée de façon répétée.

Après la mise en marche du prototype, l'opérateur doit spécifier les accéléromètres en fonction, en utilisant le mode 2, appelé «Modifier les accéléromètres».

Lorsque l'intervention de l'opérateur est terminée, le prototype retourne dans son mode de surveillance automatique.

4.3 Tests préliminaires

Les tests comprennent trois volets: la mise au point et la vérification des circuits et du microprogramme, les tests préliminaires du prototype avec des signaux connus, et l'essai pratique du prototype sur une machine tournante. L'essai pratique sera couvert à la section 4.4.

Les techniques habituelles d'injection de signal et de mesure à l'oscilloscope ont servi à mettre au point les circuits analogiques.

Du point de vue logiciel, une approche modulaire de programmation a été utilisée afin de faciliter le développement du microprogramme. Le fonctionnement du programme a été vérifié sur mémoire morte en intégrant chaque module un à un.

Le bon fonctionnement de la transformée de Fourier a été confirmé en observant les valeurs échantillonnées et les résultats correspondants grâce à l'affichage graphique du micro-ordinateur. Les figures 13 à 16 reproduisent les résultats obtenus avec un signal sinusoïdal et une onde carrée.

Le microprogramme extrait uniquement les valeurs d'amplitude, et ignore la phase, des composantes fréquentielles.

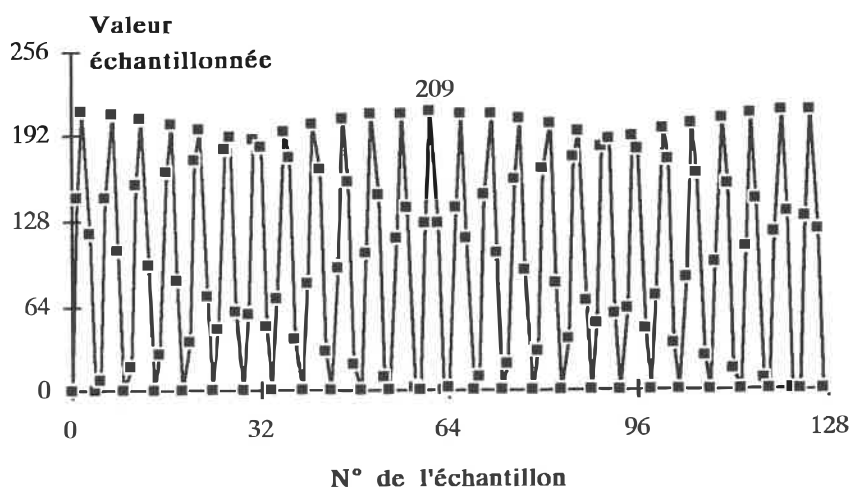


Figure 13: Échantillonnage d'un signal sinusoïdal

Les points de la figure 13 représentent les 128 premiers échantillons prélevés sur un signal sinusoïdal de 5 000 Hz. Un total de 512 échantillons de valeur entre 0 et 255 (8 bits) sont recueillis à raison de 25 600 par seconde et sont transmis au module de calcul de la TRF à chaque itération de la boucle de saisie de signaux.

Les résultats de la TRF appliquée à ces échantillons apparaissent à la figure 14. On observe une composante DC correspondant à environ la moitié de l'amplitude du signal, et une autre composante à une position correspondant à la fréquence du signal.

L'étalement que l'on observe autour des composantes provient des pertes de fenestration, car le signal observé est une portion de sinus dans le domaine du temps, et non un sinus complet. Une apodisation de Hanning devrait être ajoutée au microprogramme pour réduire ces pertes, tel que discuté à la section 3.5.2.

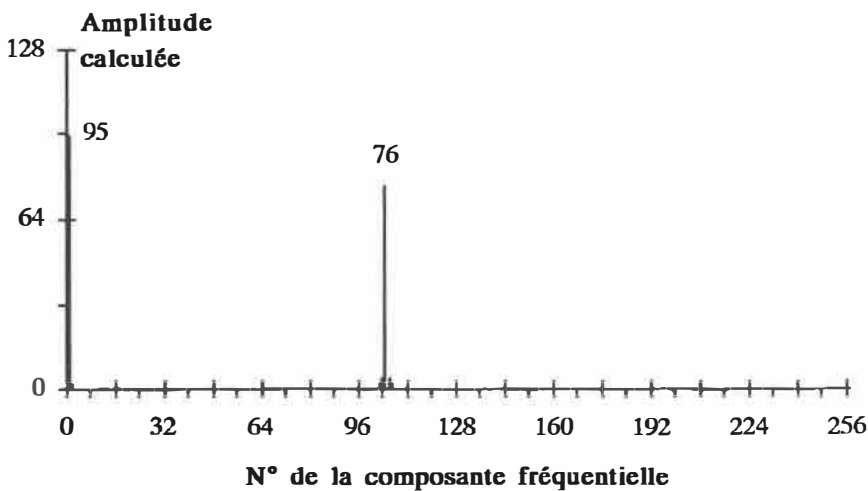


Figure 14: Résultat de la TRF appliquée au signal sinusoïdal

Les figures 15 et 16 présentent les résultats correspondant à un signal en forme d'onde carrée de 1 kHz.

Le spectre obtenu par TRF, et apparaissant à la figure 16, présente une composante DC et une série de composantes autour des fréquences correspondant à 1 kHz et à ses multiples impaires (3, 5, 7, etc). La dernière composante de valeur 4 sur la figure 16 (numéro 243) correspond en fait à la fréquence 13 kHz, mais se retrouve à cette position à cau-

se du recouvrement spectral. Ceci indique que l'atténuation du filtre d'entrée 1 - 10 000 Hz pourrait être augmentée par l'utilisation d'un filtre d'un ordre plus élevé.

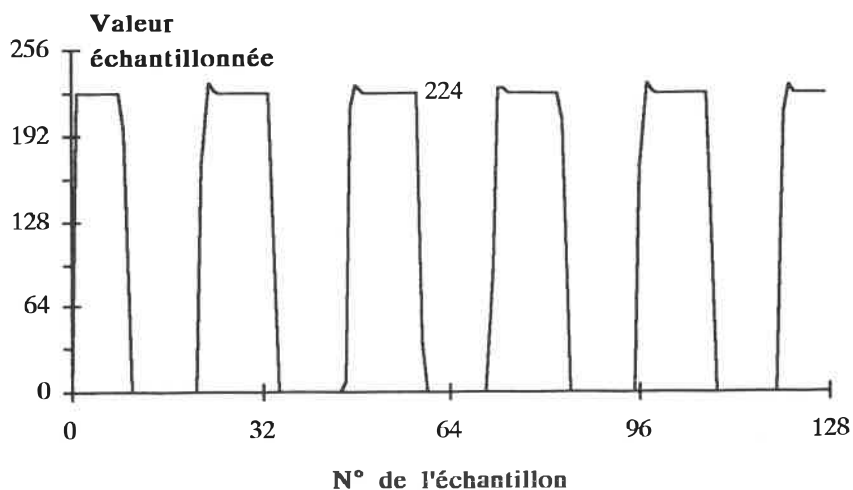


Figure 15: Échantillonnage d'une onde carrée

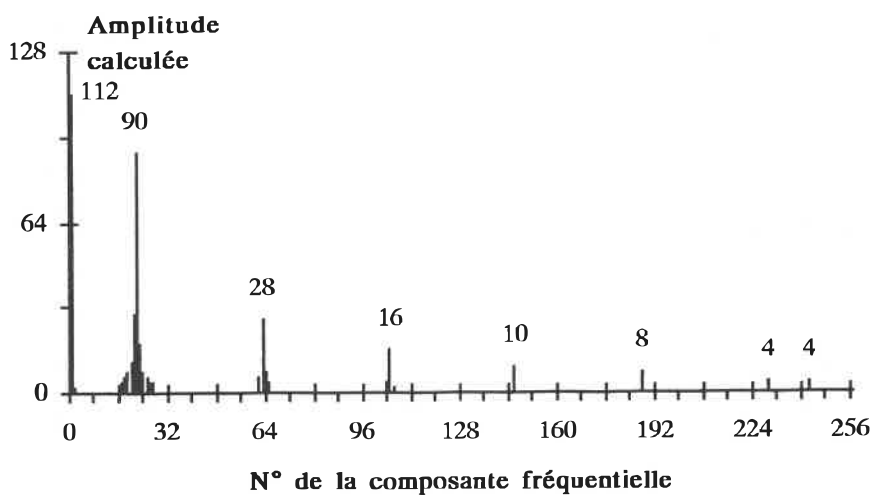


Figure 16: Résultat de la TRF appliquée à l'onde carrée

En dernière analyse, les résultats obtenus avec les signaux connus correspondent aux résultats attendus. Ceci confirme donc le bon fonctionnement de la section échantillonnage et calcul de TRF du prototype.

Le fonctionnement des indicateurs de sortie fut vérifié en variant l'amplitude du signal d'entrée et en observant l'indication passer d'un échelon à l'autre.

4.4 Essai pratique

Le prototype a ensuite été essayé sur un montage se rapprochant du type d'utilisation qui sera rencontré en milieu industriel.

Le niveau de vibrations d'un groupe moteur-générateur a pu être observé à différentes vitesses, et sous diverses conditions de charge. L'accéléromètre piézoélectrique fut monté successivement à divers endroits sur le groupe grâce à une base spéciale aimantée. Il est à noter qu'un tel montage, selon la norme ANSI-S2.17, ne peut être utilisé que pour une évaluation sommaire. Une mesure précise ne doit être entreprise qu'avec un montage adéquat, comme un goujon fileté. Toutefois, puisqu'il ne s'agit pas ici de faire une analyse de vibrations mais uniquement de s'assurer du fonctionnement du prototype, ce montage suffira.

Les figures 17 à 19 présentent les résultats observés sur la machine tournante, pour une vitesse de rotation de 1 400 t/min. Afin de pouvoir mieux discerner la fréquence de

rotation de la machine sur les figures, le taux d'échantillonnage a été abaissé à 2 570 Hz. Ceci donne une résolution d'environ 5 Hz pour la TRF. Toutefois, on devra s'attendre à un recouvrement spectral puisque le filtre d'entrée s'étend jusqu'à 10 kHz. La figure 17 illustre le signal d'accélération après échantillonnage.

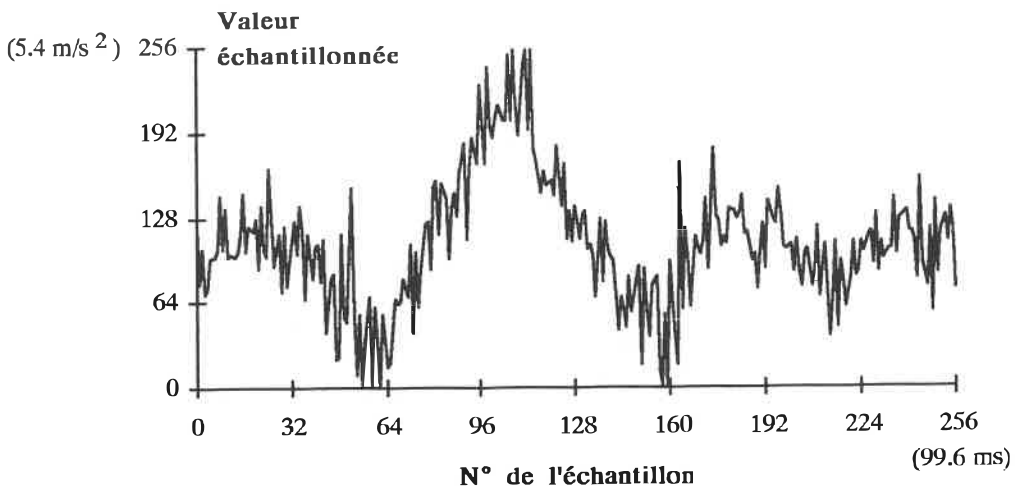


Figure 17: Échantillonnage d'un signal d'accélération de vibrations

On peut observer que le signal d'accélération contient des fréquences élevées. L'amplitude de ces hautes fréquences est réduite lors de l'intégration, qui donne le signal de vitesse de vibrations représenté à la figure 18. Il est à noter que ce signal de vitesse fut échantillonné à un moment dans le temps différent du signal d'accélération de la figure 17.

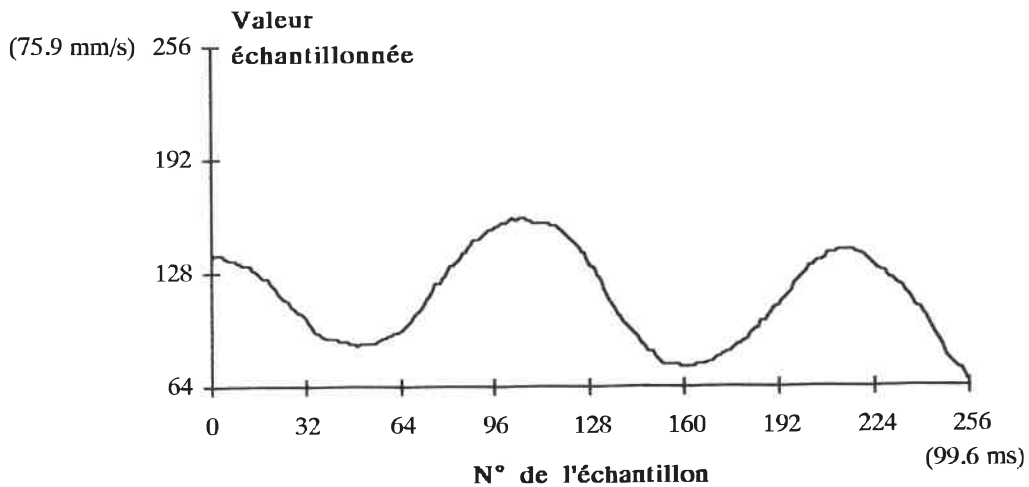


Figure 18: Échantillonnage d'un signal de vitesse de vibrations

La TRF produit une composante importante aux numéros 4 (amplitude de 14) et 5 (amplitude de 21), tels qu'indiqués sur la figure 19. Ces positions correspondent aux fréquences 20 et 25 Hz, ce qui se relie à la vitesse de rotation de la machine car 1 400 t/min est environ égal à 23.3 t/s.

Le roulement de la machine utilisée étant très fin, le graphique ne présente des raies spectrales que dans les basses fréquences.

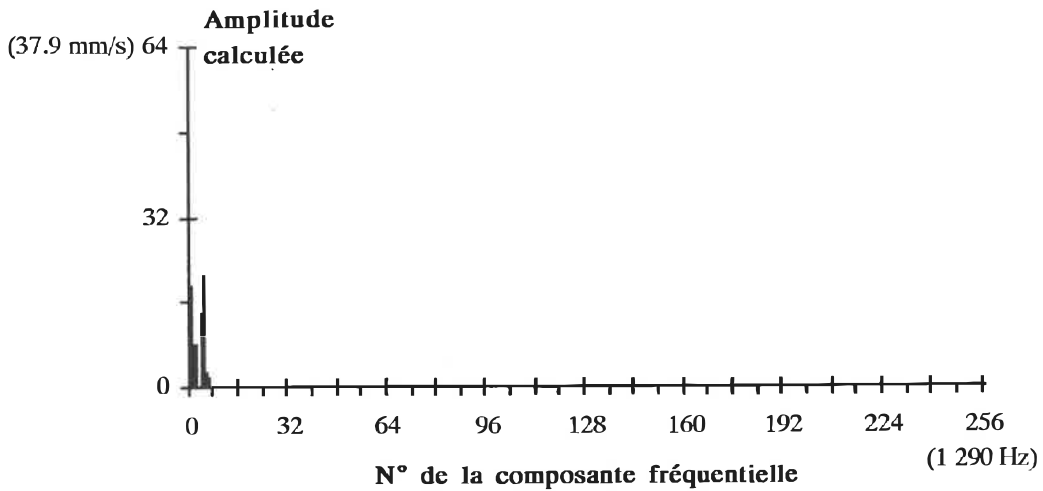


Figure 19: Résultat de la TRF appliquée au signal de vitesse de vibrations

4.5 Évaluation du prototype

Les tests effectués ont permis de vérifier que le prototype remplissait bien les fonctions prévues. Par conséquent, ceci confirme qu'un moniteur industriel de vibrations pourrait être développé à partir des principes de conception énoncés dans ce document.

Dans un premier temps, la réalisation et les tests du prototype devraient être poussés plus avant pour inclure certaines fonctions supplémentaires et caractériser l'appareil. Parmi les fonctions à ajouter, notons particulièrement:

- l'apodisation de Hanning, pour diminuer les pertes dues à la fenestration, et
- le calcul de moyennes sur les résultats de la TRF, pour améliorer le rapport signal à bruit.

Il serait utile de poursuivre des tests en laboratoire afin de caractériser l'appareil. Ceci permettrait de connaître les caractéristiques suivantes, qui sont importantes pour l'utilisation en milieu industriel:

- précision des mesures,
- limites d'opération en température,
- immunité aux interférences électromagnétiques et aux bruits sur l'alimentation.

À cette fin, la norme 2954 de l'ISO définit une liste de caractéristiques souhaitables pour les appareils de mesure de vibrations, et qui pourrait être utilisée ici.

En second lieu, les possibilités suivantes pourraient être considérées pour améliorer le fonctionnement du prototype:

- Augmenter la vitesse de calcul en modifiant l'algorithme de la TRF avec les principes de la Transformée Rapide de Hartley (Le-Ngoc 1989).
- Réduire l'étendue des fréquences à celle entre 10 et 1 000 Hz, au lieu de garder la plage de 1 à 10 000 Hz. Ceci permettrait d'accélérer la réponse de l'appareil en réduisant les longues constantes de temps de plusieurs circuits, comme celles du détecteur crête et du convertisseur RMS à DC. Cette plage de fréquences est suffisante car la plupart des machines industrielles tournent à moins de 12 000 t/min (200 t/s).

- Mettre au point une alimentation de secours, sur batteries par exemple, qui permettrait de conserver les données accumulées. Le microprogramme doit alors être modifié pour détecter les pannes d'alimentation, et récupérer les données après le rétablissement de l'alimentation normale.

Finalement, dans le cadre d'une étude à plus long terme, les possibilités d'amélioration suivantes sont proposées:

- augmenter le nombre d'accéléromètres pouvant être reliés au moniteur;
- remplacer les calculs à point fixe par des calculs à point flottant;
- ajouter une base de temps pour surveiller l'évolution des vibrations, déterminer leurs tendances et établir des prévisions quant aux pannes futures possibles;
- rendre les seuils de niveau de vibrations programmables par l'utilisateur;
- augmenter le nombre et la portée des tests effectués lors du cycle d'autovérification;
- effectuer une autovérification à intervalles réguliers plutôt qu'uniquement à la mise en marche;
- augmenter les fonctions disponibles à distance sur micro-ordinateur.

Pour la surveillance des composantes fréquentielles, on doit s'assurer que les valeurs échantillonnées correspondent à au moins un tour complet de la machine. Le prototype ne

rencontre pas cette condition, car 512 points échantillonnés à 25.6 kHz ne couvrent qu'un intervalle total de 20 ms. Pour obtenir la «signature» vibratoire d'un tour complet d'une machine tournant à moins de 3 000 t/min, l'appareil devra être modifié de façon à échantillonner moins rapidement, ou à échantillonner un plus grand nombre de points.

Enfin, les aspects de construction et de finition extérieure du moniteur restent à être étudiés. Un arrangement physique et un boîtier sont proposés à l'annexe D, dessin 10.

CHAPITRE 5

CONCLUSION

Le travail effectué a permis de réaliser un prototype de moniteur industriel de vibrations qui rencontre les exigences énoncées au départ. Ces exigences premières étaient les suivantes:

- Autonomie. Le moniteur effectue une surveillance du niveau de vibrations et une analyse spectrale de façon tout-à-fait automatique. De plus, il peut agir directement sur le circuit de commande de la machine sous surveillance.
- Simplicité d'utilisation. L'utilisateur pilote le moniteur par l'intermédiaire de choix de menus simples.
- Résultats pratiques. L'évaluation de la condition de la machine se fait selon une série de cinq échelons faciles à interpréter. Ces échelons sont définis suivant les principes des normes industrielles et internationales les plus répandues.

Ces caractéristiques présentent un double avantage pour l'utilisation en milieu industriel. En effet:

- le moniteur peut être utilisé seul: ceci permet à une usine d'acquérir uniquement le nombre d'appareils nécessaires, ou de commencer par un seul appareil pour fins d'essai et d'évaluation;

- le moniteur peut être utilisé en groupe: grâce à leurs capacités de transmission, plusieurs moniteurs peuvent être reliés à un ordinateur et ainsi réaliser une surveillance centralisée des machines.

Toutefois, plusieurs étapes sont encore nécessaires pour parachever le développement du prototype et obtenir une version finale destinée à l'industrie.

Les travaux recommandés pour la poursuite du développement devront s'attacher à augmenter le côté fonctionnel de l'appareil et à rechercher un montage et un boîtier appropriés à l'utilisation en milieu industriel.

Dans l'immédiat, le développement des circuits devrait être poussé plus avant afin de préciser et d'améliorer, s'il y a lieu, l'appareil du point de vue de la précision, des limites d'opération en température, et de l'immunité aux interférences électromagnétiques.

Après la caractérisation et l'optimisation des circuits, une version sur carte de circuit imprimé devrait être mise au point.

Du point de vue opérationnel, il serait intéressant de développer les fonctions suivantes:

- surveillance de l'évolution des composantes fréquentielles en fonction du temps, avec possibilité de calcul de tendances et de mémorisation de données historiques;

- mesure de la vitesse de rotation, afin de pouvoir surveiller des machines à vitesse variable;
- fonctions plus évoluées pour le micro-ordinateur, afin de permettre un plus grand contrôle à distance des moniteurs.

En dernière analyse, une expérimentation dans un environnement industriel permettra de définir et exploiter au mieux les fonctions offertes par ce moniteur.

BIBLIOGRAPHIE

- AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE. American National Standard S2.17 - 1980, "Techniques of Machinery Vibration Measurement", New York, Pub. by the American Institute of Physics for the Acoustical Society of America, 1980.
- BLOCH, H.P., et F.K. GEITNER. "Practical Machinery Management for Process Plants; Volume 2: Machinery Failure Analysis and Troubleshooting", Houston, Texas, Gulf Pub. Co., 1983.
- BLONDEAU, P., et M. LEMIRE. «Conditionnement de signal», Montréal, 1^e éd., École Polytechnique de Montréal, 1985.
- BRIGHAM, E.O. "The Fast Fourier Transform and its Applications", Englewood Cliffs, N.J., Prentice Hall, 1988.
- COLLACOT, Ralph A. "Vibration Monitoring and Diagnosis - Techniques for Cost-Effective Plant Maintenance", New York, John Wiley & Sons, 1979.
- COOLEY, J.W., et J.W. TUKEY. "An algorithm for the machine calculation of complex Fourier series", *Math. of Comput.*, Vol. 19, No. 90, 1965, pp. 297-301.
- CORDARO, Salt. "The Right Combination", *Plant Engineering and Maintenance*, April 1986, p.30-35.

- GADE, Svend et H. HERLUFSEN. "Windows to FFT Analysis", *Sound & Vibration*, Bay Village, Ohio, Vol. 22, N°3, Mars 1988, p. 14-22.
- HARRIS, C.M., et C.E. CREDE. "Shock and Vibration Handbook", New York, 2^e éd., McGraw-Hill Book Co., 1976.
- HINES, W.F. "Basic Concepts and Techniques for Analyzing Plant Equipment Vibration", *Plant Engineering*, Barrington, Il, Vol. 28 N°6, 21 mars 1974, p.77-78.
- HOROWITZ, P. ET W. HILL. "The Art of Electronics", New York, Cambridge University Press, 1987.
- JACKSON, C. "The Practical Vibration Primer", Houston, Texas, Gulf Pub. Co., 1979.
- JAEGER, R.C. "Analog Data Acquisition Technology - Part II: Analog-to-Digital Conversion", *IEEE Micro*, Los Alamitos, Calif., Vol. 9 No. 5, Aug. 1982, p.56.
- KELLER, A. "Instrumentation for Turbomachinery Analysis - Present and Future", *Cinquième séminaire sur la mécanique des turbomachines*, Ottawa, Conseil National de Recherches Canada, 1978.
- LE-NGOC, T. et M.T. VO. "Implementation and performance of the Fast Hartley Transform", *IEEE Micro*, Los Alamitos, Calif., Vol. 9 No. 5, Oct. 1989, p. 20-27.

ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION. Norme ISO 2954-1975(F), «Vibrations mécaniques des machines tournantes ou alternatives - Spécifications des appareils de mesurage de l'intensité vibratoire», Genève, 1975.

OSTIGUY, G. «Capteurs de vibrations - Mesure et analyse» (tiré de Capteurs et actionneurs - Notes compilées), Montréal, École Polytechnique de Montréal, 1986.

PCB PIEZOTRONICS, "Quartz Sensors Catalog no. C884", Depew, N.Y., 1984.

RAMIREZ, Robert W. "The FFT Fundamentals and Concepts", Englewood-Cliffs, N.J., Prentice-Hall, 1985.

SAVANT, C.J. et al. "Electronic Circuit Design, An Engineering Approach", Menlo Park, Calif., 1^e éd., The Benjamin/Cummings Pub. Co., 1987.

STOUT, D.F. et M. KAUFMAN. "Handbook of Operational Amplifier Circuit Design", New York, McGraw-Hill Inc., 1976.

ANNEXE A
MICROPROGRAMME DU MONITEUR

Cette annexe présente le code source du microprogramme utilisé sur le prototype du moniteur de vibrations.

La première page présente un diagramme hiérarchique des modules du programme. Chaque module possède un numéro qui donne sa position hiérarchique sur le diagramme. Ce numéro apparaît également sur le code source afin de retrouver les modules plus facilement.

Toutefois, les sous-routines utilitaires ne suivent pas cette règle, car elles sont appelées par un trop grand nombre de modules. Elles ont été regroupées par type de fonctions, plutôt que par position hiérarchique, sous la catégorie 700.

Il peut être utile de noter que la vitesse d'échantillonnage est fixée par la constante DelEch dans le module 451-Echant.

Le microprogramme est assemblé à l'adresse hexadécimale E000, et utilise 5.3 K-octets de mémoire morte et 3 K-octets de mémoire vive.

DIAGRAMME HIERARCHIQUE - (partie 1 de 2)

```

100 INTALIM           : Traiter la panne d'alimentation (FIRQ)
200 INTER             : Traiter les interruptions      ( IRQ)
  | 210 INTERCLA      : Traiter l'interruption du clavier
  | 210 SAISCLAV      : Saisir le clavier
  |   | 211 AFFRES     : Afficher les resultats
  |   | 212 MODACC     : Modifier les accelerometres
  |   | 213 ETALON     : Etalonner
  |   |   | 213.1 SELACCEL : Selectionner l'accelerometre
  |   |   | 213.2 MUXACCEL : Regler le mux d'accelerometre
  |   |   | 213.3 SELPARAM : Selectionner le parametre
  |   |   | 213.4 MUXPARAM : Regler le mux de parametre
  |   |   | 213.5 SELGAIN  : Selectionner le gain
  |   |   | 213.6 MUXGAIN  : Regler le mux de gain
  |   |   | 213.7 FAIRMES  : Faire une mesure
  |   |   |   | 213.71 CONVERT : Faire une conversion
  |   |   |   | 213.8 AFFMES  : Afficher la mesure
  | 220 INTERSER      : Traiter interruption de l'entree serielle
300 DIAGNOST          : Verifier bon fonctionnement du moniteur
400 SAISSIGN          : Saisir les signaux
  | 410 MARCHARR       : Verifier le fonctionnement
  | 420 MUXACCEL       : Regler le multiplexeur d'accelerometres
  | 430 GAINAUTO       : Selectionner le gain automatiquement
  | 440 INTVIBR        : Lire intensite vibratoire
  | 450 SAISTRF        : Saisir les donnees pour TRF
  |   | 451 ECHANT     : Saisir un echantillon
  |   | 452 TRF        : Faire la transformee rapide de Fourier
  |   |   | 452.1 IBR    : Inverser l'ordre des bits d'un nombre
  |   |   | 452.2 NEGD   : Prendre le complement a 2 du registre D
  |   |   | 452.3 MULTCOEF : Multiplier un nombre par un coefficient
  |   |   |   | 452.31 ADDRESSD : Additionner variable MultRes au registre D
  |   |   | 452.4 TFRXPY  : Transferer contenu adr. en X a adr. en Y
  |   |   | 452.5 ADD3    : Additionner 2 nombres de 3 octets
  |   |   | 452.6 AMPL    : Calculer les amplitudes
  |   |   |   | 452.61 DECAL7G : Decaler 16 bits de 7 positions a gauche
  |   |   |   | 452.62 CARRE  : Calculer le carre parties reelles et imag.
  |   |   |   | 452.63 ADD3XY  : Additionner 2 nombres de 3 octets adr. X/Y
  |   |   |   | 452.64 RACINE  : Calculer la racine carree
  |   | 453 MOYEN      : Faire la moyenne cumulative
500 ANALRES           : Analyser les resultats
600 COMSOR            : Commander les sorties

```

DIAGRAMME HIERARCHIQUE - (partie 2 de 2)

```

700 SOUSROUT          : Sous-routines utilitaires
  | 710 LCD           : Commande de l'affichage
  | | 711 LCDINIT    : Initialiser l'affichage
  | | 712 LCDAFF0    : Eteindre l'affichage
  | | 713 LCDAFF1    : Allumer "
  | | 714 LCDCLIG0   : Desactiver le clignotement
  | | 715 LCDCLIG1   : Activer "
  | | 716 LCDCURS0   : Rendre le curseur invisible
  | | 717 LCDCURS1   : " " visible
  | | 718 LCDEFF     : Effacer l'affichage
  | | 719 LCDPOS0    : Placer le curseur a la position 0
  | | 71A LCDPOS     : Placer " " en A
  | | 71B LCDCURSG   : Reculer le curseur d'une position
  | | 71C LCDCURSD   : Avancer " "
  | | 71D LCDMESSA   : Afficher un message a la position en A
  | | 71E LCDMESS    : " " " courante
  | | 71F LCDMESS2   : " " sur la deuxieme ligne
  | | 71G LCDDON     : Envoyer une donnee a l'affichage
  | | 71H LCDINS     : " instruction "
  | | 71J LCDPRET    : Attendre que l'affichage soit libre
  | 720 VIA          : Commande des Vias
  | | 721 VIAINIT    : Initialiser les Vias
  | | 722 VIASIG1    : Activer le signal de verification
  | | 723 VIASIG0    : Desactiver " "
  | 730 ACIA        : Commande de l'Acia
  | | 731 ACIAINIT   : Initialiser l'Acia
  | | 732 ACIAECR    : Envoyer un caractere a l'Acia
  | | 733 ACIAPRET   : Verifier si l'Acia est libre
  | | 734 ACIAENV    : Envoyer les donnees sur le lien seriel
  | 740 CLAVIER     : Acces au clavier
  | | 741 CLACHIF1   : Lire un chiffre au clavier
  | | 742 CLALIR     : Lire le clavier sans rebonds
  | | | 742.1 CLALIREB : Lire le clavier avec rebonds
  | 750 DIVERSES    : Autres sous-routines
  | | 751 DEL1SEC    : Delai d'environ 1 seconde
  | | 752 DEL500MS   : " " 1/2 "
  | | 753 HEXASC     : Convertir un octet en ASCII
  | | 760 MessSurv   : Afficher message "Surveillance"

```

```

000001 0000 ;*****
000002 0000 ;*
000003 0000 ;* MONITEUR INDUSTRIEL DE VIBRATIONS *
000004 0000 ;* *
000005 0000 ;* AVEC ANALYSE SPECTRALE *
000006 0000 ;* *
000007 0000 ;* *
000008 0000 ;* Concu par Normand ALLARD *
000009 0000 ;* *
000010 0000 ;* dans le cadre d'un projet de M.Sc.A. *
000011 0000 ;* *
000012 0000 ;* sous la direction de M. Pierre BLOHOERU *
000013 0000 ;* *
000014 0000 ;* a l'Ecole Polytechnique de Montreal *
000015 0000 ;* *
000016 0000 ;* mars 1990 *
000017 0000 ;*
000018 0000 ;*****
000019 0000 ;
000020 0000 ;Notes de documentation
000021 0000 ;-----
000022 0000 ;
000023 0000 ;1. La programmation a ete faite de facon modulaire. Le numero affecte a
000024 0000 ; chaque module indique sa position sur le diagramme hierarchique.
000025 0000 ;
000026 0000 ;2. Les symboles utilisent, en general, une forme abregee du nom du module
000027 0000 ; auquel ils se rapportent. Exemples pour module SaisSign:
000028 0000 ; Etiquettes: SSign1, SSign3.1, SSignFin;
000029 0000 ; Variable : USSign1;
000030 0000 ; Constante : MSSign1.
000031 0000 ;
000032 0000 ;3. Les variables globales sont definies au debut du module MON; les
000033 0000 ; variables locales le sont au debut de chaque module.
000034 0000 ;
000035 0000 ;4. Les sous-routines utilitaires (interface avec clavier, affichage et lien
000036 0000 ; serial, etc.) ont ete regroupees dans une categorie (700).
000037 0000 ;
000038 0000 ;include( adr.asm)
000039 0000 ;
000040 0000 ;*****
000041 0000 ;ADRESSES DU SYSTEME
000042 0000 ;
000043 0000 ; $0000 - $1FFF RAM 8k
000044 0000 ; $2000 - $3FFF RAM 8k
000045 0000 ; $4000 - $5FFF RAM 8k
000046 0000 ; $6000 - $6001 Affichage LCD
000047 0000 ; $7000 - $7003 ACIA
000048 0000 ; $8000 - $800F UIA #0
000049 0000 ; $9000 - $900F UIA #1
000050 0000 ; $A000 - $BFFF EPROM 8k
000051 0000 ; $C000 - $FFFF EPROM 8 ou 16k
000052 0000 ;
000053 0000 ;-----
000054 0000 ;MEMOIRES VIVES STATIQUES
000055 0000 ;
000056 0000 .equ Ram1, h'0000 ;1x8k (U2)
000057 2000 .equ Ram2, h'2000 ;2x8k (U3)
000058 4000 .equ Ram3, h'4000 ;3x8k (U4)
000059 0000 ;-----
000060 0000 ;AFFICHAGE A CRISTAUX LIQUIDES
000061 0000 ;
000062 6000 .equ Lcd, h'6000 ;
000063 6000 .equ LcdIA, Lcd ;Registre d'instructions
000064 6001 .equ LcdDA, Lcd+h'1 ;Registre de donnees
000065 0000 ;-----
000066 0000 ;INTERFACE DE COMMUNICATION SERIELLE RS-232C (ACIA 6551)
000067 0000 ;
000068 7000 .equ Acia, h'7000 ;
000069 7000 .equ AciaDA, Acia ;Registre de donnees
000070 7001 .equ AciaSA, Acia+h'1 ; " statut/remise a zero
000071 7002 .equ AciaCOM,Acia+h'2 ; " commande
000072 7003 .equ AciaCA, Acia+h'3 ; " controle
000073 0000 ;-----
000074 0000 ;INTERFACES POLYVALENTS D'ENTREE/SORTIE (UIAs 6522)
000075 0000 ;
000076 0000 ;Description des ports ;-----
000077 0000 ;(Voir aussi module Uialnit) ;PORT A (UIA #1)

```

```

000078 0000      ;(pour details sur initia- ) ;SELECTION DE L'ACCELEROMETRE ET DU GAIN
000079 0000      ;(lisation des registres. ) ;PA0: S Multiplexeur d'entree LSB
000080 0000      ;PA1: S      "      "
000081 0000      ;PA2: S      "      "      MSB
000082 0000      ;PA3: S Selection du gain LSB
000083 0000      ;PA4: S      "      "
000084 0000      ;PA5: S      "      "      MSB
000085 0000      ;PA6: E Inutilise
000086 0000      ;PA7: E      "
000087 0000      ;CA1:      "
000088 0000      ;CA2:      "
000089 0000      ;-----
000090 0000      ;PORT B (UIA #1)
000091 0000      ;CONVERSION ANALOGIQUE-NUMERIQUE
000092 0000      ;PB0: S Selection du parametre LSB
000093 0000      ;PB1: S      "      "
000094 0000      ;PB2: S      "      "      MSB
000095 0000      ;PB3: E Inutilise
000096 0000      ;PB4: E      "
000097 0000      ;PB5: E      "
000098 0000      ;PB6: S Activation du CAN
000099 0000      ;PB7: S Signal de test interne du moniteur
001000 0000      ;CB1: S Horloge pour CAN
001001 0000      ;CB2: E Sortie du CAN
001002 0000      ;-----
001003 0000      ;PORT C (PORT A, UIA #0)
001004 0000      ;INTERFACE-CLAVIER
001005 0000      ;PC0: S Rangee 1 du clavier
001006 0000      ;PC1: S      " 2      "
001007 0000      ;PC2: S      " 3      "
001008 0000      ;PC3: S      " 4      "
001009 0000      ;PC4: E Colonne 1      "
001010 0000      ;PC5: E      " 2      "
001011 0000      ;PC6: E      " 3      "
001012 0000      ;PC7: E Contact Marche/Arret equip. surveille
001013 0000      ;CC1: E Interruption par touche ATT
001014 0000      ;CC2: Inutilise
001015 0000      ;-----
001016 0000      ;PORT D (PORT B, UIA #0)
001017 0000      ;COMMANDE DES INDICATEURS
001018 0000      ;PD0: S Indicateur OK (moniteur OK)
001019 0000      ;PD1: S      " PANNE (moniteur EN PANNE)
001020 0000      ;PD2: S      " INADMISSIBLE
001021 0000      ;PD3: S      " SEVERE
001022 0000      ;PD4: S      " TOLERABLE
001023 0000      ;PD5: S      " SATISFAISANT
001024 0000      ;PD6: S      " BON
001025 0000      ;PD7: S      " libre
001026 0000      ;CD1:      "
001027 0000      ;CD2:      "
001028 0000      ;-----
001029 8000      .equ UD,      h'8000      ;UIA0: commande des E/S
001030 8000      .equ UD_0AD, UD+h'0      ;Port D: commande des indicateurs
001031 8001      .equ UD_0AC, UD+h'1      ;Port C: interface-clavier
001032 8002      .equ UD_0AD0, UD+h'2      ;
001033 8003      .equ UD_0D0C, UD+h'3      ;
001034 8004      .equ UD_T1CL, UD+h'4      ;
001035 8005      .equ UD_T1CH, UD+h'5      ;
001036 8006      .equ UD_T1LL, UD+h'6      ;
001037 8007      .equ UD_T1LH, UD+h'7      ;
001038 8008      .equ UD_T2CL, UD+h'8      ;
001039 8009      .equ UD_T2CH, UD+h'9      ;
001040 800A      .equ UD_SA, UD+h'A      ;
001041 800B      .equ UD_ACR, UD+h'B      ;
001042 800C      .equ UD_PCR, UD+h'C      ;
001043 800D      .equ UD_IFA, UD+h'D      ;
001044 800E      .equ UD_IER, UD+h'E      ;
001045 800F      .equ UD_01RA, UD+h'F      ;
001046 0000      ;-----
001047 9000      .equ U1,      h'9000      ;UIA1: commande la carte analogique
001048 9000      .equ U1_0RB, U1+h'0      ;Port B: conversion analogique-numerique
001049 9001      .equ U1_0RA, U1+h'1      ;Port A: selection de l'acceler. et du gain
001050 9002      .equ U1_0D0B, U1+h'2      ;
001051 9003      .equ U1_0D0A, U1+h'3      ;
001052 9004      .equ U1_T1CL, U1+h'4      ;
001053 9005      .equ U1_T1CH, U1+h'5      ;
001054 9006      .equ U1_T1LL, U1+h'6      ;

```

```

000155 9007      .equ  U1_T1LH,U1+h'7      ;
000156 9008      .equ  U1_T2CL,U1+h'8      ;
000157 9009      .equ  U1_T2CH,U1+h'9      ;
000158 900A      .equ  U1_SR,  U1+h'A      ;
000159 900B      .equ  U1_ACR, U1+h'B      ;
000160 900C      .equ  U1_PCR, U1+h'C      ;
000161 900D      .equ  U1_IFR, U1+h'D      ;
000162 900E      .equ  U1_IER, U1+h'E      ;
000163 900F      .equ  U1_DIRA,U1+h'F      ;
000164 0000      ;-----
000165 0000      ;MEMOIRES PROGRAMMABLES
000166 0000      ;
000167 E000      .equ  Eprom1, h'E000      ;1x8k (U8)
000168 C000      .equ  Eprom2, h'C000      ;1x16k (U8)
000169 A000      .equ  Eprom3, h'A000      ;Comme Eprom2 + 1x8k (U7 a h'A000)
000170 0000      ;-----
000171 0000      ;INTERRUPTIONS
000172 0000      ;
000173 FFF6      .equ  FIRQ,  h'FFF6      ;
000174 FFF8      .equ  IRQ,   h'FFF8      ;
000175 FFFC      .equ  NMI,  h'FFFC      ;
000176 FFFE      .equ  RESET, h'FFFE      ;
000177 0000      ;-----
000178 0000      ;SEGMENTS
000179 0000      ;
000180 0000      .segment Variables      ;Pour variables en RAM
000181 0000      .segment Programme      ;Pour modules et constantes en EPROM
000182 0000

```

```

000183 0000 ; Module principal: Mon
000184 0000 ; *****
000185 0000 ; MOH: Moniteur industriel de vibrations
000186 0000 ;
000187 0000 ; FONCTION
000188 0000 ; Ce module effectue la surveillance continue des vibrations d'une machine
000189 0000 ; tournante. Il effectue la mesure de l'intensite vibratoire et determine a
000190 0000 ; quel echelon parmi les 5 predefinis le niveau se situe. De plus, il
000191 0000 ; effectue une analyse frequentielle par Transformee Rapide de Fourier.
000192 0000 ;
000193 0000 ; PROCEDURE
000194 0000 ; Les signaux en provenance de 7 accelereometres sont echantillonnees, puis le
000195 0000 ; niveau global de vibrations et les composantes frequentielles sont ex-
000196 0000 ; traits et les indicateurs et contacts sont actives selon les seuils pre-
000197 0000 ; definis. Les resultats de l'echantillonnage et de l'analyse spectrale
000198 0000 ; peuvent etre transmis sur le lien RS-232.
000199 0000 ;
000200 0000 ; HIERARCHIE
000201 0000 ; Sup: Aucun
000202 0000 ; Inf: IntAlim et Inter (par interruption)
000203 0000 ; Diagnost, SaieSign, AnalRes, Comsor
000204 0000 ;-----
000205 0E55 ; Variables ;Sauf indication contraire: 00=non, FF=oui.
000206 0000 .org Ram1 ;
000207 0000 ReqClav: .rs 1 ;Requete clavier
000208 0001 ReqSer: .rs 1 ;Requete serielle
000209 0002 ; = 0: Non
000210 0002 ; = 1: Oui, donnees echantillonnees
000211 0002 ; - 2: Oui, resultats de Fourier
000212 0002 ; = 3: Les deux
000213 0002 AccActif: .rs 1 ;Accelerometres actifs (bits 1 a 7)
000214 0003 Acceler: .rs 1 ;Numero de l'accelerometre selectionne:
000215 0004 ; - 1 a 7 = Accelerometres
000216 0004 ; - 8 = Signal-test
000217 0004 Param: .rs 1 ;Numero du parametre: 1 a 8
000218 0005 ; - 1 = Accel1 (entree directe)
000219 0005 ; - 2 = Accel2 (entree amplifiee)
000220 0005 ; - 3 = AccelCr (acceleration crete)
000221 0005 ; - 4 = Vitess1 (acceleration integree)
000222 0005 ; - 5 = Vitess2 (vitesse filtree)
000223 0005 ; - 6 = IntUibr (Intensite vibratoire)
000224 0005 ; - 7 = Cinq (5 volts)
000225 0005 ; - 8 = Zero (0 volts)
000226 0005 Gain: .rs 1 ;Valeur du gain: 1 a 8
000227 0006 ;1=1.55 3=15.7 5=163 7=1580
000228 0006 ;2=4.59 4=45.1 6=456 8=4030
000229 0006 Marche: .rs 1 ;Indicateur de marche de machine surveillee
000230 0007 Panne: .rs 1 ;Indicateur de panne du moniteur
000231 0008 Niveau: .rs 7 ;Niveaux vibratoires des accelereometres
000232 000F NiuGain: .rs 7 ;Gains associes aux niveaux vibratoires
000233 0016 NiuEchel: .rs 7 ;Echelons relies aux niveaux
000234 001D ;(les seuils sont definis dans AnalRes)
000235 001D Echelon: .rs 1 ;Echelon global de vibrations (1-5)
000236 F484 Programme ;
000237 E000 .org Eproal ;
000238 E000 ;-----
000239 E000 Moniteur: ;INITIALISER LE SYSTÈME
000240 E000 10CE1FFF lds #Ram2-1 ;Pointeur de pile
000241 E004 8DF254 jsr LcdInit ;Affichage
000242 E007 8DF31E jsr Uialnit ;Entrees/sorties
000243 E008 8DF371 jsr Aciainit ;Lien seriel
000244 E000 ;-----
000245 E000 ;INITIALISER LES VARIABLES
000246 E000 8EE058 ldx #MInit ;Afficher message d'initialisation
000247 E010 8DF2D0 jsr LcdMess ;
000248 E013 8DF50C jsr Del500ms ;
000249 E016 8600 lda #0 ;
000250 E018 9701 sta ReqSer ;
000251 E01A 9707 sta Panne ;Pas de panne
000252 E01C 9702 sta AccActif ;Aucun accelereometre actif
000253 E01E 8E0008 ldx #Niveau ;Niveaux = 0
000254 E021 6F80 Man1: clr ,X+ ;
000255 E023 8C000F cmpx #(Niveau+7) ;
000256 E026 26F9 bne Man1 ;
000257 E028 8E000F ldx #NiuGain ;Gains des niveaux = 0
000258 E02B 6F80 Man2: clr ,X+ ;
000259 E02D 8C0016 cmpx #(NiuGain+7) ;

```



```

000260 E030 26F9          bne Mon2          ;
000261 E032 8601          lda #1            ;
000262 E034 9703          sta Acceler      ;Valeur = 1 par defaut
000263 E036 9704          sta Param       ;
000264 E038 9705          sta Gain        ;
000265 E03A 971D          sta Echelon     ;
000266 E03C 86FF          lda #h'FF       ;
000267 E03E 9706          sta Marche      ;Machine surveillee arretee par defaut
000268 E040          ;-----
000269 E040 BDE5AB        jsr Diagnost     ;EFFECTUER VERIFICATION INTERNE
000270 E043          ;(cul-de-sac si un probleme est detecte)
000271 E043          ;-----
000272 E043 80F10E       jsr ComSor       ;INITIALISER LES SORTIES
000273 E046          ;-----
000274 E046          ;DEBUTER LE PROGRAMME
000275 E046 86F7          lda #b'11110111 ;Preparer interruptions par cle ATT
000276 E048 B78001       sta UO_ORC      ;
000277 E048 1CEF          andcc #h'EF     ;Permettre les interruptions
000278 E04D          ;-----
000279 E04D          ;EFFECTUER LA SURVEILLANCE
000280 E04D 8DE6C2        jsr SaisSign    ;Saisir les signaux
000281 E050 8DF0AA        jsr AnalRes     ;Analyser les resultats
000282 E053 8DF10E       jsr ComSor      ;Commander les sorties
000283 E056 20F5          MonFin: bra MonSurv ;Recommencer
000284 E058          ;-----
000285 E058 496E697469616C69 MInit: .db "Initialisation&"
000286 E060 73617469666E26          ;-----
000286 E067          ;FICHIERS "INCLUDE"
000287 E067          ;include( IntAlim.asm) ;Traiter les interruptions d'alimentation
000288 E067          ;include( Inter.asm)  ;Traiter les interruptions clavier et Acia
000289 E067          ;include( Diagnost.asm) ;Effectuer une verification Interne
000290 E067          ;include( SaisSign.asm) ;Saisir les signaux et effectuer la TRF
000291 E067          ;include( AnalRes.asm) ;Analyser resultats et deduire les sorties
000292 E067          ;include( ComSor.asm)  ;Commander les sorties selon le resultat
000293 E067          ;include( SousRout.asm) ;Sous-routines utilitaires diverses
000294 E067

```

```

000295 E067 ; Module 100: IntAlim
000296 E067 ;*****
000297 E067 ; INTALIM: Traiter l'interruption d'alimentation
000298 E067 ;
000299 E067 ; FONCTION
000300 E067 ; Ce module est insere ici pour developpement futur. Aucune circuiterie
000301 E067 ; n'est prevue sur le prototype pour generer une interruption FIRQ.
000302 E067 ;-----
000303 E067 3B IntAlim: rti ;Insérer les instructions desirées, a etre
000304 E068 ;effectuees lors d'appels par FIRQ.
000305 E068 ;-----
000306 E068 ;
000307 E068 ; Module 200: Inter
000308 E068 ;*****
000309 E068 ; INTER: Traiter les interruptions
000310 E068 ;
000311 E068 ; FONCTION
000312 E068 ; Ce module traite les interruptions generees sur la broche IRQ.
000313 E068 ;
000314 E068 ; PROCEDURE
000315 E068 ; Les registres de statut des UIA et de l'Acia sont verifiés pour indenti-
000316 E068 ; fier la provenance de l'interruption. La sous-routine appropriée est
000317 E068 ; ensuite appelee.
000318 E068 ;
000319 E068 ; HIERARCHIE
000320 E068 ; Sup: Mon (par interruption IRQ)
000321 E068 ; Inf: InterCla, InterSer
000322 E068 ;
000323 E068 ; POSSIBILITES FUTURES
000324 E068 ; Retourner au module principal par un Goto apres une interruption du cla-
000325 E068 ; vier, et debuter un nouveau cycle de surveillance plutot que de retourner
000326 E068 ; a l'endroit ou l'interruption a eu lieu.
000327 E068 ;-----
000328 E068 B6800D Inter: lda UO_IFR ;Lire le registre d'interruption de UO
000329 E068 2A27 bpl IntU1 ;Desactive; verifier U1
000330 E06D 48 asla ;Active; trouver la source de l'interruption
000331 E06E ;en faisant glisser les bits vers la gauche
000332 E06E ;et en testant le bit de retenue
000333 E06E 48 asla ;Bit 6 = T1
000334 E06F 2402 bcc Int5 ;
000335 E071 2026 bra InterEr ;
000336 E073 48 Int5: asla ;Bit 5 = T2
000337 E074 2402 bcc Int6 ;
000338 E076 2021 bra InterEr ;
000339 E078 48 Int6: asla ;Bit 4 = CB1
000340 E079 2402 bcc Int7 ;
000341 E07B 201C bra InterEr ;
000342 E07D 48 Int7: asla ;Bit 3 = CB2
000343 E07E 2402 bcc Int8 ;
000344 E080 2017 bra InterEr ;
000345 E082 48 Int8: asla ;Bit 2 = SR
000346 E083 2402 bcc Int9 ;
000347 E085 2012 bra InterEr ;
000348 E087 48 Int9: asla ;Bit 1 = CA1 (cle ATT)
000349 E088 2405 bcc Int10 ;
000350 E08A BDE09C jsr InterCla ;Traiter l'interruption du clavier
000351 E08D ;insérer ici les instructions pour reinitia-
000352 E08D ;liser la pile et les sorties, et pour re-
000353 E08D ;tourner au debut de Mon
000354 E08D 200A bra InterFin ;
000355 E08F 48 Int10: asla ;Bit 0 = CA2
000356 E090 2407 bcc InterEr ;
000357 E092 2005 bra InterEr ;
000358 E094 ;-----
000359 E094 IntU1: ;Pas d'interruption possible de U1
000360 E094 ;L'etiquette est placee ici pour applications
000361 E094 ;futures
000362 E094 ;-----
000363 E094 IntAcia: lda AciaSR ;INTERRUPTION DE L'ACIA
000364 E094 ;bpl InterEr ;Une version precedente du module verifiait
000365 E094 BDE550 jsr InterSer ;que l'interruption provenait bien de l'Acia
000366 E097 200D bra InterFin ;en lisant le registre de statut AciaSR.
000367 E099 ;Dans la negative, un message d'erreur etait
000368 E099 ;genere.
000369 E099 ;Cette methode creait des problemes lorsque
000370 E099 ;l'Acia etait occupe a transmettre. Parfois
000371 E099 ;un message d'erreur etait genere sans raison

```

```

000372 E099 ;Source possible mais non confirmee:
000373 E099 ;La lecture de l'Acia reinitialise le bit
000374 E099 ;d'interruption de AciaSR. Puisque ce regis-
000375 E099 ;tre est lu constamment lors de la transmis-
000376 E099 ;sion (module AciaPret), il est possible que
000377 E099 ;AciaSR soit reinitialise tout juste apres
000378 E099 ;l'interruption, avant que InterSer ne l'ait
000379 E099 ;traitee.
000380 E099 ;Ces instructions ont ete desactivees.
000381 E099 ;-----
000382 E099 InterEr: ;PREU POUR TEST NEGATIF
000383 E099 ;-----
000384 E099 ICEF InterFin: andcc #h'EF ;Permettre les interruptions
000385 E09B 3B rti ;
000386 E09C ; Module 210: InterCla
000387 E09C ;*****
000388 E09C ; INTERCLA: Traiter l'interruption du clavier
000389 E09C ;
000390 E09C ; FONCTION
000391 E09C ; Ce module traite l'interruption generee par le clavier.
000392 E09C ;
000393 E09C ; PROCEDURE
000394 E09C ; La requete du clavier est traitee immediatement. Les interruptions du
000395 E09C ; clavier sont interdites pendant le traitement.
000396 E09C ;
000397 E09C ; HIERARCHIE
000398 E09C ; Sup: Inter
000399 E09C ; Inf: Aucun
000400 E09C ;-----
000401 E09C 86FF InterCla: lda #h'FF ;Enregistrer la requete
000402 E09E 9700 sta ReqClav ;
000403 E0A0 8602 lda #b'00000010 ;Interdire interruptions du clavier (CA1 U0)
000404 E0A2 87800E sta UO_LER ;
000405 E0A5 8DE0B6 jsr SaisClav ;Saisir le clavier
000406 E0A8 86F7 lda #b'11110111 ;Preparer la touche ATT pour de nouvelles
000407 E0AA 878001 sta UO_ORC ;interruptions
000408 E0AD 8682 lda #b'10000010 ;Permettre interruptions du clavier (CA1 U0)
000409 E0AF 87800E sta UO_LER ;
000410 E0B2 8DF532 jsr MessSurv ;
000411 E0B5 39 rts ;
000412 E0B6 ;-----
000413 E0B6 ;include( SaisClav.asm)
000414 E0B6 ; Module 210: SaisClav
000415 E0B6 ;*****
000416 E0B6 ; SAISCLAV: Saisir le clavier
000417 E0B6 ;
000418 E0B6 ; FONCTION
000419 E0B6 ; Ce module remplit les fonctions demandees par l'intermediaire du clavier,
000420 E0B6 ; c'est-a-dire:
000421 E0B6 ; 1-Afficher les resultats
000422 E0B6 ; 2-Modifier les accelereometres
000423 E0B6 ; 3-Etalonner les accelereometres
000424 E0B6 ;
000425 E0B6 ; HIERARCHIE
000426 E0B6 ; Sup: InterCla
000427 E0B6 ; Inf: AffRes, ModAcc, Etalon
000428 E0B6 ;-----
000429 E0B6 8DF2A1 SaisClav: jsr LcdEff ;
000430 E0B9 8EE124 idx #NMode ;Afficher "Mode? 1, 2, 3"
000431 E0BC 8DF2D0 jsr LcdMess ;
000432 E0BF 108E0009 ldy #9 ;Mettre compteur Y a 9
000433 E0C3 8640 SC1: lda #h'40 ;
000434 E0C5 8EE139 idx #NMode1 ;Afficher "1-Afficher resultats"
000435 E0C8 8DF2CB jsr LcdMessA ;
000436 E0CB 8DF50C jsr Del500ms ;
000437 E0CE 8DF46E jsr ClaLir ;Verifier le clavier
000438 E0D1 4D tsta ;
000439 E0D2 2A28 bpl SC2 ;
000440 E0D4 8640 lda #h'40 ;
000441 E0D6 8EE14E idx #NMode2 ;Afficher "2-Modifier parametres"
000442 E0D9 8DF2CB jsr LcdMessA ;
000443 E0DC 8DF50C jsr Del500ms ;
000444 E0DF 8DF46E jsr ClaLir ;Verifier le clavier
000445 E0E2 4D tsta ;
000446 E0E3 2A17 bpl SC2 ;
000447 E0E5 8640 lda #h'40 ;
000448 E0E7 8EE163 idx #NMode3 ;Afficher "3-Etalonner"

```

```

000449 E0EA BDF2CB          jsr LcdMessA          ;
000450 E0E0 BDF50C          jsr Del500ms         ;
000451 E0F0 BDF46E          jsr ClaLir           ;Verifier le clavier
000452 E0F3 4D             tata                ;
000453 E0F4 2A06           bpl SC2             ;
000454 E0F6 313F           leay -1,V           ;Decrementer compteur V
000455 E0F8 26C9           bne SC1             ;Affiche message 9 fois?
000456 E0FA 86FF           lda #'h'FF          ;
000457 E0FC 8101           SC2: cma #1           ;Touche 1 enfoncee
000458 E0FE 2605           bne SC3             ;Non, touche suivante
000459 E100 8DE18D          jsr AffRes           ;Oui, afficher resultats
000460 E103 201E           bra SCFin           ;Termine
000461 E105 8102           SC3: cma #2           ;Touche 2 enfoncee
000462 E107 2605           bne SC4             ;Non, touche suivante
000463 E109 8DE263          jsr ModAcc           ;Oui, modifier les accelerometres
000464 E10C 2015           bra SCFin           ;Termine
000465 E10E 8103           SC4: cma #3           ;Touche 3 enfoncee
000466 E110 2605           bne SC5             ;Non, touche invalide
000467 E112 8DE3AE          jsr Etalon           ;Oui, etalonner les accelerometres
000468 E115 200C           bra SCFin           ;Termine
000469 E117 BDF2A1          SC5: jsr LcdEff       ;
000470 E11A 8EE178          ldx #MAnnul         ;Afficher "ANNULE"
000471 E11D BDF2D0          jsr LcdMess         ;
000472 E120 BDF50C          jsr Del500ms        ;
000473 E123 39             SCFin: rts          ;
000474 E124             ;-----
000475 E124 406F64653F20312C MMode: .db "Mode? 1, 2 ou 3 &"
E12C 2032206F75203320
E134 2020202026
000476 E139 312D416666696368 MModel: .db "1-Afficher resultats&"
E141 657220726573756C
E149 7461747326
000477 E14E 322D4D6F64696669 MMode2: .db "2-Modifier accel. &"
E156 657220616363656C
E15E 65722E2026
000478 E163 332D4574616C6F6E MMode3: .db "3-Etalonner &"
E16B 6E65722020202020
E173 2020202026
000479 E178 20202A2A2A202041 MAnnul: .db " *** ANNULE *** &"
E180 4E4E554C4520202A
E188 2A2A202026
000480 E18D             ;-----
000481 E18D             ;include( AffRes.asm)
000482 E18D             ;include( ModAcc.asm)
000483 E18D             ;include( Etalon.asm)
000484 E18D             ;
000485 E18D             ;*****
000486 E18D             ; AFFRES: Afficher les resultats
000487 E18D             ;
000488 E18D             ; FONCTION
000489 E18D             ; Ce module sert a afficher les dernieres valeurs de niveau vibratoire
000490 E18D             ; mesurees pour chaque accelerometre. Il est appele par une requete du
000491 E18D             ; clavier.
000492 E18D             ;
000493 E18D             ; PROCEDURE
000494 E18D             ; Le module demande le numero de l'accelerometre desire, puis affiche les
000495 E18D             ; valeurs de gain et de niveau vibratoire correspondantes. On peut ensuite
000496 E18D             ; demander un autre accelerometre. Le module retourne au programme
000497 E18D             ; principal apres un retour de chariot.
000498 E18D             ;
000499 E18D             ; HIERARCHIE
000500 E18D             ; Sup: SaisClav
000501 E18D             ; Inf: Aucun
000502 E18D             ;-----
000503 E18D BDF2A1          AffRes: jsr LcdEff       ;Afficher message-test
000504 E190 8EE218          ldx #MAffRes        ;
000505 E193 BDF2D0          jsr LcdMess         ;
000506 E196 BDF50C          jsr Del500ms        ;
000507 E199 BDF2A1          jsr LcdEff           ;Effacer l'affichage
000508 E19C 8EE22B          ldx #MARI           ;Afficher premiere ligne
000509 E19F BDF2D0          jsr LcdMess         ;
000510 E1A2 863F           lda #'?'            ;
000511 E1A4 BDF2FC          jsr LcdDon          ;
000512 E1A7 BDF280          jsr LcdClig1        ;Activer le clignotement du curseur
000513 E1AA 2010           bra ARI.1           ;
000514 E1AC BDF46E          ARI: jsr ClaLir       ;Lire le clavier
000515 E1AF 4D             rts                 ;Cle = FF, aucune cle enfoncee

```

```

000516 E1B0 2BFA          bmi AR1          ;Continuer a lire
000517 E1B2 2708          beq AR1.1       ;Cle = 00, non-valide
000518 E1B4 810B          cmpa #h'B       ;Cle = Retour, termine
000519 E1B6 275C          beq ARFin       ;
000520 E1B8 8107          cmpa #7         ;Cle <= 7 ?
000521 E1BA 2312          bls AR2         ;Oui, cle valide
000522 E1BC 8640          AR1.1: lda #h'40      ;Afficher "Choix..."
000523 E1BE 8EE24F        ldx #MChoix7    ;
000524 E1C1 8DF2CB        jsr LcdMessA    ;
000525 E1C4 8613          AR1.2: lda #h'13  ;Positionner le curseur a la fin de la
000526 E1C6 8DF2B3        jsr LcdPos      ;premiere ligne
000527 E1C9 8DF50C        jsr Del500ms   ;
000528 E1CC 20DE        bra AR1         ;Retourner lire le clavier
000529 E1CE
000530 E1CE
;-----
;CAS OU LA CLE EST URALIDE
000531 E1CE 9703          AR2:  sta Acceler ;Memoriser le numero de l'accelerometre
000532 E1D0 8EF4F5        ldx #ClatbAsc  ;Afficher cle
000533 E1D3 A686          lda A,X         ;Convertir en Ascii
000534 E1D5 8DF2FC        jsr LcdDon      ;Envoyer a l'affichage
000535 E1D8 8DF2B9        jsr LcdCursG    ;Reculer le curseur
000536 E1DB 8640          lda #h'40       ;Effacer la deuxieme ligne
000537 E1DD 8EF313        ldx #M0Blanc   ;
000538 E1E0 8DF2CB        jsr LcdMessA    ;
000539 E1E3 8EF313        ldx #M10Blanc  ;
000540 E1E6 8DF2D0        jsr LcdMess     ;
000541 E1E9 8640          lda #h'40       ;Afficher "Gain= "
000542 E1EB 8EE23F        ldx #MGain     ;
000543 E1EE 8DF2CB        jsr LcdMessA    ;
000544 E1F1 9603          lda Acceler    ;Afficher le gain
000545 E1F3 4A           deca           ;Position 0 dans la table = accelerometre 1
000546 E1F4 8E000F        ldx #NivGain   ;
000547 E1F7 A686          lda A,X         ;
000548 E1F9 8DF517        jsr HexAsc     ;Convertir et afficher
000549 E1FC 864A          lda #h'4A      ;Afficher "Valeur="
000550 E1FE 8EE547        ldx #NValeur   ;
000551 E201 8DF2CB        jsr LcdMessA    ;
000552 E204 9603          lda Acceler    ;Afficher le gain
000553 E206 4A           deca           ;
000554 E207 8E0008        ldx #Niveau    ;
000555 E20A A686          lda A,X         ;
000556 E20C 8DF517        jsr HexAsc     ;Convertir et afficher
000557 E20F 8DF505        jsr Del1sec    ;
000558 E212 20B0        bra AR1.2      ;
000559 E214 8DF277        ARFin: jsr LcdClig0  ;Desactiver le clignotement
000560 E217 39           rts            ;
;-----
000561 E218
000562 E218 4166666963686572 MAffRes: .db "Afficher resultats&"
E220 20726573756C7461
E228 747326
000563 E228 4E69766561752076 MARR1: .db "Niveau vibratoire %&"
E233 69627261746F6972
E238 65202326
000564 E23F 4761696E302026 MGain: .db "Gain= %&"
000565 E246 4E69766561753020 MNiveau: .db "Niveau= %&"
E24E 26
000566 E24F 43686F69783A2031 MChoix7: .db "Choix: 1-7 ou Retour"
E257 2037206F75205265
E25F 746F7572
000567 E263
000568 E263 ; Module 212: ModAcc
000569 E263 ;*****
000570 E263 ; MODACC: Modifier les accelerometres
000571 E263 ;
000572 E263 ; FONCTION
000573 E263 ; Ce module permet de definir la configuration du systeme, c'est-a-dire de
000574 E263 ; specifier quels accelerometres sont relies au moniteur.
000575 E263 ;
000576 E263 ; PROCEDURE
000577 E263 ; Le module affiche deux lignes sur le LCD:
000578 E263 ; 1: Acceler. en fonction:
000579 E263 ; 2: Rucun, ou le numero des accelerometres actifs
000580 E263 ; Par exemple: 1, 3, 7
000581 E263 ; Pour activer ou desactiver les accelerometres, on appuie simplement sur
000582 E263 ; les clees du clavier correspondant au numero desire. On utilise la touche
000583 E263 ; Renvoi pour revenir en mode surveillance.
000584 E263 ;
000585 E263 ; POSSIBILITES FUTURES

```

```

000586 E263 ; Pour l'instant, le moniteur n'accepte que des accelereometres de 10mU/g.
000587 E263 ; Ce module pourra etre modifie plus tard pour accepter des sensibilites
000588 E263 ; variables.
000589 E263 ;
000590 E263 ; HIERARCHIE
000591 E263 ; Sup: SaisClou
000592 E263 ; Inf: Aucun
000593 E263 ;-----
000594 001E Variables ;
000595 001E Uirgule: .rs 1 ;Uirgule requise (FF) ou non (00)
000596 E263 Programme ;-----
000597 E263 80F2A1 ModAcc: jsr LcdEff ;
000598 E266 8EE36C ldx #ModAcc ;
000599 E269 80F2D0 jsr LcdMess ;
000600 E26C 80F50C jsr Del500ms ;
000601 E26F 80F2A1 jsr LcdEff ;
000602 E272 8EE380 ldx #MNP1 ;Afficher ligne 1: "Acceler. en fonction"
000603 E275 80F2D0 jsr LcdMess ;
000604 E278 0F1E MP1: clr Uirgule ;Pas de virgule pour commencer
000605 E27A 8640 lda #h'40 ;Effacer deuxieme ligne
000606 E27C 8EF313 ldx #M10Blanc ;
000607 E27F 80F2CB jsr LcdMessa ;
000608 E282 8EF313 ldx #M10Blanc ;
000609 E285 80F2D0 jsr LcdMess ;
000610 E288 8640 lda #h'40 ;
000611 E28A 80F2B3 jsr LcdPos ;
000612 E28D 0602 ldb AccActif ;
000613 E28F 2609 bne MP2.1 ;AccActif <> 0 ?
000614 E291 8EE394 ldx #MNP2 ;Non, afficher ligne 2: Aucun
000615 E294 80F2D0 jsr LcdMess ;
000616 E297 160087 lbra MP3 ;
000617 E29A 54 MP2.1: lsrb ;Bit 0 inutilise
000618 E29B 54 lsrb ;
000619 E29C 2409 bcc MP2.2 ;Bit 1 = 0 ?
000620 E29E 8631 lda #'1' ;Non, accel. 1 est actif
000621 E2A0 80F2FC jsr LcdDon ;
000622 E2A3 86FF lda #h'FF ;
000623 E2A5 971E sta Uirgule ;Uirgule requise pour le chiffre suivant
000624 E2A7 54 MP2.2: lsrb ;
000625 E2A8 2412 bcc MP2.3 ;Bit 2 = 0 ?
000626 E2AA lsrb ;Non, accel. 2 est actif
000627 E2AA 001E tst Uirgule ;Uirgule requise?
000628 E2AC 2705 beq MP2.21 ;
000629 E2AE 862C lda #',' ;
000630 E2B0 80F2FC jsr LcdDon ;
000631 E2B3 8632 MP2.21: lda #'2' ;
000632 E2B5 80F2FC jsr LcdDon ;
000633 E2B8 86FF lda #h'FF ;Uirgule requise pour le chiffre suivant
000634 E2BA 971E sta Uirgule ;
000635 E2BC 54 MP2.3: lsrb ;
000636 E2BD 2412 bcc MP2.4 ;Bit 3 = 0 ?
000637 E2BF lsrb ;Non, accel. 3 est actif
000638 E2BF 001E tst Uirgule ;Uirgule requise?
000639 E2C1 2705 beq MP2.31 ;
000640 E2C3 862C lda #',' ;
000641 E2C5 80F2FC jsr LcdDon ;
000642 E2C8 8633 MP2.31: lda #'3' ;
000643 E2CA 80F2FC jsr LcdDon ;
000644 E2CC 86FF lda #h'FF ;Uirgule requise pour le chiffre suivant
000645 E2CF 971E sta Uirgule ;
000646 E2D1 54 MP2.4: lsrb ;
000647 E2D2 2412 bcc MP2.5 ;Bit 4 = 0 ?
000648 E2D4 lsrb ;Non, accel. 4 est actif
000649 E2D4 001E tst Uirgule ;Uirgule requise?
000650 E2D6 2705 beq MP2.41 ;
000651 E2D8 862C lda #',' ;
000652 E2DA 80F2FC jsr LcdDon ;
000653 E2DD 8634 MP2.41: lda #'4' ;
000654 E2DF 80F2FC jsr LcdDon ;
000655 E2E2 86FF lda #h'FF ;Uirgule requise pour le chiffre suivant
000656 E2E4 971E sta Uirgule ;
000657 E2E6 54 MP2.5: lsrb ;
000658 E2E7 2412 bcc MP2.6 ;Bit 5 = 0 ?
000659 E2E9 lsrb ;Non, accel. 5 est actif
000660 E2E9 001E tst Uirgule ;Uirgule requise?
000661 E2EB 2705 beq MP2.51 ;
000662 E2ED 862C lda #',' ;

```

000670 E E

0 693 E DD

000716 E35F 9R02

00733 E3

Module

```

000734 E3AE ; selectionnant l'accelerometre, le parametre et le gain desires. La valeur
000735 E3AE ; lue au convertisseur analogique a numerique est ensuite affichee.
000736 E3AE ;
000737 E3AE ; HIERARCHIE
000738 E3AE ; Sup: SoisClav
000739 E3AE ; Inf: SelAccel, MuxAccel, SelParam, MuxParam, SelGain, MuxGain, FairMes,
000740 E3AE ; AffMes
000741 E3AE ;-----
000742 E3AE BDF2A1 Etalon: jsr LcdEff ;
000743 E3B1 8EE3E2 ldx #NEtalon ;Afficher message-test
000744 E3B4 BDF200 jsr LcdMess ;
000745 E3B7 BDF50C jsr Del500ms ;
000746 E3BA BDE3EC Et1: jsr SelAccel ;Selectionner l'accelerometre
000747 E3B0 2B22 bmi EtFin ;= FF, termine
000748 E3B6 BDE421 jsr MuxAccel ;Regler le mux accelometre
000749 E3C2 BDE42E Et2: jsr SelParam ;Selectionner le parametre
000750 E3C5 2BF3 bmi Et1 ;= FF, retourner a accelometre
000751 E3C7 BDE47C jsr MuxParam ;Regler le mux parametre
000752 E3CA BDE4B9 Et3: jsr SelGain ;Selectionner le gain
000753 E3CD 2BF3 bmi Et2 ;= FF, retourner a parametre
000754 E3CF BDE4F6 jsr MuxGain ;Regler le mux gain
000755 E3D2 BDE50A Et4: jsr FairMes ;Faire une mesure
000756 E3D5 BDE536 jsr AffMes ;Afficher la mesure
000757 E3D8 BDF46E jsr ClaLir ;Lire le clavier
000758 E3DB 8108 cmpa #h'B ;Cle = * (retour)
000759 E3DD 27EB beq Et3 ;Oui, gain suivant
000760 E3DF 2DF1 bra Et4 ;Non, faire une autre mesure
000761 E3E1 39 EtFin: rts ;
000762 E3E2 ;-----
000763 E3E2 4574616C6F6E6E65 NEtalon: .db "Etalonner&"
E3EA 7226
000764 E3EC ; Module 213.1: SelAccel
000765 E3EC ;*****
000766 E3EC ; SELACCCEL: Selectionner l'accelerometre
000767 E3EC ;
000768 E3EC ;-----
000769 E3EC BDF2A1 SelAccel: jsr LcdEff ;
000770 E3EF 8EE416 ldx #MSelAcce ;Afficher "Acceler.*"
000771 E3F2 BDF200 jsr LcdMess ;
000772 E3F5 BDF2B9 jsr LcdCursG ;
000773 E3F8 BDF50C jsr Del500ms ;Delai avant de lire le clavier
000774 E3FB BDF444 jsr ClaChif1 ;Lire un chiffre au clavier
000775 E3FE 2706 beq SA1 ;Chiffre = 0 afficher "Choix..."
000776 E400 2B13 bmi SRFIn ;Chiffre = FF, termine
000777 E402 8108 cmpa #8 ;Chiffre <= 8?
000778 E404 2300 bls SA2 ;Oui, termine, memoriser la selection
000779 E406 8640 SA1: ldx #h'40 ;Afficher "Choix..."
000780 E408 8EE4E2 ldx #MSelChoi ;
000781 E40B BDF2CB jsr LcdMessA ;
000782 E40E BDF505 jsr Del1sec ;
000783 E411 2D09 bra SelAccel ;
000784 E413 9703 SA2: sta Acceler ;Mettre Acceler a chiffre
000785 E415 39 SRFIn: rts ;
000786 E416 ;-----
000787 E416 416363656C65722E MSelAcce: .db "Acceler.* &"
E41E 232026
000788 E421 ; Module 213.2: MuxAccel
000789 E421 ;*****
000790 E421 ; MUXACCCEL: Regler le multiplexeur d'accelerometres
000791 E421 ;
000792 E421 ;-----
000793 E421 869001 MuxAccel: ldx UI_ORA ;
000794 E424 84F8 anda #b'11111000 ;
000795 E426 9A03 oraa Acceler ;
000796 E428 8001 suba #1 ;
000797 E42A 879001 sta UI_ORA ;
000798 E42D 39 rts ;
000799 E42E ; Module 213.3: SelParam
000800 E42E ;*****
000801 E42E ; SELPARAM: Selectionner le parametre
000802 E42E ;
000803 E42E ;-----
000804 E42E 8640 SelParam: ldx #h'40 ;Effacer ligne 2
000805 E430 8EF313 ldx #MIOBlanc ;
000806 E433 BDF2CB jsr LcdMessA ;
000807 E436 8EF313 ldx #MIOBlanc ;
000808 E439 BDF200 jsr LcdMess ;

```



```

000809 E43C 860C          lda #h'0C          ;Afficher "Param.#"
000810 E43E 8EE473       idx #MselParam     ;
000811 E441 BDF2CB       jsr LcdMessA      ;
000812 E444 BDF2B9       jsr LcdCursG      ;
000813 E447 BDF50C       jsr Del500ms      ;Pour eviter de lire le retour de SelAccel
000814 E44A BDF444       jsr ClacHif1      ;Lire un chiffre au clavier
000815 E44D 2B23       bmi SPFin         ;Chiffre = FF, termine
000816 E44F 2704       beq SP1           ;Chiffre = 0, afficher "Choix..."
000817 E451 8108       cmpa #8           ;Chiffre <= 8?
000818 E453 2318       bls SP2           ;Oui, termine, memoriser la selection
000819 E455 8640       SP1: lda #h'40         ;
000820 E457 8EE4E2       idx #MselChoi     ;Afficher "Choix..."
000821 E45A BDF2CB       jsr LcdMessA      ;
000822 E45D BDF505       jsr Del1sec       ;
000823 E460 8640       lda #h'40         ;Effacer ligne 2
000824 E462 8EF313       idx #M10Blanc     ;
000825 E465 BDF2CB       jsr LcdMessA      ;
000826 E468 8EF313       idx #M10Blanc     ;
000827 E46B BDF2D0       jsr LcdMess       ;
000828 E46E 20BE       bra SelParam      ;
000829 E470 9704       SP2: sta Param     ;Mettre Param a chiffre
000830 E472 39         SPFin: rts         ;
000831 E473           ;-----
000832 E473 506172616D2E2320 MselPara: .db "Param.# &"
          E47B 26
000833 E47C           ;                               Module 213.4: FluxParam
000834 E47C           ;*****
000835 E47C           ; NUXPARAM: Regler le multiplexeur de parametres
000836 E47C           ;
000837 E47C           ;-----
000838 E47C 869000       FluxParam: lda U1_ORB ;
000839 E47F 84F8         anda #b'11111000 ;
000840 E481 9A04         ora Param         ;
000841 E483 8001         suba #1           ;
000842 E485 B79000       sta U1_ORB       ;
000843 E488 39         rts               ;
000844 E489           ;                               Module 213.5: SelGain
000845 E489           ;*****
000846 E489           ; SELGAIN: Selectionner le gain
000847 E489           ;
000848 E489           ; FONCTION
000849 E489           ; Ce module permet d'ajuster le gain manuellement en choisissant parmi les 8
000850 E489           ; niveaux possibles. Si desire, le module peut selectionner le gain automa-
000851 E489           ; tiquement.
000852 E489           ;-----
000853 E489 864A       SelGain: lda #h'4A ;
000854 E48B 8EF313       idx #M10Blanc     ;
000855 E48E BDF2CB       jsr LcdMessA      ;
000856 E491 8640       lda #h'40         ;
000857 E493 8EE40B       idx #MselGain     ;Afficher "Gain= "
000858 E496 BDF2CB       jsr LcdMessA      ;
000859 E499 BDF2B9       jsr LcdCursG      ;
000860 E49C BDF50C       jsr Del500ms      ;Pour eviter de lire le retour de SelParam
000861 E49F           ;-----
000862 E49F           ;SELECTIONNER LE GAIN
000863 E49F 86F444       jsr ClacHif1      ;Lire un chiffre au clavier
000864 E4A2 2B36       bmi SGFin         ;Chiffre=FF, termine
000865 E4A4 2708       beq SG1           ;Chiffre=0, afficher "Choix..."
000866 E4A6 8108       cmpa #8           ;Chiffre <= 8?
000867 E4A8 232E       bls SG2           ;Oui, termine, memoriser la selection
000868 E4AA 810A       cmpa #h'A         ;Option de gain automatique
000869 E4AC 271B       beq SG1.1         ;
000870 E4AE           ;-----
000871 E4AE           ;SELECTION INCORRECTE
000872 E4AE 8640       SG1: lda #h'40         ;Afficher "Choix..."
000873 E4B0 8EE4E2       idx #MselChoi     ;
000874 E4B3 BDF2CB       jsr LcdMessA      ;
000875 E4B6 BDF505       jsr Del1sec       ;
000876 E4B9 8640       lda #h'40         ;Effacer ligne 2
000877 E4BB 8EF313       idx #M10Blanc     ;
000878 E4BE BDF2CB       jsr LcdMessA      ;
000879 E4C1 8EF313       idx #M10Blanc     ;
000880 E4C4 BDF2D0       jsr LcdMess       ;
000881 E4C7 20C0       bra SelGain       ;
000882 E4C9           ;-----
000883 E4C9 8DE784       SG1.1: jsr GainAuto      ;SELECTIONNER LE GAIN AUTOMATIQUEMENT
000884 E4CC 9605         lda Gain          ;Afficher la valeur selectionnee

```

```

000885 E4CE 8EF4F5          ldx  *ClaTbAcc      ;
000886 E4D1 A686          lda  A,X            ;
000887 E4D3 BDF2FC       jsr  LcdDon         ;
000888 E4D6 20D2          bra  SGFin         ;
000889 E4D8              ;-----
000890 E4D8 9705          SG2:  sta  Gain     ;MEMORISER LE GAIN
000891 E4DA              ;-----
000892 E4DA 39          SGFin: rts         ;SORTIR DU MODULE
000893 E4DB              ;-----
000894 E4DB 4761696E232026 MSELGain: .db "Gain* &"
000895 E4E2 43686F69783A2031 MSELChoi: .db "Choix: 1-8,*, Retour"
E4EA 2D382C2A2C205265
E4F2 746F7572

000896 E4F6              ; Module 213.6: MuxGain
000897 E4F6              ;*****
000898 E4F6              ; MUXGAIN: Regler le multiplexeur de gains
000899 E4F6              ;
000900 E4F6              ;-----
000901 001F              ; Variables ;
000902 001F          Tempor: .rs 1      ;Tampon de calcul
000903 E4F6              ; Programme ;
000904 E4F6 869001       MuxGain: lda  U1_ORA ;
000905 E4F9 84C7          anda  *b'11000111  ;
000906 E4FB 971F          sta  Tempor       ;
000907 E4FD 9605          lda  Gain         ;
000908 E4FF 8001          suba  #1          ;
000909 E501 48          lsla ;
000910 E502 48          lsla ;
000911 E503 48          lsla ;
000912 E504 9A1F         oraa  Tempor      ;
000913 E506 879001       sta  U1_ORA      ;
000914 E509 39          rts             ;
000915 E50A              ; Module 213.7: FairMes
000916 E50A              ;*****
000917 E50A              ; FAIRMES: Faire une mesure
000918 E50A              ;
000919 E50A              ;-----
000920 0020              ; Variables ;
000921 0020          Mesure: .rs 1     ;Resultat de la mesure
000922 E50A              ; Programme ;
000923 E50A 8DE510       FairMes: jsr  Convert ;Faire une conversion
000924 E50D 972D          sta  Mesure     ;Memoriser le resultat
000925 E50F 39          rts             ;
000926 E510              ; Module 213.71: Convert
000927 E510              ;*****
000928 E510              ; CONUERT: Faire une conversion
000929 E510              ;
000930 E510              ; FONCTION
000931 E510              ; Ce module s'occupe de faire une conversion A->H unique, et laisse le
000932 E510              ; resultat dans A.
000933 E510              ;-----
000934 E510 F69000       Convert: ldb  U1_ORB ;Mettre CS* du CAN a 0 pour l'activer
000935 E513 C4BF          andb  *b'10111111 ;
000936 E515 F79000       stb  U1_ORB      ;
000937 E518 B6900A       lda  U1_SR       ;Lit valeur restante dans SR et demarre CB1
000938 E51B              ;Delai de lecture et conversion =15*17 =32us
000939 E51B 8606          lda  *h'6        ;2us
000940 E51D 8001          suba  #1         ;2us
000941 E51F 26FC          bne  C1          ;3us
000942 E521 B6900A       lda  U1_SR       ;Lit valeur restante dans CAN
000943 E524 8606          lda  *h'6        ;
000944 E526 8001          suba  #1         ;
000945 E528 26FC          bne  C2          ;
000946 E52A B6900A       lda  U1_SR       ;Lit nouvelle valeur convertie
000947 E52D F69000       ldb  U1_ORB      ;Mettre CS* du CAN a 1 pour le desactiver
000948 E530 CA4D          orab  *b'01000000 ;
000949 E532 F79000       stb  U1_ORB      ;
000950 E535 39          rts             ;
000951 E536              ; Module 213.8: AffMes
000952 E536              ;*****
000953 E536              ; AFFMES: Afficher la mesure
000954 E536              ;
000955 E536              ;-----
000956 E536 864A          AffMes: lda  *h'4A ;
000957 E538 8EE547       ldx  *NValeur    ;Afficher Valeur=
000958 E53B BDF2CB       jsr  LcdMessA    ;
000959 E53E 962D          lda  Mesure      ;

```

```

000960 E540 BDF517          jsr  HexAsc          ;Convertir les 2 octets Hex en codes Ascii
000961 E543 BDF50C          jsr  Del500ms        ;
000962 E546 39              rts                  ;
000963 E547                ;-----
000964 E547 56616C6575723D20 MValeur: .db "Valeur= &"
E54F 26
000965 E550
000966 E550
000967 E550                ;                               Module 220: InterSer
000968 E550                ;*****
000969 E550                ; INTERSER: Traiter l'interruption serielle
000970 E550                ;
000971 E550                ; FONCTION
000972 E550                ; Ce module traite les interruptions generees par l'ACIA, et signifiant que
000973 E550                ; des donnees ont ete recues sur le lien seriel RS-232. Les donnees sont
000974 E550                ; analysees et la requete identifiee et memorisee pour traitement ulterieur
000975 E550                ; par le module de communication.
000976 E550                ;
000977 E550                ; PROCEDURE
000978 E550                ; L'interruption est genereee par l'arrivee d'un caractere sur le lien seriel
000979 E550                ; Ce caractere recu est retourne pour acquiescer la transmission, puis est
000980 E550                ; memorise avec les deux caracteres precedents dans SerMess. Ces trois
000981 E550                ; derniers caracteres recus forment une requete dont la signification et
000982 E550                ; l'effet sont les suivants:
000983 E550                ;
000984 E550                ; 3 derniers          Effet sur
000985 E550                ; caracteres          Reponse          ReqSer          Signification de la requete
000986 E550                ; -----
000987 E550                ; AT0          OK          00          Arrêter de transmettre
000988 E550                ; AT1          --          01          Envoyer echantillons
000989 E550                ; AT2          --          02          Envoyer resultats TRF
000990 E550                ; AT3          --          03          Envoyer echantillons et resultats
000991 E550                ; xxG          --          8*          - Permission de transmettre si ReqSer
000992 E550                ;                ;                ;                etait 01, 02 ou 03
000993 E550                ;                ;                ;                - Aucune pour toute autre valeur
000994 E550                ; Autres       --          **          Aucune
000995 E550                ;
000996 E550                ; xx Non-pertinent
000997 E550                ; -- Aucune reponse autre que le dernier caractere recu
000998 E550                ; ** Valeur inchangee
000999 E550                ;
001000 E550                ; L'envoi des donnees se fait soit avant (echantillons), soit apres (resul-
001001 E550                ; tats), l'analyse par TRF. Le module AciEnv s'occupe de la transmission
001002 E550                ; des donnees.
001003 E550                ;
001004 E550                ; HIERARCHIE
001005 E550                ; Sup: Inter
001006 E550                ; Inf: Aucun
001007 E550                ;-----
001008 0021                Variables          ;
001009 0021                SerMess: .rs 3          ;Message serial = 3 derniers caracteres recus
001010 E550                Programme          ;
001011 E550                ;-----
001012 E550                InterSer:          ;MEMORISER LE DERNIER CARACTERE RECU
001013 E550 9622          lda  SerMess+1        ;Faire glisser les 2 derniers caracteres
001014 E552 9721          sta  SerMess          ;
001015 E554 9623          lda  SerMess+2        ;
001016 E556 9722          sta  SerMess+1        ;
001017 E558 B67000        lda  AciEnv          ;Lire le nouveau caractere
001018 E55B 9723          sta  SerMess+2        ;L'ajouter a la suite des 2 autres
001019 E55D BDF3B4        jsr  AciEnv          ;Retourner le caractere recu
001020 E560                ;-----
001021 E560                ; DONNER OU NON LA PERMISSION DE TRANSMETTRE
001022 E560 8147          cmpa #'G'          ;Caractere recu = "G" ?
001023 E562 260C          bne  InSer0          ;Non, continuer a chercher
001024 E564 0D01          tst  ReqSer          ;Oui, ReqSer = 0 ?
001025 E566 2742          beq  InSerFin        ;Oui, termine
001026 E568 9601          lda  ReqSer          ;Non, mettre bit 7 a 1 pour signifier
001027 E56A 8A80          oraa #'10000000     ;permission de transmettre
001028 E56C 9701          sta  ReqSer          ;
001029 E56E 2038          bra  InSerOk          ;Terminer
001030 E570                ;-----
001031 E570                ;VERIFIER 2 PREMIERS CARACTERES
001032 E570 9621                InSer0:          lda  SerMess          ;
001033 E572 8141          cmpa #'A'          ;Premier caractere = A ?
001034 E574 2634          bne  InSerFin        ;Non, termine
001035 E576 9622          lda  SerMess+1        ;

```

```

001036 E578 8154          cmpa #'T'          ;Deuxieme caractere = T ?
001037 E57A 262E          bne InSerFin       ;Non, termine
001038 E57C                ;-----
001039 E57C                ;CAS OU 2 PREMIERS CARACTERES = "AT"
001040 E57C 9623          lda SerMess+2      ;
001041 E57E 8130          cmpa #'0'          ;Troisieme caractere = 0 ?
001042 E580 260C          bne InSer1         ;Non, continuer les tests
001043 E582 864F          lda #'0'           ;Oui, envoyer OK
001044 E584 8DF384        jsr AciaEcr        ;
001045 E587 864B          lda #'K'           ;
001046 E589 8DF384        jsr AciaEcr        ;
001047 E58C 2018          bra InSerNul       ;Requete = 0
001048 E58E                ;-----
001049 E58E                ;CAS OU REQUETE = 1, 2 OU 3
001050 E58E 8131          InSer1: cmpa #'1'    ;Troisieme caractere = 1 ?
001051 E590 2604          bne InSer2         ;Non, continuer les tests
001052 E592 8601          lda #1             ;Oui, requete = 1
001053 E594 2012          bra InSerOk        ;
001054 E596 8132          InSer2: cmpa #'2'    ;Troisieme caractere = 2 ?
001055 E598 2604          bne InSer3         ;Non, continuer les tests
001056 E59A 8602          lda #2             ;Oui, requete = 2
001057 E59C 200A          bra InSerOk        ;
001058 E59E 8133          InSer3: cmpa #'3'    ;Troisieme caractere = 3 ?
001059 E5A0 2608          bne InSerFin       ;Non, aucune requete, ReqSer inchangé, termine
001060 E5A2 8603          lda #3             ;Oui, requete = 3
001061 E5A4 2002          bra InSerOk        ;
001062 E5A6                ;-----
001063 E5A6                ;REQUETE = ARRETER DE TRANSMETTRE
001064 E5A6 8600          InSerNul: lda #0    ;mettre ReqSer a 0
001065 E5A8                ;-----
001066 E5A8 9701          InSerOk: sta ReqSer ;Memoriser le no de la requete
001067 E5AA 39          InSerFin: rts      ;
001068 E5AB
001069 E5AB

```

```

001070 ESAB ; Module 300: Diagnost
001071 ESAB ;*****
001072 ESAB ; DIAGNOST: Effectuer une verification interne
001073 ESAB ;
001074 ESAB ; FONCTION
001075 ESAB ; Ce module effectue une verification interne de bon fonctionnement du
001076 ESAB ; moniteur de vibrations, en injectant un signal interne a l'une des entrees
001077 ESAB ; du selecteur d'accelerometre, en manipulant les differents multiplexeurs
001078 ESAB ; et en observant les valeurs obtenues a la sortie du CAN.
001079 ESAB ;
001080 ESAB ; PROCEDURE (voir schema electronique de la carte analogique)
001081 ESAB ; Le module, dans sa presente version, n'effectue qu'une serie limitee de
001082 ESAB ; tests:
001083 ESAB ; 1. TEST DU CAN
001084 ESAB ; Le multiplexeur de parametre est regle sur 0 puis sur 5 volts, et la
001085 ESAB ; sortie du CAN est examinee.
001086 ESAB ; 2. TEST DU DETECTEUR DE CRETE ET DU CONVERTISSEUR RMS->DC
001087 ESAB ; Un signal est genere sur la sortie PB7 du UIA*1(U18). Cette sortie est
001088 ESAB ; reliee a l'entree O7 du multiplexeur d'accelerometre (U1). Les valeurs
001089 ESAB ; cretes et RMS sont alors examinees pour diverses valeurs de gain, et
001090 ESAB ; comparees a des valeurs predefinies.
001091 ESAB ; 3. MESSAGE D'ERREUR
001092 ESAB ; Si une anomalie est detectee lors d'un de ces tests, le module affiche
001093 ESAB ; un message a cet effet jusqu'a ce que la touche Renvoi soit enfoncee.
001094 ESAB ; 4. VERIFICATION MANUELLE EN CAS DE MAUVAIS FONCTIONNEMENT
001095 ESAB ; Si une erreur a ete detectee, le signal de verification interne demeure
001096 ESAB ; active. Ceci permet de verifier les fonctions manuellement a l'aide de
001097 ESAB ; la fonction Etalonner. S'il n'y a pas d'erreur, le signal est desac-
001098 ESAB ; tive.
001099 ESAB ;
001100 ESAB ; HIERARCHIE
001101 ESAB ; Sup: Non
001102 ESAB ; Inf: Aucun
001103 ESAB ;
001104 ESAB ; POSSIBILITES FUTURES
001105 ESAB ; Le circuit a ete concu de facon a permettre une lecture interne aux sor-
001106 ESAB ; ties des differents blocs de conditionnement. En effet, le selecteur de
001107 ESAB ; parametres est relie a differents points du circuit de facon a verifier:
001108 ESAB ; - le multiplexeur d'accelerometres (U1),
001109 ESAB ; - l'amplificateur-filtre d'entree a gain variable (U2, U3 et 1/2 U6),
001110 ESAB ; - le detecteur de valeur crete (1/2 U7),
001111 ESAB ; - l'integrateur (1/2 U7),
001112 ESAB ; - le filtre 10-1000 Hz (U8),
001113 ESAB ; - le convertisseur RMS -> DC.
001114 ESAB ; Pour un test complet, il serait interessant d'effectuer une TRF sur les
001115 ESAB ; signaux a ces differents points du circuit. Si la frequence du signal en
001116 ESAB ; onde carree est connue, l'amplitude des composantes frequencielles peut
001117 ESAB ; etre mesuree et verifiee selon les resultats prevus.
001118 ESAB ;-----
001119 ESAB BDF2A1 Diagnost: jsr LcdEff ;
001120 ESAB 8EE662 ldx *MDiagn ;
001121 ESAB BDF200 jsr LcdMess ;
001122 ESAB BDF50C jsr Del500ms ;
001123 ESAB ;-----
001124 ESAB ;VERIFIER 0 ET 5 VOLTS DC
001125 ESAB BDF352 Diagn1: jsr Uia1Sig1 ;Activer le signal de verification Interne
001126 ESAB ;Ce signal n'est pas requis pour ces premiers
001127 ESAB ;tests, mais il restera active si une erreur
001128 ESAB ;est detectee
001129 ESAB jsr LcdEff ;
001130 ESAB 8EE674 ldx *MDiagCAN ;Afficher "Test: Convert. A->N"
001131 ESAB BDF200 jsr LcdMess ;
001132 ESAB BDF50C jsr Del500ms ;Delai de stabilisation
001133 ESAB 8607 ldx *7 ;Mettre Param a 7 (entree = 5 volts)
001134 ESAB 9704 sta Param ;Accelerometre et gain n'ont pas d'importance
001135 ESAB BDE47C jsr MuxParam ;Regler le multiplexeur de parametres
001136 ESAB BDF50C jsr Del500ms ;Delai de stabilisation
001137 ESAB BDE510 jsr Convert ;Faire une mesure
001138 ESAB 81FF cmpa *h'FF ;Mesure = FF?
001139 ESAB 2660 bne DiagnErr ;Non, il y a mauvais fonctionnement
001140 ESAB 8608 ldx *8 ;Mettre Param a 8 (entree = 0 volts)
001141 ESAB 9704 sta Param ;Accelerometre et gain n'ont pas d'importance
001142 ESAB BDE47C jsr MuxParam ;Regler le multiplexeur de parametres
001143 ESAB BDF50C jsr Del500ms ;Delai de stabilisation
001144 ESAB BDE510 jsr Convert ;Faire une mesure
001145 ESAB 4D tsta ;Mesure = 00?
001146 ESAB 2650 bne DiagnErr ;Non, il y a mauvais fonctionnement

```

```

001147 E5E7 ;-----
001148 E5E7 BDF2R1      Diagn2:  jsr  LcdEff      ;VERIFIER DETECTEUR DE VALEUR CRETE
001149 E5ER 8EE688      ldx  *NDiagCre    ;
001150 E5E0 BDF2D0      jsr  LcdMess      ;
001151 E5F0 8608      lda  #8           ;Regler mux d'accelerometre au signal interne
001152 E5F2 9703      sta  Acceler      ;
001153 E5F4 BDE421      jsr  MuxAccel     ;
001154 E5F7 8601      lda  #1           ;Regler le gain au minimum
001155 E5F9 9705      sta  Gain         ;
001156 E5F8 BDE4F6      jsr  MuxGain      ;
001157 E5FE 8603      lda  #3           ;Regler le parametre a valeur crete
001158 E600 9704      sta  Param        ;
001159 E602 BDE47C      jsr  MuxParam     ;
001160 E605 BDF505      jsr  Del1sec      ;Delai de stabilisation
001161 E608 BDF505      jsr  Del1sec      ;
001162 E60B BDE510      jsr  Convert       ;Faire une mesure
001163 E60E 8180      cmpa #h'80        ;Mesure < 80?
001164 E610 2525      blo  DiagnErr     ;Oui, il y a mauvais fonctionnement
001165 E612 ;-----
001166 E612 BDF2R1      Diagn3:  jsr  LcdEff      ;VERIFIER CONVERTISSEUR RMS A DC
001167 E615 8EE69C      ldx  *NDiagRMS    ;
001168 E618 BDF2D0      jsr  LcdMess      ;
001169 E61B BDF50C      jsr  Del1500ms    ;
001170 E61E 8606      lda  #6           ;Regler le parametre a valeur RMS
001171 E620 9704      sta  Param        ;
001172 E622 BDE47C      jsr  MuxParam     ;
001173 E625 BDF505      jsr  Del1sec      ;Delai de stabilisation
001174 E628 BDF505      jsr  Del1sec      ;
001175 E62B BDE510      jsr  Convert       ;Faire une mesure
001176 E62E 8130      cmpa #h'30        ;Mesure < 30?
001177 E630 2505      blo  DiagnErr     ;Oui, il y a mauvais fonctionnement
001178 E632 ;-----
001179 E632 ;TESTS REUSSIS
001180 E632 BDF365      jsr  Uia1Sig0     ;Desactiver le signal de verification interne
001181 E635 202R      bra  DiagnFin     ;
001182 E637 ;-----
001183 E637 ;MAUVAIS FONCTIONNEMENT
001184 E637 8640      DiagnErr: lda  #h'40       ;Afficher message d'erreur clignotant
001185 E639 8EE680      ldx  *NDiagEr     ;sur deuxieme ligne
001186 E63C BDF2CB      jsr  LcdMessR     ;
001187 E63F BDF50C      jsr  Del1500ms    ;
001188 E642 8640      lda  #h'40       ;
001189 E644 8EF313      ldx  #h10Blanc   ;
001190 E647 BDF2CB      jsr  LcdMessR     ;
001191 E64A 8EF313      ldx  #h10Blanc   ;
001192 E64D BDF2D0      jsr  LcdMess      ;
001193 E650 BDF50C      jsr  Del1500ms    ;
001194 E653 BDF46E      jsr  ClsLir       ;Lire le clavier
001195 E656 8108      cmpa #h'B         ;Cle = Renvoi?
001196 E658 2600      bne  DiagnErr     ;Non, afficher le message de nouveau
001197 E65A ;Oui
001198 E65A 86FF      lda  #h'FF       ;Memoriser la panne
001199 E65C 9707      sta  Panne        ;
001200 E65E BDF10E      jsr  ComSor       ;Activer immediatement les sorties pour
001201 E661 ;avertir de la panne du moniteur
001202 E661 ;-----
001203 E661 39      DiagnFin: rts     ;RETOURNER AU PROGRAMME PRINCIPAL
001204 E662 ;-----
001205 E662 4175746F2D766572      NDiagn:  .db  "Auto-verification&"
001206 E66A 696669636174696F      ;
001207 E672 6E26 ;
001208 E674 546573743R20436F      NDiagCRN: .db  "Test: Convert. A->H "
001209 E67C 6E766572742E2041 ;
001210 E684 2D3E4E20 ;
001211 E688 546573743R204465      NDiagCre: .db  "Test: Detect. crete "
001212 E690 746563742E206372 ;
001213 E698 65746520 ;
001214 E69C 546573743R20436F      NDiagRMS: .db  "Test: Convert. RMS "
001215 E6A4 6E766572742E2052 ;
001216 E6AC 4D532020 ;
001217 E6B0 2020202A2A2046      NDiagEr: .db  " *** FAUTIF ***&"
001218 E6B8 4155544946202A2A ;
001219 E6C0 2A26 ;
001220 E6C2 ;

```

```

001211 E6C2                ;                               Module 400: SaisSign
001212 E6C2                ; *****
001213 E6C2                ; SAISSIGN: Saisir les signaux d'acceleration
001214 E6C2                ;
001215 E6C2                ; FONCTION
001216 E6C2                ; Ce module saisit les signaux en provenance des accelereometres et extrait
001217 E6C2                ; la valeur de l'intensite vibratoire et des composantes frequentielles.
001218 E6C2                ;
001219 E6C2                ; PROCEDURE
001220 E6C2                ; Les operations suivantes sont effectuees pour chacun des accelereometres:
001221 E6C2                ; 1- l'etat marche/arret est verifie avant de poursuivre,
001222 E6C2                ; 2- l'accelerometre est selectionne,
001223 E6C2                ; 3- le gain est ajuste pour une lecture optimale,
001224 E6C2                ; 4- le niveau de l'intensite vibratoire est enregistre,
001225 E6C2                ; 5- la Transformee Rapide de Fourier est effectuee.
001226 E6C2                ; 6- repeter les memes operations pour l'accelerometre suivant
001227 E6C2                ;
001228 E6C2                ; HIERARCHIE
001229 E6C2                ; Sup: Mon
001230 E6C2                ; Inf: MarchArr MuxAccel SelAccel GainAuto IntUibr SaisTRF
001231 E6C2                ;
001232 E6C2                ; POSSIBILITES FUTURES
001233 E6C2                ; Pour etendre l'analyse frequentielle a des machines de vitesse variable,
001234 E6C2                ; il faut prévoir la mesure de vitesse a l'interieur de ce module, de facon
001235 E6C2                ; a pouvoir relier les composantes frequentielles a la vitesse de rotation
001236 E6C2                ; de la machine. Toutefois, la mesure de l'intensite vibratoire est valable
001237 E6C2                ; dans tous les cas, car elle est definie de facon independante de la vites-
001238 E6C2                ; se de rotation.
001239 E6C2                ; -----
001240 0024                ;                               Variables
001241 0024                ;                               ;
001242 E6C2                ;                               ;
001243 E6C2                ;                               ;
001244 E6C2 0002                ;                               ;
001245 E6C4 2616                ;                               ;
001246 E6C6 BDF2A1                ;                               ;
001247 E6C9 8EE741                ;                               ;
001248 E6CC BDF2D0                ;                               ;
001249 E6CF 8640                ;                               ;
001250 E6D1 8EE755                ;                               ;
001251 E6D4 BDF2CB                ;                               ;
001252 E6D7 BDF50C                ;                               ;
001253 E6DA 2051                ;                               ;
001254 E6DC                ;                               ;
001255 E6DC                ;                               ;
001256 E6DC 9602                ;                               ;
001257 E6DE 9724                ;                               ;
001258 E6E0 0F03                ;                               ;
001259 E6E2 0424                ;                               ;
001260 E6E4 0C03                ;                               ;
001261 E6E6 0424                ;                               ;
001262 E6E8 24FA                ;                               ;
001263 E6EA                ;                               ;
001264 E6EA BDE774                ;                               ;
001265 E6ED 0006                ;                               ;
001266 E6EF 2608                ;                               ;
001267 E6F1 8EE762                ;                               ;
001268 E6F4 BDF2E4                ;                               ;
001269 E6F7 BDF50C                ;                               ;
001270 E6FA 2031                ;                               ;
001271 E6FC                ;                               ;
001272 E6FC 8EE731                ;                               ;
001273 E6FF BDF2E4                ;                               ;
001274 E702 9603                ;                               ;
001275 E704 8EF4F5                ;                               ;
001276 E707 A686                ;                               ;
001277 E709 BDF2FC                ;                               ;
001278 E70C BDF50C                ;                               ;
001279 E70F BDE421                ;                               ;
001280 E712 BDE784                ;                               ;
001281 E715 BDE7C2                ;                               ;
001282 E718 BDE802                ;                               ;
001283 E71B                ;                               ;
001284 E71B 8607                ;                               ;
001285 E71D 9103                ;                               ;
001286 E71F 230C                ;                               ;
001287 E721 0D24                ;                               ;

```

```

001288 E723 2708                beq  SSignFin      ;Non, fin
001289 E725 0C03                inc  Acceler      ;Oui, chercher l'accelerometre en fonction
001290 E727 0424                lsr  USSign1      ;
001291 E729 24F6                bcc  SSign3.1     ;En fonction? Non, suivant
001292 E72B 208D                bra  SSign2       ;Oui, saisir les signaux
001293 E72D BDF532              SSignFin: jsr  MessSurv ;
001294 E730 39                  rts               ;
001295 E731
001296 E731 416363656C65726F    MSSAccel: .db  "Accelerometre %&"
E739 6D657472655202326
001297 E741 417563756E2D6163    MSSign1: .db  "Aucun accelerometre "
E749 63656C65726F6D65
E751 7472652D
001298 E755 656E20666F6E6374    MSSign2: .db  "en fonction.&"
E75D 696F6E2E26
001299 E762 4D616366696E652D    MSSign3: .db  "Machine a l'arret&"
E76A 61206C2761727265
E772 7426
001300 E774                ;
001301 E774                ; Module 410: MarchArr
001302 E774                ; *****
001303 E774                ; MARCHARR: Verifier le fonctionnement de la machine
001304 E774                ;
001305 E774                ; FONCTION
001306 E774                ; Ce module verifie l'etat de fonctionnement de la machine sous surveillance
001307 E774                ;
001308 E774                ; PROCEDURE
001309 E774                ; Le contact d'indication de fonctionnement est relie a l'entree 7 du port C
001310 E774                ; Machine en marche => Contact ferme => Bit 7 = 0.
001311 E774                ; La variable Marche est ensuite placee par le module a 00(arret) ou
001312 E774                ; FF(marche).
001313 E774                ;
001314 E774                ; HIERARCHIE
001315 E774                ; Sup: SaisSign
001316 E774                ; Inf: Aucun
001317 E774                ;
001317 E774 B68001              MarchArr: lda  UO_ORC      ;Contact = bit 7 du port C
001318 E777 848D                anda #b'10000000    ;Extraire bit 7
001319 E779 2606                bne  MA1            ;Bit 7 <> 0 ? Oui, sauter a MA1
001320 E77B 86FF                lda  #h'FF         ;
001321 E77D 9706                sta  Marche        ;Machine en marche
001322 E77F 2002                bra  MAFin         ;
001323 E781 0F06              MA1:      clr  Marche        ;Machine arretee
001324 E783 39                  MAFin:   rts               ;
001325 E784                ;
001326 E784                ; Module 420: MuxAccel
001327 E784                ; *****
001328 E784                ; MUXACCEL: Regler le multiplexeur d'accelerometres
001329 E784                ;
001330 E784                ; Voir module 213.2
001331 E784                ;
001332 E784                ; Module 430: GainAuto
001333 E784                ; *****
001334 E784                ; GAINAUTO: Regler automatiquement le gain
001335 E784                ;
001336 E784                ; FONCTION
001337 E784                ; Ce module regle le gain de l'amplificateur d'entree de facon automatique,
001338 E784                ; afin d'avoir la plus grande amplitude de signal a l'entree de l'integra-
001339 E784                ; sans toutefois causer d'ecretage.
001340 E784                ;
001341 E784                ; PROCEDURE
001342 E784                ; La position du multiplexeur de parametre est memorisee, puis le mux est
001343 E784                ; regle sur le detecteur de valeur crete. Le mux est repositionne apres.
001344 E784                ; Le module debute avec le gain minimum, puis l'augmente d'un cran tant que
001345 E784                ; la valeur crete est inferieure a la limite permise. Le processus recom-
001346 E784                ; mence jusqu'a atteindre le gain maximum. Si la limite permise est depas-
001347 E784                ; see, le module diminue le gain a la valeur precedente.
001348 E784                ;
001349 E784                ; Les valeurs de gain possibles sont indiquees a la liste des variables du
001350 E784                ; module principal Mon.
001351 E784                ;
001352 E784                ; HIERARCHIE
001353 E784                ; Sup: SaisSign SelGain
001354 E784                ; Inf: MuxGain Dellsec Convert MuxParam
001355 E784                ;
001356 E784                ; POSSIBILITES FUTURES
001357 E784                ; Plutot que de repartir avec le gain minimum a chaque fois, un genre de
001358 E784                ; poursuite pourrait etre utilise a partir de la valeur courante du gain.
001359 E784                ; Ceci permettrait d'augmenter la rapidite du module. Le delai de 1 seconde

```



```

001359 E784 ; est necessaire a cause du temps de reaction du circuit detecteur de valeur
001360 E784 ; crete. Le moniteur pourrait etre accelere considerablement si son opera-
001361 E784 ; tion pouvait se limiter a des frequences de signaux plus elevees. Cette
001362 E784 ; version du moniteur peut travailler avec des signaux aussi lents que 1 Hz.
001363 E784 ;-----
001364 E784 9604 GainAuto: lda Param ;Memoriser le parametre
001365 E786 3402 psha A ;
001366 E788 8601 lda #1 ;Mettre Gain a 1
001367 E78A 9705 sta Gain ;
001368 E78C 8603 lda #3 ;Mettre Param a Valeur crete
001369 E78E 9704 sta Param ;
001370 E790 80E47C jsr MuxParam ;
001371 E793 9605 GA1: lda Gain ;
001372 E795 80E4F6 jsr MuxGain ;
001373 E798 80F505 jsr Del1sec ;Attendre 2 secondes
001374 E79B 80F505 jsr Del1sec ;
001375 E79E 80E510 jsr Convert ;Faire une lecture
001376 E7A1 817F cmpa #h'7F ;Valeur crete >= 5 U?
001377 E7A3 240A bhs GA2 ;Oui
001378 E7A5 9605 lda Gain ;
001379 E7A7 8108 cmpa #8 ;Gain = max?
001380 E7A9 240F bhs GAFin ;Oui, termine
001381 E7AB 0C05 inc Gain ;Non, augmenter le gain d'un cran
001382 E7AD 20E4 bra GA1 ;
001383 E7AF 9605 GA2: lda Gain ;
001384 E7B1 8101 cmpa #1 ;Gain = min?
001385 E7B3 2305 bls GAFin ;Oui, termine
001386 E7B5 0A05 dec Gain ;Non, diminuer le gain d'un cran
001387 E7B7 80E4F6 jsr MuxGain ;
001388 E7BA 3502 GAFin: puls A ;Remplacer le parametre
001389 E7BC 9704 sta Param ;Il est important de ne pas affecter le para-
001390 E7BE 80E47C jsr MuxParam ;metre, car ce module est appele manuellement
001391 E7C1 39 rts ;par Etalon/SelGain.
001392 E7C2 ; Module 440: IntUibr
001393 E7C2 ;*****
001394 E7C2 ; INTUIBR: Lire l'intensite vibratoire
001395 E7C2 ;
001396 E7C2 ; FONCTION
001397 E7C2 ; Ce module lit l'intensite vibratoire pour l'accelerometre active, telle
001398 E7C2 ; qu'elle apparait a la sortie du convertisseur RMS -> DC.
001399 E7C2 ;
001400 E7C2 ; PROCEDURE
001401 E7C2 ; Le module ajuste le multiplexeur de parametre a la position 6, intensite
001402 E7C2 ; vibratoire. Le convertisseur RMS a DC a une constante de calcul de:
001403 E7C2 ; 25 ms/uF * 100 uF = 2.5 s.
001404 E7C2 ;
001405 E7C2 ; HIERARCHIE
001406 E7C2 ; Sup: SaisSign
001407 E7C2 ; Inf: MuxParam, Convert
001408 E7C2 ;-----
001409 E7C2 8EE7EE IntUibr: ldx #IntUibr ;
001410 E7C5 8DF2E4 jsr LcdMess2 ;
001411 E7C8 8DF50C jsr Del500ms ;
001412 E7CB 8606 lda #6 ;Regler mux parametre a Intensite Vibratoire
001413 E7CD 9704 sta Param ;
001414 E7CF 80E47C jsr MuxParam ;
001415 E7D2 80F505 jsr Del1sec ;Delai de stabilisation
001416 E7D5 80F505 jsr Del1sec ;
001417 E7D8 80F505 jsr Del1sec ;
001418 E7DB 80E510 jsr Convert ;Faire une lecture
001419 E7DE 8E0008 ldx #Niveau ;Memoriser le niveau de l'int. vibratoire
001420 E7E1 0603 ldb Acceler ;
001421 E7E3 5A decb ;
001422 E7E4 A785 sta B,X ;
001423 E7E6 9605 lda Gain ;Memoriser le niveau du gain correspondant
001424 E7E8 8E000F ldx #NivGain ;
001425 E7EB A785 sta B,X ;
001426 E7ED 39 lUFin: rts ;
001427 E7EE ;-----
001428 E7EE 4D65737572652069 MIntUibr: .db "Mesure intens. vibr."
E7F6 6E74656E732E2076
E7FE 6962722E
001429 E802 ; Module 450: SaisTRF
001430 E802 ;*****
001431 E802 ; SAISTRF: Saisir la transformee rapide de Fourier
001432 E802 ;
001433 E802 ; FONCTION

```

```

001434 E802 ; Ce module commande l'echantillonnage des signaux d'entree et le calcul de
001435 E802 ; la transformee de Fourier. De plus il commande l'envoi des donnees sur le
001436 E802 ; lien serial, selon la valeur de ReqSer.
001437 E802 ;
001438 E802 ; PROCEDURE
001439 E802 ; L'echantillonnage est effectuee, puis l'envoi des donnees se fait si ReqSer
001440 E802 ; est egal a 1 ou 3. Ensuite, la transformee de Fourier est effectuee et
001441 E802 ; les resultats sont envoyes si ReqSer est egal a 2 ou 3.
001442 E802 ;
001443 E802 ; HIERARCHIE
001444 E802 ; Sup: SaisSign
001445 E802 ; Inf: Echant, TRF
001446 E802 ;-----
001447 E802 SaisTRF: ;lda #2 ;Placer le mux a acceleration amplifiee
001448 E802 ; ;(permet de verifier le fonctionnement de la
001449 E802 ; ;TRF directement avec un signal d'entree)
001450 E802 ; ;Placer le mux a vitesse
001451 E804 8604 lda #4 ;
001451 E804 9704 sta Param ;
001452 E806 B0E47C jsr MuxParam ;
001453 E809 B0F505 jsr Del1sec ;Delai de stabilisation
001454 E80C B0F505 jsr Del1sec ;
001455 E80F B0E83C jsr Echant ;Echantillonner les signaux
001456 E812 9601 lda ReqSer ;Envoyer les echantillons si ReqSer = 1 ou 3
001457 E814 847F anda #b'01111111 ;en ignorant le bit 7
001458 E816 2700 beq STRF2 ;Si ReqSer = 0, ne rien envoyer
001459 E818 8101 cpa #1 ;
001460 E81A 2704 beq STRF1 ;
001461 E81C 8103 cpa #3 ;
001462 E81E 2605 bne STRF2 ;
001463 E820 8601 STRF1: lda #1 ;Envoyer les echantillons
001464 E822 B0F396 jsr AciaEnv ;
001465 E825 B0E99B STRF2: jsr TRF ;Effectuer la transformee de Fourier
001466 E828 9601 lda ReqSer ;Envoyer les resultats si ReqSer = 2 ou 3
001467 E82A 847F anda #b'01111111 ;en ignorant le bit 7
001468 E82C 2700 beq STRFFin ;Si ReqSer = 0, ne rien envoyer
001469 E82E 8102 cpa #2 ;
001470 E830 2704 beq STRF3 ;
001471 E832 8103 cpa #3 ;
001472 E834 2605 bne STRFFin ;
001473 E836 8602 STRF3: lda #2 ;Envoyer les resultats
001474 E838 B0F396 jsr AciaEnv ;
001475 E83B 39 STRFFin: rta ;
001476 E83C ;
001477 E83C ; Module 451: Echant
001478 E83C ;*****
001479 E83C ; ECHANT: Echantillonner une serie
001480 E83C ;
001481 E83C ;-----
001482 0200 ; Constantes ;
001483 004A .equ NbEchant, 512 ;Nombre d'echantillons par serie
001484 E83C .equ DelEch, 74 ;Delai fixant intervalle d'echantillonnage
001485 E83C ;Intervalle = 19+5*DelEch us
001486 E83C ;DelEch= 1, F= 41667Hz
001487 E83C ; 2, 34483
001488 E83C ; 3, 29412
001489 E83C ; 4, 25641
001490 E83C ; 5, 22727
001491 E83C ; 6, 20408
001492 0025 ; 74, 2571
001493 0025 Serie: .rs NbEchant ;Serie d'echantillons pris par ce module
001494 E83C Programme ;
001495 E83C ;-----
001496 E83C 8EE88D Echant: ldx #NEchant ;
001497 E83F B0F2E4 jsr LedMess2 ;
001498 E842 B0F50C jsr Del500ms ;
001499 E845 1A10 orcc #h'10 ;Intendre les interruptions
001500 E847 8E0025 ldx #Serie ;Initialiser le pointeur
001501 E84A B69000 lda U1_ORB ;Activer le CAN en abaissant CS*
001502 E84D 848F anda #b'10111111 ;
001503 E84F B79000 sta U1_ORB ;
001504 E852 B6900A lda U1_SR ;Lire valeur perimee du SR
001505 E855 ; ;jet dearrner conversion
001506 E855 C606 ldb #6 ;Delai de conversion
001507 E857 5A Ech1.1: decb ;
001508 E858 26FD bne Ech1.1 ;
001509 E85A B6900A lda U1_SR ;Lire valeur perimee du CAN
001510 E85D 210D brn Echant ;3us

```

```

001511 E85F 210B          brn  Echant          ;3us
001512 E861 2109          brn  Echant          ;3us
001513 E863 12           nop                 ;2us
001514 E864 12           nop                 ;2us
001515 E865 C64A          ldb  *DelEch        ;2us
001516 E867 5A           Ech1.2: decb         ;2us->|5us*DelEch
001517 E868 26FD          .bne Ech1.2         ;3us->|
001518 E86A B6900A        lda  U1_SR           ;4us
001519 E86D A780          sta  ,X+             ;4+2us, 1e valeur a conserver
001520 E86F 210B          brn  Echant          ;3us
001521 E871 12           nop                 ;2us
001522 E872 12           nop                 ;2us
001523 E873 C64A          Ech2:  ldb  *DelEch        ;2us
001524 E875 5A           Ech2.1: decb         ;2us->|5us*DelEch      |<---
001525 E876 26FD          .bne Ech2.1         ;3us->|      | ^
001526 E878 B6900A        lda  U1_SR           ;4us; Total boucle=19+5*DelEch  _u |
001527 E87B A780          sta  ,X+             ;4+2us      | |
001528 E87D 8C0225        cmpx *(Serie+NbEchant);4us; Dernier echantillon?  u |
001529 E880 25F1          blo  Ech2             ;3us; Non, passer au suivant  --->|
001530 E882 B69000        lda  U1_ORB          ;Desactiver CRN en levant CS*
001531 E885 8A40          oraa *b'01000000    ;
001532 E887 B79000        sta  U1_ORB          ;
001533 E88A 1CEF          andcc *h'EF          ;Permettre les interruptions
001534 E88C 39           rts                  ;
001535 E88D          ;-----
001536 E88D 456368616E74696C REchant: .db "Echantillonnage&"
001537 E890          ;include( TRF.asm)
001540 004A          ;                               Module 452: TRF
001541 E890          ;*****
001542 E890          ; TRF: Calculer la Transformee rapide de Fourier
001543 E890          ;
001544 E890          ; FONCTION
001545 E890          ; Ce module calcule la TRF sur une serie d'echantillons places dans le
001546 E890          ; vecteur Serie, Lors du calcul, les echantillons sont remplaces par les
001547 E890          ; valeurs de sortie.
001548 E890          ;
001549 E890          ; PROCEDURE
001550 E890          ; Les resultats sont donnees en amplitude pour les frequences de 0 a 1/2T.
001551 E890          ; La phase n'est pas calculee.
001552 E890          ;
001553 E890          ; Les echantillons d'entree et les valeurs de sortie ont une precision
001554 E890          ; de 8 bits, qui correspond a celle du CRN.
001555 E890          ;
001556 E890          ; Pour changer le nombre d'echantillons:
001557 E890          ; - Changer les valeurs de NbEchant et Gamma,
001558 E890          ; - Augmenter ou diminuer le nombre de valeurs de sinus de la table W,
001559 E890          ; - Modifier les sections de calcul des adresses de Wcos et Wsin.
001560 E890          ; - Reviser le module de calcul des amplitudes (Ampl).
001561 E890          ;
001562 E890          ; Le module utilise l'algorithme de la fig. 8.6, page 143, du livre de
001563 E890          ; E. Oran Brigham: "The Fast Fourier Transform and its application."
001564 E890          ; Les numeros d'etiquette correspondent aux numeros de l'organigramme.
001565 E890          ;
001566 E890          ; Precision: A chaque iteration de la TRF, les X sont remplaces par la
001567 E890          ; somme de deux X precedents, dont l'un est multiplie par un facteur entre
001568 E890          ; 0 et 1. Le nouveau X pourra donc avoir 1 bit de plus que les X precedents
001569 E890          ; Dans le cas d'une TRF de 2^9= 512 points de 8 bits, les resultats pourront
001570 E890          ; avoir jusqu'a 8 + 9 = 17 bits, d'où la necessite de travailler sur
001571 E890          ; 3 octets (24 bits). Les resultats sont ensuite divises par N pour ramener
001572 E890          ; la sortie sur 8 bits.
001573 E890          ;
001574 E890          ; INTERFACE
001575 E890          ; Entree: Serie[0..N]; echantillons.
001576 E890          ; Sortie: Serie[0..N/2+1]; amplitudes aux frequences 0 a (N/2)/(NT)
001577 E890          ;
001578 E890          ; HIERARCHIE
001579 E890          ; Sup: SaisTRF
001580 E890          ; Inf: IBR, Neg0, MultCoef, TfrPxPy, Add3, Ampl
001581 E890          ;-----
001582 E890          ;          Constantes          ;
001583 0200          .equ  N,  NbEchant          ;Nombre d'echantillons deja defini
001584 0009          .equ  Gamma, 9              ;Puissance de 2 correspondant a N
001585 0009          .equ  NU,  Gamma          ;
001586 E890          W:          ;Table de valeurs 16 bits non-signees donnant la valeur de la
001587 E890          ;fonction sinus entre 0 et PI/2.
001588 E890          ;Valeur = sin(PI/2*(i+1)/(N/4))

```

```

001589 E89D ;jou i = position dans la table de 0 a (N/4-2), donc de 0 a 126
001590 E89D ;Les valeurs 0 et P/2 sont traitees de facon particuliere par le
001591 E89D ;module pour reduire les calculs
001592 E89D 03240648096C0C8F ;du h'0324,h'0648,h'096C,h'0C8F,h'0FB2,h'12D5,h'15F6,h'1917
E8A5 0FB212D515F61917
001593 E8AD 1C371F5622732590 .du h'1C37,h'1F56,h'2273,h'2590,h'28AA,h'2B04,h'2E0B,h'31F1
E8B5 28AA2B042E0B31F1
001594 E8BD 350538173B263E33 .du h'3505,h'3817,h'3B26,h'3E33,h'413E,h'4447,h'474D,h'4A50
E8C5 413E4447474D4A50
001595 E8CD 4D50504D5317563E .du h'4D50,h'504D,h'5347,h'563E,h'5931,h'5C22,h'5F0E,h'61F7
E8D5 59315C225F0E61F7
001596 E8DD 64DC67B06A9B6D74 .du h'64DC,h'67B0,h'6A9B,h'6D74,h'7049,h'7319,h'75E5,h'78AD
E8E5 7049731975E578AD
001597 E8ED 78707E2E80E7839C .du h'7870,h'7E2E,h'80E7,h'839C,h'8648,h'88F5,h'8B9A,h'8E39
E8F5 864888F58B9A8E39
001598 E8FD 90D3936895F6987F .du h'90D3,h'9368,h'95F6,h'987F,h'9B02,h'9D7F,h'9FF6,h'A267
E905 98D29D7F9FF6A267
001599 E90D A4D2A736A994ABEB .du h'A4D2,h'A736,h'A994,h'ABEB,h'AE3B,h'B0B5,h'B2C8,h'B504
E915 AE3B80B5B2C8B504
001600 E91D B73AB9688888888888 .du h'B73A,h'B968,h'BB8F,h'BD8E,h'BF07,h'CF10,h'CF3E,h'CF54
E925 BFC7C1D8C3E2C5E4
001601 E92D C7DEC9D1C8BB8C9F .du h'C7DE,h'C9D1,h'CB8B,h'CD9F,h'CF7A,h'D14D,h'D318,h'D4DB
E935 CF7AD14DD318D4DB
001602 E93D D695D848D9F2D0894 .du h'D695,h'D848,h'D9F2,h'DB94,h'DD2D,h'DE8E,h'E046,h'E1C5
E945 DD2DDE8EE046E1C5
001603 E94D E33CE4A8E60FE768 .du h'E33C,h'E4A8,h'E60F,h'E768,h'E88F,h'EA09,h'EB48,h'EC83
E955 E8BF8A09EB48EC83
001604 E95D E0B2E0DE8EFF5F109 .du h'E0B2,h'E0DE,h'EFF5,h'F109,h'F213,h'F314,h'F40B,h'F4FA
E965 F213F314F40BF4FA
001605 E96D F5DEF68AF78BF853 .du h'F5DE,h'F68A,h'F78B,h'F853,h'F912,h'F9C7,h'FA73,h'FB14
E975 F912F9C7FA73FB14
001606 E97D FBACFC38FCBFFD3A .du h'FBAC,h'FC3B,h'FCBF,h'FD3A,h'FD8B,h'FE13,h'FE70,h'FEC4
E985 FDB8FE13FE70FEC4
001607 E98D FFOEFF4EFF84FFB1 .du h'FF0E,h'FF4E,h'FF84,h'FFB1,h'FFD3,h'FFEC,h'FFFB
E995 FFD3FFECFFFB
001608 E998 ;-----
001609 Q225 Variables ;
001610 Q225 UX: .rs (6*NbEchant) ;Vecteur X complexe: 3 octets reels + 3 imag.
001611 OE25 PX: .rs 2 ;Pointeur sur X(k+N2)
001612 OE27 P2X: .rs 2 ;Pointeur sur X(k)
001613 OE29 T1: .rs 6 ;Utilise pour transfert de valeurs complexes
001614 OE2F I: .rs 2 ;Indice du vecteur en traitement
001615 OE31 N2: .rs 2 ;Espacement entre les noeuds <<dual>>
001616 OE33 NU1: .rs 2 ;Facteur de glissement a droite pour W^p
001617 OE35 k: .rs 2 ;Indice du vecteur X
001618 OE37 i: .rs 2 ;Compteur de boucle
001619 OE39 p: .rs 2 ;Exposant de W
001620 OE3B PHcos: .rs 2 ;Pointeur sur partie reel de W^p
001621 OE3D PHsin: .rs 2 ; " " imag.
001622 OE3F WcosSign: .rs 1 ;Signe partie reel de W^p
001623 OE40 WsinSign: .rs 1 ; " " imag.
001624 OE41 ;-----
001625 E998 Programme ;
001626 E99B Idx *MCalcTRF ;Afficher message
001627 E99E BDF2E4 jsr LcdMess2 ;
001628 E9A1 ;Initialiser vecteur X complexe de depart
001629 E9A1 Idx *Serie ;- parties reelles = echantillons
001630 E9A1 ldy *UX ;- parties imagin. = 0
001631 E9A8 clr ,Y+ ;16 bits sup. parties reelles <- 0
001632 E9AA clr ,Y+ ;
001633 E9AC ldb ,X+ ;8 bits inf. parties reelles <- echantillons
001634 E9AE stb ,Y+ ;
001635 E9B0 clr ,Y+ ;Parties imaginaires <- 0
001636 E9B2 clr ,Y+ ;
001637 E9B4 clr ,Y+ ;
001638 E9B6 cmpy *(UX+6*NbEchant);Dernier octet?
001639 E9BA bne TRF1.1 ;
001640 E9BC ;-----
001641 E9BC ;-----
001642 E9BC ldd *I ;Initialiser les compteurs et les indices
001643 E9BF std I ;
001644 E9C2 ldd *N ;
001645 E9C5 lsrw ;
001646 E9C6 norb ;
001647 E9C7 std N2 ;N2 = N/2
001648 E9CA ldd *Gamma ;
001649 E9CD subd *I ;

```

```

001650 E900 F0E33          std  NU1          ;NU1 = Gamma - 1
001651 E903 CC0000        ldd  #0          ;
001652 E906 F0E35        std  k           ;k = 0
001653 E909              ;-----
001654 E909              ;
001655 E909 FC0E2F        TRF3:  ldd  l           ;Test de fin de calcul des vecteurs
001656 E90C 10830009      cmpd *Gamma      ;l > Gamma?
001657 E9E0 10220206      lbhi TRF13       ;Oui, aller demeler le vecteur de resultats
001658 E9E4              ;-----
001659 E9E4              ;
001660 E9E4 CC0001        TRF4:  ldd  *1           ;Passer au vecteur X suivant
001661 E9E7 F0E37        std  i           ;i = nb de paires dual rencontrees
001662 E9E8              ;-----
001663 E9E8              ;
001664 E9E8 FC0E35        TRF5:  ldd  k           ;Calculer indices M et p
001665 E9E0 BE0E33        ldx  NU1         ;M = Ent(k/2^NU1) = k divise NU1 fois par 2
001666 E9F0 2706          TRF5.1: beq  TRF5.2        ;
001667 E9F2 44            lsr  a           ;Diviser par 2
001668 E9F3 56            rorb            ;
001669 E9F4 301F          leax -1,X       ;
001670 E9F6 20F8          bra  TRF5.1     ;
001671 E9F8 B0E04E        TRF5.2: jsr  lBR        ;Inverser les bits de M
001672 E9F8 F0E39        std  p           ;
001673 E9FE              ;-----
001674 E9FE              ;
001675 E9FE              ;Calculer la paire X[k] et X[k+N2]
001676 E9FE              ; X1[k] = X1-1[k] + W^p * X1-1[k+N2]
001677 E9FE              ; X1[k+N2] = X1-1[k] - W^p * X1-1[k+N2]
001678 E9FE FC0E35        TRF6:  ldd  k           ;Calculer T1 = W^p * X[k+N2]
001679 EA01 F30E31        addd N2         ;
001680 EA04 58            lslb            ;Multiplier par 6 pour indice vecteur X
001681 EA05 49            rala           ;
001682 EA06 F0E25        std  PX         ;Indice ne depasse pas 16 bits
001683 EA09 F30E25        addd PX         ;llimite = 2^16 / 6 = 4096 echantillons
001684 EA0C F30E25        addd PX         ;
001685 EA0F BE0225        ldx  *UX       ;
001686 EA12 308B          leax D,X       ;
001687 EA14 BF0E25        stx  PX         ;Adresse partie reelle X(k+N2)
001688 EA17 108E0E29      ldv  *T1       ;
001689 EA18              ;-----
001690 EA18              ;T1 = W^p * X(k+N2)
001691 EA18              ;
001692 EA18              ;W^p = exp(-j2*PI*p/N) = Wcos - j Wsin
001693 EA18              ;
001694 EA18              ;Wcos = cos(2*PI*p/N)
001695 EA18              ;Wsin = sin(2*PI*p/N)
001696 EA18              ;
001697 EA18              ;T1reel = Xreel * Wcos + Ximag * Wsin
001698 EA18              ;T1imag = Ximag * Wcos - Xreel * Wsin
001699 EA18              ;-----
001700 EA18              ;Cas ou Wcos et Wsin = 0, 1 ou -1
001701 EA18              ;
001702 EA18 FC0E39        TRF6.1: ldd  p           ;Si p = 0, alors Wcos = 1, Wsin = 0
001703 EA1E 10830000      cmpd #0         ;
001704 EA22 260F          bne  TRF6.2    ;
001705 EA24 EC84          ldd  ,X         ;T1reel = Xreel; T1imag = Ximag
001706 EA26 EDA4          std  ,Y         ;
001707 EA28 EC02          ldd  2,X       ;
001708 EA2A ED22          std  2,Y       ;
001709 EA2C EC04          ldd  4,X       ;
001710 EA2E ED24          std  4,Y       ;
001711 EA30 1601A1        lbra TRF6.14   ;
001712 EA33 10830080      TRF6.2: cmpd *(N/4)    ;Si p = N/4, alors Wcos = 0, Wsin = 1
001713 EA37 261B          bne  TRF6.3    ;
001714 EA39 EC03          ldd  3,X       ;T1reel = Ximag
001715 EA3B EDA4          std  ,Y         ;
001716 EA3D E605          ldb  5,X       ;
001717 EA3F E722          stb  2,Y       ;
001718 EA41 EC84          ldd  ,X         ;T1imag = -Xreel
001719 EA43 ED23          std  3,Y       ;
001720 EA45 E602          ldb  2,X       ;
001721 EA47 E725          stb  5,Y       ;
001722 EA49 1F20          tfr  Y,0       ;
001723 EA4B C30003        addd #3        ;
001724 EA4E B0E079        jsr  NegD      ;Prendre complement a 2 de T1imag
001725 EA51 160180        lbra TRF6.14   ;
001726 EA54 10830100      TRF6.3: cmpd *(N/2)    ;Si p = N/2, alors Wcos = -1, Wsin = 0

```

```

001727 EA58 2620      bne TRF6.4          ;
001728 EA5A EC04      ldd ,X              ;Tlreel = -Xreel
001729 EA5C EDA4      std ,Y              ;
001730 EA5E E602      ldb 2,X             ;
001731 EA60 E722      stb 2,Y             ;
001732 EA62 1F20      tfr V,D             ;Prendre complement a 2 de Tlreel
001733 EA64 BDED79    jsr NegD            ;
001734 EA67 EC03      ldd 3,X             ;Tlimag = -Ximag
001735 EA69 E023      std 3,Y             ;
001736 EA6B E605      ldb 5,X             ;
001737 EA6D E725      stb 5,Y             ;
001738 EA6F 1F20      tfr V,D             ;
001739 EA71 C30003    addd *3             ;Prendre complement a 2 de Tlimag
001740 EA74 BDED79    jsr NegD            ;
001741 EA77 16015A    lbra TRF6.14        ;
001742 EA7A 10830180  TRF6.4:  cmpd *(3*N/4)       ;Si p = 3N/4, alors Wcos = 0, Wsin = -1
001743 EA7E 2618      bne TRF6.5          ;
001744 EA80 EC03      ldd 3,X             ;Tlreel = -Ximag
001745 EA82 EDA4      std ,Y              ;
001746 EA84 E605      ldb 5,X             ;
001747 EA86 E722      stb 2,Y             ;
001748 EA88 1F20      tfr V,D             ;Prendre complement a 2 de Tlreel
001749 EA8A BDED79    jsr NegD            ;
001750 EA8D EC84      ldd ,X              ;Tlimag = Xreel
001751 EA8F ED23      std 3,Y             ;
001752 EA91 E602      ldb 2,X             ;
001753 EA93 E725      stb 5,Y             ;
001754 EA95 16013C    lbra TRF6.14        ;
001755 EA98           ;-----
001756 EA98           ;Cas general: Wcos et Wsin <> 0 et <> 1
001757 EA98 10830180  TRF6.5:  cmpd *(3*N/4)       ;3N/4 < p < N; Wcos > 0, Wsin < 0
001758 EA9C 2527      blo TRF6.6          ;
001759 EA9E 830181    subd *(3*N/4+1)     ;Index Wcos = p - (3N/4 + 1)
001760 EAA1 3404      pshs B              ;
001761 EAA3 4F        clra                ;
001762 EAA4 58        lslb                ;Index * 2
001763 EAA5 8EE89D    ldx #U              ;
001764 EAA8 308B      leax D,X            ;
001765 EAAA BF0E3B    stx PWcos           ;Adresse Wcos
001766 EAAD 7F0E3F    clr WcosSign        ;Wcos > 0
001767 EAB0 C67E      ldb *(N/4-2)        ;Index Wsin = (N/4 - 2) - index Wcos
001768 EAB2 E0E0      subb ,S+            ;
001769 EAB4 4F        clra                ;
001770 EAB5 58        lslb                ;Index * 2
001771 EAB6 8EE89D    ldx #U              ;
001772 EAB9 308B      leax D,X            ;
001773 EABB BF0E3D    stx PWsin           ;Adresse Wsin
001774 EABE 86FF      lda #h'FF           ;
001775 EAC0 B70E40    sta WsinSign        ;Wsin < 0
001776 EAC3 207D      bra TRF6.9          ;
001777 EAC5 10830100  TRF6.6:  cmpd *(N/2)         ;N/2 < p < 3N/4; Wcos < 0, Wsin < 0
001778 EAC9 2527      blo TRF6.7          ;
001779 EACB 830101    subd *(N/2+1)       ;Index Wsin = p - (N/2 + 1)
001780 EACE 3404      pshs B              ;
001781 EAD0 4F        clra                ;
001782 EAD1 58        lslb                ;Index * 2
001783 EAD2 8EE89D    ldx #U              ;
001784 EAD5 308B      leax D,X            ;
001785 EAD7 BF0E3D    stx PWsin           ;Adresse Wsin
001786 EADA 86FF      lda #h'FF           ;
001787 EADC B70E40    sta WsinSign        ;Wsin < 0
001788 EADF B70E3F    sta WcosSign        ;Wcos < 0
001789 EAE2 C67E      ldb *(N/4-2)        ;Index Wcos = (N/4 - 2) - Index Wsin
001790 EAE4 E0E0      subb ,S+            ;
001791 EAE6 4F        clra                ;
001792 EAE7 58        lslb                ;Index * 2
001793 EAE8 8EE89D    ldx #U              ;
001794 EAEB 308B      leax D,X            ;
001795 EAEF BF0E3B    stx PWcos           ;Adresse Wcos
001796 EAF0 2050      bra TRF6.9          ;
001797 EAF2 10830080  TRF6.7:  cmpd *(N/4)         ;N/4 < p < N/2; Wcos < 0, Wsin > 0
001798 EAF6 2527      blo TRF6.8          ;
001799 EAF8 830081    subd *(N/4+1)       ;Index Wcos = p - (N/4 + 1)
001800 EAFB 3404      pshs B              ;
001801 EAFD 4F        clra                ;
001802 EAFE 58        lslb                ;Index * 2
001803 EAFF 8EE89D    ldx #U              ;

```

```

001804 EB02 308B      leax D,X                ;
001805 EB04 8F0E3B    stx PWCos              ;Adresse Wcos
001806 EB07 86FF      lda #h'FF              ;
001807 EB09 870E3F    sta WcosSign           ;Wcos < 0
001808 EB0C C67E      ldb #(N/4-2)           ;Index Wsin = (N/4 - 2) - Index Wcos
001809 EB0E E0E0      subb ,S+               ;
001810 EB10 4F        clr a                  ;
001811 EB11 58        lslb                   ;Index * 2
001812 EB12 8EE89D    ldx #W                 ;
001813 EB15 308B      leax D,X                ;
001814 EB17 8F0E3D    stx PWSin              ;Adresse Wsin
001815 EB1A 7F0E40    clr WsinSign           ;Wsin > 0
001816 EB1D 2D23      bra TRF6.9             ;
TRF6.8: 001817 EB1F 8300D1    subd #1                 ;0 < p < N/4; Wcos > 0, Wsin > 0
001818 EB22 3404      pshs B                  ;Index Wsin = p - 1
001819 EB24 4F        clr a                  ;
001820 EB25 58        lslb                   ;Index * 2
001821 EB26 8EE89D    ldx #W                 ;
001822 EB29 308B      leax D,X                ;
001823 EB2B 8F0E3D    stx PWSin              ;Adresse Wsin
001824 EB2E 7F0E40    clr WsinSign           ;Wsin > 0
001825 EB31 C67E      ldb #(N/4-2)           ;Index Wcos = (N/4 - 2) - Index Wsin
001826 EB33 E0E0      subb ,S+               ;
001827 EB35 4F        clr a                  ;
001828 EB36 58        lslb                   ;Index * 2
001829 EB37 8EE89D    ldx #W                 ;
001830 EB3A 308B      leax D,X                ;
001831 EB3C 8F0E3B    stx PWCos              ;Adresse Wcos
001832 EB3F 7F0E3F    clr WcosSign           ;Wcos > 0
001833 EB42          ;-----
001834 EB42          ;Les coefficients et leurs signes sont
001835 EB42          ;connus; on peut maintenant calculer T1
001836 EB42 8E0E25    TRF6.9: ldx PX                ;Recuperer adresse de X(k*N2)
001837 EB45 10BE0E3B  ldy PWCos              ;
001838 EB49 8DE092      jsr MultCoef           ;Calculer Xreel * Wcos
001839 EB4C 7D0E3F      tst WcosSign           ;
001840 EB4F 2A06      bpl TRF6.10            ;Wcos > 0 ?
001841 EB51 CC0E49      ldd #MultRes           ;Non, complementer a 2 le resultat
001842 EB54 8DE079      jsr NegD                ;
TRF6.10: 001843 EB57 8E0E49  ldx #MultRes           ;T1reel <- Xreel * Wcos
001844 EB5A 10BE0E29  ldy #T1                ;
001845 EB5E BDEE38      jsr TfrPxPy            ;
001846 EB61 8E0E25      ldx PX                 ;Calculer Ximag * Wsin
001847 EB64 3003      leax 3,X               ;
001848 EB66 10BE0E3D  ldy Pwsin              ;
001849 EB6A 8DE092      jsr MultCoef           ;MultRes <- Ximag * Wsin
001850 EB6D 7D0E40      tst WsinSign           ;
001851 EB70 2A06      bpl TRF6.11            ;Wsin > 0 ?
001852 EB72 CC0E49      ldd #MultRes           ;Non, prendre complement a 2
001853 EB75 BDE079      jsr NegD                ;
TRF6.11: 001854 EB78 8E0E29  ldx #T1                 ;
001855 EB7B BDEE41      jsr Add3                ;
001856 EB7E 8E0E49      ldx #MultRes           ;T1reel <- T1reel + Ximag * Wsin
001857 EB81 10BE0E29  ldy #T1                 ;
001858 EB85 BDEE38      jsr TfrPxPy            ;
001859 EB88 8E0E25      ldx PX                 ;Calculer Ximag * Wcos
001860 EB8B 3003      leax 3,X               ;
001861 EB8D 10BE0E3B  ldy Pwcos              ;
001862 EB91 BDE092      jsr MultCoef           ;MultRes <- Ximag * Wcos
001863 EB94 7D0E3F      tst WcosSign           ;
001864 EB97 2A06      bpl TRF6.12            ;Wcos > 0 ?
001865 EB99 CC0E49      ldd #MultRes           ;Non, prendre complement a 2
001866 EB9C BDE079      jsr NegD                ;
TRF6.12: 001867 EB9F 8E0E49  ldx #MultRes           ;T1imag <- Ximag * Wcos
001868 EBA2 10BE0E29  ldy #T1                 ;
001869 EBA6 3123      leay 3,Y               ;
001870 EBA8 BDEE38      jsr TfrPxPy            ;
001871 EBA8 8E0E25      ldx PX                 ;Calculer Xreel * Wsin
001872 EBAE 10BE0E3D  ldy Pwsin              ;
001873 EBB2 BDE092      jsr MultCoef           ;
001874 EBB5 7D0E40      tst WsinSign           ;
001875 EBB8 2806      bai TRF6.13            ;On inverse le signe de Wsin puisque le
001876 EBBA CC0E49      ldd #MultRes           ;MultRes doit etre soustrait de T1imag
001877 EBBD BDE079      jsr NegD                ;
TRF6.13: 001878 EBC0 8E0E29  ldx #T1                 ;
001879 EBC3 3003      leax 3,X               ;
001880 EBC5 BDEE41      jsr Add3                ;

```

```

001881 EBC8 8E0E49      ldx #MultRes      ;
001882 EBCB 108E0E29   ldy #T1            ;Tlimag <- Tlimag - Xreel * Usin
001883 EBCF 3123       leay 3,Y           ;
001884 EBD1 BDEE38     jsr TfrPxPy       ;
001885 EBD4            ;-----
001886 EBD4            ;Tl est maintenant connu,
001887 EBD4            ;calculer X(k+N2) = X(k) - T1
001888 EBD4 FC0E35     TRF6.14: ldd k      ;
001889 EBD7 58         lslb              ;Indice = k * 6
001890 EBD8 49         rora              ;
001891 EBD9 F00E27     std P2X           ;
001892 EBDc F30E27     addd P2X          ;
001893 EBDf F30E27     addd P2X          ;
001894 EBE2 8E0225     ldx #UX           ;
001895 EBE5 3088       leax 0,X          ;
001896 EBE7 8F0E27     stx P2X           ;Adresse partie reelle X(k)
001897 EBEA 8E0E29     ldx #T1           ;Calculer partie reelle
001898 EBED 108E0E49   ldy #MultRes     ;Var. MultRes utilisee pour calculs
001899 EBF1 BDEE38     jsr TfrPxPy       ;
001900 EBF4 1F20       tfr Y,D           ;
001901 EBF6 B0ED79     jsr NegD          ;-T1reel
001902 EBF9 8E0E27     ldx P2X           ;
001903 EBFc BDEE41     jsr Add3          ;Xreel(k) - T1reel
001904 EBFf 8E0E49     ldx #MultRes     ;
001905 EC02 108E0E25   ldy PX           ;
001906 EC06 BDEE38     jsr TfrPxPy       ;Xreel(k+N2) <- Xreel(k) - T1reel
001907 EC09 8E0E29     ldx #T1           ;Calculer partie imaginaire
001908 EC0c 3003       leax 3,X          ;
001909 EC0E 108E0E49   ldy #MultRes     ;
001910 EC12 BDEE38     jsr TfrPxPy       ;
001911 EC15 1F20       tfr Y,D           ;
001912 EC17 B0ED79     jsr NegD          ;-Tlimag
001913 EC1A 8E0E27     ldx P2X           ;
001914 EC1D 3003       leax 3,X          ;
001915 EC1F BDEE41     jsr Add3          ;Ximag(k) - Tlimag
001916 EC22 8E0E49     ldx #MultRes     ;
001917 EC25 108E0E25   ldy PX           ;
001918 EC29 3123       leay 3,Y           ;
001919 EC2B BDEE38     jsr TfrPxPy       ;Ximag(k+N2) <- Ximag(k) - Tlimag
001920 EC2E            ;-----
001921 EC2E            ;Calculer X(k) = X(k) + T1
001922 EC2E 8E0E29     ldx #T1           ;Calculer partie reelle
001923 EC31 108E0E49   ldy #MultRes     ;
001924 EC35 BDEE38     jsr TfrPxPy       ;
001925 EC38 8E0E27     ldx P2X           ;
001926 EC3B BDEE41     jsr Add3          ;Xreel(k) + T1reel
001927 EC3E 8E0E49     ldx #MultRes     ;
001928 EC41 108E0E27   ldy P2X           ;
001929 EC45 BDEE38     jsr TfrPxPy       ;Xreel(k) <- Xreel(k) + T1reel
001930 EC48 8E0E29     ldx #T1           ;Calculer partie imaginaire
001931 EC4B 3003       leax 3,X          ;
001932 EC4D 108E0E49   ldy #MultRes     ;
001933 EC51 BDEE38     jsr TfrPxPy       ;
001934 EC54 8E0E27     ldx P2X           ;
001935 EC57 3003       leax 3,X          ;
001936 EC59 BDEE41     jsr Add3          ;Ximag(k) + Tlimag
001937 EC5c 8E0E49     ldx #MultRes     ;
001938 EC5f 108E0E27   ldy P2X           ;
001939 EC63 3123       leay 3,Y           ;
001940 EC65 BDEE38     jsr TfrPxPy       ;Ximag(k) <- Ximag(k) + Tlimag
001941 EC68            ;-----
001942 EC68            ;-----
001943 EC68            ;Preparer indice pour X suivant
001944 EC68 FC0E35     TRF7:  ldd k      ;
001945 EC6B C30001     oddd #1           ;
001946 EC6E F00E35     std k            ;
001947 EC71            ;-----
001948 EC71            ;-----
001949 EC71            ;Verifier qu'on ne saute pas ce X
001950 EC71 FC0E37     TRF8:  ldd i      ;
001951 EC74 10830E31   cmpd N2          ;i = N2 ?
001952 EC78 2709     beq TRF10        ;Oui, sauter a (k + N2)
001953 EC7A            ;-----
001954 EC7A            ;-----
001955 EC7A C30001     TRF9:  oddd #1     ;Non, augmenter i de 1 et passer au X suivant
001956 EC7D F00E37     std i            ;
001957 EC80 16F067     lbra TRF5        ;

```



```

001958 EC83 ;-----
001959 EC83 ;-----
001960 EC83 ;Sauter a X(k+N2)
001961 EC83 F0E35 TRF10: ldd k ;
001962 EC86 F30E31 addd N2 ;
001963 EC89 F0E35 std k ;
001964 EC8C ;-----
001965 EC8C ;-----
001966 EC8C ;-----
001967 EC8C C30001 addd #1 ;Verifier si c'est le dernier X
001968 EC8F 10830200 TRF11: capd #N ;k < N - 1 ?
001969 EC93 1025F040 lblo TRF4 ;
001970 EC97 ;-----
001971 EC97 ;-----
001972 EC97 ;Passer au calcul du vecteur suivant
001973 EC97 F0E2F TRF12: ldd l ;
001974 EC9A C30001 addd #1 ;
001975 EC9D F0E2F std l ;l = l + 1
001976 ECA0 F0E31 ldd N2 ;
001977 ECA3 44 lsra ;
001978 ECA4 56 rorb ;
001979 ECA5 F0E31 std N2 ;N2 <- N2 / 2
001980 ECAB F0E33 ldd NU1 ;
001981 ECAB 830001 subd #1 ;
001982 ECAC F0E33 std NU1 ;NU1 <- NU1 - 1
001983 ECB1 C00000 ldd #0 ;
001984 ECB4 F0E35 std k ;k = 0
001985 ECB7 16F01F lbra TRF3 ;
001986 ECB8 ;-----
001987 ECB8 ;-----
001988 ECB8 ;Demeler le vecteur de sortie
001989 ECB8 F0E35 TRF13: ldd k ;
001990 ECB0 B0ED4E jsr lBR ;
001991 ECC0 F0E37 std i ;
001992 ECC3 ;-----
001993 ECC3 ;-----
001994 ECC3 10830E35 TRF14: capd k ;
001995 ECC7 2359 bis TRF16 ;
001996 ECC9 ;-----
001997 ECC9 ;-----
001998 ECC9 F0E35 TRF15: ldd k ;
001999 ECC8 58 lslb ;
002000 ECCD 49 rora ;
002001 ECCE F0E25 std PX ;
002002 EC01 F30E25 addd PX ;
002003 EC04 F30E25 addd PX ;
002004 EC07 8E0225 ldx #UX ;
002005 EC0A 3088 leax D,X ;
002006 EC0C 8F0E25 stx PX ;Adresse partie reelle X(k)
002007 EC0F 108E0E29 ldy #T1 ;
002008 ECE3 BDEE38 jsr TfrPxPy ;Tlreel = Xreel(k)
002009 ECE6 3003 leax 3,X ;
002010 ECE8 3123 leay 3,Y ;
002011 ECEA BDEE38 jsr TfrPxPy ;Tlimag = Ximag(k)
002012 ECED F0E37 ldd i ;
002013 ECF0 58 lslb ;
002014 ECF1 49 rora ;
002015 ECF2 F0E27 std P2X ;
002016 ECF5 F30E27 addd P2X ;
002017 ECF8 F30E27 addd P2X ;
002018 ECFB 8E0225 ldx #UX ;
002019 ECFE 3088 leax D,X ;
002020 ED00 8F0E27 stx P2X ;Adresse partie reelle X(i)
002021 ED03 108E0E25 ldy PX ;
002022 ED07 BDEE38 jsr TfrPxPy ;Xreel(k) = Xreel(i)
002023 ED0A 3003 leax 3,X ;
002024 ED0C 3123 leay 3,Y ;
002025 ED0E BDEE38 jsr TfrPxPy ;Ximag(k) = Ximag(i)
002026 ED11 8E0E29 ldx #T1 ;
002027 ED14 108E0E27 ldy P2X ;
002028 ED18 BDEE38 jsr TfrPxPy ;Xreel(i) = Tlreel
002029 ED1B 3003 leax 3,X ;
002030 ED1D 3123 leay 3,Y ;
002031 ED1F BDEE38 jsr TfrPxPy ;Ximag(i) = Tlimag
002032 ED22 ;-----
002033 ED22 ;-----
002034 ED22 CC0200 TRF16: ldd #N ;

```

```

002035 ED25 830001          subd #1          ;
002036 ED28 10B30E35       cmpd k          ;
002037 ED2C 2708           beq TRFfin     ;
002038 ED2E                ;-----
002039 ED2E                ;-----
002040 ED2E FC0E35         TRF17: ldd k          ;
002041 ED31 C30001         addd #1        ;
002042 ED34 F00E35         std k          ;
002043 ED37 20B1          bra TRF13      ;
002044 ED39                ;-----
002045 ED39                ;-----
002046 ED39 80EE52         TRFfin: jsr Ampl ;Calculer les amplitudes
002047 ED3C 39            rts            ;
002048 ED3D                ;-----
002049 ED3D 43616C63756C2064 MCalfcTRF: .db "Calcul de la TRF&"
ED45 65206C612D545246
ED4D 26

002050 ED4E                ; Module 452.1: IBR
002051 ED4E                ; *****
002052 ED4E                ; IBR: Sous-routine d'inversion des Gamma bits d'un nombre
002053 ED4E                ;
002054 ED4E                ; Ce module inverse l'ordre des bits dans un nombre de Gamma bits utilise
002055 ED4E                ; comme indice dans le calcul de la TRF.
002056 ED4E                ; L'agorithme utilise ici est different de celui du livre.
002057 ED4E                ;
002058 ED4E                ; HIERARCHIE
002059 ED4E                ; Sup: TRF
002060 ED4E                ; Inf: Aucun
002061 ED4E                ;-----
002062 OE41                ;
002063 OE41                IBRdep: .rs 2          ;Nombre-depart
002064 OE43                IBRres: .rs 2         ;Nombre-resultat
002065 OE45                ;-----
002066 ED4E                ;
002067 ED4E F00E41         IBR: std IBRdep  ;
002068 ED51 C00000         ldd #0         ;
002069 ED54 F00E43         std IBRres     ;
002070 ED57 8E0009         ldx #Gamma     ;
002071 ED5A 4F            IBR1: cibra     ;
002072 ED5B F60E42         ldb IBRdep+1  ;
002073 ED5E C401          andb #1        ;Conserver dernier bit
002074 ED60 F30E43         addd IBRres    ;
002075 ED63 F00E43         std IBRres     ;
002076 ED66 301F          leax -1,X     ;
002077 ED68 270E          beq IBRfin     ;
002078 ED6A 740E41         lsr IBRdep     ;lsr sur 16 bits
002079 ED6D 760E42         ror IBRdep+1  ;
002080 ED70 780E44         lsl IBRres+1  ;lsl sur 16 bits
002081 ED73 790E43         rol IBRres     ;
002082 ED76 20E2          bra IBR1       ;
002083 ED78 39            IBRfin: rts    ;
002084 ED79                ;
002085 ED79                ; Module 452.2: NegD
002086 ED79                ; *****
002086 ED79                ; NegD: Prendre le complement a 2 du contenu de l'adresse en D
002087 ED79                ;
002088 ED79                ; HIERARCHIE
002089 ED79                ; Sup: TRF, Ampl, Carre
002090 ED79                ; Inf: Aucun
002091 ED79                ;-----
002092 ED79 3410         NegD: pshs X    ;Sauvegander X
002093 ED7B 1F01         tfr D,X        ;
002094 ED7D 6384         com ,X         ;Complementer a 1 le contenu de l'adresse
002095 ED7F 6301         com 1,X        ;
002096 ED81 6302         com 2,X        ;
002097 ED83 EC01         ldd 1,X        ;Ajouter 1 aux 16 bits inf.
002098 ED85 C30001         addd #1        ;
002099 ED88 ED01         std 1,X        ;
002100 ED8A E684         ldb ,X         ;
002101 ED8C C900         adcb #0        ;Ajouter la retenue aux 8 bits sup.
002102 ED8E E784         stb ,X         ;
002103 ED90 359D         puls X,PC      ;Recuperer X et retourner
002104 ED92                ;
002105 ED92                ; Module 452.3: MultCoef
002106 ED92                ; *****
002106 ED92                ; MULTCOEF: Multiplier un nombre par un coefficient
002107 ED92                ;
002108 ED92                ; PROCEDURE
002109 ED92                ; Ce module multiplie un nombre signe de 24 bits par un coefficient de 16

```

```

002110 ED92 ; bits non-signé < 1 et retourne un resultat de 24 bits signe.
002111 ED92 ;
002112 ED92 ; U1-U2-U3 = 3 octets du nombre
002113 ED92 ; * C1-C2 = 2 octets du coefficient
002114 ED92 ; -----
002115 ED92 ; C2*U3 = sous-produits
002116 ED92 ; C2*U2
002117 ED92 ; C2*U1
002118 ED92 ; C1*U3
002119 ED92 ; C1*U2
002120 ED92 ; C1*U1
002121 ED92 ; -----
002122 ED92 ; XX-XX-XX = 3 octets de la reponse
002123 ED92 ;
002124 ED92 ; INTERFACE
002125 ED92 ; Entree: X: adresse du nombre (retourne intact)
002126 ED92 ; Y: adresse du coefficient " "
002127 ED92 ; Sortie: MultRes
002128 ED92 ;
002129 ED92 ; HIERARCHIE
002130 ED92 ; Sup: TRF
002131 ED92 ; Inf: AddResD
002132 ED92 ;-----
002133 OE45 ; Variables ;
002134 OE45 ; VarTemp: .rs 3 ;Variable temporaire
002135 OE48 ; VarSign: .rs 1 ;Signe du nombre de depart (00 ou FF)
002136 OE49 ; MultRes: .rs 3 ;Resultat de la multiplication
002137 OE4C ;-----
002138 ED92 ; Programme ;
002139 ED92 3410 MultCoef: pshs X ;Sauvegarder X
002140 ED94 7F0E48 clr VarSign ;Mettre signe a 0
002141 ED97 CC0000 ldd #0 ;Mettre MultRes a 0
002142 ED9A F70E49 stb MultRes ;
002143 ED9D F00E4A std MultRes+1 ;
002144 EDA0 ECD1 ldd 1,X ;Transférer nombre de depart a VarTemp
002145 EDA2 F00E46 std VarTemp+1 ;
002146 EDA5 E6B4 ldb ,X ;
002147 EDA7 F70E45 stb VarTemp ;
002148 EDA8 2A10 bpl MC1 ;Nombre >= 0 ?
002149 EDAC 730E45 com VarTemp ;Prendre complement a 2 de VarTemp
002150 EDAF 730E46 com VarTemp+1 ;
002151 EDB2 730E47 com VarTemp+2 ;
002152 EDB5 FC0E46 ldd VarTemp+1 ;
002153 EDB8 C30001 addd #1 ;
002154 EDBB F00E46 std VarTemp+1 ;
002155 EDBE F60E45 ldb VarTemp ;
002156 EDC1 C900 adcb #0 ;
002157 EDC3 F70E45 stb VarTemp ;
002158 EDC6 730E48 com VarSign ;Mettre SignVar a FF
002159 EDC9 8E0E45 MC1: idx *VarTemp ;
002160 EDCC A621 lda 1,Y ;C2*U3
002161 EDCE E602 ldb 2,X ;
002162 EDD0 3D mul ;
002163 EDD1 870E48 sta MultRes+2 ;Glisser 1 octet a droite
002164 EDD4 A621 lda 1,Y ;C2*U2
002165 EDD6 E601 ldb 1,X ;
002166 EDD8 3D mul ;
002167 EDD9 B0EE29 jsr AddResD ;
002168 EDDC A6A4 lda ,Y ;C1*U3
002169 EDDE E602 ldb 2,X ;
002170 EDE0 3D mul ;
002171 EDE1 B0EE29 jsr AddResD ;
002172 EDE4 FC0E49 ldd MultRes ;Glisser 1 octet a droite
002173 EDE7 FD0E4A std MultRes+1 ;
002174 EDEA 7F0E49 clr MultRes ;Placer 00 dans l'octet sup.
002175 EDED A621 lda 1,Y ;C2*U1
002176 EDEF E6B4 ldb ,X ;
002177 EDF1 3D mul ;
002178 EDF2 B0EE29 jsr AddResD ;
002179 EDF5 A6A4 lda ,Y ;C1*U2
002180 EDF7 E601 ldb 1,X ;
002181 EDF9 3D mul ;
002182 EDFB B0EE29 jsr AddResD ;
002183 EDFD A6A4 lda ,Y ;C1*U1
002184 EDFF E6B4 ldb ,X ;
002185 EE01 3D mul ;
002186 EE02 F30E49 addd MultRes ;

```

```

002187 EE05 F00E49          std MultRes          ;
002188 EE08 700E46          tst VarSign         ;
002189 EE0B 2A1A             bpl MC2             ;VarSign >= 0 ?
002190 EE00 730E49          com MultRes         ;Prendre complement a 2 de MultRes
002191 EE10 730E4A          com MultRes+1       ;
002192 EE13 730E4B          com MultRes+2       ;
002193 EE16 FC0E4A          ldd MultRes+1       ;
002194 EE19 C30001          addd #1             ;
002195 EE1C F00E4A          std MultRes+1       ;
002196 EE1F F60E49          ldb MultRes         ;
002197 EE22 C900             adcb #0             ;
002198 EE24 F70E49          stb MultRes         ;
002199 EE27
002200 EE27 3590          MC2:                ;
MCFin:  puls X,PC          ;Recuperer X et retourner
;
; Module 452.31: AddResD
;*****
; ADDRESD: Additionner variable MultRes au registre D
;
;
; Entree:      D, MultRes
; Sortie:      MultRes
; Appelle par: MultCoef
;-----
AddResD:  addd MultRes+1    ;Additionner 16 bits inf.
002210 EE2C F00E4A          std MultRes+1       ;
002211 EE2F F60E49          ldb MultRes         ;
002212 EE32 C900             adcb #0             ;Additionner la retenue a l'octet sup.
002213 EE34 F70E49          stb MultRes         ;
002214 EE37 39             rts                 ;
;
; Module 452.4: TfrPxPy
;*****
; TFRPXPy: Transferer le contenu de l'adresse en X a l'adresse en Y
;
; Ce module transfere un nombre de 3 octets de l'adresse en X vers l'adresse
; en Y. Ceci permet d'eviter la repetition de ldb, stb et ldd, std en
; vue de simplifier la lecture de l'algorithme principal de la TRF.
;
; Entree:      Adresses en X et Y
; Sortie:      Adresse en Y
; Appelle par: TRF
; Appels:      Aucun
;-----
TfrPxPy:  ldb ,X           ;Transferer l'octet superieur
002229 EE3A E7A4          stb ,Y             ;
002230 EE3C EC01          ldd l,X           ;Transferer les 16 bits inferieurs
002231 EE3E ED21          std l,Y           ;
002232 EE40 39             rts                 ;
;
; Module 452.5: Add3
;*****
; ADD3: Additionner deux nombres de 3 octets
;
; Ce module additionne deux nombres de 3 octets, dont l'un est contenu dans
; la variable MultRes, et l'autre se trouve a l'adresse indiquee par X.
; Normalement, ce module est appele apres le module MultCoef qui laisse dans
; MultRes, le resultat de la multiplication de T1 par un coefficient.
;
; Entree:      MultRes, X
; Sortie:      MultRes
; Appelle par: TRF, Carre
; Appelle:      Aucun
;-----
Add3:     ldd l,X           ;Additionner les 16 bits inf.
002248 EE43 F30E4A          addd MultRes+1     ;
002249 EE46 F00E4A          std MultRes+1     ;
002250 EE49 E684          ldb ,X             ;
002251 EE4B F90E49          adcb MultRes       ;Additionner avec la retenue les 8 bits sup.
002252 EE4E F70E49          stb MultRes       ;
002253 EE51 39             rts                 ;
;
; Module 452.6: Ampl
;*****
; AMPL: Calculer les amplitudes
;
; Cette section calcule les amplitudes de la TRF a partir des parties
; reelles et imaginaires, pour les frequences de 0 a 1/(2T),
; ou T = periode d'echant. (donc de 0 a N/2)
;
;
; Amplitude = Racine (Re^2 + Im^2)
;

```

```

002264 EE52 ; Les amplitudes a 0 et a la frequence de Nyquist sont exactes, les autres
002265 EE52 ; doivent etre multipliees par 2. En effet, la transformee de Fourier d'un
002266 EE52 ; sinus d'amplitude A donne deux valeurs de A/2 aux frequences positive et
002267 EE52 ; negative.
002268 EE52 ;
002269 EE52 ; Note: Ce module ne fonctionne que pour N = 512.
002270 EE52 ;
002271 EE52 ; Correspondance entre parametre n et frequences:
002272 EE52 ; n = 0 a 511: 0, 1, ..., 255, 256, 257, ..., 511
002273 EE52 ; f = n/(NT): 0, 1/512T, ..., 255/512T, max=2/T, -255/512T, ..., -1/512T
002274 EE52 ;
002275 EE52 ; INTERFACE
002276 EE52 ; Entree: UX[0..6(N/2+1)]
002277 EE52 ; Sortie: Serie[0..N/2]
002278 EE52 ;
002279 EE52 ; HIERARCHIE
002280 EE52 ; Sup: TRF
002281 EE52 ; Inf: Neg0, Decal7g, Carre, Add3XY, Racine
002282 EE52 ;-----
002283 EE52 8E0225 Ampl: ldx #UX ;Placer pointeur au premier X complexe
002284 EE55 6D02 Ampl1: tst 2,X ;Re = 0?
002285 EE57 262F ; bne Ampl2 ;Non
002286 EE59 6D01 ; tst 1,X ;
002287 EE58 262B ; bne Ampl2 ;Non
002288 EE50 6084 ; tst ,X ;
002289 EE5F 2627 ; bne Ampl2 ;Non
002290 EE61 ;-----
002291 EE61 6D05 ; tst 5,X ;Cas Re = 0; Im = 0?
002292 EE63 260A ; bne Ampl1.1 ;Non
002293 EE65 6D04 ; tst 4,X ;
002294 EE67 2606 ; bne Ampl1.1 ;Non
002295 EE69 6D03 ; tst 3,X ;
002296 EE68 2602 ; bne Ampl1.1 ;Non
002297 EE60 ;-----
002298 EE60 204A ; bra Ampl3 ;Cas Re = Im = 0
002299 EE6F ;-----
002300 EE6F 6D03 Ampl1.1: tst 3,X ;Cas Re = 0 et Im <> 0
002301 EE71 2A08 ; bpl Ampl1.2 ;
002302 EE73 1F10 ; tfr X,0 ;Im < 0, changer son signe
002303 EE75 C30003 ; addd #3 ;
002304 EE78 B0ED79 ; jsr Neg0 ;
002305 EE78 3003 Ampl1.2: leax 3,X ;Amplitude = 8 bps de Im
002306 EE70 B0EE03 ; jsr Decal7g ;
002307 EE80 E684 ; ldb ,X ;Transférer a Re
002308 EE82 301D ; leax -3,X ;
002309 EE84 E784 ; stb ,X ;
002310 EE86 2031 ; bra Ampl3 ;
002311 EE88 ;-----
002312 EE88 6D84 Ampl2: tst ,X ;Cas Re <> 0
002313 EE8A 2A05 ; bpl Ampl2.1 ;
002314 EE8C 1F10 ; tfr X,0 ;Re < 0, changer son signe
002315 EE8E B0ED79 ; jsr Neg0 ;
002316 EE91 6D05 Ampl2.1: tst 5,X ;
002317 EE93 260D ; bne Ampl2.2 ;
002318 EE95 6D04 ; tst 4,X ;
002319 EE97 2609 ; bne Ampl2.2 ;
002320 EE99 6D03 ; tst 3,X ;
002321 EE9B 2605 ; bne Ampl2.2 ;
002322 EE9D ;-----
002323 EE9D B0EE03 ; jsr Decal7g ;Cas Re <> 0 et Im = 0
002324 EEAD 2017 ; bra Ampl3 ;Mettre Re a amplitude = 8 bps de Re
002325 EEA2 ;-----
002326 EEA2 6D03 Ampl2.2: tst 3,X ;Cas Re et Im <> 0
002327 EEA4 2A08 ; bpl Ampl2.3 ;
002328 EEA6 1F10 ; tfr X,0 ;Im < 0, changer son signe
002329 EEA8 C30003 ; addd #3 ;
002330 EEAB B0ED79 ; jsr Neg0 ;
002331 EEAE B0EF08 Ampl2.3: jsr Carre ;Calculer Re^2 et Im^2
002332 EE81 3103 ; leay 3,X ;
002333 EE83 B0EF69 ; jsr Add3XY ;Calculer (Re^2+Im^2)
002334 EE86 B0EF76 ; jsr Racine ; " Rac(Re^2+Im^2) et garder les 8 bps
002335 EE89 ;-----
002336 EE89 3006 Ampl3: leax 6,X ;Passer au X complexe suivant
002337 EE8B 8C082B ; cmplx #(UX*6*(NbEchant/2+1))
002338 EE8E 2695 ; bne Ampl1 ;Dernier X a calculer = N/2
002339 EE8D ;-----
002340 EE8D 8E0225 Ampl4: ldx #UX ;Transférer les resultats a Serie

```

```

002341 EEC3 108E0025      Idy *Serie          ;
002342 EEC7 E684          Ampl4.1: ldb ,X      ;
002343 EEC9 E7A0          stb ,Y+            ;
002344 EECB 3006          leax 6,X           ;
002345 EEC0 8C082B        cmpx #(UX+6*(NbEchant/2+1))
002346 EED0 26F5          bne Ampl4.1        ;
002347 EED2 39           AmplFin: rts        ;
;
; Module 452.61: Decal7g
; *****
; DECAL7G: Decaler 16 bits de 7 positions vers la gauche
;
;
; FONCTION
; Ce module extrait les 8 bps des resultats qui sont sur 17 bits (voir mo-
; dule 452: TRAF). Si l'indice est different de 0 ou 256, alors le resultat
; doit aussi etre multiplie par 2.
; Note: Le module sert uniquement dans le cas ou la partie reelie ou la
; partie imaginaire est nulle. Dans ce cas, il est inutile de calculer la
; racine de la somme des carres, et sette routine permet de gagner du temps.
;
; PROCEDURE
; Les 16 bps sont decalés a gauche de 7 positions, ce qui isole les 8 bps du
; nombre. Les 8 bas du nombre sont tout simplement ignores. De plus, si
; I > 0 et < N/2, c'est-a-dire que ce n'est ni la premiere ni la derniere
; composante frequentielle, un decalage supplementaire est effectue pour
; doubler le resultat.
;
;
; INTERFACE
; Entree: Adresse du nombre de 3 octets en X
; Sortie: Resultat remplace le nb de depart
;
;
; HIERARCHIE
; Sup: Ampl
; Inf: Aucun
;
; -----
002374 EED3              Decal7g: lsl 1,X          ;Faire decaler de 7 bits a gauche,
002375 EED3 6801          rol ,X              ; les 16 bps. Les 8 bas sont ignores
002376 EED5 6984          lsl 1,X              ;
002377 EED7 6801          rol ,X              ;
002378 EED9 6984          lsl 1,X              ;
002379 EEDB 6801          rol ,X              ;
002380 EEDD 6984          lsl 1,X              ;
002381 EEDF 6801          rol ,X              ;
002382 EEE1 6984          lsl 1,X              ;
002383 EEE3 6801          rol ,X              ;
002384 EEE5 6984          lsl 1,X              ;
002385 EEE7 6801          rol ,X              ;
002386 EEE9 6984          lsl 1,X              ;
002387 EEEB 6801          rol ,X              ;
002388 EEEF 6984          lsl 1,X              ;
002389 EEEF              rol ,X              ;
; -----
002390 EEEF              ;VERIFIER SI I=0 OU I=N/2
002391 EEEF 8C0225        cmpx #UX              ;Partie reelie de la 1ere composante?
002392 EEF2 2713          beq D7GFin           ;Oui, termine
002393 EEF4 8C0228        cmpx #(UX+3)          ;Partie imagin. de la 1ere composante?
002394 EEF7 270E          beq D7GFin           ;Oui, termine
002395 EEF9 8C0825        cmpx #(UX+6*NbEchant/2) ;Partie reelie de la derniere compos.?
002396 EEF0 2709          beq D7GFin           ;Oui, termine
002397 EEF0 8C0828        cmpx #(UX+3+6*NbEchant/2) ;Partie imagin. de la derniere compos.?
002398 EEF1 2704          beq D7GFin           ;Oui, termine
002399 EEF3 6801          lsl 1,X              ;Non, decaler d'une position supplementaire
002400 EEF5 6984          rol ,X              ;
002401 EEF7 39           D7GFin: rts          ;
;
; Module 452.62: Carre
; *****
; CARRE: Calculer le carre des parties reelles et imaginaires
;
;
; FONCTION
; Ce module retourne le carre des parties reelles et imaginaires des
; resultats de la TRAF.
;
;
; PROCEDURE
; Les nombres d'entree ont 8 + 9 = 17 bits significatifs; ils sont ramenes a
; 12 bits pour que le carre ne depasse pas 3 octets, puis le resultat est
; ramene a 23 pour que la somme des carres ne depasse pas 24.
;
;
; N1 N2 -> 12 bits sign.
; * N1 N2
; -----
002411 EEF8
002412 EEF8
002413 EEF8
002414 EEF8
002415 EEF8
002416 EEF8
002417 EEF8

```

```

002418 EF08 ; N2*N2 -> 16 "
002419 EF08 ; N1*N2 12 "
002420 EF08 ; N1*N2
002421 EF08 ; N1*N1 -> 8 "
002422 EF08 ; -----
002423 EF08 ; X1 X2 X3 X4 -> 24 "
002424 EF08 ; |
002425 EF08 ; =0
002426 EF08 ;
002427 EF08 ; INTERFACE
002428 EF08 ; Entree: X = adresse nombre complexe
002429 EF08 ; Sortie: Remplace Re et Im du nombre
002430 EF08 ;
002431 EF08 ; HIERARCHIE
002432 EF08 ; Sup: Rmpl
002433 EF08 ; Inf: Neg0, Add3, TfrPxPy
002434 EF08 ; -----
002435 EF08 BDEF13 Carre: jsr Carre1 ;Carre partie reelle
002436 EF08 3003 leax 3,X ;
002437 EF08 BDEF13 jsr Carre1 ;Carre partie imaginaire
002438 EF10 301D leax -3,X ;
002439 EF12 39 CarreFin: rts ;
002440 EF13 ; -----
002441 EF13 6084 Carre1: tst ,X ;
002442 EF15 2A05 bpl Carre2 ;
002443 EF17 1F10 tfr X,D ;
002444 EF19 80ED79 jsr Neg0 ;
002445 EF1C 108E0005 Carre2: ldy #5 ;Glisser 5 bits a droite pour ramener de 17
002446 EF20 6484 Carre3: lsr ,X ;a 12 bits significatifs
002447 EF22 6601 ror 1,X ;
002448 EF24 6602 ror 2,X ;
002449 EF26 313F leay -1,Y ;
002450 EF28 26F6 bne Carre3 ;
002451 EF2A 1F12 tfr X,Y ;
002452 EF2C 8E0E29 idx #T1 ;
002453 EF2F 7F0E49 clr MultRes ;
002454 EF32 A622 lda 2,Y ;N2
002455 EF34 1F89 tfr A,B ;
002456 EF36 3D mul ;
002457 EF37 F00E4A std MultRes+1 ;MultRes = N2*N2
002458 EF3A A621 lda 1,Y ;N1
002459 EF3C E622 ldb 2,Y ;N2
002460 EF3E 3D mul ;
002461 EF3F E084 std ,X ;16 bits sup. T1 = N1*N2
002462 EF41 6F02 clr 2,X ;
002463 EF43 BDEE41 jsr Add3 ;
002464 EF46 BDEE41 jsr Add3 ;MultRes = 2*N1*N2
002465 EF49 A621 lda 1,Y ;N1
002466 EF4B 1F89 tfr A,B ;
002467 EF4D 3D mul ;
002468 EF4E E784 stb ,X ;8 bits sup. T1 = 8 bits Inf. N1*N1
002469 EF50 6F01 clr 1,X ;
002470 EF52 6F02 clr 2,X ;
002471 EF54 BDEE41 jsr Add3 ;MultRes = (N1N2)^2
002472 EF57 ; -----
002473 EF57 740E49 lsr MultRes ;Ramener les resultat a 23 bits
002474 EF5A 760E4A ror MultRes+1 ;
002475 EF5D 760E4B ror MultRes+2 ;
002476 EF60 8E0E49 idx #MultRes ;Transférer le resultat a UX
002477 EF63 BDEE3B jsr TfrPxPy ;
002478 EF66 1F21 tfr V,X ;
002479 EF68 39 rts ;
002480 EF69 ; Module 452.63: Add3XY
002481 EF69 ; *****
002482 EF69 ; ADD3XY: Additionner deux nombres de 3 octets aux adresses en X et Y
002483 EF69 ;
002484 EF69 ; FONCTION
002485 EF69 ; Ce module additionne deux nombres de 24 bits dont les adresses
002486 EF69 ; se trouvent en X et Y. Le resultat remplace le nombre pointe par X.
002487 EF69 ;
002488 EF69 ; INTERFACE
002489 EF69 ; Entree: Adresses en X et Y
002490 EF69 ; Sortie: Adresse en X
002491 EF69 ;
002492 EF69 ; HIERARCHIE
002493 EF69 ; Sup: Rmpl, pour Re^2+Im^2
002494 EF69 ; Inf: Rucun

```

```

002495 EF69 ;-----
002496 EF69 EC01 Add3XV: ldd 1,X ;
002497 EF6B E321 addd 1,Y ;Additionner les 16 bits inf.
002498 EF6D ED01 std 1,X ;
002499 EF6F E684 ldb ,X ;
002500 EF71 E9A4 adcb ,Y ;Additionner avec retenue les 8 bits inf.
002501 EF73 E784 stb ,X ;
002502 EF75 39 R3XVFin: nts ;
002503 EF76 ; Module 452.64: Racine
002504 EF76 ; *****
002505 EF76 ; RACINE: Calculer la racine carree
002506 EF76 ;
002507 EF76 ; FONCTION
002508 EF76 ; Ce module calcule la racine carree d'un nombre dont l'adresse est en X,
002509 EF76 ; et le remplace par les 8 bits les plus significatifs du resultat.
002510 EF76 ; Les resultats a 12 bits significatifs se trouvent dans les variables Rac
002511 EF76 ; et Reste, telles que X = Rac^2 + Reste.
002512 EF76 ; De plus, le resultat est multiplie par 2, si la composante calculee n'est
002513 EF76 ; n'est ni la premiere (indice=0) ni la derniere (indice=NbEchant/2).
002514 EF76 ;
002515 EF76 ; PROCEDURE
002516 EF76 ; L'algorithme utilise est celui du livre de Laurent PADJASEK: "Techniques
002517 EF76 ; de programmation en assembleur, le calcul numerique", Sybex 1988, pp.47-51
002518 EF76 ;
002519 EF76 ; La notation: ? <- Rac <- Retenue exprime une rotation a gauche de 1 bit.
002520 EF76 ;
002521 EF76 ; INTERFACE
002522 EF76 ; Entree: X, adresse du nombre A de 3 octets remplace par resultat
002523 EF76 ; Sortie: 8 bps a l'adresse X,
002524 EF76 ; Rac, Reste (12 bits significatifs chacun)
002525 EF76 ;
002526 EF76 ; HIERARCHIE
002527 EF76 ; Sup: Rapl
002528 EF76 ; Inf: Racun
002529 EF76 ;-----
002530 OE4C Variables ;
002531 OE4C Rac: .rs 2 ;Racine sur 12 bits significatifs
002532 OE4E Reste: .rs 2 ;Reste = A - Rac^2
002533 OE50 ;-----
002534 EF76 Racine: Programme ;
002535 EF76 7F0E4C clr Rac ;Initialisations
002536 EF79 7F0E4D clr Rac+1 ;
002537 EF7C 7F0E4E clr Reste ;
002538 EF7F 7F0E4F clr Reste+1 ;
002539 EF82 CC000C ldd #d'12 ;i <- nombre de bits de Rac
002540 EF85 F00E37 std i ;
002541 EF88 ;-----
002542 EF88 6802 RacA: lsl 2,X ;Retenue <- A <- 0
002543 EF8A 6901 rol 1,X ;
002544 EF8C 6984 rol ,X ;
002545 EF8E 790E4F rol Reste+1 ;? <- Reste <- Retenue
002546 EF91 790E4E rol Reste ;
002547 EF94 6802 lsl 2,X ;Retenue <- A <- 0
002548 EF96 6901 rol 1,X ;
002549 EF98 6984 rol ,X ;
002550 EF9A 790E4F rol Reste+1 ;? <- Reste <- Retenue
002551 EF9D 790E4E rol Reste ;
002552 EFA0 F00E4E ldd Reste ;
002553 EFA3 260E bne RacB ;Si Reste <> 0 aller a B
002554 EFA5 F00E37 ldd i ;i <- i - 1
002555 EFA8 830001 subd #1 ;
002556 EFAB F00E37 std i ;
002557 EFAE 2608 bne RacA ;si i <> 0 aller a A
002558 EFB0 160088 lbra RacFin ;sinon, fin
002559 EFB3 ;-----
002560 EFB3 F00E4C RacB: ldd Rac ;Rac <- Rac + 1
002561 EFB6 C30001 addd #1 ;
002562 EFB9 F00E4C std Rac ;
002563 EFBF F00E4E ldd Reste ;Reste <- Reste - 1
002564 EFBF 830001 subd #1 ;
002565 EFC2 F00E4E std Reste ;
002566 EFC5 F00E37 ldd i ;i <- i - 1
002567 EFC8 830001 subd #1 ;
002568 EFCB F00E37 std i ;
002569 EFCE 10270089 lbeq RacFin ;si i = 0, fin
002570 EFD2 ;-----
002571 EFD2 6802 RacC: lsl 2,X ;Retenue <- A <- 0

```



```

002572 EF04 6901      rol 1,X              ;
002573 EF06 6984      rol ,X               ;
002574 EF08 790E4F    rol Reste+1         ;? <- Reste <- Retenue
002575 EF0B 790E4E    rol Reste            ;
002576 EF0E 760E4D    lsl Rac+1           ;? <- Rac <- 0
002577 EFE1 790E4C    rol Rac              ;
002578 EFE4 FC0E4E    ldd Reste           ;Reste <- Reste - Rac
002579 EFE7 B30E4C    subd Rac            ;
002580 EFEB F00E4E    std Reste           ;
002581 EFED 254A      bcs RacC.2          ;Si Retenue = 1 alors C.2
002582 EFEE FC0E4E    ldd Reste           ;Reste <- Reste + Rac
002583 EFF2 F30E4C    addd Rac            ;
002584 EFF5 F00E4E    std Reste           ;
002585 EFF8 6802      lsl 2,X              ;Retenue <- R <- 0
002586 EFFA 6901      rol 1,X              ;
002587 EFFC 6984      rol ,X               ;
002588 EFEE 790E4F    rol Reste+1         ;? <- Reste <- Retenue
002589 F001 790E4E    rol Reste            ;
002590 F004 1A01      orcc #1              ;? <- Rac <- 1
002591 F006 790E4D    rol Rac+1           ;
002592 F009 790E4C    rol Rac              ;
002593 F00C FC0E4E    ldd Reste           ;Reste <- Reste - Rac
002594 F00F B30E4C    subd Rac            ;
002595 F012 F00E4E    std Reste           ;
002596 F015 2411      bcc RacC.1          ;Si retenue = 0, aller a C.1
002597 F017 FC0E4E    ldd Reste           ;Reste <- Reste + Rac
002598 F01A F30E4C    addd Rac            ;
002599 F01D F00E4E    std Reste           ;
002600 F020 740E4C    lsr Rac              ;0 -> Rac -> ?
002601 F023 760E4D    ror Rac+1           ;
002602 F026 2026      bra RacD             ;
002603 F028 740E4C    lsr Rac              ;0 -> Rac -> ?
002604 F02B 760E4D    ror Rac+1           ;
002605 F02E FC0E4C    ldd Rac              ;Rac <- Rac + 1
002606 F031 C30001    addd #1              ;
002607 F034 F00E4C    std Rac              ;
002608 F037 2015      bra RacD             ;
002609 F039 FC0E4E    ldd Reste           ;Reste <- Reste + Rac
002610 F03C F30E4C    addd Rac            ;
002611 F03F F00E4E    std Reste           ;
002612 F042 6802      lsl 2,X              ;Retenue <- R <- 0
002613 F044 6901      rol 1,X              ;
002614 F046 6984      rol ,X               ;
002615 F048 790E4F    rol Reste+1         ;? <- Reste <- Retenue
002616 F04B 790E4E    rol Reste            ;
002617 F04E          ;-----
002618 F04E FC0E37    ldd i                ;i <- i - 1
002619 F051 830001    subd #1              ;
002620 F054 F00E37    std i                ;
002621 F057 1026FF77 lbne RacC             ;
002622 F058          ;-----
002623 F058          ;Extraire 8 bps et transfere a adresse en X
002624 F05B 780E4D    lsl Rac+1           ;en decalant les 12 bits contenus dans Rac et
002625 F05E 790E4C    rol Rac              ;Rac+1 de 4 positions vers la gauche.
002626 F061 780E4D    lsl Rac+1           ;
002627 F064 790E4C    rol Rac              ;
002628 F067 780E4D    lsl Rac+1           ;
002629 F06A 790E4C    rol Rac              ;
002630 F06D 780E4D    lsl Rac+1           ;
002631 F070 790E4C    rol Rac              ;
002632 F073          ;Verifier si premiere ou derniere composante
002633 F073 8C0225    cmpx #UX             ;Premiere composante?
002634 F076 2710      beq RacRts          ;Oui, termine
002635 F078 8C0825    cmpx #(UX*6*NbEchant/2) ;Derniere composante?
002636 F07B 270B      beq RacRts          ;Oui, termine
002637 F07D 780E4D    lsl Rac+1           ;Non, decaler d'une position supplementaire
002638 F080 790E4C    rol Rac              ;pour multiplier le resultat par 2
002639 F083 F60E4C    ldb Rac              ;
002640 F086 E784      stb ,X               ;
002641 F088 39      RacRts: rts          ;
002642 F089
002643 F089          ;
002644 F089          ; Module 453: Moyen
002645 F089          ; *****
002646 F089          ; MOYEN: Effectuer la moyenne
002647 F089          ;
002648 F089          ; FONCTION
002649 F089          ; Ce module effectue la moyenne de N resultats de la TRF afin d'augmenter

```

```
002649 F089 ; l'immunité au bruit du signal.
002650 F089 ;
002651 F089 ; PROCEDURE
002652 F089 ; Ce module a été inséré ici pour développement futur.
002653 F089 ;
002654 F089 ; HIERARCHIE
002655 F089 ; Sup: SaisSign
002656 F089 ; Inf: Aucun
002657 F089 ;-----
002658 F089 39 Moyen: rts ;insère pour développement futur
002659 F089
```

```

002660 F08A ; Module 500: AnalRes
002661 F08A ;*****
002662 F08A ; ANALRES: Analyser les resultats de la saisie des signaux
002663 F08A ;
002664 F08A ; FONCTION
002665 F08A ; Ce module analyse le resultat de la saisie des signaux, effectue la
002666 F08A ; comparaison avec les niveaux de reference predefinis et deduit la valeur
002667 F08A ; que l'echelon global de vibration doit prendre de 1 a 5.
002668 F08A ;
002669 F08A ; PROCEDURE
002670 F08A ; Les niveaux de vibrations mesures pour chacun des accelereometres sont
002671 F08A ; compares aux seuils et un echelon de 1 a 5 leur est associe.
002672 F08A ; Les seuils et echelons sont les suivants:
002673 F08A ;
002674 F08A ; Echelon 5: INADMISSIBLE > 12.7 mm/s rms
002675 F08A ; 4: SEVERE > 7.6
002676 F08A ; 3: TOLERABLE > 5.1
002677 F08A ; 2: SATISFAISANT > 2.5
002678 F08A ; 1: BON <= 2.5
002679 F08A ;
002680 F08A ; Etant donne le gain variable de l'ampli d'entree, ces seuils se traduisent
002681 F08A ; en valeurs hexadecimales par le tableau suivant:
002682 F08A ;
002683 F08A ; Seuil -> 2.5 5.1 7.6 12.7
002684 F08A ; Gain #1 (1.55) 00 00 00 00
002685 F08A ; #2 (4.59) 00 00 01 01
002686 F08A ; #3 (15.7) 01 01 01 02
002687 F08A ; #4 (45.1) 01 02 03 04
002688 F08A ; #5 (163.) 03 06 09 0F
002689 F08A ; #6 (456.) 09 11 1A 2B
002690 F08A ; #7 (1580) 1D 3C 59 94
002691 F08A ; #8 (4030) 4A 98 E2 >FF
002692 F08A ;
002693 F08A ; Ces valeurs ont ete obtenues en posant que le signal a l'entree du conver-
002694 F08A ; tisseur RMS -> DC a ete amplifie de la facon suivante:
002695 F08A ; 10 * gain ampli * gain integrateur (mU/g)
002696 F08A ; 10 / 9.81 * Gain ampli * 142 (mU/m.s^-1)
002697 F08A ; 145 * Gain ampli (mU/m.s^-1) ou (uU/mm.s^-1)
002698 F08A ; Par exemple, 5.1 mm/s avec gain #7:
002699 F08A ; 5.1 * 145 * 1580 = 1.17 U
002700 F08A ; = 3C hexadecimal sur une base de 5 volts et 8 bits
002701 F08A ;
002702 F08A ; HIERARCHIE
002703 F08A ; Sup: Non
002704 F08A ; Inf: Aucun
002705 F08A ;-----
002706 F08A 00000000 Seuils: .db h'00, h'00, h'00, h'00 ;Gain #1
002707 F08E 00000101 .db h'00, h'00, h'01, h'01 ;Gain #2
002708 F092 01010102 .db h'01, h'01, h'01, h'02 ;Gain #3
002709 F096 01020304 .db h'01, h'02, h'03, h'04 ;Gain #4
002710 F09A 0306090F .db h'03, h'06, h'09, h'0F ;Gain #5
002711 F09E 09111A2B .db h'09, h'11, h'1A, h'2B ;Gain #6
002712 F0A2 103C5994 .db h'1D, h'3C, h'59, h'94 ;Gain #7
002713 F0A6 4A98E2FF .db h'4A, h'98, h'E2, h'FF ;Gain #8
002714 F0AA ;-----
002715 F0AA 8EF0FC AnalRes: ldx #AnalRes ;
002716 F0AD BDF2E4 jer LcdMess2 ;
002717 F0B0 B0F50C jer Del500ms ;
002718 F0B3 ;-----
002719 F0B3 ; TROUVER L'ECHELON DE CHAQUE ACCELEROMETRE
002720 F0B3 C607 AnR1: ldx #7 ;Commencer par le dernier accelereometre
002721 F0B5 8EF08A ;Pointeur sur Seuils
002722 F0B6 108E000F ldy #NivGain ; " " Niveau de gain
002723 F0BC A6A5 ldx B,Y ;Lire gain (de 1 a 8) correspondant
002724 F0BE 48 lsla ;Multiplier par 4
002725 F0BF 48 ;
002726 F0C0 3086 leax A,X ;Pointer une rangee de Seuil trop loin
002727 F0C2 301F leax -1,X ;Ramener au dernier seuil rangee precedente
002728 F0C4 8604 ldx #4 ;
002729 F0C6 971F sta Tempora ;Debiter avec Tempora = 4
002730 F0C8 108E0008 ldy #Niveau ;
002731 F0CC A6A5 ldx B,Y ;Lire niveau
002732 F0CE A184 AnR1.1: cmpa ,X ;Niveau > Seuil?
002733 F0D0 2206 bhi AnR2 ;Oui
002734 F0D2 301F leax -1,X ;Passer au seuil precedent
002735 F0D4 0A1F dec Tempora ;Decrementer Tempora
002736 F0D6 26F6 bne AnR1.1 ;

```

```

002737 F0D8 0C1F      AnR2:   inc   Tempor          ;NivEchel = Tempor + 1
002738 F0D9 108E0016   ldy   #NivEchel      ;
002739 F0DE 961F      lda   Tempor          ;
002740 F0E0 A7A5      sta   B,V            ;
002741 F0E2 5A      decb          ;Accelerometre precedent
002742 F0E3 2A00     bpl   AnR1           ;Continuer si B >= 0
002743 F0E5      ;-----
002744 F0E5      ;TROUVER L'ECHELON MAXIMUM
002745 F0E5 8E0016   idx   #NivEchel      ;
002746 F0E6 A680      lda   ,X+            ;
002747 F0EA 971D      sta   Echelon        ;
002748 F0EC A680      AnR3:   lda   ,X+            ;
002749 F0EE 8C001D     cmpx  *(NivEchel+7)  ;Dernier NivEchel?
002750 F0F1 2406     bhs   AnResFin        ;Oui
002751 F0F3 911D     cmpa  Echelon         ;Non, comparer avec valeur courante
002752 F0F5 25F5     blo   AnR3            ;Continuer si inferieure
002753 F0F7 971D     sta   Echelon         ;Remplacer si superieure
002754 F0F9 20F1     bra   AnR3            ;
002755 F0FB 39      AnResFin: rts
002756 F0FC      ;-----
002757 F0FC 416E616C79736520 MRAnalRes: .db "Analyse resultats&"
          F104 726573756C746174
          F10C 7326
002758 F10E

```

```

002759 F10E ; Module 600: ComSor
002760 F10E ;*****
002761 F10E ; COMSOR: Commander les sorties
002762 F10E ;
002763 F10E ; FONCTION
002764 F10E ; Ce module commande les indicateurs et les relais de sortie en fonction des
002765 F10E ; resultats de l'analyse faite par le module AnaRes.
002766 F10E ;
002767 F10E ; PROCEDURE
002768 F10E ; Les variables Internes sont examinees et les sorties des VIR sont activees
002769 F10E ; ou desactivees en consequence. De plus, l'indicateur 8 est inverse a
002770 F10E ; chaque execution du module.
002771 F10E ;
002772 F10E ; HIERRARCHIE
002773 F10E ; Sup: Non
002774 F10E ; Inf: Aucun
002775 F10E ;-----
002776 OE50 PortD: Variables ;
002777 OE50 .rs 1 ;Statut du Port D
002778 F10E Programme ;
002779 F10E ;-----
002780 F10E 0EF1E2 ComSor: ldx *MComSor ;
002781 F111 8DF2E4 jcr LcdMess2 ;
002782 F114 8DF50C jcr Del500ms ;
002783 F117 860E50 lda PortD ;Inverser l'indicateur 8
002784 F11A 8880 eora #b'10000000 ;
002785 F11C 870E50 sta PortD ;
002786 F11F 0007 tst Panne ;Moniteur en panne?
002787 F121 2A19 bpl CS1 ;Non, continuer
002788 F123 8DF2A1 jcr LcdEff ;Oui, afficher message
002789 F126 8EF1F7 ldx *MPanne1 ;
002790 F129 8DF2D0 jcr LcdMess ;
002791 F12C 8640 lda #h'40 ;
002792 F12E 8EF20A ldx *MPanne2 ;
002793 F131 8DF2CB jcr LcdMessA ;
002794 F134 8DF50C jcr Del500ms ;
002795 F137 8602 lda #b'00000010 ;Desactiver tous les indicateurs, sauf
002796 F139 160091 lbra CSFin ;"Panne" de moniteur
002797 F13C ;-----
002798 F13C ; DETERMINER LE NIVEAU DES VIBRATIONS
002799 F13C 961D CS1: lda Echelon ;Niveau des vibrations = 0?
002800 F13E 2612 bne CS2 ;Non, continuer
002801 F140 8DF2A1 jcr LcdEff ;Oui, impossible
002802 F143 8EF22C ldx *MEchelo ;
002803 F146 8DF2E4 jcr LcdMess2 ;
002804 F149 8DF50C jcr Del500ms ;
002805 F14C 86FF CS1.1: lda #h'FF ;Moniteur est en panne, mettre Panne a FF
002806 F14E 9707 sta Panne ;
002807 F150 2001 bra CS0 ;
002808 F152 8101 CS2: cmpa #1 ;Niveau des vibrations = 1?
002809 F154 2613 bne CS3 ;Non, continuer
002810 F156 8EF21D ldx *MEchelo ;Oui
002811 F159 8DF2E4 jcr LcdMess2 ;
002812 F15C 8631 lda #'1' ;
002813 F15E 8DF2FC jcr LcdDon ;
002814 F161 8DF50C jcr Del500ms ;
002815 F164 8641 lda #b'01000001 ;Activer OK et BOH
002816 F166 160064 lbra CSFIN ;
002817 F169 8102 CS3: cmpa #2 ;Niveau des vibrations = 2?
002818 F16B 2612 bne CS4 ;Non, continuer
002819 F16D 8EF21D ldx *MEchelo ;Oui
002820 F170 8DF2E4 jcr LcdMess2 ;
002821 F173 8632 lda #'2' ;
002822 F175 8DF2FC jcr LcdDon ;
002823 F178 8DF50C jcr Del500ms ;
002824 F17B 8621 lda #b'00100001 ;Activer OK et SATISFAISANT
002825 F17D 204E bra CSFIN ;
002826 F17F 8103 CS4: cmpa #3 ;Niveau des vibrations = 3?
002827 F181 2612 bne CS5 ;Non, continuer
002828 F183 8EF21D ldx *MEchelo ;Oui
002829 F186 8DF2E4 jcr LcdMess2 ;
002830 F189 8633 lda #'3' ;
002831 F18B 8DF2FC jcr LcdDon ;
002832 F18E 8DF50C jcr Del500ms ;
002833 F191 8611 lda #b'00010001 ;Activer OK et TOLERABLE
002834 F193 2038 bra CSFIN ;
002835 F195 8104 CS5: cmpa #4 ;Niveau des vibrations = 4?

```

```

002836 F197 2612          bne CS6           ;Non, continuer
002837 F199 8EF21D        idx *MEchelo     ;Oui
002838 F19C BDF2E4        jsr LcdMess2    ;
002839 F19F 8634          lda #'4'        ;
002840 F1A1 BDF2FC        jsr LcdDon     ;
002841 F1A4 BDF50C        jsr Del500ms   ;
002842 F1A7 8609          lda *b'00001001 ;Activer OK et SEVERE
002843 F1A9 2022          bra CSFIN      ;
002844 F1AB 8105          CS6: cmpa #5        ;Niveau des vibrations = ?
002845 F1AD 2612          bne CS7        ;Non, impossible
002846 F1AF 8EF21D        idx *MEchelo   ;Dul
002847 F1B2 BDF2E4        jsr LcdMess2   ;
002848 F1B5 8635          lda #'5'       ;
002849 F1B7 BDF2FC        jsr LcdDon     ;
002850 F1BA BDF50C        jsr Del500ms   ;
002851 F1B0 8605          lda *b'00000101 ;Activer OK et INDRAMISSIBLE
002852 F1B8 200C          bra CSFIN      ;
002853 F1C1 8EF23F        CS7: idx *MEchelo6 ;Impossible => moniteur en panne
002854 F1C4 BDF2E4        jsr LcdMess2   ;
002855 F1C7 BDF50C        jsr Del500ms   ;
002856 F1CA 16FF7F        lbra CS1.1     ;
002857 F1CD              ;-----
002858 F1CD              ;REGLER LES INDICATEURS DE SORTIE
002859 F1CD F60E50        CSFIN: ldb PortD ;Ramenner indicateurs 1..7 a 0
002860 F1D0 C480          andb *b'10000000 ;
002861 F1D2 F70E50        stb PortD      ;
002862 F1D5 8A0E50        oraa PortD     ;Activer les indicateurs appropriées
002863 F1D8 870E50        sta PortD     ;Conserver le nouveau statut de PortD
002864 F1DB 878000        sta UO_LOAD   ;Transmettre au UIA
002865 F1DE BDF532        jsr MessSurv  ;
002866 F1E1 39           rts            ;
002867 F1E2              ;-----
002868 F1E2 436F6D6D616E66465 MCOMSOR: .db "Commande des sorties&"
002869 F1E2 2064657320736F72 F1E2 7469657326
002869 F1F7 202A2A2A20415454 MPanne1: .db " *** ATTENTION ***&"
002869 F1FF 454E54494F4E202A F207 2A2A26
002870 F20A 204D4F4E49544555 MPanne2: .db " MONITEUR EN PANNE&"
002870 F212 5220454E2050414E F21A 4E4526
002871 F21D 4C65206E69766561 MEchelo: .db "Le niveau est &"
002871 F225 75206573742026
002872 F22C 4C65206E69766561 MEchelo0: .db "Le niveau est nul!&"
002872 F234 7520657374206E75 F23C 6C2126
002873 F23F 4C65206E69766561 MEchelo6: .db "Le niveau depasse 5!&"
002873 F247 7520646570617373 F24F 6520352126
002874 F254

```

```

002075 F254 ; Module 700: SousRout
002076 F254 ; *****
002077 F254 ; SOUSROUT: Sous-routines utilitaires
002078 F254 ;
002079 F254 ; Ces sous-routines diverses simplifient la commande des interfaces periphe-
002080 F254 ; riques du systeme et sont regroupees en fichiers include.
002081 F254 ; -----
002082 F254 ;include( Lcd.asm) ;Commande de l'affichage
002083 F254 ;include( Via.asm) ;Interfaces polyvalents d'entree/sortie 6522
002084 F254 ;include( Aclia.asm) ;Lien serieel RS-232
002085 F254 ;include( Clavier.asm) ;Clavier numerique
002086 F254 ;include( Diverses.asm) ;Delais et conversions
002087 F254 ; Module 710: Lcd
002088 F254 ; *****
002089 F254 ; LCD: Sous-routines de commande de l'affichage
002090 F254 ;
002091 F254 ; NOTES
002092 F254 ; Positions memoires hexadecimales de l'affichage Sharp LM20255H:
002093 F254 ; -----
002094 F254 ; |00.....13|14.....27 28.....39
002095 F254 ; |40.....53|54.....67 68.....79
002096 F254 ; -----
002097 F254 ; <- Affichage -> <- Memoire -> <-Inexistant->
002098 F254 ; -----
002099 F254 ; CONSTANTES
002100 000C .equ LcdDep, h'0C ;Valeur par defaut de LcdStat
002101 F254 ; -----
002102 0E51 ; VARIABLES
002103 0E51 LcdStat: .rs 1 ;Memorisation du statut de l'affichage
002104 F254 ; PROGRAMME
002105 F254 ; Module 711: LcdInit
002106 F254 ; *****
002107 F254 ;INITIALISER L'AFFICHAGE
002108 F254 LcdInit: ;Fixe la longueur des donnees a 8 bits
002109 F256 BDF303 ; lda #h'38
002110 F259 B60C ; jsr LcdIne
002111 F25B B70E51 ; lda #LcdDep
002112 F25E BDF303 ; sta LcdStat
002113 F261 BDF2A1 ; jsr LcdIne
002114 F264 39 ; jsr LcdEff
002115 F265 ; rts
002116 F265 ; Module 712: LcdAff0
002117 F265 ; *****
002118 F265 LcdAff0: pshs A ;ETEINDRE L'AFFICHAGE
002119 F26A B40B ; lda LcdStat
002120 F26C 202B ; anda #b'00001011
002121 F26E ; bra Lcd1
002122 F26E ; Module 713: LcdAff1
002123 F26E ; *****
002124 F26E LcdAff1: pshs A ;ALLUMER L'AFFICHAGE
002125 F270 B60E51 ; lda LcdStat
002126 F273 B804 ; oraa #b'00000100
002127 F275 2D22 ; bra Lcd1
002128 F277 ; Module 714: LcdClig0
002129 F277 ; *****
002130 F277 LcdClig0: pshs A ;DESACTIVER LE CLIGNOTEMENT
002131 F279 B60E51 ; lda LcdStat
002132 F27C B40E ; anda #b'00001110
002133 F27E 2019 ; bra Lcd1
002134 F280 ; Module 715: LcdClig1
002135 F280 ; *****
002136 F280 LcdClig1: pshs A ;ACTIVER LE CLIGNOTEMENT
002137 F282 B60E51 ; lda LcdStat
002138 F285 B801 ; oraa #b'00000001
002139 F287 2010 ; bra Lcd1
002140 F289 ; Module 716: LcdCurs0
002141 F289 ; *****
002142 F289 LcdCurs0: pshs A ;RENDRE CURSEUR INVISIBLE
002143 F28B B60E51 ; lda LcdStat
002144 F28E B40D ; anda #b'00001101
002145 F290 2007 ; bra Lcd1
002146 F292 ; Module 717: LcdCurs1
002147 F292 ; *****
002148 F292 LcdCurs1: pshs A ;RENDRE CURSEUR VISIBLE
002149 F294 B60E51 ; lda LcdStat
002150 F297 B802 ; oraa #b'00000010
002151 F299 B70E51 ; sta LcdStat
002152 F29C BDF303 ; jsr LcdIne

```

```

002952 F29F 3582          puls A,PC          ;
002953 F2A1              ;                               Module 71B: LcdEff
002954 F2A1              ; *****
002955 F2A1 3402      LcdEff:  pshs A          ;EFFACER L'AFFICHAGE
002956 F2A3 8601          lda #1              ;
002957 F2A5 BDF303      jsr LcdIns         ;
002958 F2A8 3582          puls A,PC          ;
002959 F2AA              ;                               Module 719: LcdPos0
002960 F2AA              ; *****
002961 F2AA 3402      LcdPos0: pshs A          ;PLACER LE CURSEUR A LA POSITION 0
002962 F2AC 8602          lda #2              ;
002963 F2AE BDF303      jsr LcdIns         ;
002964 F2B1 3582          puls A,PC          ;
002965 F2B3              ;                               Module 71A: LcdPos
002966 F2B3              ; *****
002967 F2B3 8A80      LcdPos:  oraa #b'10000000 ;PLACER LE CURSEUR A LA POSITION EN A
002968 F2B5 BDF303      jsr LcdIns         ;
002969 F2B8 39          rts                  ;
002970 F2B9              ;                               Module 71B: LcdCurs6
002971 F2B9              ; *****
002972 F2B9 3402      LcdCurs6: pshs A          ;RECULER LE CURSEUR D'UNE POSITION
002973 F2BB 8610          lda #b'00010000    ;
002974 F2BD BDF303      jsr LcdIns         ;
002975 F2C0 3582          puls A,PC          ;
002976 F2C2              ;                               Module 71C: LcdCursD
002977 F2C2              ; *****
002978 F2C2 3402      LcdCursD: pshs A          ;AVANCER LE CURSEUR D'UNE POSITION
002979 F2C4 8614          lda #b'00010100    ;
002980 F2C6 BDF303      jsr LcdIns         ;
002981 F2C9 3582          puls A,PC          ;
002982 F2CB              ;                               Module 71D: LcdMessA
002983 F2CB              ; *****
002984 F2CB 8A80      LcdMessA: oraa #b'10000000 ;AFFICHER UN MESSAGE A LA POSITION EN A
002985 F2CD BDF303      jsr LcdIns         ;
002986 F2D0              ;                               Module 71E: LcdMess
002987 F2D0              ; *****
002988 F2D0 3406      LcdMess:  pshs A,B         ;AFFICHER UN MESSAGE A LA POSITION COURANTE
002989 F2D2 C614          ldb #20            ;
002990 F2D4 A680          Lcd2:   lda #X+          ;
002991 F2D6 8126          capa #'&'         ;Caractere = '&'?
002992 F2D8 2708          beq Lcd3           ;Oui, fin du message
002993 F2DA BDF2FC      jsr LcdDon         ;
002994 F2DC 5A          decb              ;20e caractere?
002995 F2DE 2702          beq Lcd3           ;Oui, termine
002996 F2E0 20F2          bra Lcd2           ;
002997 F2E2 3586          Lcd3:  puls A,B,PC   ;
002998 F2E4              ;                               Module 71F: LcdMess2
002999 F2E4              ; *****
003000 F2E4          LcdMess2: ;AFFICHER UN MESSAGE A LA LIGNE 2
003001 F2E4 3410          pshs X             ;Conserver le message a afficher
003002 F2E6 8640          lda #h'40         ;Effacer la deuxieme ligne de l'affichage
003003 F2E8 8EF313      ldx #H10Blanc     ;
003004 F2EA BDF2CB      jsr LcdMessA      ;
003005 F2EC 8EF313      ldx #H10Blanc     ;
003006 F2F1 BDF2D0      jsr LcdMess       ;
003007 F2F4 8640          lda #h'40         ;Placer le curseur au debut ligne 2
003008 F2F6 3510          puls X             ;Recuperer le message
003009 F2F8 BDF2CB      jsr LcdMessA      ;
003010 F2FB 39          rts                  ;
003011 F2FC              ;                               Module 71G: LcdDon
003012 F2FC              ; *****
003013 F2FC BDF30A      LcdDon:  jsr LcdPret ;ENVOYER UNE DONNEE A L'AFFICHAGE
003014 F2FE B76001      sta LcdDR         ;
003015 F302 39          rts                  ;
003016 F303              ;                               Module 71H: LcdIns
003017 F303              ; *****
003018 F303 BDF30A      LcdIns:  jsr LcdPret ;ENVOYER UNE INSTRUCTION A L'AFFICHAGE
003019 F306 B76000      sta LcdIR         ;
003020 F309 39          rts                  ;
003021 F30A              ;                               Module 71J: LcdPret
003022 F30A              ; *****
003023 F30A 3402      LcdPret: pshs A          ;ATTEDRE QUE L'AFFICHAGE SOIT LIBRE
003024 F30C B66000      Lcd4:   lda LcdIR   ;Lire le registre d'instructions
003025 F30F 28FB          BMI Lcd4          ;Bit 7 = 1 => LCD occupe
003026 F311 3582          puls A,PC          ;
003027 F313              ;-----
003028 F313 202020202020 H10Blanc: .db " &"

```



```

F31B 202026
003029 F31E
003030 F31E
003031 F31E
003032 F31E
003033 F31E
003034 F31E
003035 F31E
003036 F31E
003037 F31E
003038 F31E
003039 F31E
003040 F31E 860F
003041 F320 B78003
003042 F323 86FF
003043 F325 B78002
003044 F328 8600
003045 F32A B7800C
003046 F32D 8682
003047 F32F B7800E
003048 F332
003049 F332 863F
003050 F334 B79003
003051 F337 86C7
003052 F339 B79002
003053 F33C 8608
003054 F33E B7900B
003055 F341
003056 F341 8600
003057 F343 B79001
003058 F346 B78001
003059 F349 B78000
003060 F34C 8640
003061 F34E B79000
003062 F351 39
003063 F352
003064 F352
003065 F352
003066 F352
003067 F352
003068 F352
003069 F352
003070 F352
003071 F352
003072 F352
003073 F352
003074 F352
003075 F352
003076 F352
003077 F352
003078 F352
003079 F352
003080 F352
003081 F352
003082 F352
003083 F352
003084 F352
003085 F352
003086 F352
003087 F352 866A
003088 F354
003089 F354
003090 F354 B79004
003091 F357 8618
003092 F359 B79005
003093 F35C 86900B
003094 F35F 8AC0
003095 F361 B7900B
003096 F364 39
003097 F365
003098 F365
003099 F365
003100 F365
003101 F365
003102 F365
003103 F365
003104 F365

```

```

; Module 720: Uia
; *****
; UIA: Sous-routines de commande des UIA
;
; Module 721: UiaInit
; *****
; UIAINIT: Initialiser les UIAs
;
;-----
UiaInit: ;UIA #0 (Ports C et D)
        lda #b'00001111 ;Interface avec clavier
        sta UO_DDRC ;
        lda #b'11111111 ;Commande des indicateurs
        sta UO_DDAD ;
        lda #0 ;PCR initialise pour CA1 actif trans. neg.
        sta UO_PCR ;
        lda #b'10000010 ;Permettre les interruptions de CA1
        sta UO_IER ;
;-----
        lda #b'00111111 ;UIA #1 (Ports A et B)
        sta U1_DDBA ;
        lda #b'11000111 ;
        sta U1_DDRB ;
        lda #b'00001000 ;Shift in under control of phi2
        sta U1_ACR ;CB1 = haut + 8 impulsions descendantes
        ;CB2 = entree du SR
        lda #0 ;Placer les sorties en position basse
        sta U1_ORA ;
        sta UO_ORC ;
        sta UO_ORD ;
        lda #b'01000000 ;Placer CS* du CAH en position haute
        sta U1_ORB ;
        rts ;
;
; Modules 722/723: Uia1Sig-
; *****
; UIA1SIG-: Commande du signal de verification interne
;
; FONCTION
; Ces sous-routines permettent de commander le signal de verification interne
; ne genere par UIA*1.
;
; NOTES
; Le signal genere est une onde carree d'amplitude 5 U, qui est le maximum
; que l'appareil peut tolerer. Le signal devrait etre attenué pour permettre
; de verifier l'appareil a plusieurs niveaux de gain.
;
; Module 722: Uia1Sig1
; *****
; UIA1SIG1: Activer le signal de verification interne
;
;
; PROCEDURE
; Cette sous-routine utilise le compteur interne T1 du Uia1 pour generer une
; onde carree sur la sortie PB7.
;
;
; HIERARCHIE
; Sup: Diagnost
; Inf: Aucun
;-----
Uia1Sig1: lda #h'6A ;Constante pour une 1/2 periode:
        ;Horloge / Frequence / 2 = Constante
        ; 1 MHz / 80 Hz / 2 = 6 250 = h'186A
        sta U1_T1CL ;Octet inferieur
        lda #h'18 ;Octet superieur
        sta U1_T1CH ;
        lda U1_ACR ;Declencher l'onde carree PB7
        oraa #b'11000000 ;ACA7 = ACA6 = 1
        sta U1_ACR ;
        rts ;
;
; Module 723: Uia1Sig0
; *****
; UIA1SIG0: Desactiver le signal de verification interne
;
;
; PROCEDURE
; Cette sous-routine arrete l'onde carree declenchee par Uia1Sig1.
;
;
; HIERARCHIE

```

```

003105 F365 ; Sup: Diagnost
003106 F365 ; Inf: Aucun
003107 F365 ;-----
003108 F365 B6900B Uia1Sig0: lda U1_ACR ;Arreter l'onde carree sur PB7
003109 F368 843F anda *b'00111111 ;ACR7 = ACR6 = 0
003110 F36A B7900B sta U1_ACR ;
003111 F36D B69004 lda U1_TICL ;Abaisser fanion d'Interruption de IFR
003112 F370 39 rts ;
003113 F371 ;
003114 F371 ; Module 730: Acia
003115 F371 ;*****
003116 F371 ; ACIA: Sous-routines de commande de l'interface serielle
003117 F371 ;
003118 F371 ; Module 731: Aciainit
003119 F371 ;*****
003120 F371 ; ACIAINIT: Initialiser l'ACIA
003121 F371 ;
003122 F371 ; FONCTION
003123 F371 ; Ce module initialise les registres internes de l'ACIA, et prepare les
003124 F371 ; variables ReqSer et SerMess.
003125 F371 ;
003126 F371 ; HIERARCHIE
003127 F371 ; Sup: Mon
003128 F371 ; Inf: Aucun
003129 F371 ;-----
003130 F371 8618 Aciainit: lda *b'00011000 ;(0)1 stop bit, (00)8 bits,
003131 F373 ;(1)Generateur de baud interne
003132 F373 877003 sta AciacR ;(010) 300 baud
003133 F376 ;(1000)1200 baud
003134 F376 ;(110)9600 baud
003135 F376 8609 lda *b'00001001 ;(-0)Pas de parite, (0)pas d'echo,
003136 F378 ;(10)pas d'interr. par transmetteur, RTS* bas
003137 F378 ;(0)interruptions permises par recepteur
003138 F378 B77002 sta AciacDM ;(1)recepteur en fonction, DTR bas
003139 F378 0F01 clr ReqSer ;
003140 F37D 0F21 clr SerMess ;
003141 F37F 0F22 clr SerMess+1 ;
003142 F381 0F23 clr SerMess+2 ;
003143 F383 39 AInitFin: rts ;
003144 F384 ;
003145 F384 ; Module 732: AciacEcr
003146 F384 ;*****
003147 F384 ; ACIAEcr: Ecrire le contenu du registre A a l'ACIA
003148 F384 ;
003149 F384 ; FONCTION
003150 F384 ; Ce module envoie le contenu de A au registre de donnees de l'ACIA
003151 F384 BDF38B AciacEcr: jsr AciacPret ;Attendre que l'ACIA soit libere
003152 F387 B77000 sta AciacDA ;Ecrire la donnee
003153 F38A 39 rts ;
003154 F38B ;
003155 F38B ; Module 733: AciacPret
003156 F38B ;*****
003157 F38B ; ACIAPRET: Attendre que l'ACIA soit libre
003158 F38B ;
003159 F38B ; NOTES
003160 F38B ; Prevenir le cas ou l'ACIA pourrait etre defectueux, ou le module
003161 F38B ; deviendrait pris dans la boucle.
003162 F38B 3402 AciacPret: psha A ;
003163 F38D B67001 Aciac: lda AciacSR ;Lire le statut
003164 F390 8410 anda *b'00010000 ;bit 4 = 1 => Transmit register empty
003165 F392 27F9 beq Aciac ;Attendre que le bit passe a 1
003166 F394 3582 pula A,PC ;
003167 F396 ;
003168 F396 ; Module 734: AciacEnv
003169 F396 ;*****
003170 F396 ; ACIAENU: Envoyer les echantillons ou les resultats de la TRF
003171 F396 ;
003172 F396 ; PROCEDURE
003173 F396 ; Le module verifie le type de l'envoi selon la valeur du registre A:
003174 F396 ; - 1 indique d'envoyer les donnees echantillonnees,
003175 F396 ; - 2 " " " resultats de l'analyse de Fourier
003176 F396 ; La permission de transmettre doit avoir ete recue avant que le module ne
003177 F396 ; debute la transmission (bit 7 de ReqSer = 1).
003178 F396 ;
003179 F396 ; Les donnees sont envoyees selon le format suivant:
003180 F396 ; 1. 00
003181 F396 ; 2. "ECH" ou "TRF": Codes Ascii pour représenter echantillons ou resultats
; de Fourier

```

```

003182 F396 ; 3. "*" : No d'accelerometre en ascii,
003183 F396 ; 4. 00
003184 F396 ; 5. Serie : Contenu de Serie (00 remplaces par 01, et FF par FE),
003185 F396 ; 6. 00
003186 F396 ;
003187 F396 ; Le contenu de Serie correspond aux valeurs [1..512] pour les echantillons
003188 F396 ; et [1..256] pour les resultats de la TRF. Les "00" sont remplaces par
003189 F396 ; "01" pour reserver "00" a la synchronisation. Les "FF" sont remplaces par
003190 F396 ; "FE", car "FF" signifie "Serial buffer empty" sur le PC.
003191 F396 ;
003192 F396 ; A chaque iteration, ReqSer est verifie et l'envoi est annule s'il devient
003193 F396 ; nul. Ceci permet d'interrompre l'envoi des donnees a tout moment a l'aide
003194 F396 ; de la commande AT0.
003195 F396 ;
003196 F396 ; HIERARCHIE
003197 F396 ; Sup: SaisTRF
003198 F396 ; Inf: AciaEcr
003199 F396 ;-----
003200 OE52 ; Variables ;
003201 OE52 Compteur: .rs 1 ;Compteur de donnees
003202 F396 ; Programme ;
003203 F396 ;-----
003204 F396 1FB9 AciaEnv: tfr A,B ;Memoriser A
003205 F396 ;-----
003206 F396 0D01 tst ReqSer ;ATTENDRE LA PERMISSION DE TRANSMETTRE
003207 F39A 277C beq AEnvFin ;Si ReqSer = 0, annuler la transmission
003208 F39C 280B bmi AEnv1.1 ;Si ReqSer < 0, permettre la transmission
003209 F39E 863F lda #'?' ;Si ReqSer > 0, envoyer '?'
003210 F3A0 BDF384 jsr AciaEcr ;
003211 F3A3 0D01 AEnv1: tst ReqSer ;Attendre la permission ou l'annulation
003212 F3A5 2771 beq AEnvFin ;Si ReqSer = 0, annuler la transmission
003213 F3A7 2AFA bpl AEnv1 ;Si ReqSer > 0, attendre
003214 F3A9 9601 AEnv1.1: lda ReqSer ;Si ReqSer < 0, changer le signe pour annuler
003215 F3AB 847F anda #'01111111 ;la permission et debuter la transmission
003216 F3AD 9701 sta ReqSer ;
003217 F3AF ;-----
003218 F3AF ;DEBUTER LA TRANSMISSION
003219 F3AF 8600 lda #'00 ;Envoyer "00"
003220 F3B1 BDF384 jsr AciaEcr ;
003221 F3B4 1F98 tfr B,A ;
003222 F3B6 8101 cmpa #'01 ;Reg. A = 1 ?
003223 F3B8 2616 bne AEnv2 ;Non
003224 F3BA CC0200 ldd #'200 ;Compteur = 512
003225 F3BD 1F02 tfr D,Y ;
003226 F3BF 8645 lda #'E' ;Envoyer "ECH"
003227 F3C1 BDF384 jsr AciaEcr ;
003228 F3C4 8643 lda #'C' ;
003229 F3C6 BDF384 jsr AciaEcr ;
003230 F3C9 8648 lda #'H' ;
003231 F3CB BDF384 jsr AciaEcr ;
003232 F3CE 2018 bra AEnv3 ;
003233 F3D0 8102 AEnv2: cmpa #'02 ;Reg. A = 2 ?
003234 F3D2 2645 bne AEnvEr ;Non
003235 F3D4 CC0100 ldd #'100 ;Compteur = 256
003236 F3D7 1F02 tfr D,Y ;
003237 F3D9 8654 lda #'T' ;Envoyer "TFA"
003238 F3DB BDF384 jsr AciaEcr ;
003239 F3DE 8652 lda #'A' ;
003240 F3E0 BDF384 jsr AciaEcr ;
003241 F3E3 8646 lda #'F' ;
003242 F3E5 BDF384 jsr AciaEcr ;
003243 F3E8 9603 AEnv3: lda Acceler ;Envoyer no d'accelerometre
003244 F3EA 8EF4F5 ldx #ClatbAsc ;Convertir en ascii
003245 F3ED A886 lda A,X ;
003246 F3EF BDF384 jsr AciaEcr ;
003247 F3F2 8600 lda #'00 ;Envoyer "00"
003248 F3F4 BDF384 jsr AciaEcr ;
003249 F3F7 8E0025 ldx #Serie ;
003250 F3FA 0D01 AEnv4: tst ReqSer ;ReqSer = 0 ?
003251 F3FC 2715 beq AEnvTerm ;Oui, termine
003252 F3FE A880 lda ,X+ ;Lire valeur suivante
003253 F400 2604 bne AEnv5 ;Remplacer valeur nulle par "01"
003254 F402 8601 lda #'01 ;
003255 F404 2006 bra AEnv6 ;
003256 F406 81FF AEnv5: cmpa #'FF ;Remplacer FF par FE, FF signifie tampon
003257 F408 2602 bne AEnv6 ;vide pour lien seriel sur PC
003258 F40A 86FE lda #'FE ;

```

```

003259 F40C BDF384      REnv6:   jsr  AciaEcr      ;
003260 F40F 313F        leay  -1,Y             ;Derniere valeur ?
003261 F411 26E7        bne  REnv4             ;Non, continuer
003262 F413
003263 F413 8600      REnvTerm: lda  #'00      ;Termine, envoyer "00"
003264 F415 BDF384      jsr  AciaEcr          ;
003265 F418 39         REnvFin: rts           ;
003266 F419
003267 F419 0F01      REnvEr:  clr  ReqSer      ;Impossible, R doit etre 1 ou 2
003268 F41B 8645        lda  #'E'             ;Mettre ReqSer a 0
003269 F41D BDF384      jsr  AciaEcr          ;Envoyer message "ERR:#734"
003270 F420 8652        lda  #'A'             ;(#734 est le code hierarchique du module)
003271 F422 BDF384      jsr  AciaEcr          ;
003272 F425 8652        lda  #'A'             ;
003273 F427 BDF384      jsr  AciaEcr          ;
003274 F42A 863A        lda  #'.'             ;
003275 F42C BDF384      jsr  AciaEcr          ;
003276 F42F 8623        lda  #'.'             ;
003277 F431 BDF384      jsr  AciaEcr          ;
003278 F434 8637        lda  #'7'             ;
003279 F436 BDF384      jsr  AciaEcr          ;
003280 F439 8633        lda  #'3'             ;
003281 F43B BDF384      jsr  AciaEcr          ;
003282 F43E 8634        lda  #'4'             ;
003283 F440 BDF384      jsr  AciaEcr          ;
003284 F443 39         rts                   ;
003285 F444
003286 F444      ;
003287 F444      ; Module 740: Clavier
003288 F444      ; *****
003289 F444      ; CLAVIER: Sous-routines d'accès au clavier
003290 F444      ;
003291 F444      ; Module 741: Clachif1
003292 F444      ; *****
003293 F444      ; CLACHIF1: Lire un chiffre au clavier
003294 F444      ;
003295 F444      ; FONCTION
003296 F444      ; Cette sous-routine permet de lire au clavier un chiffre unique.
003297 F444      ; Le chiffre peut être changé à volonté jusqu'à ce que la touche Renvoi
003298 F444      ; soit activée. Le numéro de la cle choisie, en hexadécimal, ou FF, si
003299 F444      ; aucune cle n'est enfoncée, est retournée dans R.
003300 F444      ;
003301 F444      ; HIERARCHIE
003302 F444      ; Inf: LcdClig1 Clalir LcdDon LcdCursG LcdClig0
003303 F444      ;
003304 OE53      Variables
003305 OE53      ;
003306 F444      ;
003307 F444      ;
003308 F447 86FF        Clal1:   jsr  LcdClig1      ;Activer clignotement
003309 F449 B70E53      lda  #'FF             ;Mettre Clal1 a FF
003310 F44C BDF46E      sta  Clal1            ;
003311 F44F 8108        CC1:    jsr  Clalir          ;Lire clavier
003312 F451 2714      cmpa #'B              ;Cle = * (retour)
003313 F453 81FF      beq  CCFin            ;Oui, termine
003314 F455 27F5      cmpa #'FF             ;Cle = FF
003315 F457 B70E53      beq  CC1              ;Oui, retourner lire clavier
003316 F459 BEF4F5      sta  Clal1            ;Mettre Clal1 a cle
003317 F45D A686      idx  *ClalTbAsc       ;Afficher cle (ASCII)
003318 F45F BDF2FC      lda  R,X              ;
003319 F462 BDF2B9      jsr  LcdDon           ;
003320 F465 20E5      jsr  LcdCursG         ;Reculer le curseur
003321 F467 BDF277      bra  CC1              ;
003322 F46A B60E53      CCFin:  jsr  LcdClig0       ;Desactiver clignotement
003323 F46D 39         lda  Clal1            ;Mettre R a Clal1
003324 F46E      rts                   ;
003325 F46E      ;
003326 F46E      ; Module 742: Clalir
003327 F46E      ; *****
003328 F46E      ; CLALIR: Lire le clavier sans rebonds
003329 F46E      ;
003330 F46E      ; FONCTION
003331 F46E      ; Ce module lit le clavier en éliminant les rebonds
003332 F46E      ;
003333 F46E      ; PROCEDURE
003334 F46E      ; Le clavier est lu de façon répétée à toutes les 10 ms, jusqu'à ce que deux
003335 F46E      ; lectures consécutives retournent la même cle.
003336 F46E      ;
003337 F46E      ;
003338 F46E      ; HIERARCHIE

```

```

003336 F46E      ; Inf: ClaLiReb
003337 F46E      ;
-----
003338 F46E      ;   CONSTANTES      ;
003339 0596      .equ   CteRebon,   d'1430 ;1430 * 7us = 10ms
003340 F46E      ;   PROGRAMME      ;
-----
003341 F46E
003342 F46E BDF484 ClaLir:  jsr  ClaLiReb      ;Lire le clavier avec rebonds
003343 F471 B70E54 CL1:    sta  CiePrec      ;Memoniser la cle
003344 F474 BE0596      ldx  *CteRebon      ;
003345 F477 301F      CL2:    leax -1,X      ;4us
003346 F479 26FC      bne  CL2      ;+3us = 7us/iteration
003347 F47B BDF484      jsr  ClaLiReb      ;Lire le clavier avec rebonds
003348 F47E B10E54      cpa  CiePrec      ;Cle = cle precedente?
003349 F481 26EE      bne  CL1      ;Non, lire de nouveau
003350 F483 39      CLFin:  rts      ;Oui, termine
003351 F484      ;
003352 F484      ;*****
003353 F484      ; CLALIREB: Lire le clavier avec rebonds
003354 F484      ;
003355 F484      ; FORTION
003356 F484      ; Ce module prend une lecture au clavier et retourne le resultat, sans se
003357 F484      ; preoccuper des rebonds.
003358 F484      ;
003359 F484      ; PROCEDURE
003360 F484      ; Le clavier est relie au port C; les rangees sont programmees en sorties et
003361 F484      ; et les colonnes en entree. Les rangees sont abaisses a 0 U l'une apres
003362 F484      ; l'autre, et les colonnes sont examinees pour determiner quelle cle a ete
003363 F484      ; enfoncee. Le code de la cle est alors retourne. Si aucune cle n'est en-
003364 F484      ; foncee, le code h'FF est retourne.
003365 F484      ;
003366 F484      ; HIERARCHIE
003367 F484      ; Sup: ClaLir
003368 F484      ; Inf: ClaCod (fait partie du module)
003369 F484      ;
-----
003370 0E54      ;   VARIABLES      ;
003371 0E54      CiePrec: .rs 1      ;Cle de la lecture precedente
003372 F484      ;   PROGRAMME      ;
-----
003373 F484
003374 F484 86FE      ClaLiReb: lda  #b'11111110 ;ACTIVER RANGEE 1
003375 F486 B78001      sta  UO_ORC      ;
003376 F489 B68001      lda  UO_ORC      ;LIRE COLONNES
003377 F48C 8470      anda #b'01110000 ;Extraire les bits PC4, 5 et 6
003378 F48E 8170      cpa  #b'01110000 ;3 COLONNES A 1?
003379 F490 2707      beq  Cla1      ;OUI, passer a la rangee suivante
003380 F492 C603      ldb  #h'3      ;NON, METTRE CODE = DERNIERE CLE DE LA RANGEE
003381 F494 BDF40F      jsr  ClaCod      ;TROUVER LA COLONNE
003382 F497 203D      bra  ClaFin      ;
003383 F499 86FD      Cla1:  lda  #b'11111101 ;ACTIVER RANGEE 2
003384 F49B B78001      sta  UO_ORC      ;
003385 F49E B68001      lda  UO_ORC      ;LIRE COLONNES
003386 F4A1 8470      anda #b'01110000 ;Extraire les bits PC4, 5 et 6
003387 F4A3 8170      cpa  #b'01110000 ;3 COLONNES A 1?
003388 F4A5 2707      beq  Cla2      ;OUI, passer a la rangee suivante
003389 F4A7 C606      ldb  #h'6      ;NON, METTRE CODE = DERNIERE CLE DE LA RANGEE
003390 F4A9 BDF40F      jsr  ClaCod      ;TROUVER LA COLONNE
003391 F4AC 2028      bra  ClaFin      ;
003392 F4AE 86FB      Cla2:  lda  #b'11111011 ;ACTIVER RANGEE 3
003393 F4B0 B78001      sta  UO_ORC      ;
003394 F4B3 B68001      lda  UO_ORC      ;LIRE COLONNES
003395 F4B6 8470      anda #b'01110000 ;Extraire les bits PC4, 5 et 6
003396 F4B8 8170      cpa  #b'01110000 ;3 COLONNES A 1?
003397 F4BA 2707      beq  Cla3      ;OUI, passer a la rangee suivante
003398 F4BC C609      ldb  #h'9      ;NON, METTRE CODE = DERNIERE CLE DE LA RANGEE
003399 F4BE BDF40F      jsr  ClaCod      ;TROUVER LA COLONNE
003400 F4C1 2013      bra  ClaFin      ;
003401 F4C3 86F7      Cla3:  lda  #b'11110111 ;ACTIVER RANGEE 4
003402 F4C5 B78001      sta  UO_ORC      ;
003403 F4C8 B68001      lda  UO_ORC      ;LIRE COLONNES
003404 F4CB 8470      anda #b'01110000 ;Extraire les bits PC4, 5 et 6
003405 F4CD 8170      cpa  #b'01110000 ;3 COLONNES A 1?
003406 F4CF 270B      beq  Cla4      ;OUI, passer a la rangee suivante
003407 F4D1 C60C      ldb  #h'C      ;NON, METTRE CODE = DERNIERE CLE DE LA RANGEE
003408 F4D3 BDF40F      jsr  ClaCod      ;TROUVER LA COLONNE
003409 F4D6 8EF4E5      ClaFin: ldx  *ClaTbNum ;LIRE CODE HEXADECIMAL CORRESPONDANT
003410 F4D9 A685      lda  B,X      ;
003411 F4DB 39      rts      ;
003412 F4DC 86FF      Cla4:  lda  #h'FF      ;CODE = AUCUNE CLE ENFONCEE

```

```

003413 F4DE 39          rts          ;
003414 F4DF          ;                               ClaCod
003415 F4DF          ; -----
003416 F4DF          ; ClaCod: Identifier code de la cle enfoncee
003417 F4DF          ;
003418 F4DF          ; NOTE: Utilise uniquement par ClaLiReb
003419 F4DF          ;
003420 F4DF 48        ClaCod:  lsla          ;Diminue B pour arriver au code de la cle
003421 F4E0 5A        Cla5:    decb          ;enfoncee
003422 F4E1 48        lsla          ;
003423 F4E2 25FC     bcs Cla5          ;Continuer si bit 0 n'a pas glisse dans C
003424 F4E4 39        rts          ;Termine, le code se trouve dans B
003425 F4E5          ; -----
003426 F4E5          ; TABLES DE CODES NUMERIQUES ET ASCII
003427 F4E5          ;
003428 F4E5 0102030405060708 ClaTbNum: .db h'01,h'02,h'03,h'04,h'05,h'06,h'07,h'08
003429 F4E0 090A00B0C0D0E0F .db h'09,h'0A,h'00,h'0B,h'0C,h'0D,h'0E,h'0F
003430 F4F5          HexAscii:
003431 F4F5 3031323334353637 ClaTbAsc: .db "0123456789ABCDEF"
003432 F4F0 3839414243444546 F4FD
003432 F505          ;                               Module 750: Diverses
003433 F505          ; -----
003434 F505          ; *****
003435 F505          ; DIVERSES: Sous-routines diverses
003436 F505          ;
003437 F505          ; Ce fichier regroupe diverses sous-routines utilisees un peu partout dans
003438 F505          ; le programme. Ces sous-routines sont les suivantes:
003439 F505          ; - Del1sec : Creer un delai d'environ une seconde
003440 F505          ; - Del500ms: Creer un delai d'environ 1/2 seconde
003441 F505          ; - HexAsc  : Convertir un octet en deux codes ascii et les afficher
003442 F505          ; -----
003443 F505          ;
003444 F505          ;                               Module 751: Del1sec
003445 F505          ; *****
003446 F505          ; DEL1SEC: Creer un delai d'environ 1 seconde
003447 F505          ; -----
003448 F505          ;
003449 F505 BDF50C    Del1sec: jnr Del500ms      ;
003450 F508 BDF50C    jnr Del500ms      ;
003451 F50B 39        rts          ;
003452 F50C          ;                               Module 752: Del500ms
003453 F50C          ; *****
003454 F50C          ; DEL500MS: Creer un delai d'environ 1/2 seconde
003455 F50C          ; -----
003456 F50C          ;
003457 F50C          ;          CONSTANTES          ;
003458 F50C          ; .equ Cte500ms, h'FFFF ;65536 * 7us = 459ms
003459 F50C          ;          PROGRAMME          ;
003460 F50C          ; -----
003461 F50C 3410     Del500ms: pshe X          ;
003462 F50E 8EFFFF    ldx #Cte500ms      ;
003463 F511 301F     Div1:  leax -1,X          ;4us
003464 F513 26FC     bne Div1          ;+3us = 7us
003465 F515 3590     puls X,PC          ;
003466 F517          ;                               Module 753: HexAsc
003467 F517          ; *****
003468 F517          ; HEXASC: Convertir un octet en deux codes Ascii et l'afficher
003469 F517          ; -----
003470 F517          ;
003471 F517 3402     HexAsc:  pshe A          ;Conserver la valeur a convertir
003472 F519 44        lsr          ;Extraire les 4 BPS de la valeur
003473 F51A 44        lsr          ;
003474 F51B 44        lsr          ;
003475 F51C 44        lsr          ;
003476 F51D 8EF4F5    ldx #ClaTbAsc      ;Convertir en Ascii
003477 F520 A686     lda A,X          ;
003478 F522 BDF2FC    jsr LcdDon      ;Afficher la sortie inferieure de l'octet
003479 F525 3502     puls A          ;Rappeler la valeur a convertir
003480 F527 840F     anda #b'00001111 ;Extraire les 4 BMS de la valeur
003481 F529 8EF4F5    ldx #ClaTbAsc      ;Convertir en Ascii
003482 F52C A686     lda A,X          ;
003483 F52E BDF2FC    jsr LcdDon      ;
003484 F531 39        HAFin:  rts          ;
003485 F532          ; -----
003486 F532          ; *****
003487 F532          ; MESSSURU: Afficher le message "Surveillance"
003488 F532          ; -----
003488 F532          ;

```

```

003489 F532 ;-----
003490 F532 BDF2A1 MessSurv: jrn LcdEff ;Effacer l'affichage
003491 F535 8EF53C ldx #MSurveil ;
003492 F538 BDF2D0 jrn LcdMess ;
003493 F538 39 rts ;
003494 F53C ;-----
003495 F53C 202D3E2053555256 MSurveil: .db " -> SURVEILLANCE <- "
F544 45494C4C4114E4345
F54C 203C2020
003496 F550
003497 F550
003498 F550 ;-----
003499 F550 ;VECTEURS D'INTERRUPTIONS
003500 FFFE .org Reset ;Initialisation
003501 FFFE E000 .dw Moniteur ;
003502 FFF8 .org IRQ ;Interruption du clavier ou du lien seriei
003503 FFF8 E068 .dw Inter ;
003504 FFF6 .org FIRQ ;
003505 FFF6 E067 .dw IntAlim ;Interruption d'alimentation
003506 FFF8 .end ;

```

A3XYFIN =EF75 CLA3 =F4C3 HEXASCII=F4F5 MANNUL =E178 MPFIN =E368 SELPARAM=E42E UO_LIFR =8000
 ACCACTIF=0002 CLA4 =F4DC I =0E37 MAR1 =E22B NSELACCE=E416 SERIE =0025 UO_ORC =8001
 ACCELER =0003 CLA5 =F4E0 IBR =ED4E MARCHARR=E774 NSELCHOI=E4E2 SERMESS =0021 UO_ORO =8000
 ACIA =7000 CLACHIF1=F444 IBR1 =ED5A MARCHA =0006 NSELGAIN=E40B SEUILS =F08A UO_PCR =800C
 ACIA1 =F36D CLACOD =F4DF IBADEP =0E41 MC1 =EDC9 NSELPARA=E473 SG1 =E4AE UO_SA =800A
 ACIACOM =7002 CLAFIN =F4D6 IBAFIN =ED7B MC2 =EE27 MSSACCEL=E731 SG1.1 =E4C9 UO_T1CH =8005
 ACIACA =7003 CLALIR =F46E IBBRES =0E43 MICALCTAF=ED3D MSSIGH1 =E741 SG2 =E40B UO_T1CL =8004
 ACIADR =7000 CLALIREB=F484 INSERO =E570 MCFIN =EE27 MSSIGH2 =E755 SGFIN =E40A UO_T1LH =8007
 ACIAECA =F384 CLATBASC=F4F5 INSER1 =E58E MCHOIX7 =E24F MSSIGH3 =E762 SP1 =E455 UO_T1LL =8006
 ACIAENU =F396 CLATBNUM=F4E5 INSER2 =E596 MCOMSOR =F1E2 MSURUEIL=F53C SP2 =E470 UO_T2CH =8009
 ACIAINIT=F371 CLE1 =0E53 INSER3 =E59E MDIAGCAN=E674 MULTCOEF=ED92 SPFIN =E472 UO_T2CL =8008
 ACIAPRET=F38B CLEPREC =0E54 INSERFIN=E5AA MDIAGCRE=E688 MULTRES =0E49 SSIGN1 =E60C U1 =9000
 ACIASA =7001 CLFIN =F483 INSERNUL=E5A6 MDIAGN =E662 NUXACCEL=E421 SSIGN1.1=E6E4 U1_ACR =900B
 ADD3 =E441 COMPTEUR=OE52 INSEROK =E5A8 MDIAGNER=E680 NUXGAIN =E4F6 SSIGN2 =E6EA U1_DDRR =9003
 ADD3XY =EF69 COMSOR =F10E INT10 =E08F MDIAGNRS=E69C NUXPARAM=E47C SSIGN3 =E6FC U1_DDRB =9002
 ADDRESS =EE29 CONVURT =E510 INT5 =E073 MECHANT =E88D NUALEUR =E547 SSIGN3.1=E721 U1_LIER =900E
 AENU1 =F3A3 CS0 =F123 INT6 =E078 MECHELO =F21D N =0200 SSIGNFIN=E72D U1_LIFR =9000
 AENU1.1 =F3A9 CS1 =F13C INT7 =E07D MECHELO0=F22C N2 =0E31 STAF1 =E820 U1_OIRA =900F
 AENU2 =F3D0 CS1.1 =F14C INT8 =E082 MECHELO6=F23F NBECHANT=0200 STAF2 =E825 U1_ORR =9001
 AENU3 =F3E8 CS2 =F152 INT9 =E087 MESSURU=F532 NEG0 =ED79 STAF3 =E836 U1_ORB =9000
 AENU4 =F3FA CS3 =F169 INTACIA =E094 MESURE =0020 NIUEAU =0008 STAFFIN =E83B U1_PCR =900C
 AENU5 =F406 CS4 =F17F INTALIM =E067 METALON =E3E2 NIUCHEL=0016 T1 =0E29 U1_SA =900A
 AENU6 =F40C CS5 =F195 INTER =E068 MRAIN =E23F NIUGAIN =000F TEMPOR =001F U1_T1CH =9005
 AENUER =F419 CS6 =F1AB INTERCLA=E09C MINIT =E05B NI1 =FFFC TRAPXPY =EE38 U1_T1CL =9004
 AENUFIN =F418 CS7 =F1C1 INTERER =E099 MINIVIBR=E7EE NU =0009 TRF =E99B U1_T1LH =9007
 AENUTERM=F413 CSFIN =F1CD INTERFIN=E099 MMDORCC =E36C NU1 =0E33 TRF1 =E9A1 U1_T1LL =9006
 AFFMES =E536 CTE500MS=FFFF INTERSEAR=E550 MMODE =E124 P =0E39 TRF1.1 =E9A8 U1_T2CH =9009
 AFFRES =E18D CTEREBON=0596 INTU1 =E094 MMODE1 =E139 P2X =0E27 TRF10 =EC83 U1_T2CL =9008
 AINITFIN=F383 D7GFIN =EF07 INTVIBR =E7C2 MMODE2 =E14E PANHE =0007 TRF11 =EC8F VARSIGN =0E48
 AMPL =E5E2 DECAL7G =EED3 IRO =FFF8 MMODE3 =E163 PARAM =0004 TRF12 =EC97 VARTEMP =0E45
 AMPL1 =EE55 DELISEC =F505 IUFIN =E7ED MNP1 =E380 PORTO =0E50 TRF13 =EC8A V1AISIG0=F365
 AMPL1.1 =EE6F DEL500MS=F50C K =0E35 MNP2 =E394 PWCOS =0E38 TRF14 =ECC3 V1AISIG1=F352
 AMPL1.2 =EE7B DELECH =004A L =0E2F MNP3 =E39A PWSIN =0E3D TRF15 =ECC9 V1AINIT =F31E
 AMPL2 =EE88 DIAGN1 =E5B7 LCD =6000 NIUEAU =E246 PX =0E25 TRF16 =ED22 VIRGULE =001E
 AMPL2.1 =EE91 DIAGN2 =E5E7 LCD1 =F299 MODACC =E263 RAC =0E4C TRF17 =ED2E UO_OIRA =800F
 AMPL2.2 =EEA2 DIAGN3 =E612 LCD2 =F2D4 MON1 =E021 RACA =EF88 TRF2 =E98C USSIGH1 =0024
 AMPL2.3 =EEAE DIAGNEAR=E637 LCD3 =F2E2 MON2 =E02B RACB =EF83 TRF3 =E909 UX =0225
 AMPL3 =EEB9 DIAGNFIN=E661 LCD4 =F30C MONDEBUT=E046 RACC =EF02 TRF4 =E9E4 W =E89D
 AMPL4 =EECD DIAGNOST=E5AB LCDAFFO =F265 MONFIN =E056 RACC.1 =F028 TRF5 =E9EA WCSSIGN=E03F
 AMPL4.1 =EEC7 DIU1 =F511 LCDOFF1 =F26E MONTEUR=E000 RACC.2 =F039 TRF5.1 =E9F0 WSINSIGN=0E40
 AMPLFIN =EED2 ECH1.1 =E857 LCDCLIG0=F277 MONSURU =E04D RACD =F04E TRF5.2 =E9F8
 ANALRES =FOAA ECH1.2 =E867 LCDCLIG1=F280 NOVEN =F089 RACFIN =F05B TRF6 =E9FE
 ANR1 =F0B5 ECH2 =E873 LCDCURSO=F289 NP1 =E278 RARCINE =EF76 TRF6.1 =EA1B
 ANR1.1 =F0CE ECH2.1 =E875 LCDCURS1=F292 NP2.1 =E29A RARAT5 =F088 TRF6.10 =EB57
 ANR2 =F0D8 ECHANT =E83C LCDCURSD=F2C2 NP2.2 =E2A7 RAM1 =0000 TRF6.11 =EB78
 ANR3 =F0EC ECHELON =001D LCDCURSG=F2B9 NP2.21 =E2B3 RAM2 =2000 TRF6.12 =EB9F
 ANRESFIN=F0FB EPROM1 =E000 LCDDEP =000C NP2.3 =E2BC RAM3 =4000 TRF6.13 =EBCC
 AR1 =E1AC EPROM2 =C000 LCDODN =F2FC NP2.31 =E2C8 REQCLAV =0000 TRF6.14 =EBD4
 AR1.1 =E1BC EPROM3 =A000 LCDDA =6001 NP2.4 =E2D1 REQSER =0001 TRF6.2 =EA33
 AR1.2 =E1C4 ET1 =E38A LCDEFF =F2A1 NP2.41 =E2DD RESET =FFFE TRF6.3 =EA54
 AR2 =E1CE ET2 =E3C2 LCDIHT =F254 NP2.5 =E2E6 RESTE =0E4E TRF6.4 =EA7A
 ARFIN =E214 ET3 =E3CA LCDINS =F303 NP2.51 =E2F2 SA1 =E406 TRF6.5 =EA98
 C1 =E51D ET4 =E3D2 LCDIR =6000 NP2.6 =E2FB SA2 =E413 TRF6.6 =EAC5
 C2 =E526 ETALON =E3AE LCOMESS =F2D0 NP2.61 =E307 SAFIN =E415 TRF6.7 =EAF2
 CARRE =EF08 ETFIN =E3E1 LCOMESS2=F2E4 NP2.7 =E310 SAISCLAV=E0B6 TRF6.8 =EB1F
 CARRE1 =EF13 FAIRMES =E50A LCOMESSA=F2CB NP2.71 =E31C SAISSIGN=E6C2 TRF6.9 =EB42
 CARRE2 =EF1C FIAO =FFF6 LCDPOS =F2B3 NP3 =E321 SAISTAF =E802 TRF7 =EC68
 CARRE3 =EF2D GA1 =E793 LCDPOSD =F2AA NP3.01 =E331 SC1 =E0C3 TRF8 =EC71
 CARREFIN=EF12 GA2 =E7AF LCDPRET =F30A NP3.1 =E341 SC2 =E0FC TRF9 =EC7A
 CC1 =F44C GAFIN =E7BA LCDSTAT =0E51 NP3.2 =E34F SC3 =E105 TRFFIN =ED39
 CCFIN =F467 GAIN =0005 M1OBLANC=F313 NP3.21 =E356 SC4 =E10E UO =0000
 CL1 =F471 GAINAUTO=E784 MA1 =E781 NP3.22 =E363 SC5 =E117 UO_ACR =800B
 CL2 =F477 GAMMA =0009 MAFFRES =E218 NP3.23 =E366 SCFIN =E123 UO_DDRAC =8003
 CLR1 =F499 HAFIN =F531 MAFIN =E783 MPANHE1 =F1F7 SELACCEL=E3EC UO_DDRD =8002
 CLR2 =F49E HEXRSC =F517 MANALRES=FOFC MPANHE2 =F20A SELGAIN =E489 UO_LIER =800E

ANNEXE B

PROGRAMME D'AFFICHAGE GRAPHIQUE

Cette annexe présente le code source du programme d'affichage graphique, qui s'utilise sur un micro-ordinateur de type compatible IBM. Le programme fonctionne par choix de menus.

Pour l'utiliser, il suffit de relier le connecteur RS-232C du moniteur au port de communication sérielle no. 1 du micro-ordinateur.

Les choix sont activés en appuyant sur une touche numérique de 0 à 5 comme suit:

0. Réinitialiser le moniteur: vérifie le fonctionnement du lien sériel entre le moniteur et le micro-ordinateur.
1. Lecture valeurs échantillonnées: lit les valeurs échantillonnées, et les affiche sous forme graphique.
2. Lecture résultats de Fourier: lit les valeurs d'amplitude obtenues avec la TRF, et les affiche sous forme graphique.
3. Lecture échant. et rés. de Fourier: lit les valeurs échantillonnées et les valeurs calculées par la TRF, puis affiche les deux graphiques correspondants.
4. Graphique des valeurs échantillonnées: affiche à nouveau le graphique des dernières valeurs échantillonnées reçues du moniteur.

5. Graphique des résultats de Fourier: affiche à nouveau le graphique des derniers résultats de Fourier reçus du moniteur.

N'importe quelle clé du clavier peut être enfoncée pour retourner au menu principal après l'affichage d'un graphique.

```

/*****
* PORTSR.C
*
* N. Allard Mars 1989
*
* Ce programme a ete developpe dans le cadre du projet de M.Sc.A. intitule
* "Conception d'un moniteur industriel de vibrations avec analyse spectrale"
*
* Durant le cycle de surveillance, le moniteur echantillonne les signaux
* generes par les accelerometres et effectue une transformee rapide de
* Fourier.
*
* Ce programme sert a communiquer avec le moniteur par lien RS-232C et
* permet d'afficher les valeurs echantillonnees ainsi que les resultats de
* la transformee de Fourier rapide sous forme de graphiques.
*
* Le programme s'utilise sur un ordinateur compatible-IBM, avec interface
* graphique CGA.
*
* DIAGRAMME HIERARCHIQUE                                COMPILATION
*
* menu                                                    Trois disquettes sont requises:
* | menu0                                                1. Turbo C, pour demarrer en A:
* | | sendat0                                           2. Fichiers source ensuite en A:
* | menu1                                               3. \INCLUDE et \LIB en B:
* | | lir_echant
* | | menu4
* | menu2
* | | lire_fourier
* | | menu5
* | menu3
* | | lire_echant
* | | lire_fourier
* | | menu4
* | | menu5
* | menu4
* | | trace_graphique
* | menu5
* | | trace_graphique
*
* lire_echant
* | sendat0
* | sendat1
* | lire_donnees
* | sendat0
*
* lire_fourier
* | sendat0
* | sendat2
* | lire_donnees
* | sendat0
*
* trace_graphique
* | max_min
* | modegraph
* | setup
* | graph
*
* COMMANDES
* Pour la signification des commandes du moniteur, telle AT0, ainsi que
* pour la sequence d'envoi des donnees, on doit se referer a la documen-

```

COMPILATION

Trois disquettes sont requises:
1. Turbo C, pour demarrer en A:
2. Fichiers source ensuite en A:
3. \INCLUDE et \LIB en B:

Disquette "Fichiers sources"
- TCHELP.TCH
- PORTSR.C
- CGA.OBJ
- PORTSR.PRJ ->"PORTSR.C
CGA.OBJ
TCOMMS.LIB"

Disquette "Include et Lib"
- \INCLUDE
|- Fichiers .H
|- LITECOMM.H
|- LITECOMM.FNS
- \LIB
|- Fichiers .LIB
|- TCOMMS.LIB

```

* tation du moniteur.
*
*/

#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <graphics.h>
#include <conio.h>
#include <stdlib.h>
#include <math.h>
#include <litecomm.h>      /* Fonctions de communication serielle */

#define COM1                1
#define ECHANT_NB          512      /* Nb d'echantillons */
#define FOURIER_NB        256      /* Nb de resultats de Fourier */
#define TEXTSIZE           0
#define TEXTFRONT          0
#define GRAPHSIZE          0.75
#define DIVISIONX           5
#define DIVISIONY           5
#define TITRE1              "Echantillons"
#define TITRE2              "Resultats de Fourier"
#define AXEY                "Valeur"
#define AXEX                "Numero"
#define MAX_ABS_ECH        500     /* Utilise pour des echelles fixes */
#define MAX_ABS_TRF        250
#define MAX_ORD_ECH        250
#define MAX_ORD_TRF        125
#define MIN_ORD             0
#define CONVERSION          1
#define DOTSIZE             1
#define CR                  0x0d

#define max(a,b) (((a) > (b)) ? (a) : (b))
#define min(a,b) (((a) < (b)) ? (a) : (b))
#define absv(a) (((a) < (0)) ? (-a) : (a))

int      echant[ECHANT_NB], fourier[FOURIER_NB],
        echant_pret, fourier_pret;
char     echant_ident[4], fourier_ident[4];
int      WMINX, WMAXX, WMINY, WMAXY;
void _cdecl sleep (unsigned seconds);

/*****
* PROGRAMME PRINCIPAL
*
*/

main()
{
/* Initialiser le port serieel */
if(comm_opn(COM1, B1200, NPARITY, BITS, STOP1, 512, 128) == -1)
{
printf("\nErreur à l'initialisation du port sériel\n\n");
exit(1);
}

/* Afficher le menu principal */
menu();
menu0();

```

```

/* Fermer le port serial (risque d'erreur fatale de systeme sinon) */
if(comm_close(COM1) == -1)
    printf("\nErreur à la fermeture du port sériel\n\a");
}

/*****
* MENU
*
* Ce module affiche le choix de commandes et appelle le module approprié
*
*/

menu()
{
char c;

echant_pret = 0;          /* Aucune donnée lue pour l'instant */
fourier_pret = 0;
do
{
    clrscr();
    gotoxy(20, 3);
    printf("CHOIX DE COMMANDES");
    gotoxy(20, 5);
    printf("0 - Réinitialiser le moniteur");
    gotoxy(20, 7);
    printf("1 - Lecture valeurs échantillonnées");
    gotoxy(20, 9);
    printf("2 - Lecture résultats de Fourier");
    gotoxy(20, 11);
    printf("3 - Lecture échant. et rés. de Fourier");
    gotoxy(20, 13);
    printf("4 - Graphique des valeurs échantillonnées");
    gotoxy(20, 15);
    printf("5 - Graphique des résultats de Fourier");
    gotoxy(20, 17);
    printf("Q - Quitter le programme");
    gotoxy(20, 19);
    printf("Choix => ");
    c = getche();
    if (c == '0') menu0();          /* Reinitialiser le moniteur */
    if (c == '1') menu1();          /* Lire les échantillons */
    if (c == '2') menu2();          /* Lire les résultats de Fourier */
    if (c == '3') menu3();          /* Lire les échantillons + Fourier */
    if (c == '4') menu4();          /* Graphique échantillons */
    if (c == '5') menu5();          /* Graphique de Fourier */
} while (c != 'q' & c != 'Q');
}

/*****
* MENU0
*
* Ce module réinitialise le moniteur et affiche un message à cet effet.
*
*/

menu0()
{
sendat0();
gotoxy(20, 21);
printf("Le moniteur a été réinitialisé\a");
}

```

```

sleep(1);
}

/*****
 * MENU1
 *
 * Ce module lit les valeurs echantillonnees et les affiche sous forme
 * de graphique.
 *
 */

menu1()
{
lire_echant();
menu4();
}

/*****
 * MENU2
 *
 * Ce module lit les resultats de Fourier et les affiche sous forme de
 * graphique.
 *
 */

menu2()
{
lire_fourier();
menu5();
}

/*****
 * MENU3
 *
 * Ce module lit les donnees et les resultats de Fourier
 *
 */

menu3()
{
lire_echant();
lire_fourier();
menu4();
menu5();
}

/*****
 * MENU4
 *
 * Ce module trace le graphique des valeurs echantillonnees
 *
 */

menu4()
{
if (echant_pret == 1)
    trace_graphique(echant, ECHANT_NB, echant_ident[3]);
else
    {
gotoxy(20, 21);
printf("Les données n'ont pas encore [t] lues\a");
}
}

```

```

        sleep(1);
    }
}

/*****
 * MENU5
 *
 * Ce module trace le graphique des resultats de Fourier
 *
 */

menu5()
{
if (fourier_pret == 1)
    trace_graphique(fourier, FOURIER_NB, fourier_ident[3]);
else
    {
        gotoxy(20, 21);
        printf("Les données n'ont pas encore été lues\n");
        sleep(1);
    }
}

/*****
 * LIRE_ECHANT
 *
 * Ce module lit les valeurs echantillonnes par le moniteur
 *
 */

lire_echant()
{
sendat0();
sendat1();
lire_donnees(echant, echant_ident, ECHANT_NB);
echant_pret = 1;
sendat0();
}

/*****
 * LIRE_FOURIER
 *
 * Ce module lit les resultats de Fourier
 *
 */

lire_fourier()
{
sendat0();
sendat2();
lire_donnees(fourier, fourier_ident, FOURIER_NB);
fourier_pret = 1;
sendat0();
}

/*****
 * SENDATO
 *
 * Ce module envoie ATO au moniteur et attend de recevoir la reponse OK
 *
 */

```

```

sendat0()
{
envoyer('A');
envoyer('T');
envoyer('0');
attendre('O');
attendre('K');
}

/*****
 * SENDAT1
 *
 * Ce module envoie AT1 au moniteur
 *
 */

sendat1()
{
envoyer('A');
envoyer('T');
envoyer('1');
}

/*****
 * SENDAT2
 *
 * Ce module envoie AT2 au moniteur
 *
 */

sendat2()
{
envoyer('A');
envoyer('T');
envoyer('2');
}

/*****
 * ENVOYER
 *
 * Cette fonction envoie un caractere et attend que le moniteur le retourne
 *
 */

envoyer(car)
char car;
{
lc_put(COM1, car);
while(car != lc_get(COM1));      /* Attendre l'echo du moniteur */
}

/*****
 * ATTENDRE
 *
 * Cette fonction attend de recevoir un caractere specifique
 *
 */

attendre(car)
char car;
{

```



```

while(car != lc_get(COM1));      /* Attendre le caractere specifie */
}

/*****
* RECEVOIR
*
* Ce module attend l'arrivee d'un caractere au port seriel et le retourne
* au module appelant.
*
*/

int recevoir()
{
char car;

do
    {
        car = lc_get(COM1);
    } while(car == ERR);      /* ERR = -1 signifie "buffer empty" */
return(car);
}

/*****
* LIRE_DONNEES
*
* Ce module lit les donnees en provenance du moniteur et les place dans
* un vecteur.
*
*/

lire_donnees(donnees, donnees_ident, donnees_nb)
int *donnees,          /* Donnees du port seriel */
    donnees_nb;        /* Nombre de valeurs a lire */
char donnees_ident[4];
{
int i;

envoyer('G');          /* Envoyer 'G' au port seriel */
gotoxy(20, 21);
clreol();
printf("Prêt à recevoir");
attendre(0);           /* Attendre le debut de la transmission */
gotoxy(20, 21);
clreol();
printf("Début des données - Type = ");

/* Lire le type des donnees */
for (i = 0; i <= 2; i++)
    {
        donnees_ident[i] = recevoir();
        printf("%c", donnees_ident[i]);
    }
donnees_ident[3] = recevoir();
printf(" #%c", donnees_ident[3]);

/* Lire les donnees */
attendre(0);           /* Attendre le debut des donnees */
printf("\n");
clreol();
for (i = 0; i < donnees_nb; i++)
    {

```

```

donnees[i] = recevoir();
if (donnees[i] < 0) donnees[i] = donnees[i] & 0xff;
/* Valeurs superieures a 127 sont interpretees comme etant < 0 */
/* le bit de signe etendu aux 8 bits sup. doit etre enleve */
if (donnees[i] == 1) donnees[i] = 0;
/* Les 0 servent a determiner le debut et la fin des donnees, */
/* le moniteur les remplace par des 1. */
printf("%c%i", CR, i);
}
attendre(0); /* Attendre la fin des donnees */
gotoxy(20, 21);
clreol();
printf("Fin des donn[ees]");
sleep(1);
}

/*****
* TRACE_GRAPHIQUE
*
* Ce module trouve les valeurs maximale et minimale, initialise le mode
* graphique et trace le graphique des valeurs echantillonnees ou des
* resultats de Fourier.
*
*/

trace_graphique(donnee, nombre, ident)
int *donnee, nombre;
char ident;
{
int maxx, maxy, max, min, max_abs, max_ord, title;
double gminx, gminy, gmaxx, gmaxy;

if (nombre == ECHANT_NB)
{
title = 1;
max_abs = MAX_ABS_ECH;
max_ord = MAX_ORD_ECH;
}
else
{
title = 2;
max_abs = MAX_ABS_TRF;
max_ord = MAX_ORD_TRF;
}
max_min(donnee, nombre, &min, &max);
modgraph(&maxx, &maxy);
setup(maxx, maxy, max_ord, MIN_ORD, max_abs, &gminx, &gminy, &gmaxx, &gmaxy,
title, ident);
/* Remplacer nombre/2 et ORD_MIN par max et min */
/* pour selection automatique d'echelle en Y */
/* Nombre/2 donne 256 pour echantillons (FF) et */
/* 128 pour Fourier en ordonnee */
graph(donnee, nombre, gminx, gminy, gmaxx, gmaxy);
getch();
closegraph();
}

/*****
* MAX_MIN
*
* Ce module trouve les valeurs minimale et maximale dans la serie de

```

```

* valeurs. Ces limites serviront au calcul automatique d'echelle.
*
*/

max_min(donnee, nombre, min, max)
int *donnee, nombre, *min, *max;
{
int i;

*min = *max = donnee[0];
for (i = 1; i < nombre; i++)
    {
    *min = min(*min, donnee[i]);
    *max = max(*max, donnee[i]);
    }
}

/*****
* MODEGRAPH
*
* Ce module initialise l'interface graphique CGA.
*
*/

modegraph(maxx, maxy)
    int *maxx, *maxy;
{
int graphdriver = DETECT, graphmode, errorcode;

registerbgidriver(CGA_driver);
initgraph(&graphdriver, &graphmode, "");          /* CGA.LIB pour */
errorcode = graphresult();                        /* NEC MultiSpeed */
if (errorcode != gOK)
    {printf("Graphics error: %s", grapherrormsg(errorcode));
    exit(1);
    }

*maxx = getmaxx();
*maxy = getmaxy();
}

/*****
* SETUP
*
* Ce module trace les titres et les axes qui serviront au graphique
*
*/

setup(maxx, maxy, max, min, nombre, gminx, gminy, gmaxx, gmaxy,
      title, ident)
int maxx, maxy, max, min, nombre, title;
double *gminx, *gminy, *gmaxx, *gmaxy;
char ident;
{
int x1, x2, y1, y2, i, stepx, stepy, intery, echellex, expo, echelley2,
    test, pas;
float a1, a2;
double echelley, t, scale;
char str[50], value[50];

settextjustify(CENTER_TEXT, CENTER_TEXT);
x1 = maxx / 2;

```

```

y1 = maxy / 2;
y2 = maxy - 5;
if (title == 1) outtextxy(x1, 5, TITRE1);
else outtextxy(x1, 5, TITRE2);
printf("Accelerometre #%c", ident);
outtextxy(x1, y2, AXEX);
settextstyle(TEXTFRONT, VERT_DIR, TEXTSIZE);
outtextxy(5, y1, AXEY);
a1 = (1 - GRAPHSIZE) / 2.0;
a2 = 1 - (1 - GRAPHSIZE) / 2.0;
x1 = maxx * a1;
x2 = maxx * a2;
y1 = maxy * a1;
y2 = maxy * a2;
line(x1, y1, x1, y2);
line(x1, y2, x2, y2);
stepx = maxx * GRAPHSIZE / DIVISIONX;
for (i = 1; i <= DIVISIONX; i++)
    line(x1 + i * stepx, y2 - 2, x1 + i * stepx, y2 + 2);
stepy = maxy * GRAPHSIZE / DIVISIONY;
for (i = 1; i <= DIVISIONY; i++)
    line(x1 - 2, y2 - i * stepy, x1 + 2, y2 - i * stepy);
setlinestyle(DOTTED_LINE, 0, NORM_WIDTH);
for (i = 1; i <= DIVISIONX; i++)
    line(x1 + i * stepx, y1, x1 + i * stepx, y2 - 3);
for (i = 1; i <= DIVISIONY; i++)
    line(x1 + 3, y2 - i * stepy, x2, y2 - i * stepy);
intery = max - min;
settextjustify(RIGHT_TEXT, TOP_TEXT);
settextstyle(TEXTFRONT, HORIZ_DIR, TEXTSIZE);
if (intery == 0)
{
    echelley = CONVERSION * min;
    t = absv(echelley);
    if (absv(min) != 0) expo = log10(t) - 1;
    else expo = 0;
    scale = 1 * pow10(expo * 0.1);
    echelley2 = echelley / pow10(expo) - 2 * scale;
    *gminy = echelley2 * pow10(expo);
    itoa(echelley2, str, 10);
    outtextxy(x1 - 5, y2 - 2, str);
    for (i = 1; i <= DIVISIONY; i++)
    {
        echelley2 = echelley2 + scale;
        itoa(echelley2, str, 10);
        outtextxy(x1 - 5, y2 - i * stepy - 2, str);
    }
    *gmaxy = echelley2 * pow10(expo);
}
else
{
    echelley = min * CONVERSION;
    t = absv(echelley);
    if (absv(min) != 0) expo = log10(t) - 1;
    else expo = 0;
    scale = CONVERSION * intery / DIVISIONY;
    pas = scale / pow10(expo);
    echelley2 = echelley / pow10(expo);
    *gminy = echelley2 * pow10(expo);
    i = 0;
    test = (max * CONVERSION / pow10(expo)) - echelley2 - DIVISIONY * pas;
}

```

```

do {
    i++;
    if (test > 0)
        pas = pas + max(test / (DIVISIONY - 1), 1);
    test = (max * CONVERSION / pow10(expo)) - echelley2 - DIVISIONY * pas;
    } while (test > 0 && i <= 100);
itoa(echelley2, str, 10);
outtextxy(x1 - 5, y2 - 2, str);
for (i = 1; i <= DIVISIONY; i++)
    {
    echelley2 = echelley2 + pas;
    itoa(echelley2, str, 10);
    outtextxy(x1 - 5, y2 - i * stepy - 2, str);
    }
*gmaxy = echelley2 * pow10(expo);
}
strcpy(value, "E");
itoa(expo, str, 10);
if (expo >= 0) strcat(value, "+");
strcat(value, str);
outtextxy(x1 - 8, y1 - 10, value);
settextjustify(LEFT_TEXT, TOP_TEXT);
scale = nombre / DIVISIONX;
echellex = 0;
*gminx = echellex;
itoa(echellex, str, 10);
outtextxy(x1 - 3, y2 + 8, str);
for (i = 1; i <= DIVISIONX; i++)
    {
    echellex = echellex + scale;
    itoa(echellex, str, 10);
    outtextxy(x1 + i * stepx - 3, y2 + 8, str);
    }
*gmaxx = echellex;
WMINX = x1;
WMAXX = x1 + DIVISIONX * stepx;
WMINY = y2 - DIVISIONY * stepy;
WMAXY = y2;
}

/*****
* GRAPH
*
* Ce module trace les valeurs sur le graphique.
*
*/

graph(donnee, nombre, gminx, gminy, gmaxx, gmaxy)
int *donnee, nombre;
double gminx, gminy, gmaxx, gmaxy;
{
double scalex, scaley;
int i, t[ECHANT_NB], data[ECHANT_NB];

scalex = (WMAXX - WMINX) / (gmaxx - gminx);
scaley = (WMAXY - WMINY) / (gmaxy - gminy);
for (i = 0; i < nombre; i++)
    data[i] = WMAXY - scaley * (donnee[i] - gminy);
for (i = 0; i < nombre; i++)
    t[i] = scalex * (i - gminx) + WMINX;
setlinestyle(SOLID_LINE, 0, NORM_WIDTH);

```

```
for (i = 1; i < nombre; i++)
{
    line(t[i - 1], data[i - 1], t[i], data[i]);
}
}
```

ANNEXE C
ORGANIGRAMME DE
LA TRANSFORMÉE RAPIDE DE FOURIER

La page suivante représente l'organigramme qui a servi à développer l'algorithme de calcul utilisé sur le prototype.

Pour plus de détails concernant le fonctionnement de cet organigramme, le lecteur est prié de se référer au livre de E.O. Brigham (1988).

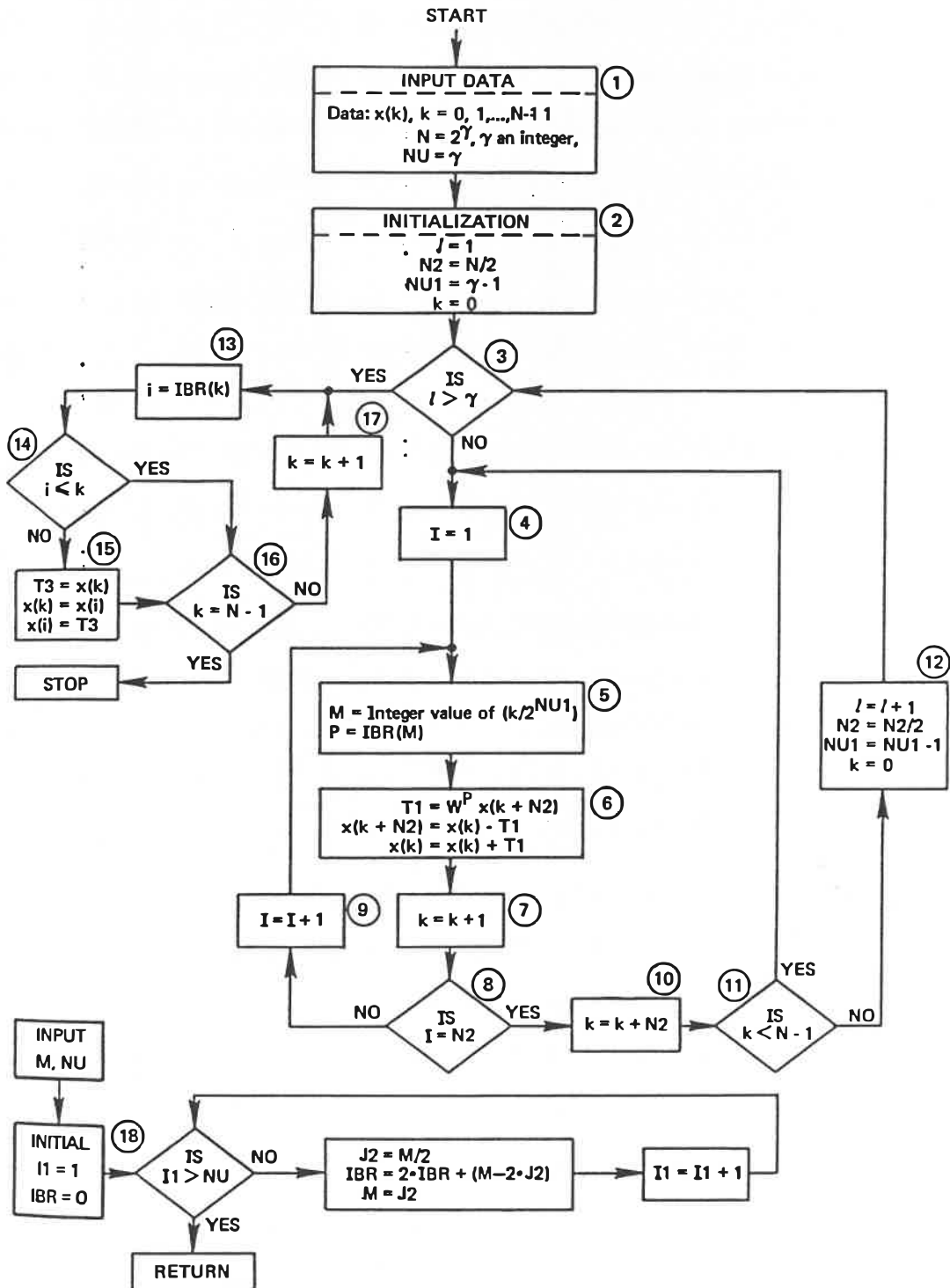


Figure 8.6 FFT computer program flowchart.

ANNEXE D

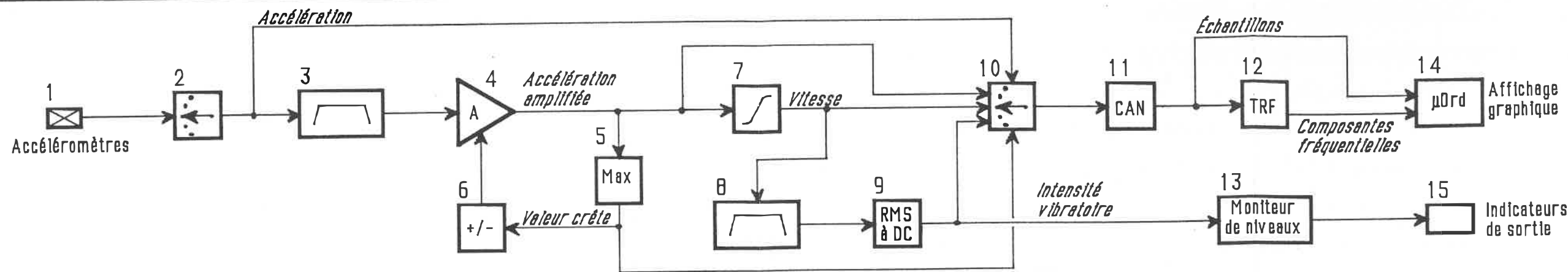
DESSINS DU PROTOTYPE

Les dessins décrits de cette annexe se trouvent dans la pochette à l'intérieur de la couverture arrière. Ils présentent les détails du prototype réalisés dans le cadre de ce projet.

Les dessins sont numérotés comme suit:

- N° 1 Schéma-bloc fonctionnel
- N° 2 Schéma-bloc du prototype
- N° 3 Schéma électronique - Carte analogique
- N° 4 Schéma électronique - Carte numérique
- N° 5 Schéma électronique - Carte clavier/indicateurs
- N° 6 Schéma électronique - Carte connecteurs/alimentation
- N° 7 Liste de normes relatives à la mesure de vibrations
- N° 8 Exemples de niveaux vibratoires définis par les normes
- N° 9 Notes d'installation des capteurs accélérométriques
- N° 10 Boîtier et arrangement proposés

Un microprocesseur du type 6809 forme le cœur du prototype. Le microprocesseur utilise un bus de 16 bits pour les adresses, 8 bits pour les données, et fonctionne avec une vitesse d'horloge de 1 MHz.

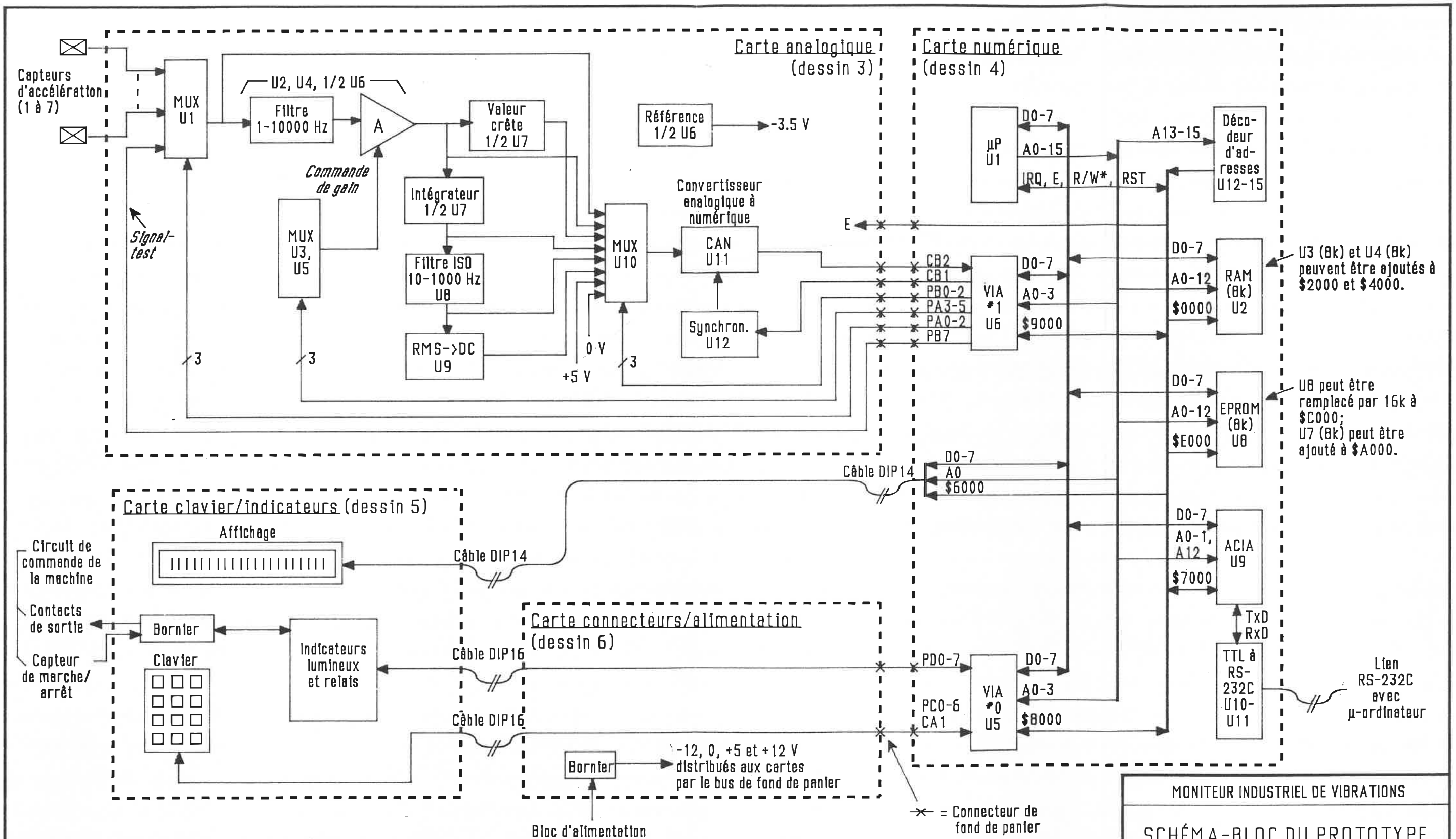


Bloc no.	Description	Entrées	Fonction	Type
1	Accéléromètre avec préampl. Intégré	Vibrations ≤ 500 g	Convertit l'accélération de vibrations en signal électrique; sensibilité: 10 mV/g	Accéléromètre piézoélectrique
2	Sélecteur d'entrée	-12 à +5 V	Permet de sélectionner entre plusieurs accéléromètres	Multiplexeur analogique CMOS 8:1
3	Filtre passe-bande 1 - 10 000 Hz	-12 à +5 V	Limite la bande de fréquence aux limites de l'accéléromètre	Butterworth 2e ordre
4	Amplificateur d'entrée à gain variable	-12 à +5 V	Amplifie le signal d'accél. (gains = 1.55, 4.59, 15.7, 45.1, 163, 456, 1580, 4030)	Incluant gain du filtre au bloc 3
5	Détecteur de valeur crête	-12 à +5 V	Détecte la valeur crête du signal à l'entrée de l'intégrateur; cte de temps = 10 s.	Ampl-op + diode de redressement + condensateur
6	Sélecteur de gain	---	Choisit le gain pour avoir amplitude max. à l'entrée de l'intégrateur sans écrêtage	Algorithme de commande microprogrammé
7	Intégrateur	-12 à +5 V	Convertit l'accélération en vitesse; cte = 7.04 ms; Fc basse = 1 Hz; gain DC = 21	Ampl-op avec condensateur de rétro-action
8	Filtre passe-bande 10 - 1 000 Hz	-12 à +5 V	Limite la bande de fréquence en accord avec ISD pour mesurer l'intensité vibratoire	Chebyshev 0.3 dB 3e ordre
9	Convertisseur RMS à DC	0 à +5 V	Donne l'intensité vibratoire en calculant la valeur efficace du signal de vitesse	Convertisseur sur puce spécialisée
10	Sélecteur de paramètre	-12 à +5 V	Sélectionne le paramètre désiré pour conversion analogique à numérique	Multiplexeur analogique CMOS 8:1
11	Convertisseur analogique à numérique	0 à +5 V	Échantillonne et convertit en série de valeurs numériques ($8 \pm 1/2$ bits de précision)	Approximation successive; max: 45 500/s
12	Calculateur numérique de TRF	512 octets 00 à FF	Calcule le spectre fréquentiel; sortie = 256 valeurs d'amplitudes (00 à FF)	Algorithme microprogrammé; aucune apodisation
13	Moniteur de niveaux	---	Compare l'intensité vibratoire à 4 seuils: 2.5, 5.1, 7.6 et 12.7 mm/s rms	Algorithme microprogrammé
14	Afficheur graphique	Valeurs de 0 à 255	Affiche les graphiques des valeurs échantillonnées et des résultats de TRF	μ -ordin. Compatible IBM; programme en langage C
15	Indicateurs de sortie	0 à +5 V	Actionne les témoins lumineux et contacts selon les échelons d'intensité vibratoire	Lumino-diodes et relais

MONITEUR INDUSTRIEL DE VIBRATIONS

SCHÉMA-BLOC FONCTIONNEL

Échelle	Aucune	N°	1
Conception	N. Allard		
Date	90-03-16	Feuille 1 de 1	Rév. F



U3 (8k) et U4 (8k) peuvent être ajoutés à \$2000 et \$4000.

U8 peut être remplacé par 16k à \$C000; U7 (8k) peut être ajouté à \$A000.

Lien RS-232C avec μ-ordinateur

* = Connecteur de fond de panier

CAPTEURS

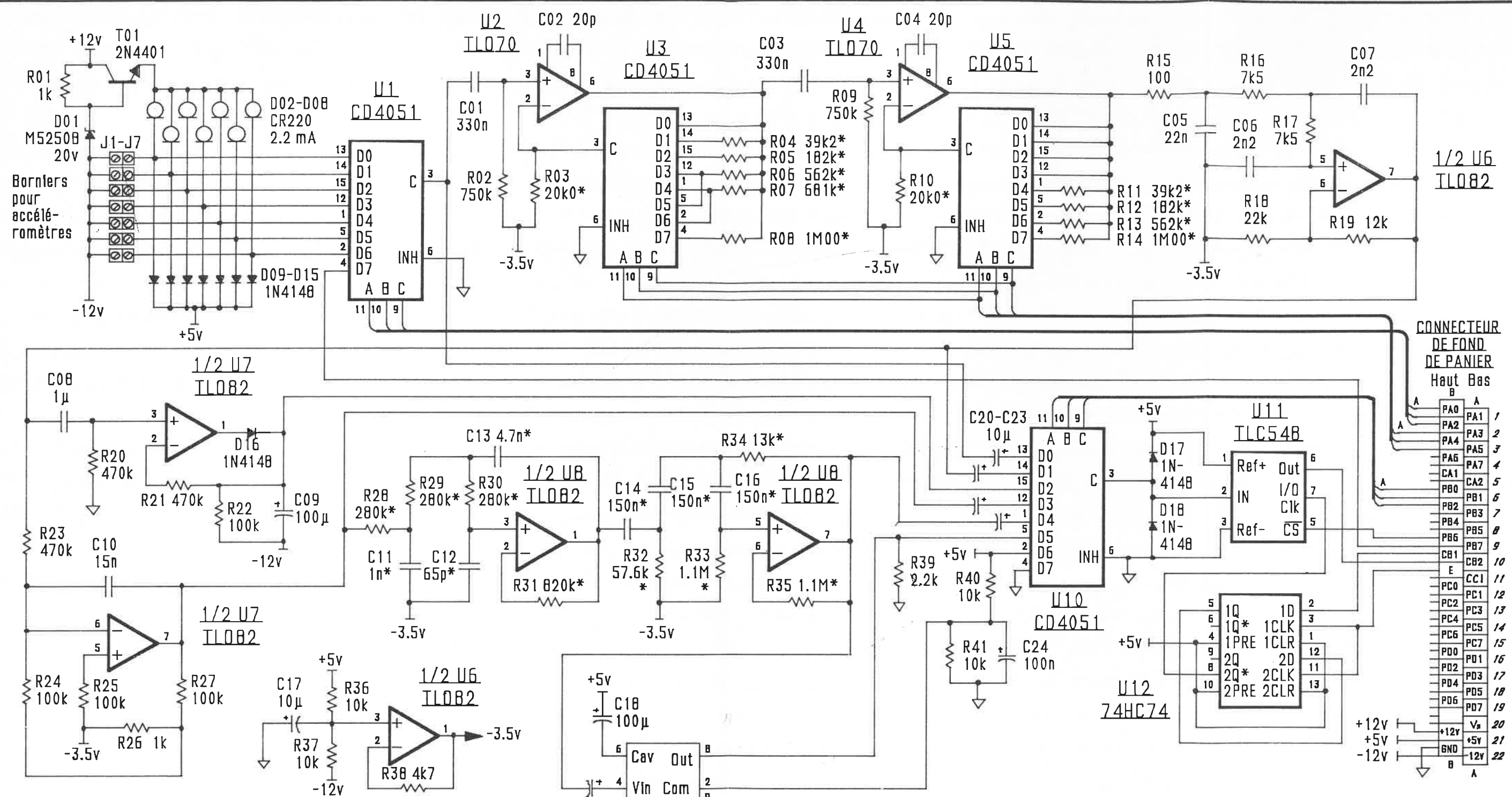
Capteurs d'accélération: Accéléromètres avec préamplificateur intégré
 Caractéristiques typiques: 10mV/g (±2%) jusqu'à 500g
 (PCB Piezotronics model 302A) 0.7 - 10 000 Hz (±10%)

Capteur de marche/arrêt: Contact libre de toute tension (contact électro-mécanique) fourni par le circuit de commande de la machine.

MONITEUR INDUSTRIEL DE VIBRATIONS

SCHÉMA-BLOC DU PROTOTYPE

Échelle	Aucune	N°	2
Conception	N. Allard		
Date	90-03-16	Feuille 1 de 1	Rév. F



LISTE DES CIRCUITS INTÉGRÉS

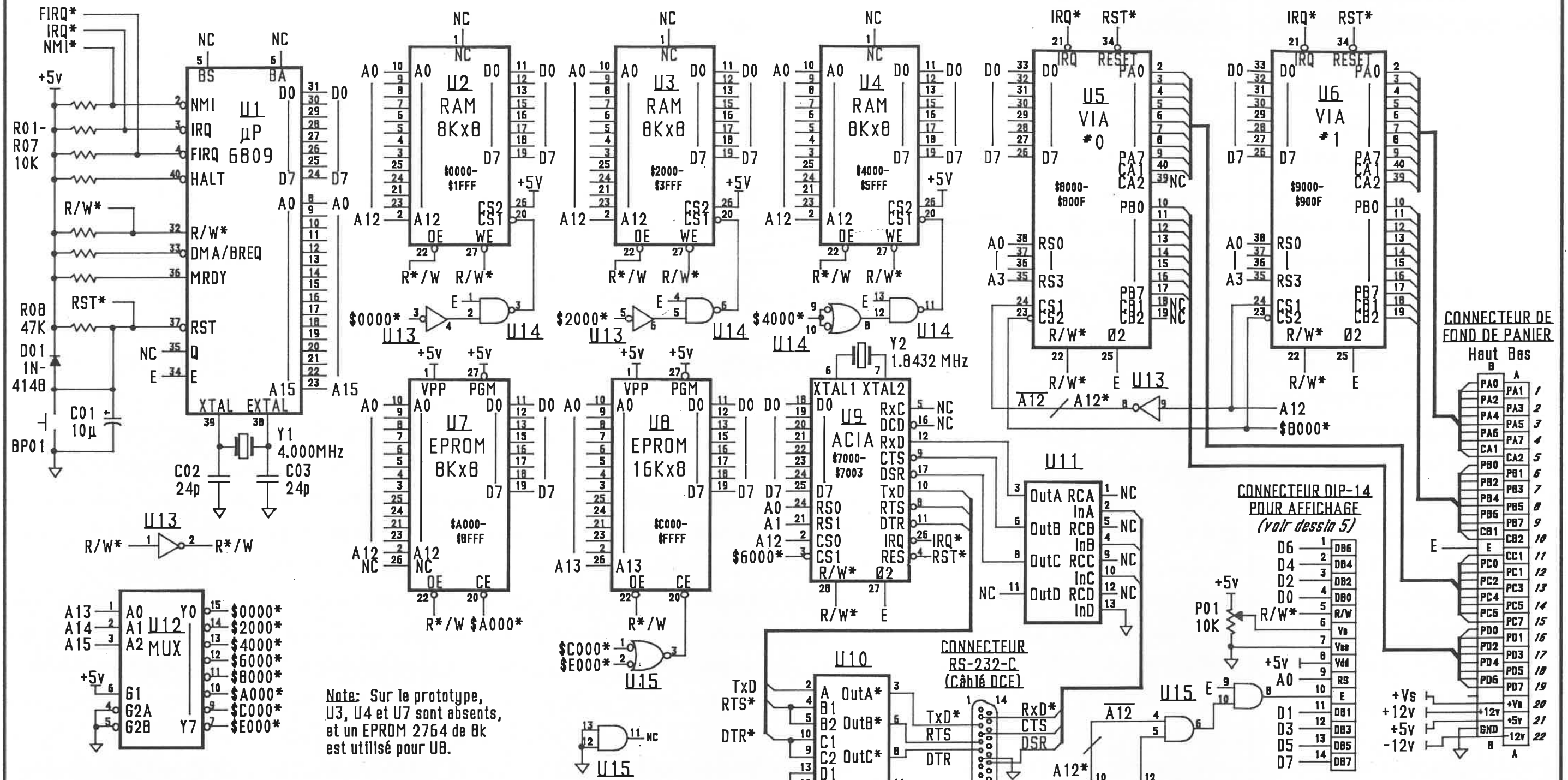
Unité	Modèle	+5 v	GND	-12 v	Description
1,3,5,10	CD4051	16	8	7	Multiplexeur analogique
2,4	TL070	7	---	4	Ampli-op. faible bruit
6,7,8	TL082	8	---	4	Ampli-op. usage gén.
9	AD536A	3	5	---	Convertisseur RMS-DC
11	TLC548	8	4	---	Convert. anal.->num.
12	74HC74	14	7	---	Double bascule D
---	---	---	---	---	---

Les composants marqués d'un * sont de précision 1%. Autrement, les résistances sont en Ω, 5%, 1/4W et les condensateurs sont en F.

MONITEUR INDUSTRIEL DE VIBRATIONS

SCHÉMA ÉLECTRONIQUE
Carte analogique

Échelle	Aucune	N°	3
Conception	N. Allard		
Date	90-03-10	Feuille 1 de 1	Rév. F



Note: Sur le prototype, U3, U4 et U7 sont absents, et un EPROM 2764 de 8k est utilisé pour U8.

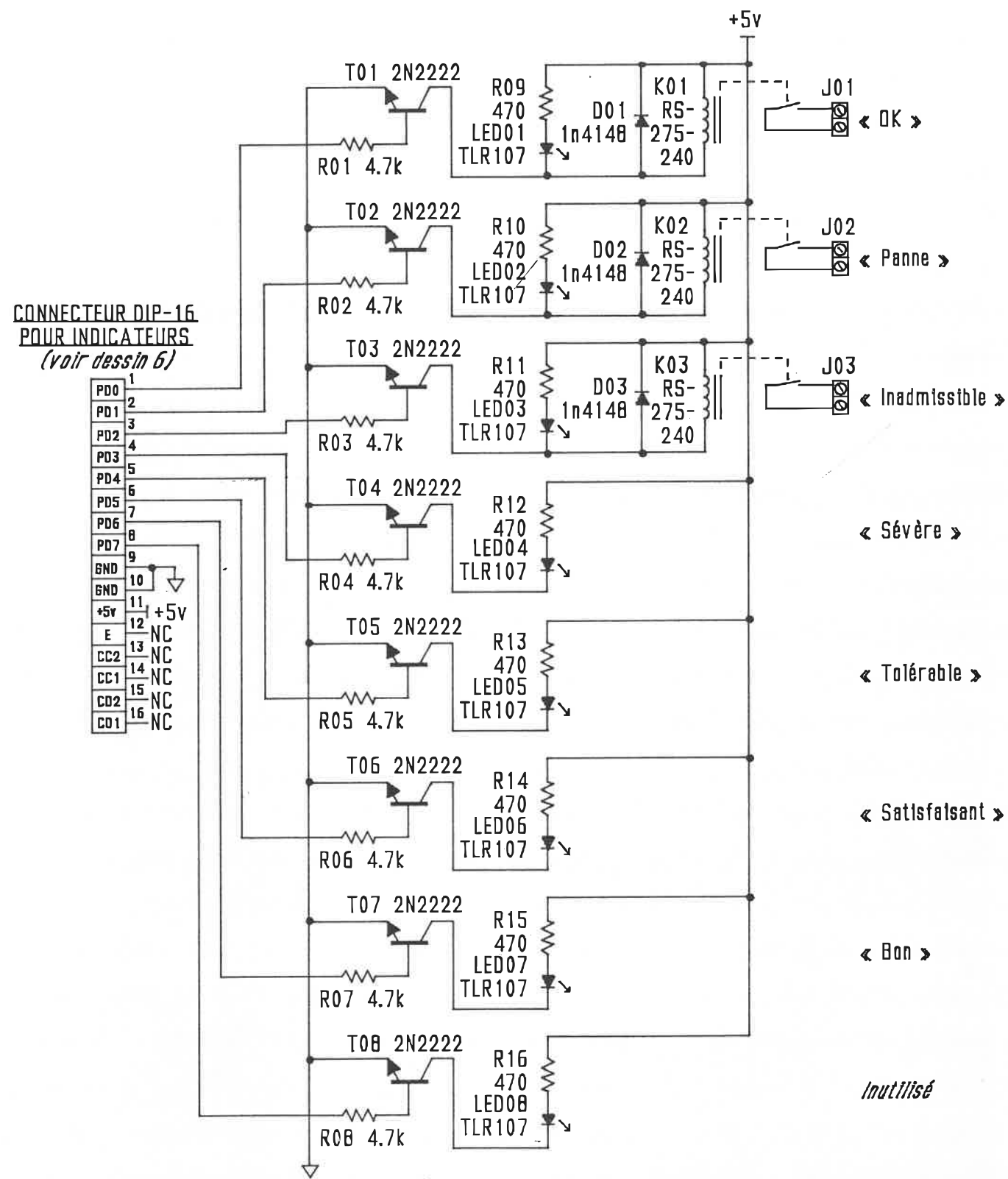
Les résistances sont en Ω, 5%, 1/4W et les condensateurs sont en F.

Unité	Modèle	+Vs	+12v	+5v	GND	-12v	Description	Unité	Modèle	+Vs	+12v	+5v	GND	-12v	Description
1	MC6809	---	---	7	1	---	8 bit μProcessor	11	1489	---	---	14	7	---	Quad line receiver
2,3,4	6264	28	---	---	14	---	8Kx8 RAM CMOS	12	74HC138	---	---	16	8	---	3 to 8 decoder/demux
5,6	R6522	---	---	20	1	---	VIA #0 et #1	13	74HC04	---	---	14	7	---	Hex inverters
7	2764	---	---	28	14	---	8Kx8 EPROM	14	74HC00	---	---	14	7	---	Quad 2-Input NAND
8	27128	---	---	28	14	---	16Kx8 EPROM	15	74HC08	---	---	14	7	---	Quad 2-Input AND
9	6551	---	---	15	1	---	ACIA	---	---	---	---	---	---	---	---
10	1488	---	14	---	7	1	Quad line driver	---	---	---	---	---	---	---	---

MONITEUR INDUSTRIEL DE VIBRATIONS

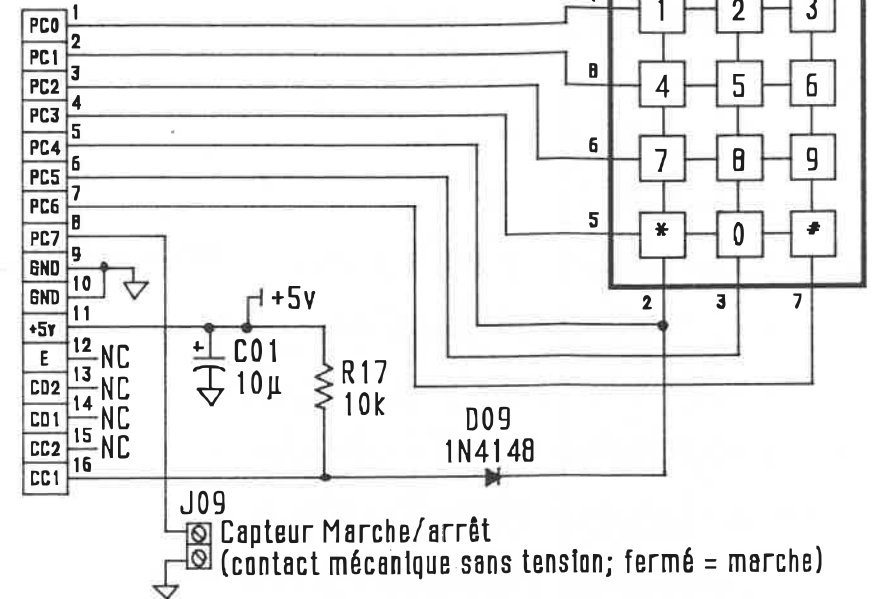
SCHÉMA ÉLECTRONIQUE
Carte numérique

Échelle	Aucune	4
Conception	N. Allard	
Date	90-04-21	Feuille 1 de 1
		Rév. G

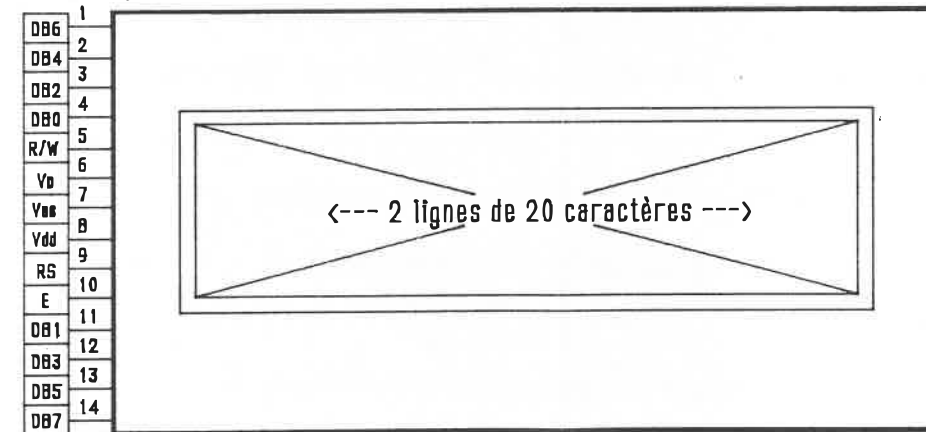


Les résistances sont en Ω , 5%, 1/4W
et les condensateurs sont en F.

CONNECTEUR DIP-16
POUR CLAVIER
(voir dessin 6)



CONNECTEUR DIP-14
POUR AFFICHAGE
(voir dessin 4)

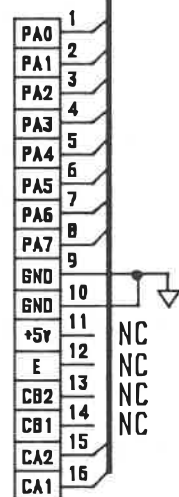


MONITEUR INDUSTRIEL DE VIBRATIONS

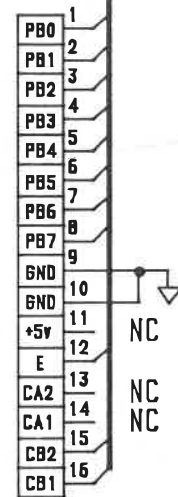
SCHÉMA ÉLECTRONIQUE
Carte clavier/indicateurs

Échelle	Aucune	N° 5
Conception	N. Allard	
Date	90-03-10	Feuille 1 de 1 Rév. F

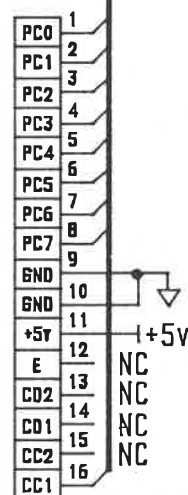
CONNECTEUR
DIP-16 D'ACCES
AU PORT A
(inutilisé)



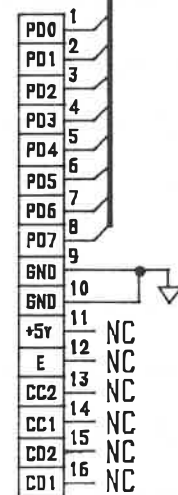
CONNECTEUR
DIP-16 D'ACCES
AU PORT B
(inutilisé)



CONNECTEUR
DIP-16 D'ACCES
AU PORT C
POUR CLAVIER
(voir dessin 5)

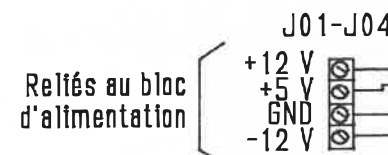
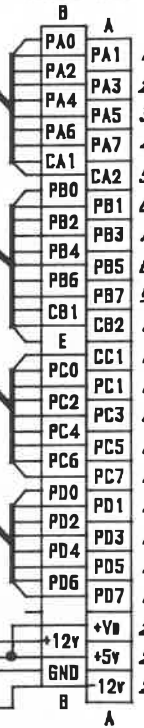


CONNECTEUR
DIP-16 D'ACCES
AU PORT D
POUR INDICATEURS
(voir dessin 5)



CONNECTEUR DE
FOND DE PANIER

Haut Bas



MONITEUR INDUSTRIEL DE VIBRATIONS

SCHÉMA ÉLECTRONIQUE
Carte connecteurs/alimentation

Échelle	Aucune	N° 6
Conception	N. Allard	
Date	90-03-10	Feuille 1 de 1 Rév. F

OBJET	NORMES ISO	2041	2372	2373	2954	3945	184	222				
	IEC ANSI	S1.1	S2.18		S2.40	S2.41	S2.11	S2.4	S2.2	S2.10	S2.17	Z24.21
Vocabulaire		√										
Capteurs							√		√			√
Appareils de mesure					√			√				
Méthodes de mesure			√	√		√					√	
Méthodes d'analyse										√		

NORMES ISO
(Organisation Internationale de Normalisation, Genève)

- ISO 2041: Vibrations et chocs - Vocabulaire
- ISO 2372: Vibrations mécaniques des machines ayant une vitesse de fonctionnement comprise entre 10 et 200 tr/s - Base pour l'élaboration des normes d'évaluation.
- ISO 2373: Vibrations mécaniques de certaines machines électriques tournantes, de hauteur d'axe comprise entre 80 et 400 mm - Mesurage et évaluation de l'intensité vibratoire.
- ISO 2954: Vibrations mécaniques des machines tournantes ou alternatives - Spécifications des appareils de mesurage de l'intensité vibratoire.
- ISO 3945: Vibrations mécaniques des grandes machines tournantes dans la gamme des vitesses comprises entre 10 et 200 tr/s - Mesurage et évaluation de l'intensité vibratoire in situ.

NORMES ANSI
(American National Standards Institute, New York)

- ANSI S1.1: Acoustical Terminology (Including Mechanical Shock and Vibration).
- ANSI S2.2: Methods for the Calibration of Shock and Vibration Pickups.
- ANSI S2.4: Method for Specifying the Characteristics of Auxiliary Analog Equipment for Shock and Vibration Measurements.
- ANSI S2.10: Methods for the Analysis and Presentation of Shock and Vibration Data.
- ANSI S2.11: Selection of Calibration and Tests for Electrical Transducers Used for Measurement Shock and Vibration.
- ANSI S2.17: Techniques of Machinery Vibration Measurement.
- ANSI S2.18: Mechanical Vibration of Machines with Operating Speeds from 10 to 200 rev/s - Basis for Specifying Evaluation Standards.

NORMES ANSI (suite)

- ANSI S2.40: Mechanical Vibration of Rotating and Reciprocating Machinery - Requirements for Instruments for Measuring Vibration Severity.
- ANSI S2.41: Mechanical Vibration of Large Rotating Machines with Speed Range from 10 to 200 rev/s - Measurement and Evaluation of Vibration Severity in situ.
- ANSI Z24.21: Method for Specifying the Characteristics of Pickups for Shock and Vibration Measurement.

NORMES IEC
(Commission Electrotechnique Internationale, Genève)

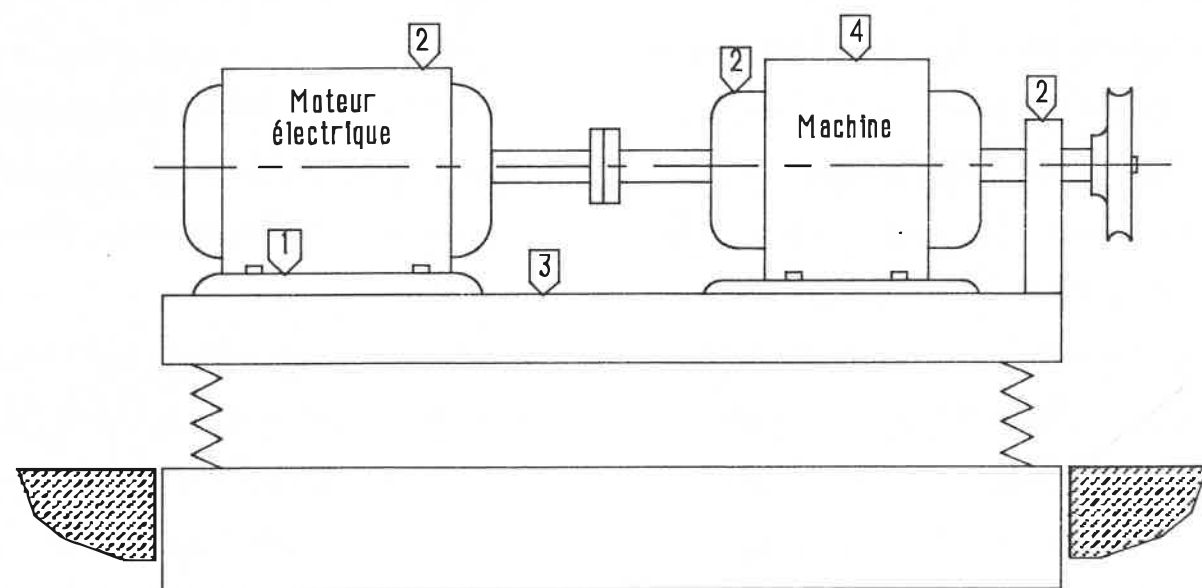
- IEC 184: Méthodes de spécifications des caractéristiques relatives aux transducteurs électromécaniques destinés aux mesures de chocs et de vibrations.
- IEC 222: Méthodes de spécifications des caractéristiques relatives à l'équipement auxiliaire pour les mesures de chocs et de vibrations.

MONITEUR INDUSTRIEL DE VIBRATIONS

LISTE DE NORMES RELATIVES
À LA MESURE DE VIBRATIONS

Échelle	Aucune	N° 7
Conception	N. Allard	
Date	90-03-15	Feuille 1 de 1 Rév. F

**EMPLACEMENTS ACCEPTABLES
POUR LES CAPTEURS DE VIBRATIONS**
(ANSI S2.17, sections 6.2 et 6.3)



Les capteurs doivent être installés avec leur axe de sensibilité soit parallèle, soit perpendiculaire, à l'axe de rotation de la machine.
Les capteurs doivent être installés de préférence sur les paliers et les points de fixation (ISO 2372, s.4.3).

Les endroits acceptables pour la mesure de vibrations sont les suivants (les n° réfèrent à la figure ci-dessus):

- 1- points de fixation,
- 2- logements et supports de paliers,
- 3- socle de la machine,
- 4- boîtier de la machine.

CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES (ANSI S2.17, s. 6.5.3)

Suspendre le capteur le plus près possible du point de mesure sans le toucher.
Aucun signal significatif ne devrait apparaître au capteur lorsque la machine est en opération.
Sinon, relocaliser les câbles, ou utiliser un autre système de mesure.

PRÉCAUTIONS (ISO 3945, s. 5)

Veiller à ce que les mesures représentent de façon satisfaisante les vibrations aux points de mesure et n'incluent pas les résonances purement locales.

**FRÉQUENCES LIMITES (Hz) POUR MESURES VALIDES
D'ACCÉLÉRATION SELON LA MÉTHODE DE MONTAGE**
(ANSI S2.17 - Table I)

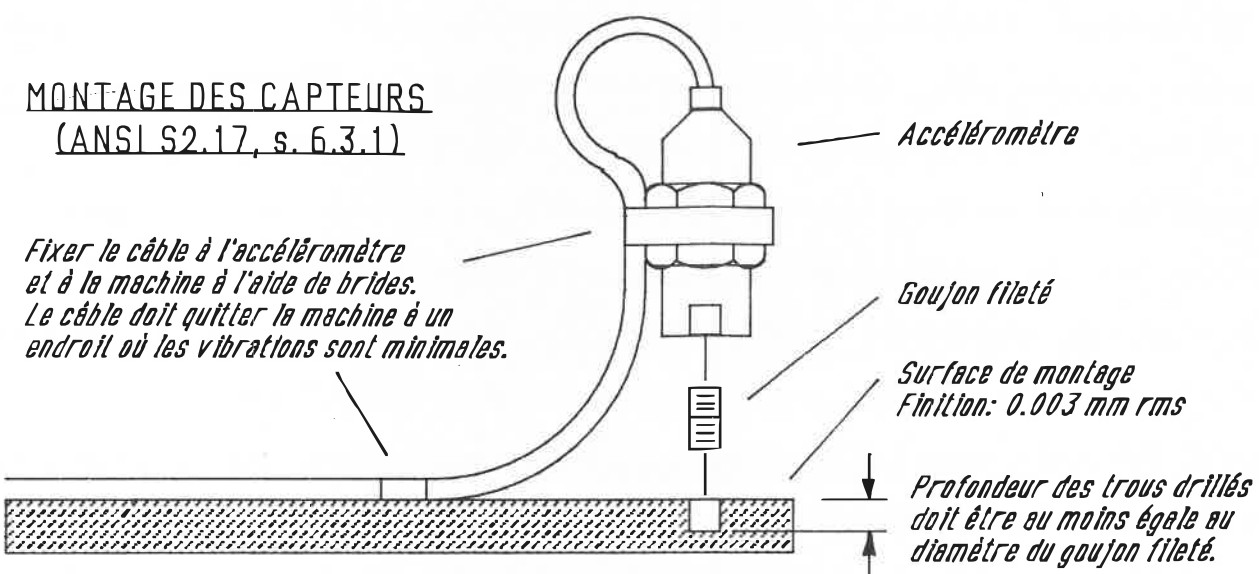
Boulon rigide ou goujon fileté*	10 000
Goujon isolant.....	8 000
Adhésif.....	4 000

*Obligatoires pour accélérations > 10 m/s²

NOTE

Sauf pour investigation d'emplacement de montage, les capteurs montés sur base magnétique ou sur sonde tenue à la main sont inacceptables pour la mesure de vibrations.

MONTAGE DES CAPTEURS
(ANSI S2.17, s. 6.3.1)



Fixer le câble à l'accéléromètre et à la machine à l'aide de brides. Le câble doit quitter la machine à un endroit où les vibrations sont minimales.

BLOCS DE MONTAGE (ANSI S2.17, 6.3.1)

Les blocs doivent être les plus petits possible et être rigides. Ils doivent être soudés ou solidement boulonnés à la surface de mesure.

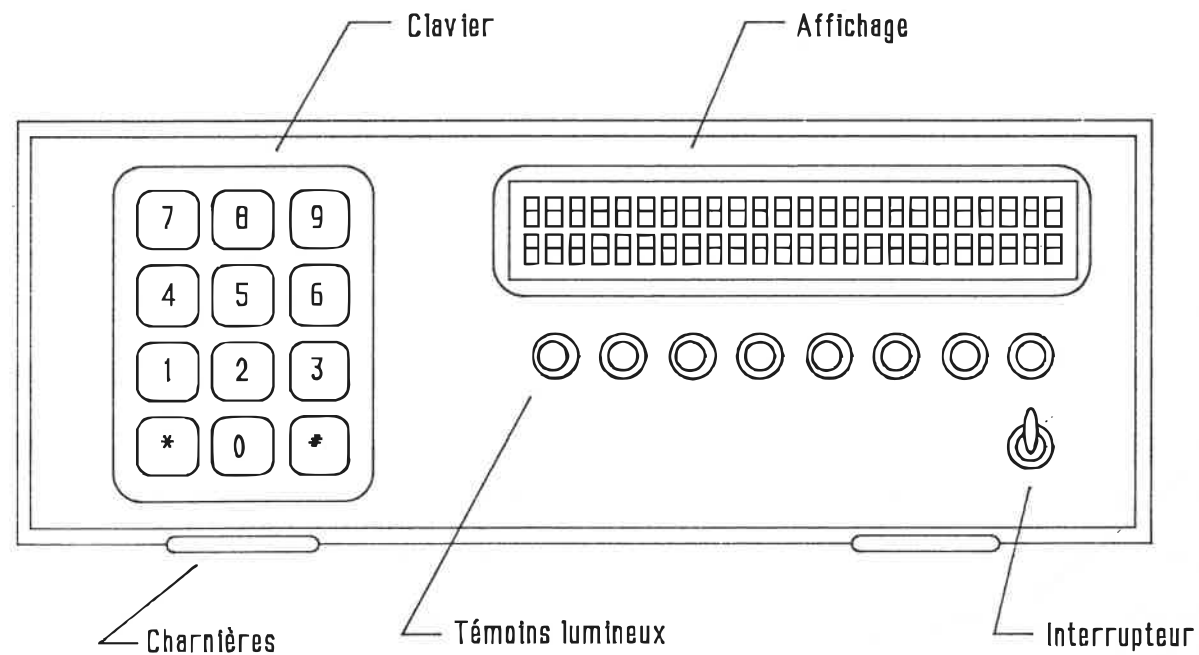
Les surfaces des blocs de montage utilisés pour deux ou trois capteurs orthogonaux doivent être perpendiculaires à ± 1°, et avoir une rugosité maximale de 0.005 mm.

MONITEUR INDUSTRIEL DE VIBRATIONS

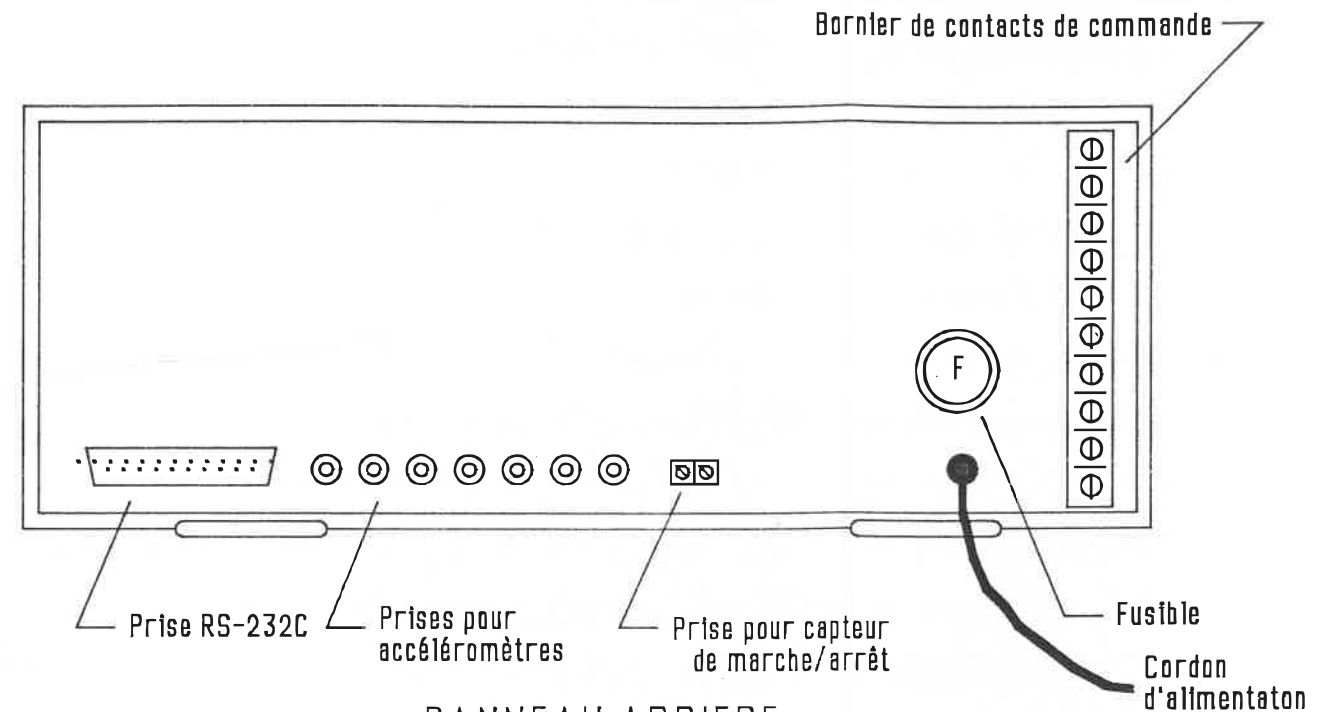
**NOTES D'INSTALLATION DES
CAPTEURS ACCÉLÉROMÉTRIQUES**

Échelle	Aucune	N° 9
Conception	N. Allard	
Date	90-03-10	Feuille 1 de 1
		Rév. F

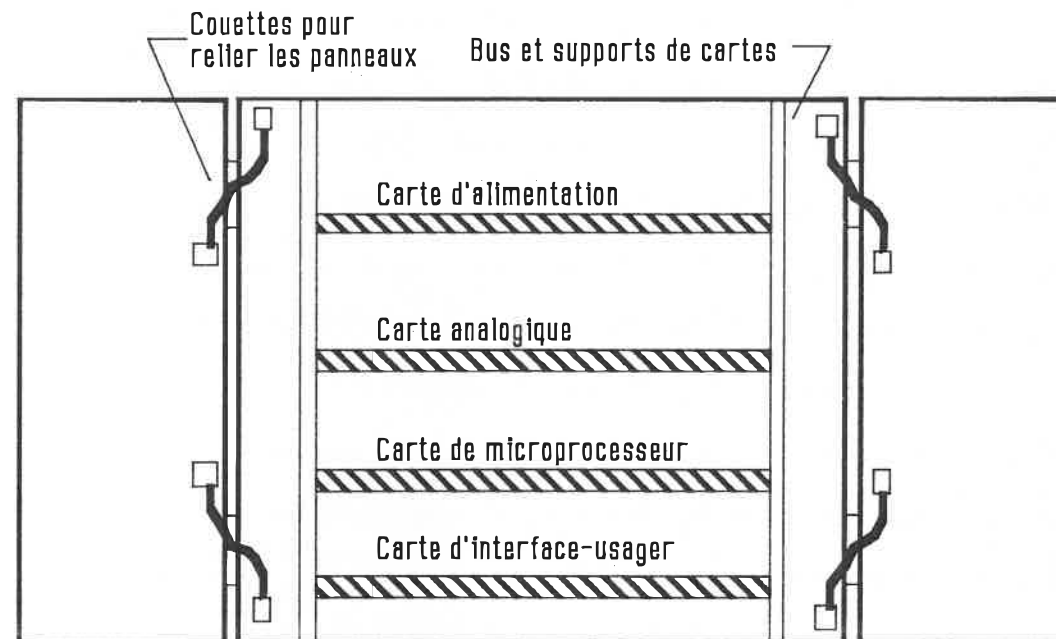
Date



PANNEAU AVANT



PANNEAU ARRIERE



PANNEAU AVANT

ARRANGEMENT INTERNE
(Vue de dessus, couvercle enlevé et panneaux abaissés)

PANNEAU ARRIERE

MONITEUR INDUSTRIEL DE VIBRATIONS			
BOITIER ET ARRANGEMENT PROPOSÉS			
Échelle	Aucune	N° 10	
Conception	N. Allard		
Date	90-03-10	Feuille 1 de 1	Rév. F

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL



3 9334 00290896 8