

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 Beaucage 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.

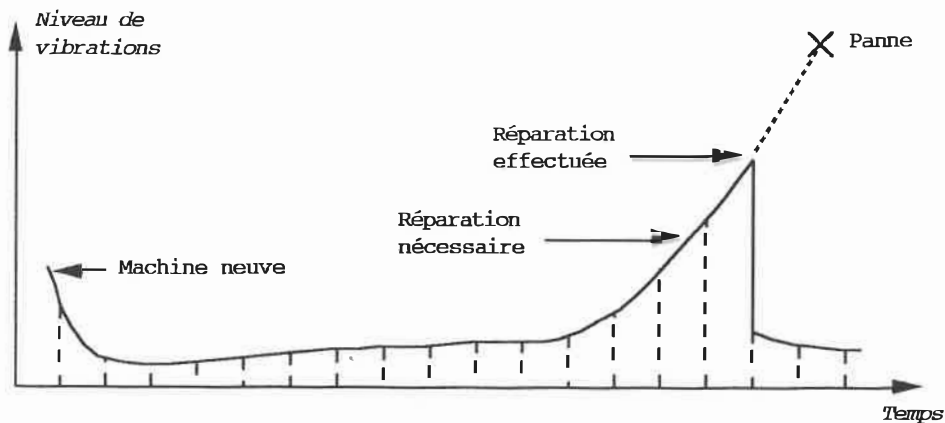


Figure 1: Évolution des vibrations d'une machine en fonction de son âge

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.

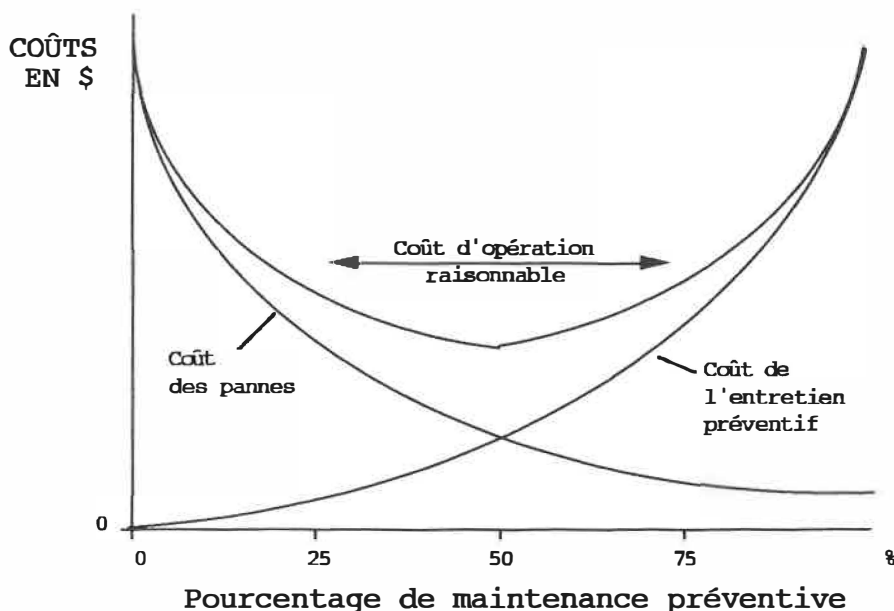


Figure 2: Impact de la maintenance préventive sur les coûts d'opération

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 surveille 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:

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

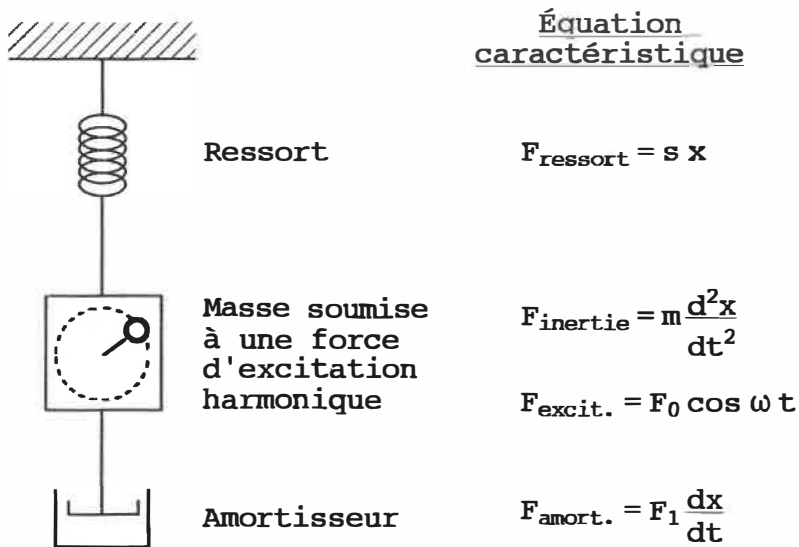


Figure 3: Système mécanique simple avec force d'excitation harmonique

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

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

où:

$$\begin{aligned} a &= \frac{F_1}{m} \\ \tan \varphi &= \frac{a\omega}{\omega_0^2 - \omega^2} \\ c &= \frac{F_0}{m} \\ \omega_0 &= 2\pi F_0 \end{aligned}$$

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 $> 12.7 \text{ mm/s rms}$;
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 défectuosité 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.

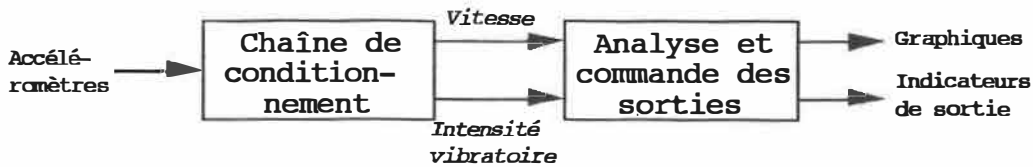


Figure 4: Schéma-bloc général du moniteur

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.

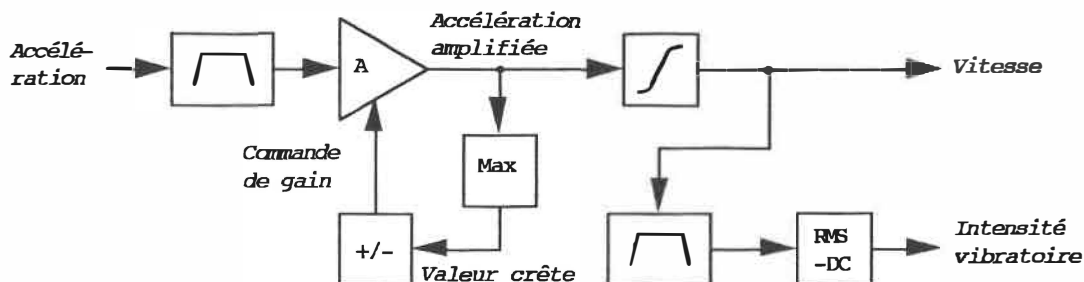


Figure 5: Éléments de la chaîne de conditionnement

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.

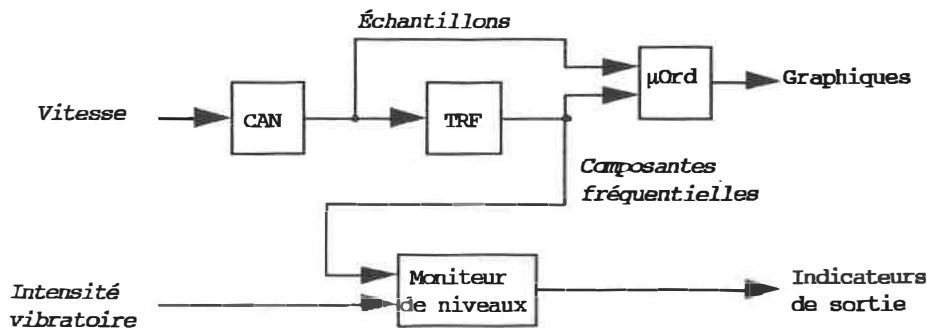


Figure 6: Éléments du bloc d'analyse et de commande

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).

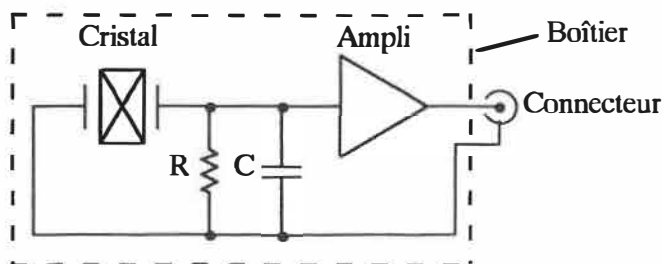


Figure 7: Circuit équivalent de l'accéléromètre piézoélectrique

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 ± 2 %.
- Gamme de fréquence: 1 à 5 000 Hz (± 5 %); 0.7 à 10 000 Hz (± 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'écroulement.

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.

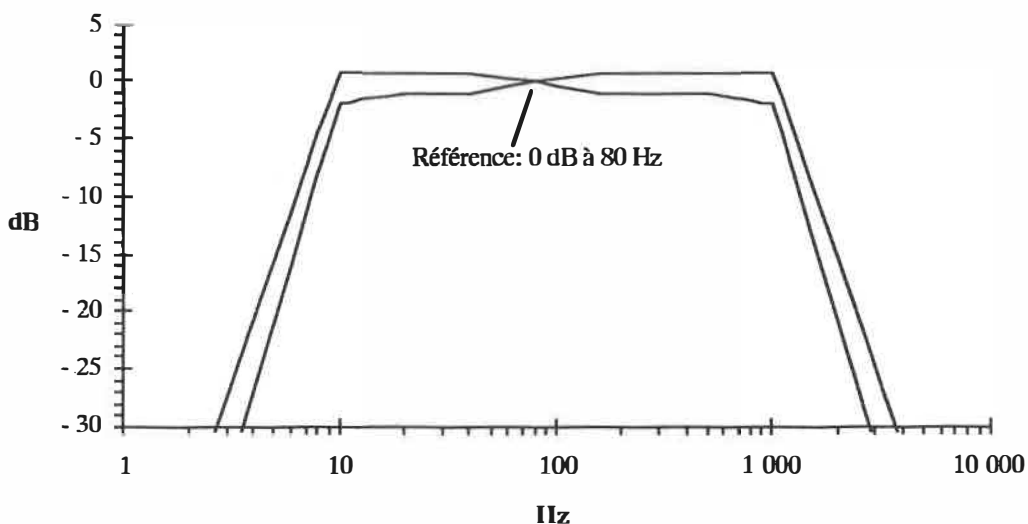


Figure 8: Filtre requis pour la mesure de l'intensité vibratoire (ISO-2954)

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.

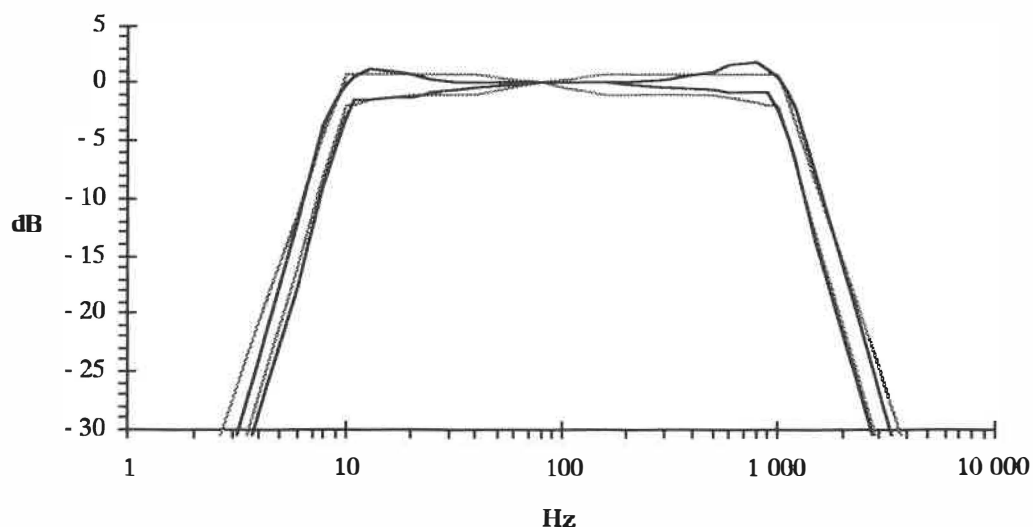


Figure 9: Formes limites du filtre proposé avec composants de précision $\pm 5\%$

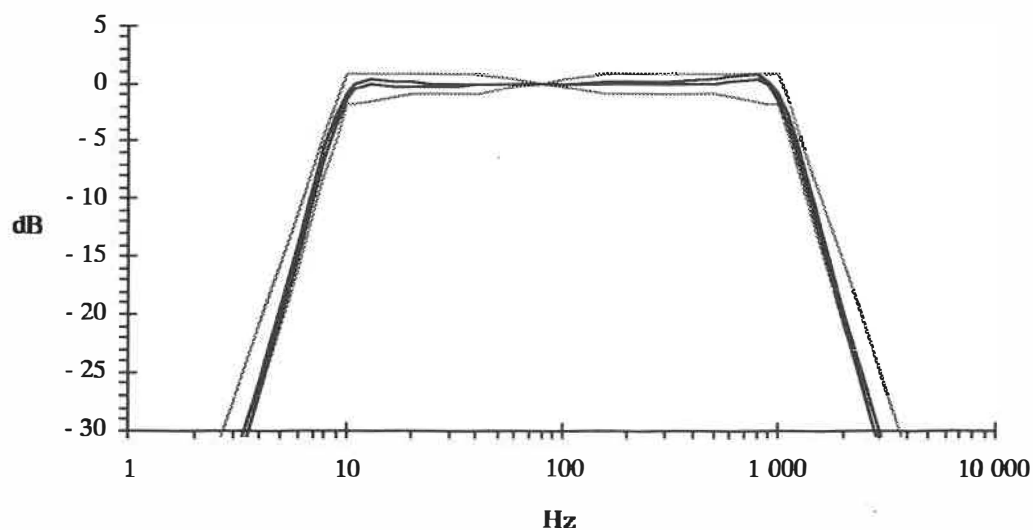


Figure 10: Formes limites du filtre proposé avec composants de précision $\pm 1\%$

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:

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

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:

$$F(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} f(n) e^{-j \frac{2\pi}{N} kn} \quad \Leftrightarrow \quad f(n) = \sum_{k=0}^{N-1} F(k) e^{j \frac{2\pi}{N} kn}$$

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 série 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.

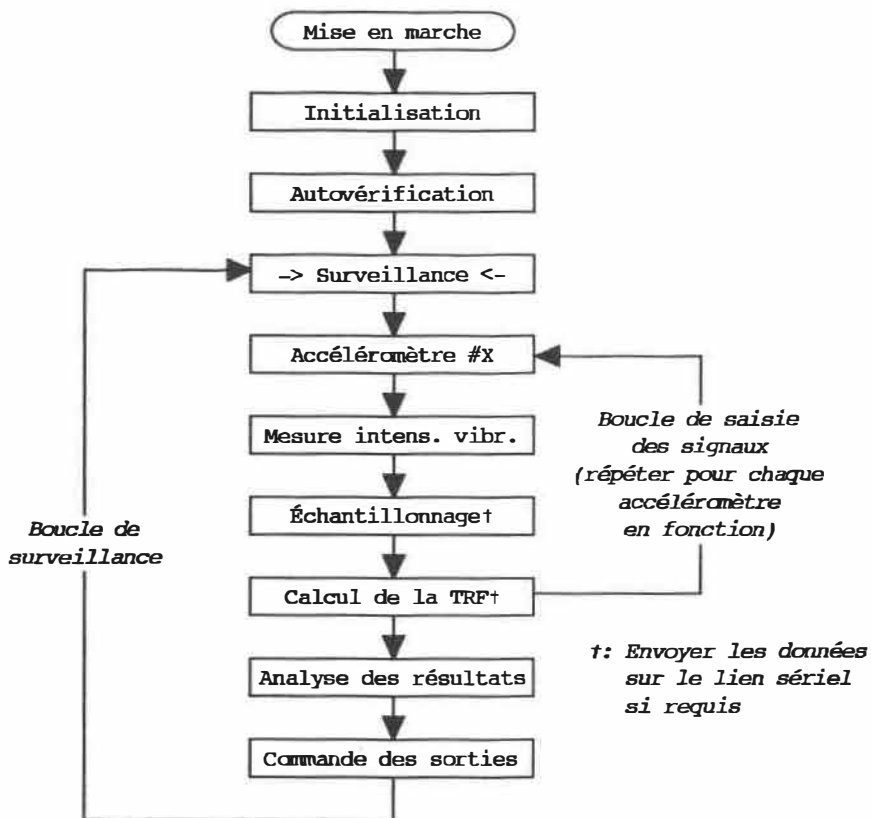


Figure 11: Boucle de surveillance automatique

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.

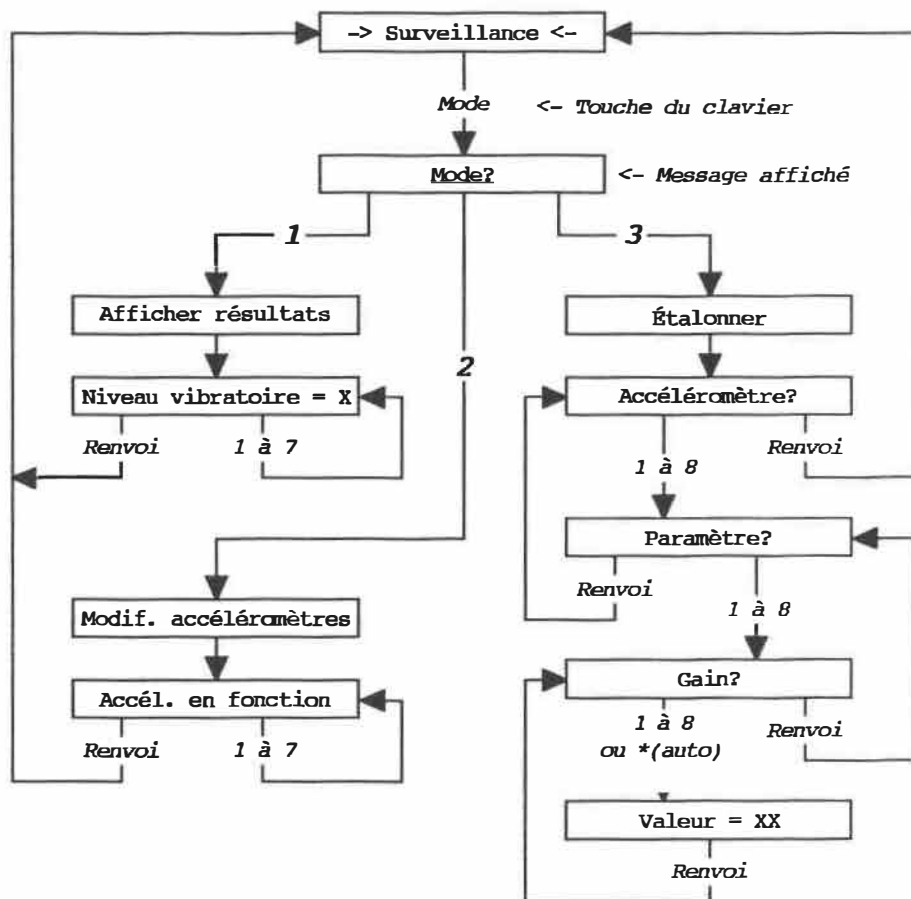


Figure 12: Choix de menus offerts à l'opérateur

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.

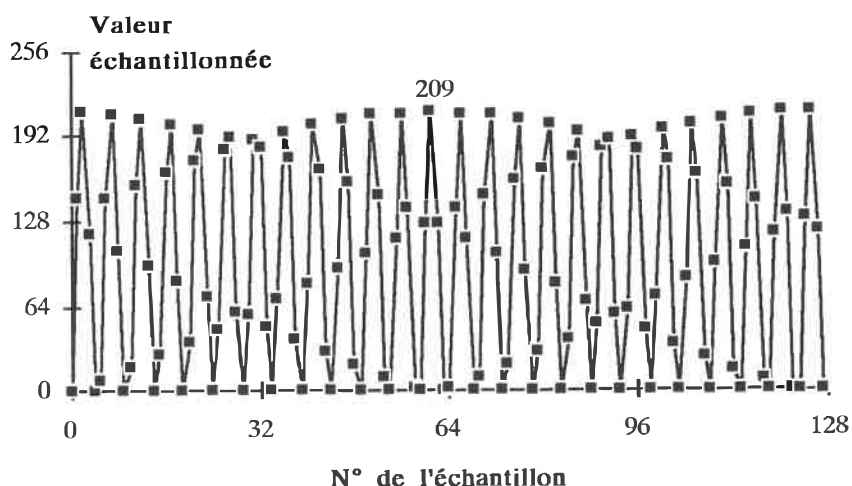


Figure 13: Échantillonnage d'un signal sinusoïdal

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.

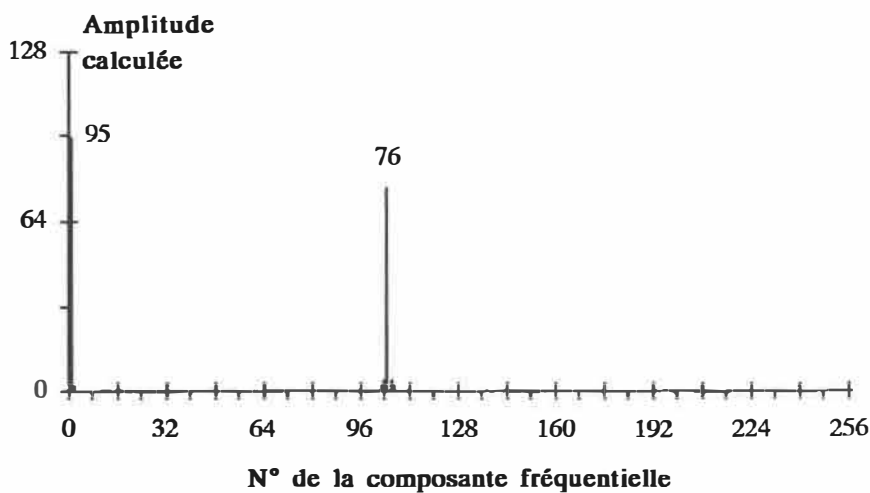


Figure 14: Résultat de la TRF appliquée au signal sinusoïdal

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.

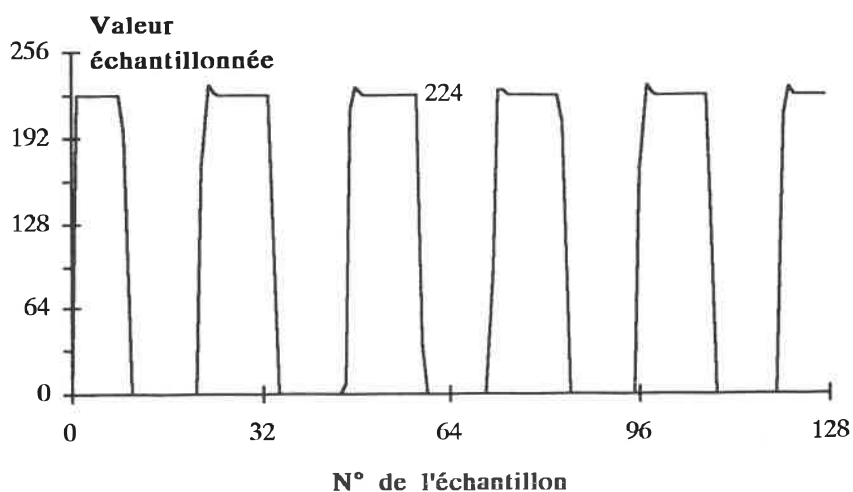


Figure 15: Échantillonnage d'une onde carrée

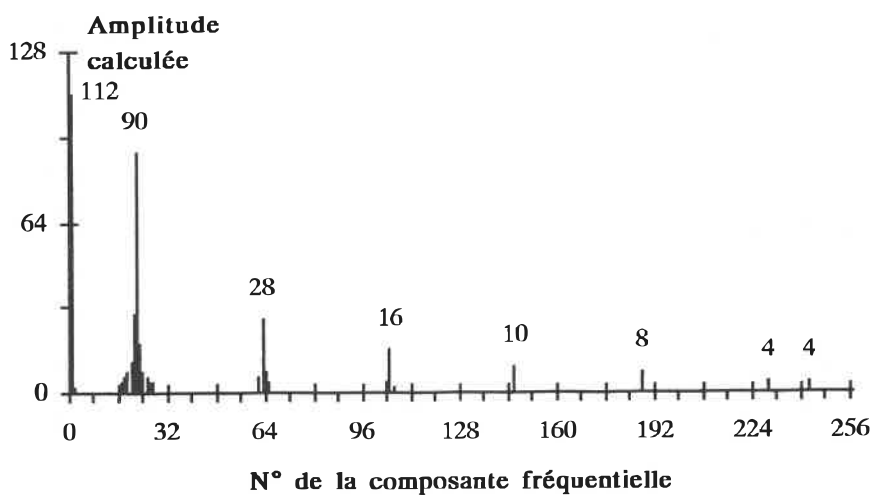


Figure 16: Résultat de la TRF appliquée à l'onde carrée

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.

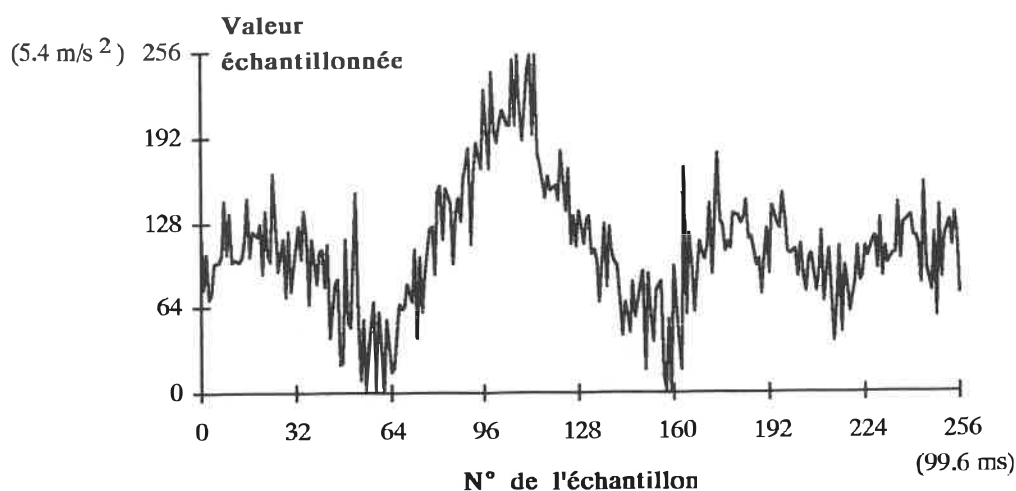


Figure 17: Échantillonnage d'un signal d'accélération de vibrations

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.

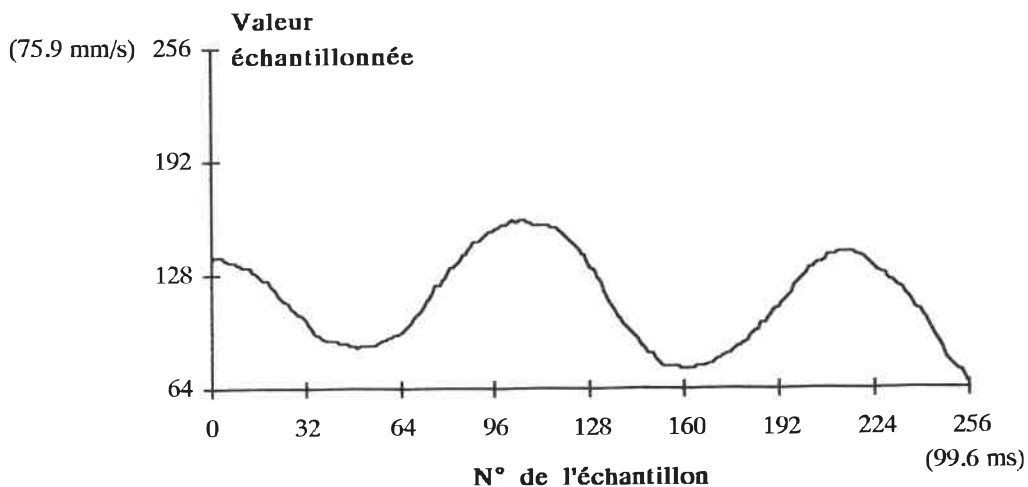


Figure 18: Échantillonnage d'un signal de vitesse de vibrations

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.

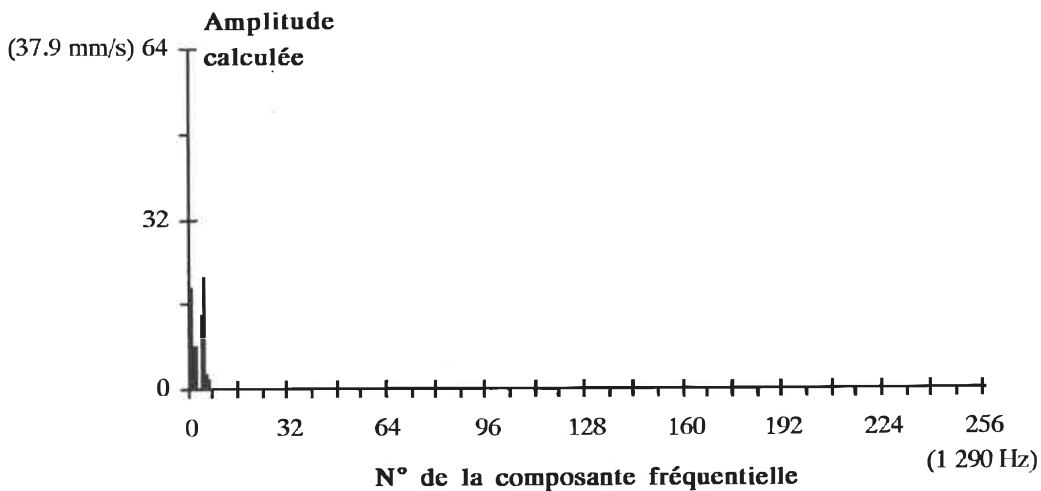


Figure 19: Résultat de la TRF appliquée au signal de vitesse de vibrations

4.5 Évaluation du prototype

Les test 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 NEG D	: Prendre le complement a 2 du registre
	452.3 MULTCOEF	: Multiplier un nombre par un coefficient
	452.31 ADDRES D	: Additionner variable MultRes au registre
	452.4 TFRXPY	: Transférer 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 BLONDEAU *
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 ; serie, etc.) ont ete regroupees dans une categorie (700).
000037 0000 ;
000038 0000 ;include( adr.asm)
000039 0000 ;
000040 0000 ;*****
000041 0000 ;ADRESSES DU SYSTÈME
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 LcdIR, Lcd ;Registre d'instructions
000064 6001 ;.equ LcdOR, 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 AciaOR, Acia ;Registre de donnees
000070 7001 ;.equ AciaSR, Acia+h'1 ; " statut/remise a zero
000071 7002 ;.equ AciaCOM, Acia+h'2 ; " commande
000072 7003 ;.equ AciaCR, 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 (VIA #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
000100 0000      ;CB1: S Horloge pour CAN
000101 0000      ;CB2: E Sortie du CAN
000102 0000      ;-----
000103 0000      ;PORT C (PORT A, VIA #0)
000104 0000      ;INTERFACE-CLAVIER
000105 0000      ;PC0: S Rangee 1 du clavier
000106 0000      ;PC1: S      "      2      "
000107 0000      ;PC2: S      "      3      "
000108 0000      ;PC3: S      "      4      "
000109 0000      ;PC4: E Colonne 1
000110 0000      ;PC5: E      "      2      "
000111 0000      ;PC6: E      "      3      "
000112 0000      ;PC7: E Contact Marche/Arret equip. surveillance
000113 0000      ;CC1: E Interruption par touche ATT
000114 0000      ;CC2: Inutilise
000115 0000      ;-----
000116 0000      ;PORT D (PORT B, VIA #0)
000117 0000      ;COMMANDE DES INDICATEURS
000118 0000      ;PD0: S Indicateur OK      (moniteur OK)
000119 0000      ;PD1: S      "      PANNE      (moniteur EN PANNE)
000120 0000      ;PD2: S      "      INADMISSIBLE
000121 0000      ;PD3: S      "      SEVERE
000122 0000      ;PD4: S      "      TOLERABLE
000123 0000      ;PD5: S      "      SATISFAISANT
000124 0000      ;PD6: S      "      BON
000125 0000      ;PD7: S      "      libre
000126 0000      ;CD1:      "
000127 0000      ;CD2:      "
000128 0000      ;-----
000129 8000      .equ U0,      h'8000      ;UIA0: commande des E/S
000130 8000      .equ U0_0RD, U0+h'0      ;Port D: commande des indicateurs
000131 8001      .equ U0_0RC, U0+h'1      ;Port C: interface-clavier
000132 8002      .equ U0_0DRD, U0+h'2
000133 8003      .equ U0_0DRC, U0+h'3
000134 8004      .equ U0_T1CL, U0+h'4
000135 8005      .equ U0_T1CH, U0+h'5
000136 8006      .equ U0_T1LL, U0+h'6
000137 8007      .equ U0_T1LH, U0+h'7
000138 8008      .equ U0_T2CL, U0+h'8
000139 8009      .equ U0_T2CH, U0+h'9
000140 800A      .equ U0_SA, U0+h'A
000141 800B      .equ U0_ACR, U0+h'B
000142 800C      .equ U0_PCR, U0+h'C
000143 800D      .equ U0_IFR, U0+h'D
000144 800E      .equ U0_IER, U0+h'E
000145 800F      .equ U0_OIRA, U0+h'F
000146 0000
000147 9000      .equ U1,      h'9000      ;UIA1: commande la carte analogique
000148 9000      .equ U1_0RB, U1+h'0      ;Port B: conversion analogique-numerique
000149 9001      .equ U1_0RA, U1+h'1      ;Port A: selection de l'acceler. et du gain
000150 9002      .equ U1_0DRB, U1+h'2
000151 9003      .equ U1_0DRA, U1+h'3
000152 9004      .equ U1_T1CL, U1+h'4
000153 9005      .equ U1_T1CH, U1+h'5
000154 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_D1RA,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 ; MON: 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 accelerometres 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, SaisSign, 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 = IntVibr (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 accelerometres
000232 000F NivGain: .rs 7 ;Gains associes aux niveaux vibratoires
000233 0016 NivEchel: .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 .org Programme ;
000237 E000 .org Eproal ;
000238 E000 ;-----
000239 E000 Moniteur: ;INITIALISER LE SYSTEME
000240 E000 10CE1FFF ;Pointeur de pile
000241 E004 80F254 jsr LcdInit ;Affichage
000242 E007 80F31E jsr Uialnit ;Entrees/sorties
000243 E008 80F371 jsr Aclalnit ;Lien serie
000244 E000 ;-----
000245 E000 ;INITIALISER LES VARIABLES
000246 E000 8EE058 ldx #MInit ;Afficher message d'initialisation
000247 E010 80F2D0 jsr LcdMess ;
000248 E013 80F50C 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 accelerometre actif
000253 E01E 8E0008 ldx #Niveau ;Niveaux = 0
000254 E021 6F80 clr ,X+ ;
000255 E023 8C000F cmpx #(Niveau+7) ;
000256 E026 26F9 bne Mon1 ;
000257 E028 8E000F ldx #NivGain ;Gains des niveaux = 0
000258 E02B 6F80 clr ,X+ ;
000259 E02D 8C0016 cmpx #(NivGain+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 9710          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 BDF10E        jsr ComSor       ;INITIALISER LES SORTIES
000273 E046              ;-----
000274 E046          MonDebut:              ;DEBUTER LE PROGRAMME
000275 E046 86F7          lda #b'11110111  ;Preparer interruptions par cle ATT
000276 E048 B7B001        sta VO_ORC       ;
000277 E048 1CEF          andcc #h'EF      ;Permettre les interruptions
000278 E040              ;-----
000279 E040          MonSurv:              ;EFFECTUER LA SURVEILLANCE
000280 E040 BDE6C2        jsr SaisSign     ;Saisir les signaux
000281 E050 BDF0AA        jsr AnalRes      ;Analyser les resultats
000282 E053 BDF10E        jsr ComSor       ;Commander les sorties
000283 E056 20F5          MonFin: bra MonSurv ;Recommencer
000284 E058              ;-----
000285 E058 496E697469616C69 MInit: .db "Initialisation&"
000286 E060 73617469696F6E26          ;-----
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 B68000 Inter: lda UO_IFR ;Lire le registre d'interruption de UO
000329 E068 2A27 bpl IntU1 ;Desactive; verifier U1
000330 E068 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 jsr InterSer ;que l'interruption provenait bien de l'Acia
000366 E097 2000 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: ;PREUVE 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 generatee 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 E09A 8602 lda #b'00000010 ;Interdire interruptions du clavier (CA1 U0)
000404 E0A2 87800E sta U0_IER ;
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 U0_ORC ;interruptions
000408 E0AD 8682 lda #b'10000010 ;Permettre interruptions du clavier (CA1 U0)
000409 E0AF 87800E sta U0_IER ;
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 accelerometres
000423 E0B6 ; 3-Etalonner les accelerometres
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 ldx #MMode ;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 ldx #MMode1 ;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 ldx #MMode2 ;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 ldx #MMode3 ;Afficher "3-Etalonner"

```

```

000449 E0EA B0F2CB      jsr LcdMessA      ;
000450 E0E0 B0F50C      jsr Del500ms     ;
000451 E0F0 B0F46E      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: cpa #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: cpa #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: cpa #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 B0F2A1      SC5: jsr LcdEff          ;
000470 E11A 8EE178      ldx #MAnnul          ;Afficher "ANNULE"
000471 E11D B0F2D0      jsr LcdMess          ;
000472 E120 B0F50C      jsr Del500ms          ;
000473 E123 39          SCFin: rts                      ;
000474 E124          ;-----
000475 E124 406F64653F20312C MMode: .db "Mode? 1, 2 ou 3  &"
000476 E12C 2032206F75203320 E134 2020202026
000476 E139 312D4166666696368 MModel: .db "1-Afficher resultats&"
000477 E141 657220726573756C E149 7461747326
000477 E14E 322D4D6F64696669 MMode2: .db "2-Modifier accel. &"
000478 E156 657220616363656C E15E 65722E2026
000478 E163 332D4574616C6F6E MMode3: .db "3-Etalonner  &"
000479 E16B 6E65722020202020 E173 2020202026
000479 E178 20202A2A2A202041 MAnnul: .db " *** ANNULE *** &"
000480 E180 4E4E554C4520202A E188 2A2A202026
000480 E180 ;-----
000481 E180 ;include( AffRes.asm)
000482 E180 ;include( ModAcc.asm)
000483 E180 ;include( Etalon.asm)
000484 E180 ;
000485 E180 ;*****
000486 E180 ; AFFRES: Afficher les resultats
000487 E180 ;
000488 E180 ; FONCTION
000489 E180 ; Ce module sert a afficher les dernieres valeurs de niveau vibratoire
000490 E180 ; mesurees pour chaque accelerometre. Il est appele par une requete du
000491 E180 ; clavier.
000492 E180 ;
000493 E180 ; PROCEDURE
000494 E180 ; Le module demande le numero de l'accelerometre desire, puis affiche les
000495 E180 ; valeurs de gain et de niveau vibratoire correspondantes. On peut ensuite
000496 E180 ; demander un autre accelerometre. Le module retourne au programme
000497 E180 ; principal apres un retour de chariot.
000498 E180 ;
000499 E180 ; HIERARCHIE
000500 E180 ; Sup: SaisClav
000501 E180 ; Inf: Aucun
000502 E180 ;-----
000503 E180 B0F2A1      AffRes: jsr LcdEff          ;Afficher message-test
000504 E190 8EE218      ldx #MAffRes          ;
000505 E193 B0F2D0      jsr LcdMess          ;
000506 E196 B0F50C      jsr Del500ms          ;
000507 E199 B0F2A1      jsr LcdEff          ;Effacer l'affichage
000508 E19C 8EE22B      ldx #MARI          ;Afficher premiere ligne
000509 E19F B0F2D0      jsr LcdMess          ;
000510 E1A2 863F      lda #'?'          ;
000511 E1A4 B0F2FC      jsr LcdDon          ;
000512 E1A7 B0F280      jsr LcdCligl          ;Activer le clignotement du curseur
000513 E1AA 2010      bra AR1.1          ;
000514 E1AC B0F46E      AR1: jsr ClaLir          ;Lire le clavier
000515 E1AF 4D          tsta                      ;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 8108          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 #M10Blanc     ;
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 = accelereometre 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&"
000563 E220 20726573756C7461
000564 E228 4E69766561752076 MARI: .db "Niveau vibratoire %&"
000565 E233 69627261746F6972
000566 E23B 65202326
000567 E23F 4761696E302026 MGain: .db "Gain= &"
000568 E246 4E69766561753020 MNiveau: .db "Niveau= &"
000569 E24E 26
000570 E24F 43686F69763A2031 MChoix7: .db "Choix: 1-7 ou Retour"
000571 E257 2037206F75205265
000572 E25F 746F7572
000573 E263              ;
000574 E263              ; Module 212: ModAcc
000575 E263              ; *****
000576 E263              ; MODACC: Modifier les accelereometres
000577 E263              ;
000578 E263              ; FONCTION
000579 E263              ; Ce module permet de definir la configuration du systeme, c'est-a-dire de
000580 E263              ; specifier quels accelereometres sont relies au moniteur.
000581 E263              ;
000582 E263              ; PROCEDURE
000583 E263              ; Le module affiche deux lignes sur le LCD:
000584 E263              ; 1: Acceler. en fonction:
000585 E263              ; 2: Rucun, ou le numero des accelereometres actifs
000586 E263              ; Par exemple: 1, 3, 7
000587 E263              ; Pour activer ou desactiver les accelereometres, on appuie simplement sur
000588 E263              ; les cle du clavier correspondant au numero desire. On utilise la touche
000589 E263              ; Renvoi pour revenir en mode surveillance.
000590 E263              ;
000591 E263              ; POSSIBILITES FUTURES

```

```

000586 E263 ; Pour l'instant, le moniteur n'accepte que des accelerometres 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: SaisClav
000592 E263 ; Inf: Aucun
000593 E263 ;-----
000594 001E Variables ;
000595 001E Virgule: .rs 1 ;Virgule requise (FF) ou non (00)
000596 E263 Programme ;-----
000597 E263 B0F2A1 ModAcc: jsr LcdEff ;
000598 E266 8EE36C ldx #ModAcc ;
000599 E269 B0F200 jsr LcdMess ;
000600 E26C B0F50C jsr Del500ms ;
000601 E26F B0F2A1 jsr LcdEff ;
000602 E272 8EE380 ldx #MNP1 ;Afficher ligne 1: "Acceler. en fonction"
000603 E275 B0F200 jsr LcdMess ;
000604 E278 0F1E MP1: clr Virgule ;Pas de virgule pour commencer
000605 E27A 8640 lda #h'40 ;Effacer deuxieme ligne
000606 E27C 8EF313 ldx #M10Blanc ;
000607 E27F B0F2CB jsr LcdMessa ;
000608 E282 8EF313 ldx #M10Blanc ;
000609 E285 B0F200 jsr LcdMess ;
000610 E288 8640 lda #h'40 ;
000611 E28A B0F2B3 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 B0F200 jsr LcdMess ;
000616 E297 160087 lbra MP3 ;
000617 E29A 54 MP2.1: lsr b ;Bit 0 inutilise
000618 E29B 54 lsr b ;
000619 E29C 2409 bcc MP2.2 ;Bit 1 = 0 ?
000620 E29E 8631 lda #'1' ;Non, accel. 1 est actif
000621 E2A0 B0F2FC jsr LcdDon ;
000622 E2A3 86FF lda #h'FF ;
000623 E2A5 971E sta Virgule ;Virgule requise pour le chiffre suivant
000624 E2A7 54 MP2.2: lsr b ;
000625 E2A8 2412 bcc MP2.3 ;Bit 2 = 0 ?
000626 E2AA lsr b ;Non, accel. 2 est actif
000627 E2AA 001E tst Virgule ;Virgule requise?
000628 E2AC 2705 beq MP2.21 ;
000629 E2AE 862C lda #',' ;
000630 E2B0 B0F2FC jsr LcdDon ;
000631 E2B3 8632 lda #'2' ;
000632 E2B5 B0F2FC jsr LcdDon ;
000633 E2B8 86FF lda #h'FF ;Virgule requise pour le chiffre suivant
000634 E2BA 971E sta Virgule ;
000635 E2BC 54 MP2.3: lsr b ;
000636 E2BD 2412 bcc MP2.4 ;Bit 3 = 0 ?
000637 E2BF lsr b ;Non, accel. 3 est actif
000638 E2BF 001E tst Virgule ;Virgule requise?
000639 E2C1 2705 beq MP2.31 ;
000640 E2C3 862C lda #',' ;
000641 E2C5 B0F2FC jsr LcdDon ;
000642 E2C8 8633 lda #'3' ;
000643 E2CA B0F2FC jsr LcdDon ;
000644 E2CC 86FF lda #h'FF ;Virgule requise pour le chiffre suivant
000645 E2CF 971E sta Virgule ;
000646 E2D1 54 MP2.4: lsr b ;
000647 E2D2 2412 bcc MP2.5 ;Bit 4 = 0 ?
000648 E2D4 lsr b ;Non, accel. 4 est actif
000649 E2D4 001E tst Virgule ;Virgule requise?
000650 E2D6 2705 beq MP2.41 ;
000651 E2D8 862C lda #',' ;
000652 E2DA B0F2FC jsr LcdDon ;
000653 E2DD 8634 lda #'4' ;
000654 E2DF B0F2FC jsr LcdDon ;
000655 E2E2 86FF lda #h'FF ;Virgule requise pour le chiffre suivant
000656 E2E4 971E sta Virgule ;
000657 E2E6 54 MP2.5: lsr b ;
000658 E2E7 2412 bcc MP2.6 ;Bit 5 = 0 ?
000659 E2E9 lsr b ;Non, accel. 5 est actif
000660 E2E9 001E tst Virgule ;Virgule requise?
000661 E2EB 2705 beq MP2.51 ;
000662 E2ED 862C lda #',' ;

```

000670 E E

0 693 E DD

000716 E35F 9R02

rad f ,

10733 E3

Module

```

000734 E3AE      ; selectionnant l'accelerometre, le parametre et le gain desirés. La valeur
000735 E3AE      ; lue ou convertisseur analogique a numerique est ensuite affichee.
000736 E3AE      ;
000737 E3AE      ; HIERARCHIE
000738 E3AE      ; Sup: SaisClav
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 BDF2D0      jsr  LcdMess      ;
000745 E3B7 BDF50C      jsr  Del500ms     ;
000746 E3BA BDE3EC      Et1:    jsr  SelAccel     ;Selectionner l'accelerometre
000747 E3BD 2B22      bmi  EtFin      ;= FF, termine
000748 E3BF BDE421      jsr  MuxAccel     ;Regler le mux accelerometre
000749 E3C2 BDE42E      Et2:    jsr  SelParam     ;Selectionner le parametre
000750 E3C5 2BF3      bmi  Et1      ;= FF, retourner a accelerometre
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  ClavLin     ;Lire le clavier
000758 E3DB 810B      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 4574616C6F6E65 NEtalon: .db "EtalonnerE."
000764 E3E3      ;
000765 E3EC      ; ***** Module 213.1: SelAccel
000766 E3EC      ; SELACCEL: Selectionner l'accelerometre
000767 E3EC      ;
000768 E3EC      ;-----
000769 E3EC BDF2A1 SelAccel: jsr  LcdEff      ;
000770 E3EF 8EE416      ldx  #MSelAcce     ;Afficher "Acceler.?"
000771 E3F2 BDF2D0      jsr  LcdMess      ;
000772 E3F5 BDF2B9      jsr  LcdCursG     ;
000773 E3F8 BDF50C      jsr  Del500ms     ;Delai avant de lire le clavier
000774 E3FB BDF444      jsr  ClavChif1     ;Lire un chiffre au clavier
000775 E3FE 2706      beq  SA1      ;Chiffre = 0 afficher "Choix..."
000776 E400 2B13      bmi  SRAFin     ;Chiffre = FF, termine
000777 E402 810B      cmpa  #8      ;Chiffre <= 8?
000778 E404 230D      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 20D9      bra  SelAccel     ;
000784 E413 9703      SA2:    sta  Acceler     ;Mettre Acceler a chiffre
000785 E415 37      SRAFin:  rts      ;
000786 E416      ;-----
000787 E416 416363656C6E722E MSelAcce: .db "Acceler.?"
000788 E41E 232026      ;
000789 E421      ; ***** Module 213.2: MuxAccel
000790 E421      ; MUXACCEL: 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      ; SELPARAM: Selectionner le parametre
000801 E42E      ;
000802 E42E      ;-----
000803 E42E      ;
000804 E42E 8640      SelParam: ldx  #h'40      ;Effacer ligne 2
000805 E430 8EF313      ldx  #M10Blanc     ;
000806 E433 BDF2CB      jsr  LcdMessA     ;
000807 E436 8EF313      ldx  #M10Blanc     ;
000808 E439 BDF2D0      jsr  LcdMess      ;

```

```

000809 E43C 860C      lda #h'0C      ;Afficher "Param.#"
000810 E43E 8EE473    idx #MselParam
000811 E441 8DF2C8     jsr LcdMessA
000812 E444 8DF2B9     jsr LcdCursG
000813 E447 8DF50C     jsr Del500ms    ;Pour eviter de lire le retour de SelAccel
000814 E44A 8DF444     jsr ClacHifl    ;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 8DF2C8     jsr LcdMessA
000822 E45D 8DF505     jsr Del1sec
000823 E460 8640      lda #h'40      ;Effacer ligne 2
000824 E462 8EF313    idx #M10Blanc
000825 E465 8DF2C8     jsr LcdMessA
000826 E468 8EF313    idx #M10Blanc
000827 E46B 8DF2D0     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.#"
000833 E47C          ;
000834 E47C          ; Module 213.4: MuxParam
000835 E47C          ; *****
000836 E47C          ; NUXPARAM: Regler le multiplexeur de parametres
000837 E47C          ;
000838 E47C          ;-----
000838 E47C 869000    MuxParam: lda U1_ORB
000839 E47F 84F8      anda #b'11111000
000840 E481 9A04      ora Param
000841 E483 8001      suba #1
000842 E485 879000    sta U1_ORB
000843 E488 39        rts
000844 E489          ;
000845 E489          ; Module 213.5: SelGain
000846 E489          ; *****
000847 E489          ; SELGAIN: Selectionner le gain
000848 E489          ;
000849 E489          ; FONCTION
000850 E489          ; Ce module permet d'ajuster le gain manuellement en choisissant parmi les 8
000851 E489          ; niveaux possibles. Si desire, le module peut selectionner le gain automa-
000852 E489          ; tiquement.
000853 E489          ;-----
000853 E489 864A      SelGain: lda #h'4A
000854 E48B 8EF313    idx #M10Blanc
000855 E48E 8DF2C8     jsr LcdMessA
000856 E491 8640      lda #h'40
000857 E493 8EE40B     idx #MselGain    ;Afficher "Gain= "
000858 E496 8DF2C8     jsr LcdMessA
000859 E499 8DF2B9     jsr LcdCursG
000860 E49C 8DF50C     jsr Del500ms    ;Pour eviter de lire le retour de SelParam
000861 E49F          ;-----
000862 E49F          ; SELECTIONNER LE GAIN
000863 E49F 8DF444     jsr ClacHifl    ;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 E4AB 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
000873 E4B0 8EE4E2     idx #MselChoi
000874 E4B3 8DF2C8     jsr LcdMessA
000875 E4B6 8DF505     jsr Del1sec
000876 E4B9 8640      lda #h'40      ;Effacer ligne 2
000877 E4BB 8EF313    idx #M10Blanc
000878 E4BE 8DF2C8     jsr LcdMessA
000879 E4C1 8EF313    idx #M10Blanc
000880 E4C4 8DF2D0     jsr LcdMess
000881 E4C7 20C0      bra SelGain
000882 E4C9          ;-----
000883 E4C9 8DE784     SG1.1: jsr GainAuto
000884 E4CC 9605      lda Gain    ;Afficher la valeur selectionnee

```

```

000885 E4CE 8EF4F5          idx  *ClatbRec      ;
000886 E4D1 A686           lda  A,X              ;
000887 E4D3 8DF2FC         jsr  LcdDon           ;
000888 E4D6 2002          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                      ;
                                Module 213.7: FairMes
000915 E50A               ;*****
000916 E50A               ; FAIRMES: Faire une mesure
000917 E50A               ;
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 9720          sta  Mesure            ;Memoriser le resultat
000925 E50F 39           rts                      ;
                                Module 213.71: Convert
000926 E510               ;*****
000927 E510               ; CONVERT: Faire une conversion
000928 E510               ;
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 démarre 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 CA40          orab  *b'01000000      ;
000949 E532 F79000        stb  U1_ORB            ;
000950 E535 39           rts                      ;
                                Module 213.8: AffMes
000951 E536               ;*****
000952 E536               ; AFFMES: Afficher la mesure
000953 E536               ;
000954 E536               ;
000955 E536               ;-----
000956 E536 864A          AffMes:  lda  *h'4A      ;
000957 E538 8EE547        idx  *H Valeur          ;Afficher Valeur=
000958 E53B 8DF2CB        jsr  LcdMessA          ;
000959 E53E 9620          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 MValueur: .db "Valeur= &"
000965 E54F 26              ;
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 serial 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 generee par l'arrivee d'un caractere sur le lien serial
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 8A8D                ora #'10000000    ;permission de transmettre
001028 E56C 9701                sta ReqSer      ;
001029 E56E 2038                bra InSerOk      ;Termine
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 InSerHul        ;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          InSerHul: 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 E5AB ; Module 300: Diagnost
001071 E5AB ; *****
001072 E5AB ; DIAGNOST: Effectuer une verification interne
001073 E5AB ;
001074 E5AB ; FONCTION
001075 E5AB ; Ce module effectue une verification interne de bon fonctionnement du
001076 E5AB ; moniteur de vibrations, en injectant un signal interne a l'une des entrees
001077 E5AB ; du selecteur d'accelerometre, en manipulant les differents multiplexeurs
001078 E5AB ; et en observant les valeurs obtenues a la sortie du CAN.
001079 E5AB ;
001080 E5AB ; PROCEDURE (voir schema electronique de la carte analogique)
001081 E5AB ; Le module, dans sa presente version, n'effectue qu'une serie limitee de
001082 E5AB ; tests:
001083 E5AB ; 1. TEST DU CAN
001084 E5AB ; Le multiplexeur de parametre est regle sur 0 puis sur 5 volts, et la
001085 E5AB ; sortie du CAN est examinee.
001086 E5AB ; 2. TEST DU DETECTEUR DE CRETE ET DU CONVERTEUR RMS->DC
001087 E5AB ; Un signal est genere sur la sortie PB7 du UIA*1(U18). Cette sortie est
001088 E5AB ; reliee a l'entree D7 du multiplexeur d'accelerometre (U1). Les valeurs
001089 E5AB ; cretes et RMS sont alors examinees pour diverses valeurs de gain, et
001090 E5AB ; comparees a des valeurs predefinies.
001091 E5AB ; 3. MESSAGE D'ERREUR
001092 E5AB ; Si une anomalie est detectee lors d'un de ces tests, le module affiche
001093 E5AB ; un message a cet effet jusqu'a ce que la touche Renvoi soit enfoncee.
001094 E5AB ; 4. VERIFICATION MANUELLE EN CAS DE MAUVAIS FONCTIONNEMENT
001095 E5AB ; Si une erreur a ete detectee, le signal de verification interne demeure
001096 E5AB ; active. Ceci permet de verifier les fonctions manuellement a l'aide de
001097 E5AB ; la fonction Etalonner. S'il n'y a pas d'erreur, le signal est desac-
001098 E5AB ; tive.
001099 E5AB ;
001100 E5AB ; HIERARCHIE
001101 E5AB ; Sup: Non
001102 E5AB ; Inf: Aucun
001103 E5AB ;
001104 E5AB ; POSSIBILITES FUTURES
001105 E5AB ; Le circuit a ete concu de facon a permettre une lecture interne aux sor-
001106 E5AB ; ties des differents blocs de conditionnement. En effet, le selecteur de
001107 E5AB ; parametres est relie a differents points du circuit de facon a verifier:
001108 E5AB ; - le multiplexeur d'accelerometres (U1),
001109 E5AB ; - l'amplificateur-filtre d'entree a gain variable (U2, U3 et 1/2 U6),
001110 E5AB ; - le detecteur de valeur crete (1/2 U7),
001111 E5AB ; - l'integrateur (1/2 U7),
001112 E5AB ; - le filtre 10-1000 Hz (U8),
001113 E5AB ; - le convertisseur RMS -> DC.
001114 E5AB ; Pour un test complet, il serait interessant d'effectuer une TRF sur les
001115 E5AB ; signaux a ces differents points du circuit. Si la frequence du signal en
001116 E5AB ; onde carree est connue, l'amplitude des composantes frequentielles peut
001117 E5AB ; etre mesuree et verifiee selon les resultats prevus.
001118 E5AB ;-----
001119 E5AB B0F2A1 Diagnost: jsr LcdEff ;
001120 E5AB 8EE662 ldx #MDiagn ;
001121 E5AB B0F200 jsr LcdMess ;
001122 E5AB B0F50C jsr Del500ms ;
001123 E5AB ;-----
001124 E5AB ;VERIFIER 0 ET 5 VOLTS DC
001125 E5AB B0F352 Diagn1: jsr Uia1Sig1 ;Activer le signal de verification Interne
001126 E5AB ;Ce signal n'est pas requis pour ces premiers
001127 E5AB ;tests, mais il restera active si une erreur
001128 E5AB ;est detectee
001129 E5AB jsr LcdEff ;
001130 E5AB 8EE674 ldx #MDiagCAN ;Afficher "Test: Convert. A->N"
001131 E5AB B0F200 jsr LcdMess ;
001132 E5AB B0F50C jsr Del500ms ;Delai de stabilisation
001133 E5AB B0F50C ldx #7 ;Mettre Param a 7 (entree = 5 volts)
001134 E5AB 9704 sta Param ;Accelerometre et gain n'ont pas d'importance
001135 E5AB B0E47C jsr MuxParam ;Regler le multiplexeur de parametres
001136 E5AB B0F50C jsr Del500ms ;Delai de stabilisation
001137 E5AB B0E510 jsr Convert ;Faire une mesure
001138 E5AB B0F50C capa #h'FF ;Mesure = FF?
001139 E5AB 2660 bne DiagnErr ;Non, il y a mauvais fonctionnement
001140 E5AB B0F50C ldx #8 ;Mettre Param a 8 (entree = 0 volts)
001141 E5AB 9704 sta Param ;Accelerometre et gain n'ont pas d'importance
001142 E5AB B0E47C jsr MuxParam ;Regler le multiplexeur de parametres
001143 E5AB B0F50C jsr Del500ms ;Delai de stabilisation
001144 E5AB B0E510 jsr Convert ;Faire une mesure
001145 E5AB 4D tsta ;Mesure = 00?
001146 E5AB 2650 bne DiagnErr ;Non, il y a mauvais fonctionnement

```

```

001147 E5E7                                     ;-----
001148 E5E7 BDF2A1      Diagn2:  jsr  LcdEff          ;VERIFIER DETECTEUR DE VALEUR CRETE
001149 E5EA 8EE688      ldx  *MdiagCre          ;
001150 E5ED 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 E5FB 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 81B0      cmpa #h'B0          ;Mesure < B0?
001164 E610 2525      blo  DiagnErr          ;Oui, il y a mauvais fonctionnement
001165 E612                                     ;-----
001166 E612 BDF2A1      Diagn3:  jsr  LcdEff          ;VERIFIER CONVERTISSEUR RMS A DC
001167 E615 8EE69C      ldx  *MdiagRMS          ;
001168 E618 BDF2D0      jsr  LcdMess          ;
001169 E61B BDF50C      jsr  Del500ms          ;
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  UialSig0          ;Desactiver le signal de verification interne
001181 E635 202A      bra  DiagnFin          ;
001182 E637                                     ;-----
001183 E637                                     ;MAUVAIS FONCTIONNEMENT
001184 E637 8640      DiagnErr: lda  #h'40          ;Afficher message d'erreur clignotant
001185 E639 8EE680      ldx  *MdiagEr          ;sur deuxieme ligne
001186 E63C BDF2C8      jsr  LcdMessA          ;
001187 E63F BDF50C      jsr  Del500ms          ;
001188 E642 8640      lda  #h'40          ;
001189 E644 8EF313      ldx  *M10Blanc          ;
001190 E647 BDF2C8      jsr  LcdMessA          ;
001191 E64A 8EF313      ldx  *M10Blanc          ;
001192 E64D BDF2D0      jsr  LcdMess          ;
001193 E650 BDF50C      jsr  Del500ms          ;
001194 E653 BDF46E      jsr  ClaLin          ;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 MDiagn: .db "Auto-verification&"
001206 E66A 696669636174696F
001207 E672 6E26
001208 E674 546573743A20436F MDiagCRN: .db "Test: Convert. A->H "
001209 E67C 6E766572742E2041
001210 E684 203E4E20
001211 E688 546573743A204465 MDiagCre: .db "Test: Detect. crete "
001212 E690 746563742E206372
001213 E698 65746520
001214 E69C 546573743A20436F MDiagRMS: .db "Test: Convert. RMS "
001215 E6A4 6E766572742E2052
001216 E6AC 40532020
001217 E6B0 2020202A2A2A2046 MDiagnEr: .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 poursuite,
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 IntVibr SaisTRF
001231 E6C2      ;
001232 E6C2      ; POSSIBILITES FUTURES
001233 E6C2      ; Pour etendre l'analyse frequentielle a des machines de vitesse variable,
001234 E6C2      ; il faut prevoir 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 vitesse
001238 E6C2      ; de rotation.
001239 E6C2      ; -----
001240 0024      ; Variables
001241 0024      USSign1: .rs 1 ; Accelerometres restant a traiter
001242 E6C2      ; Programme
001243 E6C2      ; -----
001244 E6C2 0002      SaisSign: tst AccActif ; Verifier accelereometres en fonction
001245 E6C4 2616      bne SSign1 ;
001246 E6C6 BDF2A1      jsr LcdEff ; Afficher "Aucun accel.."
001247 E6C9 8EE741      ldx #SSign1 ;
001248 E6CC BDF2D0      jsr LcdMess ;
001249 E6CF 8640      lda #h'40 ;
001250 E6D1 8EE755      ldx #SSign2 ;
001251 E6D4 BDF2CB      jsr LcdMessA ;
001252 E6D7 BDF50C      jsr Del500ms ;
001253 E6DA 2051      bra SSignFin ;
001254 E6DC      ; -----
001255 E6DC      ; PLACER Acceler AU PREMIER ACCELEROMETRE
001256 E6DC 9602      SSign1: lda AccActif ; Preparer liste des accelereometres
001257 E6DE 9724      sta USSign1 ;
001258 E6E0 0F03      clr Acceler ;
001259 E6E2 0424      lsr USSign1 ; Bit 1 inutilise
001260 E6E4 0C03      SSign1.1: inc Acceler ; Accelerometre suivant
001261 E6E6 0424      lsr USSign1 ;
001262 E6E8 24FA      bcc SSign1.1 ; En fonction? Non, suivant
001263 E6EA      ; -----
001264 E6EA BDE774      SSign2: jsr MarchArr ; VERIFIER L'ETAT DE LA MACHINE
001265 E6ED 0006      tst Marche ; Machine en marche?
001266 E6EF 2608      bne SSign3 ; Oui, continuer
001267 E6F1 8EE762      ldx #SSign3 ; Non, afficher "Machine a l'arret"
001268 E6F4 BDF2E4      jsr LcdMess2 ;
001269 E6F7 BDF50C      jsr Del500ms ;
001270 E6FA 2031      bra SSignFin ;
001271 E6FC      ; -----
001272 E6FC 8EE731      SSign3: ldx #SSAccel ; Afficher le numero de l'accelerometre
001273 E6FF BDF2E4      jsr LcdMess2 ;
001274 E702 9603      lda Acceler ;
001275 E704 8EF4F5      ldx #ClatbAsc ;
001276 E707 A686      lda A,X ;
001277 E709 BDF2FC      jsr LcdDon ;
001278 E70C BDF50C      jsr Del500ms ;
001279 E70F BDE421      jsr MuxAccel ; REGLER LE MULTIPLEXEUR D'ACCELEROMETRES
001280 E712 BDE784      jsr GainAuto ; Ajuster le gain
001281 E715 BDE7C2      jsr IntVibr ; Lire l'intensite vibratoire
001282 E718 BDE802      jsr SaisTRF ; Saisir la transformee rapide de Fourier
001283 E71B      ; -----
001284 E71B 8607      lda #7 ;
001285 E71D 9103      cmpa Acceler ; Dernier accelereometre?
001286 E71F 230C      bls SSignFin ; Oui, fin
001287 E721 0D24      SSign3.1: tst USSign1 ; Est-ce qu'il reste des accelereometres?

```

```

001288 E723 2708                beq  SSignFin      ;Mon, 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? Mon, suivant
001292 E72B 2080                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 417563756E206163    MSSSign1: .db  "Aucun accelarometre "
E749 63656C65726F6D65
E751 74726520
001298 E755 656E20666F6E6374    MSSSign2: .db  "en fonction.&"
E75D 696F6E2E26
001299 E762 4D616368696E6520    MSSSign3: .db  "Machine a l'arret&"
E76A 61206C2761727265
E772 7426
001300 E774                      ;
001301 E774                      ; *****
001302 E774                      ; MARCHARR: Verifier le fonctionnement de la machine
001303 E774                      ;
001304 E774                      ; FONCTION
001305 E774                      ; Ce module verifie l'etat de fonctionnement de la machine sous surveillance
001306 E774                      ;
001307 E774                      ; PROCEDURE
001308 E774                      ; Le contact d'indication de fonctionnement est relie a l'entree 7 du port C
001309 E774                      ; Machine en marche => Contact ferme => Bit 7 = 0.
001310 E774                      ; La variable Marche est ensuite placee par le module a 00(arret) ou
001311 E774                      ; FF(marche).
001312 E774                      ;
001313 E774                      ; HIERARCHIE
001314 E774                      ; Sup: SaisSign
001315 E774                      ; Inf: Aucun
001316 E774                      ;
001317 E774 868001              MarchArr:  lda  UO_ORC      ;Contact = bit 7 du port C
001318 E777 8480                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                      ; *****
001327 E784                      ; MUXACCEL: Regler le multiplexeur d'accelerometres
001328 E784                      ;
001329 E784                      ; Voir module 213.2
001330 E784                      ;
001331 E784                      ; *****
001332 E784                      ;
001333 E784                      ; GAINAUTO: Regler automatiquement le gain
001334 E784                      ;
001335 E784                      ; FONCTION
001336 E784                      ; Ce module regle le gain de l'amplificateur d'entree de facon automatique,
001337 E784                      ; afin d'avoir la plus grande amplitude de signal a l'entree de l'integra-
001338 E784                      ; sans toutefois causer d'ecretage.
001339 E784                      ;
001340 E784                      ; PROCEDURE
001341 E784                      ; La position du multiplexeur de parametre est memorisee, puis le mux est
001342 E784                      ; regle sur le detecteur de valeur crete. Le mux est repositionne apres.
001343 E784                      ; Le module debute avec le gain minimum, puis l'augmente d'un cran tant que
001344 E784                      ; la valeur crete est inferieure a la limite permise. Le processus recom-
001345 E784                      ; mence jusqu'a atteindre le gain maximum. Si la limite permise est depas-
001346 E784                      ; see, le module diminue le gain a la valeur precedente.
001347 E784                      ;
001348 E784                      ; Les valeurs de gain possibles sont indiquees a la liste des variables du
001349 E784                      ; module principal Mon.
001350 E784                      ;
001351 E784                      ; HIERARCHIE
001352 E784                      ; Sup: SaisSign SelGain
001353 E784                      ; Inf: MuxGain Dellsec Convert MuxParam
001354 E784                      ;
001355 E784                      ; POSSIBILITES FUTURES
001356 E784                      ; Plutot que de repartir avec le gain minimum a chaque fois, un genre de
001357 E784                      ; poursuite pourrait etre utilise a partir de la valeur courante du gain.
001358 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 Delaysec          ;Attendre 2 secondes
001374 E79B 80F505    jsr Delaysec          ;
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 #0              ;Gain = max?
001380 E7A9 240F      bhs GRAFin           ;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 GRAFin           ;Oui, termine
001386 E7B5 0A05      dec Gain              ;Non, diminuer le gain d'un cran
001387 E7B7 80E4F6    jsr MuxGain          ;
001388 E7BA 3502      GRAFin: 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: IntVibr
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      IntVibr: ldx #IntVibr      ;
001410 E7C5 80F2E4      jsr LcdMess2              ;
001411 E7C8 80F50C      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 Delaysec              ;Delai de stabilisation
001416 E7D5 80F505      jsr Delaysec              ;
001417 E7D8 80F505      jsr Delaysec              ;
001418 E7DB 80E510      jsr Convert              ;Faire une lecture
001419 E7DE 8E0008      ldx #Niveau              ;Memoriser le niveau de l'int. vibratoire
001420 E7E1 D603      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          IUFIn: rts              ;
001427 E7EE      ;-----
001428 E7EE 4065737572652069 IntVibr: .db "Mesure intens. vibr."
001429 E7F6 6E74656E732E2076
001429 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'échantillonnage des signaux d'entrée et le calcul de
001435 E802      ; la transformée de Fourier. De plus il commande l'envoi des données sur le
001436 E802      ; lien serial, selon la valeur de ReqSer.
001437 E802      ;
001438 E802      ; PROCEDURE
001439 E802      ; L'échantillonnage est effectué, puis l'envoi des données se fait si ReqSer
001440 E802      ; est égal à 1 ou 3. Ensuite, la transformée de Fourier est effectuée et
001441 E802      ; les résultats sont envoyés si ReqSer est égal à 2 ou 3.
001442 E802      ;
001443 E802      ; HIERARCHIE
001444 E802      ; Sup: SaisSign
001445 E802      ; Inf: Echant, TRF
001446 E802      ;-----
001447 E802      SaisTRF: jld a *2          ;Placer le mux à accélération amplifiée
001448 E802          ;(permet de vérifier le fonctionnement de la
001449 E802          ;TRF directement avec un signal d'entrée)
001450 E802          lda *4              ;Placer le mux à vitesse
001451 E804 9704      sta Param          ;
001452 E806 B0E47C    jsr MuxParam        ;
001453 E809 B0F505    jsr Del1sec         ;Délai de stabilisation
001454 E80C B0F505    jsr Del1sec         ;
001455 E80F B0E83C    jsr Echant          ;Échantillonner les signaux
001456 E812 9601      lda ReqSer          ;Envoyer les échantillons 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      cmpa #1            ;
001460 E81A 2704      beq STRF1          ;
001461 E81C 8103      cmpa #3            ;
001462 E81E 2605      bne STRF2          ;
001463 E820 8601      STRF1: lda #1        ;Envoyer les échantillons
001464 E822 B0F396    jsr AciaEnv         ;
001465 E825 B0E99B    STRF2: jsr TRF       ;Effectuer la transformée de Fourier
001466 E828 9601      lda ReqSer          ;Envoyer les résultats 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      cmpa #2            ;
001470 E830 2704      beq STRF3          ;
001471 E832 8103      cmpa #3            ;
001472 E834 2605      bne STRFFin        ;
001473 E836 8602      STRF3: lda #2        ;Envoyer les résultats
001474 E838 B0F396    jsr AciaEnv         ;
001475 E83B 39        STRFFin: rts        ;
001476 E83C          ;
001477 E83C          ;----- Module 451: Echant
001478 E83C          ;*****
001479 E83C          ; ECHANT: Échantillonner une série
001480 E83C          ;
001481 E83C          ;-----
001482 E83C          ;
001482 E83C          ; Constantes
001482 E83C          ;
001482 E83C          ; NbEchant, 512      ; Nombre d'échantillons par série
001483 E83C          ; DelEch, 74         ; Délai fixant l'intervalle d'échantillonnage
001484 E83C          ;
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 E83C          ; 74, 2571
001493 E83C          ;
001493 E83C          ; Variables
001493 E83C          ;
001494 E83C          ; Serie: .rs NbEchant ; Série d'échantillons pris par ce module
001495 E83C          ; Programme
001496 E83C          ;-----
001496 E83C 8EE8B0    Echant: ldx #NEchant ;
001497 E83F B0F2E4    jsr LcdMess2        ;
001498 E842 B0F50C    jsr Del500ms       ;
001499 E845 1810      orcc #h'10         ;Interdire 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 perimée du SR
001505 E855          ;et déclencher conversion
001506 E855 C606      ldb #6             ;Délai de conversion
001507 E857 5A        Ech1.1: decb        ;
001508 E858 26FD      bne Ech1.1         ;
001509 E85A B6900A    lda U1_SR          ;Lire valeur perimée 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 21CB      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 6C0225     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 Echant: .db "Echantillonnage&"
001537 E890      E895 6C6F6E6E61676526 ;include( TRF.asm)
001537 E890      ; Module 452: TRF
001540 004A      ; *****
001541 E890      ; TRF: Calculer la Transformee rapide de Fourier
001542 E890      ;
001543 E890      ; FONCTION
001544 E890      ; Ce module calcule la TRF sur une serie d'echantillons places dans le
001545 E890      ; vecteur Serie. Lors du calcul, les echantillons sont remplaces par les
001546 E890      ; valeurs de sortie.
001547 E890      ;
001548 E890      ; PROCEDURE
001549 E890      ; Les resultats sont donnees en amplitude pour les frequences de 0 a 1/2T.
001550 E890      ; La phase n'est pas calculee.
001551 E890      ;
001552 E890      ; Les echantillons d'entree et les valeurs de sortie ont une precision
001553 E890      ; de 8 bits, qui correspond a celle du CRN.
001554 E890      ;
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 (AmpI).
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, NegD, MultCoef, TfrPxPy, Add3, AmpI
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 P1/2 sont traitees de facon particuliere par le
001591 E89D      ;module pour reduire les calculs
001592 E89D      .du h'0324,h'0648,h'096C,h'0C8F,h'0FB2,h'12D5,h'15F6,h'1917
          E8A5 0FB2120515F61917
001593 E8A0 1C371F5622732590      .du h'1C37,h'1F56,h'2273,h'2590,h'28AA,h'2B4C,h'2E0B,h'31F1
          E8B5 28AA2B4C2E0B31F1
001594 E8B0 350538173B263E33      .du h'3505,h'3817,h'3B26,h'3E33,h'413E,h'4447,h'474D,h'4A50
          E8C5 413E4447474D4A50
001595 E8C0 4D50504D5347563E      .du h'4D50,h'504D,h'5347,h'563E,h'5931,h'5C22,h'5F0E,h'61F7
          E8D5 59315C225F0E61F7
001596 E8D0 64DC67BD6A9B6D74      .du h'64DC,h'67BD,h'6A9B,h'6D74,h'7049,h'7319,h'75E5,h'78AD
          E8E5 7049731975E578AD
001597 E8E0 7B707E2E80E7839C      .du h'7B70,h'7E2E,h'80E7,h'839C,h'864B,h'88F5,h'8B9A,h'8E39
          E8F5 864B88F58B9A8E39
001598 E8FD 90D3936895F6987F      .du h'90D3,h'9368,h'95F6,h'987F,h'9B02,h'9D7F,h'9FF6,h'A267
          E905 98D29D7F9FF6A267
001599 E900 A4D2A736A994ABEB      .du h'A4D2,h'A736,h'A994,h'ABEB,h'AE3B,h'B0B5,h'B2C8,h'B504
          E915 AE3B80B582C8B504
001600 E910 B73AB968B8B8B8B8      .du h'B73A,h'B968,h'BB8F,h'BD8E,h'BFC7,h'C1D8,h'C3E2,h'C5E4
          E925 BFC7C1D8C3E2C5E4
001601 E920 C7DEC9D1CBBBCD9F      .du h'C7DE,h'C9D1,h'CBBB,h'CD9F,h'CF7A,h'D14D,h'D318,h'D4DB
          E935 CF7AD14DD318D4DB
001602 E93D D695D848D9F2D894      .du h'D695,h'D848,h'D9F2,h'DB94,h'DD2D,h'DEBE,h'E046,h'E1C5
          E945 DD2DD8BEE046E1C5
001603 E94D E33CE4A8E60FE76B      .du h'E33C,h'E4AA,h'E60F,h'E76B,h'E8BF,h'EA09,h'EB4B,h'ECB3
          E955 E8BFEA09EB4BECB3
001604 E95D E0B2E0B8E8FF5F109      .du h'E0B2,h'EED8,h'EFF5,h'F109,h'F213,h'F314,h'F40B,h'F4FA
          E965 F213F314F40BF4FA
001605 E96D F5DEF6B8F78BF853      .du h'F5DE,h'F6BA,h'F78B,h'F853,h'F912,h'F9C7,h'FAT3,h'FB14
          E975 F912F9C7FAT3FB14
001606 E97D FBACFC3BFCBFFD3A      .du h'FBAC,h'FC3B,h'FCBF,h'FD3A,h'FDBA,h'FE13,h'FE70,h'FEC4
          E985 FDBAFE13FE70FEC4
001607 E98D FFOEFF4EFF84FFB1      .du h'FF0E,h'FF4E,h'FF84,h'FFB1,h'FFD3,h'FFEC,h'FFFF
          E995 FFD3FFECFFFFB
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      ;Espaceement 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      PMcos:      .rs      2      ;Pointeur sur partie reel de W^p
001621 OE3D      PMsin:      .rs      2      ; " " " imag. "
001622 OE3F      McosSign:      .rs      1      ;Signe partie reel de W^p
001623 OE40      MsinSign:      .rs      1      ; " " " imag. "
001624 OE41      ;-----
001625 E99B      Programme      ;
001626 E99B 8EED3D      TRF:      ldx      *NCalcTRF      ;Afficher message
001627 E99E BDF2E4      jsr      LcdMess2      ;
001628 E9A1      ;Initialiser vecteur X complexe de depart
001629 E9A1 8E0025      TRF1:      ldx      *Serie      ;- parties reelles = echantillons
001630 E9A4 108E0225      ldy      *UX      ;- parties imagin. = 0
001631 E9A8 6FA0      TRF1.1:      clr      ,Y+      ;16 bits sup. parties reelles <- 0
001632 E9AA 6FA0      clr      ,Y+      ;
001633 E9AC E680      ldb      ,X+      ;8 bits inf. parties reelles <- echantillons
001634 E9AE E7A0      stb      ,Y+      ;
001635 E9B0 6FA0      clr      ,Y+      ;Parties imaginaires <- 0
001636 E9B2 6FA0      clr      ,Y+      ;
001637 E9B4 6FA0      clr      ,Y+      ;
001638 E9B6 108C0E25      cmpy      *(UX+6*NbEchant);Dernier octet?
001639 E9BA 26EC      bne      TRF1.1      ;
001640 E9BC      ;-----
001641 E9BC      ;-----
001642 E9BC CC0001      TRF2:      ldd      *I      ;Initialiser les compteurs et les indices
001643 E9BF F0E2F      std      I      ;
001644 E9C2 CC0200      ldd      *N      ;
001645 E9C5 44      lsrw      ;
001646 E9C6 56      norw      ;
001647 E9C7 F0E31      std      N2      ;N2 = N/2
001648 E9CA CC0009      ldd      *Gamma      ;
001649 E9CD 830001      subd      *I      ;

```

```

001650 E900 F00E33      std  NU1      ;NU1 = Gamma - 1
001651 E903 CC0000      ldd  #0       ;
001652 E906 F00E35      std  k       ;k = 0
001653 E909             ;-----
001654 E909             ;-----
001655 E909 FC0E2F      TRF3:  ldd  l       ;Test de fin de calcul des vecteurs
001656 E90C 10B30009      cmpd  #Gamma ;l > Gamma?
001657 E9E0 102202D6      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 F00E37      std  i       ;i = nb de paires dual rencontrees
001662 E9EA             ;-----
001663 E9EA             ;-----
001664 E9EA FC0E35      TRF5:  ldd  k       ;Calculer indices M et p
001665 E9ED B0E033      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          ror  b       ;
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 E9FB F00E39      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          lsl  b       ;Multiplier par 6 pour indice vecteur X
001681 EA05 49          rol  a       ;
001682 EA06 F00E25      std  PX       ;Indice ne depasse pas 16 bits
001683 EA09 F30E25      addd PX       ;limite = 2^16 / 6 = 4096 echantillons
001684 EA0C F30E25      addd PX       ;
001685 EA0F B0E025      ldx  #WX      ;
001686 EA12 30B8          leax 0,X      ;
001687 EA14 B0E025      stx  PX       ;Adresse partie reelle X(k+N2)
001688 EA17 10B0E029      ldy  #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 10B30000      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 E022          std  2,Y      ;
001709 EA2C EC04          ldd  4,X      ;
001710 EA2E ED24          std  4,Y      ;
001711 EA30 1601A1          lbra  TRF6.14    ;
001712 EA33 10B30080      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 1601B0          lbra  TRF6.14    ;
001726 EA54 10B30100      TRF6.3: cmpd  #(N/2)    ;Si p = N/2, alors Wcos = -1, Wsin = 0

```

```

001727 EA58 2620      bne TRF6.4          ;
001728 EA5A EC84      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 B0ED79     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 B0ED79     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 B0ED79     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 EA9B 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 EAA5 58         lslb              ;Index * 2
001763 EAA8 8EE89D     ldx #H              ;
001764 EAA8 308B      leax D,X              ;
001765 EAAA BF0E3B     stx PWcos          ;Adresse Wcos
001766 EAA0 7F0E3F     clr WcosSign        ;Wcos > 0
001767 EAB0 C67E      ldb #(N/4-2)          ;Index Wsin = (N/4 - 2) - index Wcos
001768 EAB2 EDE0      subb ,S+          ;
001769 EAB4 4F         clra              ;
001770 EAB5 58         lslb              ;Index * 2
001771 EAB6 8EE89D     ldx #H              ;
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 #H              ;
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 EDE0      subb ,S+          ;
001791 EAE6 4F         clra              ;
001792 EAE7 58         lslb              ;Index * 2
001793 EAE8 8EE89D     ldx #H              ;
001794 EAE9 308B      leax D,X              ;
001795 EAE0 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 #H              ;

```

```

001804 E802 308B      leax D,X          ;
001805 E804 8F0E3B    stx PWcos        ;Adresse Wcos
001806 E807 86FF      lda #h'FF        ;
001807 E809 870E3F    sta WcosSign     ;Wcos < 0
001808 E80C C67E      ldb #(N/4-2)     ;Index Wsin = (N/4 - 2) - Index Wcos
001809 E80E E0E0      subb ,S+         ;
001810 E810 4F        clra          ;
001811 E811 58        lslb          ;Index * 2
001812 E812 8EE89D    ldx #W           ;
001813 E815 308B      leax D,X          ;
001814 E817 8F0E3D    stx PUsin        ;Adresse Wsin
001815 E81A 7F0E40    clr WsinSign     ;Wsin > 0
001816 E81D 2023      bra TRF6.9       ;
001817 E81F 830001    TRF6.8: subd #1          ;0 < p < N/4; Wcos > 0, Wsin > 0
001818 E822 3404      pshs B          ;Index Wsin = p - 1
001819 E824 4F        clra          ;
001820 E825 58        lslb          ;Index * 2
001821 E826 8EE89D    ldx #W           ;
001822 E829 308B      leax D,X          ;
001823 E82B 8F0E3D    stx PUsin        ;Adresse Wsin
001824 E82E 7F0E40    clr WsinSign     ;Wsin > 0
001825 E831 C67E      ldb #(N/4-2)     ;Index Wcos = (N/4 - 2) - Index Wsin
001826 E833 E0E0      subb ,S+         ;
001827 E835 4F        clra          ;
001828 E836 58        lslb          ;Index * 2
001829 E837 8EE89D    ldx #W           ;
001830 E83A 308B      leax D,X          ;
001831 E83C 8F0E3B    stx PWcos        ;Adresse Wcos
001832 E83F 7F0E3F    clr WcosSign     ;Wcos > 0
001833 E842          ;-----
001834 E842          ;Les coefficients et leurs signes sont
001835 E842          ;connus; on peut maintenant calculer T1
001836 E842 8E0E25    TRF6.9: ldx PX          ;Recuperer adresse de X(k*N2)
001837 E845 10E0E3B   ldy PWcos        ;
001838 E849 8DE092     jar MultCoef    ;Calculer Xreel * Wcos
001839 E84C 700E3F    tst WcosSign     ;
001840 E84F 2A06      bpl TRF6.10    ;Wcos > 0 ?
001841 E851 CCE049    ldd #MultRes     ;Non, completer a 2 le resultat
001842 E854 8DE079     jar NegD          ;
001843 E857 8E0E49    TRF6.10: ldx #MultRes    ;T1reel <- Xreel * Wcos
001844 E85A 10E0E29   ldy #T1          ;
001845 E85E 8DEE38     jar TfrPxPy    ;
001846 E861 8E0E25    ldx PX          ;Calculer Ximag * Wsin
001847 E864 3003      leax 3,X          ;
001848 E866 10E0E3D   ldy Pwsin        ;
001849 E86A 8DE092     jar MultCoef    ;MultRes <- Ximag * Wsin
001850 E86D 700E40    tst WsinSign     ;
001851 E870 2A06      bpl TRF6.11    ;Wsin > 0 ?
001852 E872 CCE049    ldd #MultRes     ;Non, prendre complement a 2
001853 E875 8DE079     jar NegD          ;
001854 E878 8E0E29    TRF6.11: ldx #T1          ;
001855 E87B 8DEE41     jar Add3          ;
001856 E87E 8E0E49    ldx #MultRes    ;T1reel <- T1reel + Ximag * Wsin
001857 E881 10E0E29   ldy #T1          ;
001858 E885 8DEE38     jar TfrPxPy    ;
001859 E888 8E0E25    ldx PX          ;Calculer Ximag * Wcos
001860 E88B 3003      leax 3,X          ;
001861 E88D 10E0E3B   ldy PWcos        ;
001862 E891 8DE092     jar MultCoef    ;MultRes <- Ximag * Wcos
001863 E894 700E3F    tst WcosSign     ;
001864 E897 2A06      bpl TRF6.12    ;Wcos > 0 ?
001865 E899 CCE049    ldd #MultRes     ;Non, prendre complement a 2
001866 E89C 8DE079     jar NegD          ;
001867 E89F 8E0E49    TRF6.12: ldx #MultRes    ;T1imag <- Ximag * Wcos
001868 E8A2 10E0E29   ldy #T1          ;
001869 E8A6 3123      leay 3,Y          ;
001870 E8AB 8DEE38     jar TfrPxPy    ;
001871 E8AB 8E0E25    ldx PX          ;Calculer Xreel * Wsin
001872 E8AE 10E0E3D   ldy Pwsin        ;
001873 E8B2 8DE092     jar MultCoef    ;
001874 E8B5 700E40    tst WsinSign     ;
001875 E8B8 2806      bai TRF6.13    ;On inverse le signe de Wsin puisque le
001876 E8BA CCE049    ldd #MultRes    ;MultRes doit etre soustrait de T1imag
001877 E8BD 8DE079     jar NegD          ;
001878 E8C0 8E0E29    TRF6.13: ldx #T1          ;
001879 E8C3 3003      leax 3,X          ;
001880 E8C5 8DEE41     jar 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          rola              ;
001891 EBD9 F00E27      std  P2X          ;
001892 EBD0 F30E27      addd P2X          ;
001893 EBD0 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  V,D          ;
001901 EBF6 B0ED79      jsr  NegD          ;-Tireel
001902 EBF9 8E0E27      ldx  P2X          ;
001903 EBF0 BDEE41      jsr  Add3          ;Xreel(k) - Tireel
001904 EBF7 8E0E49      ldx  #MultRes      ;
001905 EC02 108E0E25    ldy  PX          ;
001906 EC06 BDEE38      jsr  TfrPxPy        ;Xreel(k+N2) <- Xreel(k) - Tireel
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  V,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) + Tireel
001927 EC3E 8E0E49      ldx  #MultRes      ;
001928 EC41 108E0E27    ldy  P2X          ;
001929 EC45 BDEE38      jsr  TfrPxPy        ;Xreel(k) <- Xreel(k) + Tireel
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      addd #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:  addd #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 FC0E35      TRF10:  ldd k               ;
001962 EC86 F30E31      addd N2              ;
001963 EC89 F00E35      std k                ;
001964 EC8C                                     ;-----
001965 EC8C                                     ;-----
001966 EC8C                                     ;
001967 EC8C C30001      addd #1              ;Verifier si c'est le dernier X
001968 EC8F 10830200    capd #N             ;k < N - 1 ?
001969 EC93 1025F040    lblo TRF4            ;
001970 EC97                                     ;-----
001971 EC97                                     ;-----
001972 EC97                                     ;Passer au calcul du vecteur suivant
001973 EC97 FC0E2F      TRF12:  ldd l               ;
001974 EC9A C30001      addd #1              ;
001975 EC9D F00E2F      std l                ;l = l + 1
001976 ECA0 FC0E31      ldd N2               ;
001977 ECA3 44          lsra                 ;
001978 ECA4 56          rorb                 ;
001979 ECA5 F00E31      std N2               ;N2 <- N2 / 2
001980 ECA8 FC0E33      ldd NU1              ;
001981 ECA8 030001      subd #1              ;
001982 ECAE F00E33      std NU1              ;NU1 <- NU1 - 1
001983 ECB1 CC0000      ldd #0               ;
001984 ECB4 F00E35      std k                ;k = 0
001985 ECB7 16F01F      lbra TRF3            ;
001986 ECB8                                     ;-----
001987 ECB8                                     ;-----
001988 ECB8                                     ;Demeler le vecteur de sortie
001989 ECB8 FC0E35      TRF13:  ldd k               ;
001990 ECB0 B0ED4E      jsr lBR              ;
001991 ECC0 F00E37      std i                ;
001992 ECC3                                     ;-----
001993 ECC3                                     ;-----
001994 ECC3 10830E35    TRF14:  capd k          ;
001995 ECC7 2359        bis TRF16            ;
001996 ECC9                                     ;-----
001997 ECC9                                     ;-----
001998 ECC9 FC0E35      TRF15:  ldd k               ;
001999 ECCC 58          lslb                 ;
002000 ECCD 49          rola                 ;
002001 ECCE F00E25      std PX               ;
002002 EC01 F30E25      addd PX              ;
002003 EC04 F30E25      addd PX              ;
002004 EC07 8E0225      ldx #UX              ;
002005 EC0A 3080        leax D,X              ;
002006 EC0C BF0E25      stx PX               ;Adresse partie reelle X(k)
002007 EC0F 108E0E29    ldy #T1              ;
002008 ECE3 B0EE38      jsr TfrPxPy          ;Tlreel = Xreel(k)
002009 ECE6 3003        leax 3,X              ;
002010 ECE8 3123        leay 3,Y              ;
002011 ECEA B0EE38      jsr TfrPxPy          ;Tlimag = Ximag(k)
002012 ECED FC0E37      ldd i                ;
002013 ECF0 58          lslb                 ;
002014 ECF1 49          rola                 ;
002015 ECF2 F00E27      std P2X              ;
002016 ECF5 F30E27      addd P2X             ;
002017 ECF8 F30E27      addd P2X             ;
002018 ECFB 8E0225      ldx #UX              ;
002019 ECFE 3080        leax D,X              ;
002020 ED00 BF0E27      stx P2X              ;Adresse partie reelle X(i)
002021 ED03 108E0E25    ldy PX               ;
002022 ED07 B0EE38      jsr TfrPxPy          ;Xreel(k) = Xreel(i)
002023 ED0A 3003        leax 3,X              ;
002024 ED0C 3123        leay 3,Y              ;
002025 ED0E B0EE38      jsr TfrPxPy          ;Ximag(k) = Ximag(i)
002026 ED11 8E0E29      ldx #T1              ;
002027 ED14 108E0E27    ldy P2X              ;
002028 ED18 B0EE38      jsr TfrPxPy          ;Xreel(i) = Tlreel
002029 ED1B 3003        leax 3,X              ;
002030 ED1D 3123        leay 3,Y              ;
002031 ED1F B0EE38      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 270B        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 43616C63756C2061 MCalfcTRF: .db "Calcul de la TRF&"
ED45 65206C6120545246
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'algorithme 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              Variables      ;
002063 OE41 IBRdep: .rs 2                ;Nombre-depart
002064 OE43 IBRres: .rs 2                ;Nombre-resultat
002065 OE45              ;-----
002066 ED4E              Programme      ;
002067 ED4E F00E41      IBR: std IBRdep    ;
002068 ED51 CC0000      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              ; *****
002087 ED79              ; NegD: Prendre le complement a 2 du contenu de l'adresse en D
002088 ED79              ;
002089 ED79              ; HIERARCHIE
002090 ED79              ; Sup: TRF, Ampl, Carre
002091 ED79              ; Inf: Aucun
002092 ED79              ;-----
002092 ED79 3410      NegD: pshs X          ;Sauvegarder X
002093 ED7B 1F01      tfr D,X              ;
002094 ED7D 63B4      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 E6B4      ldb ,X              ;
002101 ED8C C900      adcb #0              ;Ajouter la retenue aux 8 bits sup.
002102 ED8E E7B4      stb ,X              ;
002103 ED90 3590      puls X,PC            ;Recuperer X et retourner
002104 ED92              ;
002105 ED92              ; Module 452.3: MultCoef
002106 ED92              ; *****
002107 ED92              ; MULTCOEF: Multiplier un nombre par un coefficient
002108 ED92              ;
002109 ED92              ; PROCEDURE
002110 ED92              ; Ce module multiplie un nombre signe de 24 bits par un coefficient de 16

```

```

002110 ED92      ; bits non-signe < 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 0E45      Variables      ;
002134 0E45      VarTemp: .rs 3      ;Variable temporaire
002135 0E48      VarSign: .rs 1      ;Signe du nombre de depart (00 ou FF)
002136 0E49      MultRes: .rs 3      ;Resultat de la multiplication
002137 0E4C      ; -----
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 EC01      ldd 1,X      ;Transférer nombre de depart a VarTemp
002145 EDA2 F00E46      std VarTemp+1      ;
002146 EDA5 E684      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      adddd #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: ldx #VarTemp      ;
002160 EDEC 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 EDDF 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 F00E4A      std MultRes+1      ;
002174 EDEA 7F0E49      clr MultRes      ;Placer 00 dans l'octet sup.
002175 EDED A621      lda 1,Y      ;C2*U1
002176 EDEF E684      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 E684      ldb ,X      ;
002185 EE01 3D      mul      ;
002186 EE02 F30E49      addd MultRes      ;

```

```

002187 EE05 F00E49      std MultRes      ;
002188 EE08 700E46      tst VarSign      ;
002189 EE08 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
MC2:
002200 EE27 3590      MCFin:    puls X,PC      ;Recuperer X et retourner
;
; Module 452.31: AddResD
; *****
002201 EE29
; ADDRESD: Additionner variable MultRes au registre D
;
002202 EE29
; Entree:      D, MultRes
; Sortie:      MultRes
002203 EE29
; Appelle par: MultCoef
002204 EE29
; -----
002205 EE29 F30E4A      AddResD:  addd MultRes+1    ;Additionner 16 bits inf.
002206 EE2C F00E4A      ;          std MultRes+1    ;
002207 EE2F F60E49      ;          ldb MultRes      ;
002208 EE32 C900        ;          adcb #0        ;Additionner la retenue a l'octet sup.
002209 EE34 F70E49      ;          stb MultRes      ;
002210 EE37 39         ;          rts          ;
002211 EE38
; Module 452.4: TfrPxPy
; *****
002212 EE38
; TFRPXPy: Transferer le contenu de l'adresse en X a l'adresse en Y
;
002213 EE38
; Ce module transfere un nombre de 3 octets de l'adresse en X vers l'adresse
002214 EE38
; en Y. Ceci permet d'eviter la repetition de ldb, stb et ldd, std en
002215 EE38
; vue de simplifier la lecture de l'algorithme principal de la TRF.
002216 EE38
;
002217 EE38
; Entree:      Adresses en X et Y
; Sortie:      Adresse en Y
002218 EE38
; Appelle par: TRF
002219 EE38
; Appels:      Aucun
; -----
002220 EE38 E6B4      TfrPxPy:  ldb ,X          ;Transferer l'octet superieur
002221 EE3A E7A4      ;          stb ,Y          ;
002222 EE3C EC01      ;          ldd 1,X        ;Transferer les 16 bits inferieurs
002223 EE3E ED21      ;          std 1,Y        ;
002224 EE40 39         ;          rts          ;
002225 EE41
; Module 452.5: Add3
; *****
002226 EE41
; ADD3: Additionner deux nombres de 3 octets
;
002227 EE41
; Ce module additionne deux nombres de 3 octets, dont l'un est contenu dans
002228 EE41
; la variable MultRes, et l'autre se trouve a l'adresse indiquee par X.
002229 EE41
; Normalement, ce module est appele apres le module MultCoef qui laisse dans
002230 EE41
; MultRes, le resultat de la multiplication de T1 par un coefficient.
002231 EE41
;
002232 EE41
; Entree:      MultRes, X
; Sortie:      MultRes
002233 EE41
; Appelle par: TRF, Carre
002234 EE41
; Appelle:      Aucun
; -----
002235 EE41 EC01      Add3:      ldd 1,X          ;Additionner les 16 bits inf.
002236 EE43 F30E4A      ;          addd MultRes+1    ;
002237 EE46 F00E4A      ;          std MultRes+1    ;
002238 EE49 E6B4      ;          ldb ,X          ;
002239 EE4B F90E49      ;          adcb MultRes      ;Additionner avec la retenue les 8 bits sup.
002240 EE4E F70E49      ;          stb MultRes      ;
002241 EE51 39         ;          rts          ;
002242 EE52
; Module 452.6: Ampl
; *****
002243 EE52
; AMPL: Calculer les amplitudes
;
002244 EE52
; Cette section calcule les amplitudes de la TRF a partir des parties
002245 EE52
; reelles et imaginaires, pour les frequences de 0 a 1/(2T),
002246 EE52
; ou T = periode d'echant. (donc de 0 a N/2)
002247 EE52
;
002248 EE52
; Amplitude = Racine (Re^2 + Im^2)
002249 EE52
;

```

```

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: NegD, Decal7g, Carre, Add3XY, Racine
002282 EE52      ;-----
002283 EE52 6E0225  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 6D84      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,D      ;Im < 0, changer son signe
002303 EE75 C30003      addd #3      ;
002304 EE78 B0ED79      jsr  NegD      ;
002305 EE7B 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,D      ;Re < 0, changer son signe
002315 EE8E B0ED79      jsr  NegD      ;
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 EEA0 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,D      ;Im < 0, changer son signe
002329 EEA8 C30003      addd #3      ;
002330 EEA8 B0ED79      jsr  NegD      ;
002331 EEA6 B0EF08  Ampl2.3:  jsr  Carre      ;Calculer Re^2 et Im^2
002332 EEB1 3103      leay 3,X      ;
002333 EEB3 B0EF69      jsr  Add3XY      ;Calculer (Re^2+Im^2)
002334 EEB6 B0EF76      jsr  Racine      ; " Rac(Re^2+Im^2) et garder les 8 bps
002335 EEB9      ;-----
002336 EEB9 3006  Ampl3:   leax 6,X      ;Passer au X complexe suivant
002337 EEB8 8C082B      cmpx #(UX*6*(NbEchant/2+1))
002338 EEBE 2695      bne  Ampl1      ;Dernier X a calculer = N/2
002339 EEC0      ;-----
002340 EEC0 8E0225  Ampl4:   ldx  #UX      ;Transférer les resultats a Serie

```

```

002341 EEC3 108E0025      Idy *Serie      ;
002342 EEC7 E6B4          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 EE00 26F5          bne Ampl4.1      ;
002347 EE02 39           AmplFin: rts      ;
002348 EE03              ;
002349 EE03              ; Module 452.61: Decal7g
002350 EE03              ; *****
002351 EE03              ; DECAL7G: Decaler 16 bits de 7 positions vers la gauche
002352 EE03              ;
002353 EE03              ; FONCTION
002354 EE03              ; Ce module extrait les 8 bps des resultats qui sont sur 17 bits (voir mo-
002355 EE03              ; dule 452: TRF). Si l'indice est different de 0 ou 256, alors le resultat
002356 EE03              ; doit aussi etre multiplie par 2.
002357 EE03              ; Note: Le module sert uniquement dans le cas ou la partie reelle ou la
002358 EE03              ; partie imaginaire est nulle. Dans ce cas, il est inutile de calculer la
002359 EE03              ; racine de la somme des carres, et cette routine permet de gagner du temps.
002360 EE03              ;
002361 EE03              ; PROCEDURE
002362 EE03              ; Les 16 bps sont decalées a gauche de 7 positions, ce qui isole les 8 bps du
002363 EE03              ; nombre. Les 8 bas du nombre sont tout simplement ignores. De plus, si
002364 EE03              ; l>0 et <>N/2, c'est-a-dire que ce n'est ni la premiere ni la derniere
002365 EE03              ; composante frequentielle, un decalage supplementaire est effectue pour
002366 EE03              ; doubler le resultat.
002367 EE03              ;
002368 EE03              ; INTERFACE
002369 EE03              ; Entree: Adresse du nombre de 3 octets en X
002370 EE03              ; Sortie: Resultat remplace le nb de depart
002371 EE03              ;
002372 EE03              ; HIERARCHIE
002373 EE03              ; Sup: Ampl
002374 EE03              ; Inf: Aucun
002375 EE03              ; -----
002376 EE03 6801          Decal7g: lsl 1,X      ; Faire decaler de 7 bits a gauche,
002377 EE05 6984          rol ,X      ; les 16 bps. Les 8 bas sont ignores
002378 EE07 6801          lsl 1,X      ;
002379 EE09 6984          rol ,X      ;
002380 EE0B 6801          lsl 1,X      ;
002381 EE0D 6984          rol ,X      ;
002382 EE0F 6801          lsl 1,X      ;
002383 EE11 6984          rol ,X      ;
002384 EE13 6801          lsl 1,X      ;
002385 EE15 6984          rol ,X      ;
002386 EE17 6801          lsl 1,X      ;
002387 EE19 6984          rol ,X      ;
002388 EE1B 6801          lsl 1,X      ;
002389 EE1D 6984          rol ,X      ;
002390 EE1F          ; -----
002391 EE21          cmpx #UX      ; VERIFIER SI l=0 OU l=N/2
002392 EE23          beq D7GFin      ; Partie reelle de la 1ere composante?
002393 EE25          cmpx #(UX+3)      ; Oui, termine
002394 EE27          beq D7GFin      ; Partie imagin. de la 1ere composante?
002395 EE29          cmpx #(UX+6*NbEchant/2) ; Oui, termine
002396 EE2B          beq D7GFin      ; Partie reelle de la derniere compos.?
002397 EE2D          cmpx #(UX+3+6*NbEchant/2) ; Oui, termine
002398 EE2F          beq D7GFin      ; Partie imagin. de la derniere compos.?
002399 EE31          lsl 1,X      ; Oui, termine
002400 EE33          rol ,X      ; Non, decaler d'une position supplementaire
002401 EE35          D7GFin: rts      ;
002402 EE37          ;
002403 EE39          ; Module 452.62: Carre
002404 EE3B          ; *****
002405 EE3D          ; CARRE: Calculer le carre des parties reelles et imaginaires
002406 EE3F          ;
002407 EE41          ; FONCTION
002408 EE43          ; Ce module retourne le carre des parties reelles et imaginaires des
002409 EE45          ; resultats de la TRF.
002410 EE47          ;
002411 EE49          ; PROCEDURE
002412 EE4B          ; Les nombres d'entree ont 8 + 9 = 17 bits significatifs; ils sont ramenes a
002413 EE4D          ; 12 bits pour que le carre ne depasse pas 3 octets, puis le resultat est
002414 EE4F          ; ramene a 23 pour que la somme des carres ne depasse pas 24.
002415 EE51          ;
002416 EE53          ; N1 N2 -> 12 bits sign.
002417 EE55          ; * N1 N2
002418 EE57          ; -----
002419 EE59          ;

```

```

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 ; I
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 3010 leax -3,X ;
002439 EF12 39 CarreFin: rts ;
002440 EF13 ; -----
002441 EF13 6004 Carre1: tst ,X ;
002442 EF15 2A05 bpl Carre2 ;
002443 EF17 1F10 tfr X,D ;
002444 EF19 B0ED79 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 signifiatifs
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 1F69 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 B0EE41 jsr Add3 ;
002464 EF46 B0EE41 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 B0EE41 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 B0EE3B 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
002497 EF68 E321
002498 EF6D ED01
002499 EF6F E684
002500 EF71 E9A4
002501 EF73 E784
002502 EF75 39
002503 EF76
002504 EF76
002505 EF76
002506 EF76
002507 EF76
002508 EF76
002509 EF76
002510 EF76
002511 EF76
002512 EF76
002513 EF76
002514 EF76
002515 EF76
002516 EF76
002517 EF76
002518 EF76
002519 EF76
002520 EF76
002521 EF76
002522 EF76
002523 EF76
002524 EF76
002525 EF76
002526 EF76
002527 EF76
002528 EF76
002529 EF76
002530 0E4C
002531 0E4C
002532 0E4E
002533 0E50
002534 EF76
002535 EF76 7F0E4C
002536 EF79 7F0E4D
002537 EF7C 7F0E4E
002538 EF7F 7F0E4F
002539 EF82 CC000C
002540 EF85 F00E37
002541 EF88
002542 EF88 6802
002543 EF8A 6901
002544 EF8C 6984
002545 EF8E 790E4F
002546 EF91 790E4E
002547 EF94 6802
002548 EF96 6901
002549 EF98 6984
002550 EF9A 790E4F
002551 EF9D 790E4E
002552 EFA0 F00E4E
002553 EFA3 260E
002554 EFA5 F00E37
002555 EFA8 830001
002556 EFA8 F00E37
002557 EFAB 2608
002558 EFBD 1600A8
002559 EFB3
002560 EFB3 F00E4C
002561 EFB6 C30001
002562 EFB9 F00E4C
002563 EFBF F00E4E
002564 EFBF 830001
002565 EFC2 F00E4E
002566 EFC5 F00E37
002567 EFC8 830001
002568 EFCB F00E37
002569 EFCE 10270089
002570 EFD2
002571 EFD2 6802

;-----
Add3XY: ldd 1,X          ;
        addd 1,Y          ;Additionner les 16 bits inf.
        std 1,X          ;
        ldb ,X           ;
        adcb ,Y          ;Additionner avec retenue les 8 bits inf.
        stb ,X           ;
R3XYFin: rts             ;
;-----
; Module 452.64: Racine
; *****
; RACINE: Calculer la racine carree
;
; FONCTION
; Ce module calcule la racine carree d'un nombre dont l'adresse est en X,
; et le remplace par les 8 bits les plus significatifs du resultat.
; Les resultats a 12 bits significatifs se trouvent dans les variables Rac
; et Reste, telles que X = Rac^2 + Reste.
; De plus, le resultat est multiplie par 2, si la composante calculee n'est
; n'est ni la premiere (indice=0) ni la derniere (indice=NbEchant/2).
;
; PROCEDURE
; L'algorithme utilise est celui du livre de Laurent PADJASEK: "Techniques
; de programmation en assembleur, le calcul numerique", Sybex 1988, pp.47-51
;
; La notation: ? <- Rac <- Retenue exprime une rotation a gauche de 1 bit.
;
; INTERFACE
; Entree: X, adresse du nombre A de 3 octets remplace par resultat
; Sortie: 8 bps a l'adresse X,
; Rac, Reste (12 bits significatifs chacun)
;
; HIERARCHIE
; Sup: Appl
; Inf: Aucun
;-----
; Variables
; Rac: .rs 2             ;Racine sur 12 bits significatifs
; Reste: .rs 2           ;Reste = A - Rac^2
;-----
; Programme
; Racine: clr Rac         ;Initialisations
;         clr Rac+1       ;
;         clr Reste       ;
;         clr Reste+1     ;
;         ldd #d'12       ;i <- nombre de bits de Rac
;         std i           ;
;-----
; RacA: lsl 2,X           ;Retenue <- A <- 0
;        rol 1,X          ;
;        rol ,X           ;
;        rol Reste+1      ;? <- Reste <- Retenue
;        rol Reste        ;
;        lsl 2,X          ;Retenue <- A <- 0
;        rol 1,X          ;
;        rol ,X           ;
;        rol Reste+1      ;? <- Reste <- Retenue
;        rol Reste        ;
;        ldd Reste        ;
;        bne RacB         ;Si Reste <> 0 aller a B
;        ldd i            ;i <- i - 1
;        subd #1          ;
;        std i            ;
;        bne RacA         ;si i > 0 aller a A
;        lbra RacFin      ;sinon, fin
;-----
; RacB: ldd Rac           ;Rac <- Rac + 1
;        addd #1          ;
;        std Rac          ;
;        ldd Reste        ;Reste <- Reste - 1
;        subd #1          ;
;        std Reste        ;
;        ldd i            ;i <- i - 1
;        subd #1          ;
;        std i            ;
;        lbeq RacFin      ;si i = 0, fin
;-----
; 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 780E4D    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 EFFF 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    RacD: 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 transférer a adresse en X
002624 F05B 780E4D    RacFin: lsl Rac+1      ;en décalant 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          ;Vérifier si première ou dernière composante
002633 F073 8C0225    cmpx #UX          ;Première composante?
002634 F076 2710      beq RacRts        ;Oui, termine
002635 F078 8C0825    cmpx #(UX*6*NbEchant/2) ;Dernière composante?
002636 F07B 2708      beq RacRts        ;Oui, termine
002637 F07D 780E4D    lsl Rac+1        ;Non, décaler d'une position supplémentaire
002638 F080 790E4C    rol Rac          ;pour multiplier le résultat par 2
002639 F083 F60E4C    ldb Rac          ;
002640 F086 E784      stb ,X          ;
002641 F088 39      RacRts: rts          ;
002642 F089          ;
002643 F089          ; Module 453: Moyen
002644 F089          ;*****
002645 F089          ; MOYEN: Effectuer la moyenne
002646 F089          ;
002647 F089          ; FONCTION
002648 F089          ; Ce module effectue la moyenne de N résultats 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: SaleSign
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 acceleroemetres 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 ; teur 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: Mon
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 0911A2B .db h'09, h'11, h'1A, h'2B ;Gain #6
002712 F0A2 103C5994 .db h'10, 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 ; Commencer par le dernier acceleroemetre
002721 F0B5 8EF08A AnR1: ldx #Seuils ; Pointeur sur Seuils
002722 F0B6 108E000F ldy #NivGain ; " " Niveau de gain
002723 F0BC A6A5 ldx B,V ; Lire gain (de 1 a 8) correspondant
002724 F0BE 48 lsla B,V ; 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 ; Debuter avec Tempora = 4
002730 F0C8 108E000B ldy #Niveau ;
002731 F0CC A6A5 ldx B,V ; 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 F0D8 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 6C001D     cpx   #(NivEchel+7) ;Dernier NivEchel?
002750 F0F1 2408       bhs   AnResFin        ;Oui
002751 F0F3 911D       cpa   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 F0F8 39      AnResFin: rts             ;
002756 F0FC             ;-----
002757 F0FC 416E616C79736520 MAnalRes: .db "Analyse resultats&"
002758 F104 726573756C746174
002759 F10C 7326
002758 F10E

```

```

002759 F10E ;
002760 F10E ; Module 600: ComSor
002761 F10E ; *****
002762 F10E ; COMSOR: Commander les sorties
002763 F10E ;
002764 F10E ; FONCTION
002765 F10E ; Ce module commande les indicateurs et les relais de sortie en fonction des
002766 F10E ; resultats de l'analyse faite par le module AnalRes.
002767 F10E ;
002768 F10E ; PROCEDURE
002769 F10E ; Les variables internes sont examinees et les sorties des VIA sont activees
002770 F10E ; ou desactivees en consequence. De plus, l'indicateur 8 est inverse a
002771 F10E ; chaque execution du module.
002772 F10E ;
002773 F10E ; HIERARCHIE
002774 F10E ; Sup: Non
002775 F10E ; Inf: Aucun
002776 OE50 ;
002777 OE50 ;
002778 F10E ;
002779 F10E ;
-----
002780 F10E 8EF1E2 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 8DF2C8 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 ;
-----
002799 F13C 9610 CS1: lda Echelon ;DETERMINER LE NIVEAU DES VIBRATIONS
002800 F13E 2612 bne CS2 ;Niveau des vibrations = 0?
002801 F140 8DF2A1 jcr LcdEff ;Non, continuer
002802 F143 8EF22C ldx *MEchelo ;Oui, impossible
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 BON
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 8DF2E4         jsr LcdMess2      ;
002839 F19F 8634           lda #'4'          ;
002840 F1A1 8DF2FC         jsr LcdDon        ;
002841 F1A4 8DF50C         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       ;Oui
002847 F1B2 8DF2E4         jsr LcdMess2      ;
002848 F1B5 8635           lda #'5'          ;
002849 F1B7 8DF2FC         jsr LcdDon        ;
002850 F1BA 8DF50C         jsr Del500ms      ;
002851 F1BD 8605           lda *b'00000101    ;Activer OK et INADMISSIBLE
002852 F1BF 200C          bra CSFIN         ;
002853 F1C1 8EF23F         CS7:  idx *MEchelo6     ;Impossible => moniteur en panne
002854 F1C4 8DF2E4         jsr LcdMess2      ;
002855 F1C7 8DF50C         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 appropriés
002863 F1D8 870E50         sta PortD         ;Conserver le nouveau statut de PortD
002864 F1DB 878000         sta VD_ORD       ;Transmettre au UIA
002865 F1DE 8DF532         jsr MessSurv      ;
002866 F1E1 39           rts                ;
002867 F1E2              ;-----
002868 F1E2 436F6D6D616E6465 MCONSQR: .db "Commande des sorties%"
002869 F1F7 202A2A2A20415454 MPanel:  .db " *** ATTENTION ***%"
002870 F20A 204D4F4E49544555 MPanne2:  .db " MONITEUR EN PANNE%"
002871 F21D 4C65206E69766561 MEchelo:  .db "Le niveau est %%"
002872 F22C 4C65206E69766561 MEchelo0: .db "Le niveau est nul!%"
002873 F23F 4C65206E69766561 MEchelo6: .db "Le niveau depasse 5!%"
002874 F254

```

```

002875 F254 ; Module 700: SousRout
002876 F254 ; *****
002877 F254 ; SOUSROUT: Sous-routines utilitaires
002878 F254 ;
002879 F254 ; Ces sous-routines diverses simplifient la commande des interfaces periphe-
002880 F254 ; riques du systeme et sont regroupees en fichiers include.
002881 F254 ; -----
002882 F254 ; include( Lcd.asm) ; Commande de l'affichage
002883 F254 ; include( Via.asm) ; Interfaces polyvalents d'entree/sortie 6522
002884 F254 ; include( Aclia.asm) ; Lien serial RS-232
002885 F254 ; include( Clavier.asm) ; Clavier numerique
002886 F254 ; include( Diverses.asm) ; Delais et conversions
002887 F254 ; Module 710: Lcd
002888 F254 ; *****
002889 F254 ; LCD: Sous-routines de commande de l'affichage
002890 F254 ;
002891 F254 ; NOTES
002892 F254 ; Positions memoires hexadecimales de l'affichage Sharp LM2025SH:
002893 F254 ; -----
002894 F254 ; 100.....13|14.....27 28.....39
002895 F254 ; 140.....53|54.....67 68.....79
002896 F254 ; -----
002897 F254 ; <- Affichage -> <- Memoire -> <-Inexistant->
002898 F254 ; -----
002899 F254 ; CONSTANTES
002900 000C .equ LcdDep, h'0C ; Valeur par defaut de LcdStat
002901 F254 ; -----
002902 0E51 ; VARIABLES ;
002903 0E51 LcdStat: .rs 1 ; Memorisation du statut de l'affichage
002904 F254 ; PROGRAMME ;
002905 F254 ; Module 711: LcdInit
002906 F254 ; *****
002907 F254 LcdInit: ; INITIALISER L'AFFICHAGE
002908 F254 0638 ; Ids #h'38 ; Fixe la longueur des donnees a 8 bits
002909 F256 BDF303 ; jsr LcdIns ;
002910 F259 860C ; Ids #LcdDep ;
002911 F25B 870E51 ; sta LcdStat ;
002912 F25E BDF303 ; jsr LcdIns ;
002913 F261 BDF2A1 ; jsr LcdEff ;
002914 F264 39 ; rts ;
002915 F265 ; Module 712: LcdAff0
002916 F265 ; *****
002917 F265 3402 LcdAff0: pshs A ; ETEINDRE L'AFFICHAGE
002918 F267 B60E51 ; Ids LcdStat ;
002919 F26A 840B ; anda #b'00001011 ;
002920 F26C 202B ; bra Lcd1 ;
002921 F26E ; Module 713: LcdAff1
002922 F26E ; *****
002923 F26E 3402 LcdAff1: pshs A ; ALLUMER L'AFFICHAGE
002924 F270 B60E51 ; Ids LcdStat ;
002925 F273 8A04 ; oraa #b'00000100 ;
002926 F275 2022 ; bra Lcd1 ;
002927 F277 ; Module 714: LcdClig0
002928 F277 ; *****
002929 F277 3402 LcdClig0: pshs A ; DESACTIVER LE CLIGNOTEMENT
002930 F279 B60E51 ; Ids LcdStat ;
002931 F27C 840E ; anda #b'00001110 ;
002932 F27E 2019 ; bra Lcd1 ;
002933 F280 ; Module 715: LcdClig1
002934 F280 ; *****
002935 F280 3402 LcdClig1: pshs A ; ACTIVER LE CLIGNOTEMENT
002936 F282 B60E51 ; Ids LcdStat ;
002937 F285 8A01 ; oraa #b'00000001 ;
002938 F287 2010 ; bra Lcd1 ;
002939 F289 ; Module 716: LcdCurs0
002940 F289 ; *****
002941 F289 3402 LcdCurs0: pshs A ; RENDRE CURSEUR INVISIBLE
002942 F28B B60E51 ; Ids LcdStat ;
002943 F28E 840D ; anda #b'00001101 ;
002944 F290 2007 ; bra Lcd1 ;
002945 F292 ; Module 717: LcdCurs1
002946 F292 ; *****
002947 F292 3402 LcdCurs1: pshs A ; RENDRE CURSEUR VISIBLE
002948 F294 B60E51 ; Ids LcdStat ;
002949 F297 8A02 ; oraa #b'00000010 ;
002950 F299 B70E51 ; Lcd1: sta LcdStat ;
002951 F29C BDF303 ; jsr LcdIns ;

```

```

002952 F29F 3582          puls A,PC          ;
002953 F2A1                ;                  Module 71B: LcdEff
002954 F2A1                ; *****
LcdEff: pshs A              ; EFFACER L'AFFICHAGE
        lda #1              ;
        jsr Lcdlns          ;
        puls A,PC          ;
002958 F2A8 3582          ;                  Module 719: LcdPos0
002959 F2AA                ; *****
002960 F2AA                ;
LcdPos0: pshs A             ; PLACER LE CURSEUR A LA POSITION 0
        lda #2              ;
        jsr Lcdlns          ;
        puls A,PC          ;
002964 F2B1 3582          ;                  Module 71A: LcdPos
002965 F2B3                ; *****
002966 F2B3                ;
LcdPos:  oraa #b'10000000   ; PLACER LE CURSEUR A LA POSITION EN A
        jsr Lcdlns          ;
        rts                 ;
002970 F2B9                ;                  Module 71B: LcdCurs6
002971 F2B9                ; *****
002972 F2B9 3402          LcdCurs6: pshs A      ; RECULER LE CURSEUR D'UNE POSITION
        lda #b'00010000    ;
        jsr Lcdlns          ;
        puls A,PC          ;
002976 F2C2                ;                  Module 71C: LcdCursD
002977 F2C2                ; *****
002978 F2C2 3402          LcdCursD: pshs A      ; AVANCER LE CURSEUR D'UNE POSITION
        lda #b'00010100    ;
        jsr Lcdlns          ;
        puls A,PC          ;
002982 F2C8                ;                  Module 71D: LcdMessA
002983 F2C8                ; *****
002984 F2C8 8A80          LcdMessA: oraa #b'10000000 ; AFFICHER UN MESSAGE A LA POSITION EN A
        jsr Lcdlns          ;
002988 F2D0                ;                  Module 71E: LcdMess
002989 F2D0                ; *****
002990 F2D0 3406          LcdMess:  pshs A,B      ; AFFICHER UN MESSAGE A LA POSITION COURANTE
        ldb #20             ;
002994 F2D4 8614          Lcd2:      lda #X+       ;
        cmpa #'&'           ; Caractere = '&'?
        beq Lcd3            ; Oui, fin du message
        jsr LcdDon          ;
        decb                ; 20e caractere?
        beq Lcd3            ; Oui, termine
        bra Lcd2            ;
002998 F2E2 3586          Lcd3:      puls A,B,PC   ;
002999 F2E4                ;                  Module 71F: LcdMess2
003000 F2E4                ; *****
003001 F2E4 3410          LcdMess2:                ; AFFICHER UN MESSAGE A LA LIGNE 2
        pshs X              ; Conserver le message a afficher
        lda #h'40           ; Effacer la deuxieme ligne de l'affichage
        ldx #H10Blanc       ;
        jsr LcdMessA        ;
        ldx #H10Blanc       ;
        jsr LcdMess         ;
        lda #h'40           ; Placer le curseur au debut ligne 2
        puls X              ; Recuperer le message
        jsr LcdMessA        ;
        rts                 ;
003010 F2FB 39            ;                  Module 71G: LcdDon
003011 F2FC                ; *****
003012 F2FC                ;
LcdDon:  jsr LcdPret        ; ENVOYER UNE DONNEE A L'AFFICHAGE
        sta LcdDR           ;
        rts                 ;
003016 F303                ;                  Module 71H: Lcdlns
003017 F303                ; *****
003018 F303 8DF30A          Lcdlns:  jsr LcdPret   ; ENVOYER UNE INSTRUCTION A L'AFFICHAGE
        sta LcdIR           ;
        rts                 ;
003020 F309 39            ;                  Module 71J: LcdPret
003021 F30A                ; *****
003022 F30A                ;
LcdPret: pshs A             ; ATTENDRE QUE L'AFFICHAGE SOIT LIBRE
        lda LcdIR           ; Lire le registre d'instructions
        bmi Lcd4            ; Bit 7 = 1 => LCD occupe
        puls A,PC          ;
003027 F313                ; -----
003028 F313 20202020202020 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 B6900B
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)
;Interface avec clavier
    lda #b'00001111
    sta UO_D0AC
;
    lda #b'11111111
    sta UO_D0AD
;
    lda #0
    sta UO_PCA
;PCR initialise pour CA1 actif trans. neg.
    lda #b'10000010
    sta UO_IER
;Permettre les interruptions de CA1
;
;-----
    lda #b'00111111
    sta U1_D0RA
;UIA #1 (Ports A et B)
    lda #b'11000111
    sta U1_D0RB
;
    lda #b'00001000
    sta U1_ACR
;Shift in under control of phi2
;CB1 = haut + 8 impulsions descendantes
;CB2 = entree du SR
;Placer les sorties en position basse
    lda #0
    sta U1_ORA
;
    sta UO_ORC
;
    sta UO_ORD
;
    lda #b'01000000
    sta U1_ORB
;Placer CS* du CAH en position haute
    rts
;
; Modules 722/723: UiaSig-
; *****
; UIAISIG-: 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 V, qui est le maximum
; que l'appareil peut tolerer. Le signal devrait etre attenué pour permet-
; tre de verifier l'appareil a plusieurs niveaux de gain.
;
; Module 722: UiaSig1
; *****
; UIAISIG1: 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
;
;-----
UiaSig1: 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
    lda #h'18
    sta U1_T1CH
;Octet inferieur
;Octet superieur
    lda U1_ACR
;Declencher l'onde carree PB7
    ora #b'11000000
    sta U1_ACR
;ACR7 = ACR6 = 1
    rts
;
; Module 723: UiaSig0
; *****
; UIAISIG0: Desactiver le signal de verification interne
;
;
; PROCEDURE
; Cette sous-routine arrete l'onde carree declenchee par UiaSig1.
;
; HIERARCHIE

```

```

003105 F365      ; Sup: Diagnost
003106 F365      ; Inf: Aucun
003107 F365      ;
-----
003108 F365 B6900B Ula1Sig0: lda U1_ACR          ;Arreter l'onde carree sur PB7
003109 F368 843F      anda #b'00111111      ;ACR7 = ACR6 = 0
003110 F368 B7900B      sta U1_ACR          ;
003111 F360 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 serielele
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          ;(0110) 300 baud
003133 F376      ;(1000)1200 baud
003134 F376      ;(1110)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 AciaCOM          ;(1)recepteur en fonction, DTA bas
003139 F378 0F01      clr ReqSer          ;
003140 F370 0F21      clr SerMess          ;
003141 F37F 0F22      clr SerMess+1        ;
003142 F381 0F23      clr SerMess+2        ;
003143 F383 39      RInitFin: rts          ;
003144 F384      ;                               Module 732: AciaEcr
003145 F384      ; *****
003146 F384      ; ACIAECR: Ecrire le contenu du registre A a l'ACIA
003147 F384      ;
003148 F384      ; FONCTION
003149 F384      ; Ce module envoie le contenu de A au registre de donnees de l'ACIA
003150 F384      ;
-----
003151 F384 80F38B      AciaEcr: jsr AciaPret      ;Attendre que l'ACIA soit libre
003152 F387 B77000      sta AciaDA          ;Ecrire la donnee
003153 F38A 39      rts                  ;
003154 F38B      ;                               Module 733: AciaPret
003155 F38B      ; *****
003156 F38B      ; ACIAPRET: Attendre que l'ACIA soit libre
003157 F38B      ;
003158 F38B      ; NOTES
003159 F38B      ; Prevenir le cas ou l'ACIA pourrait etre defectueux, ou le module
003160 F38B      ; deviendrait pris dans la boucle.
003161 F38B      ;
-----
003162 F38B 3402      AciaPret: psha A          ;
003163 F380 B67001      Acial: lda AciaSR          ;Lire le statut
003164 F390 8410      anda #b'00010000      ;bit 4 = 1 => Transmit register empty
003165 F392 27F9      beq Acial          ;Attendre que le bit passe a 1
003166 F394 3582      pula A,PC          ;
003167 F396      ;                               Module 734: AciaEnv
003168 F396      ; *****
003169 F396      ; ACIAENU: Envoyer les echantillons ou les resultats de la TAF
003170 F396      ;
003171 F396      ; PROCEDURE
003172 F396      ; Le module verifie le type de l'envoi selon la valeur du registre A:
003173 F396      ; - 1 Indique d'envoyer les donnees echantillonnees,
003174 F396      ; - 2 " " " " resultats de l'analyse de Fourier
003175 F396      ; La permission de transmettre doit avoir ete recue avant que le module ne
003176 F396      ; debute la transmission (bit 7 de ReqSer = 1).
003177 F396      ;
003178 F396      ; Les donnees sont envoyees selon le format suivant:
003179 F396      ; 1. 00
003180 F396      ; 2. "ECH" ou "TAF": Codes Ascii pour représenter echantillons ou resultats
003181 F396      ; de Fourier

```

```

003182 F396      ; 3. "*"      : No d'accelerometre en ascii,
003183 F396      ; 4. 00
003184 F396      ; 5. Serie    : Contenu de Serie (00 remplace 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 remplacees par
003189 F396      ; "01" pour reserver "00" a la synchronisation. Les "FF" sont remplacees 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 ATQ.
003195 F396      ;
003196 F396      ; HIERARCHIE
003197 F396      ; Sup: SaieTRF
003198 F396      ; Inf: AcliaEcr
003199 F396      ; -----
003200 0E52      Variables
003201 0E52      Compteur: .rs 1      ; Compteur de donnees
003202 F396      Programme
003203 F396      ; -----
003204 F396 1F89      AcliaEnv: tfr A,B      ; Memoriser A
003205 F396      ; -----
003206 F396 0D01      tst ReqSer      ; ATTENDRE LA PERMISSION DE TRANSMETTRE
003207 F396 277C      beq AEnvFin      ; Si ReqSer = 0, annuler la transmission
003208 F396 2B08      bml AEnv1.1      ; Si ReqSer < 0, permettre la transmission
003209 F396 863F      lda #'?'      ; Si ReqSer > 0, envoyer '?'
003210 F3A0 8DF384      jcr AcliaEcr      ;
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 8DF384      jcr AcliaEcr      ;
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 8DF384      jcr AcliaEcr      ;
003228 F3C4 8643      lda #'C'      ;
003229 F3C6 8DF384      jcr AcliaEcr      ;
003230 F3C9 8648      lda #'H'      ;
003231 F3CB 8DF384      jcr AcliaEcr      ;
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 "TFR"
003238 F3DB 8DF384      jcr AcliaEcr      ;
003239 F3DE 8652      lda #'R'      ;
003240 F3E0 8DF384      jcr AcliaEcr      ;
003241 F3E3 8646      lda #'F'      ;
003242 F3E5 8DF384      jcr AcliaEcr      ;
003243 F3E8 9603      AEnv3: lda Acceler      ; Envoyer no d'accelerometre
003244 F3EA 8EF4F5      ldx #ClatbAsc      ; Convertir en ascii
003245 F3ED A686      lda A,X      ;
003246 F3EF 8DF384      jcr AcliaEcr      ;
003247 F3F2 8600      lda #'00      ; Envoyer "00"
003248 F3F4 8DF384      jcr AcliaEcr      ;
003249 F3F7 8E0025      ldx #Serie      ;
003250 F3FA 0D01      AEnv4: tst ReqSer      ; ReqSer = 0 ?
003251 F3FC 2715      beq AEnvTerm      ; Oui, termine
003252 F3FE A680      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 serial sur PC
003258 F40A 86FE      lda #'FE      ;

```

```

003259 F40C BDF384      REnv6:   jsr  AclEcr      ;
003260 F40F 313F         leay  -1,V      ;Derniere valeur ?
003261 F411 26E7         bne  REnv4      ;Non, continuer
003262 F413              ;-----
003263 F413 8600          REnvTerm: lda  #h'00      ;Termine, envoyer "00"
003264 F415 BDF384       jsr  AclEcr      ;
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  AclEcr      ;Envoyer message "ERR:*734"
003270 F420 8652         lda  #'A'      ;(*734 est le code hierarchique du module)
003271 F422 BDF384       jsr  AclEcr      ;
003272 F425 8652         lda  #'A'      ;
003273 F427 BDF384       jsr  AclEcr      ;
003274 F42A 863A         lda  #'.'      ;
003275 F42C BDF384       jsr  AclEcr      ;
003276 F42F 8623         lda  #'.'      ;
003277 F431 BDF384       jsr  AclEcr      ;
003278 F434 8637         lda  #'7'      ;
003279 F436 BDF384       jsr  AclEcr      ;
003280 F439 8633         lda  #'3'      ;
003281 F43B BDF384       jsr  AclEcr      ;
003282 F43E 8634         lda  #'4'      ;
003283 F440 BDF384       jsr  AclEcr      ;
003284 F443 39           rts       ;
003285 F444              ;
003286 F444              ; Module 740: Clavier
003287 F444              ; *****
003288 F444              ; CLAVIER: Sous-routines d'accès au clavier
003289 F444              ;
003290 F444              ; Module 741: ClacHif1
003291 F444              ; *****
003292 F444              ; CLACHIF1: Lire un chiffre au clavier
003293 F444              ;
003294 F444              ; FONCTION
003295 F444              ; Cette sous-routine permet de lire au clavier un chiffre unique.
003296 F444              ; Le chiffre peut être change à volonté jusqu'à ce que la touche Renvoi
003297 F444              ; soit activée. Le numéro de la cle choisie, en hexadecimal, ou FF, si
003298 F444              ; aucune cle n'est enfoncée, est retournée dans A.
003299 F444              ;
003300 F444              ; HIERARCHIE
003301 F444              ; Inf: LcdClig1 ClacLin  LcdDon  LcdCursG  LcdClig0
003302 F444              ;-----
003303 0E53              Variables
003304 0E53              ; Cle1:      ;Numero de la cle enfoncée
003305 F444              ; Programme
003306 F444              ;-----
003307 F444 BDF280      ClacHif1: jsr  LcdClig1    ;Activer clignotement
003308 F447 86FF         lda  #'FF'      ;Mettre Cle1 a FF
003309 F449 B70E53      sta  Cle1      ;
003310 F44C BDF46E      CC1:   jsr  ClacLin    ;Lire clavier
003311 F44F 8108         cmpa #'B'      ;Cle = * (retour)
003312 F451 2714         beq  CCFin      ;Oui, termine
003313 F453 81FF         cmpa #'FF'     ;Cle = FF
003314 F455 27F5         beq  CC1       ;Oui, retourner lire clavier
003315 F457 B70E53      sta  Cle1      ;Mettre Cle1 a cle
003316 F45A 8EFAF5      ldx  #ClacTbAsc  ;Afficher cle (ASCII)
003317 F45D A686         lda  A,X      ;
003318 F45F BDF2FC      jsr  LcdDon      ;
003319 F462 BDF2B9      jsr  LcdCursG    ;Reculer le curseur
003320 F465 20E5         bra  CC1       ;
003321 F467 BDF277      CCFin: jsr  LcdClig0    ;Desactiver clignotement
003322 F46A B60E53      lda  Cle1      ;Mettre A a Cle1
003323 F46D 39           rts       ;
003324 F46E              ;
003325 F46E              ; Module 742: ClacLin
003326 F46E              ; *****
003327 F46E              ; CLACLIN: Lire le clavier sans rebonds
003328 F46E              ;
003329 F46E              ; FONCTION
003330 F46E              ; Ce module lit le clavier en éliminant les rebonds
003331 F46E              ;
003332 F46E              ; PROCEDURE
003333 F46E              ; Le clavier est lu de façon répétée à toutes les 10 ms, jusqu'à ce que deux
003334 F46E              ; lectures consécutives retournent la même cle.
003335 F46E              ;
003336 F46E              ; HIERARCHIE

```

```

003336 F46E      ; Inf: ClaLiReb
003337 F46E      ;
003338 F46E      ;-----
003339 0596      ;      CONSTANTES      ;
003340 F46E      .equ      CteRebon,      d'1430      ;1430 * 7us = 10ms
003341 F46E      ;      PROGRAMME      ;
003342 F46E      ;-----
003342 F46E 8DF484 ClaLir:  jsr      ClaLiReb      ;Lire le clavier avec rebonds
003343 F471 B70E54 CL1:      sta      CiePrec      ;Memoriser la cle
003344 F474 8E0596      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      cmpa      CiePrec      ;Cie = cie 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      ;Cie de la lecture precedente
003372 F484      ;      PROGRAMME      ;
003373 F484      ;-----
003374 F484 86FE      ClaLiReb: lda      *b'11111110      ;ACTIVER RANGE 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      cmpa      *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 RANGE
003381 F494 BDF40F      jsr      ClaCod      ;TROUVER LA COLONNE
003382 F497 203D      bra      ClaFin      ;
003383 F499 86FD      Cla1:  lda      *b'11111101      ;ACTIVER RANGE 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      cmpa      *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 RANGE
003390 F4A9 BDF40F      jsr      ClaCod      ;TROUVER LA COLONNE
003391 F4AC 2028      bra      ClaFin      ;
003392 F4AE 86FB      Cla2:  lda      *b'11111011      ;ACTIVER RANGE 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      cmpa      *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 RANGE
003399 F4BE BDF40F      jsr      ClaCod      ;TROUVER LA COLONNE
003400 F4C1 2013      bra      ClaFin      ;
003401 F4C3 86F7      Cla3:  lda      *b'11110111      ;ACTIVER RANGE 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      cmpa      *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 RANGE
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 58          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 F4ED 090A000B0C0D0E0F .db h'09,h'0A,h'0D,h'0B,h'0C,h'0D,h'0E,h'0F
003430 F4F5          HexAscii:
003431 F4F5 3031323334353637 ClaTbAsc: .db "0123456789ABCDEF"
003432 F4FD 3839414243444546 F4FD
003432 F505          ;
003433 F505          ;                               Module 750: Diverses
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          ; - Del1500ms: 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: jsr Del500ms      ;
003450 F508 BDF50C      jsr Del500ms      ;
003451 F50B 39          rts          ;
003452 F50C          ;
003453 F50C          ;                               Module 752: Del500ms
003454 F50C          ; *****
003455 F50C          ; DEL500MS: Creer un delai d'environ 1/2 seconde
003456 F50C          ;
003457 F50C          ; -----
003458 F50C          ;          CONSTANTES          ;
003459 F50C          ; .equ Cte500ms, h'FFFF ;65536 * 7us = 459ms
003460 F50C          ;          PROGRAMME          ;
003461 F50C          ; -----
003462 F50C 3410      Del500ms: pshs X          ;
003463 F511 8EFFFF      ldx #Cte500ms      ;
003464 F513 26FC      Div1: leax -1,X          ;4us
003465 F515 3590      bne Div1          ;+3us = 7us
003466 F517          puls X,PC          ;
003467 F517          ;
003468 F517          ;                               Module 753: HexAsc
003469 F517          ; *****
003470 F517          ; HEXASC: Convertir un octet en deux codes Ascii et l'afficher
003471 F517          ; -----
003472 F517 3402      HexAsc: pshs A          ;Conserver la valeur a convertir
003473 F519 44          lsr          ;Extraire les 4 BPS de la valeur
003474 F51A 44          lsr          ;
003475 F51B 44          lsr          ;
003476 F51C 44          lsr          ;
003477 F51D 8EF4F5      ldx #ClaTbAsc      ;Convertir en Ascii
003478 F520 A686      ldx A,X          ;
003479 F522 BDF2FC      jsr LcdDon          ;Afficher la moitie inferieure de l'octet
003480 F525 3502      puls A          ;Rappeler la valeur a convertir
003481 F527 840F      anda #b'00001111      ;Extraire les 4 BMS de la valeur
003482 F529 8EF4F5      ldx #ClaTbAsc      ;Convertir en Ascii
003483 F52C A686      ldx A,X          ;
003484 F52E BDF2FC      jsr LcdDon          ;
003485 F531 39          HAFin: rts          ;
003486 F532          ;
003487 F532          ;                               Module MessSurv: 754
003488 F532          ; *****
003489 F532          ; MESSSURV: Afficher le message "Surveillance"
003490 F532          ;

```

```

003489 F532          ;-----
003490 F532 80F2A1    MessSurv: jnr LcdEff          ;Effacer l'affichage
003491 F535 8EF53C          ldx #MSurveil          ;
003492 F538 80F2D0          jnr LcdMess          ;
003493 F53B 39          rts          ;
003494 F53C          ;-----
003495 F53C 202D3E2053555256 MSurveil: .db " -> SURVEILLANCE <- "
F544 45494C4C4114E4345
F54C 203C2D20
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 FIIRQ          ;
003505 FFF6 E067          .dw IntAlim          ;Interruption d'alimentation
003506 FFF8          .end          ;

```

A3XVFIN =EF75 CLAR4 =F4C3 HEXASCII=F4F5 MANNUL =E178 MPFIN =E368 SELPARAM=E42E VO_LIFR =8000
 ACCACTIF=0002 CLAR4 =F4DC I =-OE37 MAR1 =E22B NSELACCE=E416 SERIE =0025 VO_ORC =8001
 ACCELER =0003 CLAR5 =F4E0 IBR =-ED4E MARCHARR=E774 NSELCHOI=E4E2 SERMESS =0021 VO_ORO =8000
 ACIA =7000 CLACHIF1=F444 IBR1 =-ED5A MARCHA =0006 NSELGRIN=E408 SEUILS =F00A VO_PCR =800C
 ACIA1 =F360 CLACOD =F4DF IBADEP =-OE41 MC1 =-EDC9 NSELPARA=E473 SG1 =-E48E VO_SA =800A
 ACIACOM =7002 CLAFIN =F4D6 IBAFIN =-ED7B MC2 =-EE27 MSSACCEL=E731 SG1.1 =-E4C9 VO_T1CH =8005
 ACIACR =7003 CLALIR =F46E IBRRES =-OE43 MCALCTRF=ED3D MSSIGH1 =E741 SG2 =-E40B VO_T1CL =8004
 ACIADR =7000 CLALIREB=F484 INSERO =-E570 MCFIN =-EE27 MSSIGN2 =E755 SGFIN =-E4DA VO_T1LH =8007
 ACIAREC =F384 CLATBASC=F4F5 INSER1 =-E58E MCHOIX7 =E24F MSSIGN3 =E762 SP1 =-E455 VO_T1LL =8006
 ACIAENU =F396 CLATBNUM=F4E5 INSER2 =-E596 MCOMSOR =F1E2 MSURUEIL=F53C SP2 =-E470 VO_T2CH =8009
 ACIAINIT=F371 CLE1 =-OE53 INSER3 =-E59E MDIAGCAN=E674 MULTCOEF=ED92 SPFIN =-E472 VO_T2CL =8008
 ACIAPRET=F38B CLEPREC =-OE54 INSERFIN=E5AA MDIAGCRE=E68B MULTRES =-OE49 SSIGN1 =-E6DC U1 =9000
 ACIASA =7001 CLFIN =F483 INSERNUL=E5A6 MDIAGN =-E662 NUXACCEL=E421 SSIGN1.1=E6E4 VI_ACA =900B
 ADD3 =-EE41 COMPTEUR=DE52 INSEROK =-E5A8 MDIAGNER=E6B0 NUXGAIN =-E4F6 SSIGN2 =-E6EA U1_DDBA =9003
 ADD3XY =-EF69 COMSOR =F10E INT10 =-E08F MDIAGRMS=E69C NUXPARAM=E47C SSIGN3 =-E6FC U1_DDBB =9002
 ADDRESO =-EE29 CONVERT =E510 INT5 =-E073 MECHANT =E8B0 NUALEUR =-E547 SSIGN3.1=E721 U1_LIA =900E
 AENU1 =F3A3 CS0 =-F123 INT6 =-E078 MECHELO =F21D N =-0200 SSIGNFIN=E72D U1_LIFR =9000
 AENU1.1 =F3A9 CS1 =F13C INT7 =-E070 MECHELOO=F22C N2 =-OE31 STAF1 =-E820 U1_OIRA =900F
 AENU2 =F3D0 CS1.1 =F14C INT8 =-E082 MECHELO6=F23F NBECHANT=0200 STAF2 =-E825 U1_ORA =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 =-OE29 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 NNI =-FFFC TRAPXPV =-EE3B U1_T1CL =9004
 AENUFIN =F418 CS7 =F1C1 INTERER =E099 MINTUIBR=E7EE NU =-0009 TRF =-E99B U1_T1LH =9007
 AENUTERM=F413 CSFIN =F1CD INTERFIN=E099 MMODACC =-E36C NU1 =-OE33 TRF1 =-E9A1 U1_T1LL =9006
 AFFMES =-E536 CTESOOMS=FFFF INTERSEA=E550 MMODE =-E124 P =-OE39 TRF1.1 =-E9A8 U1_T2CH =9009
 AFFRES =-E18D CTAREBON=0596 INTU1 =-E094 MMODE1 =-E139 P2X =-OE27 TRF10 =-EC83 U1_T2CL =9008
 RINITFIN=F383 D7GFIN =-EF07 INTUIBR =E7C2 MMODE2 =-E14E PANHE =-0007 TRF11 =-EC8F VARSIGN =-OE48
 AMPL =-EE52 DECARLG =-EED3 IRAQ =-FFF8 MMODE3 =-E163 PARAM =-0004 TRF12 =-EC97 VARTEMP =-OE45
 AMPL1 =-EE55 DELISEC =F505 IUFIN =-E7ED MNP1 =-E380 PORTD =-OE50 TRF13 =-EC8A VIASIG0=F365
 AMPL1.1 =-EE6F DEL500MS=F50C K =-OE35 MNP2 =-E394 PWCOS =-OE3B TRF14 =-ECC3 VIASIG1=F352
 AMPL1.2 =-EE7B DELECH =-004A L =-OE2F MNP3 =-E39A PWSIN =-OE30 TRF15 =-ECC9 VIASIG2 =F31E
 AMPL2 =-EE8B DIAGN1 =-E5B7 LCD =-6000 NIUEAU =-E246 PX =-OE25 TRF16 =-ED22 VIAGULE =001E
 AMPL2.1 =-EE91 DIAGN2 =-E5E7 LCD1 =-F299 MODACC =-E263 RAC =-OE4C TRF17 =-ED2E VO_OIRA =800F
 AMPL2.2 =-EEA2 DIAGN3 =-E612 LCD2 =-F2D4 MON1 =-E021 RACA =-EF88 TRF2 =-E9BC USSIGH1 =0024
 AMPL2.3 =-EEAE DIAGNERA=E637 LCD3 =-F2E2 MON2 =-E02B RACB =-EF83 TRF3 =-E9D9 UX =0225
 AMPL3 =-EEB9 DIAGNFIN=E661 LCD4 =-F30C MONDEBUT=E046 RACC =-EFD2 TRF4 =-E9E4 W =-E89D
 AMPL4 =-EECD DIAGNOST=E5AB LCDAFFO =F265 MONFIN =-E056 RACC.1 =-F028 TRF5 =-E9EA WCOSSIGN=E3F
 AMPL4.1 =-EEC7 DIV1 =-F511 LCDAFF1 =F26E MONITEUR=E000 RACC.2 =-F039 TRF5.1 =-E9F0 WSINSIGN=E410
 AMPLFIN =-EED2 ECH1.1 =-E857 LCDCLIG0=F277 MONSURU =-E04D RACD =-F04E TRF5.2 =-E9F8
 ANALRES =-FOAA ECH1.2 =-E867 LCDCLIG1=F280 NOVEN =-F0B9 RACFIN =-F05B TRF6 =-E9FE
 ANR1 =-F0B5 ECH2 =-E873 LCDCURSO=F289 NP1 =-E27B RACINE =-EF76 TRF6.1 =-EA1B
 ANR1.1 =-F0CE ECH2.1 =-E875 LCDCURS1=F292 NP2.1 =-E29A RACATS =-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 =-EB0C
 AR1 =-E1AC EPROM2 =C000 LCDONN =F2FC NP2.31 =-E2C8 REQCLAV =0000 TRF6.14 =-EBD4
 AR1.1 =-E1BC EPROM3 =A000 LCDRA =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 LCDINIT =F254 NP2.5 =-E2E6 RESTE =-OE4E 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 FIAQ =-FFF6 LCDPOS =F2B3 NP3 =-E321 SAISTAF =E802 TRF7 =-EC68
 CARRE3 =-EF2D GA1 =-E793 LCDPOS0 =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 =-OE51 NP3.2 =-E34F SC3 =-E105 TRAFFIN =-ED39
 CCFIN =-F467 GAIN =-0005 MIOBLANC=F313 NP3.21 =-E356 SC4 =-E10E U0 =-8000
 CL1 =-F471 GAINAUTO=E784 MA1 =-E781 NP3.22 =-E363 SC5 =-E117 VO_ACR =800B
 CL2 =-F477 GAMMA =0009 MAFFRES =E218 NP3.23 =-E366 SCFIN =-E123 VO_DDBA =8003
 CLR1 =-F499 HAFIN =F531 MAFIN =-E783 MPAHNE1 =F1F7 SELACCEL=E3EC VO_DDBD =8002
 CLR2 =-F48E HEXASC =F517 MANALRES=FOFC MPAHNE2 =F20A SELGAIN =-E489 VO_LIA =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 sériele 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
*
* menu
* | menu0
* | | sendat0
* | menu1
* | | 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 seriei */
    if(comm_opn(COM1, B1200, NPARITY, BIT8, 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 serie (risque d'erreur fatale de systeme sinon) */
if(comm_close(COM1) == -1)
    printf("\nErreur à la fermeture du port série\n\n");
}

/*****
* 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 reinitialise le moniteur et affiche un message a cet effet.
*
*/

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

```

```

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 echantillonnees 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);
clrscr();
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);
modegraph(&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 != grOk)
{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).

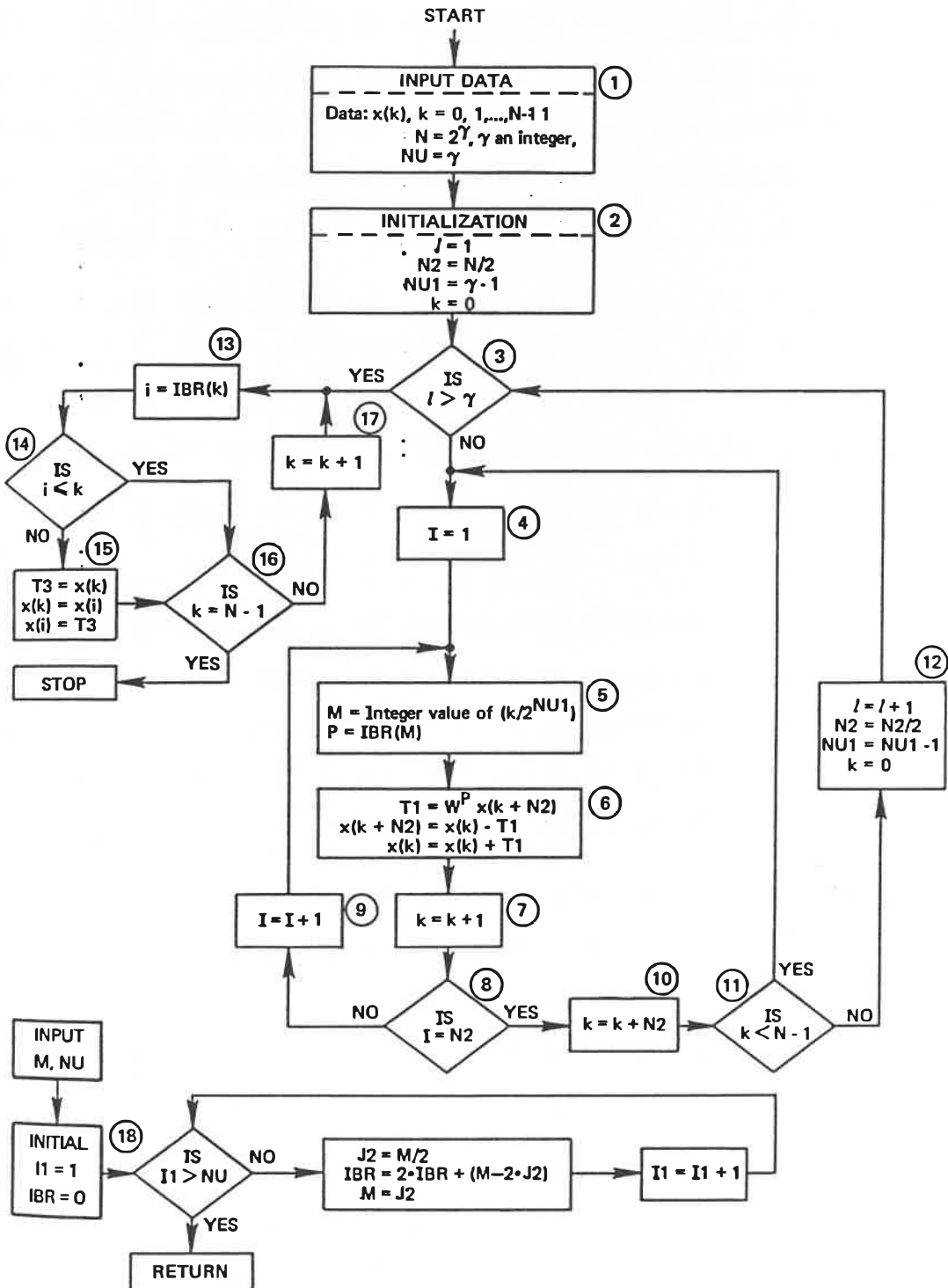


Figure 8.6 FFT computer program flowchart.

ANNEXE D

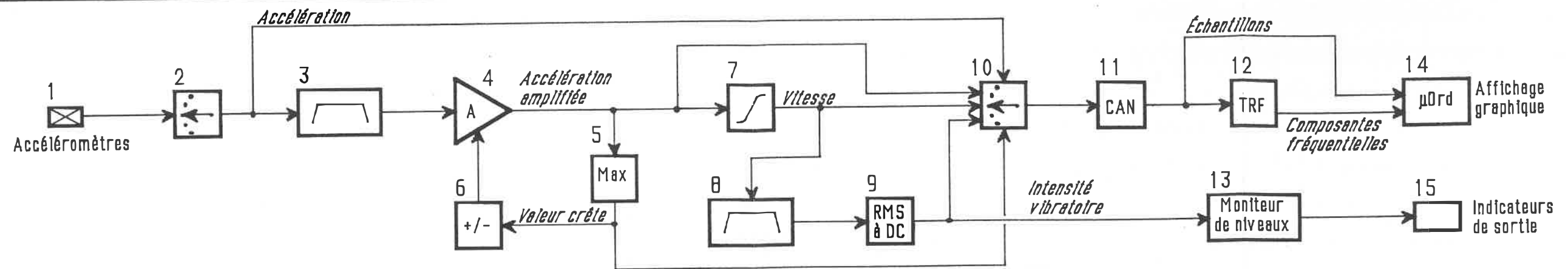
DESSINS DU PROTOTYPE

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.

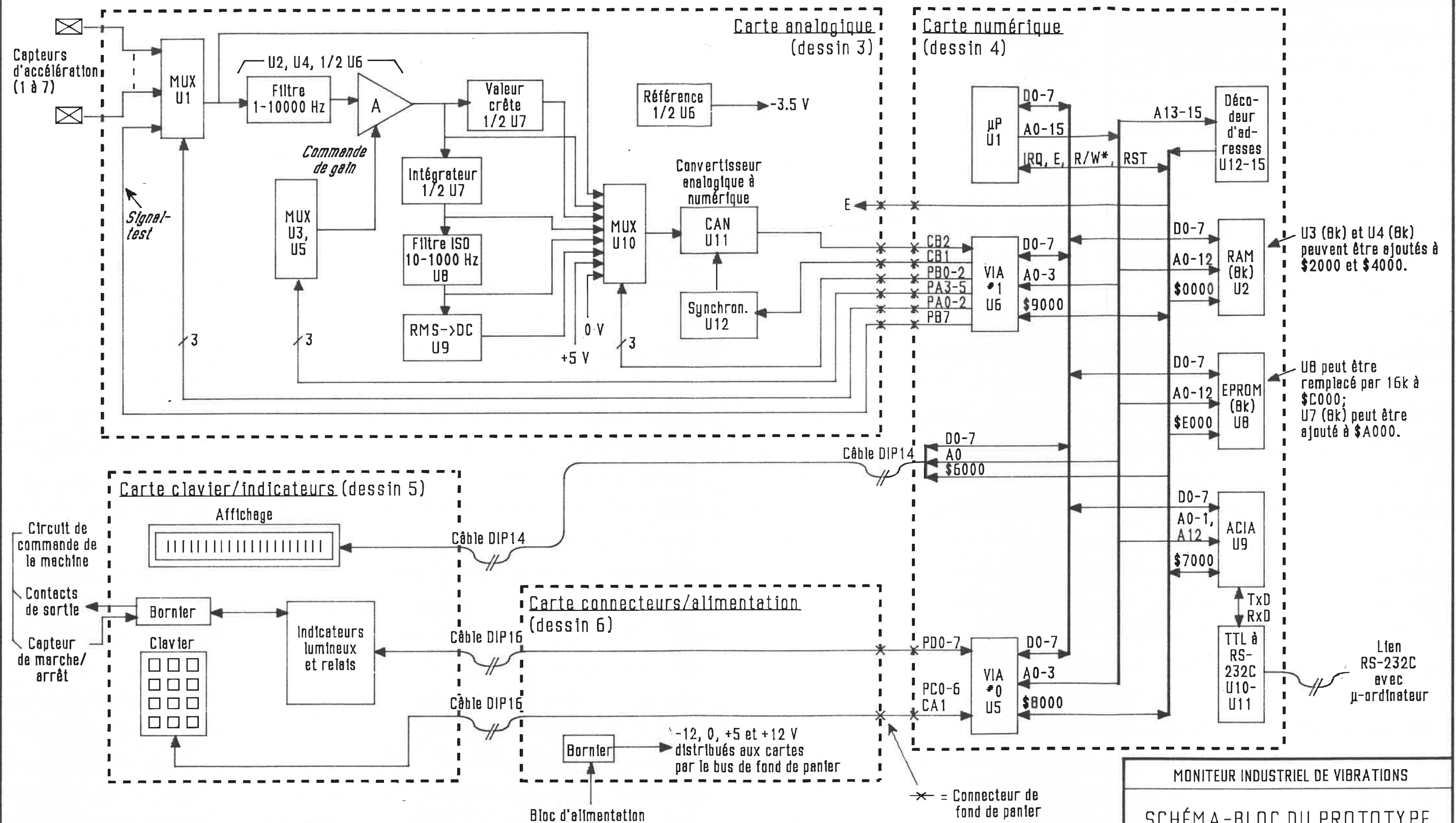


Bloc no.	Description	Entrées	Fonction	Type
1	Accéléromètre avec préampl. Intégré	Vibrations ≤ 500 g	Convertit l'accélération de vibrations en signal électrique; sensibilité: 10 mV/g	Accéléromètre piézoélectrique
2	Sélecteur d'entrée	-12 à +5 V	Permet de sélectionner entre plusieurs accéléromètres	Multiplexeur 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 ISO 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



CAPTEURS

Capteurs d'accélération: Accéléromètres avec préamplificateur intégré

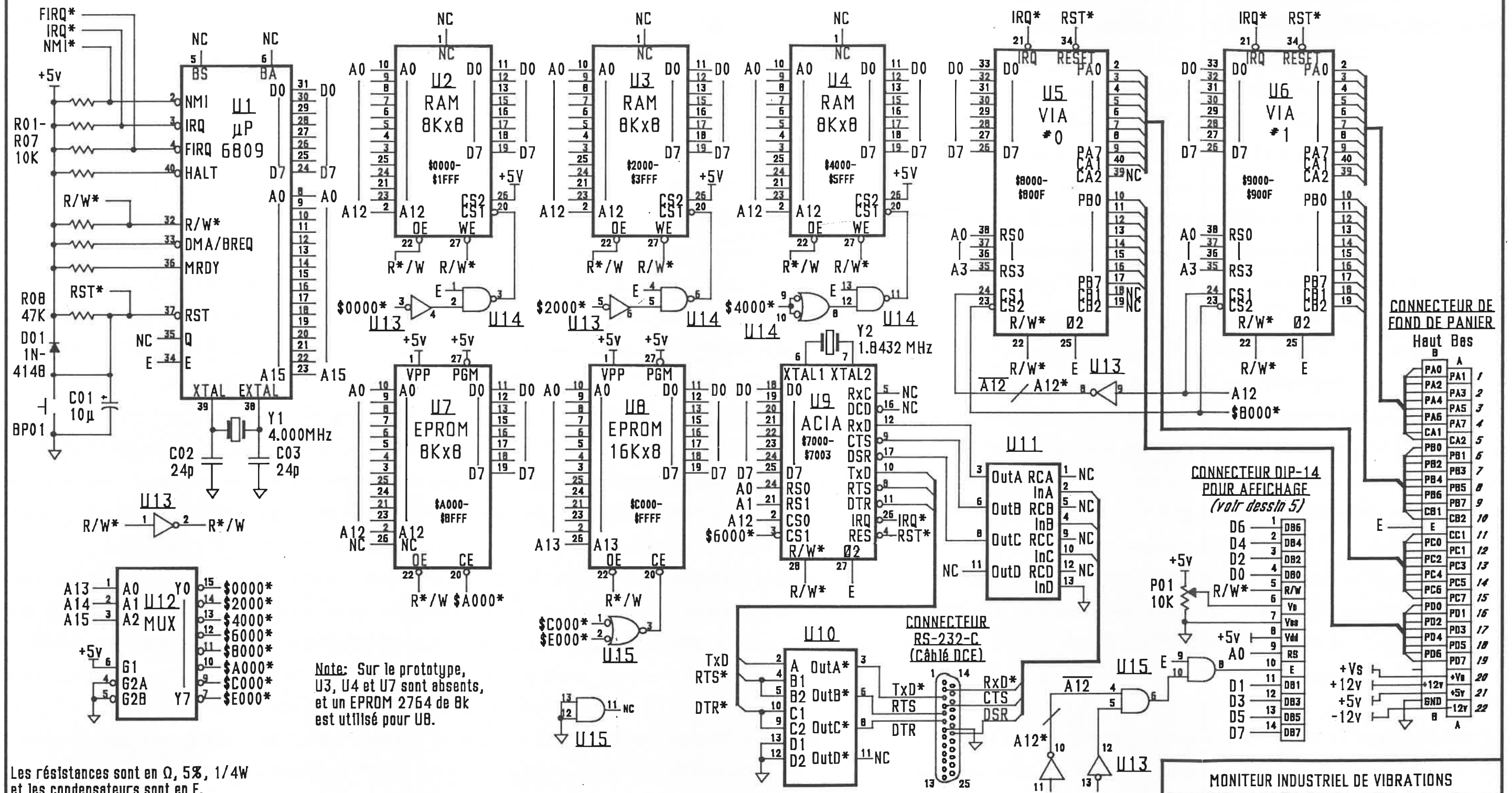
Caractéristiques typiques: 10mV/g (±2%) jusqu'à 500g
(PCB Piezotronics model 302A) 0.7 - 10 000 Hz (±10%)

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



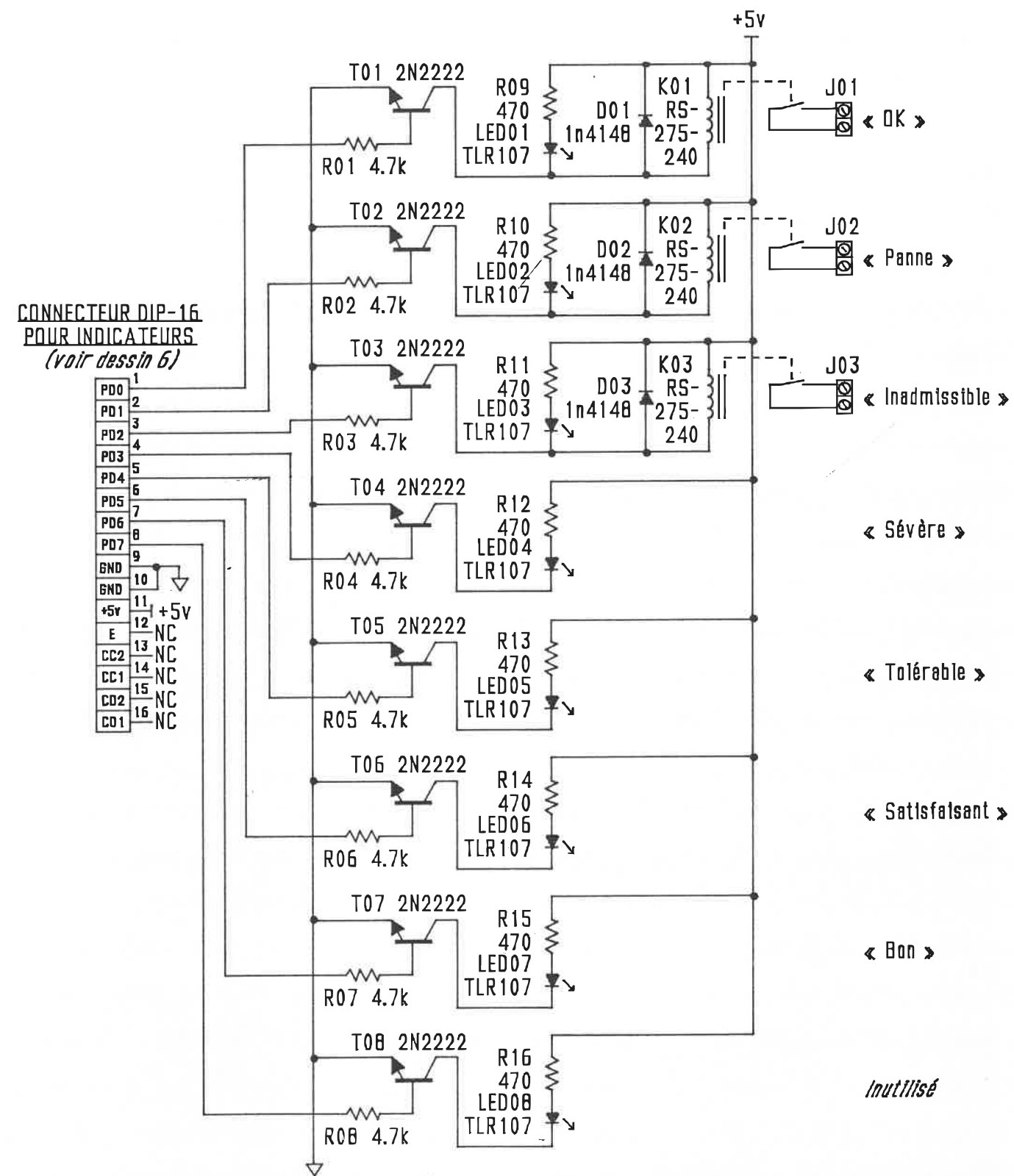
Les résistances sont en Ω, 5%, 1/4W et les condensateurs sont en F.

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	---	---	---	---	---	---	---	---

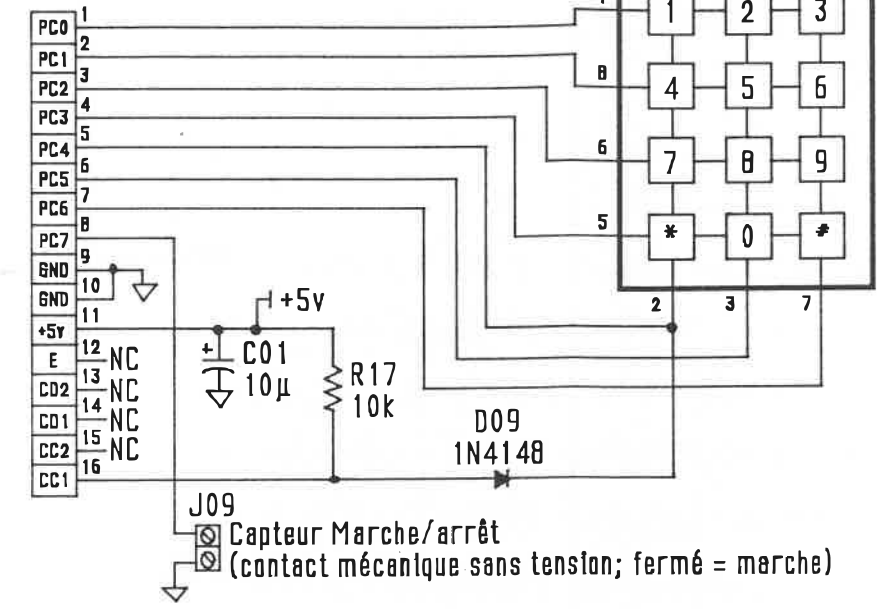
MONITEUR INDUSTRIEL DE VIBRATIONS

SCHÉMA ÉLECTRONIQUE
Carte numérique

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

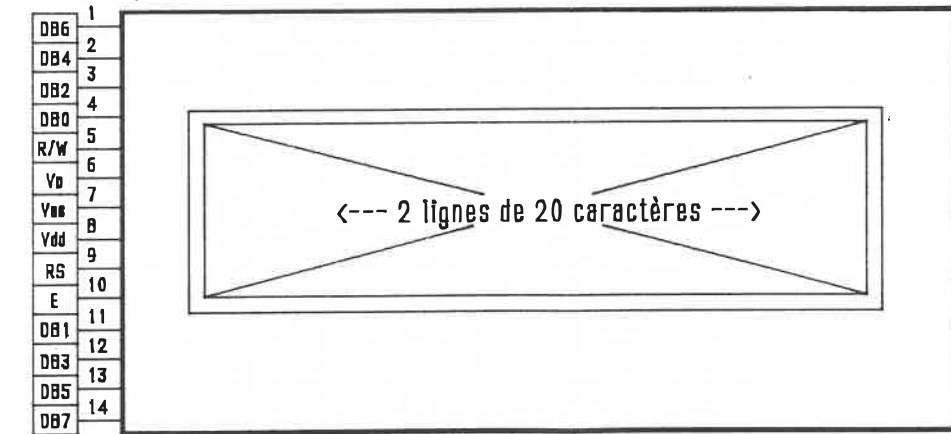


CONNECTEUR DIP-16
POUR CLAVIER
(voir dessin 6)



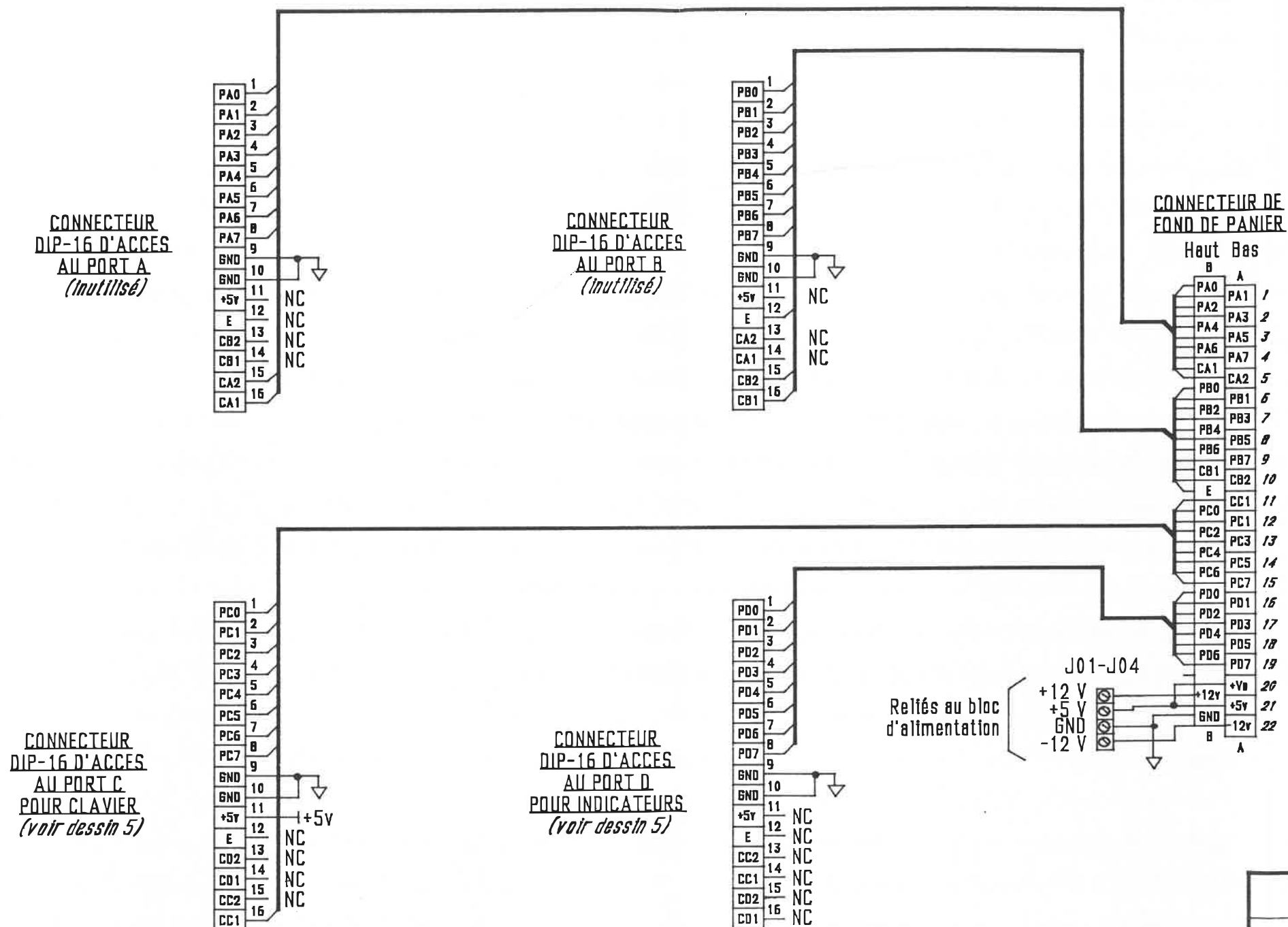
CONNECTEUR DIP-14
POUR AFFICHAGE
(voir dessin 4)

AFFICHAGE À CRISTAUX LIQUIDES
(Carte préassemblée Sharp LM20255M)



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

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



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 IEC ANSI	2041	2372	2373	2954	3945	184	222				
	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

ISO 2372
ANSI S2.18

ISO 3945
ANSI S2.41

ISO-2373

EXEMPLES DE NORMES INDUSTRIELLES
(d'après R.A. Collacot)

ÉCHELLE
D'INTENSITÉ
VIBRATOIRE
SELON ISO 2372

QUALITÉ DE VIBRATIONS
pour machines tournantes
entre 10 et 200 r/sec.

QUALITÉ DE VIBRATIONS
pour machines tournantes
entre 10 et 200 r/sec,
de puissance > 300 kW.

LIMITES DE VIBRATIONS pour machines électriques de différentes hauteurs d'axe.

TABLEAU D'INTENSITÉ
VIBRATOIRE pour les
machines en général.

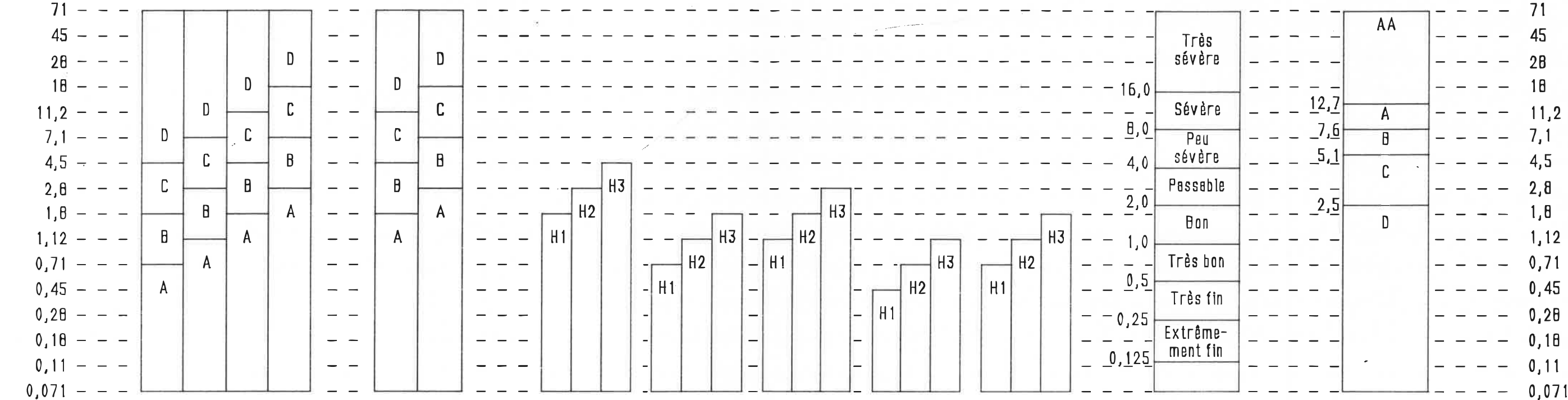
NIVEAUX RECOMMANDÉS
de vitesse de vibration.

(mm/s RMS)
(10-1000 Hz)

CLASSE DE MACHINES
I II III IV

-- SUPPORTS --
RIGIDES SOUPLES

CLASSE DE QUALITÉ
-- NORMALE -- RÉDUITE -- SPÉCIALE --
600-3600 600-1800 1800-3600 600-1800 1800-3600
r/min r/min r/min r/min r/min



Échelons
de 4 dB
(rapport
1.5 à 1)

Classes de machines:
I: jusqu'à 15kW.
II: jusqu'à 75kW (ou 300kW
sur fondations spéciales)
III: jusqu'à 300kW sans
fondations spéciales.
IV: turbines et machines de
grandes dimensions.

D: INADMISSIBLE
C: TOLÉRABLE
B: SATISFAISANT
A: BON

HAUTEURS D'AXE: H1: de 80 à 132, H2: de 132 à 225, H3: de 225 à 400 mm.

Note: L'intensité vibratoire est la valeur maximale mesurée aux paliers dans
les trois directions.

AA: Extrêmement sévère;
dangereux; arrêter l'équipement.
A: Très sévère; réparer avant
quelques semaines; surveiller
les vibrations fréquemment.
B: Sévère; réparer pour éviter
l'usure prématurée dès que possible.
C: Passable; défaut mineur; réparation
non-économique.
D: Fin; bien équilibré; bien aligné.

SOURCES:

ISO - Organisation Internationale de Normalisation, Genève, Suisse.

ANSI - American National Standards Institute, New York, USA.

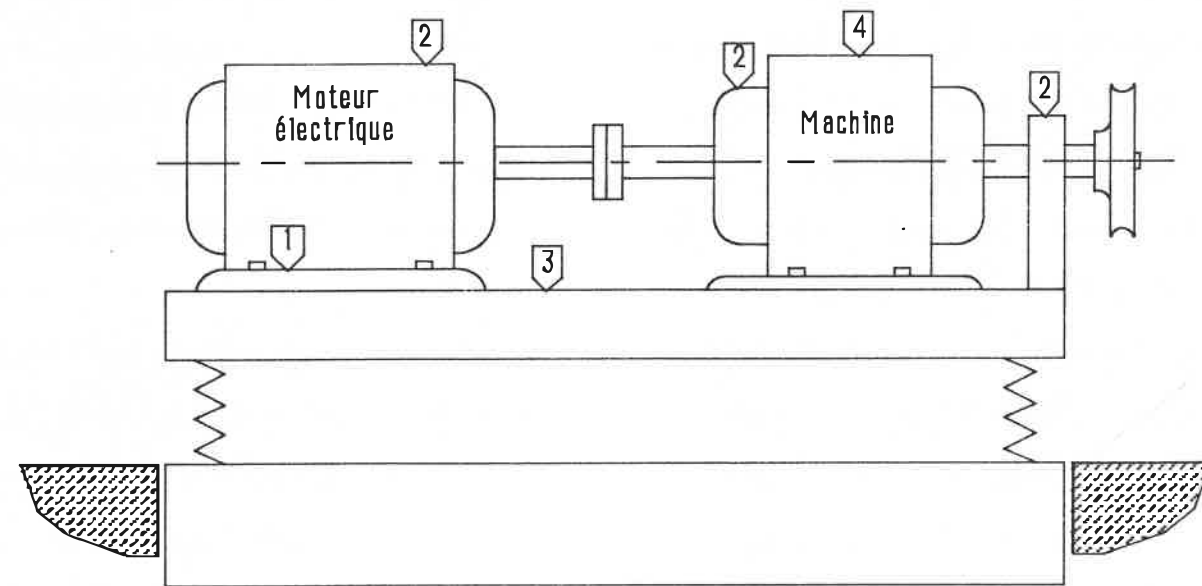
COLLACOT, Ralph A. "Vibration Monitoring and Diagnosis - Techniques
for Cost-effective Plant Maintenance", John Wiley & Sons, New York,
1979, 317 p.

MONITEUR INDUSTRIEL DE VIBRATIONS

EXEMPLES DE NIVEAUX VIBRATOIRES
DÉFINIS PAR LES NORMES

Échelle	Aucune	N° 8
Conception	N. Allard	
Date	90-03-10	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, relocallser 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)

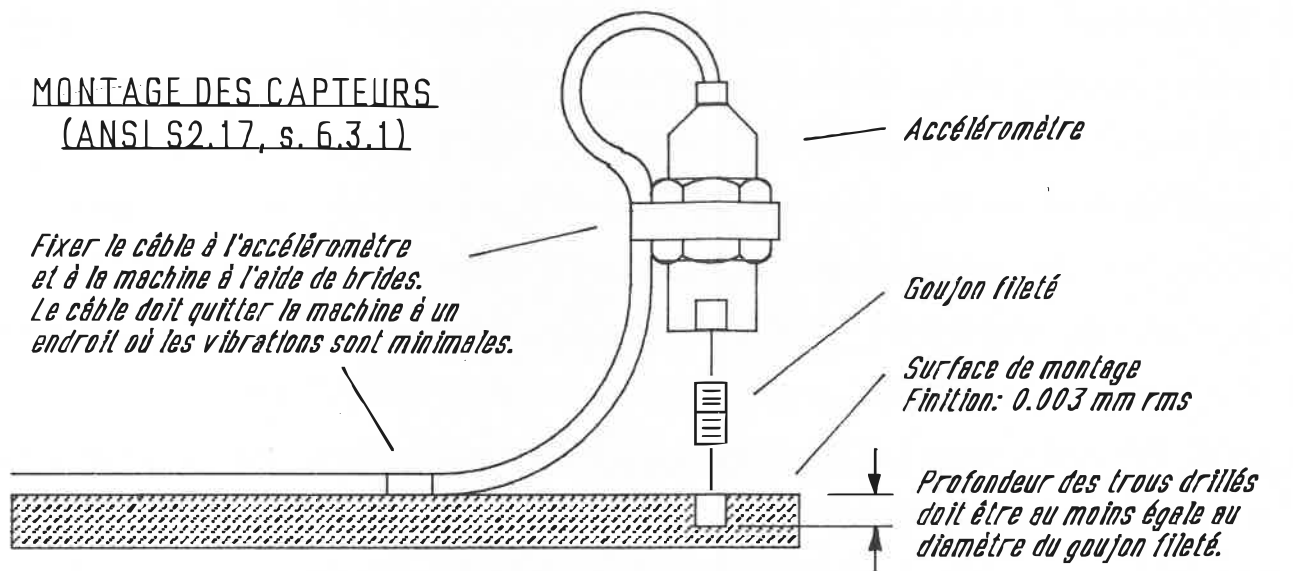
Boulon rigide ou goujon fileté*	10 000
Goujon isolant.....	8 000
Adhésif.....	4 000

*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)



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.

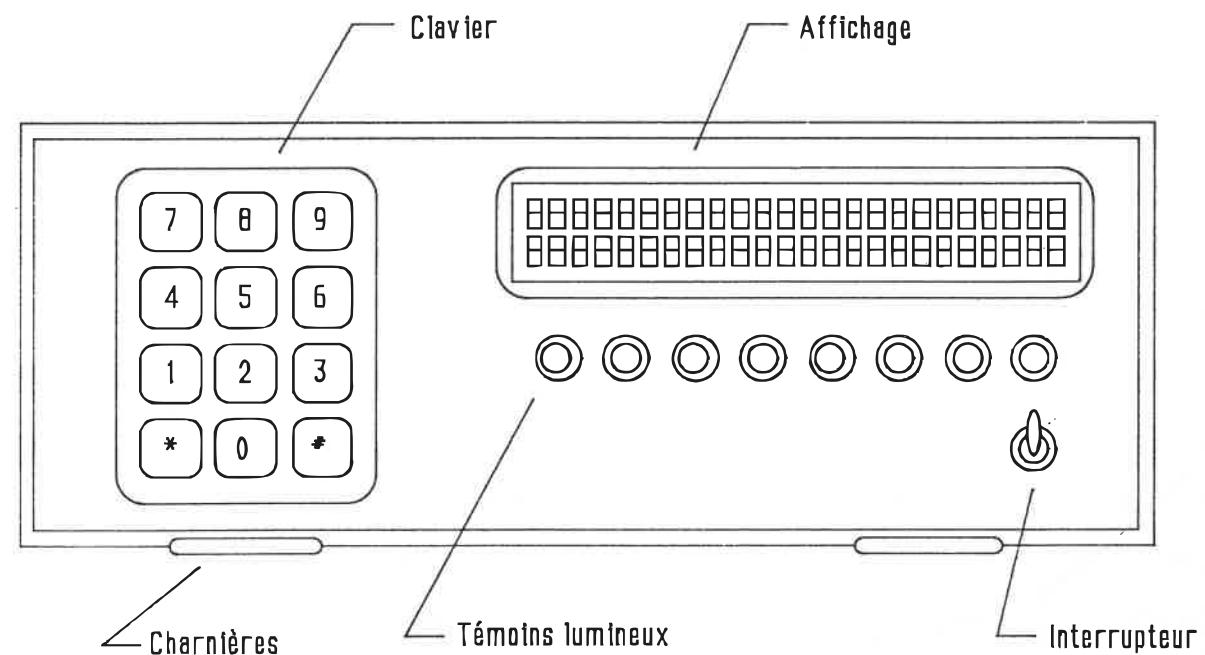
Les surfaces des blocs de montage utilisés pour deux ou trois capteurs orthogonaux doivent être perpendiculaires à $\pm 1^\circ$, et avoir une rugosité maximale de 0.005 mm.

MONITEUR INDUSTRIEL DE VIBRATIONS

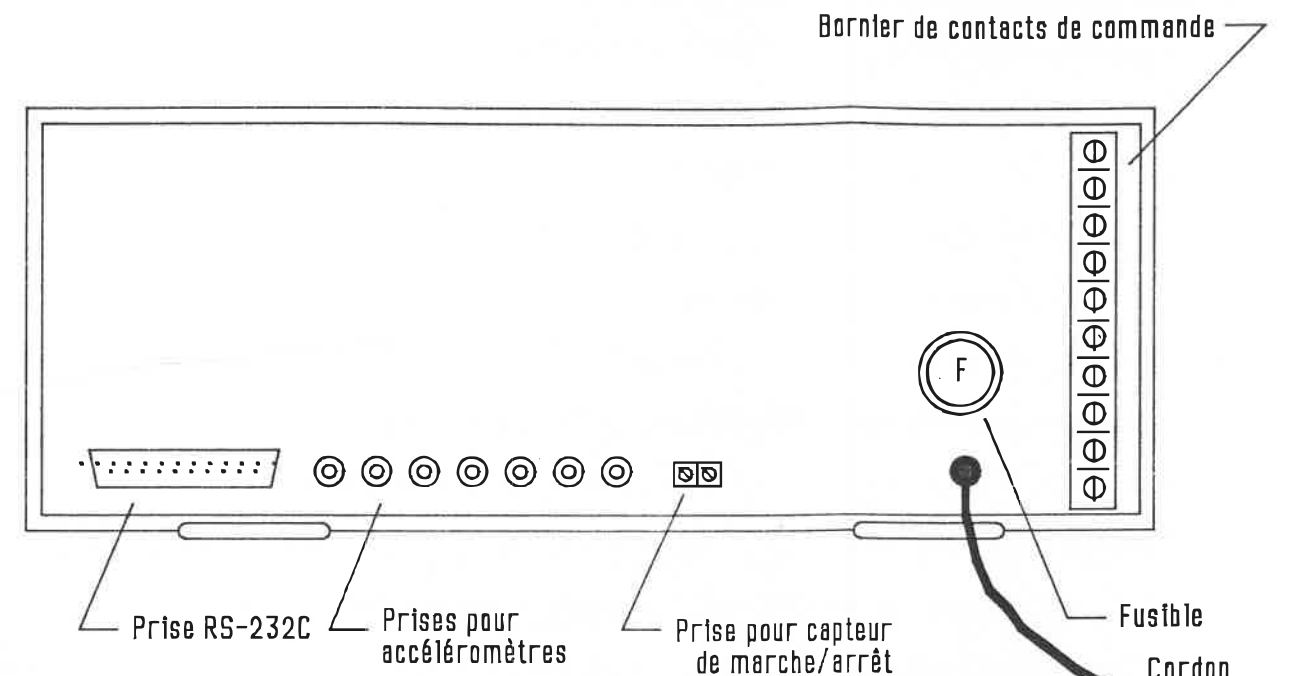
NOTES D'INSTALLATION DES CAPTEURS ACCÉLÉROMÉTRIQUES

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

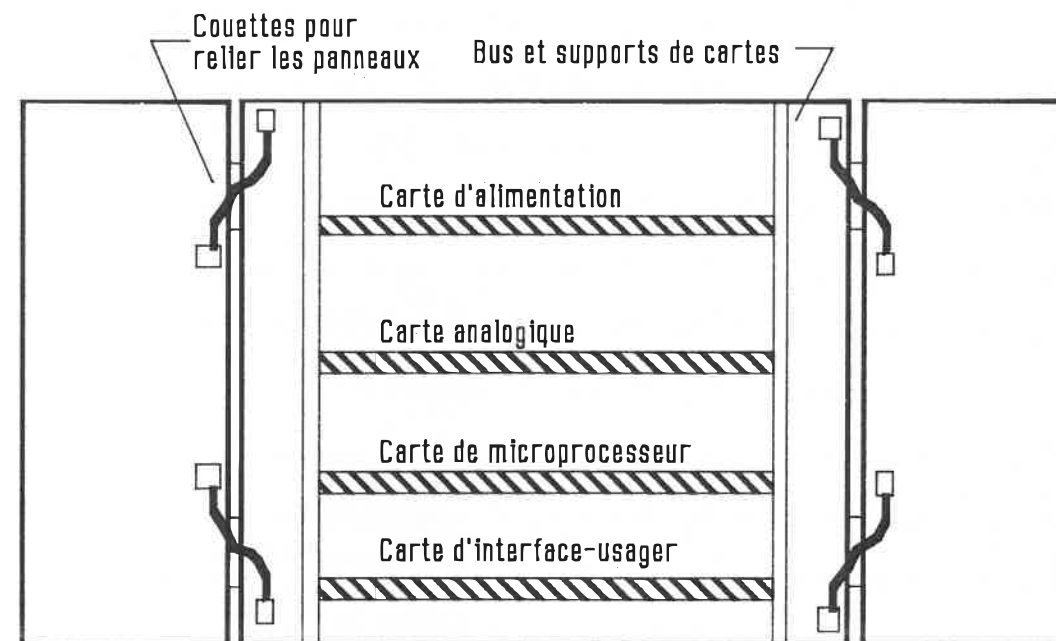
Date



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